

Mit besonders geringem Eigenrauschen:

# NF-Studioverstärker

Ob für Mikrofonaufnahmen bei sehr schwachen Schallquellen oder für das Kopieren von Original-Bändern bzw. -Platten mit möglichst geringem Rauschen: Dieser NF-Vorverstärker genügt auch sehr hohen Anforderungen.

Die Digitaltechnik ermöglicht eine Tonübertragung und -aufzeichnung mit sehr großer Dynamik, wenn alle Geräte einer Anlage entsprechend ausgelegt sind. In dem folgenden Beitrag wird ein Verstärker vorgestellt, dessen Konzept sich an derartigen Anforderungen und den heutigen technischen Möglichkeiten orientiert. Desweiteren sind sogar Richtlinien aus dem „Technischen Pflichtenheft von ARD und ZDF für Tonregieanlagen“ berücksichtigt worden.

Der Verstärker (Bild 1) soll die von hochwertigen Mikrofonen und Tonträgern abgegebenen NF-Spannungen auf den in deutschen Studios üblichen „Hauspegel“ von 1,55 V oder die bei Postleitungsübertragungen geforderte Spannung von 4,4 V bringen. Um eine gute Ausnutzung des Aussteuerbereichs nach oben hin zu erhalten, ist der Verstärkungsfaktor in 10-dB-Stufen grob und zusätzlich noch durch ein Potentiometer stufenlos im Bereich von 0 dB bis 20 dB wählbar. Eingang und Ausgang sind erdfrei und exakt symmetrisch. Ganz besonderer Wert wurde auf geringste Störspannungen gelegt. Eine Übersteuerungsanzeige, die in der Lage ist, auch kurze Impulse anzuzeigen, ist noch zusätzlich enthalten.

Die professionelle Studio-Betriebstechnik verlangt einen steilflankigen Hochpaß zur Dämpfung von Trittschall und Windgeräuschen sowie einen eingebauten Hoch-Tief-Entzerrer. Zur Verminderung von Störungen ist das obere und untere Ende des Übertragungsfrequenzbereiches eindeutig zu definieren.

Das Eingangssignal gelangt über HF-Siebgließer, Symmetriertrimmer und die Ebenen I und II des Schalters

„VG“ (Verstärkungsfaktor-Grobeinstellung) zu den Eingangsübertragern (Bild 2). Bei den Schalterstellungen 60, 50 und 40 dB wird der hochübersetzende Ü1 (1 : 30) eingeschaltet und dessen Sekundärwicklung über die Ebene III von „VG“ mit der Impedanzwandlerstufe T1/T2 verbunden. In den übrigen Stufen wählen die Ebenen III und IV die passenden Sekundärwicklungen an Ü2 aus.

Direkt auf den Impedanzwandler folgt ein aktiver Hochpaß (Trittschallfilter). Er arbeitet mit der 1. Verstärkerstufe (IC1) zusammen und ist zwischen den Eckfrequenzen 40, 80 und 140 Hz umschaltbar. Da dieses Filter vor der 1. Verstärkerstufe liegt, wird deren Übersteuerung durch tieffrequente Signale mit großer Amplitude weitgehend verhindert.

Die Verstärkung von IC1 wird durch die Ebene V von „VG“ passend umgeschaltet. Bei den Ableitwider-

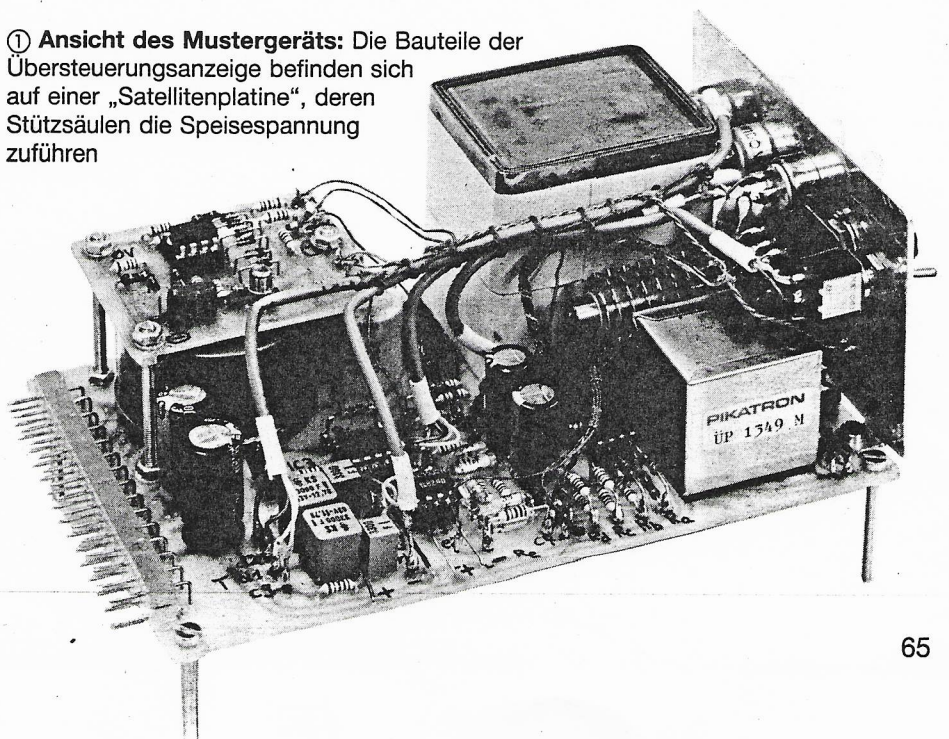
ständen können durch Parallelschalten von Zusatzwiderständen genaue Sollwerte für die Verstärkung vorgegeben werden.

Das verstärkte Signal gelangt über einen aktiven Tiefpaß dritter Ordnung (IC2a) zur Nachverstärkerstufe (IC2b), deren Gegenkopplungsgrad durch das Potentiometer „VF“ (Verstärkungsfaktor-Feineinstellung) innerhalb eines Bereiches von 20 dB variabel ist. Mit  $R_k$  wird der Bereichsumfang festgelegt.

Die nachfolgende Entzerrerstufe (IC3a) ermöglicht eine Tiefen- bzw. Höhen-Anhebung und -Abschwächung. Sie steuert die Nachverstärkerstufe (IC3b) an. Die Ausgangsstufen (IC4a und 4b) arbeiten nach dem Gegentaktprinzip. Der Ausgangsüberträger Ü3 gibt über eine gesonderte Wicklung eine Gegenkopplungsspannung an den Eingang des IC3b. Mit dem Schalter „AP“ (Ausgangspegel) kann der Nennpegel am Ausgang von 4,4 V<sub>eff</sub> auf 1,55 V<sub>eff</sub> durch Veränderung des Gegenkopplungsgrades umgeschaltet werden.

Dabei verringern sich der Ausgangs-Scheinwiderstand des Verstärkers sowie eine beispielsweise vom

① Ansicht des Mustergeräts: Die Bauteile der Übersteuerungsanzeige befinden sich auf einer „Satellitenplatte“, deren Stützsäulen die Speisespannung zuführen





Das Mustergerät wurde auf einer „Europa-Karte“ (160 mm × 100 mm) aufgebaut. Eine zweite, kleine Platine trägt die Übersteuerungsanzeigeschaltung. Alle Bedienelemente sitzen auf der Frontplatte (Bild 1).

Die technischen Daten des Vorverstärkers enthält die *Tabelle*.

Die Platinenvorlagen und Bestückungspläne sind in den *Bildern 3 bis 6* gezeigt. Die Positionspunkte dienen zur leichteren Orientierung bei der Verdrahtung und beim Abgleich. (Sie stimmen mit Bild 2 überein.)

Bei einiger Sorgfalt entsteht ein Verstärker, dessen Spezifikationen alle sinnvollen Anforderungen an die heutige NF-Technik mit ausreichender Sicherheit erfüllen.

**Vor dem Einschalten die Verdrahtung prüfen!**

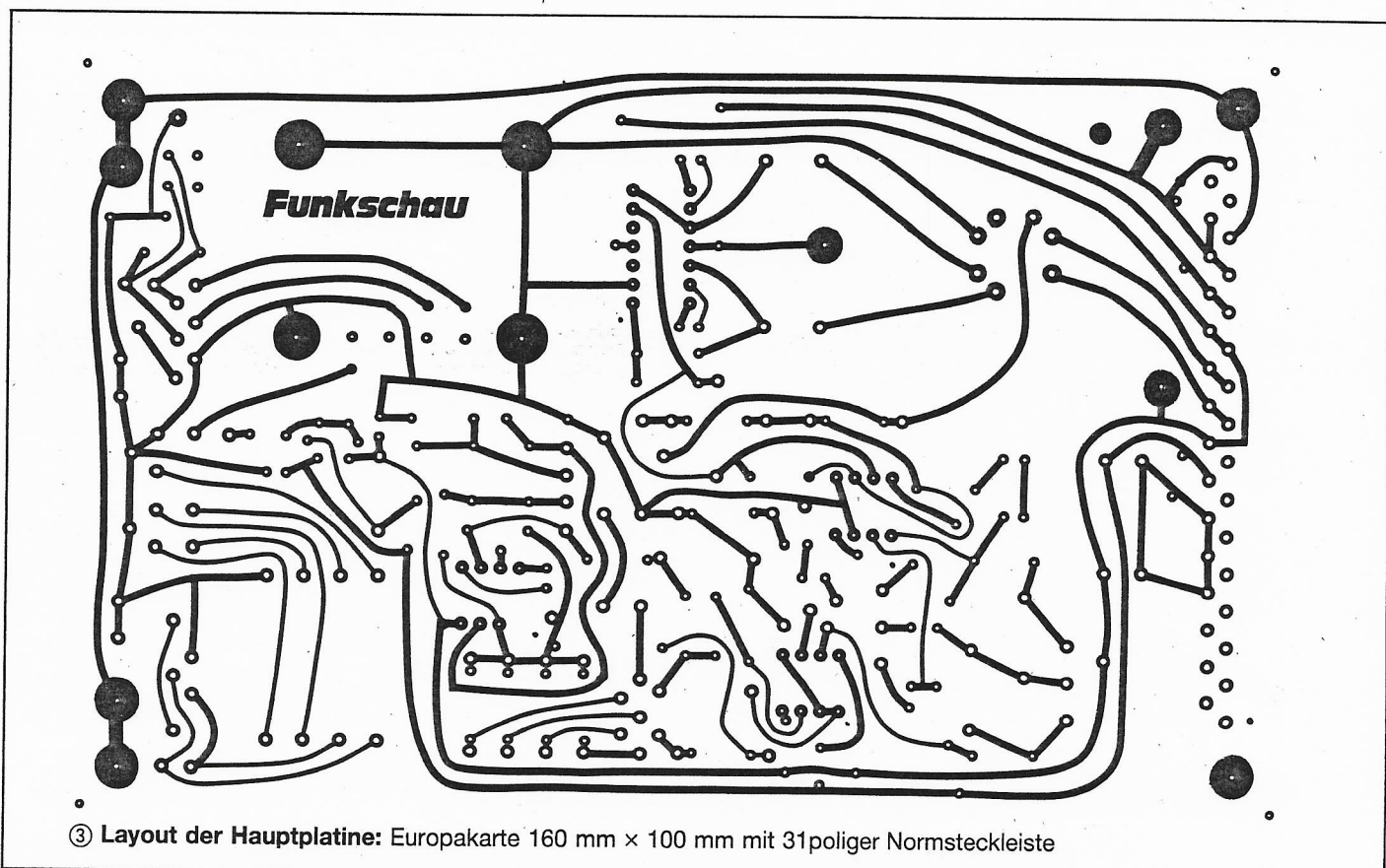
Es empfiehlt sich, die nachfolgende Reihenfolge der einzelnen Schritte bei Prüfung und Abgleich einzuhalten:

1. Sorgfältige Überprüfung der gesamten Schaltung ohne eingebaute Halb-

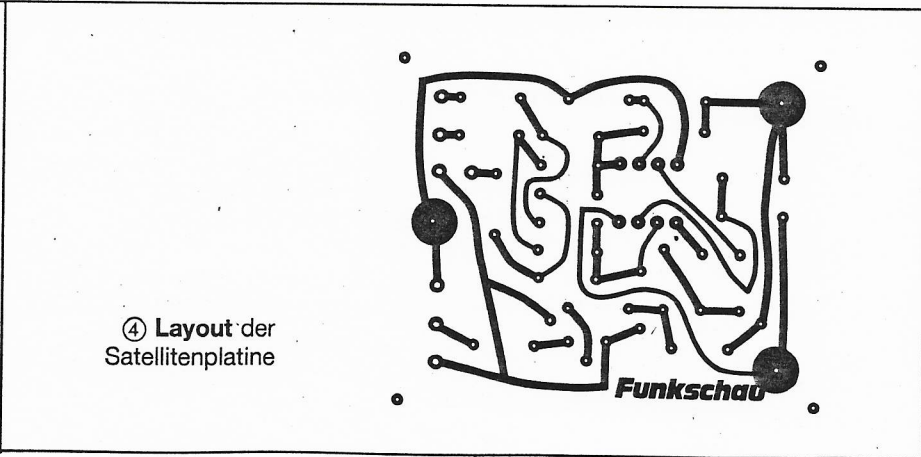
leiter. (Die Gefahr von Verdrahtungsfehlern ist besonders beim Schalter „VG“ gegeben!)

2. Das Gerät mit dem Netzteil verbinden und an den Ausgang einen Pegelmessgerät und einen Lastwiderstand von 600 Ω anschließen.

3. Die integrierten Schaltungen IC3 und IC4 einsetzen, die Koppelkondensatoren (2 × 4,7 µF) von IC3b vom Ausgang von IC3a (Stift 1) trennen und in den „oberen“ 4,7-µF-Elko aus einem niederohmigen NF-Generator 600 mV/1 kHz einspeisen.



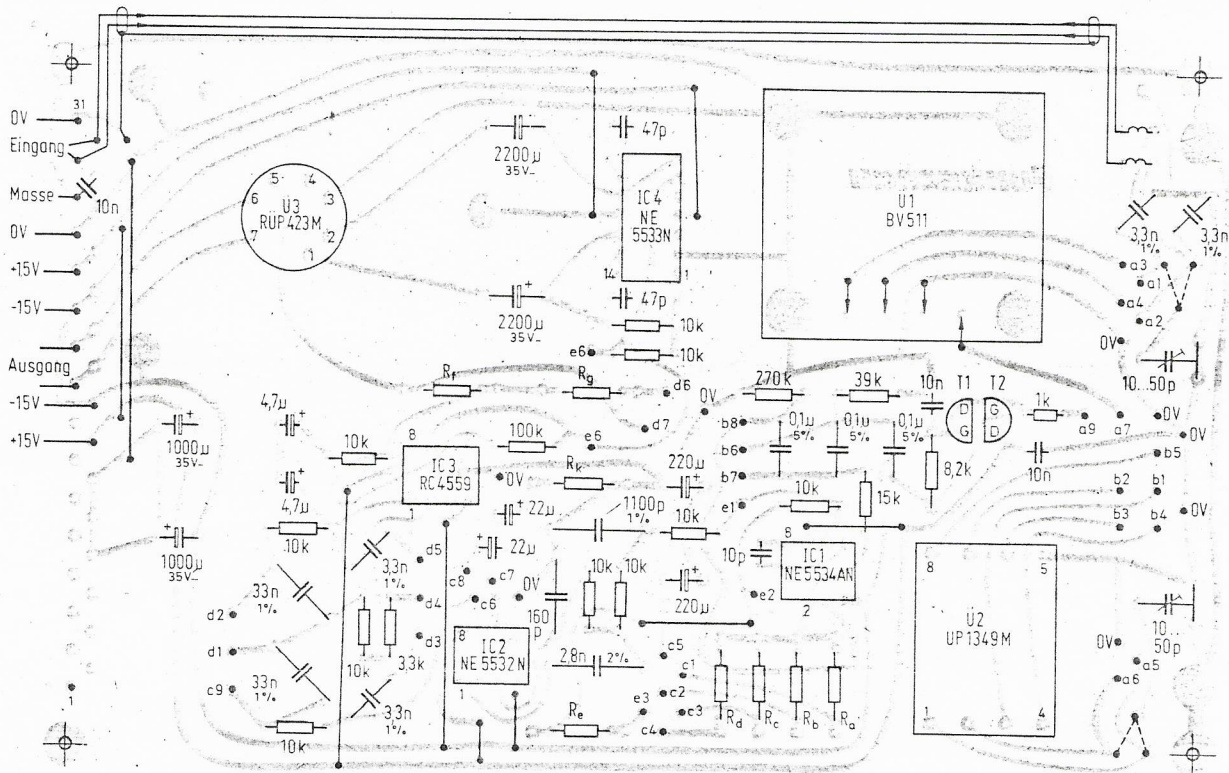
Der Aufbau ist im übrigen nicht kritisch, die allgemeinen Regeln für Erdung, Schirmung usw. müssen bei einem Gerät, dessen Eigenstörspegel nur ca. 0,3 dB über dem thermodynamischen Grenzwert liegen soll, allerdings beachtet werden. Der Übertrager „BV 511“ ist vom Hersteller (Fa. Haufe, Usingen) jederzeit lieferbar. Sein Abschirmgehäuse ist mit „0 V“ zu verbinden. Der Schalter „VG“ ist aus dem Schalter-Baukasten von Siemens zusammengestellt.



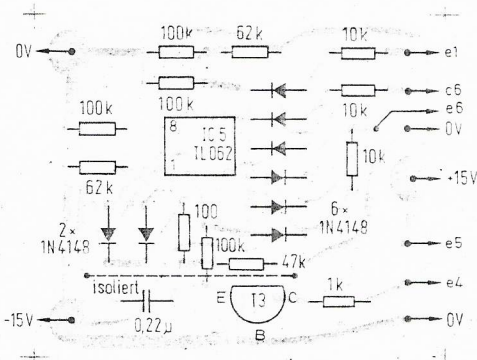


**Stückliste**

2× Ferritdrosseln 10 $\mu$ H	1× Schalter, 3 X E-E-E	1× 12 k $\Omega$	2× 22 $\mu$ F/16 V
1× Übertrager Typ Haufe BV 511	1× Stufenschalter-Bausatz, Siemens	1× 15 k $\Omega$	2× 470 $\mu$ F/16 V
1× Übertrager Typ Pikatron ÜP 1349 M	1× Drehpoti, 25 k $\Omega$ , neg. log.	1× 16 k $\Omega$	2× 1000 $\mu$ F/35 V
1× Übertrager Typ Pikatron RÜP 423 M	2× Drehpoti, 100 k $\Omega$ , lin.	1× 20 k $\Omega$	2× 2200 $\mu$ F/35 V
1× NE 5534 AN	1× 100 $\Omega$	3× 30 k $\Omega$	3× 10 nF
1× NE 5532 N	1× 820 $\Omega$	1× 39 k $\Omega$	2× 33 nF, 1%
1× RC 4559	1× 1 k $\Omega$	1× 47 k $\Omega$	2× 47 pF, ker.
1× TL 062	1× 1,5 k $\Omega$	2× 62 k $\Omega$	1× 10 pF
1× NE 5533 N	1× 2,0 k $\Omega$	1× 68 k $\Omega$	1× 160 pF, 1%
1× LED, rot	3× 3,0 k $\Omega$	2× 82 k $\Omega$	1× 1100 pF, 1%
8× 1 N 4148	1× 3,3 k $\Omega$	5× 100 k $\Omega$	1× 2800 pF, 2%
2× BC 264 A	1× 4,7 k $\Omega$	1× 150 k $\Omega$	2× 3300 pF, 1%
1× BC 108	1× 8,2 k $\Omega$	2× 200 k $\Omega$	3× 0,1 $\mu$ F, 5%
	13× 10 k $\Omega$	1× 270 k $\Omega$	1× 0,22 $\mu$ F
	1× 11 k $\Omega$	1× 330 k $\Omega$	2× 10...50 pF, Trimmer
		2× 4,7 $\mu$ F/16 V	



⑤ **Bestückungsplan der Hauptplatine:** Vorsicht bei der Verdrahtung der Bedienelemente gemäß dem Schaltplan



⑥ **Bestückung der Satellitenplatine:** Die Stromversorgung erfolgt gleich über die Gewindebolzen

4. Schalter „AP“ öffnen und Widerstand  $R_f$  durch Parallelschalten von Zusatzwiderständen verändern, daß der Pegelmesser genau 4,4  $V_{eff}$  anzeigt.

5. „AP“ schließen, am Ausgang jetzt einen Lastwiderstand von 300  $\Omega$  anschließen und durch Verändern von  $R_g$  (Parallelschalten von Zusatzwiderständen) den Ausgangspegel auf genau 1,55  $V_{eff}$  einstellen.

6. Das Ausgangssignal mit dem Oszilloskop (auf Schwingungen, Verzerrungen)



runge usw.) überprüfen und den Frequenzgang kontrollieren (der Sollbereich soll 30...18 000 Hz ± 0,5 dB betragen).

7. IC2 einstecken und die abgetrennten Elkos wieder mit Stift 1 von IC3a verbinden.

8. In Punkt „c6“ ein Signal mit 600 mV/1 kHz einspeisen: Am Ausgang müssen jetzt 1,55 V anstehen. Nun Potis „H“ und „T“ in Mittelstellung bringen. Der Frequenzgang muß 40...15 000 Hz ± 0,5 dB oder besser sein.

9. Bei 60 und 12 000 Hz die Wirkung der Entzerrer prüfen (Sollbereich: ±15 dB Anhebung/Absenkung gegenüber 1 kHz).

10. R<sub>k</sub> einseitig ablöten und die Punkte „c6“ und „c7“ verbinden.

11. IC2 einsetzen und in den Punkt „e2“ wieder 600 mV/1 kHz einspeisen, dann den Frequenzgang und den Pegel überprüfen. Bei 20 kHz muß ein Abfall von mindestens 6 dB meßbar sein.

12. Das Prüfsignal jetzt auf 60 mV/1 kHz einstellen, die Brücke „c6/c7“ entfernen und den Widerstand R<sub>k</sub> wieder einlöten.

13. Den Schleifer des Potis „VF“ an den Anschlag bei Punkt „c8“ drehen. Nun den Widerstand R<sub>k</sub> durch Parallelwiderstände so lange verändern, bis der Ausgangspegel wieder genau 1,55 V beträgt.

14. Beim Durchdrehen des Potis „VF“ muß der Variationsbereich der Verstärkung 20 dB betragen.

15. Das Prüfsignal wegnehmen, das Netzteil abschalten und eine Minute warten.

16. Die FETs T1 und T2 sowie IC1 einsetzen. „VG“ und „VF“ auf 0 dB einstellen und am Eingang des Verstärkers ein Prüfsignal von 1,55 V/1 kHz aus einem Quellwiderstand von 200 Ω anlegen. Nach dem Einschalten muß am Verstärkerausgang eine Spannung von 1,55 V erscheinen.

17. Schalter „TS“ auf 40 Hz stellen und den Frequenzgang prüfen (Sollbereich: 40...15 000 Hz ±1 dB; bei 15 Hz -12 dB, bei 40 kHz -20 dB gegenüber 1 kHz).

18. Wirkung des Trittschallfilters in den anderen Stellungen von „TS“ überprüfen.

19. Den Pegel der 1-kHz-Prüfspannung um 10 dB verringern und „VG“ auf „10 dB“ stellen. Die Ausgangsspannung muß nun wieder 1,55 V betragen.

20. Die Eingangsspannung um weitere 10 dB verringern und „VG“ auf 20 dB stellen. Durch Abgleich von R<sub>e</sub> müssen sich am Ausgang wieder 1,55 V erreichen lassen.

21. Durch Verminderung der Eingangsspannung in 10-dB-Schritten sowie das Hochschalten von „VG“ und den Abgleich von R<sub>d</sub>, R<sub>c</sub>, R<sub>b</sub> und R<sub>a</sub> die korrekte Verstärkung einstellen.

22. Kontrolle der Schritte 19...21.

23. Nochmalige Frequenzgang- und Verstärkungskontrolle, auch dann, wenn an „VF“ 20 dB gewählt sind.

24. Den Eingang mit rauscharem 200-Ω-Widerstand abschließen. Bei voller Verstärkung Geräusch- und Fremdspannung messen.

25. In den Stellungen „0 dB“ und „60 dB“ von „VG“ die Symmetrietrimmer auf größte Gleichaktunterdrückung bei 15 kHz einstellen. Dabei die günstigste Lage der Lötbrücken ausprobieren.

26. Die Übersteuerungsfähigkeit des Verstärkers ist in allen Betriebsstellungen von „VG, VF, H, T“ und „AP“ mit dem Oszilloskop oder einer Klirrfaktor-Meßeinrichtung zu bestimmen. Die Übersteuerungsanzeige muß ca. 2 dB vor Erreichen der 1%-Grenze aufleuchten. Götz Corinth

**Technische Daten des Vorverstärkers**

Frequenzgang:	60...12 000 Hz ±0,3 dB (bezogen auf 1 kHz), bei 40 Hz -1 dB, bei 15 000 Hz -0,5 dB, bei 15 Hz -18 dB, bei 40 kHz -21 dB für alle Stellungen von VG und VF und Quellimpedanzwerte 0...250 Ω			
Trittschallfilter:	Stellung „80 Hz“: bei 80 Hz -1 dB bei 40 Hz -14 dB Stellung „140 Hz“: bei 140 Hz -1 dB bei 70 Hz -14 dB			
Hoch-Tief-Entzerrer:	bei 60 bzw. 12 000 Hz wird ein Bereich von ±15 dB überstrichen			
Störspannung:	Geräuschpegel nach CCIR (Rec. 468-2) V = 80 dB: -118 dB <sub>gp</sub> (Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit des Geräuschpegelmessers (±0,3 dB) maximal um 0,3 dB über dem durch die Molekularbewegung bedingten theoretisch möglichen Minimalwert von -118 dB <sub>gp</sub> .) V = 0 dB: -78 dB <sub>gp</sub> Mit kurzgeschlossenem Eingang: V = 80 dB: -130 dB <sub>gp</sub> V = 0 dB: -80 dB <sub>gp</sub>			
Unsymmetriedämpfung des Eingangs: VG: „60 dB“ VG: „0 dB“		40 Hz	1 kHz	15 kHz
		≤ 90 dB ≤ 90 dB	≤ 90 dB ≤ 100 dB	≤ 80 dB ≤ 72 dB
Unsymmetriedämpfung des Ausgangs:		≤ 90 dB	88 dB	≤ 62 dB
Klirrfaktorwerte bei Nennpegel: „AP“ 1,55 V an 200 Ω „AP“ 4,4 V an 600 Ω	V	40 Hz	1 kHz	15 kHz
	0 dB	≤ 0,03 %	≤ 0,03 %	≤ 0,01 %
	80 dB	≤ 0,03 %	≤ 0,03 %	≤ 0,01 %
	80 dB	≤ 0,03 %	≤ 0,03 %	≤ 0,03 %
Übersteuerungsgrenze für alle Frequenzen (dB über Nennpegel):	für „AP“ = 1,55 V: ≥ 18 dB für „AP“ = 4,4 V: ≥ 10 dB			
Differenztondämpfung bei Nennpegel (5,6/7,2 kHz):	stets ≤ 0,01 %			
Eingangsscheinwiderstand bei V = 80 dB bei V = 0 dB		40 Hz	1 kHz	15 kHz
		7 kΩ 40 kΩ	7 kΩ 40 kΩ	400 Ω 2,5 kΩ
Ausgangsscheinwiderstand „AP“ 1,55 V „AP“ 4,4 V		18 Ω	18 Ω	29 Ω
		22 Ω	22 Ω	29 Ω



Ausgangsübertrager herrührende nichtlineare Verzerrung.

Die Übersteuerungsanzeige tastet die NF-Spannung (genauer: die Spitzenwerte ihrer beiden Halbwellen) an

verschiedenen Stellen des Signalweges ab. Sie arbeitet nach dem Prinzip der Oder-Schaltung mit zwei entsprechend vorgespannten Komparatoren (IC5a und 5b). Wird deren vorgegebene

Schwelle überschritten, so kippen die Komparatoren und bringen über die Treiberstufe mit T3 die LED zum Leuchten. Ein Speicherkondensator bewirkt eine gut sichtbare Anzeige.

