

# Verbesserungen an der Endstufe von DL9AH

Dreimal habe ich die in FUNK vorgestellte FET-Endstufe von Arno Weidemann, DL9AH, nachgebaut. Hier eine Verbesserung hinsichtlich der Breitbandigkeit und Stabilität.

Die Endstufe für 1,8 bis 30 MHz arbeitet bis 14 MHz einwandfrei. Darüber jedoch ist die Verstärkung stark frequenzabhängig – und dies ist leider nicht einmal reproduzierbar.

Messungen zeigten als Ursache im Eingangs-Guanella-Übertrager. Die Messungen ergaben Phasenfehler von 0 bis 180 Grad in Abhängigkeit der Übertragungsfrequenz. Damit sind die aufgefallenen Verstärkungsunterschiede und Verzerrungen erklärbar.

Mehrere Versuche, einen besseren Übertrager zu wickeln, brachten kein zufriedenstellendes Ergebnis. Die größte Schwierigkeit besteht im Verdrillen der beiden Kupferlackdrähte. Also nachgeschlagen im HF-Arbeitsbuch von E. T. Red unter „Daten, Fakten 50-Ohm-Technik“. Dort ist ein Nomogramm abgedruckt, nach dem für eine entsprechende Zweidrahtleitung zwei je einen Millimeter dicke, unverdrillte Drähte ohne Abstand gewickelt werden müssen. Damit ergibt sich die geforderte Impedanz von 50 Ohm. Die in der Bauanleitung vorgeschlagene Bewicklung ergibt theoretisch 30-33 Ohm, was mit der SWR-Brücke ZRB50 bestätigt wurde (32 Ohm). Durch die Transformation erhält man damit also nicht 5,5 Ohm, sondern nur 3,5 Ohm, die sich aufsplitten. Für die Gegentaktendstufe werden jedoch  $2 \times 2,77$  Ohm benötigt. Durch diese Fehlanpassung lassen sich die Phasenfehler und Nichtlinearität der Übertrager erklären.

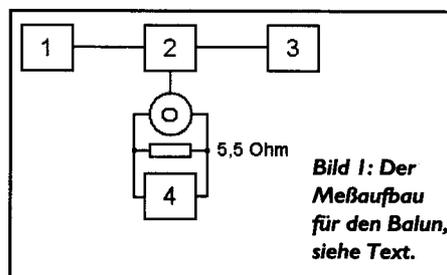
## Neue Baluns schaffen Abhilfe

Zur Abhilfe wurden mehrere Röhren-Baluns mit dem Übersetzungsverhältnis 9:1 bei Windungszahlen von 21:7, 18:6, 15:5, 12:4 und 3:1 hergestellt. Ferritkerne aus dem Material FT75, FT61 und die Originalkerne der Endstufe wurden verwendet. Zur Kontrollmessung fertigte ich zuerst zwei genau

gleichlange Messkabel. Die Baluns sind mit 5,5 Ohm ( $4 \times 22$  Ohm, parallelgeschaltet) abgeschlossen.

Die Messungen wurden mit folgenden Geräten durchgeführt (Bild 1):

- 1 Messsender Schlumberger 4002
- 2 SWR-Brücke 50 Ohm ZRB2 von R&S
- 3 Boonton Power Meter 4300
- 4 Tektronix Oszilloskop 7603 mit den Einschüben 7A18 und 7B53A

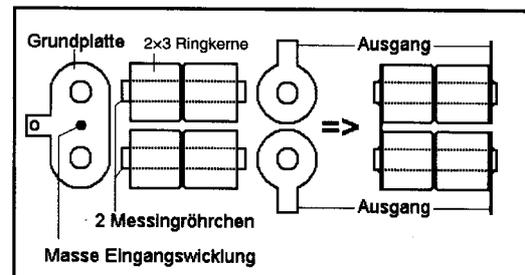


Alle Baluns wiesen im spezifizierten Frequenzbereich Phasenverschiebungen auf. Dabei schnitten jene mit den größten Windungszahlen am schlechtesten ab. Selbst der beste Balun (3:1 Windungen) hatte noch zu schlechte Übertragungswerte. Dabei hat das Kernmaterial und die Lage der Windungen großen Einfluß auf das Übertragungsverhalten.

Aus dem Ferritmaterial Amidon FT114/43 wurde dann ein weiterer Balun bekannter Art hergestellt. Dazu wurden sechs Ringkerne verwendet (Bild 2). Dies brachte die besten Ergebnisse. Der Balun wurde wie folgt hergestellt:

- Die zwei Messingröhren wurden mit der Messingplatte verlötet.
- Nach dem Aufschieben der Ringkerne wurden diese durch Aufstecken und Verlöten der Ösen fixiert. Die Lötflächen stehen dabei nach außen, sodass sie nach Entfernen der drei Ringkerne an den beiden Blechstreifen der Endstufe angelötet werden können.
- Für die drei Windungen der Eingangswicklung wurde Teflonlitze mit  $2 \text{ mm}^2$  verwendet. Die Ausgangswicklung wird durch die Messingröhren gebildet, deren Mitte auf Masse liegt.

Der so hergestellte Balun hatte im benötigten Frequenzbereich einen maximalen Phasenfehler von  $10^\circ$ . Dieser kam im 15-m-Band



**Bild 2: Aufbau des neuen Baluns, der ein besseres SWR liefert.**

zum Tragen und machte sich im Betrieb der Endstufe nicht störend bemerkbar. Der Eingangswiderstand beträgt nun 50 Ohm und wird auf  $2 \times 2,77$  Ohm transformiert.

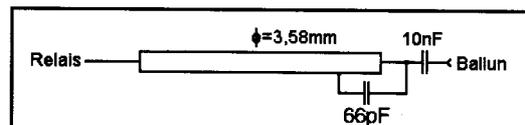
## Besseres SWR

Im nächsten Schritt wurde das SWR optimiert. Vom Relais aus verlegte ich ein langes Semi-rigid-Kabel mit einem Durchmesser von 3,58 mm und koppelte es mit 10 nF an den Balun (Bild 3). Mit einem Kondensator nach Masse konnte das SWR auf Minimum gebracht werden. Der Wert 66 pF musste experimentell ermittelt werden. Das SWR lag damit im Bereich 3,5-28,5 MHz unter 1,2. Dies entspricht einem Rücklauf von lediglich 9 %. Bei 1,8 und 29,5 MHz lag der Wert bei 1,3, was 13 % Rücklauf bedeutet. Mit dem Original Balun werden SWR von 1:6 erreicht, d. h.: Rücklauf des Eing. Baluns 20 %.

In den unteren Bändern ist eine Ansteuerung der Endstufe mit nur 35 W ausreichend. Auf den höheren Bändern wird eine größere Ansteuerleistung benötigt, um die maximal erlaubten 800 W Sendeleistung zu erreichen.

Der Balun ist sicher nachzubauen und funktioniert auf Anhieb. Auch werden keine teuren Messmittel benötigt. Und schon hat man einen erheblichen Rückwind auf allen Bändern, der womöglich das entscheidende 599 im Contest sichert.

Eberhard Heilmann, DL2GAE



**Bild 3: Anschluss der Semi-rigid-Leitung, also der mit halbsteifem Kabel ausgeführten Verbindung zwischen Relais und Balun.**