



Faszination Röhre

Teil 10

High-End HiFi-Stereo-Röhrenverstärker ELV-RV-100

In diesem zehnten Teil der Artikelserie befassen wir uns abschließend mit der Inbetriebnahme und dem Abgleich der Röhrenendstufe und werden dann die technischen Daten des ELV-RV-100 genauer betrachten.

Allgemeines

Der erfahrene Elektroniker, der den Abgleich seiner Röhrenendstufe selbst durchführen möchte und über die entsprechenden Meßmöglichkeiten verfügt, findet im folgenden eine detaillierte Abgleichanweisung. Wer Inbetriebnahme und Abgleich seines fertig aufgebauten und geprüften Verstärkers den Technikern der ELV-Serviceabteilung überläßt, kann diesen Artikel als informellen Anhang zum Nachbau betrachten und die einzelnen

Abgleichschritte zumindest theoretisch verfolgen.

Wir werden Inbetriebnahme und Abgleich sowie die spätere Betrachtung der technischen Daten nur am 8Ω -Ausgang durchführen, da nahezu alle Lautsprecher für den Heimbereich diese Impedanz aufweisen.

Die technischen Daten am 4Ω -Ausgang sind weitgehend identisch und weisen nur in einigen wenigen Parametern Unterschiede auf, hervorgerufen durch den höheren Stromfluß in den Ausgangswicklungen. Diese eher theoretische Betrachtung sei für

die Spezialisten von High-End-Röhrenverstärkern angemerkt.

Bevor wir uns im folgenden der ersten Inbetriebnahme zuwenden, sollte die korrekte Verdrahtung nochmals geprüft werden. Vor allem bei den Verbindungen zwischen Ausgangsübertrager und Endstufenröhren sollte die Zuordnung Übertragerpin – Endstufenröhre genau geprüft werden.

Achtung! Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Insbesondere ist es bei der Inbetriebnahme zwingend erforderlich, zur sicheren galvanischen Trennung einen entsprechenden Netz-Trenntransformator vorzuschalten.

An dieser Stelle weisen wir nochmals nachdrücklich auf die Gefahr hin, die beim geöffneten Gerät durch berührbare lebensgefährliche Netz- und Versorgungsspannung besteht.

Inbetriebnahme und Abgleich

Die erste Inbetriebnahme der High-End-Röhrenendstufe ELV-RV-100 erfolgt zunächst ohne eingesetzte Röhren. Das Gerät wird dabei wie beim Einbau der Komponenten ins Grundchassis auf die linke Gehäusesseite gestellt und gegen Umkippen gesichert. Nach dem Einschalten des Röhrenverstärkers werden zunächst alle Betriebsspannungen kontrolliert. Hierbei ist besondere Vorsicht geboten, da in der Röhrenendstufe mit Spannungen bis zu 500 V gearbeitet wird.

Als wichtige Referenzpunkte sind folgende Spannungen im Netzteil zu prüfen: die Anodenspannungen „+U1“ (≈ 475 V) an den Punkten ST x17, die Anodenspannungen „+U2“ (≈ 260 V) an ST x18 sowie die negative Gittervorspannung „-UG1“ an ST x23. Letztere wird mit Hilfe der Trimmer R x34 auf ca. -44 V voreingestellt. Alsdann sind die Spannungen an den Röhrensockeln zu überprüfen. An den Anodenanschlüssen Pin 3 der Endstufenröhren RO x02 und RO x03 muß in diesem Leerlauf die volle Anodenspannung anstehen, genauso wie an den Schirmgitteranschlüssen Pin 4 der gleiche Wert zu messen sein muß. An den Steuergitterkontakten Pin 5 stellt sich aufgrund des Spannungsteilers aus R x22 und R x18 eine Spannung von etwa -40 V ein.

Nach der Kontrolle der Anodenspannungen der Vor- und Treiberstufe RO x00 bzw. RO x01, die an Pin 1 und Pin 6 der jeweiligen Röhre eine Spannung von ca. 260 V ergeben soll, wird zuletzt die Heizspannung an den Röhren geprüft. Da es

sich hier um eine Wechselstromheizung in Parallelschaltung handelt, muß die Spannung an allen Röhrensockeln geprüft werden, wobei zu beachten ist, daß das verwendete Meßgerät auf den AC-Meßbereich umzuschalten ist. Stehen alle Spannungen ordnungsgemäß an, so kann mit der eigentlichen Inbetriebnahme begonnen werden.

Dazu wird die Röhrenendstufe ausgeschaltet und vom Netz getrennt. Um Sicherheitsrisiken zu vermeiden, muß mit dem Einsetzen der Röhren solange gewartet werden, bis die Anodenspannungen an den Punkten ST x17 kleiner 34 V sind (mit einem Spannungsmeßgerät kontrollieren!). Da wir nicht beide Stereokanäle gleichzeitig in Betrieb nehmen werden, sind zunächst nur die Röhren der linken Endstufenseite zu bestücken. Beim Einsetzen der beiden Leistungsröhren RO 102 und RO 103 (Typ ELV E34L) gibt die Führungsnut im Sockel die richtige Einbauposition vor. Die Novalsockel der Vor- und Treiberstufe sind unsymmetrisch und verhindern so eine falsche Einbaulage dieser Röhren. Die Treiberstufenröhre RO 101 vom Typ ECC 82 wird in den äußeren Sockel eingesetzt, folglich ist die Vorstufenröhre RO 100 vom Typ ECC 81 in den mittleren Sockel einzustecken.

Um auch bei der Inbetriebnahme einen ausreichenden Berührungsschutz gegenüber den heißen Röhren sicherzustellen, ist die Röhrenabdeckhaube unbedingt zu montieren.

Zum Abgleich ist es weiterhin unbedingt erforderlich, die Ein- und Ausgänge einer Endstufe mit entsprechenden normgerechten Impedanzen abzuschließen. Der einfach herzustellende Abschlußstecker für den NF-Eingang, bestehend aus einem Cinchstecker mit 680Ω-Widerstand, bietet die Möglichkeit, den Abschluß später schnell und ohne weitere Lötarbeiten wechseln zu können.

Die korrekte Beschaltung des Ausganges ist etwas aufwendiger, da hier zwei 8Ω-Widerstände mit einer Belastbarkeit

von mindestens 50 W (!) benötigt werden. Von der Verwendung eines Lautsprechers als Last muß abgeraten werden, da es hier zum Mikrofonie-Effekt kommt, d. h. der Lautsprecher wirkt als Mikrofon und die Schallereignisse im Raum sind an den Lautsprecherausgängen meßbar. Eine ausreichend gute 8Ω-Last läßt sich durch die Vorschaltung mehrerer handelsüblicher Hochlastwiderstände erreichen.

Eine Röhrenendstufe darf nie ohne Lastwiderstand betrieben werden, da durch die fehlende Entmagnetisierung Spannungen am Übertrager entstehen können, die zu Überschlägen im Übertrager und in den Endstufenröhren führen. Daher ist vor dem Einschalten der Röhrenendstufe stets die ordnungsgemäße Anschaltung der Lautsprecherlast zu prüfen. Sind Ein- und Ausgänge der Röhrenendstufe entsprechend beschaltet und die Pegelregler R x00 auf Linksanschlag, so kann mit der Inbetriebnahme fortgefahren werden.

Zur groben Voreinstellung wird zunächst das Ausgangssignal am Lautsprecherausgang mit dem Oszilloskop überwacht und der Anodenstrom als Spannungsabfall über den beiden Katodenwiderständen R 124 und R 125 gemessen. Die High-End-Röhrenendstufe kann dann zum ersten Mal mit Röhrenbestückung eingeschaltet werden.

Nach einer kurzen Aufwärmzeit von ca. einer Minute stabilisiert sich der Anodenstrom, wobei am Lautsprecherausgang zunächst nur ein Rauschsignal (evtl. mit einem überlagerten 100Hz-Brummen) sichtbar ist. Ist auf dem Oszilloskop ein Ausgangssignal mit beachtlicher Amplitude zu erkennen, so deutet dies auf das Schwingen der Endstufe hin aufgrund eines Fehlers in der Gegenkopplung. Der Verstärker ist sofort auszuschalten, vom Netz zu trennen, und etwaige Verdrahtungsfehler sind zu beheben.

Ist am Lautsprecherausgang kein Schwingen mehr meßbar, wird der Vorabgleich mit der groben Einstellung des Ruhestromes fortgesetzt. Durch die wechselseitige Einstellung von R 134 und R 122 ist

dazu der Spannungsabfall über R 124 und R 125 auf 600 mV einzustellen. Zum Abgleich darf aus sicherheitstechnischen Gründen nur ein nichtleitender Abgleichschraubendreher verwendet werden.

Um die nun folgende Einstellung der Gesamtverstärkung vornehmen zu können, wird am NF-Eingang der Abschlußstecker entfernt und ein 1kHz-Bezugssignal mit einem Pegel von 775 mV, entsprechend 0 dBm an 600 Ω, eingespeist. Über die Veränderung der Gegenkopplung mit Hilfe des Trimmers R 106 wird die Verstärkung und damit der maximale Ausgangssignalpegel bei gegebenem Eingangsbezugssignal eingestellt. Zum Abgleich ist der Pegelregler auf Maximum zu bringen und der Ausgangspegel mit R 106 auf 57 V_{SS} einzustellen, dies entspricht einer abgegebenen Leistung von 50 W. Über die Formel

$$P = \frac{U_{SS}^2}{8 \cdot R_L}$$

läßt sich die an die Last abgegebene Leistung einfach berechnen.

Da neue Röhren eine gewisse Einlaufzeit benötigen, bis sich ihre Daten stabilisiert haben, ist es ratsam, die Endstufe jetzt ca. 30 Minuten bei halber Vollaussteuerung „einlaufen“ zu lassen.

Nach den groben Voreinstellungen und dem kleinen „burn in“ werden wir jetzt den exakten Abgleich der Röhrenendstufe durchführen. Dazu ist der Röhrenverstärker auszuschalten, vom Netz zu trennen, und die NF-Eingänge werden wieder mit den Abschlußsteckern versehen.

Für die exakte Einstellung des Arbeitspunktes der Endstufe ist es notwendig, den Anodenstrom der jeweiligen Röhre zu messen. Dazu sind pro Kanal zwei identische Strommeßgeräte mit einem 400mA-Meßbereich notwendig, die in die Anodenleitung vom Übertrager zur Röhre eingeschleift werden. Auch hier ist solange zu warten, bis die Anodenspannungen an den Punkten ST x17 kleiner 34 V sind (mit einem Spannungsmeßgerät kontrollieren!) bevor mit den Arbeiten begonnen wird.

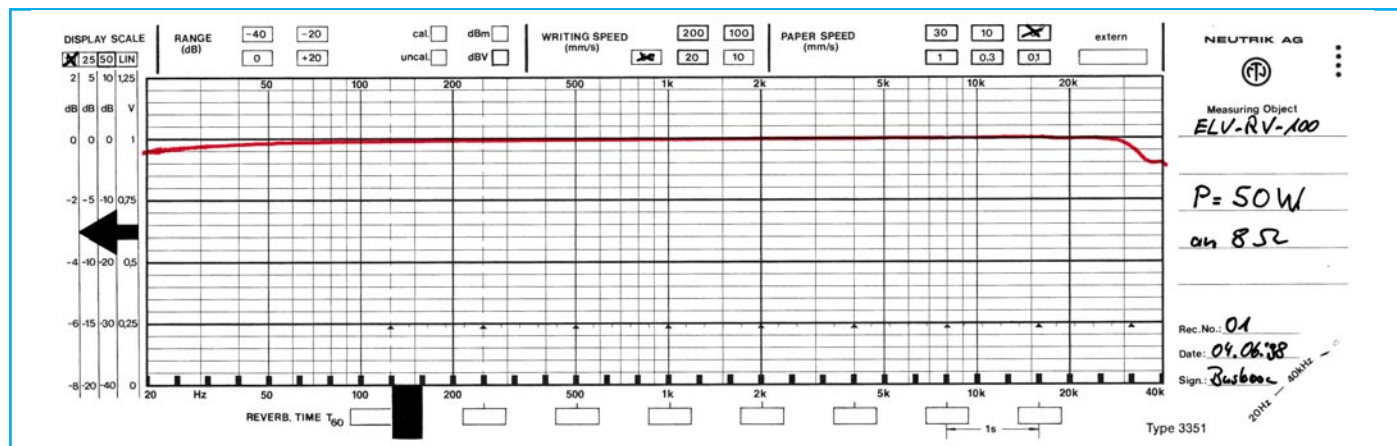


Bild 51: Typischer Frequenzgang eines ELV-RV-100 bei 50 W Ausgangsleistung.

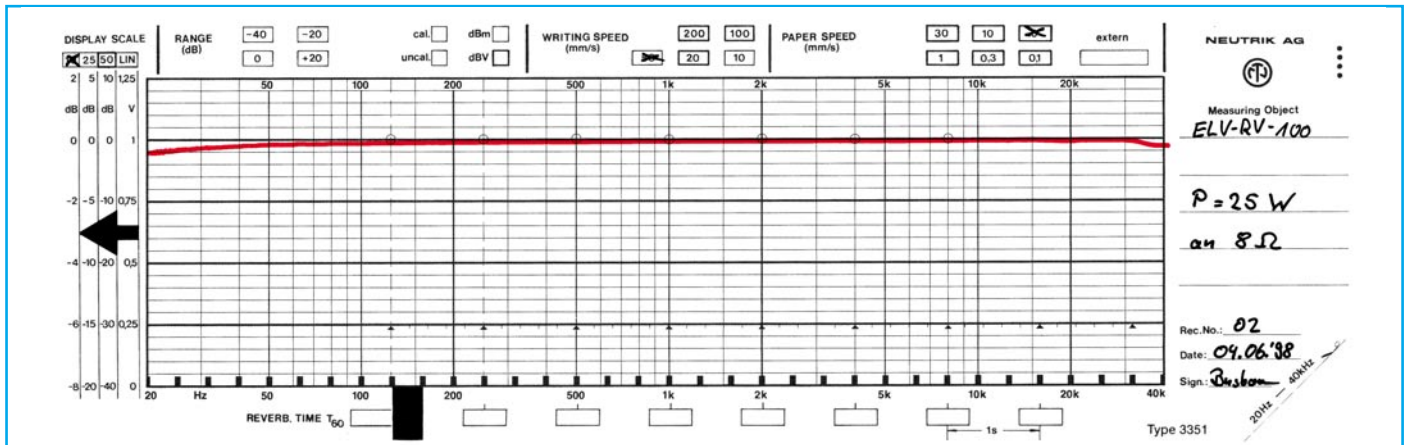


Bild 52: Typischer Frequenzgang eines ELV-RV-100 bei 25 W Ausgangsleistung.

Am einfachsten geschieht dies durch das Ablöten der Anschlußleitungen „A1“ und „A2“ am Übertrager. Die Meßleitungen sind dabei am Einschleifpunkt direkt wieder anzulöten und entsprechend mit Isolierschlauch zu isolieren. Hierbei ist besonders Vorsicht geboten, da die Anodenspannung der Endstufenröhren direkt an den Meßleitungen und -buchsen des Meßgerätes anliegt. Daher dürfen hier nur entsprechend isolierte Meßleitungen Anwendung finden.

Nach dem Einschalten des Verstärkers sollte wiederum eine kurze Aufwärmphase abgewartet werden. Dann ist mit den Trimmern R 134 und R 122, mit denen sich die Steuergitterspannungen der Endstufenröhren beeinflussen lassen, der Anodenstrom auf 52 mA pro Röhre einzustellen. Die Strommeßgeräte werden anschließend wieder unter Beachtung obiger Sicherheitshinweise (ausschalten, vom Netz trennen, Anodenspannung <34 V) aus den Anodenkreisen entfernt.

Nachdem der Ruhestrom der Endstufe soweit eingestellt ist, werden wir im folgenden die Störsignale am Lautsprecher Ausgang minimieren. Hierzu wird der Pegelinsteller auf Maximum gebracht und das Ausgangssignal am Oszilloskop so weit wie möglich aufgelöst (Einstellung auf größte Empfindlichkeit). Es lassen sich dann Störsignale, meist in Form von 100Hz-Brummsignalen, mit einer Amplitude von einigen Millivolt erkennen. Durch leichtes Verändern der Endstufensymmetrie mit Hilfe von R 122 lassen sich diese Störspannungen minimieren.

Im nächsten Abgleichschritt werden wir die symmetrische Ansteuerung der Endstufenröhren sicherstellen. Mit dem Trimmer R 109 in der Phasenumkehrstufe lassen sich die gegenphasigen Ansteuerersignale für die jeweilige Endstufenröhre exakt aufeinander abstimmen. Für diesen Abgleich verwenden wir eine Klirrfaktor-meßbrücke, da eine unsymmetrische Aussteuerung eine nichtlineare Verzerrung darstellt und somit einen mehr oder weni-

ger großen Klirrfaktor zur Folge hat.

Mit Hilfe des Trimmers R 109 ist der Klirrfaktor unter Vollastbedingungen auf Minimum abzugleichen. Mit dieser letzten Einstellung ist der Abgleich des linken Stereokanals abgeschlossen, und wir wenden uns dem rechten Kanal zu. Hier sind alle Abgleichschritte unter gleicher Vorgehensweise wie oben beschrieben durchzuführen, mit der einzigen Änderung, daß die Abgleich- und Meßpunkte mit einer 2 in der Referenzbezeichnung beginnen (z. B. R 209 zur Klirrfaktoreinstellung). Ist auch die rechte Endstufenseite auf gleiche Weise exakt abgeglichen, kann mit der Gehäuseendmontage fortgefahren werden.

Wer großen Wert auf einen ganz exakten Abgleich der Röhrenendstufe legt, sollte nach etwa 20 Betriebsstunden die Abgleichprozedur mit der Einstellung der Ruhestrome, der Endstufensymmetrierung und der Minimierung des Klirrfaktors wiederholen. Nach dieser Betriebszeit kann davon ausgegangen werden, daß die Röhren ihre endgültigen technischen Daten erreicht haben und sich die grundlegenden Röhrenparameter nicht mehr gravierend ändern.

Gehäuseendmontage

Vor der nun folgenden Gehäuseendmontage mit dem Anbringen der Bodenplatte und der Röhrenabdeckhaube muß die Röhrenendstufe ausgeschaltet und vom Netz getrennt werden. Bevor im ersten Arbeitsschritt das Gehäuse mit dem Anschrauben der Bodenplatte geschlossen wird, sollten alle Schrauben nochmals auf ihren festen Sitz hin überprüft werden. Weiterhin müssen die Gehäusefüße befestigt werden. Diese sind in den Ecken des Bodenblechs in einem Abstand von 1,5 cm von den Seiten aufzukleben. Als dann wird das Bodenblech aufgesetzt und mit den acht Senkopfschrauben M3 x 10 mm festgeschraubt.

Zum Abschluß der Aufbauarbeiten muß nun noch die Röhrenabdeckhaube angebracht werden. Diese wird so aufgesetzt, daß die vier aus dem polierten Gehäuse-

oberteil herausragenden Schrauben in die Bohrungen der Befestigungslaschen an der Abdeckhaube einfassen. Anschließend wird an jeder Seite eine Abdeckleiste aufgelegt, die dann mit vier M3-Hutmutter festgeschraubt wird und so die Röhrenabdeckhaube in ihrer Lage fixiert. Damit ist der Nachbau der Röhrenendstufe abgeschlossen, und wir beschäftigen uns im folgenden mit den technischen Daten des ELV-RV-100.

Technische Daten

Für die genaue Beschreibung einer Leistungsendstufe gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen technischen Daten, die alle dem Zweck dienen, den Klang des Verstärkers mit Hilfe von angegebenen Zahlenwerten so gut wie möglich zu charakterisieren. Die Beschreibung eines Klangeindruckes ist aber ein rein subjektives Empfinden des Hörers. Die meisten Angaben in den technischen Daten lassen sich bei einer Hörprobe höchstens im direkten Vergleich zweier unterschiedlicher Verstärker heraushören. So gibt es nur wenige technische Daten, die direkt hörbar und sofort als gut oder schlecht bewertbar sind. Zu diesen Werten gehört sicherlich der Frequenzgang, der auch mit relativ einfachen Mitteln ermittelt werden kann.

Frequenzgang

Bei einem Röhrenverstärker beeinflusst der Ausgangsübertrager maßgeblich den Frequenzgang, und nur durch den Einsatz eines hochwertigen Übertragers läßt sich ein möglichst geradliniger Verlauf erreichen. In den Abbildungen 51 bis 54 sind die typischen Frequenzgänge der ELV-Röhrenendstufe RV-100 bei unterschiedlichen Ausgangsleistungen dargestellt. Für die Y-Achse-Teilung gilt dabei der 10dB-Meßbereich, d. h. 0,4 dB pro Teilung. Es ist zu erkennen, daß sich selbst unter Vollastbedingungen erst ab etwa 35 kHz eine Absenkung von nur -0,9 dB im Frequenzgang ergibt. Bei kleineren Ausgangslei-

Tabelle 9: Typischer Klirrfaktor unter verschiedenen Lastbedingungen

Messfrequenz:	Klirrfaktor in %	
	400 Hz	1 kHz
50 W Ausgangsleistung	0,19	0,21
25 W Ausgangsleistung	0,12	0,13
10 W Ausgangsleistung	0,10	0,10

stungen zeigt sich nur ein Abfall von 0,1 dB bis 0,2 dB im Bereich ab 35 kHz.

Auch im unteren NF-Signalbereich von 20 Hz bis 50 Hz besitzt der Röhrenverstärker nur eine geringe Abweichung von max. -0,4 dB vom Idealverlauf. Bei diesen Betrachtungen muß man sich vor Augen halten, daß sich übliche Angaben zum Übertragungsbereich eines Systems auf die 3dB-Frequenzen beziehen, d. h. es wird der Frequenzbereich angegeben, bei dem das Ausgangssignal um 3 dB abgesunken ist. Beim ELV-RV-100 liegt die obere Grenzfrequenz bei $f > 100$ kHz (typ.), während als untere Übertragungsgrenze $f = 20$ Hz einzuhalten ist, da es unterhalb dieser „Grenzfrequenz“ zu üblichen Sättigungseffekten in den Übertragern kommt.

Die ausgesprochen gute Linearität des ELV-RV-100 über den gesamten Hörbereich ist eine entscheidende Voraussetzung für einen guten Klangeindruck. Neben diesen linearen Verzerrungen wirken sich vor allem die nichtlinearen Verzerrungen eines Verstärkers auf das Klangbild aus.

Klirrfaktor

Diese nichtlinearen Verzerrungen, besser unter dem Ausdruck „Klirrfaktor“ bekannt, treten immer dann auf, wenn in einem Übertragungsweg Bauteile mit gekrümmten Kennlinien, wie z. B. Transistoren, Röhren, Übertrager usw., vorhanden sind. Steuert man eine solche Kennlinie mit einer reinen Sinusschwingung an, so ist das Ausgangssignal nicht mehr sinusförmig, sondern es treten Verzerrungen der Idealform auf. Dieses verzerrte Signal läßt sich dann theoretisch in eine Fourierreihe zerlegen, die die spektrale Verteilung

beschreibt. Es zeigt sich, daß an der gekrümmten Kennlinie zusätzliche Frequenzen entstehen. Hierbei handelt es sich um harmonische Oberschwingungen zur Grundschiwingung. Diese Oberschwingungen rufen dann das störende „Klirren“

des Tones hervor. Der für die Beschreibung dieses Phänomens eingeführte Begriff „Klirrfaktor“ ist das Verhältnis vom Effektivwert aller Oberschwingungen zum Effektivwert des Gesamtsignals in Prozent ausgedrückt. Die mathematische Definition gibt folgende Formel wieder:

$$k = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U^2_{(n \cdot f_0)}}}{\sqrt{\sum_{m=1}^{\infty} U^2_{(m \cdot f_0)}}} \cdot 100\%$$

Über die Hörbarkeit des Klirrfaktors läßt sich auch hier streiten. Im allgemeinen geht man davon aus, daß ein Klirrfaktor von $k \geq 0,8$ % hörbar ist, wobei diese Wahrnehmungsgrenze von der Signalfrequenz abhängt. Ein Klirrfaktor unterhalb dieses Wertes läßt sich meist nur noch im direkten Vergleich zum unverzerrten Original erkennen. Sicherlich gibt es auch hier Profis, die selbst kleinste Verzerrungen noch wahrnehmen, für den „normalsterblichen“ Hörer ist diese Grenze zum Hörbaren wohl realistisch. Die Klirrfaktormessungen an unserem Röhrenverstärker haben die in Tabelle 9 dargestellten Werte ergeben, die für einen Röhrenverstärker exzellent sind.

Störspannungsabstand

Weitere wichtige technische Daten beziehen sich auf verschiedene Störsignale. Hierbei ist der Störspannungsabstand sicherlich die wichtigste Größe. Jeder Verstärker fügt dem Nutzsignal mehr oder weniger Brumm- und Rauschteile hinzu. Bei großen Nutzpegeln, d. h. bei großen

Lautstärken wirken sich die Störungen in Form von Brummen und Rauschen kaum aus, da sie vom Nutzsignal maskiert werden. Dieser Verdeckungseffekt wird jedoch bei kleinen Lautstärken unwirksam, so daß vor allem in leisen Passagen eines Musikstückes der Hörgenuß stark beeinträchtigt wird. Hier gibt der Signal-Rauschabstand bzw. Fremdspannungsabstand in den technischen Daten eine Aussage über die Qualität eines Verstärkers.

Zur Bestimmung des Fremdspannungsabstandes wird der NF-Eingang normgerecht abgeschlossen und so die vom Verstärker selbst erzeugte Rausch- und Brummspannung gemessen. Die ermittelte Störspannung im logarithmischen Verhältnis zur maximalen Ausgangsspannung ergibt dann den Wert für den Fremdspannungsabstand. Mit der Formel

$$FA = 20\text{dB} \cdot \lg\left(\frac{U_{A \text{ max}}}{U_{Stör}}\right)$$

läßt sich der Fremdspannungsabstand bestimmen. Bei unseren Messungen ergaben sich Störspannungswerte von ca. 1,4 mV_{ss}, die bei einem maximalen Ausgangssignal von 57 V_{ss} zu einem Fremdspannungsabstand von 92 dB führen.

Übersprechdämpfung

Als letztes technisches Datum wollen wir uns mit der erreichten Kanaltrennung beschäftigen. Zur Ermittlung dieses Parameters wird ein Stereokanal mit Vollaussteuerung betrieben, während der andere normgerecht abgeschlossen ist. Durch parasitäre interne Verkopplungen zwischen den Stereokanälen werden am nicht angesteuerten Ausgang Signalanteile des Kanals im Vollastbetrieb auftreten. Das logarithmische Verhältnis zwischen den Signalpegeln am Ausgang der beiden Kanäle gibt die Übersprechdämpfung an. Mit

$$\ddot{U}D = 20\text{dB} \cdot \lg\left(\frac{U_{rechts}}{U_{links}}\right)$$

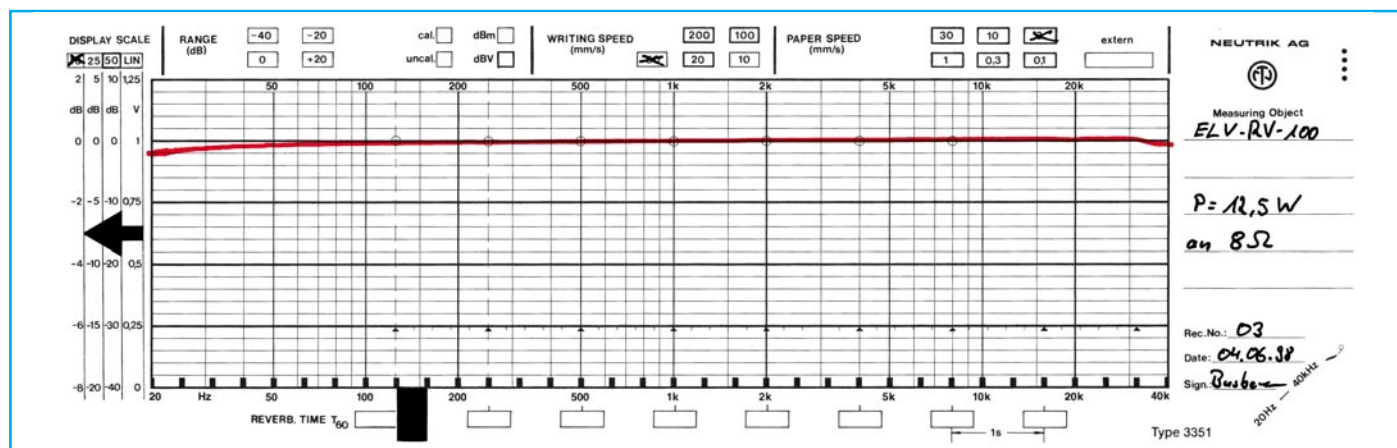


Bild 53: Typischer Frequenzgang eines ELV-RV-100 bei 12,5 W Ausgangsleistung.

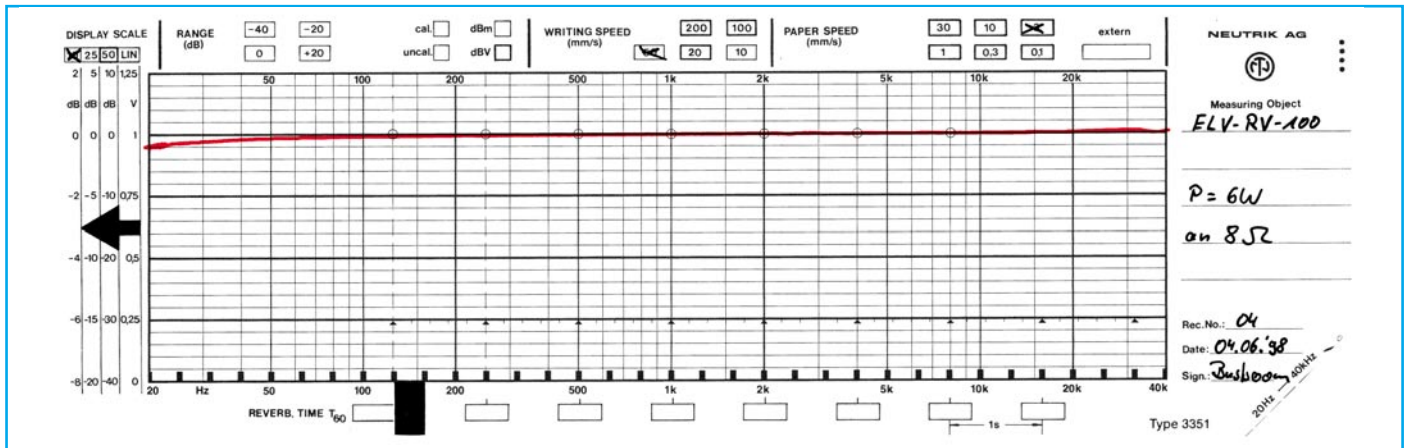


Bild 54: Typischer Frequenzgang eines ELV-RV-100 bei 6 W Ausgangsleistung.

läßt sich der Wert für die Kanaltrennung bestimmen.

Bei sehr großen Übersprechdämpfungen tritt dann das Problem auf, daß das Signal am nicht angesteuerten Ausgang so klein ist, daß es im Rauschen untergeht. Um Werte für die Übersprechdämpfung messen zu können, muß dann am nicht angesteuerten Ausgang mit einem selektiven Spannungsmesser gemessen werden. Beim ELV-Röhrenverstärker ergeben sich aufgrund des speziellen Aufbaus sehr gute Werte. Das gemessene Übersprechen auf den nicht angesteuerten Kanal beträgt nur 160 µV (bei 1kHz Meßsignal). Dies ergibt dann eine Übersprechdämpfung von 102 dB. Dieser Meßwert ist für die Praxis von untergeordneter Bedeutung, da kaum ein Musikstück diese hohe Kanaltrennung fordert.

Die Ermittlung der technischen Daten und deren Beschreibung könnten wir hier noch endlos fortsetzen. Jeder Hersteller von HiFi-Verstärkern mißt neben den bisher von uns vorgestellten Daten weitere unzählige sinnvolle und weniger sinnvolle Parameter aus. Die weitere Beschreibung würde zum einen den Rahmen dieses Artikels sprengen, zum anderen sagen technische Daten nur bedingt etwas über den Klang aus. Ob ein Verstärker nun einen Klirrfaktor von 0,1 % oder 0,2 % besitzt, wird in der Praxis kaum von Bedeutung sein. Viel wichtiger ist der Klangeindruck des Verstärkers bei einer Hörprobe, und dieser läßt sich meßtechnisch nicht festmachen.

Weiterhin hat das Zusammenspiel des Verstärkers mit den übrigen Komponenten der HiFi-Anlage einen großen Einfluß auf den Klangeindruck. Die Weisheit: „Eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied“ trifft auch bei einer HiFi-Anlage genau den Kern. Ein hervorragender Röhrenverstärker verlangt auch nach einer entsprechend guten Signalquelle und benötigt natürlich auch entsprechende Lautsprecher, um sein ganzes Können auszuspielen zu können.

Anschluß und Bedienung

Da nun die Röhrenendstufe fertig aufgebaut ist und alle wesentlichen technischen Daten beschrieben sind, kann der ELV-Leistungsverstärker in die HiFi-Anlage integriert werden. Der Röhrenverstärker als zentrale Komponente einer High-End HiFi-Anlage sollte möglichst freistehend aufgestellt werden, da so neben dem sehr guten Klang auch die ansprechende Optik des Verstärkers voll zur Geltung kommt. Dies gewährleistet dann auch die unbedingt notwendige Luftzirkulation, die auf keinen Fall behindert werden darf (z. B. durch das Abdecken der Röhrenabdeckhaube), um eine ausreichende Kühlung der Röhren sicherzustellen. Für den verdeckten Einbau in einem Schrank ist der Röhrenverstärker somit nicht geeignet. Dann bliebe dem Musikliebhaber auch der wunderschöne Anblick des ELV-RV-100 verborgen.

Zum Anschluß des Röhrenverstärkers werden zuerst die NF-Eingangsbuchsen „Line In“ mit einem Vorverstärker bzw. einer Signalquelle mit entsprechendem Hochpegelausgang verbunden. Anschließend sind die Lautsprecher an die zugehörigen Lautsprecherterminals anzuschließen. Üblicherweise besitzen alle Lautsprecher für den Heimbereich eine Impedanz von 8 Ω, so daß zur Kontaktierung die Lautsprecherleitungen an die jeweils äußeren Schraubklemmen eines jeden Stereokanals angeschlossen werden. Die richtige Polung der Lautsprecher ist unbedingt sicherzustellen, wobei nicht die absolute Polarität wichtig ist, sondern nur gewährleistet sein muß, daß beide Lautsprecher mit gleicher Polarität angeschlossen sind. Ein Verpolen der Lautsprecher führt durch die entgegengesetzte Phasenlage zu Überlagerungen im Schallfeld, die Auslöschungen vor allem im Tießbaßbereich zur Folge haben.

Wie bei jeder Röhrenendstufe ist auch beim ELV-RV-100 unbedingt darauf zu

achten, daß beide Endstufenseiten mit einem Lautsprecher beschaltet sind. Röhrenendstufen sind im allgemeinen nicht leerlaufest, so daß auch bei einem kurzzeitigen Leerlauf aufgrund der fehlenden Last Überschläge in Übertrager und Röhren auftreten können, die dann eine Zerstörung des Gerätes zur Folge haben. Alle Arbeiten an den Lautsprechern dürfen daher nur bei ausgeschaltetem Verstärker durchgeführt werden.

Sind die Signalleitungen soweit angeschlossen, wird die Verbindung zum 230V-Netz hergestellt. Bevor die Röhrenendstufe dann einschaltet wird, müssen beide Pegelinsteller auf Minimum gebracht werden. Etwa eine Minute nach dem Einschalten ist die Endstufe dann voll betriebsbereit, und die Pegelinsteller werden langsam aufgedreht. Der Röhrenverstärker kann jetzt in einer ersten Hörprobe sein ganzes Potential zeigen und den Hörer durch seinen exzellenten Klang überzeugen und faszinieren zugleich. Neben dem optischen Anblick entlohnt nun auch das akustische Ergebnis für die „Mühen“ beim Nachbau des ELV-Röhrenverstärkers.

In diesem Zusammenhang müssen wir noch auf die Abdeck-Sicherheitshaube des Röhrenverstärkers eingehen. Es wird wohl kaum einen Röhrenenthusiasten geben, der leichten Herzens seine Röhren „hinter Gittern“ einsperrt, möchte man doch allzuerst den erlesenen Sound mit einer hervorstechenden Optik paaren. Aus Sicherheitsgründen muß dies unbedingt unterbleiben, d. h. der Röhrenverstärker muß grundsätzlich in endmontiertem Zustand mit Röhrenkäfig betrieben werden. Zum einen sind die Röhren extrem heiß (Verbrennungsgefahr) und zum anderen kann eine berstende Glasummantelung den Zugriff auf die Röhre und damit die lebensgefährlichen Betriebsspannungen freigeben.

Im nächsten Teil der Artikelserie „Faszination Röhre“ werden wir als logische Konsequenz zur Röhrenendstufe die Schaltung eines Röhrenvorverstärkers vorstellen. **ELV**