

# 5-Kanal-Stereo-Equalizer

**Zur optimalen Klanganpassung eines Audiosignals an die Akustik des Raumes stellen wir einen mit wenig Schaltungsaufwand zu realisierenden 5-Kanal-Stereo-Equalizer mit getrennter Einstellung für den rechten und linken Kanal vor.**

## Allgemeines

Um den Klangeindruck eines Audiosignals optimal an die Akustik eines Raumes oder an die individuellen Klangempfindungen des Hörers anzupassen, reicht in vielen Fällen eine Höhen- und Baßeinstellung nicht aus. Neben der Akustik des Raumes sind in erster Linie Lautsprecherboxen, häufig das schwächste Glied in der Übertragungskette, für Klangverfärbungen beim Wiedergabeindruck verantwortlich.

Bedingt durch die Position der Lautsprecherboxen kann die Akustik eines Raumes für den linken und rechten Stereokanal stark unterschiedlich sein. Dementsprechend ist eine getrennte Einstellung für beide Stereokanäle sinnvoll.

Um den Kurvenverlauf des Frequenzgangs in relativ schmalen Frequenzbereichen zu verändern, ist eine aufwendigere

Filterschaltung, der sogenannte Grafik-Equalizer erforderlich.

Beim Grafik-Equalizer ist jeder Einstellregler einem bestimmten Audio-Frequenzbereich zugeordnet, dessen Amplitude anhebbar oder absenkbar ist. Befinden sich alle Einstellregler in Mittelstellung, so zeigt der Frequenzgang eines Grafik-Equalizers über den gesamten Übertragungsbereich einen linearen Verlauf.

Die Bandbreite der einzelnen einstellbaren Frequenzbereiche ist üblicherweise abhängig von der Anzahl der Einstellregler. Je mehr Einstellregler, desto schmalbandiger sind in der Regel auch die veränderbaren Frequenzbereiche.

Um den Schaltungsaufwand für einen

Grafik-Equalizer in Grenzen zu halten, ist eine überschaubare Anzahl von Einstellreglern sinnvoll. In der Praxis hat sich gezeigt, daß mit 5 Einstellbereichen, verteilt über den Audio-Frequenzbereich, gute Ergebnisse erzielbar sind.

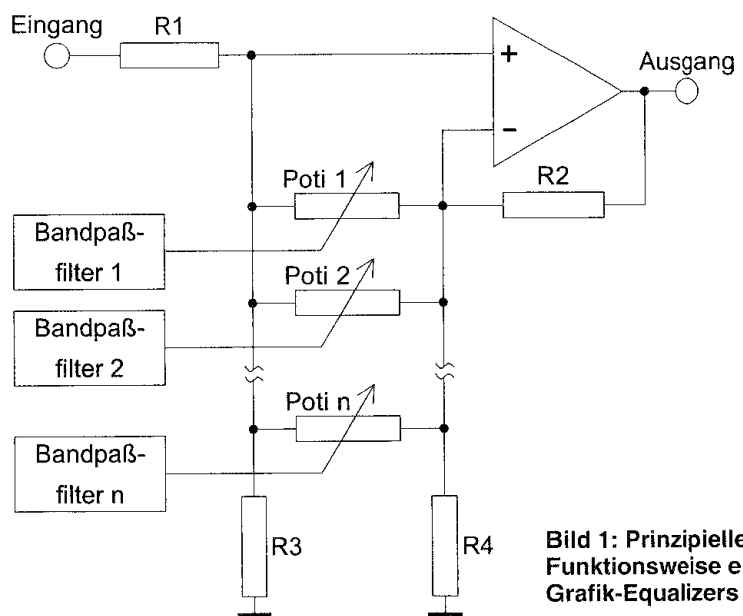
## Funktionsweise

Die Funktionsweise eines Grafik-Equalizers ist am Prinzipschaltbild in Abbildung 1 zu sehen.

Zunächst arbeitet der Operationsverstärker OP 1 in der Grundschialtung eines nicht-invertierenden Verstärkers. Der nicht-invertierende (+)-Eingang und der invertierende (-)-Eingang des OPs sind über eine

## Technische Daten: 5-Kanal-Stereo-Equalizer

- Übertragungsbereich: ...20 Hz - 20 kHz
- Scheitelfrequenzen: .. 110 Hz, 340 Hz, 1,1 kHz, 3,4 kHz, 11 kHz
- Einstellbereich: ..... ±12 dB
- Klirrfaktor: ..... <0,02 %
- Übersprechdämpfung zwischen den Stereokanälen: ..... >80 dB
- Betriebsspannung: ..... 10 V - 35 V
- Stromaufnahme: ..... 20 mA



**Bild 1: Prinzipielle Funktionsweise eines Grafik-Equalizers**

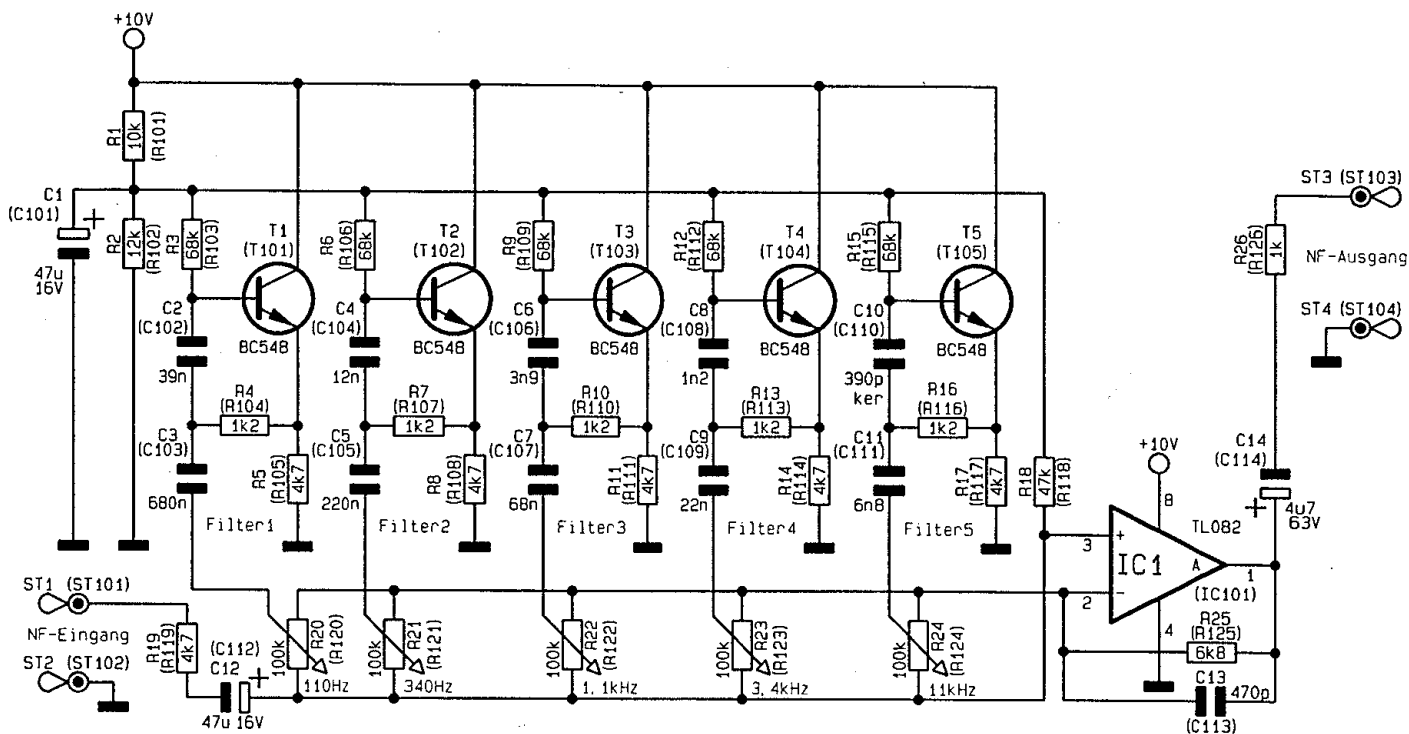
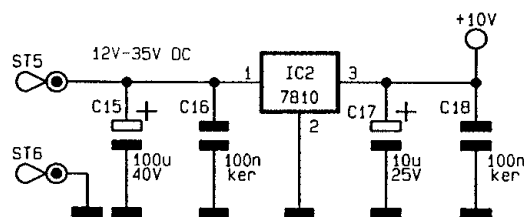


Bild 2: Hauptschaltbild des 5-Kanal-Stereo-Equalizers

Bild 3: Spannungsversorgung des Equalizers



beliebige Anzahl parallelgeschalteter Einstellpotis miteinander verbunden. Die Schleifer der Potis führen jeweils auf einen Bandpaßfilter. Für einen 5-Band-Equalizer sind dementsprechend 5 Bandpaßfilter für jeden Stereokanal erforderlich.

Prinzipiell arbeitet jedes Bandpaßfilter in einem durch die Dimensionierung festgelegten Frequenzbereich als Reihenschwingkreis (Saugkreis) nach Masse.

Betrachten wir nun die detaillierte Funktionsweise anhand der Schleiferstellung des Poti 1 in Abbildung 1. Befindet sich der Schleifer am Linksanschlag, so bildet das Bandpaßfilter für die Resonanzfrequenz einen Spannungsteiler mit R 1. Die Signalamplitude nimmt für die Resonanzfrequenz am Ausgang des OPs ab.

Am rechten Poti-Anschlag ist der Resonanzkreis parallel zum unteren Widerstand (R 4) des Gegenkopplungs-Spannungsteilers geschaltet. Für die Resonanzfrequenz bedeutet dies jetzt eine höhere Verstärkung des Eingangssignals.

In Poti-Mittelstellung wirkt das Bandpaßfilter zu gleichen Teilen auf den invertierenden und den nicht-invertierenden Eingang des OPs, so daß keine Signalbeeinflussung stattfindet.

Natürlich ist auch jeder Zwischenwert und somit eine stufenlose Einstellung möglich.

Die grundsätzliche Funktionsweise der

Schaltung ist mit einer beliebigen Anzahl parallelgeschalteter Einstellpotis und Bandpaßfilter realisierbar.

Beim ELV-5-Kanal-Stereo-Equalizer sind die Audio-Scheitelfrequenzen 110 Hz, 340 Hz, 1,1 kHz, 3,4 kHz und 11 kHz getrennt einstellbar. Dank eines ausgereiften Leiterplattenlayouts ist zwischen den beiden Stereokanälen eine Übersprechdämpfung von >80 dB vorhanden, und der Klirrfaktor ist mit <0,02 % kaum noch meßbar.

### Schaltung

Beim 5-Band-Stereo-Equalizer sind die Stufen des linken und rechten Stereo-Kanals vollkommen identisch aufgebaut. In Abbildung 2 gelten daher die direkten Bauteilbezeichnungen für den linken Stereokanal, und die Bauteilnumerierungen für den rechten Kanal stehen in Klammern. Lediglich die in Abbildung 3 dargestellte Spannungsversorgung ist für beide Kanäle zuständig.

Das ankommende NF-Signal wird der Schaltung an ST 1, auf Masse bezogen (ST 2), zugeführt. Über R 19 und den Elko C 12 zur Gleichspannungsentkopplung gelangt das Signal auf den nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 1 A.

Wie im Prinzipschaltbild sind auch in

Abbildung 2 sämtliche Einstellpotis (R 20 bis R 24) direkt parallel zwischen dem Plus- und Minus-Eingang des OPs geschaltet.

Mit Hilfe des Widerstandes R 18 wird der Arbeitspunkt des Operationsverstärkers auf eine mit R 1 und R 2 festgelegte Gleichspannung gelegt. C 1 dient in diesem Zusammenhang zur Pufferung und bildet signalmäßig einen Kurzschluß nach Masse.

Die Schleifer der 5 Einstellpotis führen auf identisch aufgebaute Reihenschwingkreise, die nach Masse geschaltet sind. Durch unterschiedliche Dimensionierungen ergeben sich die verschiedenen Frequenzen.

Je nach Schleiferstellung bilden die Resonanzkreise einen Spannungsteiler mit R 19 (Signaldämpfung), oder sie verringern den gegen Masse führenden Widerstand des Gegenkopplungs-Spannungsteilers (Signalverstärkung).

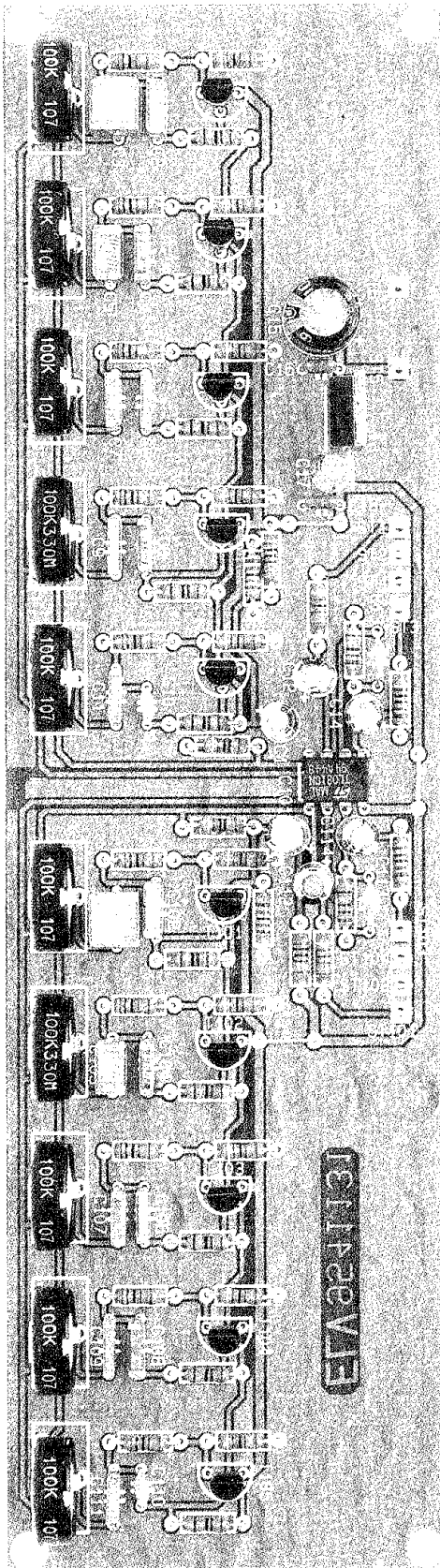
Frequenzbestimmende Bauelemente des ersten Resonanzkreises sind die Widerstände R 3 und R 4 sowie die Kondensatoren C 2 und C 3. Die Resonanzfrequenz des ersten mit T 1 aufgebauten Bandpaßfilters errechnet sich nach der Formel:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_3 \cdot R_4 \cdot C_2 \cdot C_3}}$$

Analog zum ersten Filter ist die Resonanzfrequenz der übrigen Resonanzkreise ebenfalls mit der Formel bestimmbar.

Über C 14 zur galvanischen Entkopplung wird das im Frequenzgang beeinflusste Signal mit 1kΩ-Ausgangsimpedanz (R 26) an ST 3 ausgekoppelt.

Der Kondensator C 13 parallel zum



Ansicht der fertig aufgebauten Leiterplatte

Rückkopplungswiderstand R 13 dient zur Schwingneigungsunterdrückung.

Die Durchlaßkurven für verschiedene Poti-Einstellungen des Equalizers sind in Abbildung 4 zu sehen, wobei die maximale

### Stückliste: 5-Kanal-Stereo-Equalizer

#### Halbleiter:

TL082 .....	IC1
7810 .....	IC2
BC548 .....	T1-T5, T101-T105

#### Widerstände:

1k $\Omega$ .....	R26, R126
1,2k $\Omega$ .....	R4, R7, R10, R13, R16, R104, R107, R110, R113, R116
4,7k $\Omega$ .....	R5, R8, R11, R14, R17, R19, R105, R108, R111, R114, R117, R119
6,8k $\Omega$ .....	R25, R125
10k $\Omega$ .....	R1, R101
12k $\Omega$ .....	R2, R102
47k $\Omega$ .....	R18, R118
68k $\Omega$ .....	R3, R6, R9, R12, R15, R103, R106, R109, R112, R115
PT15, stehend, 100k $\Omega$ .....	R20-R24, R120-R124

#### Kondensatoren:

390pF/ker .....	C10, C110
470pF .....	C13, C113
1,2nF .....	C8, C108
3,9nF .....	C6, C106
6,8nF .....	C11, C111
12nF .....	C4, C104
22nF .....	C9, C109
39nF .....	C2, C102
68nF .....	C7, C107
100nF/ker .....	C16, C18
220nF .....	C5, C105
680nF .....	C3, C103
4,7 $\mu$ F/16V .....	C14, C114
10 $\mu$ F/25V .....	C17
47 $\mu$ F/16V .....	C1, C12, C101, C112
100 $\mu$ F/40V .....	C15

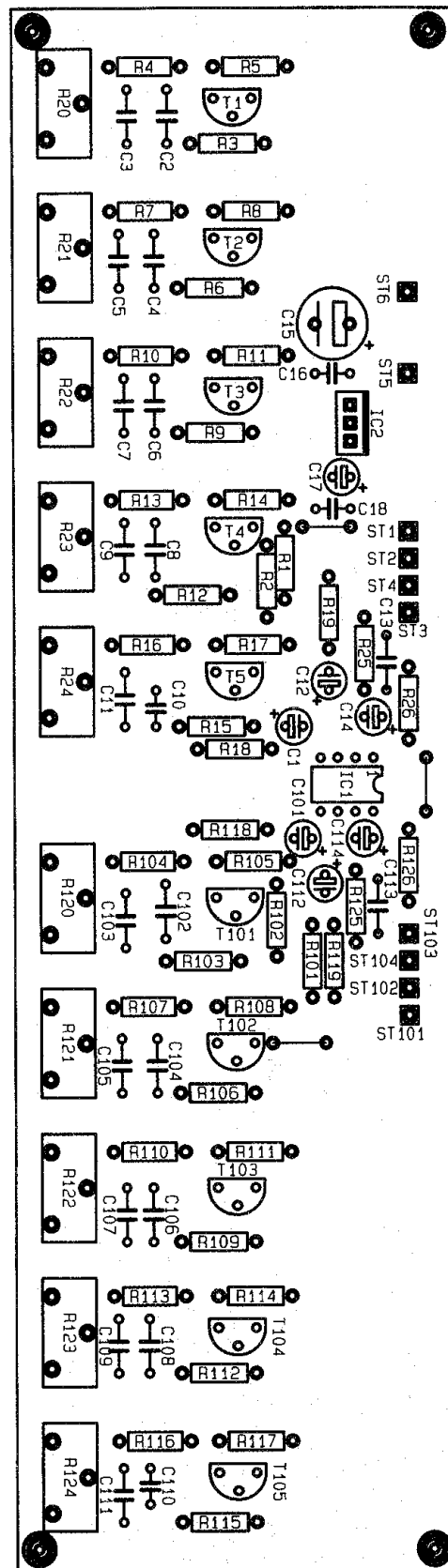
#### Sonstiges:

- 10 Kunststoffachsen, 6 mm  $\varnothing$
- 10 Lötstifte mit Lötöse

Anhebung bzw. Absenkung der einzelnen Frequenzen  $\pm 12$  dB beträgt.

Zur Spannungsversorgung des Equalizer-Bausteins kann eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 12 V und 35 V dienen. Die Spannung wird mit dem Pluspol an ST 5 und dem Minuspol an ST 6 angeschlossen. Während C 15 zur Pufferung der unstabilierten Versorgungsspannung dient, nimmt der Festspannungsregler IC 2 eine Stabilisierung auf 10 V vor.

Die Keramik Kondensatoren C 16 und C 18 schließen hochfrequente Störanteile nach Masse kurz, und der Elko C 17 am Ausgang des Spannungsreglers dient zur Schwingneigungs- und Störunterdrückung.



Bestückungsplan des 5-Kanal-Stereo-Equalizers

#### Nachbau

Der Aufbau des ELV-5-Kanal-Stereo-Equalizers ist besonders einfach und in ca.

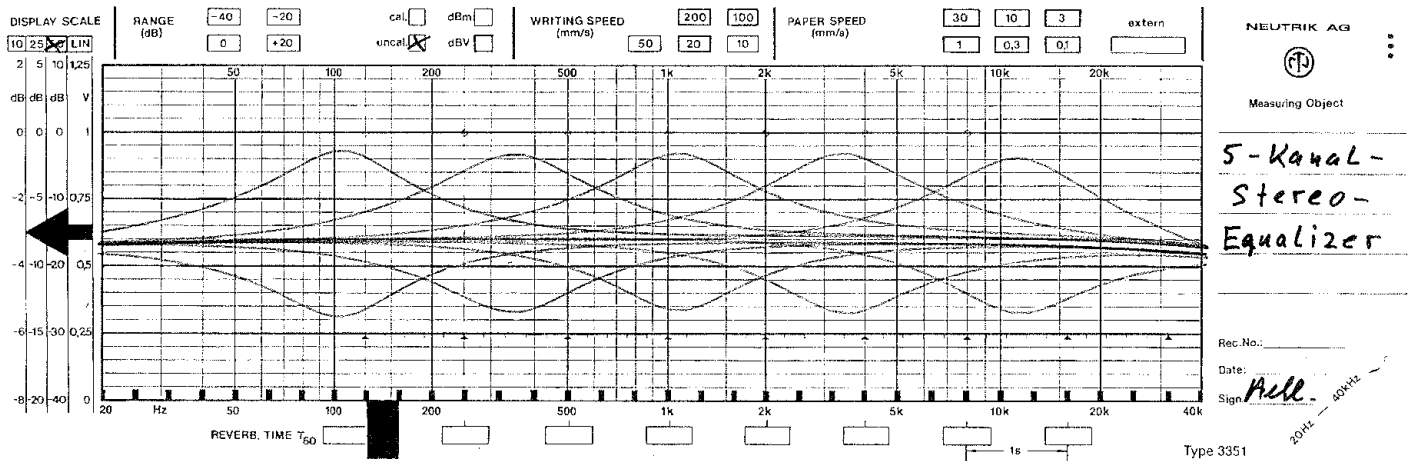


Bild 4: Durchlaßkurven des 5-Kanal-Stereo-Equalizers bei unterschiedlichen Poti-Einstellungen

einer halben Stunde zu bewerkstelligen.

Beim Nachbau halten wir uns genau an die Stückliste und den Bestückungsplan. Als weitere Orientierungshilfe dient der Bestückungsaufdruck auf der Leiterplatte.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Einlöten von 3 kleinen Drahtbrücken.

Danach sind die Anschlußbeinchen der 42 einprozentigen Metallfilmwiderstände abzuwinkeln und durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen.

Die Anschlußbeinchen werden an der Lötseite leicht angewinkelt und nach Umdrehen der Platine in einem Arbeitsgang verlötet. Überstehende Drahtenden sind so kurz wie möglich abzuschneiden, ohne die Lötstellen selbst zu beschädigen. In gleicher Weise verfahren wir auch mit den weiteren Bauteilen.

Zum Anschluß der Versorgungsspan-

nung und der abgeschirmten Ein- und Ausgangsleitungen sind 10 Lötstifte mit Öse stramm in die zugehörigen Bohrungen der Platine zu pressen und sorgfältig mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Als dann werden die 6 Keramikkondensatoren und 18 Folienkondensatoren bestückt.

Die Anschlußbeinchen der 10 Klein-Signaltransistoren sind vor dem Anlöten so weit wie möglich durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen.

Danach sind die Elektrolytkondensatoren unter Beachtung der richtigen Polarität zu bestücken. Üblicherweise sind Elkos am Minuspol durch ein Minuszeichen gekennzeichnet.

Nach dem Einlöten des 10V-Spannungsreglers IC 2, wahlweise in liegender oder stehender Position, werden sorgfältig die 10 Einstellregler eingesetzt.

Besonders wichtig ist auch die korrekte

Polarität beim Dual-Operationsverstärker IC 1. Das IC ist so einzusetzen, daß die Gehäusekerbe des Bauelements und das Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmen.

Im letzten Arbeitsschritt sind die 10 Kunststoff-Potiachsen bis zum sicheren Einrasten in die Mittelbohrungen der Einstellpotis zu pressen.

Typische Anwendungen des 5-Kanal-Stereo-Equalizers liegen im Einbau in einen bestehenden Verstärker oder aber in der Erweiterung eines selbstgebauten Verstärkers, wobei der Equalizer dann ebenfalls in das Gehäuse des Verstärkers mit eingebaut wird.

Beim Einbau sind unbedingt die einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen zu beachten. Des weiteren ist auf einen ausreichenden Sicherheitsabstand zu netzspannungsführenden Teilen zu achten. **ELV**