

anlassen. Das sind sieben Hexinverter IS 17 bis 23. Die 40 Ausgänge der Hexinverter werden an 40 Lötstifte, Buchsen oder dergleichen geführt. Je 10 Stifte gehören zu je einer Dekade. Vier Dekaden sind vorhanden: Sekunden-einer, Sekundenzehner, Minuten-einer und Minutenzehner. Bei den beiden Sexagesimalzahlen hätten sich zwei mal vier gleich 8/6 FLH 211 einsparen lassen.

Die IS FLH 121/7420 (Bild 3) ist ein Zweifach-NAND mit je vier Eingängen. Für 12 Zeitpunkte sind hier sechs

IS FLH 121 verwendet, IS 28 bis 33. Die vier Eingänge eines jeden NAND werden nun an die gewünschten Lötstifte Einer, Zehner, Hunderter, Tausender geführt. Zu beachten ist, daß auch die Null mitgesteckt oder gelötet werden muß. Der Ausgang eines jeden NAND geht bei der vorgewählten Zeit auf 1. (BCD-Dezimaldekoder für Dezimalziffer am Ausgang L. Hexinverter gleich L gleich H. NAND-Eingang  $4 \times H = L$  am Ausgang).

Dieses L kann nun (über einen Treiber) bei vollautomatischer Prozeßsteuerung einen Vorgang auslösen. Wie erwähnt sind hier 12 Befehle vorprogrammierbar. Für je zwei weitere Befehle wäre eine weitere IS FLH 121/7420 erforderlich.

### Stückliste

G1	4 Silizium-Dioden oder Graetz-Gleichr.
IS 1 bis 6	FLJ 161 7490
IS 7	FLH 101 7400
IS 8	FLH 211 7404
IS 9	FLH 111 7410
IS 10	FLH 101 7400
IS 11	FLH 351 7413
IS 12 bis 16	FLH 281 7442
IS 17 bis 23	FLH 211 7404
IS 24 bis 27	FLL 121 7447
IS 28 bis 33	FLH 121 7420
IS 34 und 35	FLH 131 7430
IS 34 bis 36	FLH 101 7400
LED 1 bis 3	Leuchtdiode rot oder grün
R 1, 6, 7	470 $\Omega$
R 2	1,5 k $\Omega$
R 3 u. 4	220 $\Omega$
R 5	1 k $\Omega$ Einstellregler
Sieben-Segment-Anzeigen	4 Stück nach Geschmack und Angebot
Schalter:	drei 10-(11)Stufenschalter fünf Schalter 1x Ein ein Schalter 1x UM BC 238/237/108/107 usw.
Tasten:	drei Drucktastenschalter
Z1: ZL 3,6	oder 5 Silizium-Dioden in Reihe

### Akustische Anzeige

Die Schalenentwicklung bis einschließlich Bleichfixieren findet im Dunkeln statt. Das bedeutet etwa 14 min Gefühlsarbeit, denn die Dunkelkammerlampe kann allenfalls zur Orientierung dienen. Hier zeigt nun nach Wunsch ein akustisches Signal an, daß ein Vorgang anfängt oder beendet ist. Es ist auch hier die Möglichkeit aufgezeigt, Anfang und Ende jeder Einwirkung unterschiedlich anzuzeigen. Ein L an einem der beiden FLH 131/7430 läßt am Ausgang H erscheinen. Über einen Treiber kann ein Gong (elektronisch) anschlagen. G1 und G2 sind für zwei unterschiedliche Signale, G ist für eine Information gedacht. Selbstverständlich können hier auch zwei LED eingesetzt werden (Grün = Beginn, Rot = Ende). Das kurze Aufleuchten von 1" stört nicht, wenn das Licht nicht direkt auf das Papier fällt.

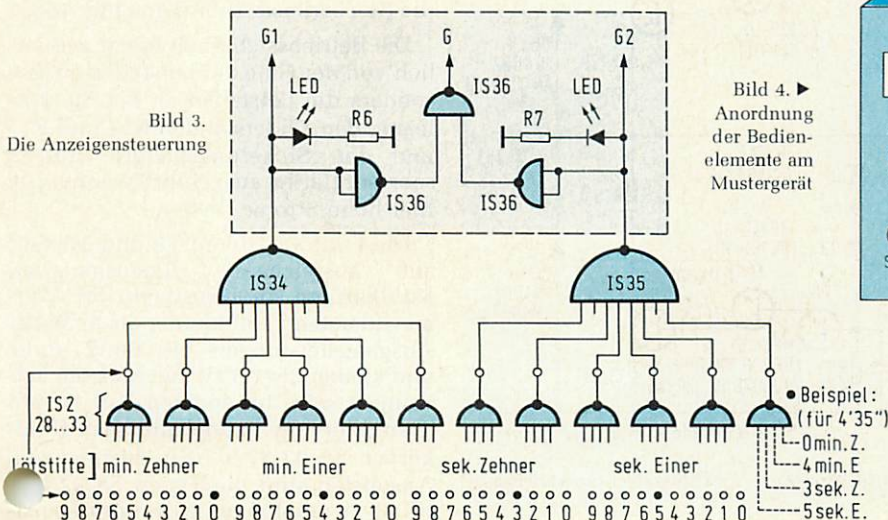


Bild 4. Anordnung der Bedienelemente am Mustergerät

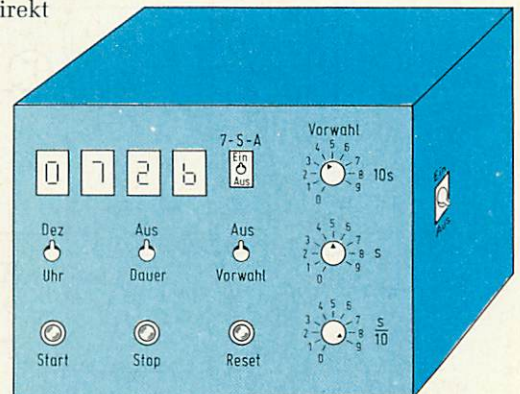


Bild 4 zeigt die Anordnung der Bedienelemente am fertigen Gerät. An der Rückseite befindet sich eine 5polige Buchse für die Fernbedienung. Auch die anderen Ausgänge sind dort angebracht.



Michael Stühr

## Hi-Fi-Stereo-Endstufe mit neuem Konzept

Daß dies nicht im Gegensatz zu besten Ergebnissen steht, zeigen die technischen Daten des Verstärkers. Außerdem wurde Wert auf professionellen Aufbau der gedruckten Schaltung gelegt, es wird zum Anschluß eine genormte (!) 31polige Steckerleiste verwendet.

In der Schaltung wird das Prinzip der Spannungssteuerung der Endtransistoren angewandt, wodurch trotz geringen Ruhestroms die Übernahmeverzerrungen gering bleiben. Die Endstufe dürfte auch für Leistungsfanatiker geeignet sein: In Brückenschaltung wurden Leistungen von über 140 Watt Sinus gemessen!

### Die Schaltung

Die Schaltung der Endstufe zeigt Bild 1. Die Transistoren T1 und T2 arbeiten als Differenzverstärker hoher Verstärkung; sie bekommen ihren Emitterstrom über R6 eingeprägt. Die Z-Diode D4 ist mit dem Tantalkondensator C3 überbrückt, um das Eigenrauschen des Differenzverstärkers niedrig zu halten. T3 wirkt als zweite Differenzstufe und sorgt für eine Stabilisation des Arbeitspunktes, wobei das RC-Glied R10, C11 für den hohen Fremdspannungsabstand verantwortlich ist. Der Transistor T4 bildet die Ansteuerstufe für die

In der diskreten Schaltungstechnik von Hi-Fi-Endstufen hat sich in den letzten Jahren wenig getan: Einige Grundschaltungen werden in vielzähligen Varianten präsentiert. Neue Wege wurden nur sehr vorsichtig beschritten und führten kaum zu Verbesserungen, die hörbar wären. ('Digitale Endstufe', Quad-Prinzip). Im Folgenden soll eine Stereo-Endstufe vorgestellt werden, welche speziell für Laien und Bastler entwickelt wurde, das heißt, besonderes Augenmerk wurde auf die Einfachheit und Nachbausicherheit gelegt.

Endtransistoren, er sollte eine Stromverstärkung größer 100 bei 10 mA Kollektorstrom haben.

Die Treiber- und Endtransistoren T6...T9 werden durch den Vorstrom über D1...D3 so eingestellt, daß ein geringer Ruhestrom fließt. Dabei muß die Spannung über der Diodenstrecke zwischen 2,0 V und 2,2 V liegen, es können deshalb hier nur Dioden 1. Wahl verwendet werden. Die Treiber T6 und T7 benötigen aufgrund des neuartigen Prinzips der Spannungssteuerung Kühlkörper nur bei Leistungen über 60 W Sinus. Auch dann genügen einige cm<sup>2</sup> geschwärzten Al-Blechs.

Die Spannungssteuerung bringt den Vorteil geringer Übernahmeverzerrungen, auch bei sehr geringem Ruhestrom. Dadurch ist eine gute Temperaturstabilität gewährleistet. Das RC-Glied R1, C1 im Eingang sowie die Kondensatoren C3...C12 dienen zur Schwingunterdrückung und Stabilität der Endstufe. Die Dioden D5 und D6 halten die von den Lautsprechern kommenden Induktionsspannungen von den Endtransistoren fern. Die Endtransistoren T8 und T9 sind nicht auf der Platine, sie sind extern auf Kühlkörper montiert.

### Mechanischer Aufbau

Die Endstufe ist für Stereo- oder Brückenbetrieb gedacht und deshalb zweimal auf der Grundplatine (Bild 2) von 10 cm x 10,5 cm untergebracht. Sie ist steckbar mittels einer 31poligen Steckerleiste (Siemens, Amphenol-Tuchel u. a.) und kann zusätzlich mittels zweier Schrauben M3 verschraubt werden.

### Bestückung

Die Platine wird nacheinander mit Widerständen, Kondensatoren und Halbleitern bestückt (Bild 3). Widerstände und Kondensatoren sind so dicht wie möglich auf der Platine zu montieren, Transistoren sollten einen Abstand von ca. 5 mm haben. Beim Bestücken ist auf die Polarität der Elektrolytkondensatoren zu achten, besonders Tantalkondensatoren sind sehr empfindlich gegen Verpolarung. Die Transistoren T1 und T2 sind so zu montieren, daß sich die Gehäuse berühren; vor der endgültigen Inbetriebnahme sind beide mit Kerzenwachs oder Wärmeleitpaste zu umhüllen, um sie auf gleichem Wärmepotential zu halten. Bei Verwendung der Hochvolttransistoren MP5L-01, MP5L-51, PN 4989 (T3, T4, T5) ist auf die Anschlußfolge zu achten! Das mittlere Beinchen ist nach der abgeflachten Seite hin zu biegen. Die Transistoren BD 139/BD 140 (T6, T7) sind so in die Platine einzusetzen, daß die Metallfläche nach links zeigt, wenn die Steckerleiste zum Betrachter weist.

Die Betriebssicherheit hängt wesentlich von der Güte der Lötstellen ab. Besonders die Lötstellen an der Steckerleiste, den Widerständen R14 und R15 und den Sicherungshaltern müssen sehr sorgfältig ausgeführt werden, da hier hohe Ströme fließen.

Die Endtransistoren T8 und T9 sind auf ausreichend dimensionierten Kühlkörpern zu befestigen. Ihr Wärmewiderstand soll kleiner als 3°/W bei Ausgangsleistungen bis 60 W Sinus und kleiner als 1,5°/W bei höheren Leistungen sein. Im ersten Fall ist pro Transistor ein handelsüblicher Kühlkörper SK 03/37,5/3/SA ausreichend. Ansonsten sind die Typen SK 02 und SK 08 zu empfehlen, wobei pro Transi-

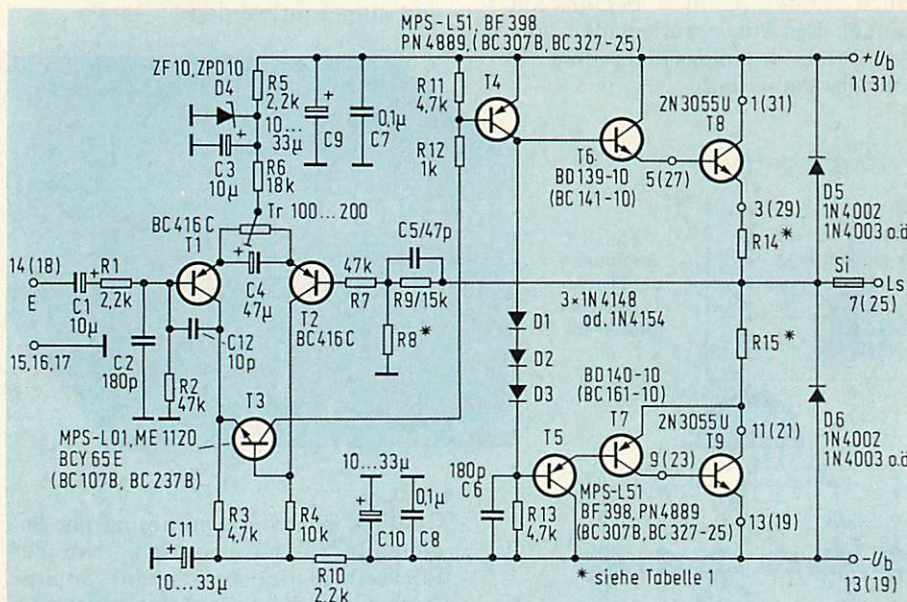


Bild 1. Schaltung der Hi-Fi-Stereo-Endstufe, linker Kanal gezeichnet, Anschlüsse der Steckerleiste in Klammern für rechten Kanal



... für eine Länge von mindestens 75 mm vorzusehen ist.

Die Schmelzsicherung im Lautsprecherausgang macht die Endstufe kurzschlußfest und schützt die Lautsprecher vor Zerstörung, wenn die der Leistung entsprechenden Werte verwendet werden (Tabelle 1). Tabelle 2 nennt die Technischen Daten des Verstärkers.

### Stabilität

Der Verstärker ist mit den für C2...C12 angegebenen Werten und Bauformen stabil bei allen ohmschen und induktiven Lasten. Allerdings erfordert das auch einige Sorgfalt im Aufbau. Die Betriebsspannungsleitungen und die Leitungen zu den Endtransistoren sollten einen Querschnitt von mindestens 1 mm<sup>2</sup> haben und möglichst kurz sein. Die Masse der Lautsprecherbuchsen darf auf keinen Fall an die Steckerleiste

Endstufe angeschlossen werden; sie ist direkt mit dem Massepunkt am Netztransformator zu verbinden. Masse Schleifen sind unbedingt zu vermeiden. Außerdem dürfen die Kühlkörper nicht direkt auf das Chassis montiert werden, falls ein Metallchassis und -gehäuse verwendet wird, sondern müssen isoliert (Distanzröllchen oder Plastikmutter) befestigt werden. Auf gar keinen Fall darf ein geerdetes Metallchassis gleichzeitig als Kühlkörper benutzt werden, d.h. die Transistoren dürfen nicht auf das Chassis montiert werden.

Die beste Stabilität ergibt sich, wenn für jeden Transistor ein separates, isoliertes Kühlblech vorgesehen wird. Weiterhin sollte als Lautsprecherkabel keine abgeschirmte Leitung Verwendung finden (wie oftmals in der Bühnentechnik üblich), durch die hohen Widerstands- und Kapazitätsbeläge der Kabel kann Schwingneigung auftreten. Brauchbar sind handelsübliche Lautsprecherkabel 2 x 0,75 mm<sup>2</sup> (NYFAZ), besser sind, gerade für hohe Leistungen, zweiadrige Netzleitungen mit einem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup>. Die Stückliste des Geräts ist in Tabelle 3 aufgeführt.

### Anschluß und Abgleich

Vor der Inbetriebnahme der Endstufe ist die Bestückung der Platine und der Anschluß der Endtransistoren eingehend zu kontrollieren. Die Endstufe wird zuerst ohne Lautsprecher überprüft; die Betriebsspannungen werden kontrolliert; die Ausgangsspannung bei kurzgeschlossenem Eingang muß 0 V betragen. Sie ist mit dem Trimmer Tr1 nach einer Anwärmezeit von 10 min auf genau 0 V abzugleichen. Der Ruhestrom der Endstufe ist automatisch richtig eingestellt, wenn die Spannung über D1...D3 zwischen 2,0 V und 2,2 V liegt.

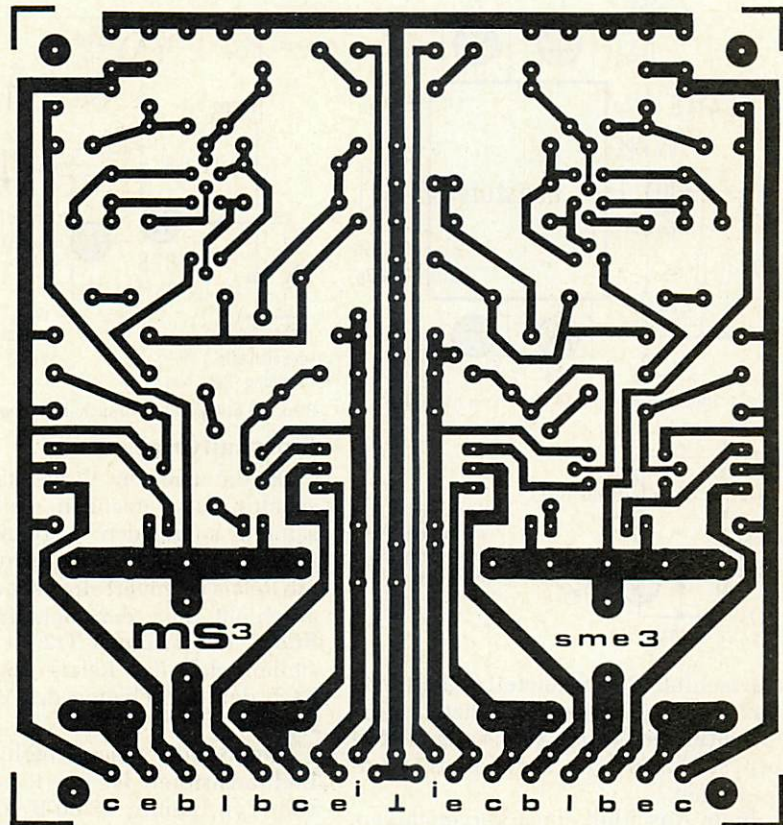


Bild 2. Platine des Verstärkers

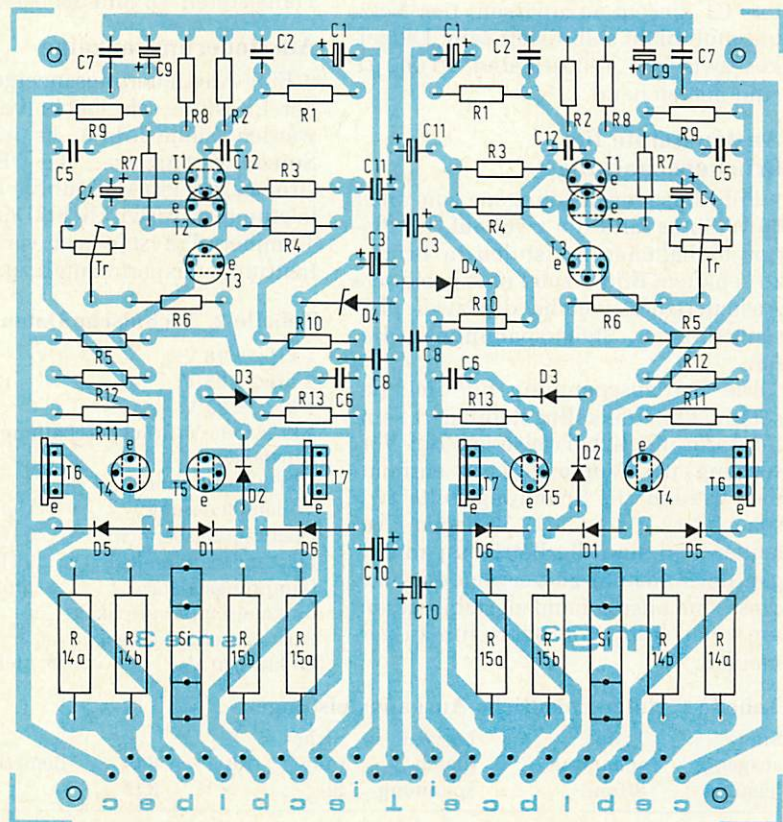


Bild 3. Bestückungsplan zu Bild 2

An der Referenzdiode D4 muß ein Potential von +10 V herrschen.

Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Betriebsspannung nicht ± 35 V

überschreitet, da die zur Abblockung verwendeten Tantalkondensatoren sehr empfindlich gegen Überspannung sind. Diese zerstören dann durch ihren



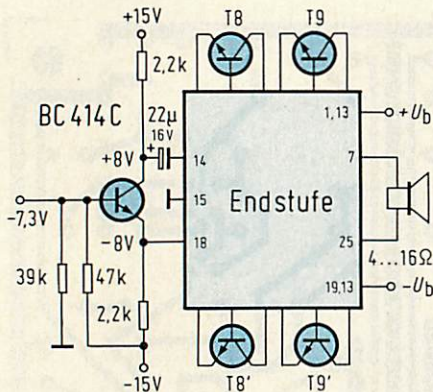


Bild 4. Phasenumkehrstufe mit Anschlußplan

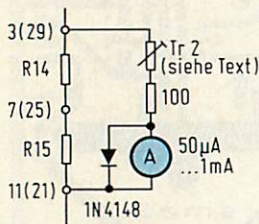


Bild 6. Anschluß der Aussteuerungsinstrumente

Kurzschluß die im Netzteil enthaltenen Sicherungen. Sollten im Netzteil ohne ersichtlichen Grund Sicherungen sterben, sind zuerst die Tantalelkos zu untersuchen.

Beim Anschluß eines Vorverstärkers ist die Polung des Eingangskondensators C1 diesem anzupassen. Das Netzteil muß nicht stabilisiert sein; Ladeelkos zwischen 4700 µF und 10 000 µF sind ausreichend.

### Ansteuerstufe für Brückenschaltung

Für Ausgangsleistungen von über 60 W Sinus sind die zwei auf der Platine enthaltenen Endstufen in Brücke zu schalten. Bild 4 zeigt eine geeignete Ansteuerstufe, welche die zwei phasengedrehten Steuerspannungen liefert.

Die Betriebsspannung für die Phasenumkehrstufe sollte stabilisiert sein. Sie kann möglicherweise aus der Versorgung des Vorverstärkers entnommen werden; die Spannung sollte zwischen ±12 V und ±18 V liegen. Auf keinen Fall sind die Betriebsspannungen der Endstufe zu verwenden, bzw. diese sind ausreichend zu stabilisieren, um einen lästigen Netzbrumm zu vermeiden.

Tabelle 1. Unterschiedliche Ausgangsleistungen

Sinus ausgangsleistung	Trafo spannung/ Strom	Leerlauf gleichspannung	Sicherung Si	R8	R14, R15	Bemerkungen
2 x 15 W	2x12 V/2 A	±17 V	F 0,8	2,2 k		
2 x 20 W	2x15V/2,5A	±21 V	F 1	1,8 k		
2 x 30 W	2x18V/2,5A	±25 V	F 1,6	1,5 k	2 x	
2 x 45 W	2x21V/3 A	±30 V	F 2	1 k	0,68 Ω	T4 kann mit
2 x 60 W	2x23V/4 A	±33 V	F 3,15	1 k	1 W	Kühlern versehen werden
1 x100 W	2x23V/4 A	±33 V	F 3,15	1 k	0,33 Ω	T5,T6 kühlen
					4 W	

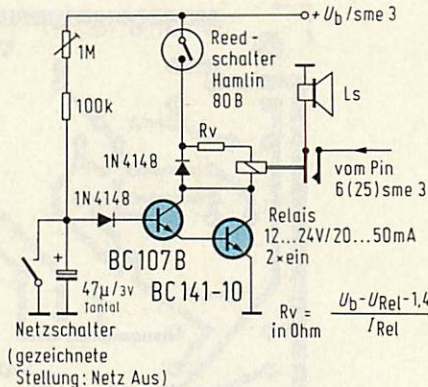


Bild 5. Lautsprecher-Einschaltverzögerung

### Einschaltverzögerung

Da die meisten Vorverstärker Einschaltimpulse erzeugen, weil Kondensatoren aufgeladen werden müssen, empfiehlt es sich, die Lautsprecher über ein Relais verzögert einzuschalten. Dies geschieht mit der Schaltung nach Bild 5. Der Trimmer Tr2 ist so einzustellen, daß das Relais ungefähr 3 s nach dem Einschalten des Verstärkers anzieht.

Zum Schutz gegen Überhitzung der Endtransistoren ist ein Reed-Schalter vom Typ Hamlin TS 80-B vorgesehen. Dieser wird auf dem Kühlblech der Transistoren T8 und T9 befestigt.

### Aussteuerungsanzeige

Eine Aussteuerungsanzeige kann bei der Endstufe sehr leicht verwirklicht werden, siehe Bild 6. Es wurde eine Spitzenwertanzeige des Endstufenstromes, der ein Maß für die Ausgangsleistung ist, verwirklicht. Der Wert des Trimmers Tr2 ist je nach verwendetem Instrument experimentell zu ermitteln.

Tabelle 2. Technische Daten

1 kHz, ±18 V:	2 x 15 W
1 kHz, ±25 V:	2 x 30 W
1 kHz, ±33 V:	2 x 60 W
1 kHz, ±33 V, Brückenschaltung:	1 x100 W
Klirrfaktor:	
1 kHz, 3 dB unter	
Vollaussteuerung:	kleiner 0,1 %
Übertragungsbereich:	5 Hz – 50 kHz
Leistungsbandbreite:	5 Hz – 40 kHz
Dämpfungsfaktor:	größer 20
Eingangsempfindlichkeit:	ca. 1 V an 47 kΩ
Anstiegszeit, Rechteck,	
20 kHz, 20 Vss:	kleiner 5 µs

Tabelle 3. Stückliste des Verstärkers

Widerstände:	
R1, R5, R10	2,2 k
R2, R7	47 k
R3, R11, R13	4,7 k
R4	10 k
R6	18 k
R8	s. Tabelle 1
R9	15 k
R12	1 k
R14, R15	s. Tabelle 1
Kondensatoren:	
C1	10 µF/16...40 V Tantal
C2, C6	180 pF/100 V Keramik
C3	10 µF/16 – 35 V Tantal
C4	47 µF/3 – 6 V Tantal
C5	47 pF/50 V Keramik
C7, C8	100 nF/50 V Keramik
C9, C10, C11	10...33 µF/35 V Tantal
C12	10 pf/50 V Keramik
Trimmer:	
Tr	100 – 220 Ω, keramische Ausführung

Halbleiter:	
T1, T2	BC 416 C
T3	MPS-L 01, ME 1120, BCY 65 E (BC 107 B, BC 237 B)
T4, T5	MPS-L 51, BF 398, PN 4889 (BC 307 B, BC 327-25)
T6	BD 139-10 (BC 141-10)
T7	BD 140-10 (BC 161-10)
T8, T9	2 N 3055 U (2 N 3055, keine Y-Typen!)
D1, D2, D3	1 N 4148, 1 N 4154 selektiert (siehe Text)
D4	ZF 10, ZPD 10
D5, D6	1 N 4002, 1 N 4003

In Klammern angegebene Typen können bei Betriebsspannungen unter ±25 V verwendet werden.

Zu Tabelle 3

In der Endstufe verwendete Spezialteile:

Transistoren:	MPS-L 01	Motorola
	MPS-L 51	
	PN 4889	Fairchild
	ME 1120	Mikro-Electronics
	2 N 3055 U	SGS-Ates
Reed-schalter:	TS – 80 B	Hamlin
Steckerleiste:	31pol. DIN 41617	Siemens, Amphenol-Tuchel, Cannon
Kühlkörper:	SK 02/75/SA-3	
	SK 03/37,5/SA-3	
	SK 08/75/SA-3	Fischer

Sämtliche Bauelemente, wie auch die oben genannten Spezialteile sowie der gesamte Bausatz, können von der Firma Mauer, Elektronik, Hülgerstr. 71, 6100 Darmstadt, bezogen werden.