

Billiger Hi-Fi-Verstärker mit Eintakt-Endstufe

Mit dem Begriff „Hi-Fi-Verstärker“ verbindet sich gewöhnlich die Vorstellung eines teuren Gerätes mit vielen Röhren und einer Gegentakt-Endstufe. Das trifft zu, wenn größere Sprechleistungen verlangt werden, so etwa von 8 bis 30 W. Für niedrige Leistungen, wie man sie in normalen Wohnräumen braucht (max. 3 W), läßt sich ein sehr viel einfacherer Verstärker bauen, der mit nur zwei Röhren (zuzüglich Netzgleichrichter) auskommt und durch nachgenannte Daten gekennzeichnet ist:

Frequenzbereich:	50...10 000 Hz + 1 dB
	30...25 000 Hz — 5 dB
Sprechleistung:	3 Watt
Klirrfaktor:	ca. 1% bei 3 W, 0,25% b. 1 W
Gegenkopplung:	20 dB (10fach)
Störabstand:	- 70 dB
Eingangsspannung:	100 mV für 3
Höhenregler:	0...-15 dB (5,6 : 1) bei 10 kHz
Tiefenregler:	0...+12 dB (1 : 4) bei 100 Hz

Mehr kann man von einem 2-Röhren-Verstärker, der sich noch dazu mit handelsüblichen Einzelteilen aufbauen läßt, nicht verlangen!

Die Schaltung (Bild 1)

wurde von der englischen Röhren-Firma Mullard entwickelt, sie ist nicht alltäglich. An den Lautstärkereger L schließt sich der Höhenregler H an. Je weiter der Schleifer von H am rechten Anschlag steht, um so stärker werden die Höhen unterdrückt (max. - 15 dB), in der linken Endstellung verläuft die Frequenzkurve praktisch geradlinig bis 10 000 Hz (Bild 2). Bei 15 000 Hz, also bei einem Ton, den die meisten Menschen bereits nicht mehr wahrnehmen können, beträgt die Dämpfung in Reglerstellung „linear“ nur - 2,4 dB (1,3 : 1), das ist ein Betrag, der praktisch mit dem Ohr noch nicht festgestellt werden kann.

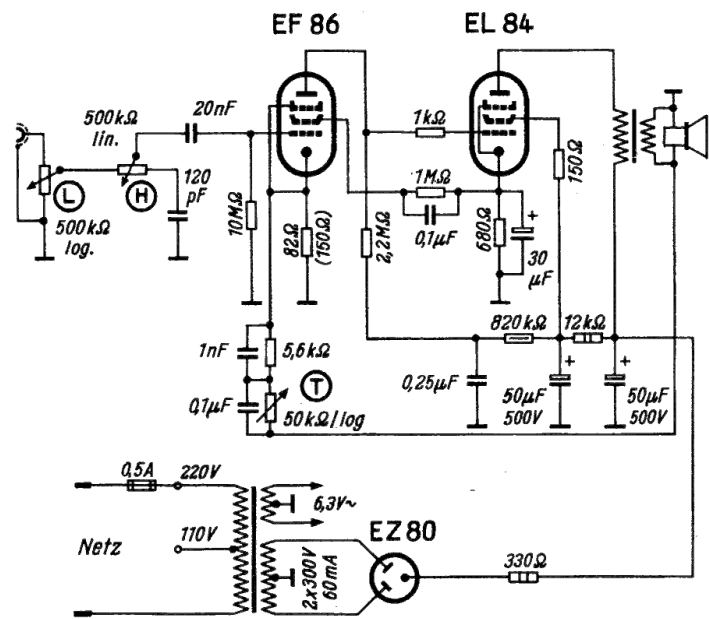


Bild 1. Schaltung des 3-Watt-Hi-Fi-Verstärkers

Die Vorröhre EF 86 wird als sogenannte „stromarme“ Pentode betrieben; ihr Anodenwiderstand hat die ungewöhnliche Größe von 2,2 MΩ. Zwar arbeitet jetzt die Vorröhre mit sehr niedrigen Betriebsspannungen- und -strömen, aber ihre Verstärkungsziffer ist bei dieser Einstellung fast doppelt so hoch wie unter normalen Bedingungen¹⁾.

Ungewöhnlich ist auch die Art der Schirmgitterspeisung, sie erfolgt nämlich von der Katode der Endröhre aus. Gleichzeitig entsteht durch diese Schaltung eine zusätzliche Gegenkopplung, die stabilisierend wirkt.

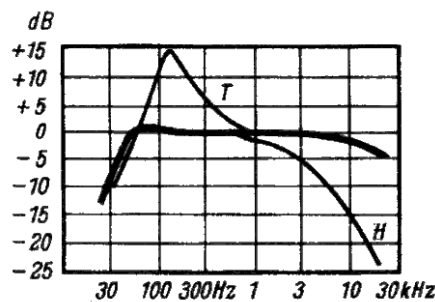
¹⁾ Bei dem hohen Anodenwiderstand von 2,2 MΩ muß an dieser Stelle ein sehr kapazitätsarmer Aufbau angestrebt werden, denn eine zu große Parallelkapazität schließt die Verstärkung für die hohen Frequenzen kurz.

Die Endröhre EL 84 ist in direkter Kopplung angeschlossen, ihr Steuergitter steht über einen Schwingschutzwiderstand von 1 k Ω mit der Vorröhrenanode in Verbindung.

Damit die EL 84 im richtigen Kennlinienbereich arbeitet, wurde die Katode mit Hilfe eines größeren Katodenwiderstandes (680 Ω) „hochgezogen“. Die Differenz zwischen Anodenspannung der Vorröhre und Katodenspannung der Endröhre entspricht der vorgeschriebenen Gittervorspannung. Die direkte Kopplung hat den Vorteil, daß der sonst erforderliche Kopplungskondensator, der bei den tiefen Phasendrehungen verursachen kann, entfällt. Diese Maßnahme trägt zum betriebssicheren Arbeiten der Gegenkopplung zwischen Ausgangsübertrager und Vorröhren-Katode bei.

Im Gegenkopplungskanal liegen zwei RC-Glieder; einer der beiden Widerstände (50 k Ω) ist als Tiefenregler ausgebildet, mit dem die Bässe bei 100 Hz um maximal 12 dB angehoben werden können. Wie **Bild 2** erkennen läßt, liegt

der „Buckel“ der Baßanhebungs-Kurve bei 120 Hz. Unterhalb dieser Frequenz ist ein Abfall von 12 dB je Oktave zu verzeichnen. Diese Bemessung der Schaltung erfolgte mit Überlegung. Betrachtet man die Kurve noch einmal etwas eingehender, so ist festzustellen, daß bei 60 Hz immer noch mit 0 dB verstärkt wird, also daß keinerlei Dämpfung erfolgt.



Links: Bild 2. Frequenzkurven in Abhängigkeit von der Reglerstellung. Stark gezeichnet = Reglerstellung „linear“. H = Höhenregler Stellung „abgesenkt“; T = Tiefenregler Stellung „angehoben“

Nun liegt aber gerade hier die Resonanzspitze der meistens benutzten 20- bis 25-cm-Lautsprecher, weshalb der Kurvenabfall zum Teil wieder ausgeglichen wird. Daß bei noch tieferen Tönen dagegen eine merkliche Schwächung eintritt, ist in der Regel sehr erwünscht. Man unterdrückt damit die Rumpelgeräusche von Plattenspielern mittlerer Qualität.

Große Bedeutung kommt der Güte des Ausgangsübertragers zu. Man soll sich davor hüten, ein billiges Erzeugnis zu verwenden. Wenn man nicht gerade einen verschachtelt gewickelten Übertrager zur Hand hat, ist meistens der zum Lautsprecher gelieferte am zuverlässigsten. Nach Erfahrungen des Referenten werden heute zu Qualitätslautsprechern angesehener Hersteller auch entsprechend hochwertige Anpaßübertrager geliefert, denn der Lautsprecher - Fabrikant ist begrifflicherweise daran interessiert, daß die guten Eigenschaften seiner Lautsprecher nicht wieder durch minderwertige Übertrager verdorben werden. Bei Versuchen bewährte sich zum Beispiel der Isophon-Breitband-Lautsprecher PH 2132/25/11 in Verbindung mit dem zugehörigen Übertrager M 65 R.

Der Katodenwiderstand der ersten Röhre bestimmt den Grad der Gegenkopplung, deshalb richtet sich sein Wert nach der Ausgangsimpedanz des Lautsprechers. Für 4- Ω -Systeme ist ein 82- Ω -Widerstand, für 15- Ω -Systeme ein solcher mit 150 Ω zu wählen.

Der Aufbau

Am besten bringt man das Gerät auf einem Chassis nach **Bild 4** unter, weil sich so die günstigsten Verbindungen ergeben. L

1 bis L 3 sind Lötösenleisten, die größeren, aber nicht brummempfindlichen Teilen als Verdrahtungsstützen dienen. Zwischen L 1 und L 2 kann man beispielsweise das Katoden- RC-Glied der Endröhre und den 0,25- μ F-Siebwiderstand für die Anodenspannung der ersten Röhre anordnen. L 3 nimmt den Siebwiderstand von 12 k Ω auf, der zwischen den beiden Netzteil-Elektrolytkondensatoren liegt. Die übrige Verdrahtung ergibt sich eigentlich von selbst, wenn man sich bemüht, überall kürzeste Verbindungen herzustellen²⁾.

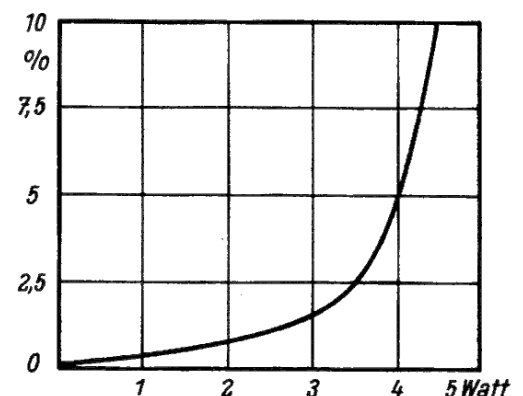


Bild 3. Klirrfaktor in Abhängigkeit von der Aussteuerung

Darum hängen die meisten Kondensatoren und Widerstände zwischen den Lötflächen der Regler und den Röhrenfassungsanschlüssen. Bei N zieht sich ein dicker Draht durch das Chassis, er bildet die Nullschiene, an der alle mit Masse in Verbindung stehenden Anschlüsse erfolgen. Die Nullschiene ist an L 3 isoliert befestigt, hier wird die Verbindung mit den Bechern der Netzteil-Elektrolytkondensatoren hergestellt. Das linke Ende von N ist mit dem Nullkontakt der Eingangsbuchse und mit dem Chassis verbunden; an dieser Stelle besteht die einzige Chassisverbindung im ganzen Gerät. Beachtet man das nicht und benutzt das Chassis als Nullschiene, so muß mit Brummen und Unstabilitäten gerechnet werden.

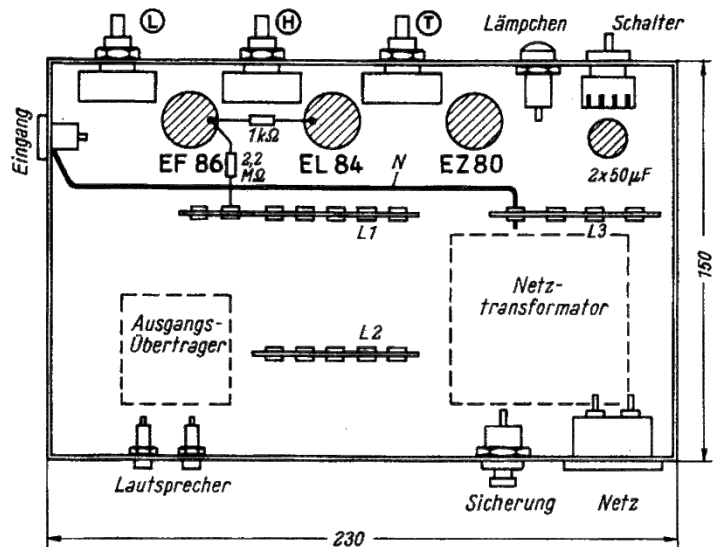


Bild 4. Chassis-Ansicht von unten. Die Chassis-Tiefe beträgt 60 mm

Kühne

(Radio Constructor April 1956)

²⁾ Dies gilt besonders für die bereits in der Fußnote ¹⁾ erwähnte kapazitätsarme Anordnung des 2,2-MΩ-Anodenwiderstandes der Röhre EF 86. Zweckmäßig dreht man die Fassungen für die Röhren EF 86 und EL 84 so zueinander, daß der 1-kΩ-Widerstand ganz kurz dazwischen eingelötet werden kann und der 2,2-MΩ-Widerstand auf dem kürzesten Weg von der Anode der EF 86 zum Stützpunkt auf dem Lötösenstreifen zu liegen kommt.