

# BUZAMP

MOSFET-Endstufen sind für Elektor-Leser nun wahrlich nichts Neues mehr. Trotzdem erreichen uns immer wieder Fragen nach solchen Endstufen — in Spitzenqualität selbstverständlich. Der BUZAMP weist nicht nur sehr gute Daten auf, sondern ist auch ungewöhnlich betriebssicher.

Als Kenner der Halbleiterszene haben Sie am Titel sicher sofort erkannt, daß es sich bei dieser MOSFET-Endstufe nur um eine Schaltung mit den Siemens-MOSFETs vom Typ BUZ... handeln kann.

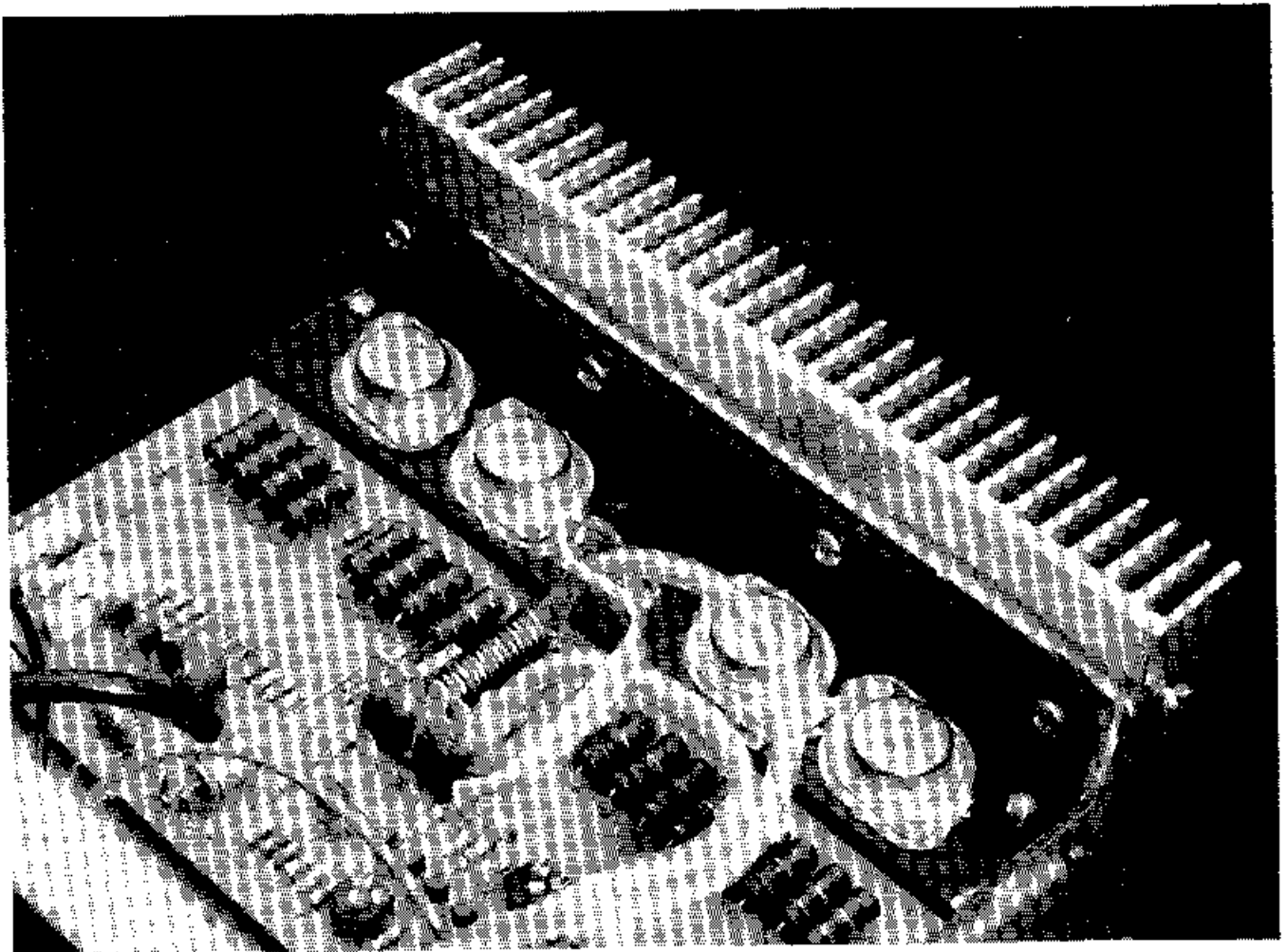
Diese MOSFETs hatten bisher eine angenehme und zwei unangenehme Seiten. Die hervorragenden technischen Eigenschaften sind die angenehme Seite. Hoher Preis und die Tatsache, daß es nur N-Kanal-Typen gibt, gehören zu den unangenehmen Seiten.

Wir können jetzt sagen: "...gehörten...". Denn der Preis ist inzwischen mit dem der bekannten Hitachi-Typen vergleichbar. Und N-Kanal-Typen lassen sich ebenso gut in symmetrisch versorgten Hi-Fi-Endstufen einsetzen wie komplementäre Paare. Das beweist diese Schaltung. Der Fairness

## Technische Daten

Betriebsspannung	( $P_A = P_{AN}$ )	$U_S \approx$	$\pm 46 \text{ V}$
Betriebsspannung max.	( $P_A = 0$ )	$U_S \leq$	$\pm 55 \text{ V}$
Stromaufnahme	( $P_A = 0$ )	$I_b \approx$	$0,2 \text{ A}$
	( $P_A = P_{AN}$ )	$I_s =$	$3 \text{ A}$
	(Kurzschluß am Ausgang)	$I_s \leq$	$1,5 \text{ A}$
Nennausgangsleistung	( $P_A = P_{AN}$ )	$P_{AN} =$	$160 \text{ W}$
	( $f = 1 \text{ kHz}, R_L = 4 \Omega$ )		
Musikausgangsleistung	( $U_S \leq U_{S, \text{max.}}, R_L = 4 \Omega$ )	$P_A \leq$	$240 \text{ W}$
Klirrfaktor (20 Hz — 20 kHz)	( $P_A = P_{AN}$ )	$k \leq$	$0,05 \%$
Intermodulation	(250 Hz, 8 kHz, 4 : 1)	$\leq$	$0,07 \%$
Eingangswiderstand		$R_E \leq$	$33 \text{ k}\Omega$
Spannungsverstärkung		$V_U =$	$31 \text{ dB}$
Frequenzgang (20 Hz ... 20 kHz)		$\leq$	$\pm 0,1 \text{ dB}$
Übertragungsbereich (3 dB)	(4 $\Omega, P_A = 0,1 P_{AN}$ )	$f_U \leq$	$2 \text{ Hz}$
		$f_G \approx$	$250 \text{ kHz}$
Leistungsbandbreite	( $k = 0,5 \%, P_A = 0,5 P_{AN}$ )	$f_U \leq$	$5 \text{ Hz}$
		$f_G \approx$	$70 \text{ kHz}$
Dämpfungsfaktor (4 $\Omega, 40 \text{ Hz}$ )		$\approx$	$200$
Fremdspannungsabstand (CCIR)	$P_A = 50 \text{ mW}$	$S/N \geq$	$73 \text{ dB}$
	$P_A = P_{AN}$	$S/N \geq$	$108 \text{ dB}$
Lastwiderstand		$R_L =$	$4 \Omega$

halber müssen wir sagen, daß der BUZAMP von Herrn Schneider von Siemens entwickelt wurde. Wir haben eine Platine entworfen, die so ausge-





stand von MOSFETs etwa  $10^9 \Omega$  beträgt, ist die Ansteuerleistung im Audiofrequenzbereich relativ gering. Die MOSFETs werden also spannungs-gesteuert.

Die Steuerschaltung besteht im wesentlichen aus T1/T2 und T12/T13. Die Endstufe ist mit R22 gleichspannungsmäßig und mit R23/C3 wech-selspannungsmäßig gegengekoppelt. Die Wechselspannungsverstärkung beträgt etwa 34. Die untere Grenzfrequenz hängt von der Dimensionierung von C1 und C3 ab.

Der Arbeitspunkt des Differenzverstärkers wird durch einen Strom aus der Stromquelle mit T3 ein-gestellt. Der Kollektorstrom von T5 bestimmt den Referenzstrom des Stromspiegels T3/T4. Damit der Referenzstrom stabil bleibt, wird die Basis-spannung von T5 stabilisiert (D4/D5).

Die Ausgangssignale von T1/T2 steuern den zwei-ten Differenzverstärker T12/T13, dessen Kollektor-ströme die Gatespannungen für die Endtransisto-ren erzeugen. Die Größe der Gatespannung wird durch den Arbeitspunkt der Transistoren T12 und T13 bestimmt. Stromspiegel T9/T10 und die Di-oden D2/D3 haben die gleiche Funktion wie beim ersten Differenzverstärker. Die Größe des Refe-renzstroms hängt vom Kollektorstrom von T10 ab und wird am Emitter von T11 mit P2 eingestellt. Da-

durch ergibt sich der Ruhestrom bei einer Ein-gangsspannung von Null.

### Ruhestromstabilisierung

Die verwendeten MOSFET-Transistoren zeigen bei kleinen Drainströmen einen positiven Tempe-raturkoeffizienten, so daß der Ruhestrom nur bei zusätzlicher Kompensation stabil bleibt.

Diese Aufgabe hat ein NTC als Temperaturfühler parallel zum Stromspiegel T9/T10. Der NTC über-nimmt einen kleinen Teil des Referenzstroms von T9 bei Erwärmung, so daß der geringe Kollektor-strom von T10 die Gate-Source-Spannung verklei-nert und dadurch das erwähnte Temperaturver-halten kompensiert wird. Die thermische Zeitkon-stante, die sich aus den Wärmewiderständen der Kühlelemente ergibt, bestimmt die Regelzeit der Stabilisierung. Der mit P2 eingestellte Ruhestrom wird auf  $\pm 30\%$  stabilisiert.

### Übertemperatursicherung

Die Übertemperatursicherung mit dem Halbleiter R12 schützt die Endstufe vor dem Hitzetod. Der NTC im Basisspannungsteiler von T6 bringt nach Erreichen einer Temperaturschwelle Transistor T7 zum Leiten. Transistor T8 übernimmt in diesem Fall den größten Teil des Referenzstroms von

### Stückliste

#### Widerstände:

R1, R3 = 2k2  
R2, R13, R22 = 33 k  
R4, R5, R10, R11, R14 = 3k3  
R6, R7, R23, R24, R30, R32 = 1 k  
R8 = 7k5  
R9, R15, R18, R26 = 4k7  
R12 = NTC 10 k Typ K45 (Siemens)  
R16 = 10 k  
R17 = NTC 6k8 Typ K45 (Siemens)  
R19, R20, R29a, R29b, R31a, R31b = 100  $\Omega$   
R21 = 1k2  
R25a, R25b = 330  $\Omega$   
R27 = 1k8  
R28a, R28b = 220  $\Omega$   
R33a...h, R34a...h = 1  $\Omega$ /1 W (16 Stück)  
R35, R37 = 10  $\Omega$   
R36 = 10  $\Omega$ /1 W  
P1 = 100-k-Trimmpoti  
P2 = 470- $\Omega$ -Trimmpoti

#### Kondensatoren:

C1 = 10  $\mu$  MKT (evtl. Elko)  
C2 = 47 p  
C3 = 100  $\mu$ /16 V  
C4 = 2p2  
C5, C6 = 10 n  
C7, C9 = 100 n

C8, C10 = 100  $\mu$ /100 V

C11 = 100 p/100 V

C12 = 47 p/100 V

#### Halbleiter:

D1, D2, D4, D6, D7 = 1N4148

D3, D5 = Z-Diode 8V2/0,4 W

T1...T4, T6, T7, T11 = BC546B

T5, T8...T10 = BC556B

T12, T13 = BF870

T14 = BF869

T15a, T15b, T16a, T16b = BUZ23 (Siemens)

#### außerdem:

L1 = ca. 15 Wdg. CuL ( $\varnothing$  2 mm) auf R36

F1, F2 = Feinsicherung 4 A träge mit Print-sicherungshalter

Kühlwinkel für T15a, T15b, T16a, T16b, R12, R17 (siehe Bild 2a)

#### Platine 87096

Netzteil für 2 Endstufen (siehe Bild 4 u. 5):

B1, B2 = Brückengleichrichter 100 V/25 A

C17...C20 = 4700...10000  $\mu$ /63 V

vorzugsweise Becher mit Schraubanschlüssen

F3, F4 = Feinsicherung 1,5 träge

Tr1, Tr2 = Netztrafo 2  $\times$  18 V/5,5 A (200 VA)

z.B. RK 20018 (Grigelat)

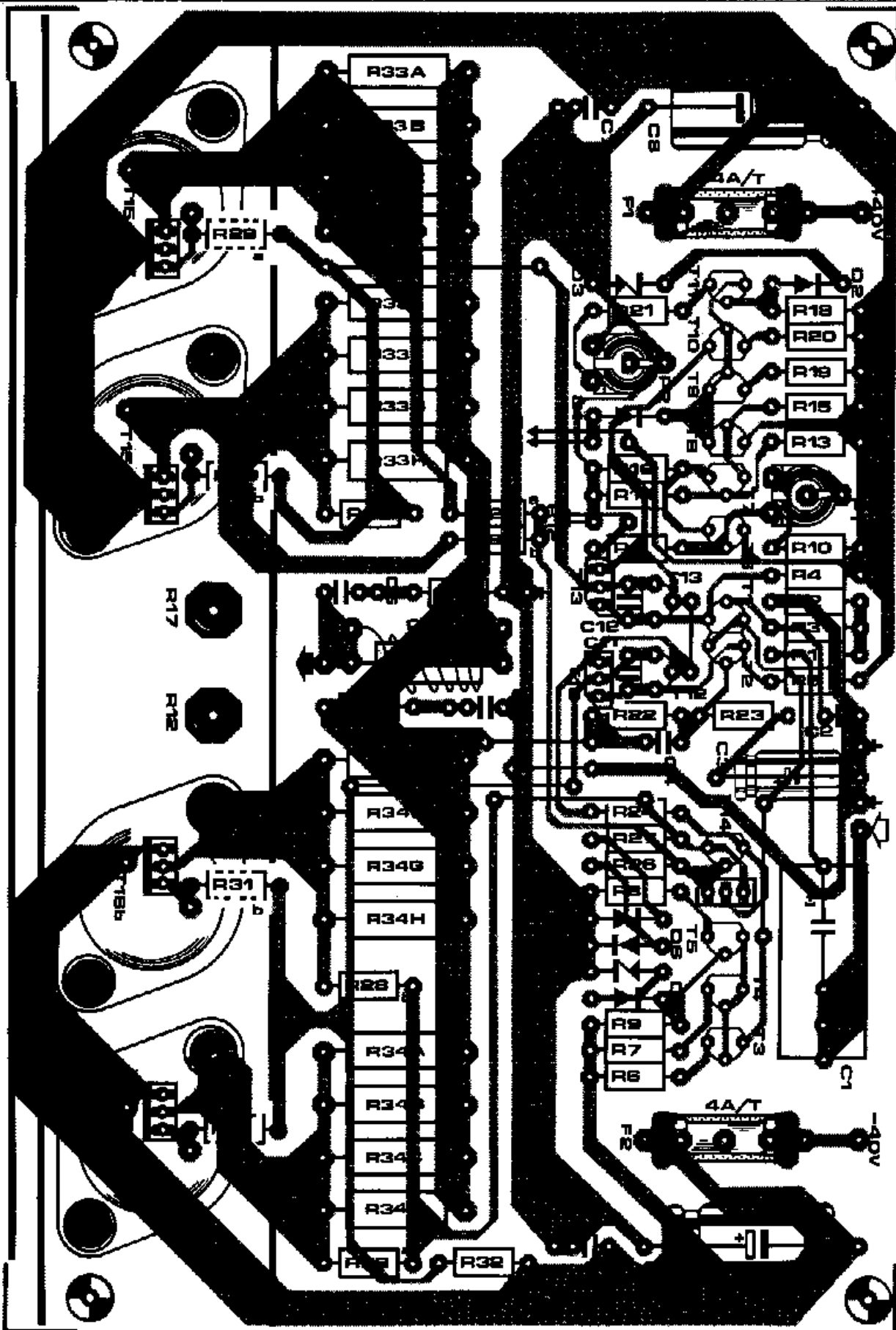


Bild 2. Auf die BUZAMP-Platine werden auch die MOSFETs gesetzt.

2a

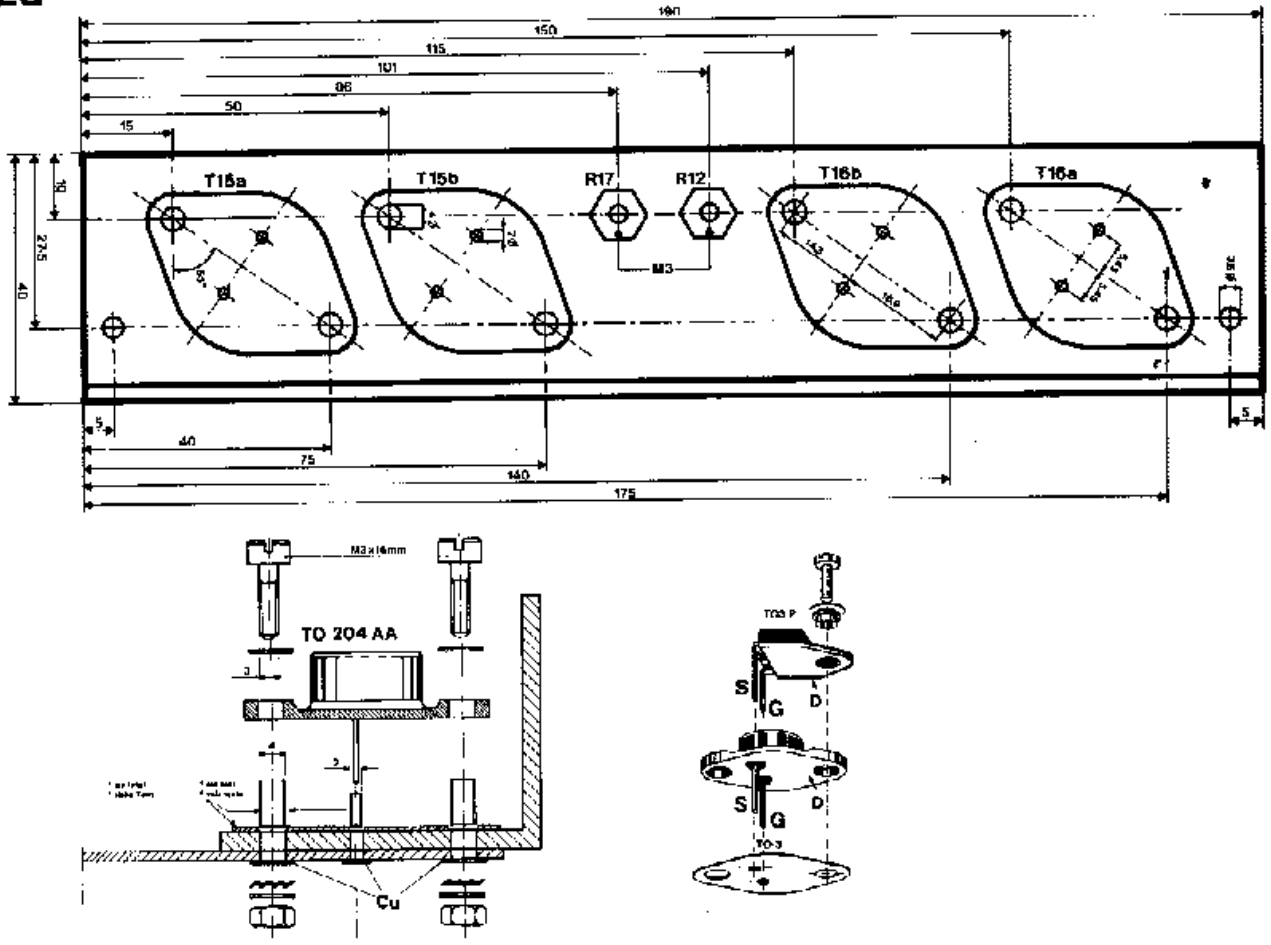


Bild 2a. Montage der MOSFETs und der NTCs mit Kühlwinkel und Platine.

3

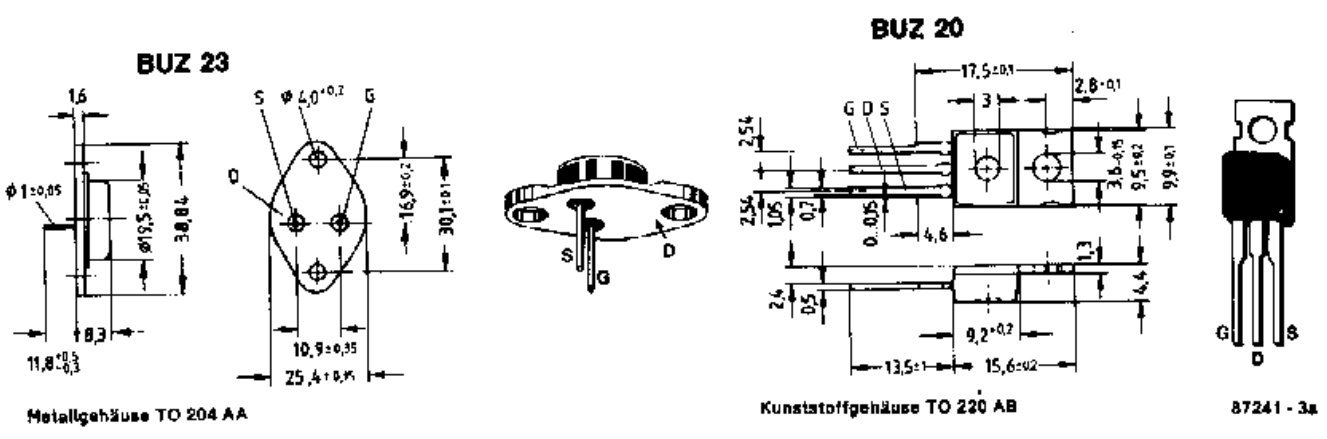


Bild 3. Anschlußbelegungen für BUZ 23 und BUZ 20.

T11/T9, so daß das Ausgangssignal der Endtransistoren begrenzt wird.

Mit P1 wird die Temperaturschaltsschwelle auf eine Kühlkörpertemperatur  $< 72,5\text{ }^\circ\text{C}$  eingestellt. Dabei sind  $R_{\text{thK}} = 0,5\text{ K/W}$  und  $T_U = 25\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Kurzschlußsicherung

Wird der Ausgang kurzgeschlossen, wenn ein Signal am Eingang liegt, dann schaltet T14 für beide Halbwellen wegen der Spannungsabfälle über den Widerständen R33 und R34 durch. Dadurch wird der Strom aus der Stromquelle T9/T10 kleiner, und die Kollektorströme von T12 und T13 werden ebenfalls reduziert. Die Aussteuerbarkeit der Endtransistoren nimmt erheblich ab, so daß die Verlustleistung begrenzt wird. Da der zulässige Drainstrom von der Drain-Source-Spannung ab-

hängig ist, braucht man für den richtigen Einsatz der Strombegrenzung noch eine weitere Information. Diese Information liefert der Spannungsabfall an den Widerständen R26 und R27 für positive und negative Ausgangssignale. Ist die Last im zulässigen Bereich  $> = 4\ \Omega$ , dann wird die Basis-Emitter-Spannung von T14 reduziert. Der Kurzschlußstrom wird so auf 3,3 A begrenzt. So viel zur Theorie.

### Aufbau

Beim Aufbau von Endstufen und bei der Verdrahtung mit dem Netzteil und den Eingangssignaleinschleusen werden immer wieder Fehler gemacht, die im günstigsten Fall zu einem unerträglichen Brum im Lautsprecher führen. Die Endstufe baut man am besten auf der Platine in Bild 2 auf. Doch

Tabelle 1. BUZAMP für kleinere Ausgangsleistungen.

Endstufentransistoren:	2 × BUZ 20	2 × BUZ 23	4 × BUZ 20	Einheit
Betriebsspannung ( $P_A = P_{AN}$ ) $U_s \geq$	± 33	± 36	± 40	V
Betriebsspannung max. ( $P_A = 0$ ) $U_{s\text{ max}} \leq$	± 38	± 42	+ 50	V
Stromaufnahme ( $P_A = 0$ ) $I_s \geq$	0,1	0,1	0,2	A
( $P_A = P_{AN}$ ) $I_s =$	1,7	2	2,3	A
(Kurzschluß am Ausgang) $I_s \leq$	1	1	1,8	A
Nennausgangsleistung ( $P_A = P_{AN}$ ) $P_{AN} -$ ( $f = 1\text{ kHz}, R_L = 4\ \Omega$ )	60	80	120	W

### Transistor und Widerstands-Bestückung

Transistoren	60 W	80 W	120 W
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	BC 414 C	BC 414 C	BC 546 B
T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B
T <sub>5</sub>	BC 307 B	BC 307 B	BC 556 B
T <sub>6</sub> , T <sub>7</sub>	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B
T <sub>8</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>10</sub>	BC 307 B	BC 307 B	BC 307 B
T <sub>11</sub>	BC 237 B	BC 237 B	BC 546 B
T <sub>12</sub> , T <sub>13</sub>	BC 556 B	BC 556 B	BF 870
T <sub>14</sub>	BC 546 B	BC 546 B	BF 869
T <sub>15a</sub> , T <sub>16a</sub>	BUZ 20	BUZ 23	BUZ 20
T <sub>15b</sub> , T <sub>16b</sub>	—	—	BUZ 20

Widerstände für Kurzschlußsicherung	R25a,b	R28a,b	R26	R27	Einheit
60/80 W	330	120	2,7 k*)	1 k*)	$\Omega$
120/160 W	330	220	4,7 k*)	1,8 k*)	$\Omega$

\*) Der Einsatzpunkt der Kurzschlußsicherung wird durch diese Werte bestimmt und ist individuell anzupassen!

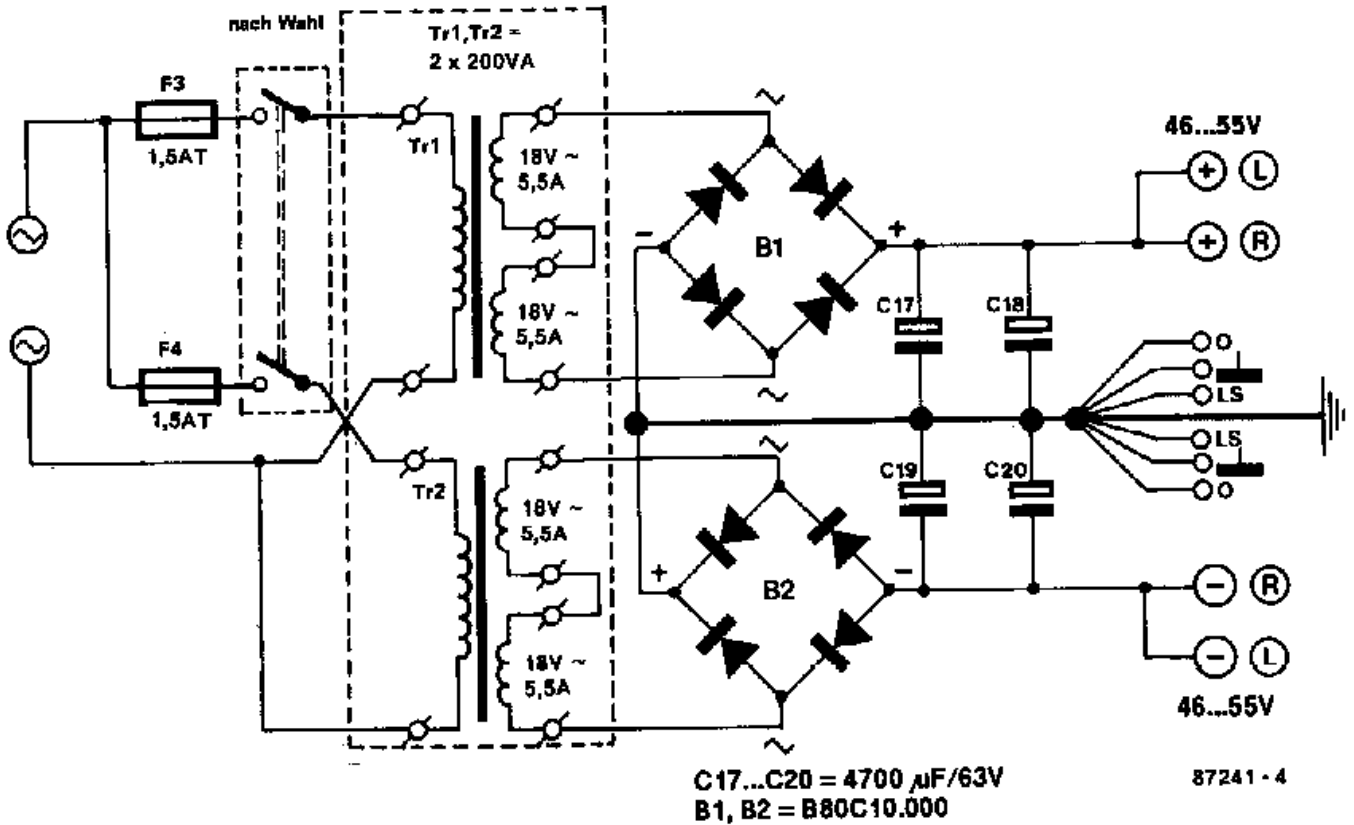


Bild 4. Das Netzteil für die 160-W-Endstufe übersteht auch Dauerleistungen ohne Probleme.

vorher muß man sich natürlich die passende Version aussuchen. Für die 160-W-Version gelten Bild 1 und die Stückliste zur Platine in Bild 2. Für die kleineren Versionen gelten die Bauteilwerte und -typen in Tabelle 1.

Auch hier werden, wie bei der bekannten CRESCENDO-Endstufe die MOSFET-Transistoren direkt zusammen mit einem passenden Kühlwinkel auf die Platine gesetzt (siehe Bild 2a). Der BUZ 20 kann ebenfalls dort eingesetzt werden. Die Anschlußbelegungen finden Sie in Bild 3. Die Widerstände R29 und R31 werden auf der Lötseite direkt an die MOSFET-Gates gelötet. Die Spule L1 wickelt man auf den Widerstand R36 und lötet die gut abisolierten und verzinnenden Drahtenden in die Löcher neben R36. Für C1 kann alternativ auch ein Elko verwendet werden. Die Ausgabe für einen Folienkondensator sollte man aber unserer Meinung nach nicht scheuen.

Die beiden NTCs gehören ebenfalls auf den Kühlwinkel. Am besten man schneidet an den markierten Stellen zwei saubere M3-Gewinde und schraubt die NTCs dort (Wärmeleitpaste!) ein. Andere Befestigungen sind nicht optimal.

Die Transistoren T1 und T2 können an den Stirnseiten miteinander verklebt werden, so daß sie

auf gleicher Temperatur sind.

Vergessen Sie bitte nicht die Drahtbrücken! Ist die Bestückungsarbeit erledigt, dann kommt erst einmal das Netzteil an die Reihe. In Bild 4 finden Sie das Netzteil für die 160-W-Version. Die anderen Versionen erhalten Netzteile gemäß Tabelle 1. Das heißt, man braucht nur einen Netztrafo mit kleinerer Sekundärspannung zu wählen. In Bild 5 haben wir einmal skizziert, wie das Netzteil aufgebaut werden kann. Das Ganze sieht sehr stabil aus und muß es auch sein, weil doch recht große Ströme fließen. Die zugehörige Stückliste gilt wieder nur für die 160-W-Version.

Ist das Netzteil aufgebaut, dann kann man zunächst die Betriebsspannungen im Leerlauf messen. Im Interesse der Betriebssicherheit dürfen die Gleichspannungen nicht größer als + und - 55 V sein, sonst besteht die Gefahr, daß die Endtransistoren beim ersten Einschalten "eingehen". Wer über entsprechend belastbare Widerstände oder eine passende elektronische Last verfügt, kann natürlich das Netzteil auch unter Last prüfen. Ist alles in Ordnung, dann werden die Endstufen erst einmal auf ausreichend dimensionierte Kühlkörper gesetzt. Bild 6 gibt einen Eindruck von den Kühlkörpermaßen und vom Gesamtaufbau. Das Netzteil ist hier wegen der besseren Übersicht nicht eingezeichnet.

Die Verbindung zwischen Kühlwinkel und Kühlkörper (mit eventuell dazwischen liegender Rück-

wand) muß mit reichlich Wärmeleitpaste und mindestens sechs Schraubverbindungen (M4) hergestellt werden. Nur dann ist ein guter thermischer Kontakt gesichert.

Bei der Verdrahtung müssen Sie sich unbedingt an unsere Skizze halten. Am besten werden zuerst die Betriebsspannungsleitungen gelegt (dicke Litze verwenden). Dann legt man sternförmig die Masse-Leitungen (0 V) von der Netzteilmasse (!) an die Endstufenplatine und an die Ausgangsmassebuchse. Das reicht! Nun werden noch zwei Signalleitungen gelegt: Einmal die Leitung von der Endstufe an die Lautsprecherausgangsbuchse, und zum anderen an die Eingangssignalebuchse. Die Eingangssignalmasse wird nur mit dem Masseanschluß neben dem Eingangspfeil auf der Platine verbunden. Das war's! Jede weitere Masseverbin-

dung ist überflüssig und führt wahrscheinlich zu dem erwähnten Brummen.

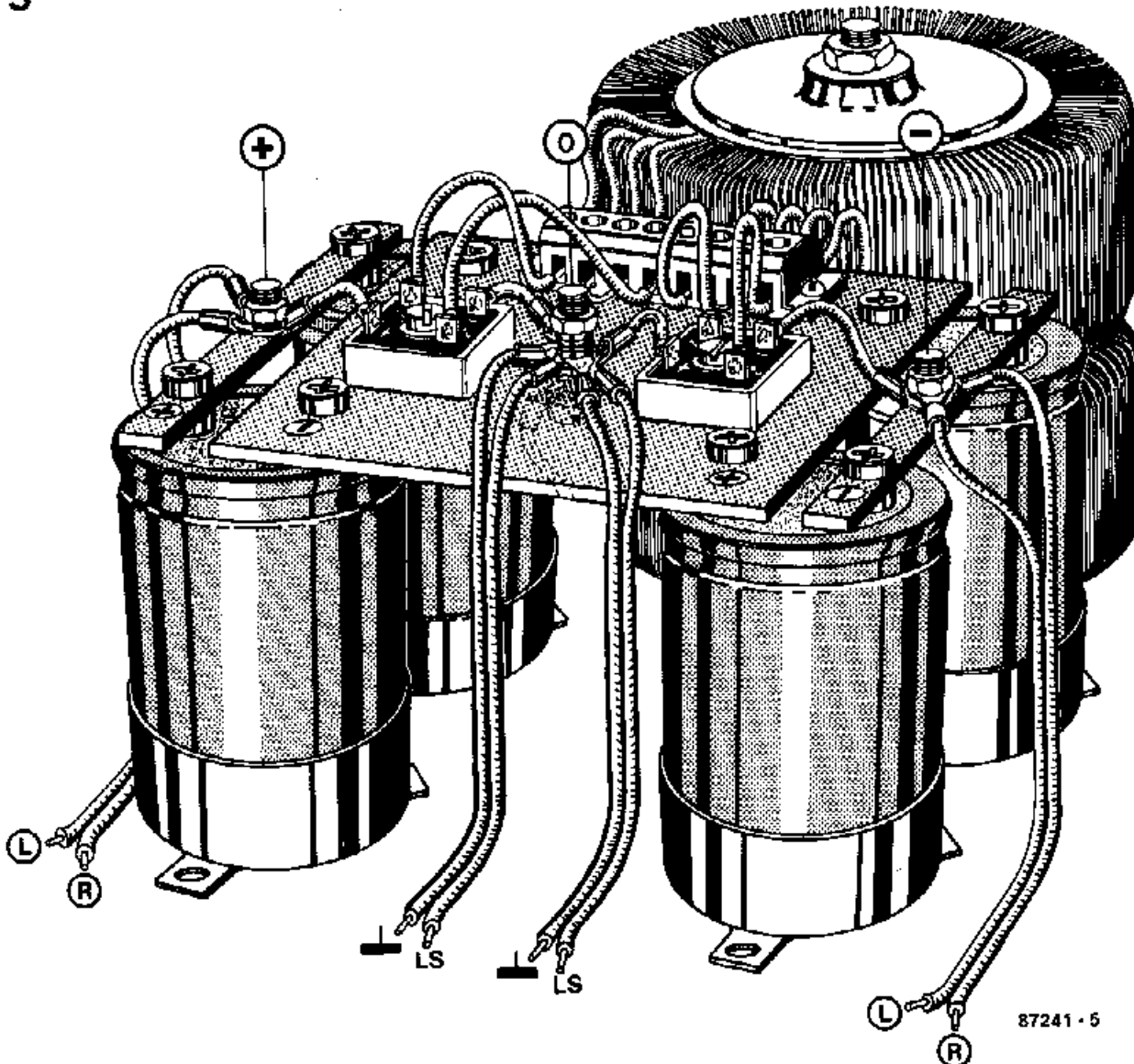
### Einschalten und Abgleichen

Anstelle der beiden Feinsicherungen auf der Endstufenplatine werden vorübergehend zwei 10-Ohm-Widerstände (0,25 W) eingesetzt. Das Trimpoti zur Einstellung des Ruhestroms (P2) wird ganz links herum gedreht. P1 befindet sich in Mittelposition. Die Lautsprecheranschlüsse bleiben offen, den Eingang kann man kurzschließen. Nun wird das Netzteil eingeschaltet. Befindet sich irgendwo in der Endstufe ein Kurzschluß, dann werden die beiden Widerstände sicher in Rauch aufgehen. In diesem Fall: Verstärker ausschalten, Fehler beseitigen und zwei neue Widerstände einsetzen.

Ist alles in Ordnung, dann kann man über einen der beiden Widerstände (egal welchen) ein Voltmeter legen (3- oder 6-V-DC-Meßbereich). Die

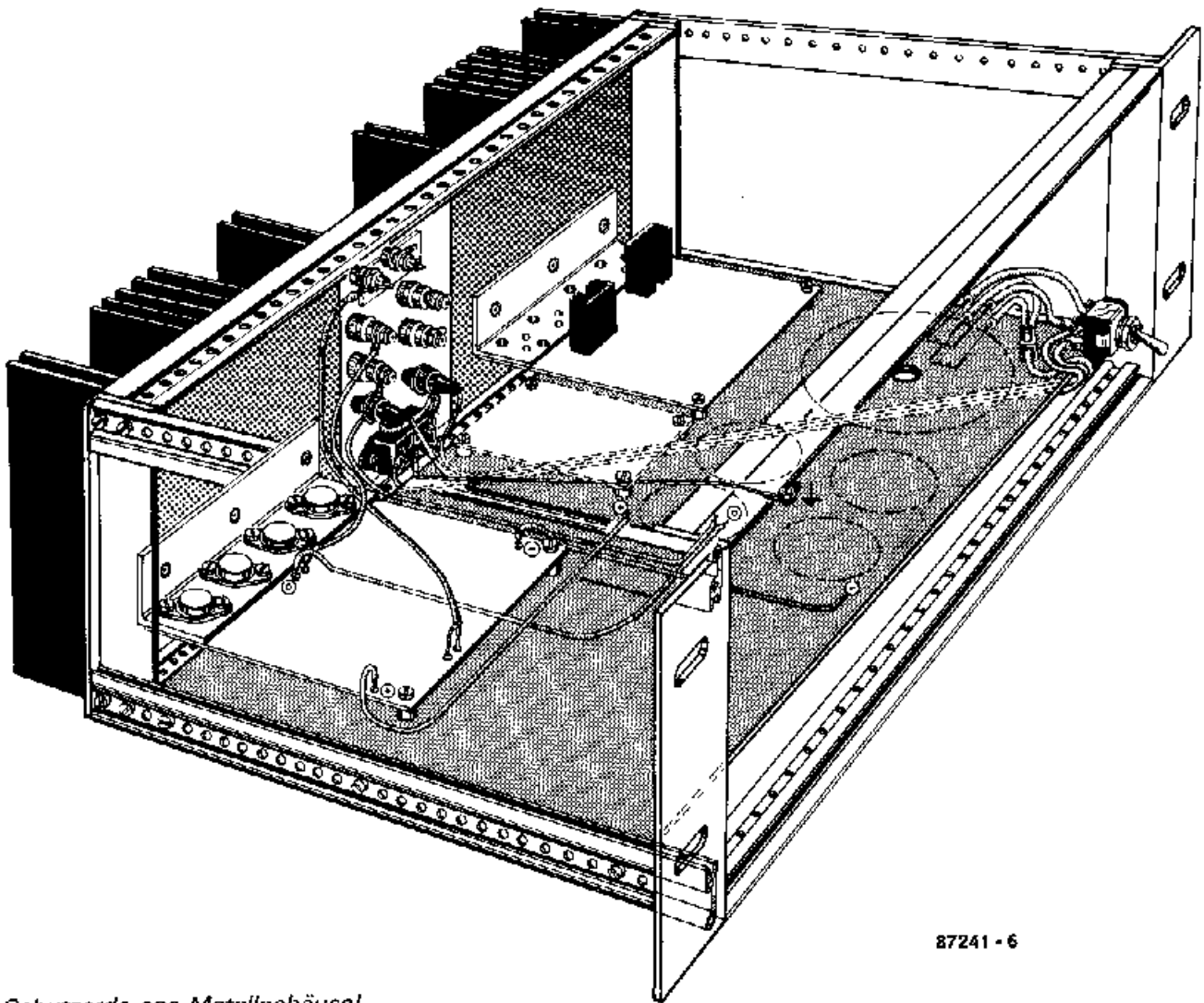
Bild 5. So kann das Netzteil aufgebaut werden.

5



87241 - 5





*Schutzerde ans Metallgehäuse!*

*Bild 6. Möglicher Aufbau eines 2x160-W-Stereo-Verstärkers in einem 19-Zoll-Rahmen. Das Netzteil ist hier nicht gezeichnet (siehe Bild 5).*

Spannung über diesem Widerstand muß Null Volt betragen. Sonst steht P2 nicht auf Linksanschlag. Die Spannung muß mit dem "Aufdrehen" von P2 ansteigen. Bei der Soll-Spannung von 2 V beträgt der Strom durch diesen Widerstand 200 mA also 100 mA pro MOSFET.

Ist diese Einstellung erfolgt, dann schaltet man den Verstärker wieder aus und setzt die beiden Sicherungen F1 und F2 ein. Wieder einschalten und die Spannung am Verstärker-Ausgang gegen Masse messen. Sie sollte nicht größer als 20 mV (plus oder minus) sein. Nun ist der Verstärker betriebsbereit.

Wie schon erwähnt, wird die Schaltschwelle der Übertemperatursicherung auf etwa 70 °C eingestellt. Dazu muß man den laufenden Verstärker

eventuell mit einem Fön zusätzlich aufheizen und die Kühltemperatur messen. Wenn das zuviel Umstand ist, der kann das Trimpoti ganz einfach so stehen lassen und es dann nachstellen, wenn die Einstufen im harten Dauerbetrieb zu oft abschalten sollten. Aber bitte nicht übertreiben. Zu weit von der Mittelposition darf die Einstellung von P1 nicht entfernt sein.

Schließlich noch ein Tip für Profis: Optimal ist die Endstufe dann eingestellt, wenn die verwendeten MOSFETs auf möglichst gleiche Schwellspannungen ausgemessen wurden!