

14. Vollverstärker

In den Kapiteln 11 bis 13 wurden Leistungs- und Misch- bzw. Vorverstärker besprochen, die in Normwannen aufgebaut und für den Einbau in Verstärkergestelle vorgesehen sind. Bei diesen Konstruktionen bilden sowohl die Vor- als auch die Leistungsverstärker in sich geschlossene und daher auch austauschbare Einheiten. So vorteilhaft diese Aufteilung einer Verstärkerkette für viele Anwendungsgebiete ist, gibt es andererseits auch eine große Zahl von Aufgaben, für die es zweckmäßiger erscheint, Geräte

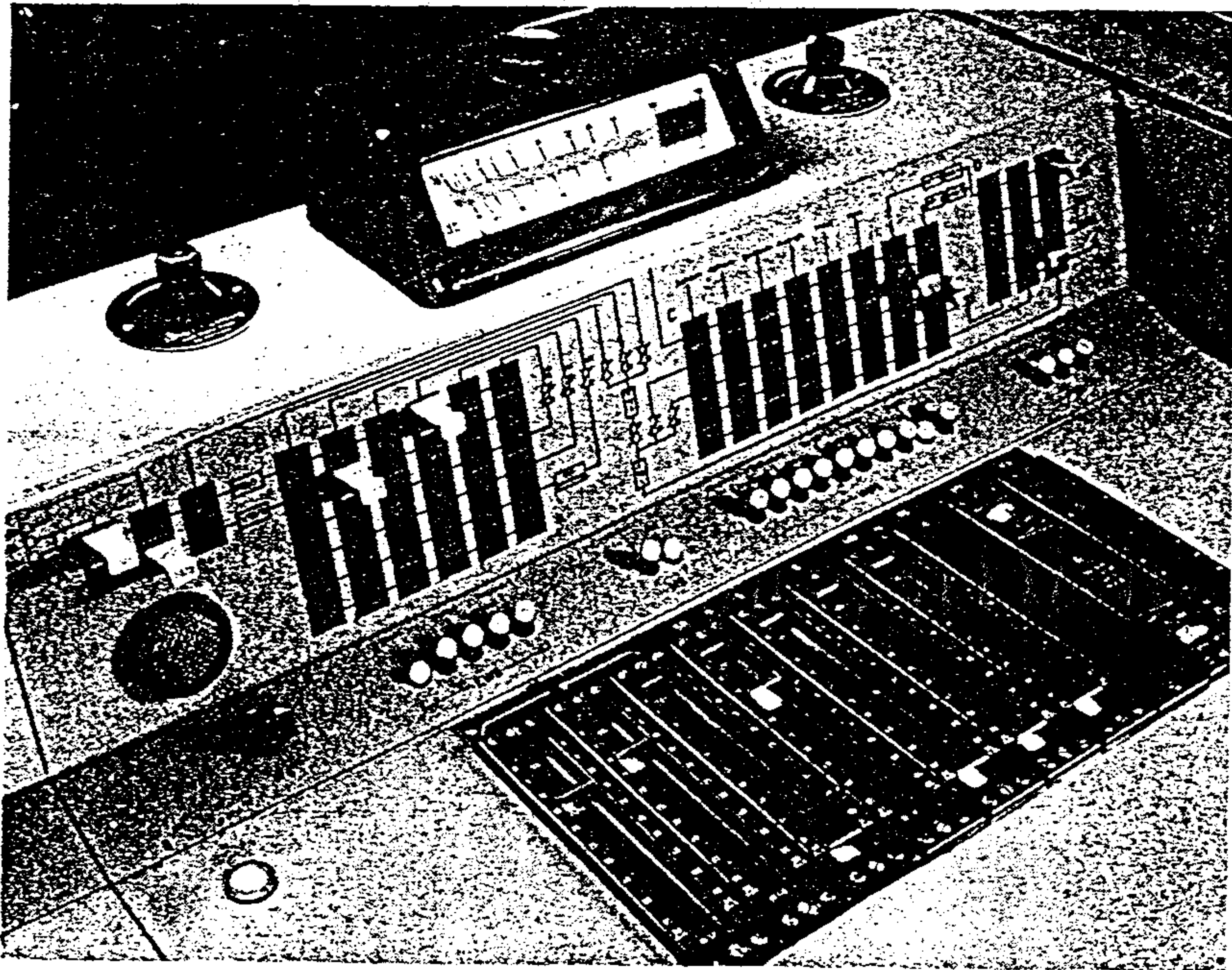


Bild 139. Teilansicht eines Regietisches des Südwestfunks mit Aussteuerungsmesser, Kreuzschienenverteiler, Blindschaltbild, Flachbahnreglern, Kommandomikrofon usw. (Aufnahme: Siemens).

14. Vollverstärker

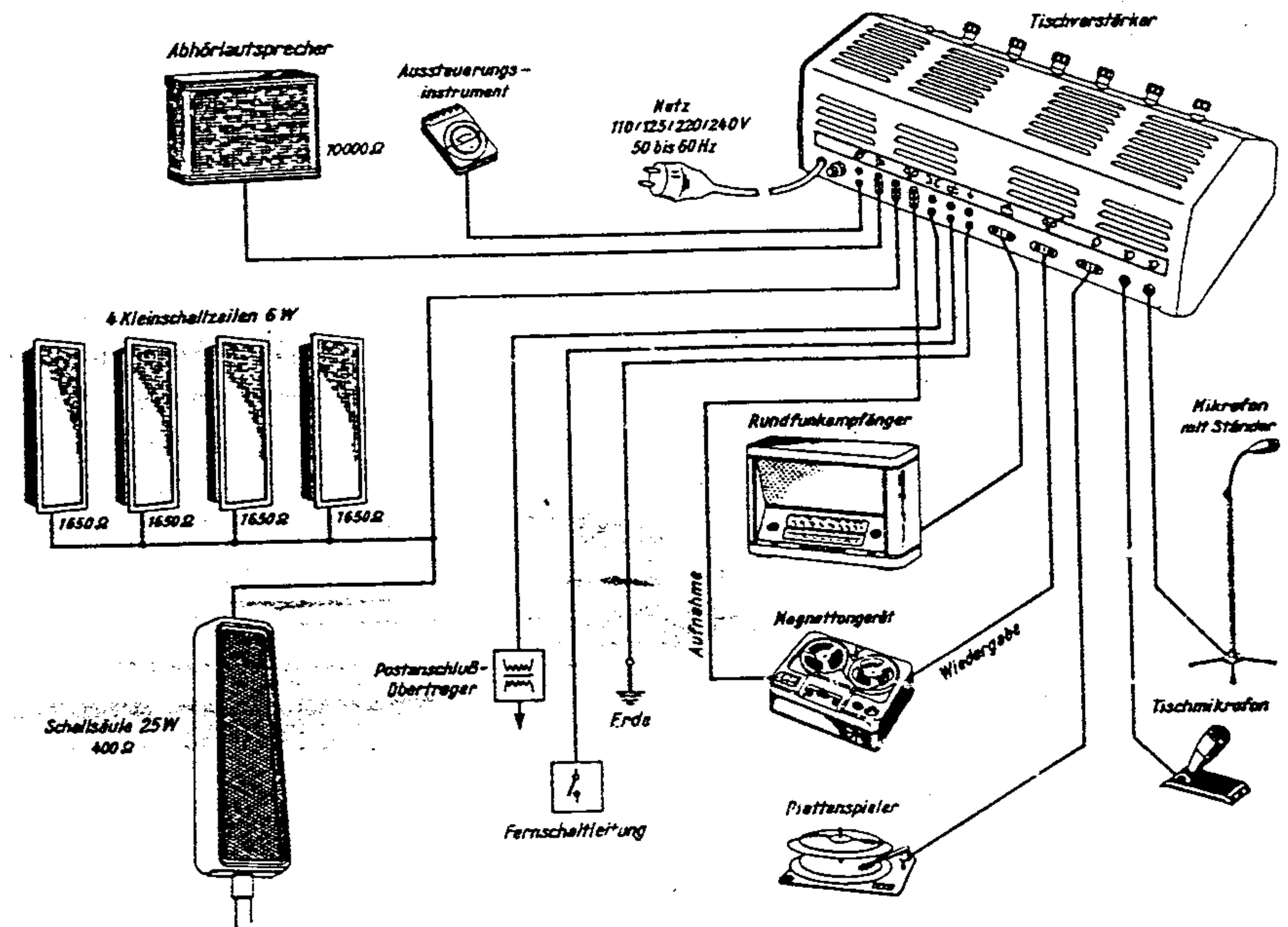


Bild 140. Blockschaltbild einer kompletten Übertragungsanlage ($P_a = 50$ Watt).

zur Verfügung zu haben, die gleichzeitig Vorverstärker mit Misch- und Frequenzregleinrichtungen sowie Leistungsverstärker enthalten. Derartige Verstärker nennt man Vollverstärker. Dieser Gerätetyp, der es gestattet, eine komplette Übertragungsanlage einfach zusammenschalten zu können (Bild 140), wird von einer Vielzahl von Firmen, durchweg in Form von Tischverstärkern und mit verschiedenen Ausgangsleistungen, hergestellt.

Die Röhren- oder — exakter ausgedrückt — die Stufenzahl solcher Geräte ist zwangsläufig von der betrieblich benötigten Eingangsempfindlichkeit, dem durch die Misch- und Frequenzregelglieder bedingten Dämpfungsfaktor wie auch von dem angewandten Gegenkopplungsgrad abhängig. Wenn auch die grundsätzliche Schaltung solcher Vollverstärker derjenigen der bisher besprochenen Vor- und Leistungsverstärker weitgehend ähnlich ist, so sei doch der Vollständigkeit halber nachstehend kurz auf die Schaltung und den Aufbau eines solchen Gerätes eingegangen.

Der 50-W-Siemens-Tischverstärker 6 S Ela 2525 (Bild 141) weist zwei mischbare Eingänge für niederohmige Mikrofone sowie Anschlußmöglichkeiten für Rundfunk, Magnetongerät und Plattenspieler auf. Die Anschlußbuchsen für diese Geräte liegen an einem Umschalter mit nachfolgendem Regler, so daß die Modulation je einer dieser Quellen mit der von einem oder zwei

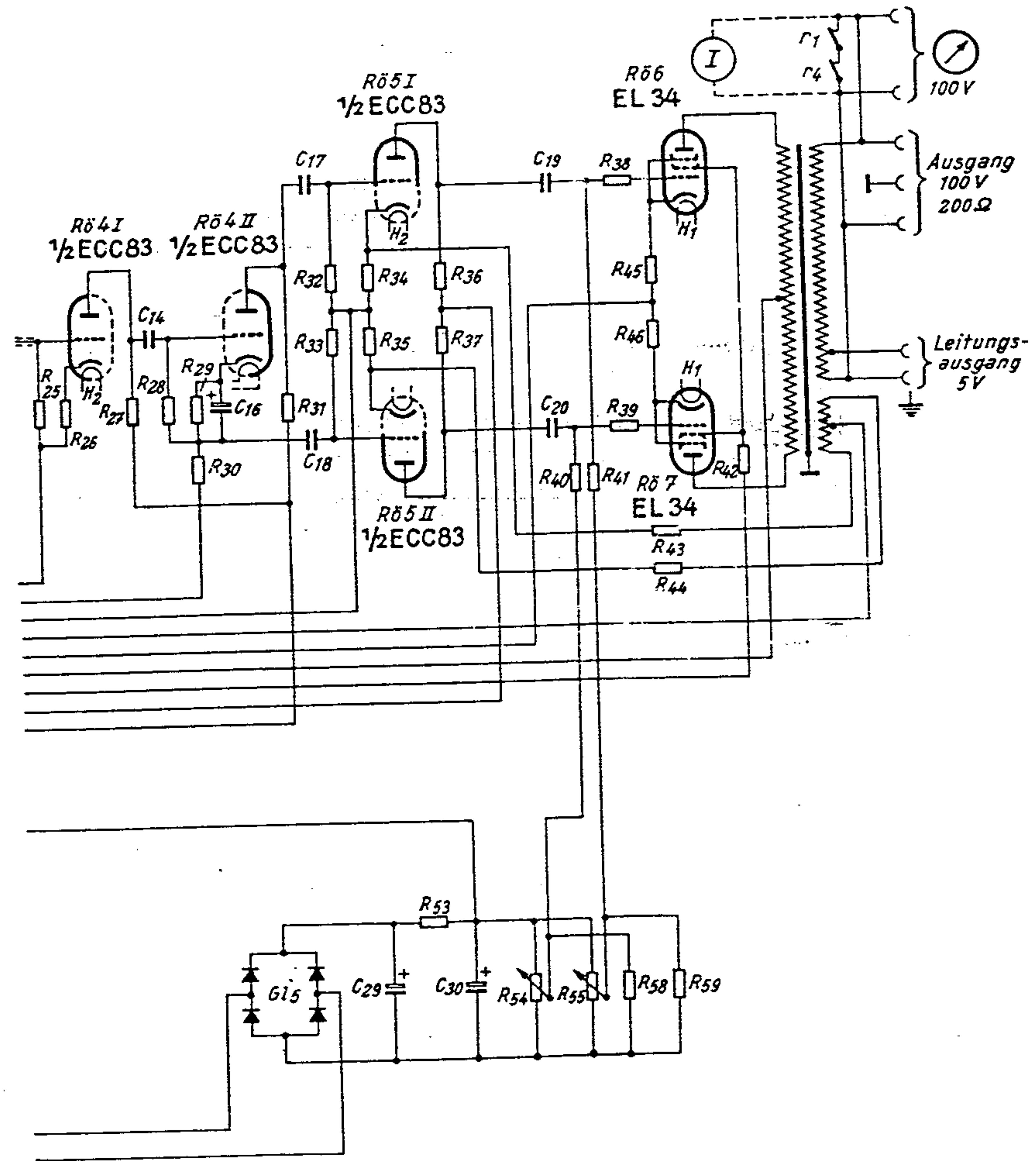
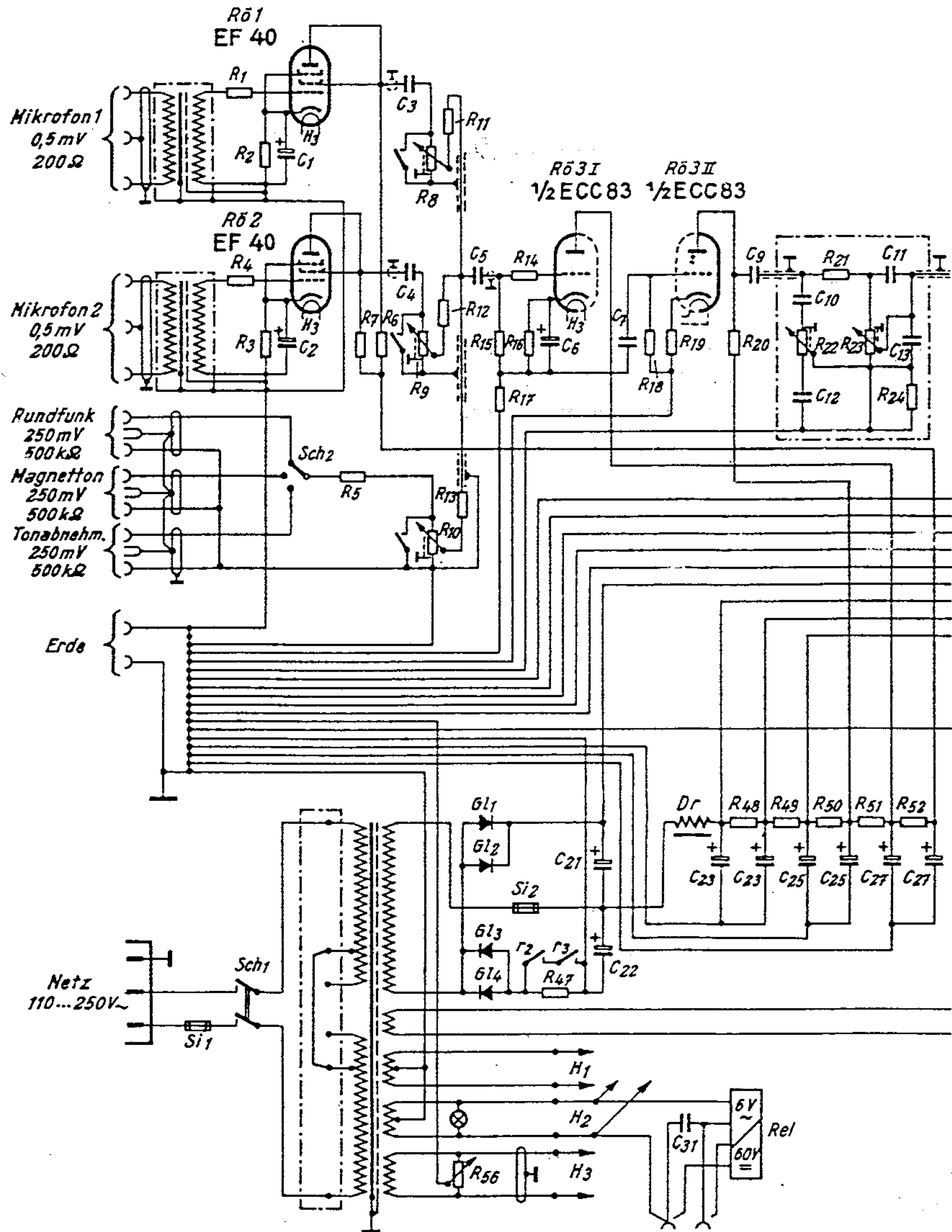


Bild 141. Stromlaufplan des Siemens-50-W-Tischverstärkers 6 S Ela 2525.

Stückliste zu Bild 141 auf Seite 268 und 269

$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{15} = 1 \text{ M}\Omega$	$R_{29} = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{43} = 50 \text{ k}\Omega$	$R_{58} = 500 \text{ k}\Omega$	$C_{14} = 10 \text{ nF}$
$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{16} = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{30} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{44} = 50 \text{ k}\Omega$	$R_{59} = 500 \text{ k}\Omega$	$C_{16} = 50 \text{ }\mu\text{F}$
$R_3 = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{17} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{31} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{45} = 15 \text{ }\Omega$	$C_1 = 50 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{17} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$
$R_4 = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{18} = 1 \text{ M}\Omega$	$R_{32} = 1 \text{ M}\Omega$	$R_{46} = 15 \text{ }\Omega$	$C_2 = 50 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{18} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$
$R_5 = 100 \text{ }\Omega$	$R_{19} = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{33} = 1 \text{ M}\Omega$	$R_{47} = 40 \text{ k}\Omega$	$C_3 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{19} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$
$R_6 = 150 \text{ k}\Omega$	$R_{20} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{34} = 2,5 \text{ k}\Omega$	$R_{48} = 20 \text{ k}\Omega$	$C_4 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{20} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$
$R_7 = 150 \text{ k}\Omega$	$R_{21} = 500 \text{ k}\Omega$	$R_{35} = 2,5 \text{ k}\Omega$	$R_{49} = 20 \text{ k}\Omega$	$C_5 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{21} = 40 \text{ }\mu\text{F}$
$R_8 = 500 \text{ k}\Omega$	$R_{22} = 5 \text{ M}\Omega$	$R_{36} = 250 \text{ k}\Omega$	$R_{50} = 20 \text{ k}\Omega$	$C_6 = 50 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{22} = 40 \text{ }\mu\text{F}$
$R_9 = 500 \text{ k}\Omega$	$R_{23} = 5 \text{ M}\Omega$	$R_{37} = 250 \text{ k}\Omega$	$R_{51} = 10 \text{ k}\Omega$	$C_7 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$	$C_{23} = 2 \times 16 \text{ }\mu\text{F}$
$R_{10} = 500 \text{ k}\Omega$	$R_{24} = 50 \text{ k}\Omega$	$R_{38} = 10 \text{ k}\Omega$	$R_{52} = 10 \text{ k}\Omega$	$C_9 = 10 \text{ nF}$	$C_{25} = 2 \times 16 \text{ }\mu\text{F}$
$R_{11} = 200 \text{ k}\Omega$	$R_{25} = 1 \text{ M}\Omega$	$R_{39} = 10 \text{ k}\Omega$	$R_{53} = 40 \text{ k}\Omega$	$C_{10} = 300 \text{ pF}$	$C_{27} = 2 \times 16 \text{ }\mu\text{F}$
$R_{12} = 200 \text{ k}\Omega$	$R_{26} = 2 \text{ k}\Omega$	$R_{40} = 200 \text{ k}\Omega$	$R_{54} = 100 \text{ k}\Omega$	$C_{11} = 500 \text{ pF}$	$C_{29} = 10 \text{ }\mu\text{F}$
$R_{13} = 200 \text{ k}\Omega$	$R_{27} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{41} = 200 \text{ k}\Omega$	$R_{55} = 100 \text{ k}\Omega$	$C_{12} = 3 \text{ nF}$	$C_{30} = 10 \text{ }\mu\text{F}$
$R_{14} = 50 \text{ k}\Omega$	$R_{28} = 100 \text{ k}\Omega$	$R_{42} = 500 \text{ }\Omega$	$R_{56} = 100 \text{ }\Omega$	$C_{13} = 5 \text{ nF}$	$C_{31} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$

Mikrofonen gemischt werden kann. Um bei der geringen Signalspannung von dynamischen Mikrofonen ein gutes Signal-Fremdspannungsverhältnis ($\geq 60 \text{ dB}$) sicherzustellen, besitzen die beiden Mikrofonvorstufen, die mit je einer als Triode geschalteten Röhre EF 40 bestückt sind, Eingangsträger.

Es mag hier die Frage auftauchen, warum anstelle von zwei Röhren EF 40 nicht eine Doppeltriode, z. B. eine ECC 85, Verwendung findet, zumal diese eine größere Spannungsverstärkung als eine in Triodenschaltung arbeitende Röhre EF 40 ergibt. Für die Benutzung der EF 40 oder einer ähnlichen Röhre anstelle einer Doppeltriode sind drei wesentliche Gründe zu nennen:

1. ist der äquivalente Rauschwert einer als Triode geschalteten EF 40 geringer als der einer allgemein üblichen Doppeltriode. Man erhält daher mit einer EF 40 oder dieser in ihren Daten entsprechenden Eingangsröhre (z. B. EF 804 oder EF 86) einen größeren Signal-Fremdspannungsabstand.

2. sind der Mikrofonieeffekt und die Klingempfindlichkeit bei Röhren wie z. B. der EF 40 bedeutend geringer als bei Doppeltrioden, z. B. der ECC 85.

3. Bei Mischverstärkern ist zu fordern, daß die Übersprechdämpfung zwischen den einzelnen Kanälen $\geq 80 \text{ dB}$ ist. Während bei Doppeltrioden infolge der Systemkapazität — wenigstens bei den hohen Frequenzen — die Gefahr des Übersprechens bei geschlossenen Reglern besteht, ist diese Gefahr bei Verwendung getrennter Eingangsstufenröhren nicht vorhanden.

Im Gegensatz zu den hinter dem Mischreglerfeld liegenden Verstärkerstufen, die sämtlich gegengekoppelt sind, arbeiten die beiden Mikrofonvorstufen ohne Gegenkopplung, da wegen der geringen Eingangspegel die

Aussteuerung dieser Röhren so gering ist, daß eine hier vorgesehene Gegenkopplung den Gesamtklirrfaktor des Gerätes nicht mehr verbessern würde.

Um in dem Verstärker 6 S Ela 2525 mit möglichst wenig Röhrentypen auszukommen, sind sämtliche hinter den beiden Mikrofonvorstufen folgenden Vorverstärkerstufen einheitlich mit Röhren ECC 83 bestückt.

Damit durch die im Mischreglerfeld benötigten Entkopplungsglieder mit Sicherheit ein Frequenzgang der Höhen vermieden wird, arbeitet die hinter dem Mischfeld folgende Röhre (Rö 3, I) als Katodenverstärker. Dieser steuert seinerseits die mit Stromgegenkopplung arbeitende Röhre Rö 3, II. Hierauf folgt ein Netzwerk, das eine kontinuierliche Beeinflussung der Tiefen und Höhen bis zu $\pm 15 \text{ dB}$ gegenüber der Bezugfrequenz 1 kHz ermöglicht. Da die Funktion derartiger Netzwerke bereits ausführlich besprochen wurde (siehe Kapitel 10 b und 13 a), braucht an dieser Stelle nicht mehr näher darauf eingegangen zu werden. Die hinter dem Frequenzgangreglernetzwerk folgende Röhre (Rö 4) arbeitet mit ihrem ersten System als stromgegengekoppelte Verstärkerstufe, während im zweiten System (Rö 4, II) mit Hilfe der Katodenschaltung die für die beiden Gegentaktstufen benötigte Phasendrehung erfolgt. Die letzte Vorverstärkerstufe (Rö 5, I + II) läuft bereits im Gegentaktbetrieb, so daß je ein System von Rö 5 eine Leistungsröhre (EL 54) steuert.

Um ohne Überlastungsgefahr für die Endröhren auch im Dauerbetrieb eine Wechselstromleistung von 50 W entnehmen zu können, arbeitet die Leistungsstufe im B-Betrieb. Da für diese Betriebsart die Gittervorspannung vom Anodenstrom unabhängig sein muß, wird diese einem Gitterspannungsgleichrichter (Gl₅) entnommen. Damit beide Endröhren auf gleiche Anodenruhestrome abgeglichen werden können, ist die Gittervorspannung für jede Endröhre über ein Potentiometer (R₅₄ und R₅₅) getrennt einstellbar. Um außerdem die Anodenströme der Endröhren bequem und gefahrlos messen zu können, ist in der Katodenleitung jeder Leistungsröhre ein 15- Ω -Meßwiderstand (R₄₅, R₄₆) gut zugänglich auf Lötösenstreifen vorhanden. Der an diesen Widerständen ausgelöste Spannungsabfall läßt sich ohne Schwierigkeiten durch ein handelsübliches, preiswertes Gleichspannungsmessgerät kontrollieren bzw. mit Hilfe der Potentiometer R₅₄, R₅₅ auf gleiche Werte einstellen.

Die Gegenspannung der Endstufe wird für beide Gegentaktzweige aus einer separaten Wicklung des Ausgangsübertragers abgenommen und über die Widerstände R₄₃, R₄₄ in die Katode der beiden Gegentaktvorstufensysteme wieder eingespeist. Durch diese Gegenkopplung wird nicht nur erreicht, daß der Klirrfaktor der Ausgangsstufe wesentlich verkleinert wird, sondern ferner, daß die Ausgangsspannung des Verstärkers zwischen Vollast und Leerlauf um nicht mehr als 30 % schwankt (siehe auch Kapitel 12).

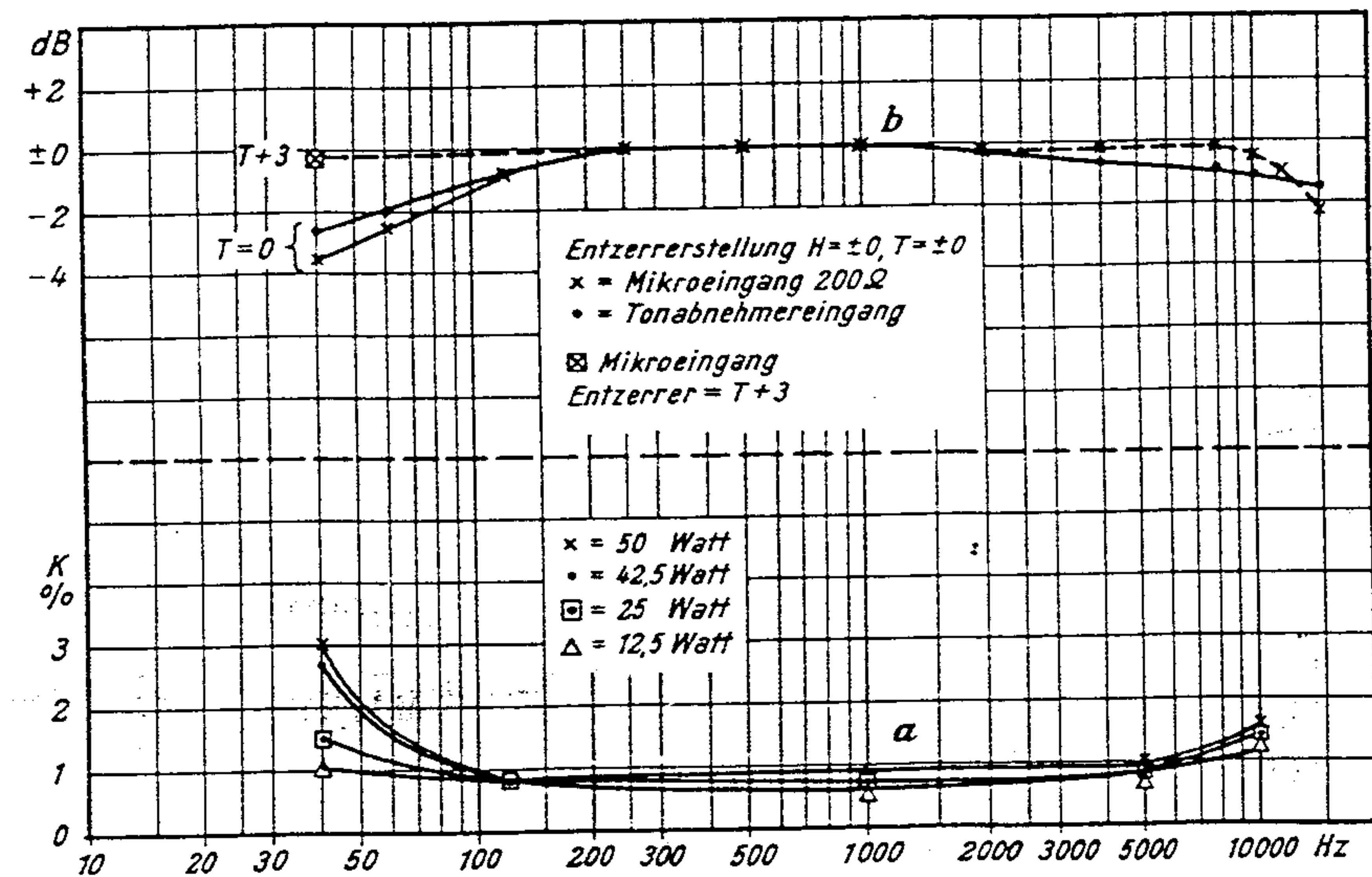


Bild 142. Kurve a: Klirrfaktorverlauf des Verstärkers 6 S Ela 2525 in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung. Kurve b: Frequenzgang bei neutraler Stellung des Höhen- und Tiefenreglers.

Den infolge der starken Gegenkopplung günstigen Klirrfaktorverlauf des Verstärkers 6 S Ela 2525 zeigt Bild 142, Kurve a, während die Kurve b Aufschluß über den Frequenzgang bei neutraler Stellung des Höhen- und Tiefenreglers gibt.

Gemäß Gleichung (XII, 1) beträgt bei einem 50-W-Verstärker mit 100-V-Ausgang der maximal zulässige Verbrauchswiderstand

$$R_v = \frac{10^4}{5 \cdot 10^1}$$

$$R_v = 200 \Omega$$

Genau wie Generatoren zur Vermeidung von Beschädigungen nicht überlastet werden dürfen, ist bei Verstärkern mit Norm-Ausgang zu beachten, daß der sich insgesamt ergebende Abschluß- oder Verbraucherwiderstand nicht unter den für die jeweilige Verstärkerleistung zulässigen Wert, im Beispielfalle 200 Ω, sinken darf.

Aus dem Stromlaufplan Bild 141 ist zu ersehen, daß beim Verstärker 6 S Ela 2525 ein zusätzlicher 5-V-Ausgang vorhanden ist. Dieser Ausgang ist jedoch nicht zur Entnahme von Leistung, also nicht zum Anschluß von

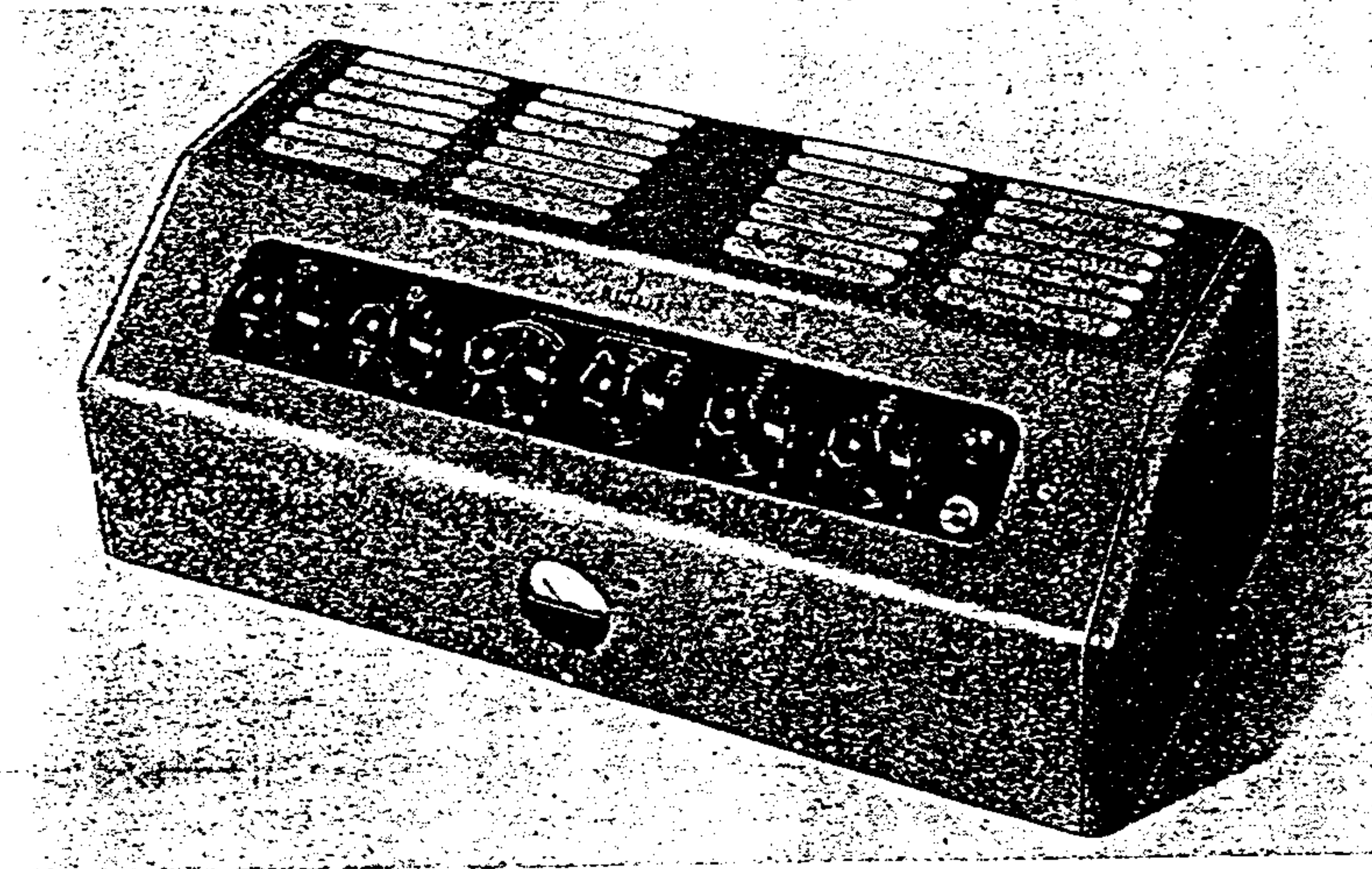


Bild 143a. Siemens-50-W-Tischverstärker 6 S Ela 2525.

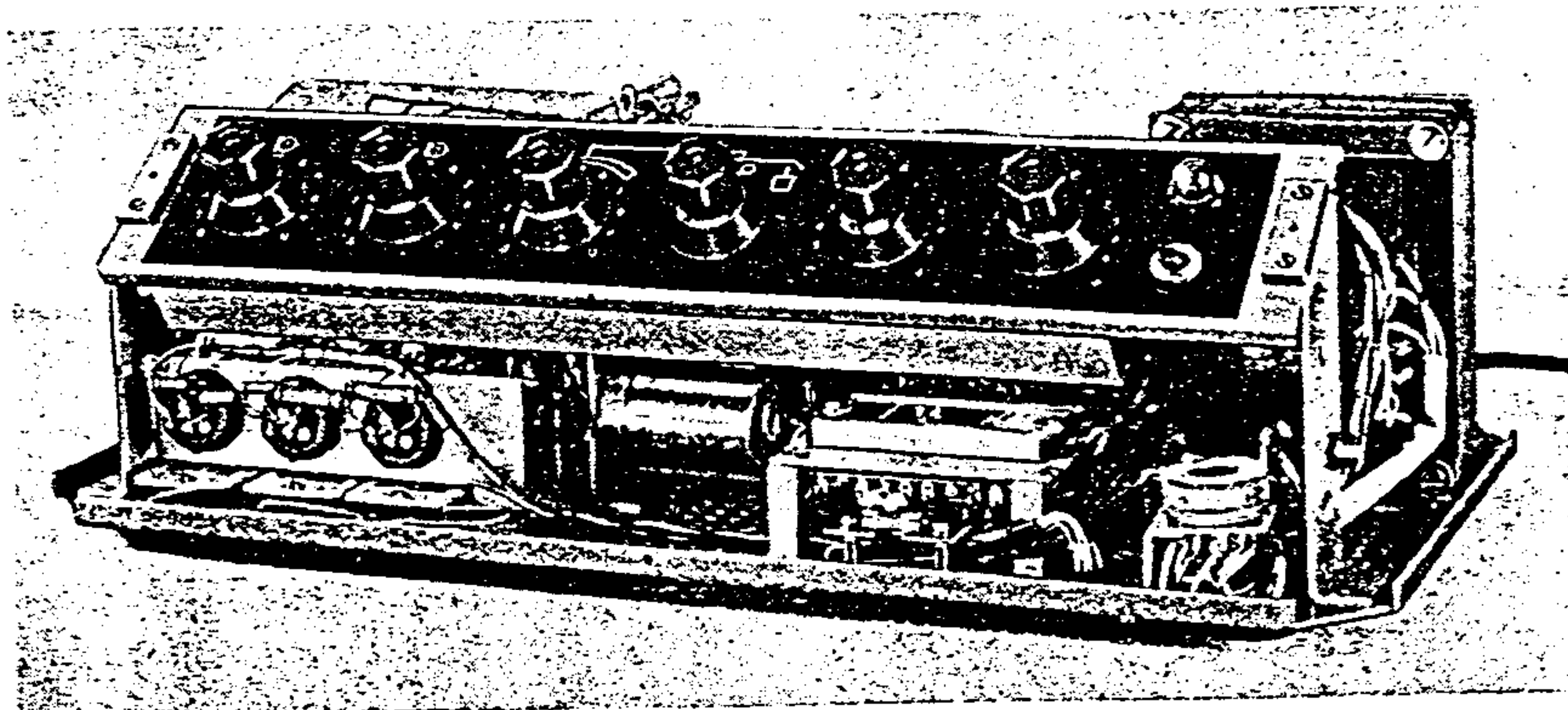


Bild 143b. Siemens-50-W-Tischverstärker 6 S Ela 2525 bei abgenommener Schutzhaube.

Lautsprechern vorgesehen, sondern er dient dazu, eine ausreichend hohe Steuerspannung zum Anschluß weiterer Endstufen oder eines Magnettonaufsprechverstärkers zur Verfügung zu stellen.

Damit zur Erzeugung der für die Endröhren benötigten hohen Anodenspannung weder ein teurer Hochspannungstransformator noch entsprechend kostspielige und sperrige Hochspannungsladekondensatoren benötigt werden, der Verstärker 6 S Ela 2525 sich also wirtschaftlich fertigen läßt, weist der Stromversorgungsteil eine Spannungsverdopplerschaltung auf (siehe

Kapitel 7 a 4). Auf diese Weise steht bei Anwendung üblicher Trockengleichrichter und Kondensatoren am Ausgang der Verdopplerschaltung die von den Endröhren benötigte hohe Anodenspannung zur Verfügung, während zwischen den Ladekondensatoren (C_{21} , C_{22}) die für die Schirmgitter der Endröhren und die Vorstufen benötigte Anodenspannung abgegriffen und über die Siebkette den Röhren zugeführt wird.

Das Aussehen des Verstärkers 6 S Ela 2525, dessen Abmessungen mit $500 \times 260 \times 160$ mm für die entnehmbare Wechselstromleistung von 50 W als gering zu bezeichnen sind, zeigt Bild 145. Die Betriebsausrüstung des Gerätes kann auf Wunsch sowohl durch ein zur Aussteuerungskontrolle eingebautes Meßinstrument (I) als auch durch ein Vorheizrelais erweitert werden. Letzteres ermöglicht es, bei geschlossenem Netzschalter (Sch_1) lediglich die Röhren zu heizen, während die Anodenspannung erst mittels Relais über eine Leitung eingeschaltet wird. Durch diese Hilfsschaltung ist die Anlage ohne die u. U. lästige Vorheizzeit dauernd sprechbereit, ohne daß die Röhren einer nennenswerten Abnutzung unterliegen.