



# Faszination Röhre

## HiFi-Stereo-Röhrenvorverstärker

### ELV RVV-100

#### Technischer Kundendienst

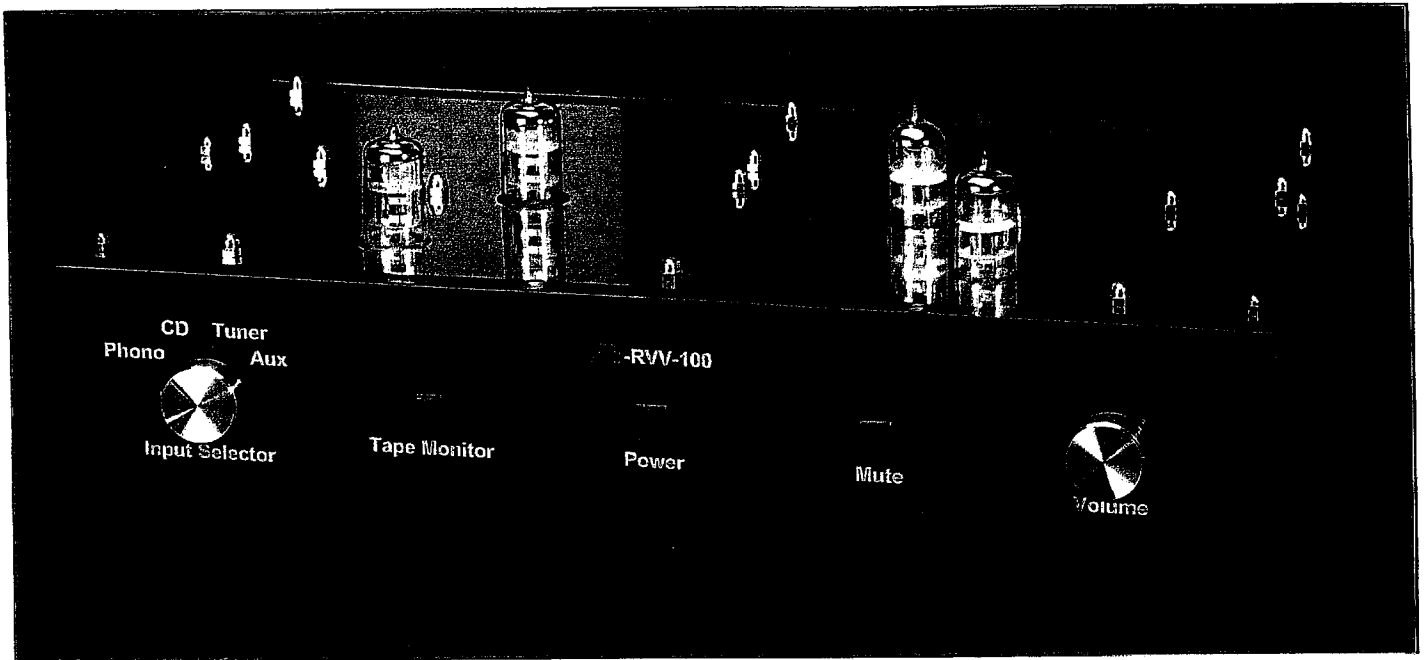
Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung. Wir bitten Sie um Verständnis, daß wir technische Auskünfte nicht telefonisch, sondern schriftlich erteilen. Bitte richten Sie Ihr Schreiben an:

**ELV • Herrn Trotte • Postfach 1000 • D - 26787 Leer**

#### Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instandgesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag. Bitte senden Sie Ihr Gerät an:

**ELV • Reparaturservice • Postfach 1000 • D - 26787 Leer**



# Faszination Röhre

## HiFi-Stereo-Röhrenvorverstärker

### ELV RVV-100

**Mit dem neuen Röhrenvorverstärker RVV-100 ergibt sich in Verbindung mit der ELV-Röhrenendstufe RV-100 ein leistungsfähiger Vollverstärker, der komplett auf Röhrenbasis ausgelegt ist, wobei der Vorverstärker natürlich auch als Signallieferant für jede andere Endstufe dienen kann.**

#### Allgemeines

Wer eine High-End-Röhrenendstufe sein Eigen nennt, oder wer einmal eine etwas andere Vorstufe erproben möchte, wird sich für eine Röhrenvorstufe entscheiden. Wie schon mehrfach in unserer Artikelserie „Faszination Röhre“ beschrieben, zeigt sich auch bei dieser Röhrenanwendung, wie mit wenigen Bauteilen sehr gute Ergebnisse erreichbar sind. Eine wesentliche Voraussetzung für sehr gute technische Daten und gute Klangeigenschaften ist natürlich auch hier die Verwendung hochwertiger Bauteile wie ausgesuchte Röhren, Kondensatoren und Widerstände sowie ein optimierter Aufbau.

Dem Aufbau kommt hier wieder eine besondere Bedeutung zu, da etwaige Unzulänglichkeiten bei den hier zu verarbeitenden sehr kleinen Signalpegeln fatale Folgen für die erreichbaren technischen Daten haben.

Außerdem spielt das ansprechende Design beim Röhrenvorverstärker, wie auch schon bei der Röhrenendstufe, eine wesentliche Rolle. Hier haben wir die Konstruktion und das Design in Anlehnung an den ELV-Röhrenverstärker RV-100 entworfen. Somit ergibt sich bei der Kombination beider Geräte ein homogenes Bild eines High-End-Vollverstärkers. Aber nicht nur in Verbindung mit der ELV-Endstufe kann sich der neue Vorverstärker „sehen lassen“, auch als Signallieferant für andere Endstufen überzeugt er durch sein ansprechendes Design und die guten technischen Daten.

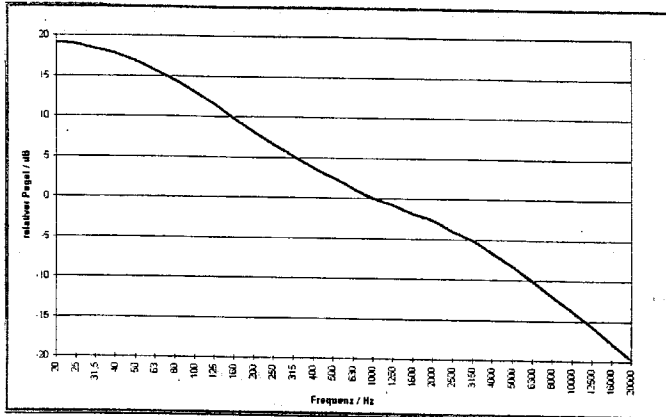
Ein Vorverstärker muß viele verschiedene Funktionen erfüllen. Seine primäre Aufgabe ist die Bereitstellung eines Quellsignales für die Ansteuerung einer Endstufe. Die Röhrenvorstufe verfügt daher über die Anschlußmöglichkeit mehrerer verschiedener Signalquellen. Die wichtigsten Audioquellen sind der Tuner, der CD-Spieler, das Tapedeck und, für einen Röhrenfan unverzichtbar, der Plattenspieler.

Um auch einem TV-Gerät oder einer anderen Audioquelle Anschluß zu gewähren, besitzt der ELV-Röhrenvorverstärker neben den oben erwähnten Anschlüssen zusätzlich einen Aux(iliary)-Eingang.

Als weitere Funktionen können

- die Auswahl einer angeschlossenen Quelle und die Durchschaltung zur Endstufe,
- die Umschaltung „Source/Monitor“ bei Tape-Betrieb,
- die Pegelanpassung der verschiedenen angeschalteten Quellen,
- die Entzerrung des Schneidkennlinienfrequenzganges von Schallplatten,
- die PegelEinstellung (Lautstärkesteuerung) und
- die Bereitstellung des Signals für die Ansteuerung der Endstufe an einem möglichst kleinen Innenwiderstand genannt werden.

Auf eine Bandbreitenbegrenzung durch Rausch- und Rumpelfilter wird bewußt verzichtet, genauso wie auf eine Balance-Einstellung.



**Abbildung 1: Frequenzgang eines Phonoentzerrerverstärkers nach RIAA**

Die Einstellbarkeit der Stereo-Balance ist eigentlich bei keinem Vorverstärker erforderlich, da alle Endstufen, so auch die ELV-Röhrendstufe RV-100, mit für beide Stereokanäle getrennten Pegelinstellern ausgerüstet sind. Mit einer Balance-Einstellung werden die Lautstärkeunterschiede am Hörort aufgrund der unterschiedlichen Position bzw. Entfernung zum jeweiligen Lautsprecher ausgeglichen. Da es sich hierbei im Prinzip um eine einmalige Einstellung handelt, ist es nicht erforderlich, diese Funktion als Bedienelement in einen Vorverstärker aufzunehmen, diese Grundeinstellung wird an der Endstufe durchgeführt.

Auch eine Klangregelung ist bei High-End-Geräten eher selten zu finden, und wenn ein Gerät mit diesen „Signalverfälschern“ ausgerüstet ist, besitzt der Vor- bzw. Vollverstärker immer eine „Tone-Defeat-Taste“, um das gesamte Klangregelnetzwerk zu überbrücken. Der HiFi-Purist wird diese Taste, falls vorhanden, immer eingeschaltet haben, um das „wahre“ Audiosignal zu hören. In der gesamten Übertragungskette einer HiFi- bzw. High-End-Anlage wird bei der Entwicklung auf einen „geraden“ Frequenzgang besonderer Wert gelegt.

Alle Audiokomponenten, so auch die ELV-Röhrenvorstufe und -endstufe, sind stets dahingehend optimiert, daß sich möglichst keine Abweichungen vom idealen geraden Frequenzgang ergeben. Aus diesem Grund haben wir im ELV-RVV-100 auf eine Frequenzgangverzerrung mittels Tiefen- und Höheneinstellern verzichtet.

Eine ganz andere Art der Frequenzgangverzerrung ist jedoch bei jedem Vor- bzw. Vollverstärker notwendig, die Entzerrung der Schneidkennlinie am Plattenspieler-eingang.

Ein Phono-eingang gehört bei allen hochwertigen Vor- bzw. Vollverstärkern zur absolut notwendigen Grundausstattung. Da der Liebhaber des Röhrenklanges auch zu den potentiellen Schallplattenliebhabern gehört, ist ein entsprechender Eingang auch

für den ELV-Röhrenvorverstärker Pflicht.

Nahezu alle Plattenspieler besitzen ein Abtastsystem, das nach dem Induktionsprinzip arbeitet. Bei einem Magnetsystem (moving magnet = MM) und auch bei einem dynamischen System (moving coil = MC) wird die Ausgangsspannung des

Tonabnehmers aufgrund des Induktionsprinzips erzeugt. Beim Moving-Magnet-System ist die Abtastnadel mit einem Magneten versehen, der sich aufgrund der Rillenauslenkung der Schallplatte innerhalb eines festen Spulensystems bewegt. Bei einem Moving-Coil-System ist das Spulensystem auf der Abtastnadel angebracht und bewegt sich in einem festen Magneten. Da nach dem Induktionsgesetz die induzierte Spannung proportional der Ablengeschwindigkeit ist, stellt sich auch die Ausgangsspannung des Magnetsystems proportional dieses als Schnelle bezeichneten Parameters ein.

Die Schnelle ist proportional der Frequenz und Auslenkung bzw. Amplitude. Eine Schallplatte wird aber nicht mit konstanter Schnelle sondern nach dem Prinzip konstanter Auslenkung „geschrieben“. Hierfür gibt es eine genormte Kennlinie, die sogenannte RIAA-Kennlinie des Schneidfrequenzganges (Recording Industries Association of America), die die Beeinflussung der aufzuzeichnenden Schnelle in Abhängigkeit von der Frequenz angibt.

Da die Ausgangsspannung am Tonabnehmersystem proportional der Schnelle ist, d. h. bei niedrigen Frequenzen aufgrund der dann sehr kleinen Schnelle klein ist und zu höheren Frequenzen ansteigt, muß die Kennlinie wieder kompensiert werden. Dazu wird eine entsprechende Frequenzgangentzerrung eingesetzt.

Weil ein magnetisches Tonabnehmersystem auch nur sehr kleine Ausgangsspannung abgibt, ist für eine Weiterverarbeitung zunächst eine entsprechende Vorverstärkung notwendig. In diesem Vorverstärker wird die notwendige Frequenzgangentzerrung der Schneidkennlinie mit eingebaut, es entsteht ein Phonovorverstärker. Der für eine normgerechte Entzerrung notwendige Frequenzgang ist in Abbildung 1 dargestellt. Die am weitesten verbreiteten Tonabnehmer sind magnetische Systeme, die sogenannten Moving-Magnet-Systeme. Daher ist im ELV-Röhrenvorverstärker auch ein Phonoverstärker für dieses Abtastprinzip implementiert.

Ein weiteres Feature, das in jedem guten Vor- bzw. Vollverstärker zu finden ist, ist

die Tape-Monitor-Funktion. Grundsätzlich wird hiermit das am Tape-Eingang anstehende Signal als Quelle ausgewählt und zur Endstufe weitergeführt. Die wesentliche Besonderheit tritt bei dieser Funktion aber erst bei der Aufnahme mit dem angeschlossenen Tapedeck in Aktion. Hierbei wird dann nicht das für Aufnahmezwecke zur Bandmaschine geführte Audiosignal parallel dazu auch zur Endstufe geführt, sondern das an den Tape-Eingangsbuchsen anliegende Signal wird vom Vorverstärker verarbeitet.

„Normale“ Tapedecks stellen im Aufnahmebetrieb das Audiosignal nach der Aussteuerungsregelung wieder an ihren Ausgangsbuchsen zur Verfügung. Somit ist das ausgesteuerte Signal hörbar. Erst bei hochwertigen Cassettendecks mit Hinterbandkontrolle kommt der Tape-Monitor-Funktion ihre eigentliche Aufgabe zu. Ein Tapedeck mit dieser Hinterbandkontrollfunktion ist in der Lage, bereits während der Aufnahme mit Hilfe eines separaten Wiedergabekopfes das gerade aufgenommene Signal wiederzugeben. So ist es möglich die Aufnahme zu überwachen und evtl. korrigierend einzugreifen.

Nach diesen grundsätzlichen Anmerkungen zur Röhrenvorstufe, stellen wir im folgenden die Schaltung des ELV-RVV-100 vor.

## Schaltung

Die Abbildung 2 zeigt das Schaltbild des Signalteils, während in Abbildung 3 das Netzteil des Röhrenvorverstärkers dargestellt ist. Die Ansteuerung der Relais in der Signalumschaltung gibt Abbildung 4 wieder. Bei der ersten Betrachtung wird dem Leser der vergleichsweise hohe Aufwand für das Netzteil auffallen. Dieser ist erforderlich, um eine gute Kanaltrennung sowie den gewünschten Signal-Rauschabstand zu gewährleisten. Das dargestellte Schaltbild des Signalteils zeigt nur die Komponenten des linken Stereokanals. Der rechte Kanal ist identisch aufgebaut, das Schaltbild enthält somit keine bedeutenden Informationen, weshalb auf eine Darstellung verzichtet werden kann. Die nun folgende Schaltungsbeschreibung des Verstärkerteils orientiert sich am dargestellten linken Stereokanal.

## Verstärker

Die oben beschriebenen Funktionen der Vorstufe lassen sich relativ einfach unter einen Hut bringen. Da eine wesentliche Funktion der Röhrenvorstufe die Vorverstärkung der Eingangssignale ist, muß bei der Entwicklung und Dimensionierung zunächst die erforderliche Verstärkung bestimmt werden. Diese basiert natürlich

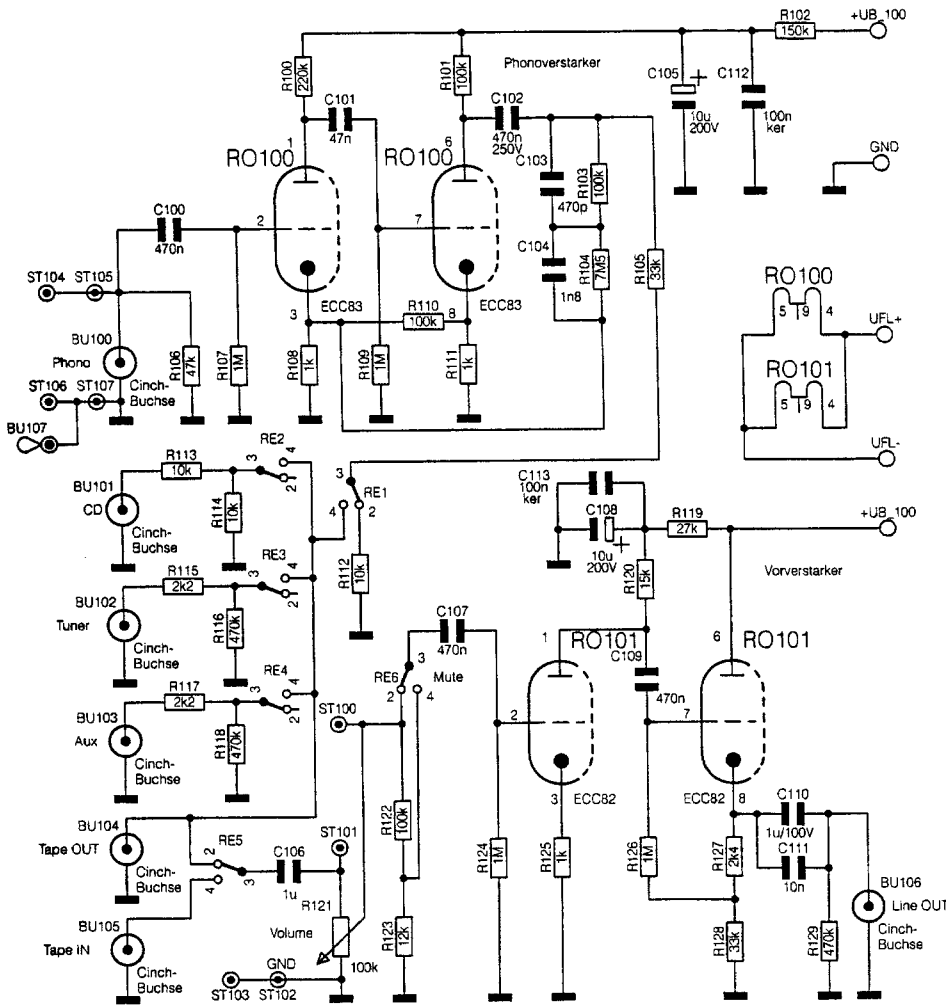


Abbildung 2: Schaltbild des Signalteils

auf einer optimierten Anpassung an unsere Röhrendstufe ELV-RV-100.

Da alle Audioquellen (außer Phono) bereits einen hohen Ausgangspegel von >100 mV aufweisen und die ELV-Röhrendstufe nur eine Eingangsspannung von etwa 700 mV zur Vollaussteuerung benötigt, reicht eine Verstärkung der Vorstufe von  $V = 5$  aus, um die Endstufe sicher auszusteuern. Geht man davon aus, daß die Pegelinsteller an der Endstufe etwa auf eine mittlere Lautstärke eingestellt sind, benötigt man für die Vollaussteuerung eine Eingangsspannung von 1,4 V.

Bei einer Verstärkung von  $V = 5$  der Vorstufe ist an deren Eingang eine Spannung von 280 mV erforderlich. Bei üblichen Ausgangsspannungen von ca. 500 mV bei UKW-Tunern, Tapedecks usw. wird also eine Vollaussteuerung der Endstufe bereits bei nicht voll aufgeregeltem Lautstärkeinsteller sicher erreicht. Wir wählen also eine Verstärkerstufe mit  $V = 5$ , die ohne Schwierigkeiten aus einem System einer ECC 82 gebildet werden kann. Die Röhre RO 101 System 1 (RO 101/1) mit Beschaltung stellt die entsprechende

Verstärkung zur Verfügung, um der Endstufe das Audiosignal mit einem ausreichenden Pegel zu liefern.

Für eine korrekte Ansteuerung der Endstufenschaltung kommt dem Ausgangswiderstand des Vorverstärkers eine wesentliche Bedeutung zu. Um der Endstufe das Audiosignal mit einem ausreichend kleinen Innenwiderstand zuführen zu können, ist eine Impedanzwandlerstufe erforderlich. So wird das zweite System der ECC 82, RO 101/2, als nachfolgende Katenstufe betrieben, die dann den gewünschten kleinen Innenwiderstand liefert (wir erinnern uns an die Röhregrundschaltungen im „ELVjournal 3/97“). In der vorliegenden Dimensionierung ergibt sich ein Innenwiderstand von  $R_i < 1 \text{ k}\Omega$ . Dieser Wert ist ausreichend, um bei einer angenommenen Kapazität des Verbindungskabels zur Endstufe von 200 pF eine obere Grenzfrequenz von  $\gg 20 \text{ kHz}$  mit großer Sicherheit zu gewährleisten.

Ein weiterer wesentlicher Parameter ist die Übersteuerungsfestigkeit. Die im RVV-100 realisierte Verstärkerstufe ist bis ca.  $U_A = 10 \text{ V}$  bei einem Klirrfaktor von

$k < 2 \%$  aussteuerbar. Das ist eine 7fache Übersteuerungsfestigkeit gegenüber dem tatsächlich benötigten Maximalwert von  $U_A = 1,4 \text{ V}$  zur Vollaussteuerung der Endstufe.

Bevor das Signal, von den Signaleingangsbuchsen kommend, auf den Vorverstärker bestehend aus RO 101 mit Zusatzbeschaltung gegeben wird, ist die Lautstärkeeinstellung in den Signalweg eingefügt. Mit Hilfe des Tandempotentiometers R 121/R 221 läßt sich die Lautstärke einstellen. Hierbei muß ein Typ mit logarithmischer Widerstandsverteilung über den Drehwinkel zur Anwendung kommen, um eine zum Drehwinkel näherungsweise synchrone Lautstärkeänderung zu gewährleisten. Diese logarithmische Skalierung beruht auf der Tatsache, daß zwischen der physikalisch erzeugten Größe Schalldruck und der vom menschlichen Gehör empfundenen Lautstärke ein nahezu logarithmischer Zusammenhang besteht. Wird kein logarithmisches Poti verwendet, so würde sich die gesamte wahrgenommene Lautstärkeänderung in einer sehr kleinen Drehwinkeländerung widerspiegeln, die Lautstärkeeinstellung wäre in der Praxis weniger brauchbar.

Ein weiterer Aspekt bei der Auswahl des Lautstärkereglers ist der Gleichlauf beider kombinierter Potentiometer. Hier spielt die absolute Differenz eine untergeordnete Rolle, da dieser Unterschied durch eine einmalige Einstellung der Signalpegel an der Endstufe kompensiert werden kann, wichtiger ist hier die Änderung des Gleichlaufs über den Drehwinkel. Für besonders hohe Ansprüche kann man einen Spannungsteiler aus eng tolerierten Festwiderständen und Stufenschalter (ausgeführte Teilung in „dB-Schritten“) einsetzen. Dieser extrem hohe Aufwand steht aber in keiner Relation zur erzielbaren Verbesserung.

Eine weitere Einflußnahme auf die Lautstärke ergibt sich mit der Mute-Funktion. Mit Hilfe des Schalters S 4, der über die Arbeitskontakte des Relais RE 6 die Widerstände R 122 und R 123 in den Signalweg schaltet, läßt sich die Lautstärke um 20 dB absenken. Mit dieser Funktion erreicht man bei kleinen Lautstärken eine bessere Einstellbarkeit.

### Phonoverstärker

Wie schon erwähnt, gehört das Abhören von Schallplatten auch heute noch zum Standard vieler Musikliebhaber. Also ist im ELV-Röhrevorverstärker auch ein passender Röhren-Entzerrerverstärker implementiert, der den Aufnahme Frequenzgang der Schallplatte entzerrt. Diese Entzerrung erfolgt nach der RIAA-Kennlinie, die hohe Frequenzen abgesenkt und die tiefen Frequenzen im Pegel hebt.

Da ein magnetisches Tonabnehmersystem nur einige Millivolt als Ausgangssignal liefern kann, muß der Vorverstärker etwa um den Faktor 100, d. h. um  $V \approx 40$  dB verstärken. Diese Verstärkung wird sinnvollerweise auf zwei Stufen aufgeteilt. Praktisch erfolgt dies durch RO 100.

Die beiden Systeme dieser Röhre vom Typ ECC 83 sind zu einem zweistufigen RC-gekoppelten Verstärker verschaltet. Die erforderliche Entzerrung des Frequenzganges erfolgt dabei über die RC-Glieder R 103 / C 103 und R 104 / C 104. Diese den Frequenzgang bestimmenden Bauteile liegen im Gegenkopplungszweig von der Anode des zweiten Systems (RO 100/2) zur Katode des ersten Systems (RO100/1) der ECC 83. Durch diese Kombination wird die Frequenzgangbeeinflussung entsprechend der RIAA-Kurve erreicht. Die zugehörige Kennlinie ist in Bild 1 dargestellt.

Um eine korrekte Anpassung sicherzustellen, weist der Entzerrverstärker die für magnetische Tonabnehmersysteme erforderliche Eingangsimpedanz von ca. 47 k $\Omega$  auf. Die Ausgangsimpedanz des Vorverstärkers beträgt  $R_A < 5$  k $\Omega$ .

Die Schwierigkeit bei der Realisierung dieser Stufe liegt weniger in der Auswahl

und Dimensionierung der Schaltung, das größere Problem besteht darin beim Aufbau dieser Stufe die erforderliche gute Abschirmung gegen Brummeinstreuungen sowie die optimale Wahl der Erdungspunkte zur Erreichung eines guten Störspannungsabstandes zu finden.

## Netzteil

Um ausgezeichnete technische Daten und gute Klangeigenschaften erreichen zu können, ist eine sehr gute Spannungsversorgung notwendig. In dem in Abbildung 3 dargestellten Schaltbild zeigt sich der relativ hohe Aufwand für das Netzteil einer Vorstufe. Absolut stabile und sauber geglättete Netzteilspannungen sind eine Grundvoraussetzung für eine gute Vorstufe. Unzulänglichkeiten im Netzteil spiegeln sich z. B. sofort im erreichbaren Fremdspannungsabstand oder in der Kanaltrennung wider. Um hier optimierte Voraussetzungen zu schaffen, ist eine aufwendige Stabilisierung notwendig.

Der erhöhte Entwicklungsaufwand beginnt mit der Auswahl des Netztransformators. Ein streuarmer Netztransformator stellt vier Spannungen zur Verfügung: eine

200V-Wicklung zur Anodenspannungsversorgung, je Stereokanal einen 17V-Abgriff zur Heizspannungsversorgung und eine 5V-Wicklung für die Relais der Signalumschaltung.

Die Anodenspannungen für die beiden Kanäle werden aus einer Wicklung gewonnen. Nach der Gleichrichtung und einer folgenden Siebung sorgen zwei einstellbare Hochspannungslinearregler (IC 150 und IC 250) für die stabilisierten Ausgangsspannungen von 200 V je Kanal. Um diese Spannung auch unter allen Toleranzbedingungen möglichst genau einhalten zu können, ist hier mit dem Trimmer R 152 bzw. R 252 ein Abgleichpunkt vorgesehen. Jeder Kanal erhält so seine separat stabilisierte Anodenspannung, was eine gute Kanaltrennung unterstützt.

Ebenso wie die Anodenspannung wird auch die Heizspannung für jeden Kanal gesondert erzeugt. Die entsprechenden Wechselspannungen werden gleichgerichtet und durch die Kondensatoren C 160 bzw. C 260 geglättet. Je Kanal sorgt dann ein einstellbarer Längsregler vom Typ LM 317 (IC 160 und IC 260) für die genaue Heizspannung von 12,6 V für jede Röhre. Diese Gleichstromheizung ist für jede gute Röhrenvorstufe

Bedingung, um Brummeinstreuungen über die Heizfaden-Katodenkapazität, insbesondere bei der empfindlichen Entzerrvorstufe, zu vermeiden.

Die Wechselspannung zur Versorgung der Relaisstufen wird nur gleichgerichtet und anschließend mit C 7 geglättet, eine weitere Stabilisierung ist hier nicht notwendig. Die hier gewählte Netzteil-schaltung bildet die Grundlage für einen qualitativ hochwertigen Vorverstärker.

Für Vorverstärker in der Preisklasse von 5.000,- bis 10.000,- DM werden zuweilen zur

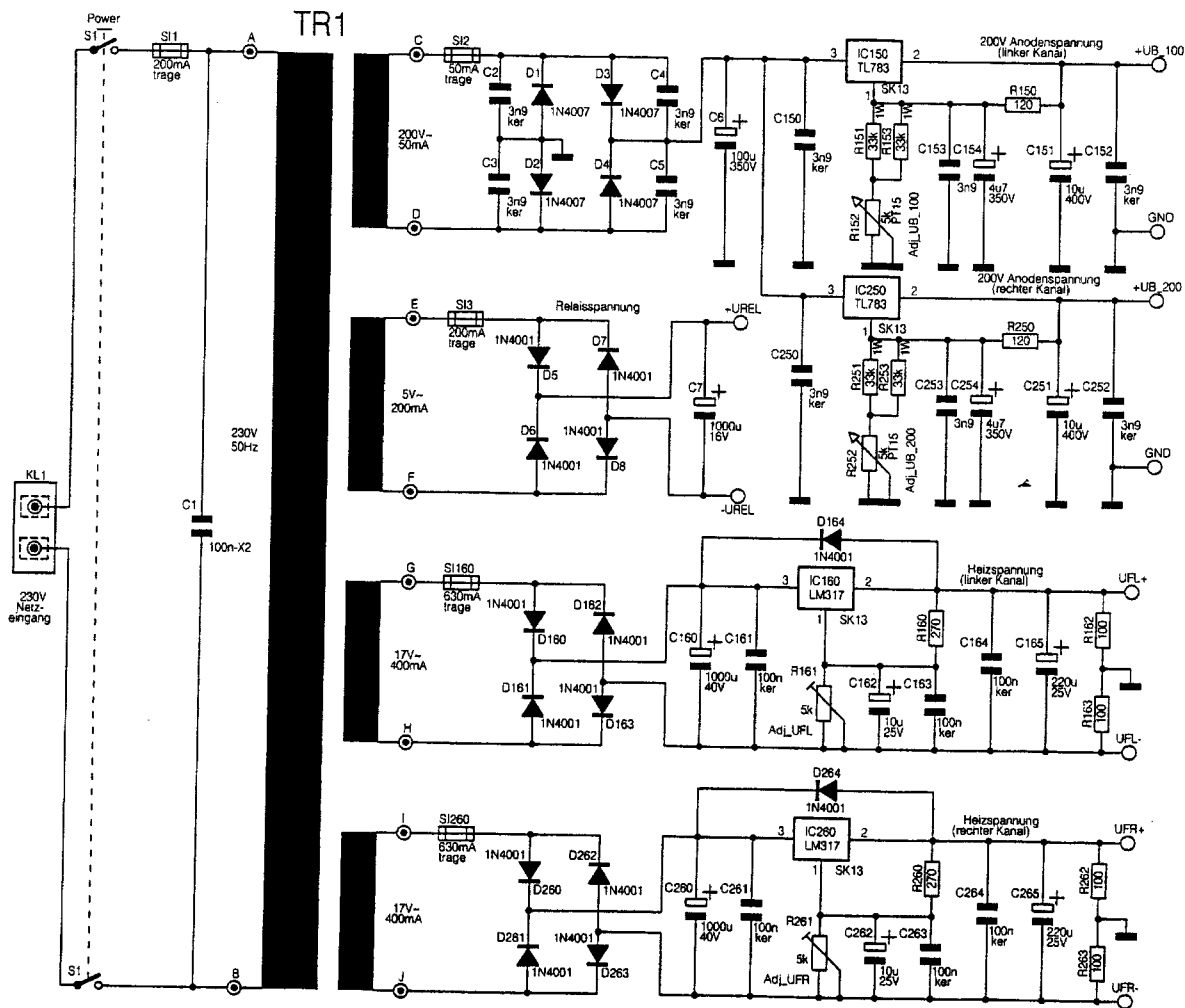


Abbildung 3: Schaltbild des Netzteils

Gleichrichtung ebenfalls Röhren eingesetzt, die Netzteile räumlich getrennt vom Verstärkerteil aufgebaut oder gar Akkumulatoren zur Heizung eingesetzt. Beim RVV-100 haben wir auf solche zum Teil exotische Lösungen verzichtet und uns auf eine optimierte Qualität des Signalweges konzentriert, der im aktiven Teil selbstverständlich ausschließlich mit hochwertigen Röhren bestückt ist. Bei der übrigen Schaltungstechnik, die zum „Röhrensound“ keine objektiven Beiträge leistet, kommen daher modernste Komponenten zum Einsatz, was sich im Ergebnis in einem erlesenen Klangbild widerspiegelt.

## Signalquellenumschaltung

Nachdem wir nun die Verstärkerschaltung und die Spannungsversorgung besprochen haben, wenden wir uns im letzten Abschnitt der Signalquellenumschaltung zu. Dieser auf den ersten Blick triviale Schaltungsteil kann große Auswirkungen auf die Qualität eines Vorverstärkers haben.

Die einzige Aufgabe, die der Signalquellenumschaltung zukommt, ist die Auswahl einer Wiedergabequelle aus den verschiedenen angeschlossenen Audioquellen, ohne dabei das Audiosignal zu beeinflussen. Bei einem idealen Schalter ergibt sich kein Einfluß auf das Quellensignal. Da aber kein Schalter als ideal angesehen werden kann, ergeben sich je nach ausgewähltem Konzept für die Signalquellenumschaltung verschiedene Einflußmöglichkeiten. So gibt es je nach Konstruktionsaufwand und Bedienungskomfort verschiedene Ausführungsvarianten. Mehrere Lösungen stehen zur Diskussion:

- der gute alte Drehschalter,
- der Tastenschalter bzw. Tastensatz,
- die Umschaltung durch Relais und
- die Umschaltung durch moderne Halbleiter.

Die Varianten mit ihren Vor- und Nachteilen werden wir im Folgenden kurz betrachten.

Der Drehschalter ist eine sehr preiswerte und robuste Lösung, hat jedoch den Nachteil, daß er konstruktiv nicht ohne Mühe in der Nähe der Eingangsbuchsen untergebracht werden kann, zumal die Eingangsbuchsen meist fast die gesamte Rückfront des Verstärkers in Anspruch nehmen. Der Verdrahtungsaufwand ist so relativ hoch, und Probleme im Übersprechen sind vorprogrammiert.

Der Tastenschalter ist ebenfalls robust und preiswert. In der Ausführung für Platinenmontage ist es aber erforderlich, alle zu- und abführenden Leitungen auf den relativ geringen Raum des Tastenschalters zusammenzuführen. Probleme im Übersprechverhalten sind auch hier zu erwarten.

Die Umschaltung mit Relais als Umschaltelemente hat den großen Vorteil, daß man in der Gestaltung des Verstärkers fast völlig freie Hand hat. Die Umschaltrelais können direkt in der Nähe der zugehörigen Eingangsbuchsen positioniert werden. Von dieser Relaisanordnung führt dann nur ein Leitungspaar zum Eingang des Vorverstärkers. So läßt sich die Leitungsführung der empfindlichen Audiosignale optimieren. Da der Wahlschalter nur für die Ansteuerung der zugehörigen Relais sorgt, kann dieser dort plaziert werden, wo er vom Gehäusedesign her optimal wirkt. Ein Nachteil des Relaisverfahrens ist der erhöhte Kostenaufwand.

Auch die Umschaltung durch Halbleiterschalter bietet ähnliche Möglichkeiten wie die Umschaltung mittels Relais. Als Nachteil muß angeführt werden, daß ein Halbleiterschalter keinen idealen „Ein-“ bzw. „Aus“-Zustand besitzt, ansonsten haben sie die gleichen Vorteile wie Relais und sind zudem preiswerter. Eine Signalquellenumschaltung mittels Halbleiterschalter gehört allerdings vorzugsweise in eine entsprechende Halbleiterschaltung, ihr Einsatz in einer Röhrenvorstufe wäre ein Stillbruch.

In der ELV-Röhrenvorstufe ist aufgrund

der besten Voraussetzungen für eine möglichst geringe Signalbeeinflussung die Signalquellenauswahl mit einer Relaisumschaltung realisiert. Der Vorverstärker besitzt die Eingänge Phono, CD, Tuner, Aux und Tape.

Mit dem als Drehschalter ausgeführten Umschalter S 2 wird die gewünschte Quelle (außer Tape) angewählt. Das zugehörige Relais (RE 1 bis RE 4) schaltet dann die ausgewählte Quelle in den Signalweg.

Das Relais RE 5 dient als Umschalter „Source/Monitor“ bei Tape-Betrieb. In der Stellung „Source“ liegt das mit dem Schalter S 2 eingeschaltete Quellensignal am Tape-Ausgang (BU 104) des Vorverstärkers, d. h. am Aufnahmeeingang des Recorders oder der Bandmaschine an. Außerdem gelangt das ausgewählte Quellensignal parallel dazu auf den Line-Ausgang (BU 106) der Verstärkerstufe und kann abgehört werden.

In der Stellung „Monitor“ von RE 6 wird das Wiedergabesignal des Recorders oder der Bandmaschine an den Eingang der Verstärkerstufe gelegt und kann abgehört werden.

Wie bereits erwähnt, kann bei Recordern mit Hinterbandkontrolle in dieser Stellung die laufende Aufnahme (von einer der Quellen Phono, CD, Tuner oder Aux) mitgehört werden. Das Einschalten dieser Tape-Monitor-Funktion erfolgt zweckmäßig durch den separaten Schalter S 3.

Die Eingangsbuchsen CD, Tuner, Aux und Tape (BU 101 bis BU 103, BU 105 sowie BU 201 bis BU 203, BU 205) sind direkt mit den Arbeitskontakten der jeweiligen Relais verbunden. Nur der Phonoeingang (BU 100, BU 200) geht zunächst direkt auf den Entzerrerverstärker.

Das verstärkte und entzerrte Plattenspieler-signal gelangt anschließend auf den Arbeitskontakt des Relais „Phono“ (RE 1). Das Signal vom CD-Player wird über einen Teiler 1:2, bestehend aus R 113 und R 114, an die übrigen Pegel angepaßt. Die Widerstandskombinationen aus 2,2 kΩ und

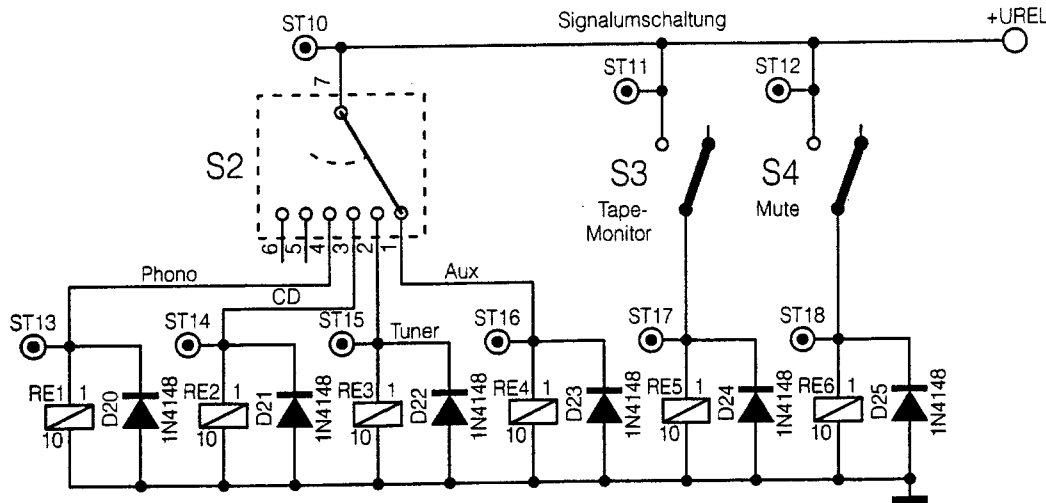


Abbildung 4:  
Relaisansteuerung

470 k $\Omega$  an den Eingängen Tuner und Aux schließen diese Quellen ab, wenn sie nicht an den Verstärker geschaltet sind.

## Nachbau

Den Nachbau werden wir mit der Bestückung der Platinen beginnen und uns anschließend dem Aufbau des Gehäuses widmen. Nach dem dann folgenden Einbau der Komponenten ins Gehäusechassis folgen die Inbetriebnahme und der Abgleich. Der gesamte Nachbau läßt sich in wenigen Stunden durchführen.

Die Schaltung des Röhrenvorverstärkers RVV-100 ist auf zwei Platinen aufgeteilt. Die Basisplatine beherbergt dabei das Netzteil sowie die Verstärkerstufen für beide Kanäle, während die Buchsenplatine nur die NF-Ein- und Ausgangsbuchsen trägt. Beim Platinenlayout wurde besonderer Wert auf eine gute Trennung zwischen dem linken und rechten Stereokanal gelegt. Diese durchdachte Aufteilung der Schaltung auf der Basisplatine gewährleistet eine gute Trennung der empfindlichen Signalwege untereinander und zum Netzteil und verhindert so eine gegenseitige Beeinflussung.

Bei der folgenden Bestückung der Leiterplatten sollte besonders sorgfältig vorgegangen werden, denn es ist bedeutend angenehmer, 2 Stunden länger zu bestücken, als womöglich im nachhinein mehrere Stunden vermeidbare Fehler zu suchen. Dies ist beim Aufbau von Röhrenschaltungen besonders wichtig, da sich hier aufgrund der zum Teil sehr hohen Betriebsspannungen bei Bestückungsfehlern sicherheitstechnische Gefahren ergeben können. In diesem Zusammenhang empfiehlt es sich, die vorliegende Bauanleitung komplett durchzulesen, bevor mit dem Aufbau begonnen wird.

Die im vorangegangenen Artikel („EL-Vjournal“ 5/98) dargestellte Schaltung des Signalteiles ist im Röhrenvorverstärker zweimal vorhanden (für den linken und rechten Kanal). Um eine eindeutige Zuordnung der einzelnen Bauelemente in der Stückliste und im Bestückungsplan zum jeweiligen Stereokanal zu ermöglichen, unterscheiden sich die Bauteilbezeichnungen des rechten und linken NF-Kanals nur in der ersten Ziffer der Numerierung. Die Bauteile des linken Kanals beginnen mit einer „1“ in der Referenzbezeichnung (z. B. RO 100), die Bauelemente des rechten Kanals entsprechend mit einer „2“ (zugehörig RO 200). Bezieht sich eine Beschreibung in dieser Bauanleitung auf ein Bauteil sowohl im linken als auch im rechten Kanal, so werden wir die erste Ziffer der Referenzbezeichnung durch ein „x“ ersetzen. So ist z. B. mit der Bezeichnung C x60 sowohl C 160 als auch C 260 ge-

meint. Alle Bauteile mit einer ein- oder zweistelligen Nummer in ihrer Bezeichnung (z. B. RE 1) sind in der Schaltung nur einfach vorhanden.

## Platinenbestückung

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Aufbau der Basisplatine. In gewohnter Weise wird die Platine anhand der Stückliste und des Bestückungsplanes bestückt, wobei auch das dargestellte Platinenfoto hilfreiche Zusatzinformationen liefern kann.

Im ersten Arbeitsschritt sind die Drahtbrücken anzufertigen und anschließend einzulöten. Mit der Bestückung der passiven Bauteile ist dann der Aufbau fortzusetzen. So werden zunächst die Widerstände und Trimmer eingelötet, gefolgt von den Kondensatoren. Beim Einbau der Elkos ist unbedingt die richtige Polung sicherzustellen, vor allem ein Verpolen der Elkos C 6 und C x51, die zur Glättung der Anodenspannung dienen, kann bei der Inbetriebnahme sicherheitstechnische Gefahren nach sich ziehen. Auch beim nun folgenden Einbau der Dioden ist die Polarität zu beachten. Der Bestückungsdruck gibt hierzu eine Hilfestellung: der Katodenring auf dem Bauelement muß mit der Markierung im Bestückungsdruck übereinstimmen.

Anschließend werden die Spannungsregler-ICs IC x50 und IC x60 bestückt, die zur besseren mechanischen Befestigung liegend montiert werden. Zum Einbau der Spannungsregler werden zunächst deren Anschlußbeine im Abstand von 3 mm zum IC-Gehäuse um 90° nach hinten umgebogen und die ICs dann entsprechend positioniert. Die zur Stabilisierung der Heizspannung verwendeten Regler IC x60 sind aufgrund des großen Heizstromes und der daraus resultierenden Verlustleistung jeweils mit einem Kühlkörper vom Typ SK 13 zu montieren. Vor dem Anlöten der Regler sind diese mit Hilfe einer M3x8mm-Schraube, die von der Lötseite her durchzustekken ist, sowie der zugehörigen Mutter und Fächerscheibe auf der Platine zu verschrauben.

Nach dem nun folgenden Einbau der Relais können die mechanischen Bauteile eingesetzt werden. Hierzu sind zunächst die Sicherungshalter einzulöten, in die dann auch gleich die entsprechenden 5x20mm-Schmelzsicherungen einzusetzen sind. Die Netzsicherung SI 1 ist dabei mit der zugehörigen Schutzkappe berührungssicher zu machen. Danach werden die Lötstifte mit Öse bestückt, bevor im nächsten Arbeitsschritt die Netzklemmleiste KL 1 und der Netzschalter S 1 montiert werden.

Um den späteren Zusammenbau zu vereinfachen, wird die Zugenlastung auf der Platine für die Aufnahme des Netzanschluß-

kabels vorbereitet. Dazu werden zwei Schrauben M3 x 12 mm von der Lötseite durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt. Auf der Bestückungsseite ist dann die Zugenlastungsschelle mit Hilfe zweier zugehöriger M3-Muttern und unterlegten Fächerscheiben zunächst nur locker zu verschrauben.

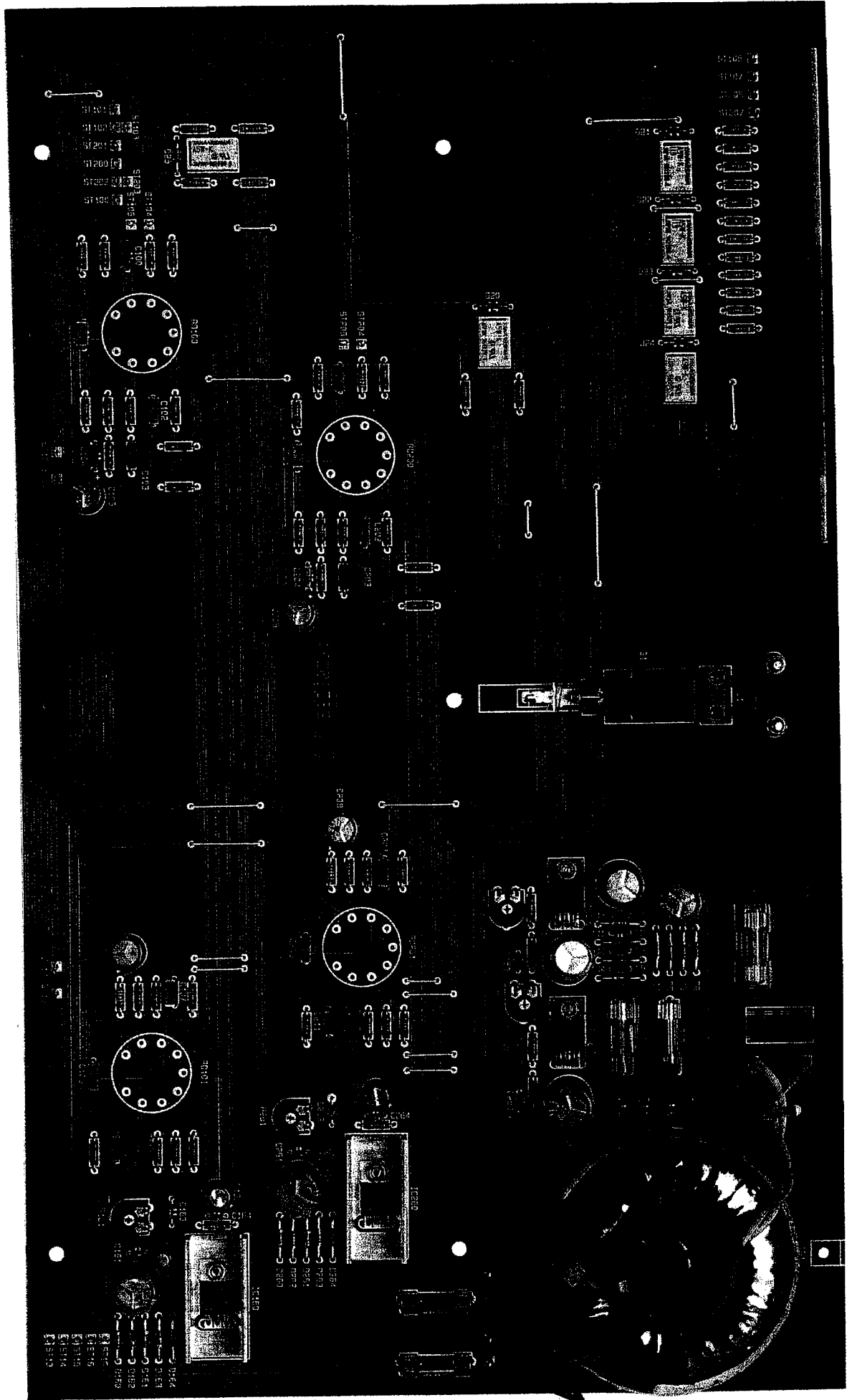
Die Röhrensockel der Phono-Verstärkerstufe RO x00 und der Treiberstufe RO x01 sind als Print-Version für Leiterplattenmontage ausgeführt. Diese Sockel können hier ohne weiteres eingesetzt werden, da die relativ kleinen Heizströme und die geringe Wärmeentwicklung dieser Röhren keine besonderen Anforderungen an die Kontaktierung der Sockel und den Röhrensockel selbst stellen. Als Besonderheit ist zu beachten, daß alle Röhrensockel auf der Lötseite (!) zu bestücken sind. Die Einbauposition dieser Novalsockel (9polig) ist dabei durch die Pinanordnung vorgegeben.

Als dann wird der Befestigungswinkel hinter dem Trafo, der später die Platine und die Rückwand miteinander verbindet und so für zusätzliche Stabilität sorgt, angeschraubt. Dazu wird eine M3x8mm-Schraube mit unterlegter Fächerscheibe von der Lötseite durch die Platine gesteckt und in das Gewinde des auf der Bestückungsseite positionierten Haltewinkels eingeschraubt.

Die Bestückungsarbeiten schließen wir mit dem Einbau des Netztransformators ab. Dieser wird mittels einer Schraube M4 x 6 mm und unterlegter Fächerscheibe auf der Platine montiert. Anschließend werden die Trafo-Anschlußleitungen, wie in Tabelle 1 angegeben, angelötet. Es ist dabei darauf zu achten, daß die Leitungen in den zugehörigen Ösen der Lötstifte umgebogen werden, bevor sie verlötet werden. Die Anschlußleitungen der Primärwicklung (gelb) sind zusätzlich noch mit einem Kabelbinder, der durch die beiden Bohrungen unmittelbar vor den Lötstiften „A“ und „B“ zu fädeln ist, in ihrer Lage zu sichern.

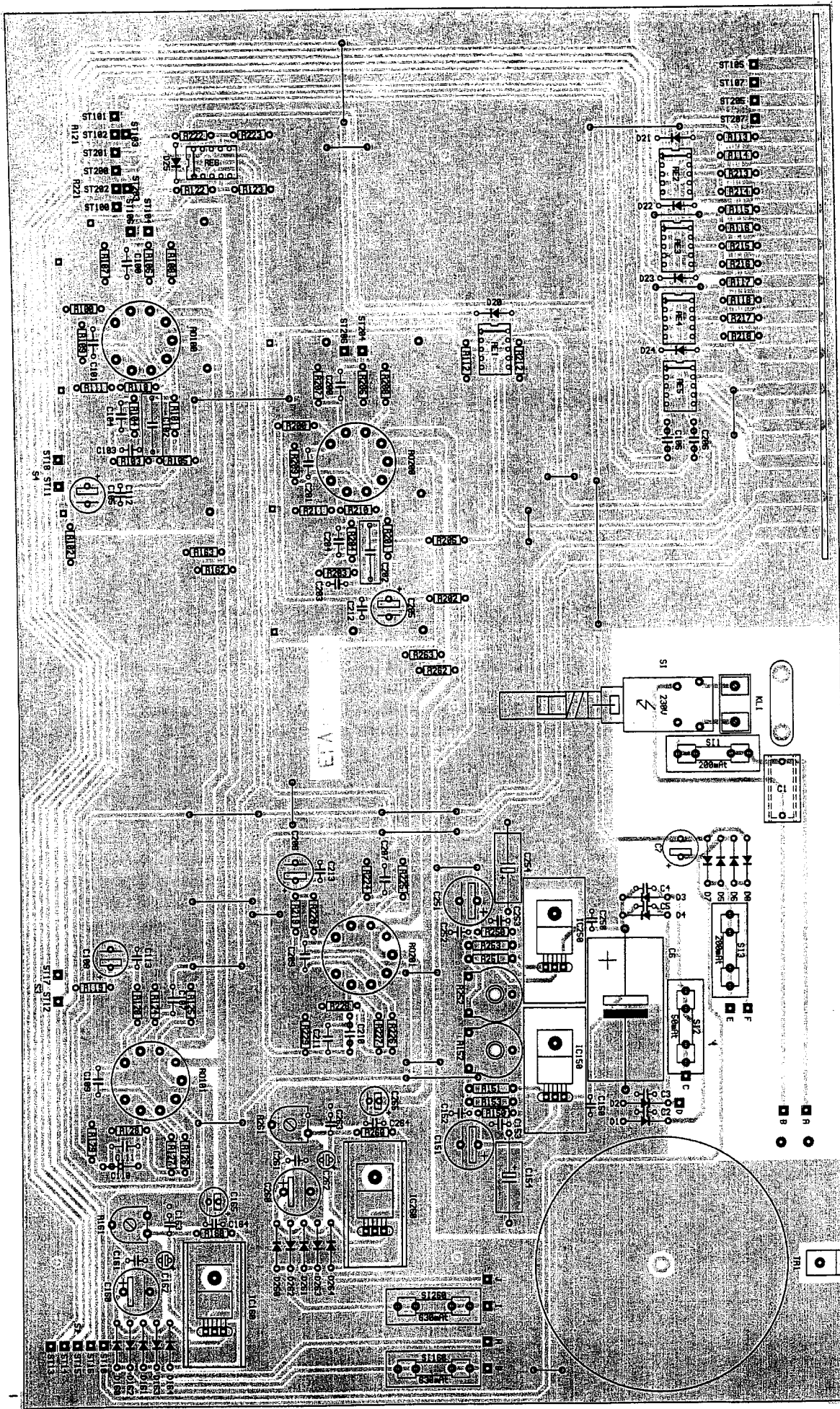
Nachdem die Basisplatine soweit bestückt ist, wird die Buchsenplatine bearbeitet. Diese dient nur dazu, die Ein- und Ausgangssignale an den Cinch-Buchsen zur Basisplatine zu führen. Die Buchsenplatine wird dazu an der Basisplatine festgelötet. Hierzu müssen die folgenden Instruktionen besonders sorgfältig befolgt werden, da es sonst bei der späteren Endmontage des Gerätes zu Problemen kommen kann.

Zum Zusammenfügen ist zunächst die Buchsenplatine mit der Anschlußseite so in den Führungsschlitz der Basisplatine zu stecken, daß die Lötseite der Buchsenplatine nach vorne zeigt. Dabei ist darauf zu achten, daß die Platine so weit eingeschoben wird, daß die seitlichen Führungsna-

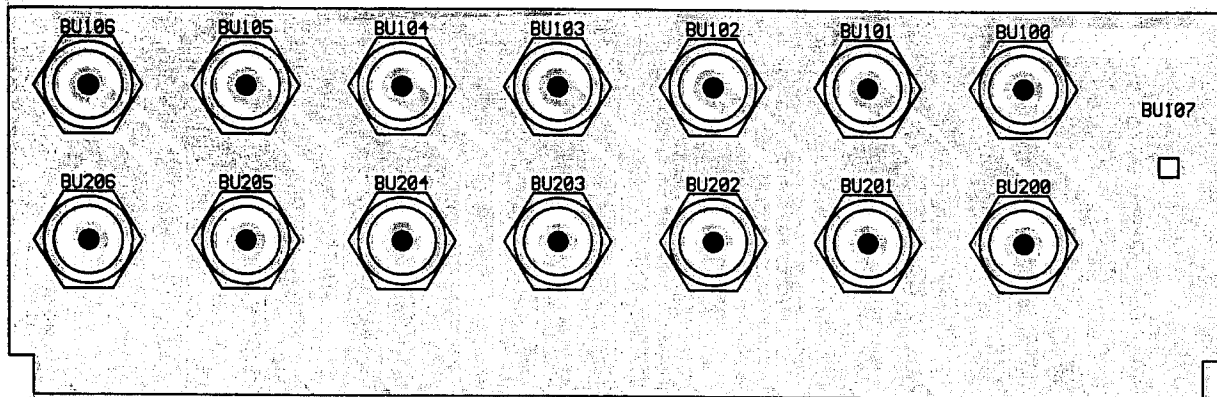
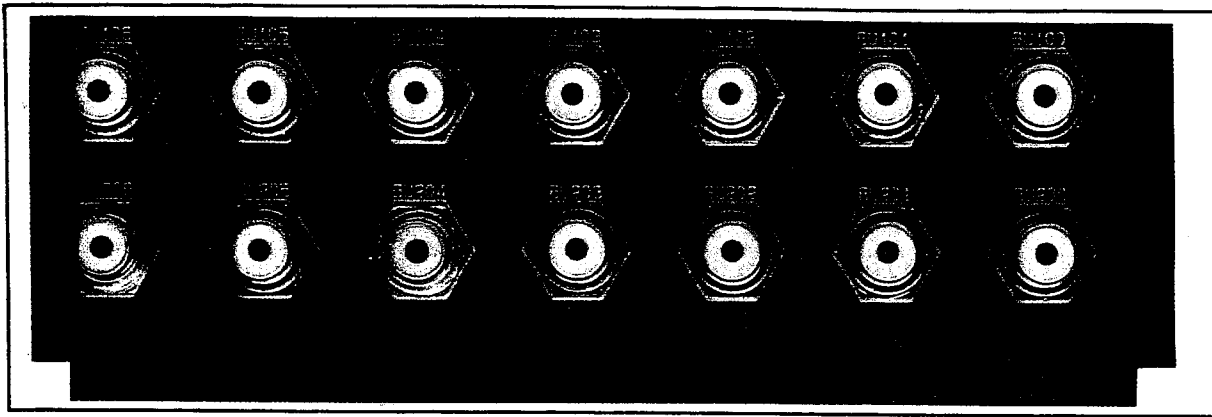


Ansicht der fertig  
bestückten  
Basisplatine  
(Originalgröße  
397 x 234 mm)





Ansicht des Bestückungsplans (Originalgröße 397 x 234 mm)



Ansicht der Buchsenplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

sen der Buchsenplatine auf der Basisplatte aufliegen. Vor dem Verlöten der beiden Platinen muß unbedingt sichergestellt sein, daß die Platinen exakt im 90°-Winkel zueinander stehen. Sind die Platinen exakt ausgerichtet, sind sämtliche Leiterbahnpaare und die Masseflächen unter Zugabe von reichlich Lötzinn miteinander zu verbinden. Mit diesem letzten Arbeitsschritt schließen wir die Bestückungsarbeiten vorerst ab.

### Gehäusemontage

Der Zusammenbau beginnt mit der Vorbereitung der einzelnen Gehäuseteile. Da die hochwertigen Oberflächen der einzelnen Gehäuseteile zum Teil empfindlich gegen Verkratzen sind, empfehlen wir, das Gehäuse auf einer entsprechend sauberen und weichen Unterlage zu montieren und beim Zusammenbau äußerste Vorsicht walten zu lassen.

Der Aufbau beginnt mit der Bearbeitung der Frontplatte. Zunächst werden die bei-

den Tastschalter in die mit „Mute“ und „Tape Monitor“ beschrifteten Öffnungen eingesetzt. Vor dem nun folgenden Einbau des Drehschalters und des Potentiometers sind deren Achsen auf eine Länge von 8 mm zu kürzen. Zum Einbau des Drehschalters sind zunächst Mutter und Zahnscheibe abzunehmen, dabei ist darauf zu achten, daß sich die Sperrscheibe auf der Befestigungsachse nicht aus ihrer Position (Rastnase in der mit „4“ gekennzeichneten Öffnung) fällt. Danach wird die Mutter wieder so weit wie möglich von Hand aufgeschraubt und anschließend die Zahnscheibe aufgesetzt. Jetzt kann diese Kombination vorsichtig von innen in die mit „Input Selector“ beschriftete Bohrung mit Innengewinde eingeschraubt werden. Der Drehschalter ist soweit einzudrehen, daß das Gewinde des Drehschalters gerade auf der Außenseite der Frontplatte sichtbar ist. Das Festziehen der Mutter auf der Innenseite (Mutter in Richtung der Frontplatte drehen) fixiert den Drehschalter dann in der Frontplatte.

Ähnlich gestaltet sich der Einbau des Tandem-Potentiometers. Hier wird auch zunächst die Mutter auf die Befestigungsachse aufgedreht und anschließend das Potentiometer soweit in die Gewindebohrung „Volume“ eingedreht, bis das Gewinde auf der Außenseite sichtbar ist, wobei die An-

schlußpins des Potentiometers nach unten, d. h. zum Gehäuseboden zeigen. In dieser Position vereinfacht sich das spätere Anlöten der Anschlußleitungen. Durch Anziehen der innen liegenden Mutter wird das Potentiometer anschließend gesichert.

Sind diese Arbeiten soweit abgeschlossen, wenden wir uns der Vorbereitung der Rückwand zu. In diese sind die NF-Eingangsbuchsen und die Zugentlastung für die Netzleitung einzusetzen. Um eine gute Kontaktsicherheit auch über einen langen Zeitraum gewährleisten zu können, werden hier hochwertige vergoldete Cinch-Buchsen verwendet. Um allen Signalquellen eine „Andockmöglichkeit“ zu geben, sind 10 Buchsen erforderlich. Mit den beiden Buchsen für die Line-Ausgänge zum Anschluß an die Endstufe und den Tape-Ausgängen sind insgesamt 14 Cinch-Buchsen in die dafür vorgesehenen 10mm-Bohrungen einzusetzen. In die obere Reihe sind die mit einem schwarzen Markierungsring versehenen Typen einzubauen, während die roten, die die Signale der jeweiligen rechten Kanäle weiterleiten, unten einzusetzen sind.

Zum Einbau werden zunächst alle Buchsen mit einer unterlegten Isolierscheibe von außen durch die Bohrungen gesteckt. Auf der Innenseite folgt dann die zweite Isolierscheibe. Bevor diese Buchsen komplett eingebaut werden, muß zunächst noch die Polklemme eingesetzt werden, die als Erdungsanschluß für Plattenspieler dient. Dazu ist die Klemme ohne Isolierman-

Tabelle 1: Zuordnung der Trafo-Anschlußleitungen zu den Lötstützpunkten

Wicklung	Leitungsfarbe	Lötstützpunkt
230 V primär	gelb/gelb	A / B
200 V sekundär	rot/rot	C / D
17 V sekundär (1)	schwarz/blau	I / J
17 V sekundär (2)	schwarz/blau	G / H
5 V sekundär	violett/violett	E / F

## Stückliste: HiFi-Stereo-Röhrenvorverstärker ELV-RVV-100

### Widerstände:

100 Ω	R 162, R 163, R 262, R 263
120 Ω	R 150, R 250
270 Ω	R 160, R 260
1 kΩ	R 108, R 111, R 125, R 208, R 211, R 225
2,2 kΩ	R 115, R 117, R 215, R 217
2,4 kΩ	R 127, R 227
10 kΩ	R 112, R 113, R 114, R 212, R 213, R 214
12 kΩ	R 123, R 223
15 kΩ	R 120, R 220
27 kΩ	R 119, R 219
33 kΩ	R 105, R 128, R 205, R 228
33 k/1W	R 151, R 153, R 251, R 253
47 kΩ	R 106, R 206
100 kΩ	R 101, R 103, R 110, R 122, R 201, R 203, R 210, R 222
150 kΩ	R 102, R 202
220 kΩ	R 100, R 200
470 kΩ	R 116, R 118, R 129, R 216, R 218, R 229
1 MΩ	R 107, R 109, R 124, R 126, R 207, R 209, R 224, R 226
7,5 MΩ	R 104, R 204
Tandempoti 100 kΩ, 6mm, log	R 121/R 221
PT 10, liegend, 5 kΩ	R 161, R 262
PT 15, liegend, 5 kΩ	R 152, R 252

### Kondensatoren:

470 pF	C 103, C 203
1,8 nF	C 104, C 204
3,9 nF/ker	C 2, C 3, C 4, C 5, C 150, C 250, C 152, C 252
10 nF	C 111, C 211
47 nF	C 101, C 201
100 nF/ker	C 161, C 163, C 164, C 261, C 263, C 264
100 nF/ker/500V	C 112, C 113, C 212, C 213

100 nF/250V~/X2	C 1
470 nF	C 100, C 107, C 109, C 200, C 207, C 209
470 nF/250 V	C 102, C 202
1 µF	C 106, C 110, C 206, C 210
4,7 µF/350 V, liegend	C 154, C 254
10 µF/25V	C 162, C 262
10 µF/200V	C 105, C 108, C 205, C 208
10 µF/400V	C 151, C 251
100 µF/350 V, liegend	C 6
220 µF/25V	C 165, C 265
1000 µF/16V	C 7
1000 µF/40V	C 160, C 260

### Halbleiter:

1N 4148	D 20 - D 25
1N 4001	D 5 - D 8, D 160 - D 164, D 260 - D 264
1N 4007	D 1 - D 4
TL 783	IC 150, IC 250
LM 317	IC 160, IC 260

### Röhren:

ECC 83	RO 100, RO 200
ECC 82	RO 101, RO 201

### Sonstiges:

Miniatur-Relais, 5 V, 2x um	RE 1 - RE 6
Ringkerntrafo, 1 x 200V/50mA	
2 x 17 V/0,4 A, 1 x 5 V/0,2 A	TR 1
Netzschraubklemme, 2polig	KL 1
Lötstifte mit Lötöse	A - J, ST 10 - ST 18, ST 100 - ST 107, ST 200 - ST 207
Sicherung, 50 mA, träge	SI 2
Sicherung, 200 mA, träge	SI 1, SI 3
Sicherung, 630 mA, träge	SI 160, SI 260

Lorlin Drehschalter, 2 x 6 um	S 2
Tastschalter, 2 x um	S 3, S 4
Shadow-Netzschalter	S 1
1 Adapterstück	
1 Verlängerungsachse	
1 ELV-Tasterkappe, schwarz	
5 Platinensicherungshalter, (2 Hälften)	
1 Sicherungsabdeckhaube	
1 Netzkabel, 2adrig, schwarz	
1 Netzkabel-Durchführungsstülle, schwarz	
1 Zugentlastungsschelle	
2 Aderendhülsen, 0,75 mm <sup>2</sup>	
2 Alu-Drehknöpfe, silber	
2 Madenschrauben	
9 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M4 x 6 mm	
7 Muttern, M3	
6 Muttern, M4	
6 Hutmuttern, verchromt, M4	
12 Fächerscheiben, M3	
15 Fächerscheiben, M4	
6 Abstandsbolzen, M4, Außengewinde	
4 U-Kühlkörper, SK 13	
7 Cinch-Einbaubuchsen, vergoldet, rot	
7 Cinch-Einbaubuchsen, vergoldet, schwarz	
1 Polklemme, 4 mm, schwarz	
4 Röhrensockel, print, Noval	
2 Kabelbinder, 90 mm	
1 Masseanschlußblech	
1 RVV 100-Gehäuse, komplett	
40 cm HF-Leitung, 50Ω, RG58C/U	
25 cm Isolierschlauch	
50 cm Schaltdraht, blank, versilbert	
54 cm flexible Leitung, ST 1 x 0,5 mm <sup>2</sup> , rot	
1 Befestigungswinkel	
1 Distanzrolle, M3x5mm	

schetten von außen in die dafür vorgesehene Bohrung rechts neben dem Phonoanschluß einzusetzen. Auf der Innenseite des Gehäuses folgen dann zwei M4-Zahnscheiben. Sind alle Buchsen soweit positioniert, muß das gemeinsame Masseanschlußblech aufgesetzt werden, bevor sie mit den zugehörigen Muttern fixiert werden. Zur Befestigung der Polklemme wird unter die sichernde M4-Mutter noch eine passende Zahnscheibe gelegt. Den Abschluß der Arbeiten an der Rückwand bildet der Einbau der Netzkabeldurchführung, die von außen eingesetzt und von innen mit der zugehörigen Mutter fixiert wird.

Nachdem die Front- und Rückplatte soweit vorbereitet sind, schließt die nun folgende Bearbeitung des Gehäuseoberteils die vorbereitenden Arbeiten am Gehäuse ab. Hierbei muß sehr sorgfältig und vor-

sichtig vorgegangen werden, um eine Beschädigung der polierten Oberfläche zu vermeiden. Vor allem, wenn es sich um eine selbst zusammengebaute Audiokomponente handelt, soll das Erscheinungsbild dieses in „mühevoller“ Arbeit gebauten Gerätes nicht durch ein zerkratztes oder beschädigtes Gehäuseeteil getrübt werden.

Die Vorbereitung des Gehäuseoberteils beschränkt sich auf den Einbau der Befestigungen für die Platinen und den Röhrenkäfig. Zunächst werden die vier Schrauben M3 x 8 mm von der Unterseite in die Bohrungen mit Innengewinde eingeschraubt. Zur Befestigung der Platinen sind die Abstandsbolzen mit M4-Außengewinde vorgesehen. Diese sind wie folgt zu montieren: Die mit je einer M4-Zahnscheibe versehenen Außengewinde der Bolzen sind von unten durch die entsprechende

Bohrungen im Oberteil zu stecken. Von der Oberseite wird dann die zugehörige Hutmutter aufgesetzt. Zum Festschrauben ist der Abstandsbolzen zu drehen, da die Befestigung durch Drehen der Hutmutter die Oberfläche verkratzen kann. Sind die 6 Bolzen angeschraubt, kann im nächsten Arbeitsschritt die bereits bestückte Basisplatte eingebaut werden. Dazu wird die Platine auf die sechs Befestigungspunkte gesetzt und anschließend mittels M4-Muttern und unterlegten Zahnscheiben fixiert, wobei die Platine so auszurichten ist, daß sich die Röhrensockel mittig unter den entsprechenden Bohrungen befinden.

Sind die Gehäuseteile soweit vorbereitet, kann mit dem Zusammenbau des Gehäuses begonnen werden. Dazu werden zunächst beide Seitenteile mit Hilfe von vier Senkkopfschrauben an die Frontplatte

**Tabelle 2: Vorzubereitende Kabelabschnitte**

Leitungstyp	Anzahl	Länge	abzuisolierende Länge
0,22 mm <sup>2</sup> , schwarz	6	55 mm	4 mm, 4 mm
0,22 mm <sup>2</sup> , rot	3	55 mm	4 mm, 4 mm
NF-Leitung, 1adrig, abgeschrimmt	4	70 mm	Außen: 10 mm, Innen: 3 mm
HF-Leitung RG 58U	1	150 mm	Außen: 10 mm, Innen: 3 mm
HF-Leitung RG 58U	1	210 mm	Außen: 10 mm, Innen: 3 mm

angeschraubt. Alsdann läßt sich das Gehäuseoberteil mit Platine in die Führungsnut der Front einschieben, wobei besonders vorsichtig vorzugehen ist, um die polierte Fläche nicht zu beschädigen. Als letztes ist die Rückwand anzuschrauben. Diese wird von hinten zwischen die Seitenteile geschoben und so ausgerichtet, daß die Mittelkontakte der Cinch-Buchsen in die zugehörigen Bohrungen der Buchsenplatine einfassen. Wurde beim Anlöten der Buchsenplatine an die Basisplatine exakt gearbeitet, so treten bei diesem Aufbauschnitt keine Probleme auf. Sind die Anschlußpins aller Cinch-Buchsen ordnungsgemäß in die Bohrungen der Buchsenplatine eingeführt, ist die Rückwand mittels Senkkopfschrauben an den Seitenteilen zu befestigen und die Basisplatine über den Haltewinkel hinter dem Transformator an der Rückwand festzuschrauben. Dies geschieht mittels einer M3x10mm Senkkopfschraube, die zwischen Rückwand und Haltewinkel zu plazierenden M3x5mm Distanzrolle und einer M3-Mutter mit Fächerscheibe. Mit dem nun erforderlichen Verlöten der Cinch-Buchsen in die zugehörigen Lötstützpunkte ist das Gehäusechassis nun soweit zusammengebaut, daß im nächsten Arbeitsschritt die Verdrahtung durchgeführt werden kann.

## Verdrahtung

Die durchdachte Konstruktion und das Platinenlayout sorgen dafür, daß die zeit- und arbeitsintensiven Verdrahtungsarbeiten auf ein Minimum reduziert werden konnten. Um einen rationellen Arbeitsablauf zu erreichen, sollten zuvor alle benötigten Leitungsstücke entsprechend den Angaben in Tabelle 2 vorbereitet werden.

Im ersten Arbeitsschritt sind die Verbindungen auf der Platine zur Zuführung der äußerst empfindlichen Phono-Signale zum Eingang des Phono-Entzerrer-Verstärkers herzustellen. Um die hier vorherrschenden kleinen Signalspannungen möglichst unbeeinträchtigt zu transportieren, kommt eine HF-Leitung zur Anwendung. Die 21 cm lange Leitung verbindet die Lötstützpunkte ST 104 mit ST 105 (Innenader) und ST 106 mit ST 107

(Masseschirm), während die 15 cm lange Leitung ST 204 und ST 205 (Innenader) bzw. ST 206 und ST 207 (Masseschirm) miteinander verbindet.

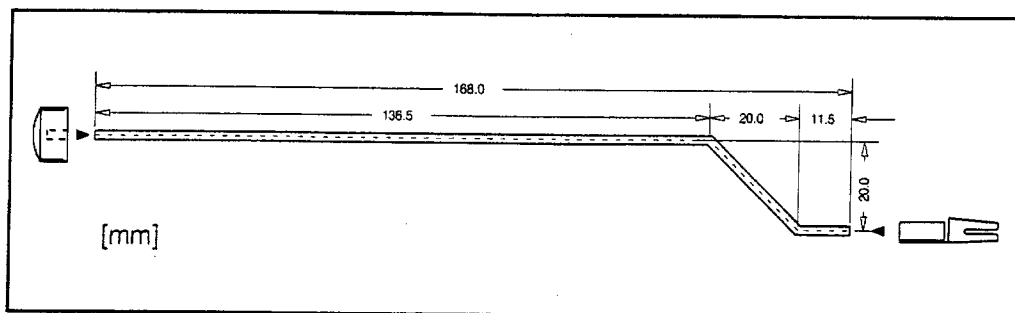
Danach ist das Tandem-Potentiometer zur Lautstärkeeinstellung mittels der vorbereiteten 7 cm langen 1adrig abgeschirmten Leitungen zu kontaktieren. Die Leitungen werden zunächst jeweils an das Potentiometer angelötet, bevor sie an den Lötstiften auf der Platine befestigt werden. Unter der Voraussetzung, daß die Anschlußpins des Potentiometers wie beschrieben zum Gehäuseboden zeigen, ist die Innenader der ersten Leitung an das rechte vordere (von hinten gesehen), d. h. an das zum Gehäuseoberteil gewandte Anschlußbein des Potentiometers anzulöten. Das freie Ende der Leitung ist an ST 101 anzulöten. Das nächste Leitungsstück kontaktiert den Schleiferabgriff und wird an den mittleren Pin des gleichen Potentiometers und auf der anderen Seite am Punkt ST 100 angelötet. Anschließend ist die Abschirmung der beiden Leitungen auf der Platine an ST 103 bzw. ST 203 und am Potentiometer gemeinsam am linken Anschlußbein anzulöten. In gleicher Weise erfolgt der Anschluß des zweiten Potentiometers. Hier ist der rechte Pin mit ST 201 und die Mittelanzapfung des Potis mit ST 200 zu verbinden, während die Masseschirme gemeinsam am linken Potentiometer-Pin und an ST 102 und ST 202 anzulöten sind.

Somit ist die Verdrahtung der Signalwege abgeschlossen, und im nächsten Arbeitsschritt folgt die Verkabelung der Tastenschalter, indem an jedem Schalter zunächst jeweils eine rote und eine schwarze Leitung angeschlossen wird. Auf der Platine sind die roten Leitungen mit ST 11 bzw.

ST 12, während die schwarzen Leitungsstücke mit ST 17 bzw. ST 18 zu verbinden sind. Für eine korrekte Signalquellenschaltung muß die Schaltebene „A“ des Drehschalters wie folgt angeschlossen werden: Die rote Ader verbindet den Kontakt „A“ des Drehschalters mit ST 10, mit den schwarzen Leitungsstücken sind dann folgende Verbindungen herzustellen: Kontakt „1“ mit ST 13, „2“ mit ST 14, „3“ mit ST 15 und „4“ mit ST 16.

Zum nun folgenden Anschluß der 230V-Netzzuleitung ist diese zuerst auf eine Länge von 20 mm von der äußeren Ummantlung zu befreien. Die Leiterenden sind dann auf 5 mm abzuisolieren und jeweils mit einer Aderendhülse zu versehen. Alsdann ist das so vorbereitete Kabelende von außen durch die bereits in der Rückwand eingesetzte Netzkabeldurchführung unter den auf der Platine befindlichen Zugentlastungsbügel zu führen. Dabei werden die einzelnen Adern der Leitung in die zugehörigen Klemmen der Schraubklemmleiste KL 1 eingeführt und festgeschraubt. Das Netzkabel ist dann soweit unter den Bügel der Zugentlastung zu schieben, daß der äußere Kabelmantel auf der Klemmenseite ca. 2 mm herausragt. Durch das Festziehen des Zugentlastungsbügels auf der Platine und der Netzkabeldurchführung in der Rückwand wird die Netzzuleitung in ihrer Position fixiert.

Im nächsten Arbeitsschritt wird die Schubstange des Netzschalters angefertigt. Dazu ist die Verlängerungsachse entsprechend der Abbildung 5 zu biegen und dann durch das Überziehen des 165 mm langen Gewebeslauches zu isolieren. Nach dem Aufsetzen der Tastkappe auf der einen und des Adapterstückes auf der anderen Seite der Schubstange, die beide mit einem Tropfen Sekundenkleber befestigt werden, wird diese vorgefertigte Einheit dann mit dem Adapterstück auf dem Netzschalter eingearastet, wobei die Tastkappe durch die mit „Power“ bezeichnete Öffnung in der Frontplatte zu schieben ist. Auch hier ist das Adapterstück mit Sekundenkleber auf dem Netzschalter zu befestigen. Somit ist der Aufbau abgeschlossen, und wir wenden uns im folgenden der Inbetriebnahme und dem Abgleich zu.



**Abbildung 5: Schubstange des Netzschalters.**

## Inbetriebnahme und Abgleich

Bevor die Röhrenvorstufe nun zunächst ohne eingesetzte Röhren zum ersten Mal eingeschaltet wird, muß die korrekte Verdrahtung nochmals kontrolliert 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. Wir weisen an dieser Stelle nachdrücklich auf die Gefahr durch die beim geöffneten Gerät berührbaren lebensgefährlichen Spannungen hin.

Die erste Inbetriebnahme der Röhrenvorstufe RVV-100 erfolgt zunächst ohne eingesetzte Röhren. Nach dem Einschalten der Vorstufe werden zunächst alle Betriebsspannungen kontrolliert. Hierbei ist besondere Vorsicht geboten, da in der Röhrenvorstufe mit Spannungen bis zu 280 V gearbeitet wird.

Als wichtige Referenzpunkte sind folgende Spannungen im Netzteil zu prüfen: die Anodenspannung an Pin 3 der Spannungsregler IC 150 bzw. IC 250, die  $\approx 280$  V betragen soll. Hinter den Spannungsregler-ICs muß die Spannung mittels der Potentiometer R 152 bzw. R 252 auf  $\approx 200$  V eingestellt werden. Genauso ist es notwendig, die Heizspannung an den Röhren, die wie schon beschrieben als Gleichstromheizung ausgeführt ist, zu kontrollieren. Diese Spannungen müssen, da sie keinen Bezug zur Schaltungsmasse haben, direkt an den Röhrensockeln gemessen werden. So muß sich zwischen Pin 4 und Pin 5 der Sockel von RO 100 oder RO 101 mit Hilfe des Widerstandstrimmers R 161 eine Spannung von 12,6 V einstellen lassen. Der gleiche Wert muß sich nach Abgleich von R 261 an den Sockeln von RO 200 bzw. RO 201 ergeben. Die Spannung zur Steuerung der Relais, die am einfachsten über C 7 gemessen werden kann, muß ca. 5 V betragen.

Stehen alle Spannungen ordnungsgemäß an, so können die Röhren eingesetzt werden. Dazu wird der Röhrenvorverstärker ausgeschaltet und vom Netz getrennt. Um Sicherheitsrisiken zu vermeiden, muß mit dem Einsetzen der Röhren solange gewartet werden, bis die Anodenspannung am Eingang der Spannungsregler-ICs (z. B. IC 150 Pin 3) kleiner 34 V ist (mit einem Spannungsmeßgerät kontrollieren!). Die Novalsockel der Phonoentzerrer- und Treiberstufe sind unsymmetrisch und verhindern so

eine falsche Einbaulage dieser Röhren. Die Treiberstufenröhren RO 101 und RO 201 vom Typ ECC 82 bzw. 12AU7 werden in die beiden linken Sockel eingesetzt, folglich sind die Phono-Entzerreröhren RO 100 und RO 200 vom Typ ECC 83 bzw. 12AX7 in die rechten Sockel einzustecken.

Um auch bei der Inbetriebnahme einen ausreichenden Berührungsschutz gegenüber den heißen Röhren sicherzustellen, ist die Röhrenabdeckhaube unbedingt zu montieren. Dazu wird der Röhrenkäfig mit seinen Bohrungen in den seitlichen Laschen über die vier aus dem Gehäuseoberteil herausragenden M3-Gewindeenden gesetzt. Die beiden Alu-Abdeckplatten und die anschließend aufzuschraubenden M3-Hutmuttern fixieren dann die Abdeckung, die eine reine Schutzfunktion besitzt.

Ist der Berührungsschutz soweit hergestellt, kann die Vorstufe zum ersten Mal mit Röhrenbestückung eingeschaltet werden. Nach einigen Minuten Aufwärmzeit stabilisiert sich der Anodenstrom, und der endgültige Abgleich kann erfolgen. Dazu werden zunächst die Heizspannungen wie oben beschrieben nochmals gemessen und auf den exakten Wert von  $12,6 \text{ V} \pm 1 \%$  eingestellt. Danach erfolgt die exakte Einstellung der Anodenspannung. An den Spannungsreglern IC x50 Pin 2 muß eine Spannung von  $200 \text{ V} \pm 1 \%$  anstehen und ggf. mittels R x52 nachgestellt werden. Damit ist der Abgleich der Röhrenvorstufe ELV-RVV-100 schon abgeschlossen, es folgt die Gehäuseendmontage.

## Gehäuseendmontage

Vor der nun folgenden Gehäuseendmontage muß der Röhrenvorverstärker 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 Senkkopfschrauben M3 x 10 mm an der Front- und Rückwand

## Tabelle 3 Technische Daten:

### Hochpegel-Eingänge:

- Frequenzgang: 7,5 Hz bis 130 kHz (-1 dB)  
5 Hz bis 250 kHz (-3 dB)
- Klirrfaktor: .....  $\leq 0,12 \%$  (typ.)
- Verstärkung: ..... max. 7,5 dB (CD)  
max. 14 dB (Sonstige)
- Buchsen: ..... je 2 x Cinch (RCA)

### Phono-Eingang:

- Frequenzgang: ..... lt. RIAA-Kennlinie
- Klirrfaktor: .....  $\leq 0,27 \%$  (typ.)
- Verstärkung: ..... max. 54 dB bei 1 kHz
- Buchsen: ..... je 2 x Cinch (RCA)

### Audio-Ausgang:

- Signalspannung: .....  $4,5 \text{ V}_{\text{eff}}$  (max.)
- Ausgangsimpedanz .....  $\leq 1 \text{ k}\Omega$
- Buchsen: ..... 2 x Cinch (RCA)

### Abmessungen

(B x H x T): ..... 430 x 150 x 310 mm

Gewicht ..... 6,8 kg

### Stromversorgung:

230 V / 50 Hz / 23 VA

festgeschraubt. Damit ist der Nachbau der Röhrenendstufe abgeschlossen, und wir beschäftigen uns im folgenden mit den technischen Daten des ELV-RVV-100.

## Technische Daten

Auch für die genaue Beschreibung eines Vorverstärkers gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen technischen Daten. Wobei, wie schon bei der Vorstellung der Röhrenvorstufe angeführt, die Angabe unendlich vieler technischen Daten niemals die subjektive Bewertung einer Hörprobe ersetzen kann. Wir beschränken uns daher hier auf die wesentlichen technischen Daten und stellen zunächst die Frequenzgänge vor. In Abbildung 6 ist der typische Frequenzgang des CD-Einganges dargestellt. Für die Y-Achsen-Teilung gilt dabei der 10dB-Meßbereich, d. h. 0,4 dB pro Teilung. Diese Darstellung zeigt den fast linearen Frequenzgang im wichtigen Frequenzbereich von 20 Hz bis 40 kHz. Die separate Ausmessung der Grenzfrequenzen ergibt folgende Werte: Die untere Grenzfrequenz

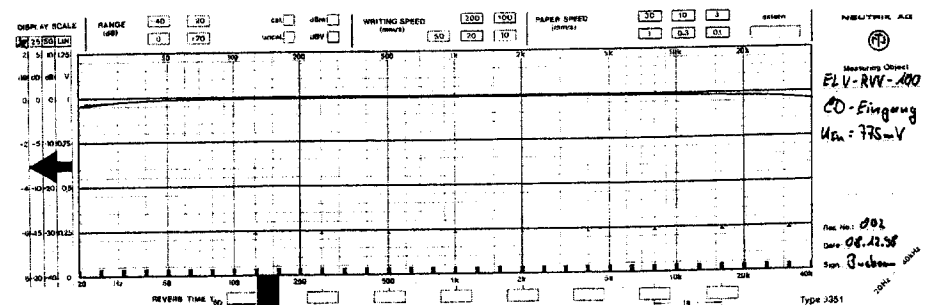
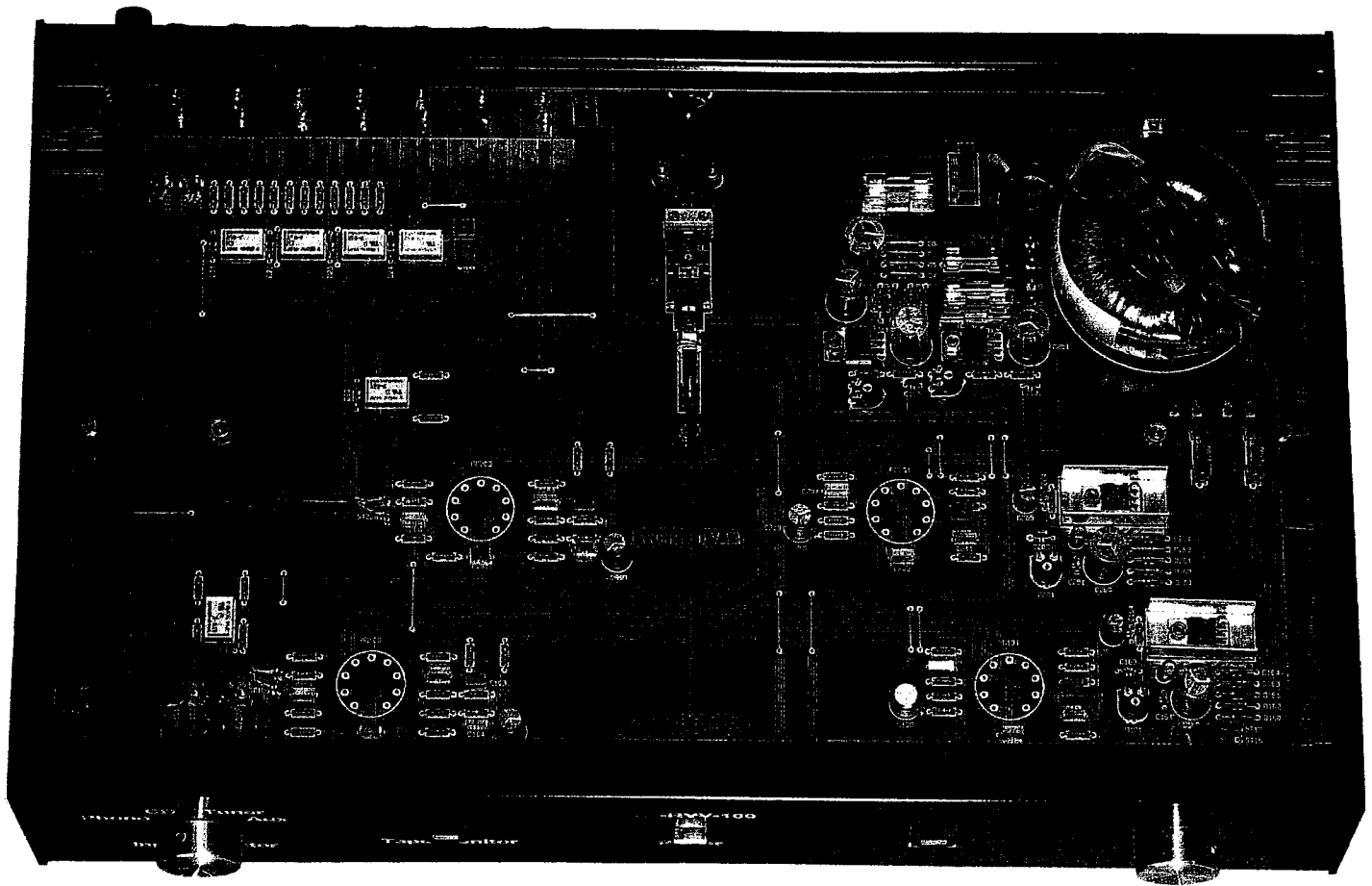


Abbildung 6: Frequenzgang des CD-Einganges





**Innenansicht des fertig aufgebauten Vorverstärkers**

quenz liegt typisch bei 7,5 Hz (-1dB) bzw. 5 Hz (-3dB) und auch im oberen Frequenzbereich ergibt sich eine Übertragungsbandbreite, die weit über 100 kHz hinausgeht. Hier konnte der -1dB-Abfall erst bei 130 kHz festgestellt werden und die -3dB-Grenzfrequenz ergibt sich erst im Bereich von 250 kHz. Diese ausgesprochen gute Linearität des ELV-Röhrenvorverstärkers über den gesamten Hörbereich ist eine entscheidende Voraussetzung für einen guten Klangeindruck. Im Gegensatz zur absoluten Linearität, die bei den Hochpegeleingängen gefordert ist, kommt es beim Phonoeingang auf die exakte Einhaltung der RIAA-Kennlinie an. In Abbildung 7 ist der typische Verlauf des Amplitudenfrequenzganges vom Phonoeingang zum Line-Ausgang des

ELV-RVV-100 dargestellt. Die gute Übereinstimmung mit den Vorgabewerten ist beim Vergleich mit den RIAA-Kennlinie in Abbildung 1 zu erkennen.

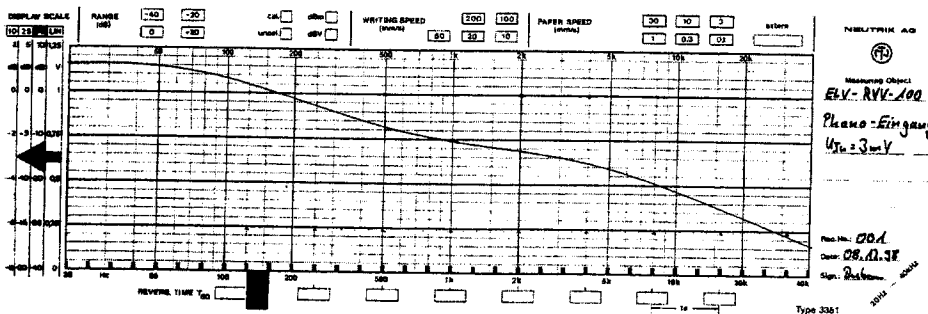
Weitere Parameter zur Beschreibung der Klangqualität sind die nichtlinearen Verzerrungen, die sich neben den oben beschriebenen linearen Verzerrungen wesentlich auf das Klangbild einer NF-Verstärkerschaltung auswirken. Die nichtlineare Verzerrung, besser unter dem Ausdruck „Klirrfaktor“ bekannt, bewirkt eine Verzerrung des Eingangssignals. In der Praxis treten dabei bei sinusförmiger Aussteuerung harmonische Oberschwingungen zur Grundschwingung auf. Ab welchem Wert sich ein Klirrfaktor störend bemerkbar macht, ist eine rein subjektive Empfindung. Ein Wert

von  $k \leq 0,8 \%$  ist von den meisten Hörern wohl nur im direkten Vergleich zum unverzerrten Original auszumachen. Es gibt aber auch „Spezialisten“, die glauben, einen Klirrfaktor von  $\leq 0,1 \%$  noch deutlich hören zu können. Diese „Profis“ glauben dann aber auch, sie könnten bei der Umkehr der Signalflußrichtung einer NF-Leitung einen klanglichen Unterschied wahrnehmen.

Die Klirrfaktormessungen am ELV-Röhrenvorverstärker haben, bei einer Aussteuerung, die 775 mV Ausgangspegel erzeugt, an allen Hochpegeleingängen einen Wert von  $k \leq 0,12 \%$  ergeben. Hiermit schließen wir die Vorstellung der technischen Daten ab und verweisen auf die zusammengefaßte Form in Tabelle 3. Im folgenden werden wir nun die Installation und die Bedienung des ELV-Röhrenvorverstärkers RVV-100 beschreiben.

**Installation und Bedienung**

Die Hauptaufgabe eines Vorverstärkers ist es, zwischen verschiedenen Signalquellen auszuwählen und den Pegel dieser Quellen zwecks Lautstärkeregelung einstellbar zu machen. Der ELV-Röhrenvorverstärker besitzt fünf verschiedene Eingangskanäle, wobei diese auf die üblichen Signalpegel der vorgesehenen Quellen angepaßt sind. Daher sollten die Eingänge



**Abbildung 7: Frequenzgang des Phono-Eingangs**

auch nur mit den entsprechenden Geräten beschaltet werden. Vor der Installation des Gerätes müssen auch alle weiteren beteiligten Geräte, wie bei allen Arbeiten an einer Audio-Anlage üblich, ausgeschaltet sein. Beim Anschluß des Vorverstärkers gibt die Beschriftung der einzelnen genormten Cinch-Buchsen auf der Rückwand eine genaue Zuordnung an. Die Beschaltung der Eingänge „Phono“, „CD“ und „Tuner“ erfolgt daher in der Form, daß einfach nur die Ausgänge der entsprechenden Audiokomponenten mit den Eingangsbuchsen des Vorverstärkers zu verbinden sind. Der „Aux“-Eingang ist für den Anschluß von TV- oder Videorecorder-Tonsignalen vorgesehen. Dieser Eingang ist dem Tuner- und Tape-Eingang gleichwertig, d. h. er kann zwar für den Anschluß eines weiteren CD-Players genutzt werden, aufgrund der höheren Verstärkung dieses Kanals muß dann aber die Lautstärke korrigiert werden, ansonsten gibt es keine Einschränkungen bei Anschluß eines solchen Hochpegelgerätes.

Für den Anschluß eines einfachen Tape-Decks, einer Tonbandmaschine oder eines HiFi-tauglichen Videorecorders sind die Tape-Ein- und Ausgänge vorgesehen. Hier kann aber auch ein Mini-Disc- oder DAT-Recorder Anschluß finden. Der Eingang „Tape-In“ am Vorverstärker ist dabei mit

dem Ausgang des Tape-Decks zu verbinden. Am Ausgang „Tape-Out“ liegt das jeweils mit dem „Input Selector“ ausgewählte und somit auch gerade hörbare Audiosignal an. An diesem Tape-Ausgang ist der Eingang des zugehörigen Tape-Decks anzuschließen. Sind die Audioquellen soweit angeschlossen, muß die Verbindung zur NF-Endstufe hergestellt werden. Am Line-Ausgang liegt bei Nennaussteuerung des CD-Einganges ein Ausgangssignal von maximal  $4,5 V_{\text{eff}}$  an. Der Vorverstärker ELV-RVV-100, der eigentlich als Signallieferant für die ELV-Röhrenendstufe RV-100 optimiert wurde, ist mit diesem max. Ausgangspegel und dem Ausgangswiderstand von  $1 k\Omega$  in der Lage, jede Endstufe mit ausreichendem Signalpegel zu versorgen. Sind alle Audioverbindungsleitungen angeschlossen und die Verbindung zum 230V-Netz hergestellt, kann die Vorstufe ihre Fähigkeiten in einer ersten Hörprobe unter Beweis stellen.

Nach dem Einschalten des Vorverstärkers mit dem mit „Power“ bezeichneten Netzschalter braucht die Vorstufe etwa zwei Minuten um „anzuheizen“. Während dieser Zeit muß der Lautstärkereglер auf Minimum stehen. Danach wird mit dem Eingangswahlschalter „Input Selector“ die Signalquelle gewählt und die Lautstärke langsam erhöht.

Die Abstimmung zwischen Vorverstärker und Endstufe sollte wie folgt geschehen: Der Lautstärkereglер der Vorstufe wird auf seinen Maximalwert gestellt, d. h. Rechtsanschlag, wobei mit den Pegelstellern an der Endstufe die maximale Ausgangsleistung eingestellt wird, bzw. die Lautstärke auf maximale Hörlautstärke geregelt wird. Gleichzeitig erfolgt über die Pegelinsteller der Endstufe auch die einmalige Einstellung der Stereo-Balance. Sind Vor- und Endstufe so aufeinander abgestimmt, wird mit dem Lautstärkeeinsteller an der Vorstufe der gesamte Regelbereich ausgenutzt. Sollte dieser nicht ausreichen, so erlaubt die eingebaute Mute-Funktion eine Dehnung des Lautstärkeeinstellbereichs. Mit Betätigung der „Mute“-Taste wird das Ausgangssignal um 20 dB abgeschwächt, was sich besonders angenehm bemerkbar macht, wenn kleine Lautstärken eingestellt werden sollen.

Somit sind alle Funktionen der Röhrenvorstufe beschrieben, und dem uneingeschränkten Hörgenuß steht nichts mehr im Wege. Mit der Entwicklung der zur bereits vorgestellten Röhrenendstufe ELV-RV-100 passenden Röhrenvorstufe ELV-RVV-100 haben wir einen kompletten Vollverstärker auf Röhrenbasis geschaffen, der in puncto Preis/Leistung überragend ist.

Die Firma :

**ELV Elektronik Forschungs- und Fertigungs-GmbH****26787 Leer**

erklärt, in alleiniger Verantwortung, daß das Produkt

**HiFi-Stereo-Röhrenvorverstärker****ELV-RVV-100**

auf das sich diese Erklärung bezieht, mit den folgenden Normen und Richtlinien übereinstimmt:

EMV-Richtlinie 89 / 336 / EWG,  
geändert durch RL 92 / 31 / EWG und  
RL 93 / 68 EWGNiederspannungsrichtlinie  
73 / 23 / EWG, geändert  
durch RL 93 / 68 / EWG

EN 55013 : 1990

EN 60065 : 1993

EN 55020 : 1996

## Hinweise zur Betriebsumgebung

Die zur Beurteilung des Produktes herangezogenen Normen legen Grenzwerte für den Einsatz im Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie in Kleinbetrieben fest, wodurch der Einsatz des Erzeugnisses für diese Betriebsumgebung vorgesehen ist.

Hierzu gehören folgende, typische Einsatzorte und Räumlichkeiten:

- Wohngebäude/Wohnflächen wie Häuser, Wohnungen, Zimmer usw.;
- Verkaufsflächen wie Läden, Großmärkte usw.;
- Geschäftsräume wie Ämter und Behörden, Banken usw.;
- Unterhaltungsbetriebe wie Lichtspielhäuser, öffentliche Gaststätten, Tanzlokale usw.;
- im Freien befindliche Stellen wie Tankstellen, Parkplätze, Vergnügungs- und Sportanlagen usw.;
- Räume von Kleinbetrieben wie Werkstätten, Laboratorien, Dienstleistungszentren usw.

Alle Einsatzorte sind dadurch gekennzeichnet, daß sie an die öffentliche Niederspannungs-Stromversorgung angeschlossen sind. Bei dem Einsatz in einer elektromagnetisch stärker gestörten Umgebung wie z.B. der typischen Industrieumgebung, können insbesondere Probleme mit einer nicht ausreichenden Störfestigkeit des Erzeugnisses auftreten.

Die oben genannte Firma hält die erforderliche Technische Dokumentation zur Einsicht bereit.



Leer, den 16. Dezember 1999

Dipl.-Ing. Lothar Schäfer

Entwicklungsleiter / EMV-Beauftragter