

Dimensionierung von Baluns für definierte und nicht definierte Impedanzen

Definitionen

Baluns für definierte Impedanzen sind solche, bei denen die Impedanz im gesamten Arbeitsfrequenzbereich gleich bleibt, wie es bei Baluns zur Speisung von Dipolen und Loops mit angepaßten Koaxialkabeln der Fall ist (Spannung und Strom längs der Leitung konstant).

Nicht definiert ist dagegen die Impedanz am senderseitigen Ende einer Hühnerleiter, die über ein Anpaßgerät einen Dipol oder eine Loop speist (mit stehenden Wellen auf der Leitung). Diese Impedanz kann zwischen 50 Ohm und vielen tausend Ohm liegen und auf jedem Band anders sein. Hier ist die Impedanz also nicht definiert. Wenn man ein symmetrisches Anpaßgerät vermeiden will (in dem zwangsläufig vieles doppelt ist), gibt es auch hier eine Lösung mit einem Balun.

Baluns für definierte Impedanzen

Maximal zulässiger paralleler Blindwiderstand

Im Idealfall ist die angebotene Impedanz ein reeller Widerstand. Ein Balun hat jedoch mindestens eine Wicklung, die diesem Widerstand parallel liegt. Wie hochohmig muß diese Wicklung im Verhältnis zum reellen Widerstand sein, damit der Widerstand nicht unzulässig verändert wird, damit also kein Anpaßfehler entsteht?

Dazu habe ich mir einmal folgende Formel abgeleitet:

$$S = \frac{X^2 + R^2 + Z^2 \pm \sqrt{(X^2 + R^2 + Z^2)^2 - 4 \cdot R^2 \cdot Z^2}}{2 \cdot R \cdot Z}$$

Darin bedeuten S das resultierende Stehwellenverhältnis, Z der Wellenwiderstand des Kabels sowie X der Blindwiderstand und R der reelle Widerstand bei dieser Zusammenschaltung, wobei X und R in Reihe geschaltet sind. Die uns bekannten Werte sind einander parallel geschaltet, also müssen wir sie erst einmal in Serienschaltung umrechnen.

Umrechnung von X und R in Parallel - bzw. Serienschaltung

Wenn man einen reellen und einen Blindwiderstand zusammenschalten, kann man stets eine Betriebsgüte Q definieren. Diese ist bei Serien- und Parallelschaltung (Indices s oder p):

$$Q = \frac{X_s}{R_s} = \frac{R_p}{X_p}$$

In Serienschaltung steigt also diese Güte um so mehr, je höher der Blindwiderstand im Verhältnis zum reellen Widerstand ist, und bei Parallelschaltung ist es umgekehrt. Die Beziehung zwischen Rx und Rp ist nun:

$$R_p = R_x \cdot (Q^2 + 1) \text{ und, anders herum, } R_s = \frac{R_p}{(Q^2 + 1)}$$

Wenn wir nun diese Umrechnung durchführen für die Fälle Xp = 2, 3 oder 4 mal Rp, dann erhalten wir folgende Ergebnisse:

R=1	
X=	S=
1	2,62
2	1,64
3	1,39
4	1,0965

Dieses Ergebnis zeigt, daß im Normalfall der Blindwiderstand der Wicklung eines Baluns oder allgemein gesprochen eines Übertragers mindestens (also bei der tiefsten Frequenz) 4 mal so hoch sein sollte als der zu übertragende Realteil. Ausnahmen „kriegen wir später“.

Normale Übertrager - und Leitungsübertrager

Normale Übertrager gehorchen wie üblich den Gesetzen des Transformators. Innerhalb der realisierbaren Windungszahlverhältnisse lassen sich praktisch beliebige Übersetzungsverhältnisse erreichen.

Obere Grenzfrequenz

Die untere Grenzfrequenz eines Übertragers wird also bestimmt von seinem Blindwiderstand X im Verhältnis zum Realteil R. Letztlich ist also die Induktivität wichtig, und da diese parallel oder zeichnerisch gesehen quer zum Realteil liegt, spricht man auch von der „Querinduktivität“ eines Baluns oder eines Übertragers.

Die obere Grenzfrequenz wird nun bestimmt durch die Wickelkapazität des Übertragers. Diese steigt mit der Anzahl der Windungen. Im Extremfall kommt die ganze Wicklung mit ihrer Eigenkapazität in Resonanz, und in diesem Bereich verhält sich der Übertrager u. U. ganz anders als außerhalb der Resonanz.

Wahl des Kernmaterials

Die einfachste Methode, die Wickelkapazität klein zu halten, besteht darin, ein Kernmaterial zu wählen, bei dem man mit möglichst wenig Windungen auskommt. Im Vergleich zwischen Ferriten und Eisenpulverkernen hat ein Ferrit hier unverkennbare Vorteile.

Bei den Ferritmaterialien unterscheidet man zwischen Mangan- und Nickelferriten (Zink ist in beiden Fällen dabei). Die Manganferrite haben den höheren AL-Wert, sind

jedoch relativ gut leitfähig. Man kann sie mit einem einfachen Ohmmeter daher leicht von den Nickelferriten unterscheiden (und ausortieren), die recht hochohmig in der Leitfähigkeit sind. Die Leitfähigkeit bedingt natürlich HF-Wirbelströme im Ferrit und damit Verluste. Im HF-Bereich sind für Übertrager, Baluns und Kerne für SWR-Meter eindeutig Nickelferrite vorzuziehen (im Amidon-Programm die Materialien 33, 61-68 und 43, bei SIEMENS 80k1, 20k12 und die U-Materialien).

Im Langwellenbereich kommt man dagegen ohne die Manganferrite (im Amidon-Programm die Materialien 72-77, bei SIEMENS die N- und T-Materialien) nicht aus. Manganferrite sind auch bei der Übertragung kleiner Signale; beispielsweise in der Empfangertechnik, für ausgesprochene Breitbandanwendungen möglich (z. B. RX-Eingangsbalun 10 kHz bis 30 MHz).

Leitungsübertrager

Leitungsübertrager verwenden eine besondere Wickeltechnik, bei der eine bestimmte Kapazität zwischen zwei Drähten sogar günstig ist, wenn das Resultat einen für den Übertrager günstigen Wellenwiderstand ergibt. Auf diese Weise wird eine besonders hohe obere Grenzfrequenz erreicht. Baluns werden zumeist als Leitungsübertrager ausgeführt.

Bei niederohmigen Übertragern werden sogar für zwei Wicklungen vierfach verseilte Wicklungen benutzt, wenn die Kapazität zwischen zwei einfachen Drähten nicht groß genug ist, wobei üblicherweise die beiden diagonal zueinanderliegenden Drähte parallelgeschaltet werden. Für hohe HF-Ströme und -Leistungen werden auch Wicklungen aus Kupferfolien verwendet. Bei ihnen wählt man je nach den zu übertragenden Impedanzen und der Stärke der Isolierfolie dazwischen eine optimale Breite der Bänder, um eine bestimmte Kapazität zu erreichen.

Der Hauptnachteil der Leitungsübertrager ist, daß das Spannungs-Übersetzungsverhältnis nur ganzzahlig sein kann. Das Widerstands-Übersetzungsverhältnis ist dann jeweils das Quadrat davon, man kann also nur die Widerstands-Übersetzungsverhältnisse 1, 4, 9 und vielleicht noch 16 realisieren. Dies ist beim Bau von Transistorsendern mit breitbandigen Endstufen ein gewisser Nachteil, da man nicht bei jeder Betriebsspannung jede beliebige Leistung erzeugen kann, weil sich nicht jeder optimale Arbeitswiderstand darstellen läßt. Aus diesem Grunde sieht man bei Übertragern in Sendern und auch bei Antennenbaluns gelegentlich Mischlösungen zwischen Leitungs- und normalen Übertragern, um bestimmte Übersetzungsverhältnisse zu erreichen (meist einige Windungen zusätzlich zu den Forderungen eines reinen Leitungsübertragers).

„Entzerrung“ von Übertragern

Bei hohen Anforderungen an die Breitbandigkeit eines Übertragers muß man, um mit wenigen Windungen die Wickelkapazität klein zu halten, von dem Grundsatz „Blindwiderstand der Querinduktivität mindestens 4 mal so groß wie der zu übertragende Realteil“ abgehen und sich mit dem Faktor 3 oder gar 2 begnügen. Um die dadurch

verursachte Fehlanpassung bei tiefen Frequenzen klein zu halten, wird ein Serienkondensator (von einigen Nanofarad im Kurzwellenbereich) in Reihe zum heißen Anschluß geschaltet. Dieser verbessert die Anpassung bei tiefen Frequenzen wieder, um allerdings zu noch tieferen Frequenzen dann noch steiler abzufallen. Denn der Serienkondensator hat Hochpaßcharakter.

Nicht selten sieht man auch parallel zu Übertragerwicklungen kleine Kondensatoren (maximal wenige 10 pF im Kurzwellenbereich), die eine Fehlanpassung am oberen Ende des Übertragungsbereiches verringern. Dies ist meist ein Zeichen, daß bei einem Leitungsübertrager der Wellenwiderstand der Wicklung zu hoch, also die Kapazität zwischen den Drähten zweier Wicklungen zu gering ist. Das Hinzufügen einer äußeren Kapazität schafft aber nicht so günstige Verhältnisse wie eine optimale verteilte Wickelkapazität.

Diese „Entzerrung“ von Übertragern mit äußeren Kondensatoren (auch kleinen Spulen in Reihe zu den heißen Anschlüssen) wird in der Regel empirisch ermittelt, indem man das Verhalten des korrekt abgeschlossenen Übertragers an einem Spektrumanalysator mit Tracking-Oszillator und Reflexionsmeßbrücke „wobbelt“. Auf diese Weise lassen sich die breitbandigen Veränderungen der Anpassung am besten erkennen.

Wahl der Kerngröße

In Tiefpaßfiltern und in Baluns und Übertragern für definierte Impedanzen ist die Blindleistung gering (wenn X_p größer ist als R_p , liegt die Betriebsgüte unter 1) und die übertragbare Leistung am höchsten. Arbeitet der Übertrager jedoch mit einer bestimmten Betriebsgüte (R_p größer als X_p), mit einem $Q = R_p/X_p$, so ist die Blindleistung um den Faktor Q größer als die zu übertragende Wirkleistung, und die übertragbare Leistung geht um diesen Faktor Q zurück.

Die folgenden Angaben sind dem Katalog von Profi Electronic (ex Elektronikladen) aus den Jahren 1994 und 1995 entnommen:

Von den vielen Faktoren, die bei der Bestimmung der maximal übertragbaren Leistung mitspielen, sind am entscheidendsten die Kernsättigung und der Temperaturanstieg.

$$\text{max. Leistung} = \frac{V_e \cdot f \cdot B \text{ max}^2}{M_{\text{eff}}}$$

Es bedeuten:

- V_e = Volumen des Kernes
- B_{max} = maximale Magnetflußdichte
- M_{eff} = Permeabilität bei B_{max}
- f = Frequenz

B_{max} wird gegeben durch das Faradaysche Gesetz:

$$B_{\text{max}} = \frac{E \cdot 10^8}{4,44 \cdot A_e \cdot N \cdot F}$$

Es bedeuten:

E = Spannungsabfall
 Ae = Wirksame Oberfläche
 N = Windungszahl
 F = Frequenz

Für Ferritmaterialien mit einem μ unterhalb von 1000 ist $B_{max} = 1500$ Gauss, für solche oberhalb von $\mu = 1000$ ist $B_{max} = 3000$ Gauss. Für Eisenpulverkerne ist B_{max} im allgemeinen größer als 10000 Gauss. Aus den obenstehenden Formeln ist ersichtlich, daß bei vorgegebener Frequenz und Flußdichte die Materialien mit niedrigerer Permeabilität die größere Leistung vertragen. Bei gleicher Kerngröße tritt also bei Ferriten eher eine Sättigung ein als bei Eisenpulverkernen.

Für den Temperaturanstieg wird folgende Formel angegeben (ohne Luftkühlung):

$$\text{Temperaturanstieg} (^{\circ}C) = \left[\frac{\text{Gesamtverlustleistung } (8mW)}{\text{Oberfläche } (cm^2)} \right]^{0.883}$$

Ich gestehe freimütig, daß ich diese Formeln noch nie benutzt habe (kann aber noch kommen).

Einige praktische Angaben dazu:

Mit dem T200A habe ich im QRL Sendertiefpaesse ($Q < 1$) mit bis zu 1 kW Dauerstrich bei leichter Lueftkuehlung gebaut; ohne Luftkuehlung also vielleicht mit 300-500 Watt bei Dauerstrich belastbar.

Seit langem wird der T200-2 fuer Antennenbaluns bis 1000 Watt verwendet (ist aber kein Ferrit).

Nach meinen eigenen Erfahrungen wäre das fuer intermittierenden Betrieb wohl in Ordnung.

Ebenso soll der T200-2 in einem gut abgestimmten Tankkreis (wohl mit der in Sendern üblichen Betriebsguete 10) bis zu 100 Watt vertragen.

Ein T106-2 soll als Balun bis 100 Watt vertragen, ein T68-2 bis ca 10 W (das letzte schliesst aber meiner Meinung nach wohl schon etwas Blindleistung ein).

Für Sendertankkreise mit Betriebsgüten um 5 habe ich bis 7 MHz und 1...1,5 Watt den Kern T37-2 verwendet, bis 5 W fuer Tankkreise und QRP-Anpassgeräte allgemein T50-2 oder T50-6, je nach Frequenzbereich.

Für QRP-Baluns im Kurzellenbereich dürften also die Ferritkerne FT50-43 bis FT83-43 zu empfehlen sein. Der im Fritzel-Balun der Serie 70 verwendete Ringkern (tnx DK4UH) hatte einen AL-Wert von etwa 110 nH/w². Ein ähnlicher Kern ist der Amidon-Kern FT140-61 (Hersteller FairRite) mit einem AL-Wert von 140 mH/1000 Wdg² oder (was hier dasselbe ist) 140 nH/w² und wäre damit für die Leistungsklasse um 100-200 Watt geeignet.

Eine Beispielrechnung

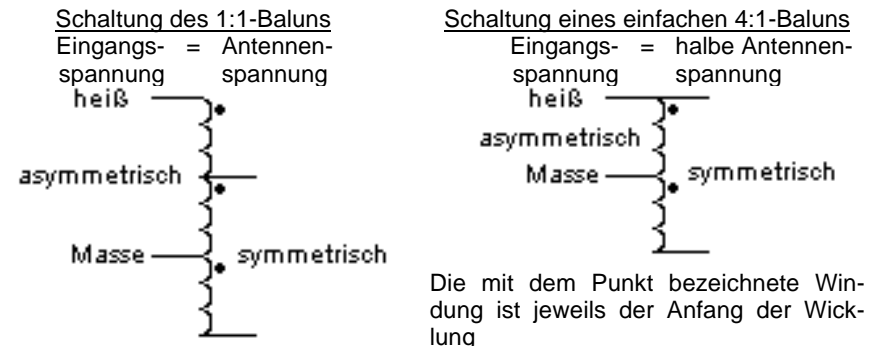
Berechnen wir nachträglich noch einmal den Balun, den wir hier schon einmal im Workshop mit dreifach verdrehtem Kupferlackdraht gewickelt haben: einen Balun, der von 1,8 MHz an aufwärts 50 Ohm asymmetrisch auf 50 Ohm symmetrisch umsetzt, um einen Dipol zu speisen.

Bei R = 50 Ohm μ_0 also X = 200 Ohm werden, und das bei 1,8 Mhz. Dazu müssen wir die bekannte Formel, um aus einer Induktivität deren Blindwiderstand zu errechnen, umstellen:

$$XL = 2 \cdot p \cdot f \cdot L \text{ in } L = \frac{XL}{2 \cdot p \cdot f}$$

$$L_{min} = \frac{XL}{2 \cdot p \cdot f} = \frac{200}{2 \cdot p \cdot 1,8E^6} = 1,768E^{-5} = 17,68E^{-6} = 17.68nH$$

Der damalige Kern war ein Restmuster der Fa. Stackpole und ist heute nicht mehr erhältlich. Als Kern für unsere Rechnung verwenden wir daher einen FT82-43 mit einem AL-Wert von 557 nH/w² (oder 557µH bezogen auf 1000 Windungen). Wie die Zeichnung des trifilaren Übertragers zeigt, liegen stets zwei der drei Wicklungen parallel zu 50 Ohm. Diese beiden Wicklungen zusammen sollen also mindestens 17,68 µH haben.



Die mit dem Punkt bezeichnete Winding ist jeweils der Anfang der Wicklung

Damit bei den unterschiedlichen AL-Werten keine Verwirrung entsteht:	
AL-Wert 557 nH/w ² (wie in DL üblich)	AL-Wert 557 µH/1000 Wdg ² (wie bei Amidon)
$w = \sqrt{\frac{17680nH}{557nh/w^2}} = 5,633$	$w = 1000 \cdot \sqrt{\frac{0,01768mH}{557}} = 5,633$

Es kommt also in jedem Falle dasselbe heraus. Praktisch bedeutet das Ergebnis, daß beide Wicklungen zusammen 6 Windungen haben müssen, jede der drei Wicklungen des Baluns also nur 3 Windungen. Für diesen Balun genügt es also, drei Kupferlackdrähte zu verdrehen für eine Länge von lediglich 3 Windungen auf diesem Kern. Man

muß also mit der Schublehre die Umfanglänge des Kernes messen, mal 3 nehmen und für die aufragenden Rundungen noch etwas zugeben, und für die Anschlußenden. Nebenbei gemerkt, da der Kern FT50-43 einen AL-Wert ähnlicher Größe hat (523 statt 557), gilt die gleiche Rechnung praktisch auch für den kleineren Kern.

Bei so wenigen Windungen kann man natürlich noch überschlagen, wieviel Windungen denn bei dem Material 61 von Amidon erforderlich wären, mit einem AL-Wert von 73,3:

$$w = \sqrt{\frac{17680nH}{73,3}} = 15,53$$

Hier müßten die zwei Wicklungen also 16 Windungen haben, jede einzeln also 8 Windungen. Man müßte also wieder den Wickelumfang und die Wickellänge für 8 Windungen bestimmen und trifilar 8 Windungen aufbringen (der Stackpole-Kern hatte einen AL-Wert von 68 nH/w², war also ähnlich). Da der AL-Wert niedriger ist als beim ersten Beispiel, müßte dieser Balun sogar etwas mehr Leistung zulassen. Die trifilare Wicklung ist gewissermaßen eine Leitung, und dieser Typ eines Übertragers ist ein Leitungsübertrager.

Wickeldrähte

Im einfachsten Fall verwendet man Kupferlackdraht bis maximal 0,8 mm oder 1 mm Stärke. Bei Baluns für 50 Ohm oder 75 Ohm mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 kann es jedoch zweckmäßig sein, die erste und dritte Wicklung in Form eines dünnen Teflonkabels auf den Kern zu wickeln und die mittlere Wicklung in Form eines normalen Kupferlackdrahtes parallel dazu. Allerdings muß dieser einzelne Draht dann magnetisch im richtigen Wickelsinn angeschlossen werden (die Punkte in der Schaltung des Balun beachten). Der Vorteil des Teflonkabels liegt darin, daß die Kapazität der beiden Wicklungen für die 1:1-Übertragung optimal ist und sich eine hohe Bandbreite erreichen läßt.

Für Übertrager im Impedanzbereich von 200 Ohm bis 600 Ohm dürfte es zweckmäßiger sein, die Wicklung mit Teflon-Litzendrähten auszuführen, da die Dicke der Isolation dieser Litzen die gegenseitige Kapazität klein hält und auch für die nötige Spannungsfestigkeit sorgt. Oder man spreizt die Wicklung auf dem Kern und legt sie mit Lack oder einer Folienwicklung darüber fest. Für QRP genügt zumeist Kupferlackdraht, da Spannungsfestigkeit wohl kaum ein Problem ist.

Baluns für nicht definierte Impedanzen

Das senderseitige Ende einer Hühnerleiter bietet dem Anpaßgerät einen Realteil zwischen 50 Ohm und durchaus 5000 Ohm an, bei mittleren Werten kommen noch induktive oder kapazitive Beiwerte dazu. Eine schnelle Rechnung nach den Prinzipien der „Baluns für definierte Impedanzen“ zeigt, daß man „in den Urwald kommt“, daß man enorm hohe Querinduktivitäten benötigen würde, um 5000 Ohm anzupassen.

Andererseits verlangen die induktiven und kapazitiven Beiwerte ohnehin ein Antennenanpaßgerät. Hier wählt man zweckmäßigerweise einen anderen Weg.

Hier geht es darum, daß die Parallelschaltung der Balunspule Xp mit der höchsten vorkommenden reellen Impedanz Rp keine zu hohe Betriebsgüte annehmen darf. Die Grenzen sind ähnlich zu sehen wie in Tankkreisen von Sendern, in denen eine Güte von 10 als üblich und eine von 20 als oberster Wert angesehen wird, damit die Spulenverluste klein bleiben. Nehmen wir also einmal an, wir müßten einen Maximalwert von Rp = 5000 Ohm reell anpassen, dann müßte der Blindwiderstand XL der Balunspule, an die die symmetrische Speiseleitung angeschlossen wird, für eine maximale Güte von 20 auf der tiefsten Frequenz des Balun einen Blindwiderstand von

$$XL = Rp/Q = 5000/20 = 250 \text{ Ohm haben.}$$

Wenn bei dieser Betriebsweise hohe Güten auftreten können, dann bedeutet dies auch, daß die Leerlaufgüte der Balunspule möglichst hoch sein muß. Das ist mit Ferriten nicht sicher zu erreichen (siehe Ausnahme weiter unten), aber eindeutig mit Eisenpulverkernen. Und wenn der Balun bis 30 Mhz arbeiten soll, verwende ich dafür Ringkerne mit dem Amidon-Material -6 (gelb), nicht -2 (rot), nur weil dessen AL-Wert höher ist.

250 Ohm bei 160 m wären 22 µH, auf 80 m die Hälfte. Für die höheren Bänder wäre es gut, wenn die Zahl der Windungen nicht allzu hoch sein müßte, wegen der Wickelkapazität. Daher schafft man sich für die Dimensionierung eine deutliche Erleichterung, wenn man sich fragt: „Für welches tiefste Band benötige ich eine symmetrische Anpassung?“ Für Portabel- und Reisetätigkeit habe ich bis 7 MHz oder gar 10 MHz bisher nur endgespeiste Drähte benutzt, also konnte die Querinduktivität meines ersten Reisebaluns (2 x 11 Windungen Kupferlackdraht auf Amidonkern T106-6) niedrig sein (5,6 µH). Wenn es betrieblich realisierbar ist, wäre es auch nie verkehrt, den Frequenzbereich des Baluns einzuengen, also einen Balun für die unteren Bänder 1.8 - 7 MHz und einen für die höheren Bänder von 7 oder 10 MHz bis 30 MHz zu bauen.

Als Richtwert habe ich mir zurechtgelegt, dass ein solcher "Balun für nicht definierte Impedanzen" der symmetrischen Speiseleitung auf dem tiefsten Band einen Blindwiderstand von wenigstens 200 Ohm anbieten sollte. Daher speise ich meine Delta-Loop fuer 80 m derzeit auf allen Baendern bis 10 m ueber einen trifilar mit 3 x 12 Windungen teflonisolierter Litze gewickelten 1:1-Balun auf dem Kern T200A-6, fuer maximal 100 W Leistung. Der Balun bietet der Hühnerleiter somit auf 80 m eine Induktivität von etwa 10 µH an, entsprechend einem Blindwiderstand von 228 Ohm.

Diese Dimensionierung ist im Grunde schon ziemlich alt und taucht in diversen Antennenbaluns für diesen Zweck immer wieder auf. So propagierte schon in der QST April 1981, S. 51, W9INN, William E. Fanckboner, einen Balun für eine PA mit 1 kW Input, der auf 2 gestockten Ringkernen Amidon T200-2 10 bifilare Windungen einer Teflonlitze Nr. 14 aufbrachte. Das ergibt eine der Antenne zugewandte Induktivität von 9,6 µH und für 80 m einen Blindwiderstand von 211 Ohm. Beide Kerne wurden zunächst getrennt mit US-Glasfasertape Nr. 27 bewickelt, dann aufeinandergelegt noch einmal

mit einer gemeinsamen Lage bewickelt. Dann wurden bifilar (nicht verdreht!) 2 x 10 Windungen aufgebracht, wobei darauf zu achten war, daß alle Windungen, unabhängig davon, zu welcher Teilwicklung sie gehörten, einen möglichst gleichmäßigen Abstand voneinander hatten. Dann wurde der Balun mit klarem Lack getränkt und 24 Stunden zum Trocknen aufgehängt. Danach wurde nochmals eine Lage Glasfasertape aufgebracht. Dieser Kern hielt nach den Angaben von W9INN auch 2 kW SSB-Input aus, ohne zu sättigen.

Der bekannte, vor kurzem verstorbene Doug DeMaw, W1FB, hatte vorher auch so einen Balun veröffentlicht, aber beim Wickelschema angegeben, daß die bifilaren Wickellitzen eng parallel zu führen wären. Dadurch war die Spannungsfestigkeit so gering, daß W1FB diesen Balun für höhere Leistungen und Antennenimpedanzen über 300 Ohm nicht zulassen wollte. In dieser Hinsicht ist die gleichmäßige Spreizung aller Windungen nach W9INN also eindeutig besser.

Die Auswahl von Ringkernen für „QRP-Antennenbaluns für nicht definierte Impedanzen“ richtet sich weniger nach der Größe, sondern auch nach dem AL-Wert, den sie bieten. Da fallen einem besonders die Amidonkerne T106-6 und T184-6 ins Auge. Mit letzterem habe ich einmal für ein Fieldday-ATU (alte 25-W-Input-Klasse) einen Balun gebaut: 2 x 12 Windungen Teflonlitze mit 2 mm Außendurchmesser.

Ist für diesen Zweck ein 1:1- oder 4:1-Balun besser?

Wer genau gelesen hat, wird bemerkt haben, daß es sich bei den bisher beschriebenen „Baluns für nicht definierte Impedanzen“ einmal um bifilar, ein andermal um trifilar gewickelte Lösungen handelt. Wenn der Anpaßbereich des verwendeten Antennenanpaßgerätes groß genug ist, spielt es nach bisherigen Erfahrungen eigentlich keine Rolle, welchen Balun man verwendet.

Der 4:1-Balun ist halt einfacher und braucht weniger Wickeldraht. Der 1:1-Balun hat vielleicht theoretisch den Vorteil, daß er eine Antenne für das Anpaßgerät nicht noch niederohmiger macht, als sie ohnehin schon ist. Denn wenn der Balun mit einer gewissen Güte betrieben wird, ist es gar nicht so einfach zu verfolgen, wie der auf die asymmetrische Seite transformierte komplexe Widerstand aussieht, den das Antennenanpaßgerät zu 50 Ohm machen soll. Denn wenn ich tatsächlich einer reellen Impedanz R_p von 5000 Ohm eine Spule X_p mit einem Blindwiderstand von 250 Ohm parallel schalte (Güte 20), dann entsteht, nach den oben angegebenen Formeln in Serienschaltung umgerechnet, ein Serienwiderstand R_s von 12,47 Ohm in Reihe mit einem induktiven Blindwiderstand X_s von 249 Ohm. Wie dieser Widerstand auf der asymmetrischen Seite des Baluns aussieht, habe ich noch nie messen können. Wichtig ist, daß die Spulenverluste gering bleiben. Solange das Anpaßgerät den angebotenen komplexen Widerstand zu 50 Ohm machen kann, ist alles in Ordnung.

Das ganze Thema der „Baluns für nicht definierte Impedanzen“ ist, wie man sieht, recht vielseitig und sollte durchaus differenziert betrachtet werden, entsprechend der jeweiligen Anwendung. Der Vorteil ist, daß das Anpaßgerät asymmetrisch bleiben kann, also merklich einfacher aufgebaut ist als ein symmetrisches Anpaßgerät. Ein

solcher Balun hat also etwas für sich, auch wenn man für höhere Leistungen u. U. mehrere T200- oder T200A-Kerne aufeinanderpacken und gemeinsam bewickeln muss. Trotzdem ist verständlich und zu akzeptieren, dass viele QRO-Fans auf Luft- oder Koaxialbaluns schwören, also jegliche Form von Eisen meiden. Diese Freiheit in der Technik bietet der Amateurfunk allemal.

Manuskript von Ha-Jo, DJ1ZB, für einen Vortrag auf einem Treffen der deutschen Sektion des G-QRP-C in Pottenstein.