

# Testbericht Transistor- Linearendstufe R-155 für KW

MARTIN STEYER – DK7ZB

*Auch wenn das Nachschalten einer Linear-PA das QRP-Prinzip eigentlich konterkariert, kommt häufig doch der Wunsch auf, ein Gerät wie den FT-817, IC-703 oder SG-2020 mobil oder zu Hause mit der Standardleistung von 100 W zu betreiben.*

*Die hier vorgestellte PA gibt bei 1 bis 10 W Ansteuerung eine Ausgangsleistung von gut 100 W HF auf allen Amateurbändern von 10 bis 160 m ab und wird aus einer 12-V-Spannungsquelle versorgt.*

### Technische Daten der R-155

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Frequenzbereich         | Amateurbänder 10...160 m (inklusive WARC-Bänder) |
| Betriebsarten           | SSB, CW, FM                                      |
| Stromversorgung         | 12...14 V (typisch 13,8 V), maximal 22 A         |
| Ansteuerleistung        | 1...10 W   |
| Ausgangsleistung        | 100 W (maximal 150 W)                            |
| S/E-Umschaltung         | HF-Vox oder PTT                                  |
| Ein-/Ausgangs-impedanz  | 50 Ω   |
| HF-Anschlüsse           | Buchsen SO-239 (PL)                              |
| Abmessungen (B × H × T) | 180 mm × mm × 290 mm                             |
| Masse                   | 1,8 kg   |



Bild 1: Das Innenleben der Endstufe

Die Endstufe enthält als Herzstück einen einstufigen Gegentakt-Verstärker mit zwei bipolaren Leistungstransistoren 2SD1446, der breitbandig mit Ringkernübertragern arbeitet. Was diese PA von anderen, einfacheren, aus dem CB-Sektor kommenden Endstufen unterscheidet, sind aufwändige Schutzschaltungen, eine stabile Ruhestromversorgung und geschaltete Tiefpässe für eine wirksame Oberwellenunterdrückung.

### ■ Schaltung

Die Endstufe kann wahlweise mit einer HF-Vox oder mit PTT-Steuerung betrieben werden, wobei ich persönlich den PTT-Betrieb vorziehe. Bei Steuerleistungen über 5 W sorgt ein Dämpfungsglied dafür, dass die PA nicht in die Übersteuerung gerät. Eine Logikschaltung mit einem Frequenzdetektor ist dafür zuständig, immer das richtige Tiefpassfilter im Ausgang zuzuschalten. Anderenfalls könnte sofortige Zerstörung der teuren PA-Transistoren drohen.

Im Ausgang befinden sich sechs Tiefpassfilter, die in der Grenzfrequenz so ausgelegt sind, dass keine Harmonischen mit

zur Abstrahlung gelangen. An einem Beispiel möchte ich dies näher erklären:

Die deutlich preiswerter angebotenen einfachen Endstufen aus dem CB-Sektor enthalten in der Regel keinerlei Selektionsmittel. Auch ein separat nachgeschaltetes Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 30 MHz löst nur ein Teilproblem, vgl. a. [2]. Damit wird zwar BCI und TVI oberhalb 30 MHz verhindert, aber die Oberwellen der frequenzniedrigeren Bänder fallen in die anderen Amateurbänder. Sendet man auf 3,5 MHz, so treten Harmonische bei 7, 14, 21 und 28 MHz auf.

Ogleich diese jeweils geradzahlig und durch den Gegentaktaufbau der meisten Endstufen prinzipbedingt schwächer ausgeprägt sind, kann es bereits zu empfindlichen Störungen kommen. Schädlicher sind ungeradzahlige Harmonische, beispielsweise die eines 40-m-Signals. Ein 100 W starkes Sendesignal auf 7 MHz liefert eine dritte Harmonische bei 21 MHz.

Setzen wir beim Betrieb ohne ein passendes Tiefpassfilter optimistisch 20 dB Unterdrückung an, kommt auf dem 15-m-Band noch 1 W Sendeleistung heraus, die bei

einer möglicherweise angehängten Multi-bandantenne voll zur Abstrahlung gelangen. Und dass man gerade auf den oberen Bändern mit 1 W sogar DX-QSOs fahren kann, wissen nicht nur QRP-Fans ...

Die Filter können manuell gewählt werden, aber auch automatisch. Letzteres bietet sich für einen abgesetzten Betrieb der PA, z.B. im Auto, an. Zusätzlich sorgt eine SWR-Schutzschaltung für sofortiges Abschalten der PA, wenn die Antenne nicht richtig angepasst oder eine nachgeschaltete Matchbox nicht richtig abgestimmt ist.

Alle Bauteile befinden sich auf einer doppelseitigen Epoxyplatine, die eine saubere, professionelle Verdrahtung aufweist.

### ■ Mechanischer Aufbau

Die Endstufe macht einen soliden dimensionierten Eindruck; für die RX-/TX-Umschaltung und zum Einschleifen der Tiefpassfilter kommen Relais zum Einsatz. Zusätzlich befinden sich zwei kleinere Hilfsplatinen an der Frontseite. Das Gehäuse besteht aus einem großen, U-förmigen Kühlkörper aus Aluminium, in den die Bodenplatte aus Aluminiumblech eingeschoben



Bild 2: Die R-155 ist nur wenig größer als ein FT-817



**Bild 3: Frontansicht der Linearendstufe**

ben ist und auf dem die HF-Platine und die Leistungstransistoren mehrfach festgeschraubt sind.

Zum Größenvergleich habe ich in Bild 2 den FT-817 auf die PA gestellt, im Betrieb sollte man das wegen der Wärmeentwicklung besser nicht tun.

### ■ Bedienungs- und Anzeigeelemente

An der Frontseite findet man links den Bandumschalter mit sieben Stellungen, wobei die Bänder 20/30 m, 15/17 m und 10/12 m jeweils zusammengefasst sind und mit grünen LEDs angezeigt werden. Die letzte Stellung ermöglicht die automatische Bandumschaltung, gekennzeichnet durch eine gelbe LED.

Daneben wird die Ausgangsleistung mit einer ebenfalls siebenstelligen LED-Säule angezeigt. Eine weitere rote LED leuchtet bei Aktivierung der Schutzschaltungen auf und signalisiert problematische Betriebszustände sowie ein Abschalten der PA.

Auf der rechten Seite der Front sind drei Kippschalter angeordnet. Der erste *On/Off* ermöglicht Standby-Betrieb ohne PA, der zweite eine Leistungsreduzierung auf weniger Output, beispielsweise zum Schonen eines Akkumulators bei Portabel- oder Mobilbetrieb. Mit einem weiteren Schalter kann die Abfallzeit der VOX für SSB-Betrieb erhöht werden, um ein Klappern und unnötiges Schalten der Relais zu verhindern.

Auf der in Bild 4 gezeigten Rückseite sind die beiden SO-Buchsen für HF-Ein- bzw. Ausgang und das fest angeschlossene Kabel für die 12-V-Versorgung zu erkennen, wobei sich die zugehörigen Sicherungen im Inneren auf der Platine befinden. Zwei Steckkontakte ermöglichen es, drei verschiedene PTT-Schaltmöglichkeiten zu nutzen, wenn die HF-Vox nicht aktiviert ist.

Die gebräuchlichste Variante wird die sein, für Sendebetrieb einen Kontakt nach Masse zu schalten. Es ist aber auch ein potenzialfreies Schließen der Relais über zwei Kontakte möglich. Da der HF-Eingang über Kondensatoren entkoppelt ist, kann man auch über eine positive Spannung von 12 V auf dem Innenleiter des Koaxialkabels zum Transceiver die Umschaltung bewirken,

eine aber wohl eher weniger übliche Methode.

### ■ Praktische Ergebnisse und Messwerte

In Verbindung mit einem FT-817 konnte die R-155 voll überzeugen. Bei einer Betriebsspannung von 13,5 V (Netzteil) lagen die gemessenen Outputwerte je nach Band zwischen 130 W (80 m) und 95 W (10 m). In Stellung *Low* wurden unterschiedliche Leistungen gemessen, aber immer deutlich weniger als die Hälfte der vollen Leistung.



**Bild 4: Rückansicht der PA**

Fotos: DK7ZB

Eine überschlägige Bestimmung des Intermodulationsabstands auf 14 MHz ergab für eine Transistor-PA ordentliche Werte (>22 dB). Allerdings sinken Ausgangsleistung und Intermodulationsabstand bei niedrigerer Betriebsspannung (Akkubetrieb mit 12 V), eine für alle Transistorendstufen typische Erscheinung. Besonders wichtig ist ein kurzes, dickes Stromkabel, denn bei 25 A Spitzenstrom

### Oberwellen und Harmonische

Die Ordnungszahl  $N$  einer Harmonischen ist gleichbedeutend mit dem Faktor  $N$ , um den sich die Frequenz der Harmonischen von der der Grundwelle unterscheidet:

$$f_{\text{Harm}} = N \cdot f_{\text{GW}} \quad (1)$$

Man unterscheidet geradzahlige ( $N = 2, 4, \dots$ ) und ungeradzahlige ( $N = 3, 5, \dots$ ) Harmonische. Die **erste** Harmonische ( $N = 1$ ) ist gleichbedeutend mit der Grundwelle. Demgegenüber bezeichnet man die zweite Harmonische, die die doppelte Frequenz wie die Grundwelle aufweist, als **erste** Oberwelle, die dritte Harmonische als zweite Oberwelle usw.; für die Ordnungszahl  $M$  einer Oberwelle gilt also:

$$f_{\text{OW}} = (M - 1) \cdot f_{\text{GW}} \quad (2)$$

kann es bis zu den Kollektoren der Leistungstransistoren doch schon zu erheblichen Spannungsabfällen kommen, was bei zurückgehender Spannung eines 12-V-Bleiakkumulators eine deutliche Verschlechterung des IM-Abstands nach sich zieht.

In QSOs hatten Gegenstationen die Modulation des FT-817 (Originalzustand, ohne Sprachkompressor) mit und ohne PA als gleich gut bezeichnet. Bei normalem SSB- oder CW-Betrieb wurde der Kühlkörper nicht sehr heiß und ließ sich ohne Probleme noch anfassen.

Für Dauerbetriebsarten wie RTTY oder FM auf 10 m empfiehlt das Handbuch, einen 12-V-Lüfter außen auf die Kühlrippen zu legen. Dies ist sicher angebracht, weil die PA über keinen eigenen Lüfter verfügt.

Es ist mechanisch eine gute Lösung, diesen mit einem kleinen Rahmen steckbar auf die Rippen zu setzen. 12-V-Lüfter gibt es preiswert als Computer-Zubehör, wobei sich die Drehzahl durch einen Vorwiderstand senken lässt.

### ■ Abschließende Beurteilung

Wer nicht selbst eine preiswerte CB-PA entsprechend umbauen will, was nicht ganz unproblematisch ist [1], [2], und zudem keine weiteren Kästen wie ein getrenntes Filter nachschalten will, findet mit der R-155 die sehr günstige Ergänzung zu einer vollwertigen 100-W-Station. Dabei kommt die Kombination aus Transceiver und getrennter Endstufe (339 €) nicht viel teurer als ein 100-W-Gerät und ermöglicht viel mehr Einsatzmöglichkeiten.

In der Verbindung mit dem FT-817 kann man so weitere Endstufen für 2 m und 70 cm nutzen und auch hier eine Leistungserhöhung vornehmen.

Die vorgestellte PA wurde von der Firma WiMo [3] zur Verfügung gestellt, bei der ich mich für die Unterstützung bedanke. Dort kann die PA auch bezogen werden.

### Literatur

- [1] Pietsch, H.-J., DJ6HP: Umbau der Transistor-PA KL500 für den KW-Amateurfunk. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 9, S. 928-929
- [2] Stolz, U., DJ9XB: KL500 – nicht ohne Tiefpassfilter! FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 10, S. 995
- [3] Fa. WiMo, Am Gäxwald 14, 76873 Herxheim, Tel. (0 72 76) 9 66 80, [www.wimo.com](http://www.wimo.com)