

## Vorbemerkung

Bei der näheren Betrachtung von Transistor-Endstufen ist immer wieder festzustellen, daß schon fast halbbrecherisch zu nennende Anstrengungen unternommen werden müssen, um die extrem hohen Signalspannungen für den Betrieb von Elektrostaten zu ermöglichen»

So sind zum Beispiel die erforderlichen Hochspannungstransistoren extrem teuer und von mimosenhafter Empfindlichkeit.

Ein mit Röhren aufgebauter Verstärker verursacht diese Schwierigkeiten nicht, da ihre Betriebsspannungen sehr viel höher sind, als die der Transistoren (mit Ausnahme der oben genannten Hochspannungstransistoren).

Weiterhin sinkt auch die Anzahl der erforderlichen Verstärkerstufen auf eine kleinere Zahl herab. Mit den noch verbleibenden gehörmäßigen Vorteilen gegenüber dem Transistor kann also festgestellt werden, daß die Röhrenversion zumindest für den Betrieb von Elektrostaten besser geeignet ist, als ihre transistorierte Schwester.

Die hier vorgestellte Einheit -Röhrenendstufe mit Quad-M-H-Elektrostaten- stellt ein universell verwendbares M-H-System dar, das an keine spezielle Bassbox gebunden ist. Jedoch sollte ein so ausgesprochen gutes M-H-System nicht mit minderwertigen Basslautsprechern gepaart werden.

Die Wiedergabe von Musikereignissen und Stimmen mit diesem Verstärker-Lautsprechersystem ist von erstaunlicher Transparenz und Natürlichkeit.

Sind Basslautsprecher und Hochtöner richtig aufeinander abgestimmt (dazu dient P1) ist bei guten Platten mitunter nicht mehr festzustellen, ob die Geräusche im Raum oder im Lautsprecher erzeugt wurden.

Kurzum- das Betreiben eines Elektrostaten im Mitteltonbereich macht erst richtig deutlich, wie kläglich sich andere Lautsprecher (z.B. Kalotten) abmühen ihre träge Masse im Takt der Musik zu bewegen. Der Grund für diese Erkenntnis, zu der jeder Elektrostatenbesitzer kommen wird, liegt darin, daß weitaus geringere Massen im elektrostatischen Wandler beschleunigt werden müssen als bei dynamischen Lautsprechern.

## Konstruktionsmerkmale

Um den Röhrenverstärker auch möglichst für Elektronik-Neulinge nachbaubar zu machen, waren folgende Punkte ausschlaggebend:

- Alle Bauteile sind auf einer gedruckten Schaltung untergebracht, um die bei den freiverdrahteten Schaltungen leicht möglichen Fehler und Brummschleifen usw. vollkommen auszuschließen
- Um den äußeren Verdrahtungsaufwand so gering wie möglich zu halten, sollten alle für den Betrieb erforderlichen Bauteile auf einem einzigen Print untergebracht sein, so daß lediglich der Lautsprecher eine Eingangsbuchse und der Trafo angeschlossen werden müssen



entfallen, so das lediglich die Frequenzweiche abgeglichen werden muß

werden muß. Sowohl aktiv wie passive Frequenzweichen sollen auf dem gleichen Print realisierbar sein

- Für die Frequenzweichen sollen 6, 12 und 18dB vorwählbar sein

### Verwendungsmöglichkeiten

Der hier beschriebene Verstärker ermöglicht den Einsatz des Quad-M-H-Elektrostaten (o.l.) im aktiven Betrieb für Frequenzen ab 400Hz.

Durch Umlöten und das Ersetzen von Bauteilen durch Drahtbrücken, ist es möglich sowohl für aktive wie auch passive Frequenzweichen abgestufte Filtersteilheiten bis 18dB zu realisieren.

### Bauanleitung

Falls sie die Platine selbst hergestellt haben, überprüfen Sie diese sehr Sorgfältig auf Überätzungen, Feinschlüsse und Leiterbahnenunterbrechungen, es erspart Ihnen unter Uniständen viel Ärger.

Ist die Platine in Ordnung, wird diese zunächst mit den Röhrenfassungen, den Lötnägeln und den Drahtbrücken bestückt. Die Drahtbrücke, die vom Widerstand R13 zum Kondensator C15 führt, ist als isolierter Draht auf der Lötseite der Platine anzubringen.

Als nächstes werden die Widerstände und dann erst die Kondensatoren und zum Schluß die Halbleiter eingelötet.

### Aktiv Weiche , Passiv Weiche das ist hier die Frage!

Diese Frage kann aber nicht schlüssig beantwortet werden (deshalb sind beide Varianten auf dem Print möglich) . Wenn Sie sich z.B. dafür entscheiden, die Röhrenendstufe direkt an ihrem Vorverstärker zu speisen, ist es ratsam eine aktive Weiche zu benutzen, da diese den Verstärker nur unwesentlich belastet.

Klanglich haben jedoch beide Weichentypen ihre Vor- und Nachteile, da die wirklich ideale Frequenzweiche noch nicht erfunden wurde.

### Sie haben sich für die passive Weiche entschieden!

Dann überprüfen Sie ob die Drahtbrücke "A" eingelötet ist. Die Werte für Ca, Cb und L errechnen sich für andere Übernahmefrequenzen als 400Hz wie folgt:

	6dB	12dB	18dB	Einheiten
$C_c \hat{=} C$	durch Drahtbrücke ersetzt	durch Drahtbrücke ersetzt	↑	} nF, kHz
$C_d \hat{=} G$	durch Drahtbrücke ersetzt	$\frac{10}{f}$	$\frac{10}{f}$	
$C_e \hat{=} \tilde{C}$	$\frac{10}{f}$	↓	↓	
R40	entfällt	entfällt	11,3	kΩ
R41	entfällt	11,3	4,42	kΩ
R42	15,8	22,6	78,7	kΩ

Auch diese Formeln sind so vereinfacht (aber trotzdem noch genau), daß Sie mit dem einfachsten Taschenrechner in der Lage sind, ihre ganz persönliche Trennfrequenz selbst zu errechnen. Jedoch gilt die Einschränkung, daß die Formeln für die Kondensatoren nur dann gelten, wenn die Widerstände R40 - R42 möglichst enge Toleranzen aufweisen (1%). Wie sie sehen können, erreichen sie das Ändern der Übernahmefrequenz durch einfaches verändern der Kondensatoren C ( $C_c$ ,  $C_d$ ,  $C_e$ ). Das gibt Ihnen im Gegensatz zur passiven Weiche den Vorteil die Übernahmefrequenz frei nach dem eigentlichen Aufbau (nachträglich) festzustellen und zu optimieren.

Nun haben Sie es geschafft, der Verstärker ist jetzt betriebsbereit für den ersten Test, wenn Sie den Trafo und den Lautsprecher anschließen - aber VORSICHT! Dieses Gerät arbeitet prinzipbedingt mit Hochspannungen.

Eine Berührung der Lötseite oder der Bauteile an ihren Anschlußdrähten kann ebenso t ö d l i c h sein, wie das Anfassen der Elektrostaten. Selbst wenn Sie den Stecker herausgezogen haben, kann eine Berührung lebensgefährlich sein, da die Kondensatoren auch nach dem Abschalten noch recht hohe Spannungen führen. Das gilt insbesondere für die Kondensatoren C10 und C11.

Wenn Sie also den Verstärker schon anfassen müssen, dann sollten Sie es nur an den Glaskolben der Röhren tun, wobei jedoch die Gefahr besteht, daß Sie sich die Finger verbrennen.

Nachdem Sie sich wirklich darüber im Klaren sind, daß Sie bei unachtsamer Handhabung mit dem Verstärker den Erfolg Ihrer Bemühungen (einen eisenlosen Treiber für elektrostatische M-H-Lautsprecher zu bauen) nicht erleben, schalten Sie Ihren Verstärker ein.



Wenn Sie ein Signal von etwa 1V an den Verstärker anlegen, muß dieses im Elektrostaten nach etwa 1Min Anheizzeit hörbar sein. Für Oszilloskopbesitzer sei hier angemerkt, daß die Spannung an den Platten bis etwa 1300 Vss mittels Poti P1 einstellbar sein muß. Wenn es knallt oder einfach nicht funktioniert muß ein Fehler in der Bestückung oder auf dem Print (nur durch Ätzfehler möglich) vorliegen. Die Schaltung selbst ist absolut sicher und Funktionstüchtig. Es kann nur an den oben genannten Fehlern oder einem defekten Bauteil liegen, und dann gelten die üblichen Regeln der Fehlersuche.

### Einbau in ein Gehäuse

Nun kommt der für den Hobbyelektroniker immer so leidvolle Einbau in ein Gehäuse.

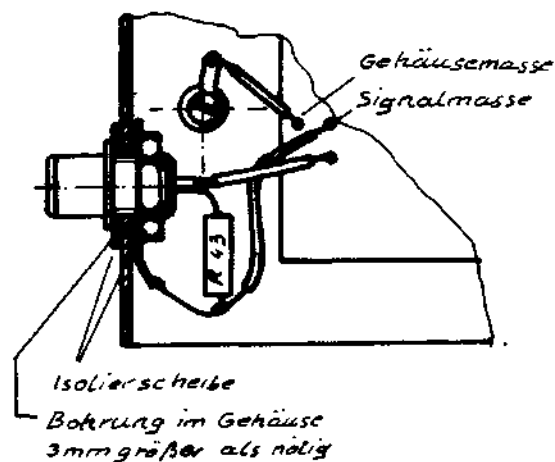
Für diesen Verstärker und auch für den Elektrostaten ist der Einbau in ein Gehäuse aus Sicherheitsgründen unbedingt erforderlich.

Dieses Gehäuse muß geerdet und so luftdurchlässig sein, daß beim Betrieb zum Einen kein Hitzestau entstehen kann und zum Anderen der Elektrostat in seinem hervorragenden Abstrahlverhalten nicht beeinträchtigt wird.

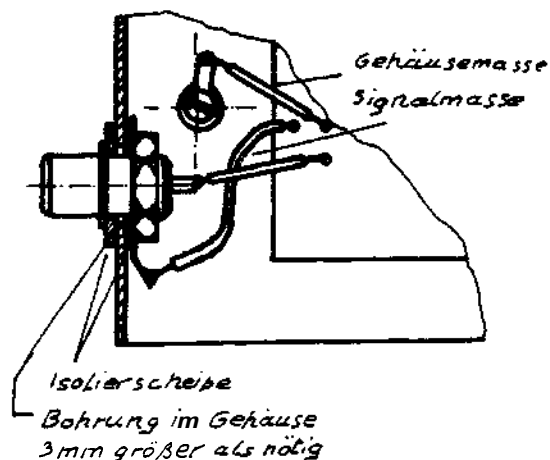
Als Material kann das in fast jedem Baustoffhandel erhältliche Aluminiumlochblech verwendet werden, wobei die Kanten mit den für den einfachen Selbstbau geeigneten Profilschienen gebildet werden.

Bei dem Einbau der Eingangsbuchse in des Gehäuse, achten Sie darauf, daß die Masse der Buchse vom Gehäuse isoliert ist (mit Meßgerät nachprüfen).

Bei der aktiven Weiche wird die Masse der Eingangsbuchse und Gehäuseeinasse wie in dem Gesamtbestückungsplan angegeben angeschlossen. Zusätzlich wird R43 parallel zum Eingang angeschlossen. (Siehe Skizze)



Für die passive Weiche sieht die Belegung der Eingangsbuchse etwas anders aus und zwar entfällt der Widerstand R43 und Signalmasse der Buchse wird an den Punkt auf der Platine angeschlossen, der mit Gehäusemasse bezeichnet ist. Dafür wird das Gehäuse an den mit Signalmasse bezeichneten Anschluß auf der Platine verbunden (siehe Skizze).



Prüfen Sie nach Fertigstellen der Eingangsbelegung, ob die Massefreiheit wirklich gewährleistet ist (durchmessen mit dem Ohmmeter zwischen Erdklemme des Netzsteckers und Masse der Eingangsbuchse  $R = R39 = 100\Omega$ ). Vernachlässigen Sie diese Prüfung, ist es durchaus möglich, daß eine Brummschleife gebildet wird, wenn nämlich Ihre Endstufe für den Basslautsprecher ebenfalls geerdet ist und bei diesem die Signalmasse mit der Erdung verbunden ist. Von einem Hörgenuß kann dann nicht mehr die Rede sein.



## Widerstände 0,5Watt 5%

R1,R4,R8,R9,R14,R15	= 1M
R2,R5,R7,	= 47k
R3	= 4,7k
R6,R11,R12	= 1k
R10,R13	= 100k
R16,R18,R21,R22	= 47
R17,R19,R20,R23,R24,R25	= 1,7k 1W -
R26,R27,R29,R30,R31,R33,R34	= 470k
R28	= 10M
R32	= 2 Stück je 68k 2W in Reihe
R35 - 38	= 4/0
R39	= 100

P1 = 1k log. Poti

## Kondensatoren

C1,C2,C4,C5,C6,C7	= 22nF/400V
C3	= 10 $\mu$ F/40V
G8,G9	= 220nF/(1250V) 630V
C10,C11	= 22...47nF/1500V
C12,C13,C14	= 100 $\mu$ F/350V
C15,C16	= 47 $\mu$ F/350V

Rö 1,2 = 12AX7 (ECC83)

Rö 3-6 = 6BQ5 (EL84)

D1-6 = 1N4007



Weiter für passive Frequenzweiche

( 400Hz, 18dB )

L = 355 Windungen mit Kupferlackdraht  
von 0,05mm Ø auf Schalenkernsatz  
(Siemens)

B65541 - K - R48

B65542 - B - T1

B65542 - A5000

B65545 - B10

Ca = 270nF

Cb = 680nF und 120nF

Weiter für aktive Weiche

( 400Hz, 18dB )

R40 = 11,3k 1%

R41 = 4,42k 1%

R42 = 78,7k 1%

R43 = 1k

C17, C18 = 47µF/35V

C19, C20 = 10nF

C21, C22 = 10µF Tantal/16V

Ca, Cb, Cc = 22nF für 450Hz (Rastermaß 7,5mm)

31 = B40/C1000 O.A. ✓

D7, D8 = 1N4001

1 Trafo

640V / 100mA

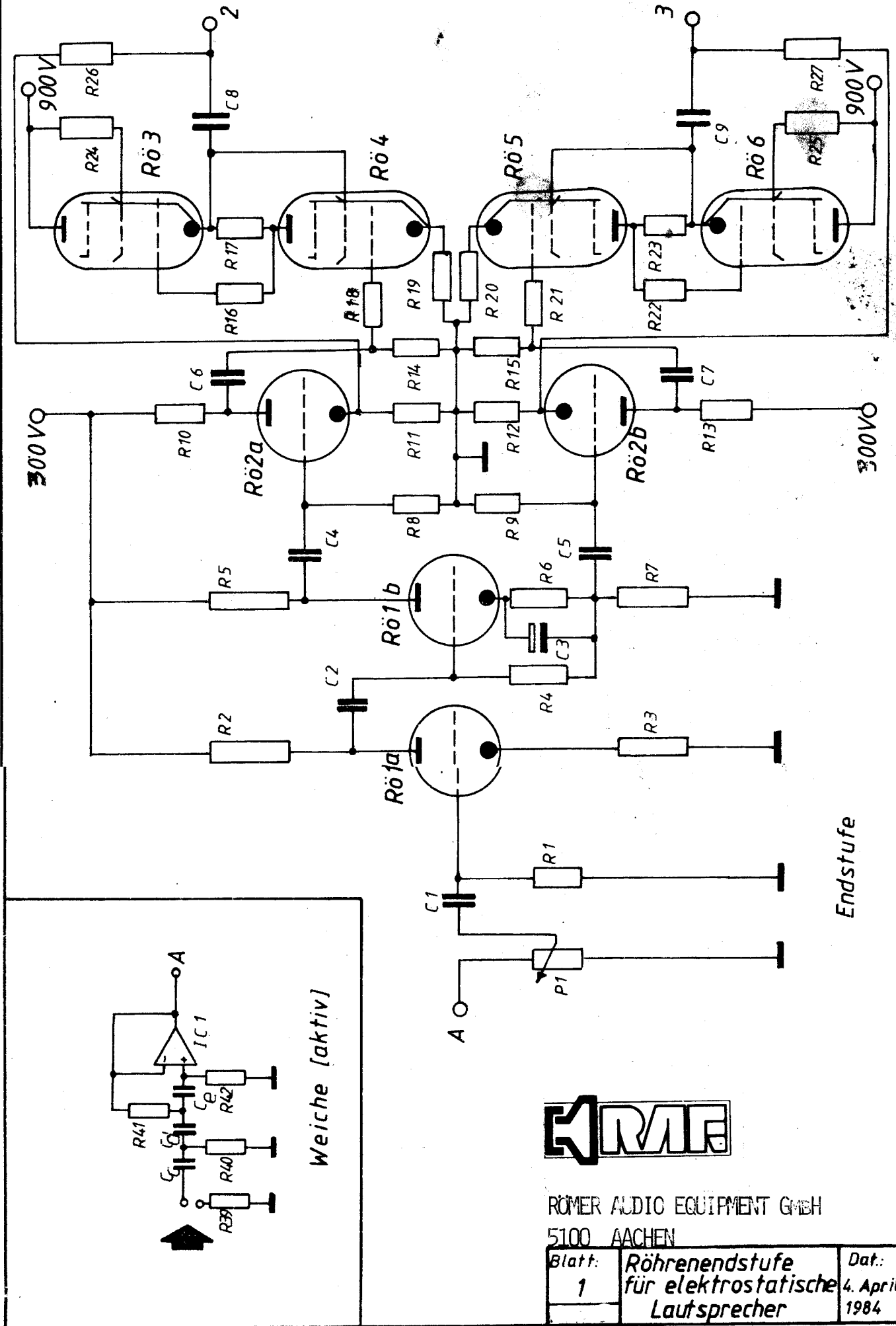
15V / 100mA

15V / 100mA

6,3V / 600mA

6,3V / 3A



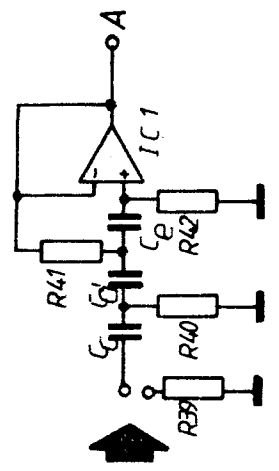


Endstufe



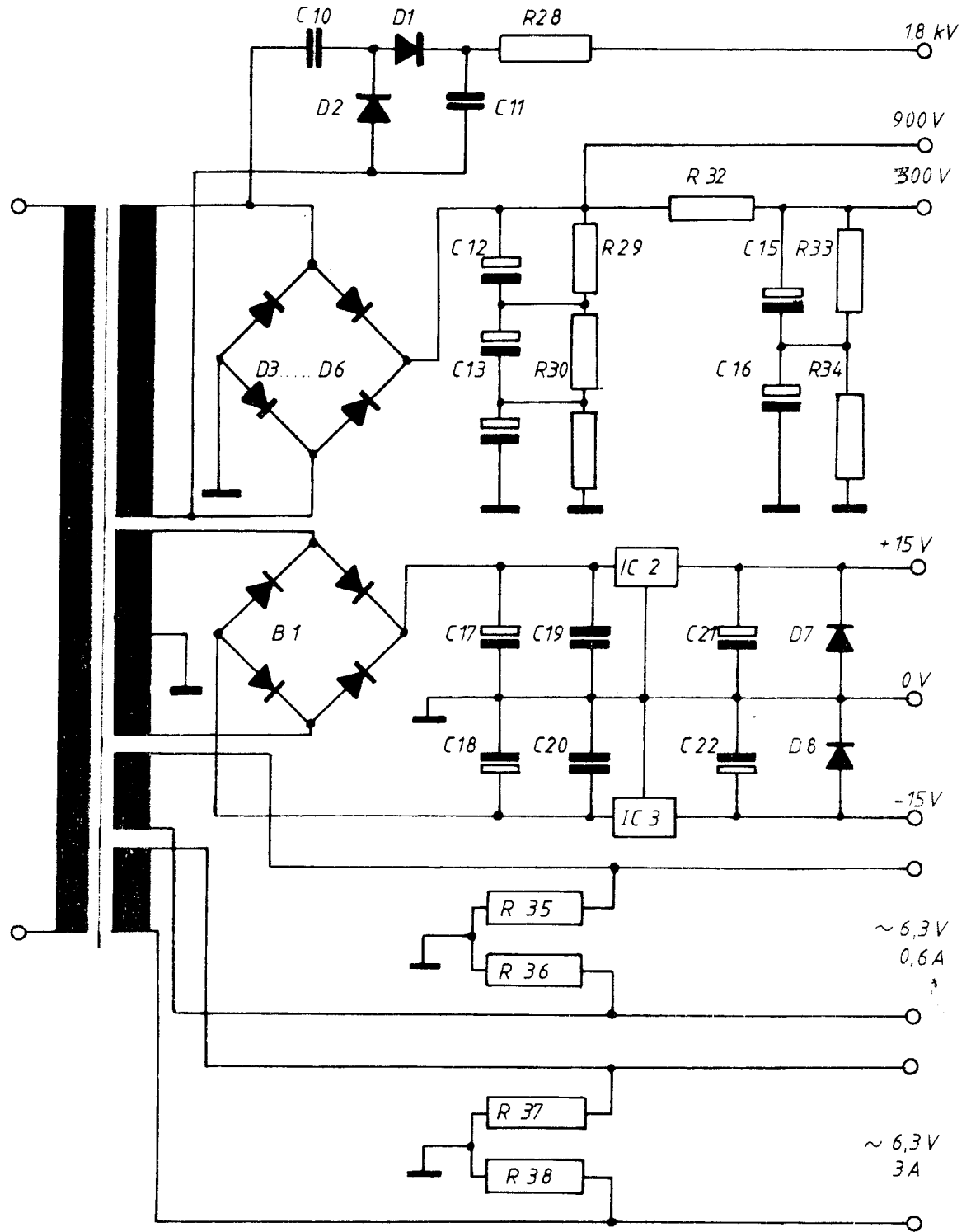
RÖMER AUDIO EQUIPMENT GMBH  
5100 AACHEN

Blatt: 1	Röhrenendstufe für elektrostatische Lautsprecher	Dat.: 4. April 1984
-------------	--	---------------------------



Weiche [aktiv]

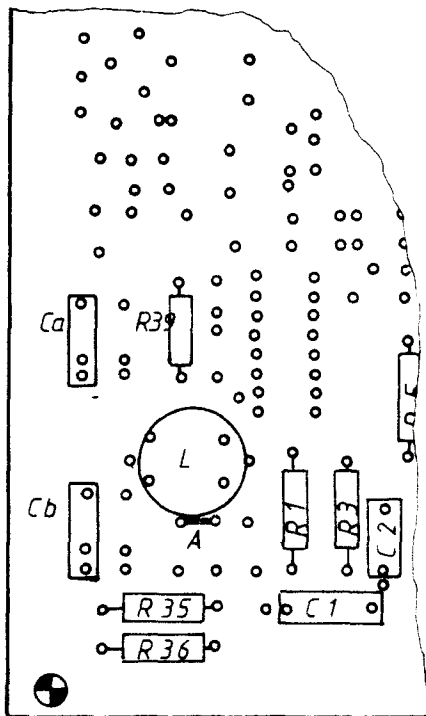
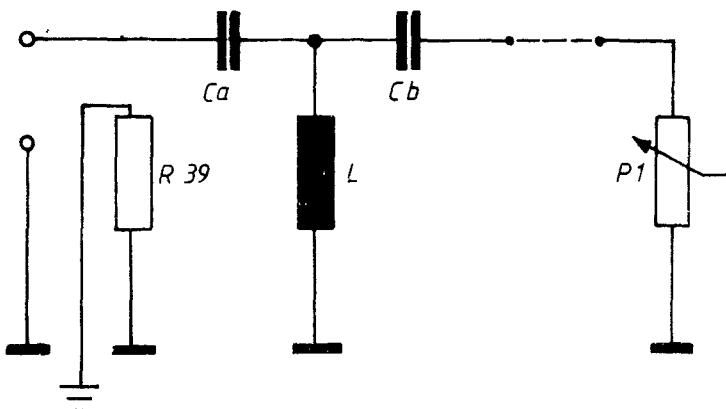




Netzteil

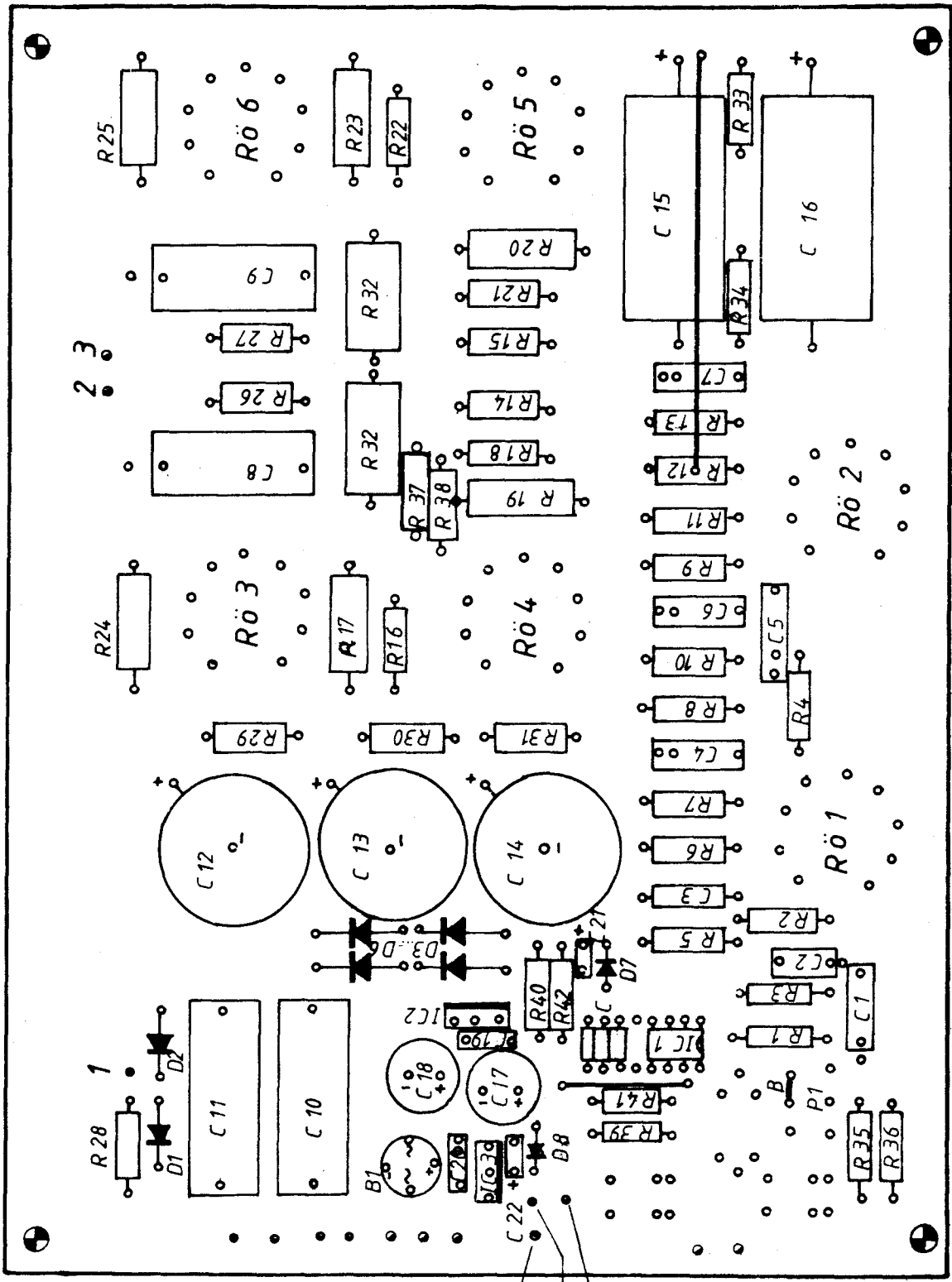
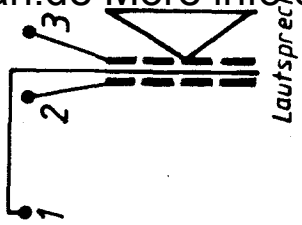


Blatt: 2	Röhrenendstufe für elektrostatische Lautsprecher	Dat.: 4. April 1984
-------------	--	---------------------------



Weiche [passiv]





~ 640V  
 ~ 6,3V 2A  
 ~ 15V 0  
 ~ 15V

Gehäuse  
 Eingang  
 Nf

6,3V  
 0,3A



Blatt: 4	Röhrenendstufe für elektrostatische Laufsprecher	Dat.: 5. April 1984
-------------	--	---------------------------