

## ***Hi-Fi-Qualitätsverstärker für hochwertige UKW- und Schallplattenwiedergabe***

**Dreistufiger Nf-Verstärker mit 10-Watt-Gegentaktendstufe, Phasenumkehrstufe, zwei-stufiger Vorverstärker mit direkt gekoppelter Eingangsstufe. Kontinuierliche Höhen- und Tiefenentzerrung mit max.  $\pm 10$  db Anhebung bzw. Abschwächung an den beiden Enden des Frequenzbereiches. Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangstransformators über den gesamten Verstärker. Linearer Frequenzbereich 10 Hz bis 30 000 Hz mit kleinstem Klirrfaktor und Modulationsfaktor. Empfindlichkeit 50 mV in Mittelstellung des Tonreglers.**

### **Allgemeines über die Dimensionierung eines Nf-Breitbandverstärkers**

Breitband-Qualitätsverstärker für hochwertige Schallplattenwiedergabe werden in der anglo-amerikanischen Terminologie als **High - Fidelity - Amplifier** (Verstärker für hohe Wiedergabetreue) bezeichnet.

Bei ihnen muß die aussteuerbare Ausgangsleistung mit Rücksicht auf Tiefenanhebung und zur Sicherung kleinster Oberton- und Kombinationstonbildung so ausreichend bemessen sein, daß auch für die verzerrungsfreie Wiedergabe kurzzeitiger Lautstärkespitzen eine genügende Leistungsreserve zur Verfügung steht. Bei sehr hohen Ansprüchen kann diese Forderung bei Heimverstärkern mit einer Gegentaktendstufe mit den modernen 12 – W– Endpentoden EL 84 voll erfüllt werden. Eine solche Stufe liefert mit Sicherheit eine Nutzleistung von 10 W bei dem der Gegentaktschaltung eigenen kleinen Klirrfaktor.

Der Frequenzumfang eines solchen Verstärkers muß durch ausreichend bemessene Kopplungs- und Entkopplungsglieder und einen kapazitäts- und streuarmlen Ausgangstransformator so groß gewählt werden, daß innerhalb des gesamten hörbaren Tonbereiches keine linearen Verzerrungen auftreten.

Dabei muß der durch Phasendrehung bedingten Schwingneigung besondere Beachtung gewidmet werden.

Bei dem nachfolgend beschriebenen Verstärker wird dies durch die Gleichstromkopplung zwischen erster und zweiter Stufe, durch die über den ganzen Verstärker wirksame Gegenkopplung und durch die Breitbandkonstruktion des Ausgangsübertragers erreicht.

Die Kleinhaltung der nichtlinearen Verzerrungen wird durch Gegentaktschaltung und Gegenkopplung gesichert. Bei einer Ausgangsleistung von 11 Watt beträgt der Klirrfaktor bei einer Frequenz von 400 Hz nur 1%, während der Modulationsfaktor bis zu einer Ausgangsleistung von 8 Watt unter 2 % bleibt.

Eine stetig einstellbare Höhen- und Tiefenentzerrung ermöglicht nicht nur eine Anhebung der beiden Grenzgebiete des Tonbereiches, sondern auch eine Abschwächung der Tiefen, um eine gut verständliche Sprachwiedergabe zu sichern bzw. eine Abschwächung der Höhen zur Beseitigung auftretender Störungen oder Rauscheffekte.

### **Schaltung (Bild 1)**

Der Verstärker ist dreistufig und besteht aus einer Eingangsstufe mit der sehr rausch- und brummarmen Pentode EF 40, einer folgenden Trioden-Verstärkerstufe (System I der Doppeltriode ECC 83) in Kombination mit der Phasenumkehrstufe (System II) und der Gegentakt-Endstufe mit den beiden Endpentoden EL 84.

Das regelbare Entzerrerglied liegt im Eingang des Verstärkers außerhalb des Gegenkopplungszweiges, um störende Phasendrehungen zu vermeiden. Es besteht aus zwei parallel zu den

Eingangsklemmen liegenden RC-Gliedern, an deren Potentiometern gemeinsam die Spannung für den Lautstärkereger abgegriffen wird.

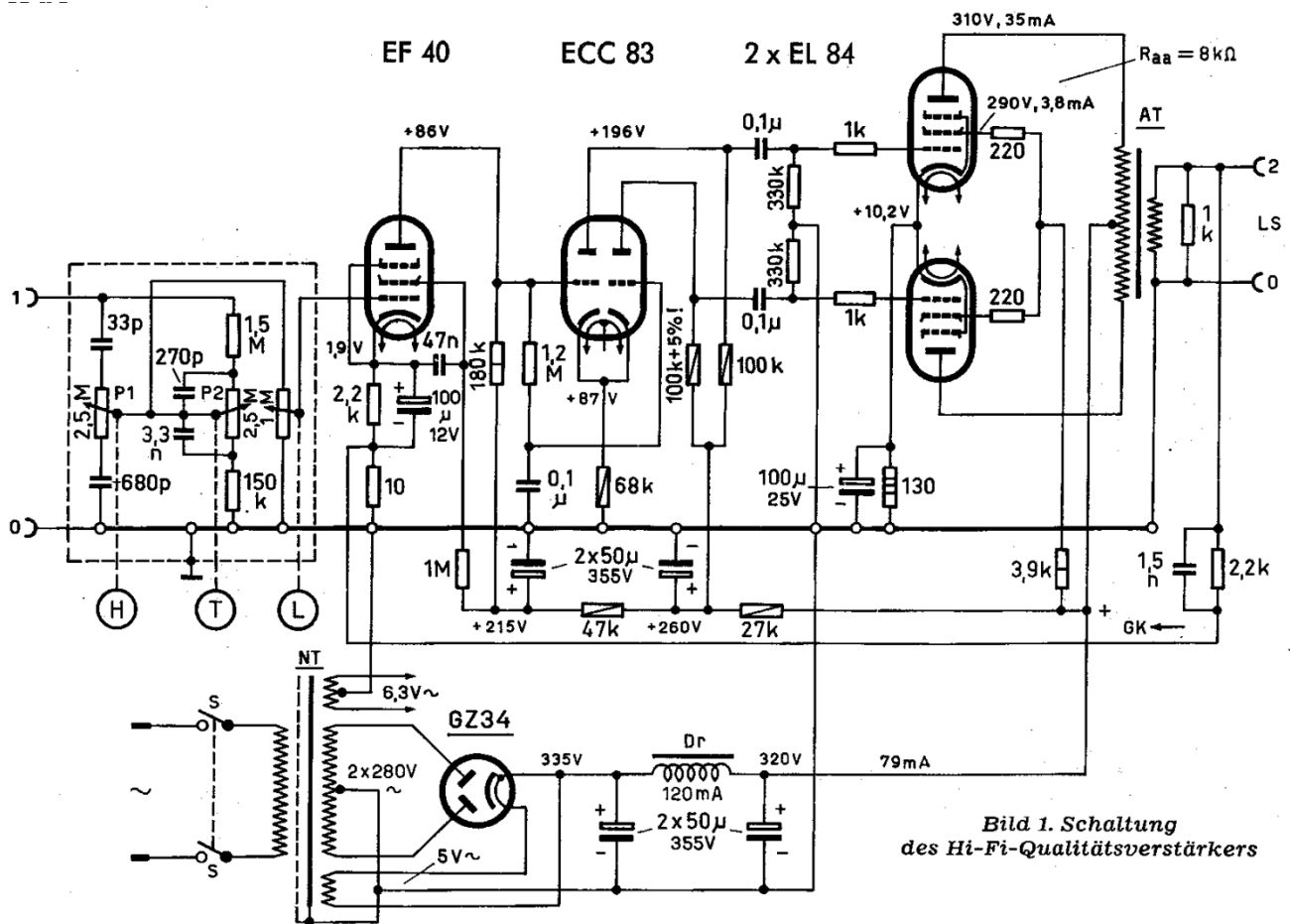


Bild 1. Schaltung des Hi-Fi-Qualitätsverstärkers

Das erste Glied ist als Höhenregler wirksam, da die Frequenzen des oberen Tonbereiches in der oberen Stellung des Schleifers durch den Längskondensator 33 pF bevorzugt, in der unteren Stellung dagegen durch den Parallelkondensator 680 pF stark geschwächt werden. In den Zwischenstellungen des Schleifers ergeben sich entsprechende Zwischenwerte.

Das zweite Glied wirkt durch seine ohmschen Widerstände als Spannungsteiler, der durch die zum Potentiometer parallel liegenden Kapazitäten so frequenzabhängig wird, daß dieses Glied als Tiefenregler arbeitet. Die Vorwiderstände zum Potentiometer verhindern eine Beeinflussung des parallel liegenden Höhenreglers.

Die Wirksamkeit der Entzerrerschaltung geht aus den Frequenzkurven **Bild 3** hervor. Innerhalb des schraffierten Bereiches kann jeder gewünschte Frequenzverlauf eingestellt werden. Die Entzerrerschaltung ist speziell auf einen Kristall-Tonabnehmer mit einem kapazitiven Innenwiderstand von etwa 2000 pF abgestimmt.

Die Eingangsstufe EF 40 arbeitet in RC-Kopplung mit einer fast 200fachen Verstärkung. Am nicht überbrückten Teil des Katodenwiderstandes von 10 Ω wird die Gegenkopplungsspannung von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers eingespeist.

Bemerkenswert ist die zwischen erster und zweiter Stufe benützte Gleichstromkopplung. Sie bietet den Vorteil, daß sie keine Phasendrehung bei tiefen Frequenzen verursacht und dadurch die Stabilität des Verstärkers im unteren Frequenzbereich erhöht.

Zur Erzeugung der negativen Gittervorspannung wird der Katodenwiderstand so groß gewählt, daß der an ihm auftretende negative Spannungsabfall die am Gitter wirksame positive Anodenspannung der Vorröhre um den für die Gitterspannung notwendigen Differenzwert übersteigt.

Die Phasenumkehr erfolgt durch das System II der ECC 83. Diese Stufe arbeitet mit Katoden-

kopplung. Das Gitter ist über den Kondensator  $0,1 \mu\text{F}$  niederfrequent geerdet, wobei die Röhre ihre Steuerspannung am Katodenwiderstand abgreift. über den Widerstand  $1,2 \text{ M}\Omega$  erhält dieses System die Gittervorspannung.

Diese Schaltung ergibt sehr kleine Verzerrungen und ist gut symmetrisch, da die Anodenkapazitäten der beiden Systeme der ECC 83 praktisch gleich groß sind. Wichtig ist eine sorgfältige Verdrahtung, um Kapazitätsabweichungen durch verschieden große Schaltungskapazitäten zu vermeiden.

Der Anodenwiderstand des Systems II muß jedoch 5% größer als von System I sein! Diese beiden Widerstände sind also mit einer Meßbrücke auszusuchen. Dabei kommt es nicht auf den Absolutwert, sondern nur auf den prozentualen Unterschied an.

Die Gegentakt - Endstufe arbeitet mit zwei Röhren EL 84 in AB-Einstellung durch gemeinsamen Katodenwiderstand (Widerstandstoleranz 5 %). Der Wert der Gitterableitwiderstände ist mit  $300 \text{ k}\Omega$  verhältnismäßig klein gewählt, um Unsymmetrien durch Gitterfehlströme in engen Grenzen zu halten.

Die Gegenkopplung erfolgt von der Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers an die Katode der EF 40. An den im Gegenkopplungszweig liegenden Spannungsteilerwiderstand von  $2,2 \text{ k}\Omega$  werden besonders hohe Anforderungen in bezug auf seine Linearität gegenüber Spannungsschwankungen gestellt, um das Auftreten von Modulationseffekten durch ein nichtlineares Stromspannungsverhältnis zu vermeiden. Hierfür sind normale Schichtwiderstände nicht besonders geeignet und Drahtwiderstände wegen ihrer Selbstinduktion nicht zweckmäßig. Man bevorzugt daher spannungsunabhängige Kohlewiderstände mit einer max. Toleranz von 5 %. Der Parallelkondensator von  $1,5 \text{ nF}$  zu diesem Widerstand hat den Zweck, Unstabilitäten im Ultraschallbereich zu vermeiden.

Die Aussteuerkurven **Bild 2** zeigen die Abhängigkeit des die Obertonbildung charakterisierenden Klirrfaktors und des für die Kombinationstonbildung maßgebenden Modulationsfaktors  $M$  von der ausgesteuerten Nutzleistung  $N$ .

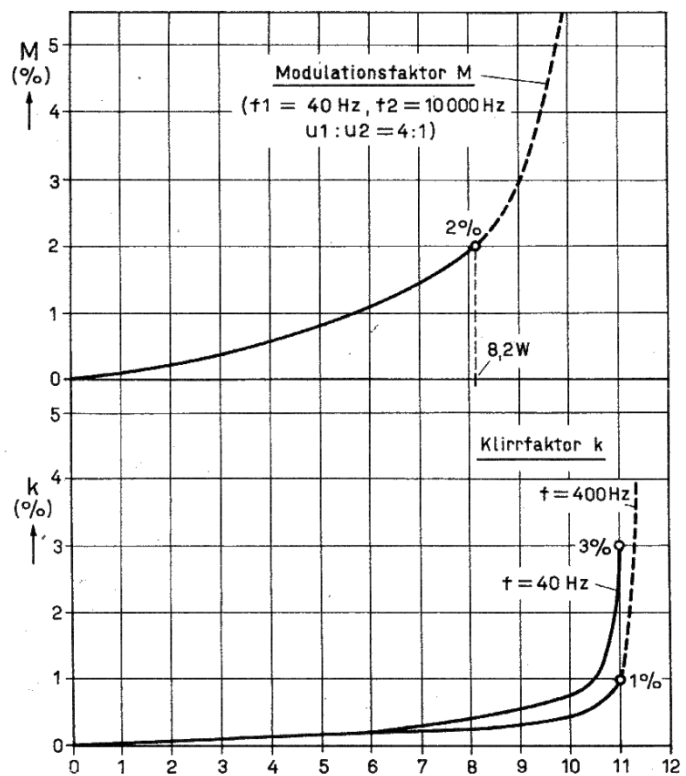
Der Netzteil ist mit der leistungsfähigen Zweiweg - Hochvakuumröhre GZ 34 ausgerüstet. Die maximale Belastung des Netzteiles beträgt bei voller Aussteuerung des Verstärkers mit Sinusdauer-ton zirka  $115 \text{ mA}$ . Die in **Bild 1** eingetragenen Strom- und Spannungswerte gelten dagegen für den nicht ausgesteuerten Verstärker.

### Konstruktionshinweise für den Ausgangsübertrager

**Eisenkern:** Mantelkern aus normalem Dynamoblech  $0,5 \text{ mm}$ , wechselseitig geschichtet, ohne Luftspalt. Gesamtabmessungen  $84 \times 70 \text{ mm}$ , Kernquerschnitt  $28 \times 28 \text{ mm} = 7,68 \text{ cm}^2$ .

**Primärwicklung:** 4 Wicklungen P 1...P 4 zu je  $1650 \text{ Wdg. } 0,11 \text{ CuL}$  in je 7 Lagen. Jede Lage mit  $0,03 \text{ mm}$  Papierzwischenlage isoliert.

**Sekundärwicklung** (für  $7 \Omega$  Lautsprecherwiderstand): 2 Wicklungen S 1, S 2 zu je  $96 \text{ Wdg. } 0,6$



**Bild 2.** Aussteuerkurven des Verstärkers, Klirrfaktor  $k$  und Modulationsfaktor  $M$  in Abhängigkeit von der ausgesteuerten Nutzleistung

CuL in je 2 Lagen. Jede Lage mit je 0,1 mm Preßspanzwischenlage isoliert.

**Isolation** zwischen den einzelnen Wicklungen: Je 0,1 mm Preßspan- und 0,06 mm Papierzwischenlage.

**Reihenfolge** der Wicklungen: P 1, S 1, P 2, P 3, S 2, P 4.

**Schaltung** der Wicklungen: Die primären Teilwicklungen werden paarweise parallel geschaltet, und zwar P 1 und P 4 sowie P 2 und P 3. Diese beiden parallel geschalteten Paare bilden, in Serie geschaltet, die Primärwicklung. Die sekundären Teilwicklungen werden ebenfalls parallel geschaltet.

**Wicklungssinn:** Zur Kleinhaltung der Wicklungskapazitäten werden zwei Teilwicklungen (P 1 und P 4) gegensinnig zu den beiden anderen (P 2 und P 3) geschaltet. Wenn P 1 und P 2 im Uhrzeigersinn gewickelt werden, dann sind daher alle anderen Wicklungen entgegen dem Uhrzeigersinn zu wickeln.

Die Induktivität der gesamten Primärwicklung wurde mit 10 V, 50 Hz mit zirka 40 H gemessen. Der ohmsche Widerstand einer primären Wicklungshälfte beträgt 240  $\Omega$ , jener der Sekundärwicklung 0,4  $\Omega$ .

#### Wickeldaten für den Netztransformator

**Eisenkernquerschnitt** zirka 13 cm<sup>2</sup>

**Primärwicklung:** 220 V, 0,45 A, 650 Wdg. 0,45 CuL, 12  $\Omega$ .

**Sekundäre Anodenwicklung:** 2 x 280 V, 0,12 A, 2 x 825 Wdg. 0,25 CuL, 2 x 56  $\Omega$ .

**Heizwicklung für GZ 34:** 5 V, 1,9 A, 15 Wdg. 1,0 CuL.

**Heizwicklung für die Verstärkerröhren:** 6,3 V, 2 A, 2 x 10 Wdg. 1,0 CuL.

Um ausreichende Brummfreiheit zu erzielen, wird der Netztransformator nur für 11000 Gauß bemessen. Er soll so angeordnet werden, daß seine Kern-Ebene, ebenso wie die der Siebdrossel, gekreuzt zum Ausgangsübertrager steht.

#### Aufbauhinweise

Zur Vermeidung von Zisch- u. Brummstörungen müssen die Nullungen jeder Stufe an einem vom Chassis isolierten gemeinsamen Punkt, z. B. an der Abschirmhülse der betreffenden Röhrenfassung vorgenommen werden. Diese Nullpunkte werden dann durch eine eigene Leitung mit dem Nullpunkt des Chassis verbunden, der zweckmäßig in unmittelbarer Nähe der Eingangsklemmen gewählt wird

Die Entzerrerschaltung wird zweckmäßig zusammen mit dem Lautstärkeregelvoll abgeschirmt (gekapselt) und so angeordnet, daß sich eine möglichst kurze Verbindung zum Gitter der ersten Röhren ergibt, die eventuell durch ein kapazitätsarmes Kabel hergestellt wird.

(Bearbeitet von L. Ratheiser nach technischen Unterlagen der Philips GmbH.)

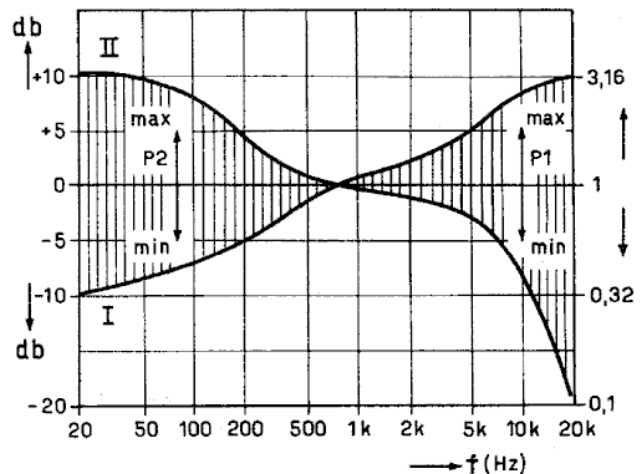


Bild 3. Tonregelkurven des Verstärkers. Innerhalb des schraffierten Bereiches kann jedes gewünschte Klangbild mit Hilfe der Potentiometer  $P_1$  und  $P_2$  eingestellt werden