



# HiFi-Stereo-Pegelregler

**Der Aufbau einer automatischen Aussteuerungsschaltung in HiFi-Qualität wird in diesem Artikel beschrieben.**

## Allgemeines

Elektronische Schaltungen, die für eine automatische Aussteuerung von Pegeln in Audiogeräten sorgen, sind seit vielen Jahren weit verbreitet. Die meisten Kassettenrecorder, zahlreiche Tonbandgeräte und auch Videorecorder sind damit ausgestattet. Bei automatischen Aussteuerungsschaltungen, auch Pegelregler genannt, gibt es jedoch große Unterschiede zwischen einzelnen Varianten.

Im einfachsten Fall läßt sich eine entsprechende Schaltung so „mager“ realisieren, daß sie preiswerter zu produzieren ist als dafür ein Stereopotentiometer mit Bedienelement einzusetzen. Frequenzgang, Aussteuerbereich und vor allem der Klirrfaktor sind hier naturgemäß von höchst eingeschränkter Qualität. Jedoch auch bei anspruchsvolleren Schaltungen ist es nicht so ganz einfach, hohe Dynamik und geringen Klirrfaktor zu vereinen. Vielfach ist man schon froh, wenn der Klirrfaktor unter 1% sinkt.

Von der Firma Valvo wurde nun ein spezieller für den professionellen Bereich konzipierter integrierter Schaltkreis entwickelt, dessen Hauptanwendungsgebiet eher im Studiobereich anzusiedeln ist, der aber mit einer speziellen Beschaltung als außerordentlich hochwertiger Pegelregler einsetzbar ist.

Wir können Ihnen daher die Schaltung

Tabelle 1: Technische Daten

Frequenzgang:	16 Hz - 40 kHz (3 dB) 20 Hz - 30 kHz (1 dB)
Klirrfaktor:	besser 0,05 % typ 0,02 %
Nenn-Eingangsspannung:	0,775 V <sub>eff</sub>
Max-Eingangsspannung:	2,5 V <sub>eff</sub> $\hat{=}$ 7 V <sub>ss</sub>
Min-Eingangsspannung:	8 mV <sub>eff</sub>
Nenn-Ausgangsspannung**:	775 mV <sub>eff</sub>
Signal-Rauschabstand:	56 dB
automatischer Aussteuerungsbereich:	+10 dB (!) -40 dB *

\*durch separaten Widerstand zwischen 20 dB und 50 dB programmierbar

\*\*siehe Text

einer automatischen Aussteuerung in ungewöhnlich hoher Qualität vorstellen. Nähere technische Daten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Bevor sich der interessierte Leser jedoch für einen automatischen Pegelregler entscheidet, sollten verschiedene Punkte beachtet werden. Nachfolgend beschreiben wir die Vorteile, jedoch auch die Einschränkungen, die der Einsatz einer entsprechenden Schaltung mit sich bringt.

## Einsatzpraxis

Ein automatischer Pegelregler (eine hochwertige Variante vorausgesetzt) hält an seinem Ausgang den mittleren NF-Pegel konstant und zwar unabhängig von Schwankungen des Eingangssignals. Die Ausgangsspannung des ELV-Pegelreglers ist so gewählt, daß eine direkte Weiterverarbeitung über AUX-, Line- und ähnliche Eingänge (Cinch oder DIN) möglich ist. Mit getrennten Ausgangstrimmern kann darüber hinaus für jeden Kanal eine Anpassung an individuelle Erfordernisse vorgenommen werden.

Wird an die Eingänge ein NF-Signal angelegt, stellt der Pegelregler automatisch seine Verstärkung so ein, daß am Ausgang der mittlere Pegel konstant bleibt. Sinkt der NF-Eingangspegel ab, würde normalerweise auch am Ausgang das Signal kleiner werden. Hier erfolgt nun vollautomatisch durch die selbsttätige Anhebung der Verstärkung ein Ausgleich und der Pegel am Ausgang bleibt konstant, obwohl das Eingangssignal kleiner wurde. Im umgekehrten Fall dazu reduziert sich die Verstärkung sofern der Eingangspegel ansteigt, um auch hier einen gleichmäßigen und konstanten Ausgangspegel sicherzustellen.

Die Ausregelzeiten bei einem Pegelregler sind in diesem Zusammenhang von entscheidender Bedeutung. Würden die Regelvorgänge extrem schnell ablaufen und könnten selbst innerhalb einer Sinushalbwelle Ausregelungen erfolgen, stünde am Ausgang lediglich eine konstante Gleichspannung an. Dies ist selbstverständlich nicht erwünscht. Deshalb sind die Zeitkonstanten für die automatische Verstärkungsregelung in jedem Fall deutlich größer zu wählen als die Periodendauer der niedrig-

sten zu übertragenden Frequenz.

Werden z. B. Sprachsignale übertragen, bei denen immer kurze Pausen allein durch das Luftholen bedingt auftreten, würde die Verstärkung in den Sprechpausen ansteigen. Aus diesem Grunde wird man zur Verstärkungsanhebung Zeitkonstanten von mehreren Sekunden wählen.

Dem entgegen steht das Erfordernis, die Verstärkung sehr schnell absenken zu können. Steigt z. B. die Lautstärke plötzlich stark an (z. B. beim Beginn der Sprachübertragung nach vorheriger Pause) wären die ersten Worte vollständig verzerrt, bis langsam die automatische Zurückregelung der Verstärkung abgeschlossen wäre. Aus diesem Grunde besitzt der ELV-Pegelregler eine separate Einschwing-Zeitkonstante, die im Bruchteil einer Sekunde die Verstärkung zurückfährt. Darüber hinaus sorgt eine Anti-Klipping-Schaltung dafür, daß Impulsspitzen noch während weniger Schwingungszüge ausgeregelt werden, um so selbst bei einem kurzen Paukenschlag eine Übersteuerung und damit Verzerrung zu verhindern.

Doch trotz all dieser eben aufgeführten Features sind folgende Einschränkungen beim Einsatz selbst dieses hochwertigen Pegelreglers zu berücksichtigen:

Während der Sprechpausen oder auch in der Zeit zwischen 2 Musikstücken fährt der Pegelregler automatisch, wie es auch seine Aufgabe ist, die Verstärkung innerhalb von einigen Sekunden langsam hoch. Beginnt nun ein Musikstück verhältnismäßig leise, stellt sich der Pegelregler darauf ein und gibt, wie es seine Aufgabe ist, einen Ausgangspegel ab, der „normaler“ Lautstärke entspricht. Steigt die Anfangslautstärke des Musikstückes auf den üblichen Wert an, reduziert der Pegelregler seine Verstärkung und hält den mittleren Ausgangspegel weiterhin konstant. Nach Durchlaufen des Pegelreglers gehen somit zum Teil gewollte Dynamikunterschiede (leise Passagen) „verloren“ da sie auf „normale“ Lautstärke angehoben werden. Besonders bei klassischer Musik, bei der neben extremen Dynamikunterschieden auch gewollte längere leise Passagen, gefolgt von lauten Abschnitten, auftreten, ist daher der Einsatz eines automatischen Pegelreglers in der Tat ungeeignet.

Im Bereich der Unterhaltungsmusik oder auch bei Sprachübertragungen zum Ausgleich unterschiedlicher Mikrofonabstände leistet ein Pegelregler gute Dienste und kann somit zum Anwendungskomfort erheblich beitragen.

In diesem Zusammenhang wollen wir kurz auf den möglichen großen Regelbereich dieses Pegelreglers eingehen. Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist, können Dynamikunterschiede von rund 50 dB ausgeglichen werden. Dieses außerordent-

lich große Verhältnis bedeutet in der Praxis jedoch, daß in den Signalpausen die Verstärkung voll aufgefahen wird und sich am Ausgang dadurch das Rauschen entsprechend erhöht. Diese Rauschanteile sind weniger durch den Pegelregler bedingt, sondern vielmehr durch eine mögliche Signalquelle. Besitzt ein Musikstück einen Signal Rauschabstand von z. B. 50 dB und wird der Pegelregler normalerweise bei geringer Verstärkung, d. h. normgerechten Eingangsspegeln betrieben, würde in einer Signalpauze der Rauschanteil der Eingangsquelle auf volle Lautstärke verstärkt werden, was sicherlich nicht im Sinne des Anwenders ist.

Aus vorgenanntem Grunde empfiehlt es sich, den Regelbereich eines automatischen Pegelreglers, den tatsächlichen praktisch benötigten Erfordernissen anzupassen, die sich im allgemeinen bei einem Dynamikbereich von weniger als 20 dB bewegen.

Hierzu steht ein Festwiderstand zur Verfügung, mit dem die Regelcharakteristik programmierbar ist. Entsprechend der in Abbildung 1 aufgeführten Kurven kann ein Widerstand für den gewünschten Anwendungsfall ausgesucht und eingebaut werden. Werkseitig sind die Fertiggeräte von ELV auf einen Regelbereich von ca. 20 dB eingestellt. Dies kommt einer parxisgerechten Regelung gleich. Dennoch ist selbstverständlich der angegebene große Regelungsbereich möglich, wenngleich er für einige wenige Sonderfälle vorbehalten sein wird.

Bezüglich der Nenn-Ausgangsspannung ist noch folgende Anmerkung zu treffen:

Der allgemein verbreitete Nenn-Pegel für Line-Eingänge beträgt  $775 \text{ mV}_{\text{eff}}$ . Hierbei handelt es sich um einen Spitzenwert, der je nach Übersteuerungsfestigkeit der betreffenden Eingänge auch um einige dB überschritten werden kann. Im Mittel wird jedoch bei Sprach- oder Musiksignalen der Effektivwert einer entsprechenden NF-Spannung bei 400 mV bis 500 mV liegen. Der hier vorgestellte Pegelregler wird aufgrund seiner optimierten Regelcharakteristik bei entsprechenden Audiosignalen ein ähnliches Verhalten zeigen, mit Spitzenwerten von  $775 \text{ mV}_{\text{eff}}$ . Wird hingegen der Pegelregler mit einer konstanten Sinusspannung angesteuert, bei der weder Schwankungen nach oben noch nach unten auftreten, wird sich systembedingt die Ausgangsspannung auf ungefähr  $450 \text{ mV}_{\text{eff}}$  einstellen, die über die Ausgangs-Einstellpotis auf individuelle Anforderungen angepaßt werden kann.

## Zur Schaltung

Die Versorgung der Schaltung erfolgt über ein unstabiliertes 12 V-Gleichspannungs-Steckernetzteil, dessen 3,5 mm Klinckenstecker in die zugehörige Gerätebuchse auf der Frontseite eingesteckt wird. Der Strombedarf liegt bei ca. 30 mA. Über die

Verpolungsschutzdiode D 1 gelangt diese Spannung, die im Bereich zwischen +12 V und +20 V schwanken darf, auf den Eingang des Festspannungsreglers IC 1 des Typs 7810. Hier wird eine Stabilisierung auf 10 V vorgenommen für den Betrieb des 2fach ausgeführten Pegelreglers (Stereo-Betrieb).

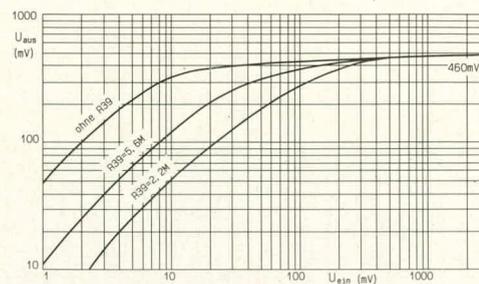
Bei der nachfolgenden Beschreibung konzentrieren wir uns auf die untere Hälfte der in Abbildung 1 dargestellten Schaltung, da die obere Hälfte für den zweiten Stereokanal weitgehend identisch aufgebaut ist.

An der frontseitig zugänglichen Cinch-Buchse BU 4 wird das NF-Eingangssignal eingespeist. Von dort gelangt das Signal über den Entkoppel-Kondensator C 22 und den Eingangswiderstand R 23 auf den invertierenden (-)Eingang (Pin 6) des IC 2 B. Hierbei handelt es sich um einen besonders rauscharmen Operationsverstärker des Typs NE 5532, der als invertierender Verstärker betrieben wird, in der etwas ungewöhnlichen Form als Abschwächer um 20 dB. Dies wurde aus Gründen der Übersteuerungsfestigkeit vorgesehen.

Vom Ausgang (Pin 7) des IC 2 B gelangt das gepufferte NF-Signal zum einen über C 24, R 25 auf den Gleichrichter-Eingang (Pin 13) des IC 3 B und zum anderen auf den invertierenden (-)Eingang (Pin 2) des Operationsverstärkers IC 4 A. Im Rückkopplungszweig liegen die Widerstände R 29, R 30 zur gleichspannungsmäßigen Rückkopplung sowie der Kondensator C 28 zur Schwingneigungsunterdrückung. Um Peak-Impulse abzufangen sind die beiden Shottky-Dioden D 4, 5 eingebaut, denen zur Gleichspannungsentkopplung der Kondensator C 29 nachgeschaltet ist.

Am Ausgang (Pin 1) des IC 4 A steht das weitgehend konstant gehaltene NF-Signal an, das zur Pegelanpassung auf die gewünschte Höhe über C 31 auf die mit IC 5 A aufgebaute Verstärkerstufe gegeben wird. Von dort geht es weiter über C 35 auf den Einstelltrimmer R 36, mit dem die Amplitude individuellen Erfordernissen entsprechend anpaßbar ist.

Doch kommen wir zurück zur eigentlichen automatischen Verstärkungsregelung, deren zentraler Baustein IC 3 B darstellt. Die eigentliche Verstärkungsregelung erfolgt über die im IC 3 B integrierte Regelstrecke zwischen Pin 9 (Eingang) und Pin 11 (Ausgang). Dieser Ausgang steuert den nachgeschalteten Operationsverstärker IC 4 A über Pin 2 an, dessen Ausgang (Pin 1) wiederum sein Signal über C 26, R 38 dem Eingang (Pin 9) des IC 3 B zurückführt. Je nach Größe des am Steuer-Eingang (Pin 13/Gleichrichter) anstehenden NF-Signals wird nun die Verstärkung des vorstehend beschriebenen Schaltungsteiles angehoben, bzw. abgesenkt.



**Bild 1: Darstellung der Regelcharakteristik in Abhängigkeit vom Programmier-Widerstand R 39**

Zur Optimierung des Klirrfaktors kann über den Trimmer R 21 in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 22 die an Pin 10 des IC 3 B anstehende Referenzspannung geringfügig verändert werden. Dieser Einstellung kommt nicht unerhebliche Bedeutung zu, da ein krasser Fehlableich den Klirrfaktor auf über 1 % anheben kann. Steht keine Klirrfaktormeßbrücke zur Verfügung, ist hilfsweise der Trimmer ungefähr in Mittelstellung zu bringen.

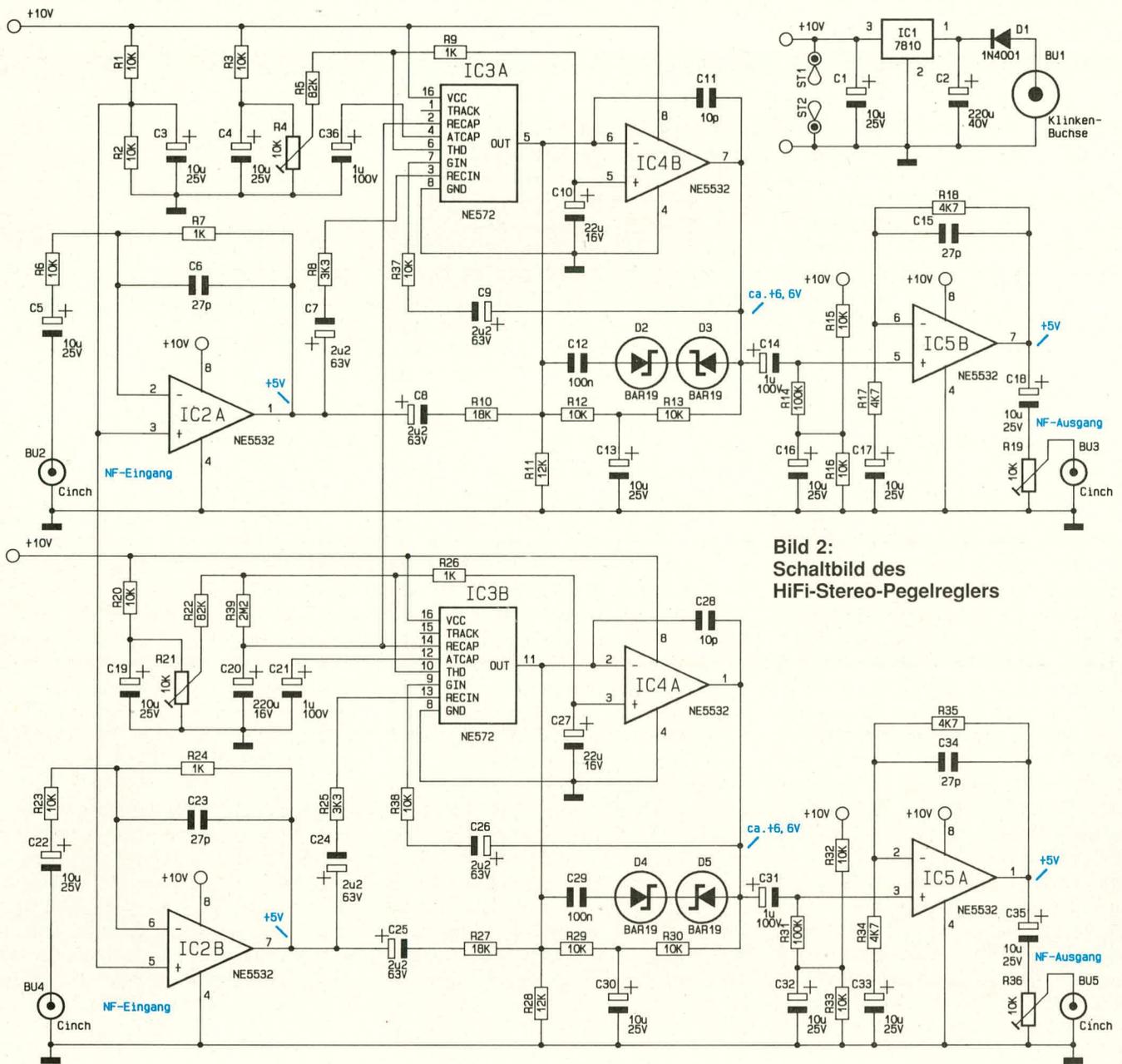
Für einen korrekten Abgleich wird am Ausgang eine Klirrfaktormeßbrücke angeschlossen und der Eingang mit einem entsprechend klirrfarmen NF-Sinussignal beaufschlagt. Optimal ist hierfür unter anderem auch das ELV-Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000 geeignet. Mit dem Trimmer R 21 wird dann der Klirrfaktor auf ein Minimum abgeglichen, wobei hier wirklich hervorragende Werte erreichbar sind.

Die Aufladezeitkonstante, die für die Einschwingzeit bestimmend ist, wird mit Hilfe von C 21 an Pin 12 des IC 3 B festgelegt.

Die Entladezeitkonstante wird für beide Kanäle mit dem Kondensator C 20 an Pin 14 des IC 3 B bzw. Pin 2 des IC 3 A vorgegeben.

In diesem Zusammenhang kommt dem Widerstand R 39 eine besondere Bedeutung zu. In Abbildung 2 ist ein Diagramm der automatischen Verstärkungseinstellung abgebildet. Ohne eingebauten Widerstand R 39 (Widerstandswert unendlich) übersteigt der Regelbereich rund 50 dB (!). Je kleiner dieser Widerstandswert ausfällt, desto weiter wird der Regelbereich eingengt. Für die meisten Anwendungsfälle reicht ein Bereich von weniger als 20 dB aus, der auch nicht unnötig weit ausgedehnt werden sollte - wie dies unter dem Abschnitt „Einsatzpraxis“ auch beschrieben wurde. Die ab Werk gelieferten Fertiggeräte sind daher auch mit dieser eingeschränkten Regelcharakteristik ausgerüstet.

Die obere Schaltungshälfte ist mit Ausnahme des Kondensators C 20, der für beide Kanäle gleichzeitig wirksam ist, identisch aufgebaut.



**Bild 2:**  
Schaltbild des  
HiFi-Stereo-Pegelreglers

## Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente, einschließlich der Printbuchsen finden auf einer einzigen übersichtlich gestalteten Leiterplatte Platz. Die Größe der Platine ist so ausgelegt, daß sie in ein Gehäuse aus der ELV-Serie micro-line eingebaut werden kann, nach Wunsch sogar gemeinsam mit dem HiFi-Stereo-Mikrofon-Vorverstärker, der in einem separaten Artikel in ELV journal 2/90 beschrieben wird.

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet. Der Festspannungsregler IC 1 wird ohne Kühlkörper senkrecht stehend eingelötet.

Wenn die Schaltung in ein Gehäuse der ELV-Serie micro-line eingebaut werden soll, ist hierfür die untere Führungsnut vorzusehen, d. h. die Bauteilseite der Platine weist nach oben. In dieser Einbaulage befindet sich die außenliegende 3,5 mm Klinken-

buchse auf der linken Seite. Hier wird ein unstabiliertes 12 V/300 mA-Steckernetzteil angeschlossen, dessen Spannung im Bereich zwischen 12 V und 20 V schwanken darf. Die Stromaufnahme liegt zwischen 20 mA und 50 mA.

Die beiden danebenliegenden Cinch-Buchsen stellen die Ausgänge für den linken und den rechten Kanal dar, die mit einem Line-Eingang eines Stereo-Verstärkers zu verbinden sind. Unmittelbar daneben sind 2 Bohrungen angeordnet, hinter denen der Einstelltrimmer (für jeden Kanal separat) zur Anpassung der Ausgangsamplitude angeordnet ist. Dieser kann mit einem kleinen Schraubendreher vorsichtig verstellt werden. Die maximale Ausgangsamplitude ergibt sich bei Rechtsanschlag der beiden Trimmer.

Ganz rechts sind 2 weitere Cinch-Buchsen angeordnet, welche die Eingänge für den linken und rechten Stereokanal darstellen.

Nachdem die Leiterplatte nochmals sorgfältig überprüft und ins Gehäuse eingeschoben wurde, bildet das Einsetzen der

micro-line-Frontplatte den Abschluß der Montagearbeiten. Hierdurch erhält das zuvor leicht durchgebogene Gehäuse auch gleichzeitig seine endgültige Form.

Die Frontplatte wird an einer schmalen Gehäusesseite eingesetzt und langsam über die Gehäusemitte hinaus immer weiter eingedrückt, bis sie formschlüssig einrastet. Hierzu ist ein gewisser Kraftaufwand erforderlich, da die leicht nach innen gewölbten Gehäuseflächen einen starken Anpreßdruck ausüben und die Frontplatte ohne zusätzliche Schraubbefestigung später sicher gehalten wird.

## Kombinationseinbau Mikrofon-Vorverstärker - Pegelregler

Ein häufig vorkommender sinnvoller Einsatzfall für einen Pegelregler stellt neben der automatischen Aussteuerung von Unterhaltungsmusik zu Aufzeichnungszwecken unter anderem die Anwendung in Verbindung mit einem Mikrofon dar. So können auf elegante Weise die Bespre-

chungs lautstärken verschiedener Redner als auch unterschiedliche Besprechungsabstände ausgeglichen werden.

Dabei empfiehlt es sich, den ELV-Pegelregler nicht mit seiner maximalen Verstärkung bei sehr kleinen Signalen arbeiten zu lassen, sondern einen besonders rauscharmen Mikrofon-Vorverstärker vorzuschalten. Ein entsprechend hochwertiger Vorverstärker ist in einem separaten Artikel im ELV journal 2/90 ausführlich beschrieben, dessen Aufbau so konzipiert wurde, daß er gemeinsam mit dem hier vorgestellten Pegelregler in einem Gehäuse der ELV-Serie micro-line einbaubar ist.

Hier ergeben sich nun grundsätzlich 2 Möglichkeiten:

1. Beide Schaltungen werden zunächst unabhängig voneinander eingebaut, mit separaten Stromversorgungen versehen, um anschließend die Cinch-Ausgänge des Mikrofon-Vorverstärkers mit den Cinch-Eingängen des Pegelreglers extern über möglichst kurze abgeschirmte Leitungen zu verbinden.

Diese Version bietet eine hohe Flexibilität, da auch beide Schaltungen durch Auf-

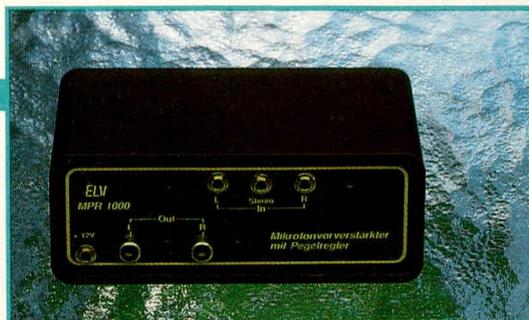
trennen dieser Verbindungen getrennt einsetzbar sind.

2. Soll die Kombination Mikrofon-Vorverstärker - Pegelregler dauerhaft und unwiderruflich Einsatz finden, empfiehlt sich die Verdrahtung innerhalb des Gehäuses.

Beim Mikrofon-Vorverstärker kann daher sowohl die Stromversorgungsbuchse entfallen, als auch der betreffende Spannungsregler mit den eingangsseitigen Kondensatoren C 1 und C 2. Des weiteren sind die beiden Ausgangs-Cinchbuchsen entbehrlich.

In die Anschlußbohrungen dieser beiden Ausgangsbuchsen wird je eine ca. 80 mm lange einadrige, abgeschirmte, isolierte Leitung angeschlossen, wobei die Abschirmung mit dem Massepunkt zu verbinden ist. Ferner ist eine 2adrige isolierte Leitung mit dem Massepunkt des nun entfallenden Festspannungsreglers sowie mit dem 8 V-Versorgungsspannungsanschluß der Schaltung zu verbinden (ehemals Bohrung für den Ausgangsanschluß des Festspannungsreglers).

Diese letztgenannte Leitung wird mit den zugehörigen Platinenanschlußpunkten ST 1 (+10 V) und ST 2 (Masse) auf der Leiter-

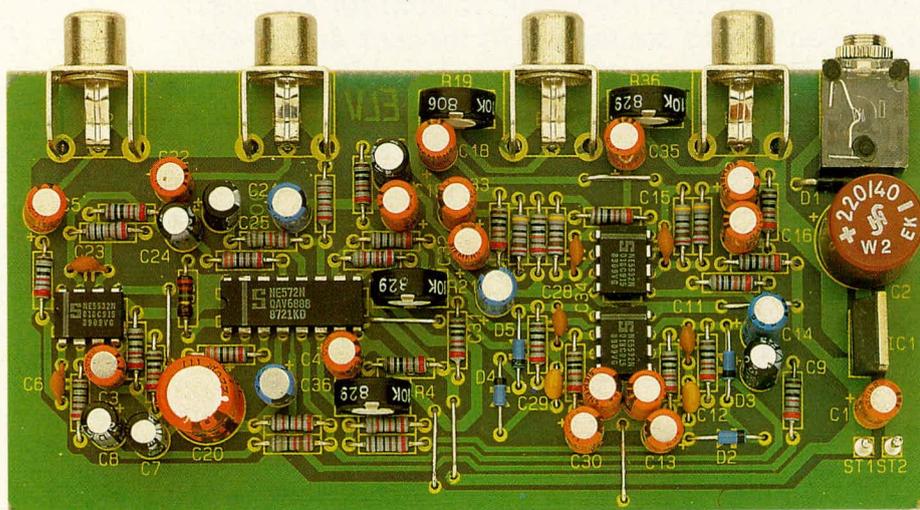


Ansicht des Combi-Gerätes

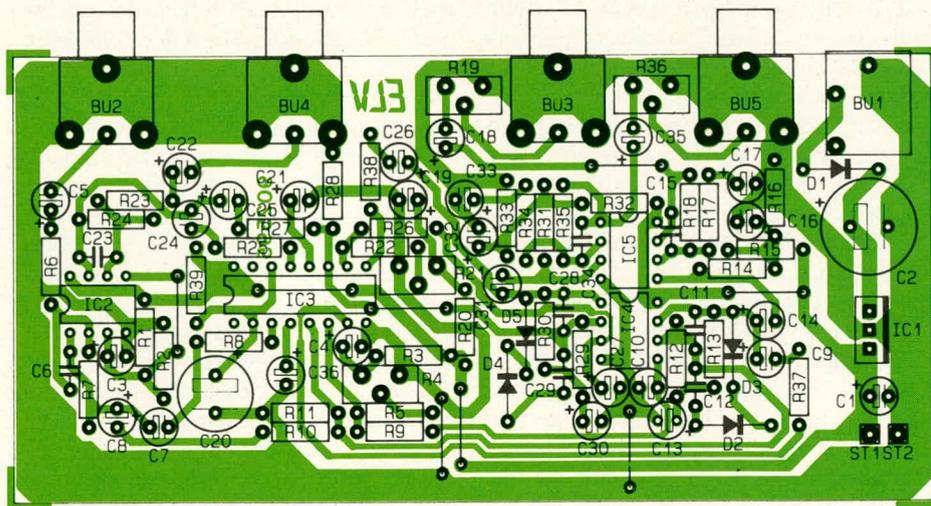
platte des Pegelreglers verlötet. Jetzt übernimmt die Stabilisierungsschaltung des Pegelreglers die Stromversorgung des Mikrofon-Vorverstärkers zusätzlich und es braucht extern nur 1 Steckernetzteil angeschlossen zu werden.

Am Pegelregler selbst können die beiden Eingangs-Cinch-Buchsen entfallen. An deren Signalanschlußbohrung wird die abgeschirmte Innenader eines jeden Stereokanals der vom Mikrofon-Vorverstärker kommt angelötet, während die Abschirmung an dieser Seite auf ca. 10 mm vom Leitungsende beginnend abgetrennt und nicht angelötet wird (um Masseschleifen zu vermeiden).

Für diesen Kombinationseinsatz steht eine separate Frontplatte zur Verfügung, die dem Gerät ein ansprechendes Finish verleiht. **ELV**



Ansicht der fertig bestückten Platine des HiFi-Stereo-Pegelreglers



Bestückungsplan des HiFi-Stereo-Pegelreglers

**Stückliste:**  
**HiFi-Stereo-Pegelregler**

**Widerstände**

1kΩ	.....	R 7, R 9, R 24, R 26
3,3kΩ	.....	R 8, R 25
4,7kΩ	.....	R 17, R 18, R 34, R 35
10kΩ	.....	R 1-R 3, R 6, R 12, R 13, R 15, R 16, R 20, R 23, R 29, R 30, R 32, R 33, R 37, R 38
12kΩ	.....	R 11, R 28
18kΩ	.....	R 10, R 27
82kΩ	.....	R 5, R 22
100kΩ	.....	R 14, R 31
2,2MΩ	.....	R 39
Trimmer, 10kΩ, stehend	.....	R 4, R 19, R 21, R 36

**Kondensatoren**

10pF	.....	C 11, C 28
27pF	.....	C 6, C 15, C 23, C 34
100nF	.....	C 12, C 29
1µF/100V	.....	C 14, C 21, C 31, C 36
2,2µF/63V	.....	C 7-C 9, C 24-C 26
10µF/25VC	.....	C 1, C 3-C 5, C 13, C 16-C 19, C 22, C 30, C 32, C 33, C 35
22µF/16V	.....	C 10, C 27
220µF/40V	.....	C 2
220µF/16V	.....	C 20

**Halbleiter**

NE5532	.....	IC 2, IC 4, IC 5
NE572	.....	IC 3
7810	.....	IC 1
BAR19	.....	D 2-D 5
1N4001	.....	D 1

**Sonstiges**

Klinkenbuchse, 3,5 mm, mono, print	.....	BU 1
Cinchbuchse, print	.....	BU 2-BU 5
2 Lötstifte 100 mm Silberdraht		