

Joachim Gittel

# Neues aus Jogis Röhrenbude



**Neue High-End-Verstärker**  
**Powerverstärker mit Senderöhren**  
**Röhrenverstärker auf kleinstem Raum**  
**HF-Empfangs- und Sendetechnik**  
**Röhrenmesstechnik**

**FRANZIS**

## **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

## **© 2005 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing**

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlages gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

**Satz:** DTP-Satz A. Kugge, München

**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

**Druck:** Legoprint S.p.A., Lavis (Italia)

Printed in Italy

**ISBN 3-7723-5365-7**

# Vorwort

Seit dem ersten Buch zu Jogis Röhrenbude hat sich viel Neues getan. Dank der unermüdlichen Arbeit vieler Röhren-Enthusiasten gibt es zahlreiche neue Bauvorschläge für High End Röhrenverstärker, aber auch zahlreiche Schaltungen, die sich besonders für Einsteiger eignen. Vieles konnte man schon im Internet in Jogis Röhrenbude lesen, aber in gedruckter Form ist der Überblick oft leichter zu schaffen. Sicherlich wird mancher Leser Ideen und Anregungen finden, die er selbst umsetzen möchte.

Ein neuer Schwerpunkt ist die Hochfrequenztechnik. Ob Mittelwelle, Kurzwelle oder UKW, ob SSB, AM, FM oder DRM, mit Röhren gibt es die passende Lösung für einfache und effektive Empfänger. Die Entwicklung der HF-Technik ist eng mit der Röhrentechnik verbunden. Zwar werden heute in Empfängern fast nur noch Halbleiter eingesetzt und sogar große Sender werden zunehmend mit Transistoren aufgebaut, aber im Hobbybereich haben Röhren ihren Platz behalten und üben einen besonderen Reiz aus. Da gibt es nicht nur etwas zu hören, da gibt es auch etwas zu sehen!

Ich wünsche allen Lesern viel Spaß und gute Ideen!

Joachim Gittel, Mülheim im Juli 2005

<http://www.jogis-roehrenbude.de>

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	9
<b>2</b>	<b>High End Audio-Verstärker</b> .....	11
2.1	Das KT66-Projekt .....	11
2.2	Monoblock SE 6C33C .....	22
2.3	Röhren-Vorverstärker .....	29
2.4	SE-Amp mit der 6C33C .....	38
2.5	Gegentakt-Vollverstärker mit der 6C33C .....	44
<b>3</b>	<b>Leistungsverstärker mit Senderöhren</b> .....	55
3.1	Eintaktmonos mit RS282, RS291, 845 .....	55
3.2	SE-Amp mit der GU50 .....	64
3.3	SE-Amp mit der 6C19 .....	67
3.4	Eintaktendstufe mit 811A .....	71
3.5	Der SYNOLA SE 509 .....	73
<b>4</b>	<b>Lowpower-Röhrenverstärker</b> .....	78
4.1	Kopfhörerverstärker GI30 .....	78
4.2	Pseudo-Gegentakt mit EL504 .....	82
4.3	Stereoverstärker mit vier EL95 .....	86
4.4	Der PCL81-Brüllwürfeleratz .....	89
4.5	Die EF95 als NF-Verstärker .....	91
<b>5</b>	<b>Miniaturverstärker</b> .....	102
5.1	Miniatur-SE-Amp mit Miniaturröhren .....	102
5.2	Darling-Amp mit 1626 .....	103
5.3	Der Zwerg mit 1P24B in Gegentakt .....	106
5.4	Der Harddisk-Amp .....	112
<b>6</b>	<b>Einfache Hochfrequenzschaltungen</b> .....	117
6.1	EF80-Einkreiser .....	117
6.2	Kurzwellen-0V2 mit ECC81 .....	125
6.3	Der Kleinempfänger Hercules .....	129
6.4	Mittelwellen-Audion mit der ECC86 .....	135

6.5	Audion mit Abstimmmanzeige .....	137
6.6	DRM-Audion mit EL95 .....	139
6.7	AM-Sender für Mittelwelle .....	141
<b>7</b>	<b>Überlagerungsempfänger</b> .....	<b>144</b>
7.1	Mittelwellen-Super mit D-Röhren .....	144
7.2	MW-Superhet mit Abstimmmanzeige .....	148
7.2	UKW-Radio mit Miniaturröhren .....	153
7.4	DRM-Direktmischer .....	166
7.4	Festfrequenz-Doppelsuper für DRM .....	169
<b>8</b>	<b>Digitale Elektronik mit Röhren</b> .....	<b>173</b>
8.1	Die Nixieröhrenuhr .....	173
8.2	Das Netzteil .....	176
8.3	100-Hz-Takterzeugung .....	178
8.4	Teilerketten .....	179
8.5	Dekadische Teilung .....	181
8.6	Rücksetzlogik .....	184
8.7	Dekodierung und Anzeige .....	185
<b>9</b>	<b>Messen und Testen</b> .....	<b>188</b>
9.1	Röhrenprüfgerät RPG 45/15 .....	188
9.2	Testgerät für Magische Augen .....	191
9.3	Kondensatorprüfer C-Check .....	194
9.4	Messungen an Ausgangsübertragern .....	197
<b>Anhang</b>	.....	<b>204</b>
<b>Sachverzeichnis</b>	.....	<b>223</b>

# 1 Einleitung

Röhren und keine Ende... Müsste nicht schon alles gesagt sein, was es zu diesem Thema zu sagen gibt? Anscheinend nicht, denn es kommen laufend neue Leute hinzu, die sich mit Röhren beschäftigen. Während es allgemein mit der Hobbyelektronik bergab zu gehen scheint, erlebt die Röhrentechnik ein Comeback. Man muss sich nur einmal die lebhaften Diskussionen im Forum zu Jogis Röhrenbude ansehen um einen Eindruck zu bekommen, in wie vielen Werkstätten mit Röhren gearbeitet wird. Und so kommen auch immer wieder neue Projektbeschreibungen in Jogis Röhrenbude.

Wer sich für High End Verstärker interessiert, wird in diesem Buch viele Anregungen finden. Ob KT66 oder 6C33, ob Eintakt oder Gegentakt, ob Endstufe oder Vorverstärker, es gibt neue Projekte zu allen wichtigen Themen. Allein schon die optische Gestaltung macht Appetit auf eigene Bauprojekte. Hier findet man Hilfen für den Nachbau, aber auch Anregungen zu technischen Details, die auch in ganz anderen Schaltungen ihren Sinn haben können.

Zahlreiche große Senderöhren, aber auch Zeilenendröhren aus alten Farbfernsehern haben ihren eigentlichen Job verloren und warten auf einen neuen Einsatz. Und tatsächlich kann man aus jeder Röhre fast alles machen. Daher macht es Sinn, auch besondere Röhren für Audiozwecke einzusetzen. Für einige dieser großen Röhren sind hier die passenden Schaltungen zu finden.

Auf die Dauer hilft nur Power? Aber auch die Bescheidenheit ist eine Zier! Und auch Verstärker kleiner Leistung können Begeisterung hervorrufen, z.B. als Kopfhörerverstärker oder als PC-Lautsprecherverstärker für den Schreibtisch. Aber auch kleine Stereoverstärker mit geringem Aufwand und geringen Bauteilekosten finden ihre Freunde. Einsteigerprojekte müssen nicht kompliziert sein.

Ein besonderes Beschäftigungsfeld sind extrem kleine Röhrenverstärker. Der zweite Forumswettbewerb von Jogis Röhrenbude stellte die Aufgabe, möglichst viel Ausgangsleistung mit möglichst wenig Volumen zu erreichen. Dabei sind

Geräte entstanden, die nicht nur mechanische Wunderwerke darstellen, sondern auch schaltungstechnisch einiges zu bieten haben.

Das Audion ist nach wie vor ein beliebter und erfolgreicher Empfänger für AM-Rundfunk, aber auch für Einseitenband-Sprechfunk (SSB) und Telegraphie (CW). Hier ist der starke Einfluss des Amateurfunks auf die Röhrentechnik spürbar, denn lange Zeit war das Audion der eigentliche Stationsempfänger des Funkamateurs. Deshalb findet man in diesem Buch

Schaltungen, die nicht nur funktionieren, sondern auch genauestens erklärt werden. Und auch ein kleiner Sender ist nicht schwierig zu bauen. So kann man bei Bedarf sein eigenes Programm im eigenen Radio empfangen.

Die meisten Empfänger der Unterhaltungselektronik sind Superhets. Auf den ersten Blick scheint dieses Konzept zu aufwendig für den Selbstbau. Aber hier findet man Bauvorschläge, die sich in der Praxis bewährt haben. Sogar ein kompletter UKW-Super mit Batterieröhren ist machbar. Und auch der neue digitale Rundfunk DRM kann mit Röhren empfangen werden, wobei allerdings der Dekoder derzeit noch als Software auf einem PC läuft. Hier kommen alte und neue Technik zusammen.

Auch der Gegensatz Röhren- und Digitaltechnik ist kein ehernes Gesetz. Bekanntlich wurden ja die ersten Computer noch mit Röhren gebaut. So etwas ist auch heute noch machbar und wird hier am Beispiel einer vollständig mit Röhren bestückten Digitaluhr gezeigt. Dabei erhält man tiefe Einblicke in die Digitaltechnik mit Röhren.

Und schließlich kommt auch die Messtechnik nicht zu kurz. Mobile Röhrenprüfgeräte werden vor allem beim Kauf alter Verstärker- oder Anzeigeröhren auf Flohmärkten gebraucht. Dass man eine Anzeigeröhre auch als Messgerät einsetzen kann, zeigt ein Testgerät für Kapazität und Isolierung von Kondensatoren. Messungen spielen schließlich auch bei der Auswahl geeigneter Ausgangsübertrager in Audioverstärkern eine Rolle. Hier werden geeignete Messverfahren gezeigt.

## 5 Miniaturverstärker

Wer baut den kleinsten Stereo-Röhrenverstärker? Dies war die Aufgabenstellung im zweiten Forumswettbewerb von Jogis Röhrenbude. Die Ergebnisse können sich sehen lassen! Dieses Kapitel stellt einige besonders kreative Lösungen vor. Hier geht es weniger um die beste Schaltung oder um die größte Ausgangsleistung, sondern vielmehr um die Gesamtlösung. Die Einsendungen wurden nach dem Verhältnis Ausgangsleistung / Volumen bewertet.

### 5.1 Miniatur-SE-Amp mit Miniaturröhren

Dieser Mini-Amp mit der Miniaturröhre 5902 (= EL71) wurde von Herrmann gebaut. Der Verstärker bringt etwa 0,8 bis 1 W Ausgangsleistung an 8 Ohm.

Die Schaltung dieses kleinen Verstärkers nach Abb. 5.3 zeigt eine klassischen Klasse-A-Endstufe und eine Vorstufe mit der Triode 5718. Der Ausgangsübertrager hat eine Primärimpedanz von 4 k $\Omega$ .

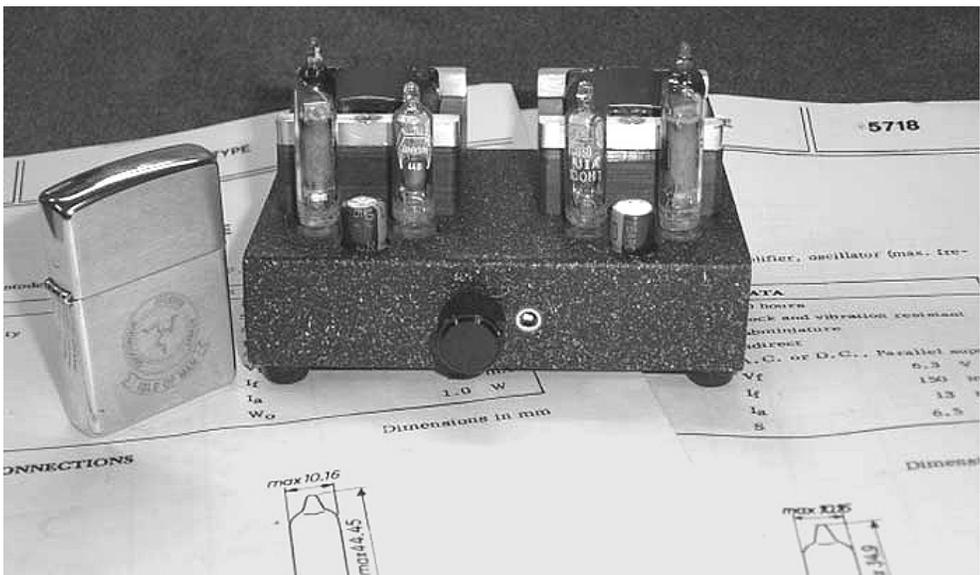


Abb. 5.1 Der fertige Stereoverstärker



Abb. 5.2 Die verwendeten Miniaturröhren

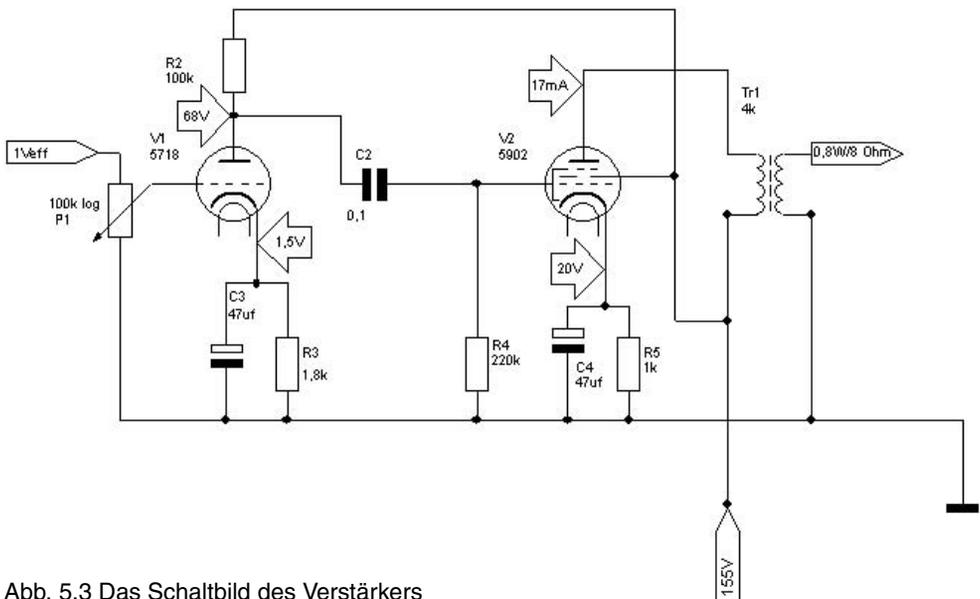


Abb. 5.3 Das Schaltbild des Verstärkers

## 5.2 Darling-Amp mit 1626

Dieser Miniaturverstärker von Gerd Reinhöfer verwendet die Leistungstriode 1626 in der Klasse-A-Endstufe mit einer Ausgangsleistung von knapp einem Watt. In Anlehnung an den bekannten „Darling“ von Bob Danielak wurde auch dieser Verstärker Darling getauft. Hier ging es speziell um das Design und den kompakten Aufbau. Insbesondere die speziell angefertigten Trafohauben runden den optischen Eindruck ab.

Die 1626 ist eine Sendetriode für Telegraphiesender kleiner Leistung. Die Röhre wurde im zweiten Weltkrieg in amerikanischen Flugzeug-Funkgeräten eingesetzt. Die Heizdaten sind

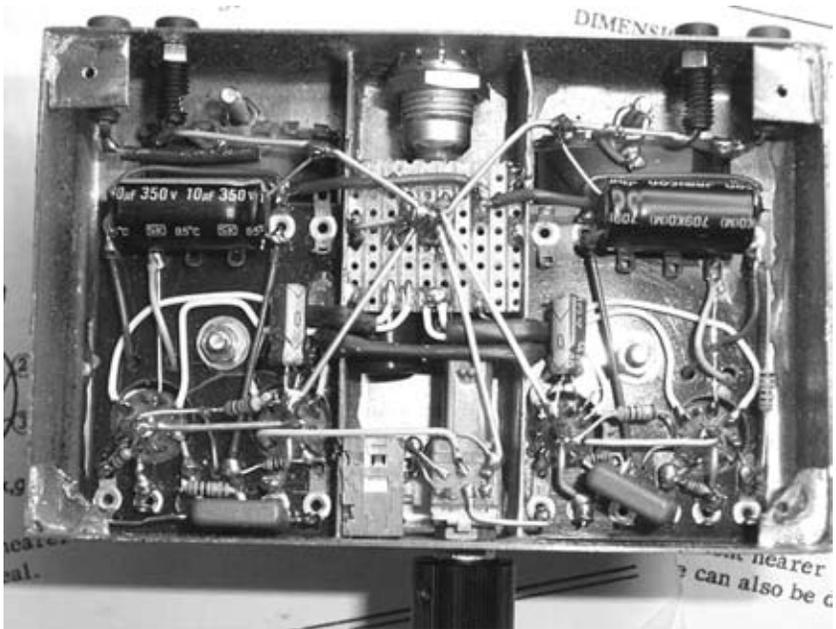


Abb. 5.4 Die Verdrahtung



Abb. 5.5 Der Darling

12,6 V und nur 0,25 A, die erlaubte Anodenverlustleistung ist 5 W. Bob Danielak war einer der ersten, die diese kleine Senderöhre für Audiozwecke einsetzen. Sein bekannter Artikel „Hello, Darling. 3/4 W of Cheap Fun“ (Sound Practices Magazine, Ausgabe 15, 1998) etablierte den Namen „Darling“ und machte Bob Danielak zum „Papa Darling“. Inzwischen gibt es einen weltweiten Darling-Club. In dieser Tradition steht auch der Darling von Gerd Reinhöfer.

Abb. 5.6 zeigt den Schaltplan des Verstärkers. In der Vorstufe arbeitet eine Pentode 717A. Die Endröhre benötigt eine separate Gittervorspannung.

Das Netzteil verwendet einen speziell gewickelten Trafo. Die Anodenspannung wird mit einer Transistorstufe stabilisiert und geglättet. So spart man die große Netzdrossel und erhält eine brummfreie Spannungsversorgung, was bei einer Trioden-Endstufe besonders wichtig ist.

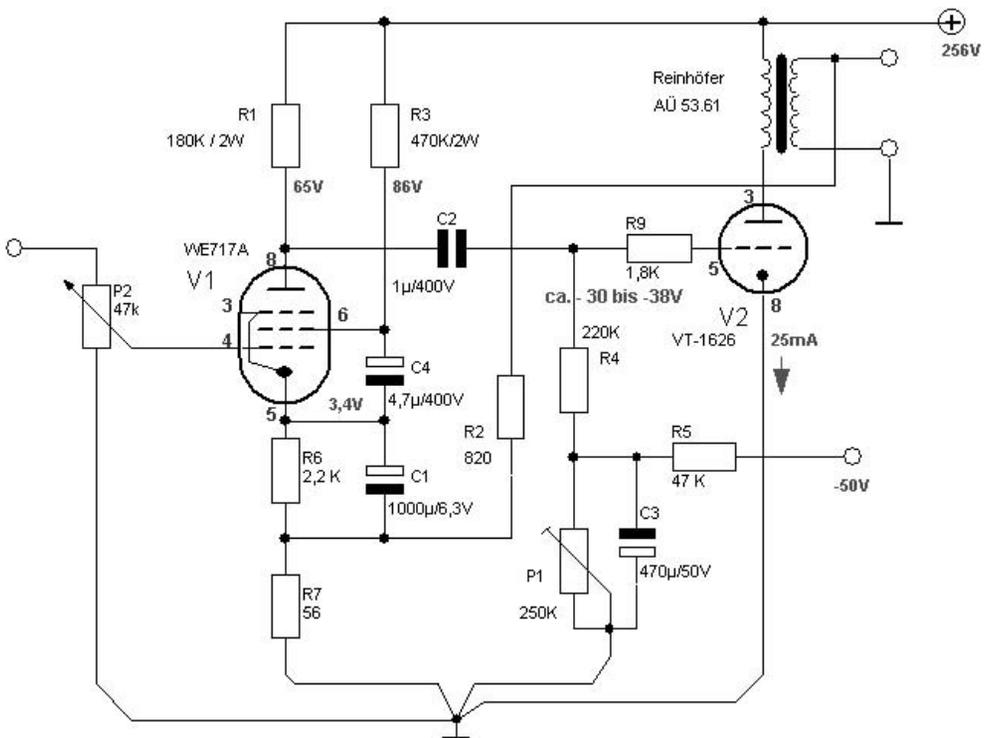


Abb. 5.6 Schaltplan des Verstärkers

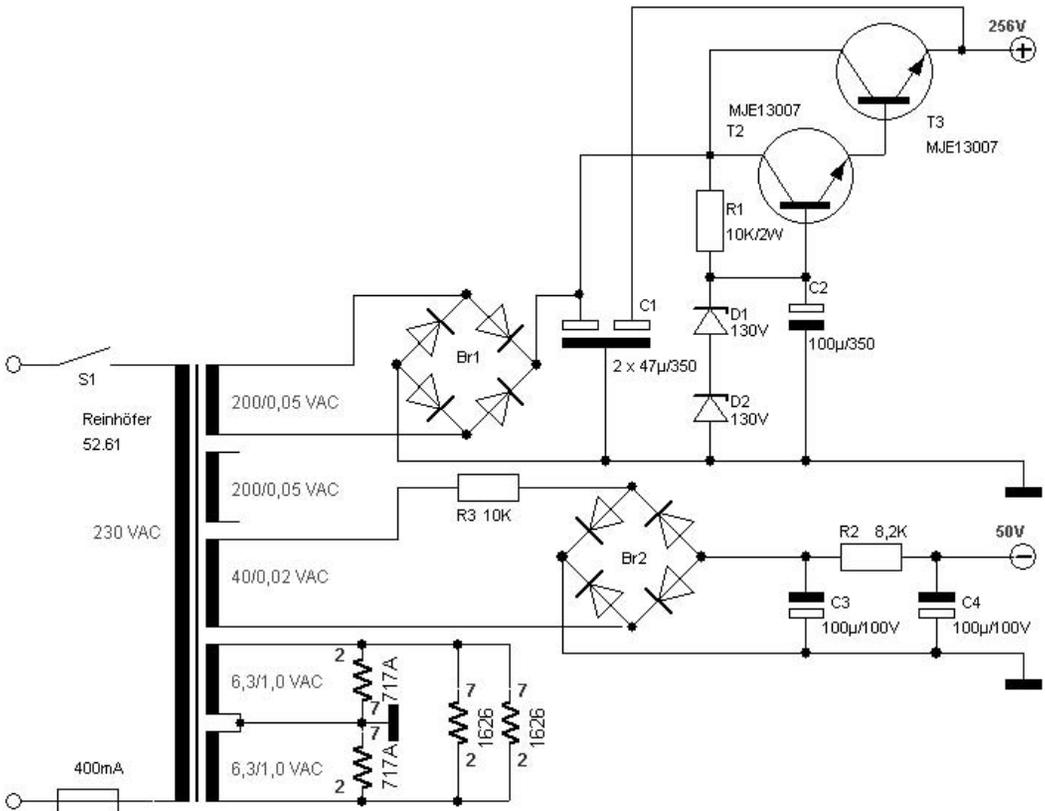


Abb. 5.7 Das Darling-Netzteil

Für den Nachbau kann es sinnvoll sein, statt der 717A eine leichter zu beschaffende russische Röhre 12SH1L einzusetzen. Aus optischen Gründen empfiehlt es sich, diese Röhre in einen Oktal-Sockel einzubauen (vgl. Abb. 5.8).

Abb. 5.9 zeigt die von Ralf Raudonat für die 12SH1L angepasste Schaltung.

### 5.3 Der Zwerg mit 1P24B in Gegentakt

Dieser Stereo-Gegentaktverstärker von Gerd Reinhöfer erzielte den ersten Platz im Forumswettbewerb von Jogis Röhrenbude. Mit zwei Miniaturröhren 1P24B wird eine unverzerrte Ausgangsleistung von 5,7 W erreicht, was für diesen besonders kleinen Verstärker eine hervorragende Leistungs-Volumenrelation bedeutet. Der Verstärker wurde von seinem Erbauer kurz und prägnant „Zerg“ getauft.

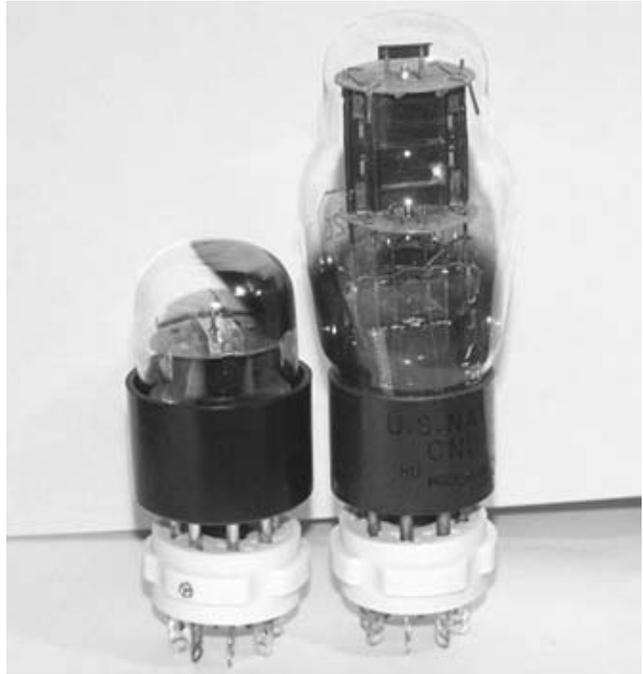


Abb. 5.8 Die umgesockelte 12SH1L neben der 1626

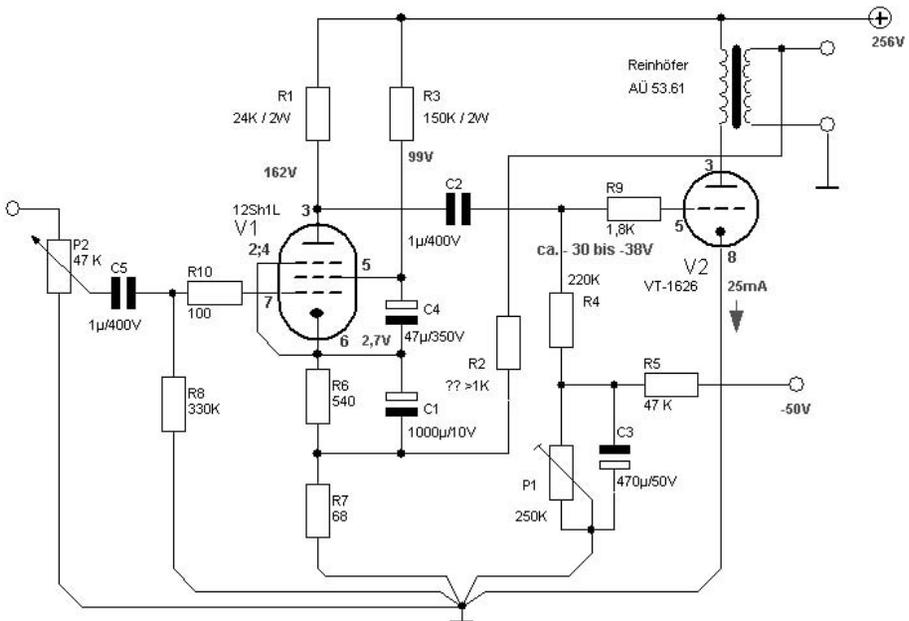


Abb. 5.9 Darling mit 12SH1L



Abb. 5.10 Der Verstärker mit abgesetztem Netzteil

Der extrem kleine Verstärker verwendet ein separates Netzteil. Bei der Gestaltung der Frontplatten wurde bewusst auf eine Beschriftung der Bedienelemente verzichtet, denn eigentlich kann man da kaum etwas falsch machen. Als einziges Anzeigeelement wurde in beiden Teilen eine grünleuchtende Neon-Glimmlampe verwendet.

Hier ging es darum, möglichst viel Leistung aus wenig Volumen zu holen. Aufgrund des schlechten Wirkungsgrades der Eintakt-Endstufen schied dieses Konzept von vornherein aus. Auf jeden Fall musste es ein Gegentaktverstärker werden. Ebenso ist es mit dem Vergleich Triode-Pentode ausgegangen. Trioden haben einen schlechteren Wirkungsgrad, Pentoden das bessere Leistungs/Volumen-Verhältnis.

Die Auswahl der geeigneten Pentode war nicht schwierig. So gibt es kleine Sendepentoden 1P24B mit 2,5 W Anodenverlustleistung und recht hohen zulässigen Anodenspannungen. Als Eingangs- und Phasenumkehrstufe sollten ebenfalls Subminiaturröhren arbeiten, allerdings scheint es in dieser Bauform keine Trioden zu geben. Eine Kennlinienaufnahme einer 1SH18B in Triodenschaltung zeigte eine erzielbare ca. 17-fache Verstärkung.

Die Schaltung der Endstufe nach Abb. 5.11 entspricht weitgehend klassischer Vorgehensweise. Im Eingang arbeitet eine 1SH18B in Pentodenschaltung, da sich herausstellte, dass sich in Triodenschaltung die geforderte Eingangsempfindlichkeit nicht erreichen ließ. Der Anodenwiderstand wurde mit einem Einstellregler verlängert, an dem die Spannung für die Phasenumkehr abgegriffen wird. Mit diesem wird die Wechselspannungssymmetrie eingestellt. Der 15-pF-Kondensator vom Gitter zur Anode sorgt für den stabileren Betrieb der gegengekoppelten Endstufe. Die Endstufe arbeitet mit M55-Gegentaktübertrager mit  $R_{aa} = 8 \text{ k}\Omega$ .

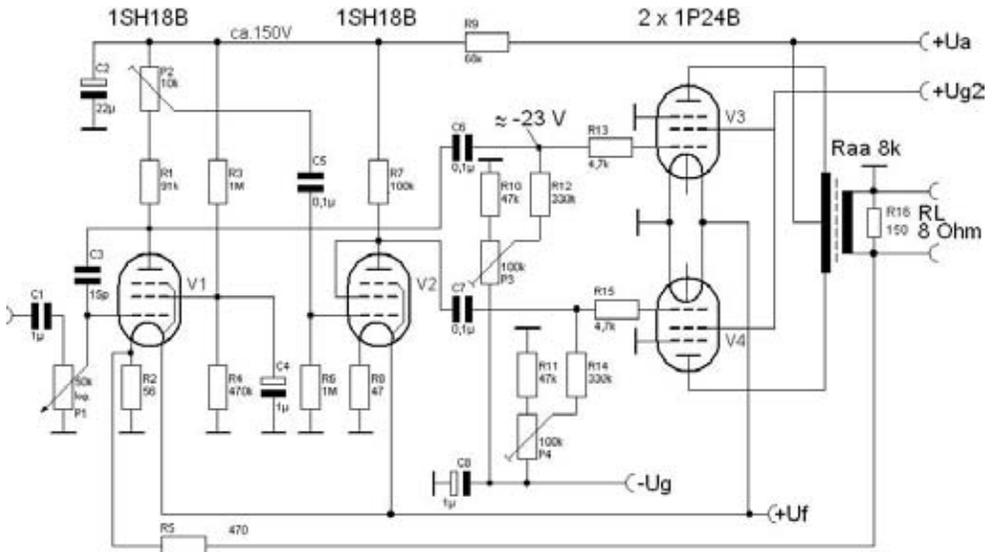


Abb. 5.11 Schaltbild des „Zwerg“

Die Phasenumkehr erledigt die zweite 1SH18B in Triodenschaltung. Die beiden gegenphasigen Signale gelangen dann über die 4,7-k $\Omega$ -Schutzwiderstände an die Gitter der Endröhren. Deren Arbeitspunkt kann mit den 100-k $\Omega$ -Potis getrennt eingestellt werden. Eine Besonderheit ist die Erzeugung der Gittervorspannung der Vorstufenröhren. Vorwiderstände passen die Heizspannung an die vorhandenen 2,4 V an und sorgen gleichzeitig für eine Gittervorspannung von ca.  $-1,8$  V. Der Vorwiderstand der Vorröhre wurde etwas größer gewählt, da die Gegenkopplung gleichstrommäßig parallel liegt.

Das Netzteil ist kanalgetrennt aufgebaut. Jeder M65-Trafo liefert die Spannung für eine Endstufe. Die Anodenspannung wird mit einer Transistorsiebung stabilisiert und gesiebt. Aus der stabilisierten Spannung wird auch die  $U_{g2}$ -Spannung gewonnen. Der 10-k $\Omega$ -Widerstand vor der 160-V-Zenerdiode sorgt für eine Begrenzung des Schirmgitterstroms. Ab 9 mA bricht  $U_{g2}$  zusammen und verhindert zu starkes Aussteuern der Endröhren. Die Gittervorspannung hat als Besonderheit einen 4,7-k $\Omega$ -Widerstand in der Trafozuleitung. Dieser begrenzt den Ladestrom des Ladekondensators. Im Kurzschlussfall wirkt er als Sicherung, da nur etwa 9 mA fließen können. Die Heizspannung wird mit Schottkydioden gleichgerichtet und über einen Lowdrop-Regler LT1085 auf knapp 2,5 V stabilisiert. An den Heizungen liegen dann wegen der Kabelwiderstände ca. 2,4 V an.

Das Gehäuse für den Zwerg schließt die Ausgangsübertrager als Seitenteile mit ein. Bei 2 mm Wandstärke und 55 mm Außenmaß ist genügend Platz für den Quereinbau der Röhren vorhanden. Unter Verwendung der M55-Ausgangsübertrager sind die Seitenmaße 55  $\times$  55 mm festgelegt. Die Gesamtlänge von 160 mm ergibt sich aus dem Platzbedarf der vier Röhren. Insgesamt beträgt das Volumen damit knapp 0,5 Liter.

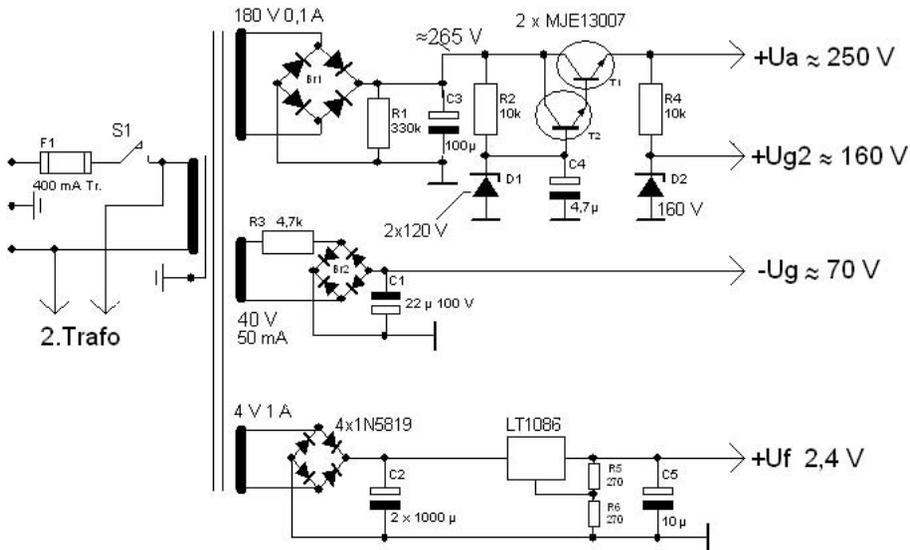


Abb. 5.12 Das Netzteil

Die Anforderungen bei einem solch kleinen Gehäuse sind vor allem gute Zugänglichkeit der Schaltung, und dass alle Teile einzeln abnehmbar sind. Zu diesem Zweck wurden kleine Rahmen gebaut, an die von allen Seiten die Gehäusewände angeschraubt werden können. Gehalten wird das Ganze mit vier durchgehenden Gewindestangen, die alle Teile verbinden.

Aus dem Quereinbau der Röhren ergab sich die Anordnung  $2 \times 4$  Röhren nebeneinander. Aus Platzgründen musste eine Platine entwickelt werden. Die Leiterplatte ist etwa  $50 \times 50$  mm groß und trägt alle Bauteile. Zusätzlich gibt es noch eine kleine Lötleiste für die Endröhren, die mit den Masseverbindungen an Rückwand und Stromversorgungsanschluss verbunden ist.

Die Rückwand trägt die komplette Elektronik und braucht nur über je fünf Drähte mit den Ausgangsübertragern verbunden werden. Mechanisch wird die Leiterplatte dann durch die Verschraubung des Potis in der Front verdrehsicher gehalten, zusätzliche Befestigungen sind nicht nötig.

Die Stromversorgung erfolgt über ein Kabel mit neunpoligen Sub-D-Verbindern. Als einzige gemeinsame Masseleitung für beide Endstufen dient der Schirm von einem Stück Koaxkabel RG58, der über die 8 Einzellitzen gezogen wurde.

Die Gehäuseteile bestehen aus 2-mm-Aluplatten mit dunkelbraun eloxierter Oberfläche, die Hilfsrahmen aus Kunststoff. Als seitlicher Abschluss sitzt auf den Ausgangsübertragern jeweils eine Abdeckhaube H55SW. Über vier Gewindestangen wird alles zusammengehalten, die Gehäusewände sind jeweils mit den Hilfsrahmen verschraubt. Das Netzteil wurde nach dem gleichen Konzept gebaut, allerdings mit M65-Trafos und demzufolge etwas größeren Abmessungen.

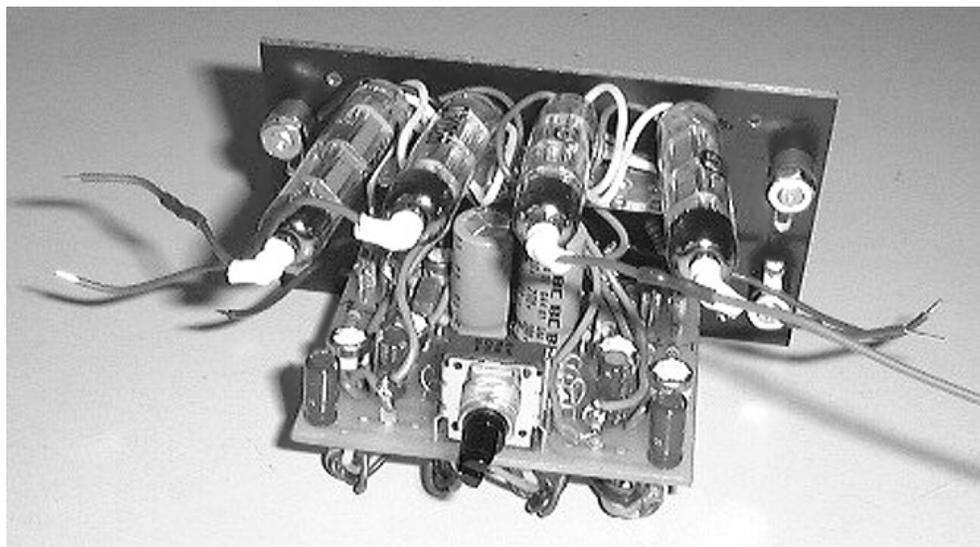


Abb. 5.13 Die bestückte Platine



Abb. 5.14 Die Einzelteile des Verstärkers



Abb. 5.15 Der Zwerg mit geöffnetem Gehäuse

## 5.4 Der Harddisk-Amp

Dieser Röhrenverstärker wurde von Dieter Tepel aus einer Computer-Festplatte gebaut. Das Festplattengehäuse bietet ein ideales Chassis für einen besonders kleinen Audioverstärker. Der Stereoverstärker verwendet zwei EL84 in den Eintaktendstufen und liefert unverzerrt 2 W pro Kanal. Er errang damit den zweiten Platz im Forumswettbewerb von Jogis Röhrenbude.

Die Schaltung geht auf einen Vorschlag von RIM zurück. Von der Größe her passende Übertrager fanden sich bei Raphael-Audio. Die TSE-4 haben einen EL60-Kern, sind vierfach verschachtelt und recht günstig.

Für den Verstärker wurde die 4-k $\Omega$ -Wicklung benutzt. An einem 8- $\Omega$ -Lautsprecher erhält man eine Primärimpedanz von 6,4 k $\Omega$ . Das Trioden-System der ECC83 bringt genügend Verstärkung für den Einsatz einer Gegenkopplung. Die Vorteile sind ein geringerer Klirrfaktor und ein besserer Frequenzgang. Ohne Gegenkopplung arbeitet der Verstärker ebenfalls



Abb. 5.16 Der Stereoverstärker im Festplattengehäuse

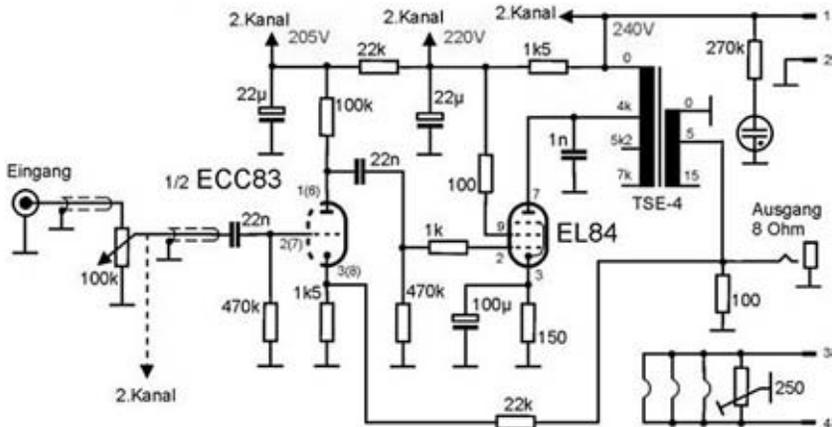


Abb. 5.17 Schaltung des Eintaktverstärkers

problemlos, allerdings wesentlich empfindlicher. Mit Gegenkopplung neigt der Verstärker zu wilden Hochfrequenzschwingen, wird aber mit dem 1-nF-Kondensator an der Anode stabil. Dieser Kondensator braucht eine Spannungsfestigkeit von mindestens 500 V.

Während Seagate-Platten (HardMouse) extrem hartes Material als Bodenteil aufweisen, lassen sich WD-Festplatten sehr gut verarbeiten. Der Mittelteil des Bodens muss mit der Stichsäge entfernt werden, so dass nur noch der Rand stehen bleibt. Die Elektronik-Platine der Festplatte sollte dann später als Boden-Deckel dienen.

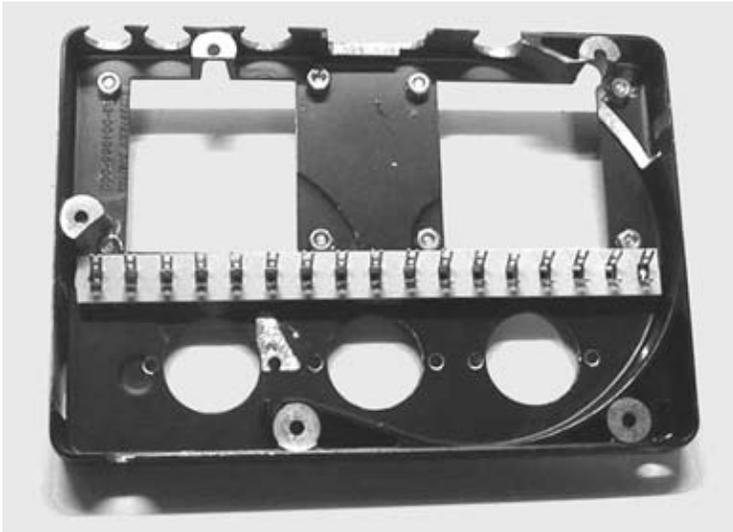


Abb. 5.18 Aussparungen für die Röhrensockel und die Übertrager

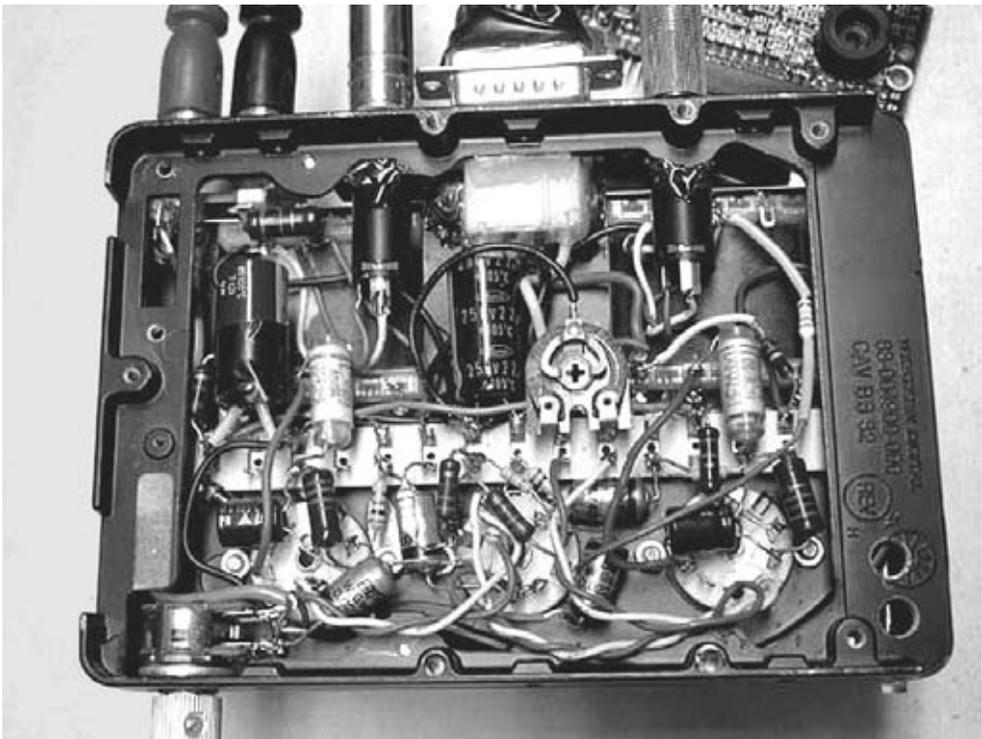


Abb. 5.19 Der HardAmp mit geöffneter Abdeckung

In den Deckel wurden die Löcher für die Röhrenfassungen gebohrt und die Aussparungen für die Übertrager gesägt. Da unter den Übertragern noch Bauteile liegen, wurde eine Montage auf Abstandhaltern vorgesehen. Zum Bohren der Löcher für den Lautstärke-Regler und die Anschlüsse mussten die beiden Gehäuseteile zusammengeschraubt werden. Als Lautsprecher-Anschlüsse wurden 6,3-mm-Klinkenbuchsen gewählt.

Da der Verstärker möglichst klein sein sollte, kam nur ein externes Netzteil in Frage. Als Steckverbindung zum Netzteil wurde die 4-polige Buchse einer PC-Stromversorgung verwendet. Im Netzteil selbst wird eine Drossel für eine wirksame Glättung eingesetzt. Das Netzteil wurde in ein PC-Netzteilgehäuse eingebaut. Abb. 5.21 zeigt den Gesamtaufbau mit Verstärker und Netzteil.

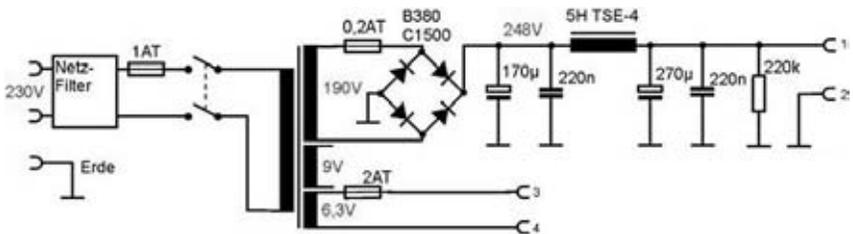


Abb. 5.20  
Das Netzteil

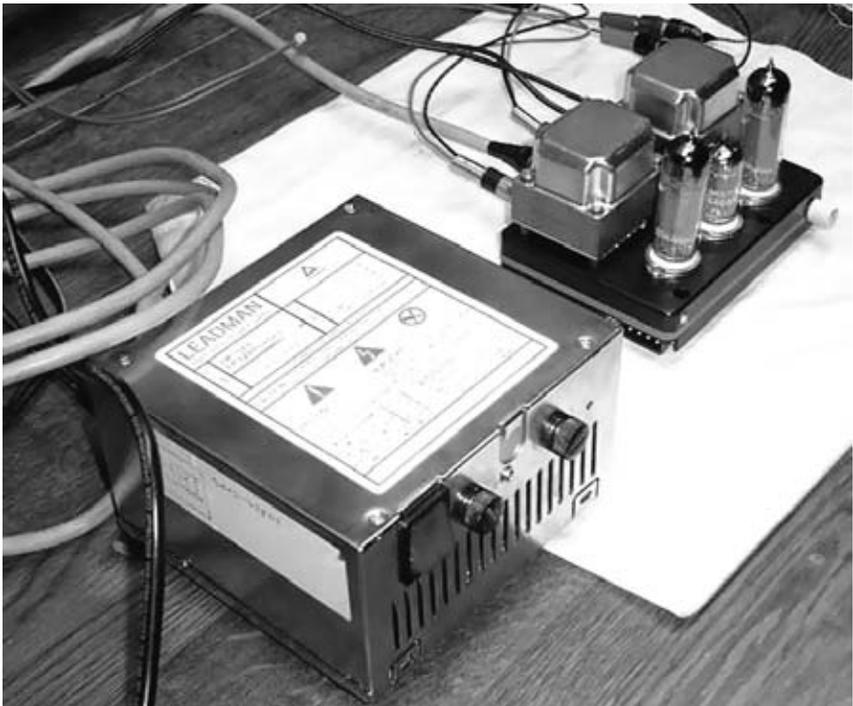


Abb. 5.21  
Das abge-  
setzte  
Netzteil



Abb. 5.22 Hinteransicht des Verstärkers

## 9 Messen und Testen

Wer sich ernsthaft mit Röhrentechnik beschäftigen will, kommt an der Messtechnik nicht vorbei. Hier werden vor allem Testgeräte und –verfahren für die Untersuchung von Röhren und anderen Bauteilen vorgestellt.

### 9.1 Röhrenprüfgerät RPG 45/15

Dieses mobile Röhrenprüfgerät wurde von Siegfried Neumann entwickelt. Als Testfassung wurde eine Europafassung gewählt. Damit lassen sich die meisten Röhren der Typenreihen RE, REN, RGN usw. prüfen. Mit Hilfe eines Adapterkabels können auch andere Röhren geprüft werden.



Abb. 9.1 Das handliche Röhrenprüfgerät



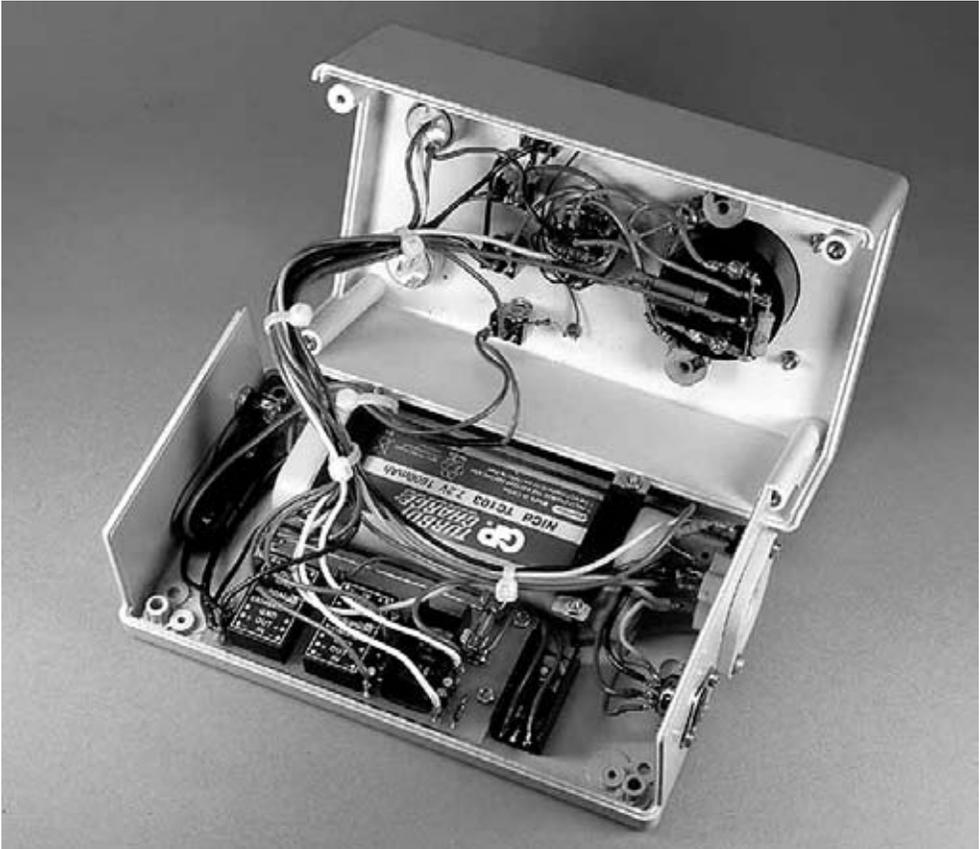


Abb. 9.3 Das Innenleben des Testgeräts

von 100 mA erzeugt. Da die Wandler eine Betriebsspannung von 5 V haben und der Akku 6 V liefert, wurde ein 5-V-Spannungsregler vorgeschaltet.

Da Wolframröhren eine sehr geringe Emission haben, und bei 0 V Gitterspannung kaum ein Anodenstrom messbar ist, ist die positive Gitterspannung nützlich. So wird z.B. bei einer TM15 bei einer Anodenspannung von 45 Volt und einer Gitterspannung von +15 V ein Anodenstrom von 5 mA erreicht.

Neben der Testfassung ist eine Universalbuchse angebracht. An dieser kann der Messadapter oder das Ladegerät angeschlossen werden.



Abb. 9.4 Prüfen einer Röhre mit dem Adapterkabel

## 9.2 Testgerät für Magische Augen

Dieses Prüfgerät wurde von Siegfried Neumann speziell für den Einsatz auf dem Flohmarkt entwickelt. Die Anodenspannung von etwa 200 V wird mit einem Spannungswandler erzeugt.

Ein Gegentakt-Spannungswandler mit einem Printrafo  $2 \times 6 \text{ V}$  zu  $2 \times 110 \text{ V}$  setzt die Akkuspannung von 7,2 V auf die Anodespannung von 200 V um. Gleichzeitig wird eine Spannung von  $-100 \text{ V}$  erzeugt.

Die negative Spannung wird mit einer Zenerdiode auf ca. 20 V stabilisiert. Ein astabiler Multivibrators liefert eine Steuerspannung für das Eingangsgitter und steuert somit den Leuchtschatten. Die verwendeten Kondensatoren bestimmen die Wiederholrate. Mit 100- $\mu\text{F}$ -Elkos entsteht eine Periode von 4 Sekunden, wobei der Leuchtschirm sich in zwei Sekunden ganz öffnet.



Abb. 9.5 Das Testgerät

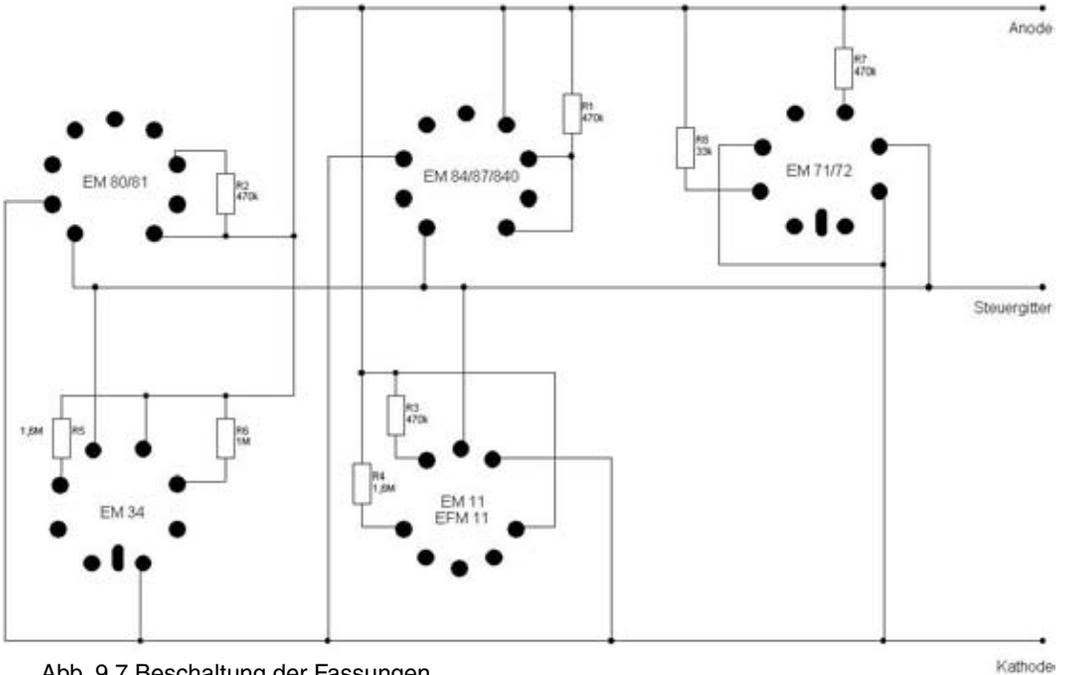


Abb. 9.7 Beschaltung der Fassungen



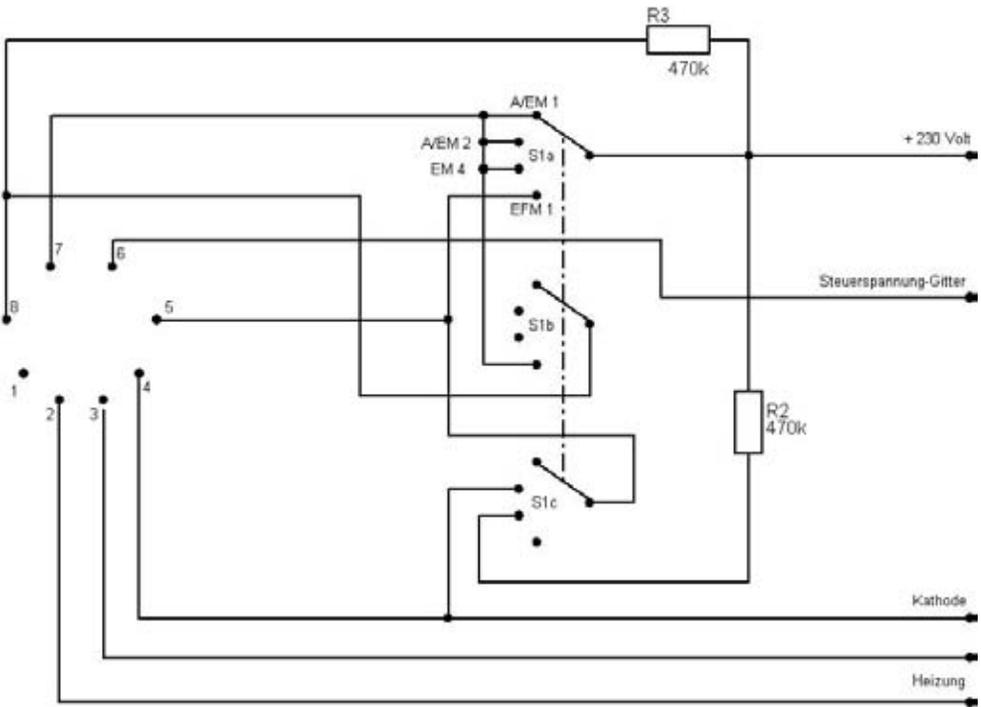


Abb. 9.8 Verdrahtung der Außenkontakt-Fassung

Das Testgerät kann 18 verschiedene Magische Augen testen. Abb. 9.7 zeigt die Verdrahtung der verschiedenen Röhrenfassungen. Die vier wichtigsten Außenkontaktrohren werden nach Abb. 9.8 mit einem Umschalter ausgewählt.

### 9.3 Kondensatorprüfer C-Check

Dieses Prüfgerät mit einer EM800 als Anzeigeröhre wurde von Paul Heussner entwickelt. Eine Messbrücke erlaubt die Bestimmung einer unbekanntenen Kapazität. Zusätzlich kann die Isolation bzw. die Selbstentladung überprüft werden. Das Gerät wird hauptsächlich verwendet, um Kondensatoren bei der Restaurierung alter Radios zu testen.

Die Schaltung nach Abb. 9.11 besteht im Wesentlichen aus dem Netzteil, der Messbrücke zur Kapazitätsmessung, der Schaltung zur Isolationmessung und dem Anzeigeteil mit der EM800. Für den Isolationstest wurden 7 verschiedene Prüfspannungen vorgesehen. Die Spannungen sind so gewählt, dass sie jeweils knapp unterhalb der zulässigen Gleichspannung bei der üblichen Abstufung von Kondensatoren liegen, also z.B. 60 V für einen 63-V-Kondensator. Die maximale Spannung liegt bei 200 V.



Abb. 9.9 Test einer EM84

Zwischen beiden Messverfahren kann über einen Schalter umgeschaltet werden. Da bei der Kapazitätsmessung auf Minimum abgeglichen wird, bei der Isolationsmessung der Leuchtbalken der EM800 aber auf Maximum stehen muss, wurde eine zusätzliche Umschaltung des Kathodenwiderstandes notwendig. Der Leuchtbalken lässt sich nun getrennt justieren.

Die Messbrücke arbeitet mit einer Netzfrequenz von 50 Hz. Außer Kondensatoren mittlerer Kapazität können auch große Elkos untersucht werden. Der einzustellende Messbereich wird entsprechend der aufgedruckten Kapazität des Kondensators gewählt. Der Prüfling wird angeschlossen, wobei die Polarität bei Elkos keine Rolle spielt. Anschließend wird mit dem Poti auf minimalen Ausschlag der EM800 abgeglichen. Die Kapazität des Prüflings kann dann nach der Potistellung berechnet werden. Z.B. sei der Messbereich 100  $\mu\text{F}$  gewählt und es wird „x0,2“ abgelesen. Der Prüfling hat dann  $100 \mu\text{F} \times 0,2 = 20 \mu\text{F}$ . Die Vergleichskondensatoren reichen von 1 nF bis 1000  $\mu\text{F}$ . Damit lassen sich Kondensatoren im Bereich von 200 pF bis 5000  $\mu\text{F}$  bestimmen.

Zur Isolationsmessung wählt man zunächst die gewünschte Prüfspannung entsprechend der Spannungsfestigkeit des Kondensators. Nun wird der Prüfling angeschlossen, bei Elkos ist auf die Polung zu achten. Während der Aufladung des Kondensators fährt die Anzeige der

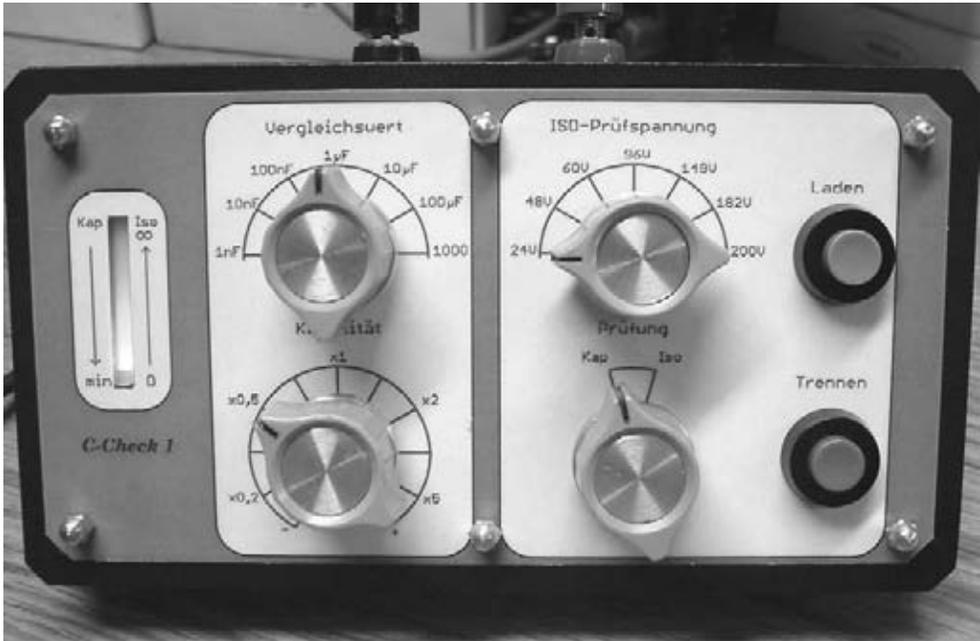


Abb. 9.10 Das Kondensator-Messgerät

EM800 nach unten, da der jetzt fließende Ladestrom einen Spannungsabfall am Gitterwiderstand der EM800 verursacht und das Gitter positiv ansteuert. Nach einiger Zeit ist der Aufladevorgang beendet und die Anzeige erreicht ihren Maximalwert. Bei einem Kondensator mit guten Isolationswerten sollte die Anzeige nun im oberen Endbereich liegen. Je tiefer sie liegt, desto schlechter sind die Isolationseigenschaften. Zur Verkürzung des Ladevorgangs bei großen Kapazitätswerten kann die Taste „Laden“ gedrückt werden.

Für Untersuchungen im Gigaohm-Bereich ist diese direkte Messung nicht mehr brauchbar. Stattdessen muss indirekt gemessen werden. Dazu trennt man den Kondensator mit der entsprechenden Taste von der Ladespannung und verbindet ihn nach einiger Zeit erneut. Im getrennten Zustand hat der Kondensator sich teilweise entladen und muss wieder neu geladen werden, was man an einem veränderten Ausschlag erkennt. Das Verfahren lässt nur qualitative Aussagen zu, vermittelt aber ein Gefühl für die Qualität der Isolation.

Mit dieser Schaltung sind Widerstände bis in den Gigaohm-Bereich messbar. Es muss daher auf sehr gute Isolation der Prüfbuchsen und der Gitterverkabelung geachtet werden. Der 4,7-nF-Kondensator muss von sehr guter Qualität sein und hohe Isolationswerte haben. Der 4,7-M $\Omega$ -Widerstand sollte direkt an der Fassung befestigt werden, die ebenfalls qualitativ hochwertig sein sollte.



Neues aus  
**Jogis  
Röhrenbude**

Seit dem ersten Buch zu Jogis Röhrenbude hat sich viel Neues getan. Dank der unermüdlichen Arbeit vieler Röhren-Enthusiasten gibt es zahlreiche neue Bauvorschläge für High End Röhrenverstärker, aber auch viele Schaltungen, die sich besonders für Einsteiger eignen. So wird der eine oder andere Leser Ideen und Anregungen finden, die er gerne umsetzen würde.

Einen besonderen Schwerpunkt des Buches bildet die Hochfrequenztechnik. Ob Mittelwelle, Kurzwelle oder UKW, ob SSB, AM, FM oder DRM, mit Röhren gibt es viele passende Lösungen für einfache und effektive Empfänger.

Hierbei wird deutlich, wie eng die Hochfrequenztechnik mit der Röhrentechnik verknüpft ist. Obwohl in Empfängern als auch Sendern fast nur noch Halbleiter eingesetzt werden, haben die Röhren im Hobbybereich ihre Position behauptet und üben nach wie vor einen besonderen Reiz aus – und wenn es nur die nostalgisch glimmenden Heizfäden sind.

**Aus dem Inhalt:**

- Neue Powerverstärker mit KT66 und 6C33
- Senderöhren im Audioeinsatz
- Röhrenverstärker mit geringer Anodenspannung
- Viel Leistung auf kleinstem Raum
- Klassische und neue Audionempfeänger
- Röhren-Superhets für AM und für FM
- Röhrenempfeänger für den digitalen Rundfunk DRM
- Digitaluhren nur mit Röhren
- Messgeräte und Testverfahren

**FRANZIS**

ISBN 3-7723-5365-7



9 783772 353659

€ 24,95 [D]