

# *radio tv* *electronic*

Schweizerische Fachzeitschrift ● Revue technique suisse ● Swiss technical review

Sonderdruck aus Heft 8/1973





## Schweizer Musik-Präzision

---

hi-fi-stereo

---

Mit dem REVOX-System 700 stellt die Firma Willi Studer eine vollständig neuentwickelte Hi-Fi-Stereo-Quadro-Anlage vor. Diese Serie stellt keineswegs etwa einen Ersatz der bestehenden Modelle dar, sondern ist eine Qualitätsklasse für sich, die die Lücke zwischen Amateur- und Studiogeräten weiter schliesst. Die Anlage besteht aus dem Stereotonbandgerät

A 700, aus dem Digital-FM-Tuner-Vorverstärker A 720 und aus der Stereo- oder Quadro-Endstufe A 722 bzw. A 724.

Weil diese neuen Geräte eine derartige Fülle von technisch interessanten Details und Raffinessen aufweisen, ist es natürlich völlig unmöglich, im Rahmen dieses Artikels auch nur annähernd alles aufzuzeigen. Es wird Gegenstand weiterer Arbeiten in den folgenden Nummern sein, diese neuen Geräte vorzustellen.

---

## Tonbandgerät A 700

Es werden in grossem Umfang ICs verwendet, davon 4 nach Werk-Spezifikationen entwickelte «Kunden-ICs», in den Blockschaltbildern als «STUDER IC» bzw. «STUDER LSI» bezeichnet (stark eingerahmt): Ein LSI für die vollelektronisch verriegelte Laufwerksteuerung; ein LSI für den Frequenzteiler und die Phasenvergleichsschaltung für Tonmotor-Quarzsteuerung; ICs für die elektronische Steuerung aller 3 Motoren sowie extrem rauscharme NF-Operationsverstärker.

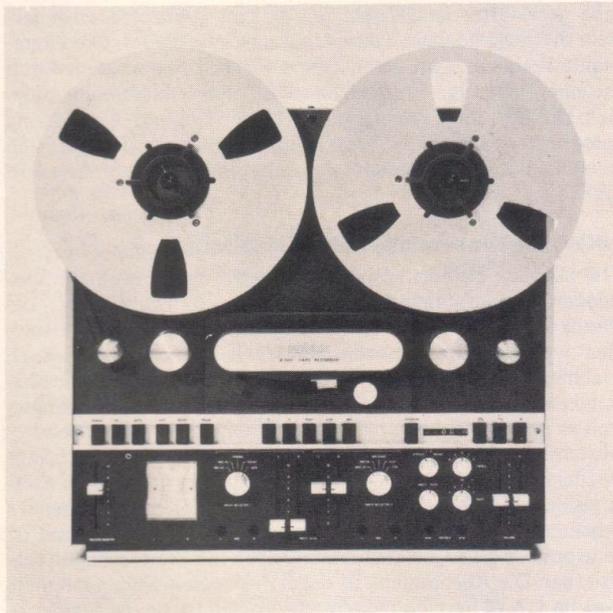
## Tonmotor-Regelelektronik mit Quarzreferenz

Der Tonmotor wird elektronisch geregelt. Hier wird als Referenz die Frequenz eines Quarzoszillators herangezogen. Um die beim Frequenzvergleich systemimmanente Regelabweichung zu kompensieren, erfolgt die Restsynchronisierung des Tonmotors durch Phasenvergleich. Die Quarzstabilisierung (Quarzoszillator mit «Uhren»-Frequenzteiler) und Ringabtastrer um den Tonmotor stellt eine für Tonbandgeräte einmalige Motorregelung dar. Bei dem hohen Elektronik-Aufwand war eine Synchronanzeige ebenfalls realisierbar, die das «Einrasten» des Tonmotors in die gewählte Quarzreferenz für jede der drei Bandgeschwindigkeiten anzeigt. Die 3 Motoren werden mit einer Sinussteuerung geregelt, um Schrittmotor-Effekte (Wobbel) sicher auszuschalten.

## Laufwerk mit integrierter Steuerlogik und kontaktloser Bandzugregelung

Die Laufwerksteuerungslogik erfolgt anstelle von konventionellen Relais über einen LSI-(Kunden-)IC; dieser bietet auch die Möglichkeit zur elektronischen Speicherung und Verriegelung

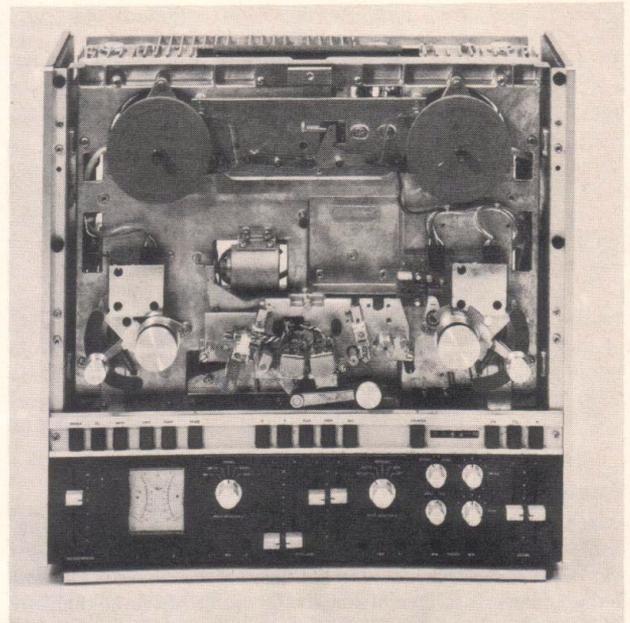
Das Stereotonbandgerät REVOX A 700, ein Leckerbissen für den anspruchsvollen Amateur.



### Farbbild der gegenüberliegenden Seite:

REVOX lanciert die vierte Generation im Tonbandgerätebau; modernste LSI-Schaltkreise übernehmen Steuer- und Regelfunktionen. Das Bild zeigt einen (geöffneten) LSI-Schaltkreis für die Tonmotor-Steuerung und Regelung, der die Funktionen von 10 TTL-IC-Schaltkreisen übernimmt. Folgende Funktionen sind integriert: Quarzoszillator für 1,6384 MHz, Frequenzteiler bis 400 Hz, 2 Pulsformer, eine Frequenz- und Phasenvergleichsstufe sowie die Umschaltlogik für die Referenzfrequenzen der verschiedenen Bandgeschwindigkeiten. Dieser LSI (TDA 1000) wurde nach eigenen Spezifikationen (bei Foselec) hergestellt, ebenso wie ein weiterer LSI für die Laufwerkfunktionen und ein IC für die Wickel- und Tonmotorregelung sowie ein IC für NF-Verstärker (dual operation amplifier).

(Photo REVOX)

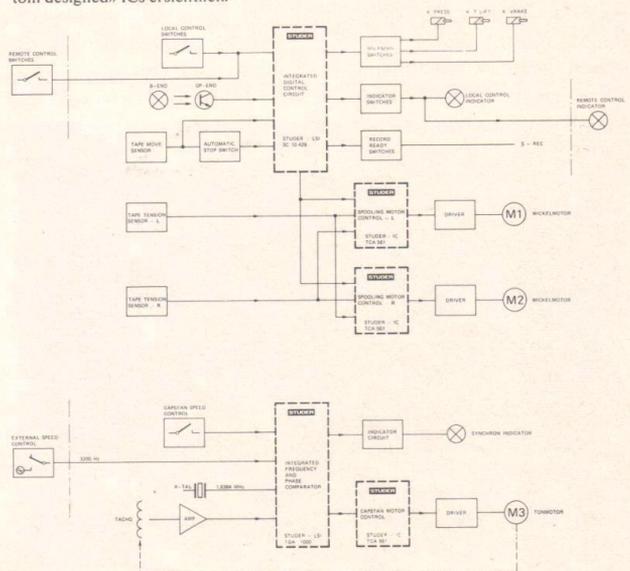


Mechanisch hochstabiler Aufbau. Das Gerät ist auf ein Druckguss-Laufwerkchassis mit Druckguss-Rückwand (zugleich Kühlfläche der Leistungstransistoren für die 3 Motoren) aufgebaut; auf diese Weise ist auch der Kopfräger und das Andruckrollen-Aggregat verwindungsfrei aufgebaut. Der Kopfräger bietet auch Platz für einen weiteren (4.) Magnetkopf, z. B. für Diasteuerung, Filmsynchronisierung.

der Befehle und Rückmeldung durch die Tastenlämpchen. Am Laufwerk ist auch die beidseitige elektronische (nicht photoelektrische) Bandzugregelung erwähnenswert, deren Sensoren die Wickelrollen so steuern, dass der Bandzug über die ganze Länge konstant bleibt.

Um jegliches Regelschwingen zu vermeiden, wurde die für ein Amateurgerät einzigartige Dämpfung mit Silikon-Absorbern gewählt, die temperaturneutral arbeiten. Für die automatische Abwicklung von Bewegungsabläufen, die Bandstillstand erfordern, steuert die rechte Zwischenberuhigungsrolle einen Bandbewegungssensor. Bei Bandstörungen während der Wiedergabe oder Aufnahme schaltet dieser Sensor nach 2 s das Gerät auf STOP. Von der rechten Beruhigungsrolle wird über Riemen (dem einzigen im Gerät!) auch das Bandzählwerk proportional angetrieben, dadurch ist eine Anzeige in Minuten und Sekunden möglich.

Im Blockschema der Laufwerksteuerung des Tonbandgerätes sind deutlich die «custom-designed» ICs ersichtlich.





## Technische Daten A 700

gemessen mit Tonband REVOX 601  
(Typ LOW NOISE/HIGH OUTPUT)

Bestückung:	19 integrierte Schaltungen (IC) 2 LSI-Schaltungen 93 Transistoren 92 Dioden 7 Brücken-Gleichrichter	
Stromversorgung:	110...220 V, umschaltbar 50...60 Hz 130 W	
Bandgeschwindigkeiten:	38 cm/s, 19 cm/s und 9,5 cm/s; Toleranz der Sollgeschwindigkeit $\pm 0,1\%$ (bei Banddicke von 35- $\mu$ m-Langspielband)	
Schlupf:	< 0,1%	
Tonhöheschwankungen:	bei 38 cm/s < $\pm 0,06\%$ bei 19 cm/s < $\pm 0,08\%$ bei 9,5 cm/s < $\pm 0,1\%$	
Zähler:	Anzeige in Minuten und Sekunden (4 Stellen). Echtwertanzeige für 19 cm/s Bandgeschwindigkeit.	
Spulengröße:	bis 26,5 cm (10,5") Durchmesser, ohne Umschaltung bis minimalem Kerndurchmesser von 4 cm	
Bandzug:	elektronisch geregelt in allen Lauffunktionen (inkl. Stoppvorgang)	
Frequenzgang:	über Band gemessen bei	
38 cm/s	30 Hz...22 000 Hz + 2/ - 3 dB 50 Hz...18 000 Hz $\pm 1,5$ dB	
19 cm/s	30 Hz...20 000 Hz + 2/ - 3 dB 50 Hz...15 000 Hz $\pm 1,5$ dB	
9,5 cm/s	30 Hz...16 000 Hz + 2/ - 3 dB 50 Hz...10 000 Hz $\pm 1,5$ dB	
Entzerrung:	NAB	
Vollaussteuerung:	0 VU + 6 dB für Magnetisierung 514 nWb/m	
Aussteuerungsanzeige:	VU-Meter nach ASA-Norm, mit optischer Spitzenwertanzeige: Ansprechschwelle: + 6 dB (514 nWb/m) Ansprechzeit: 10 ms Haltezeit: ca. 0,2 s	
Klirrfaktor:	Vollaussteuerung	Aussteuerung
über Band gemessen (1000 Hz)	+ 6 dB (514 nWb/m)	0 VU
bei 38 cm/s und 19 cm/s	< 2%	< 0,6%
bei 9,5 cm/s	< 3%	< 1%
Geräuschspannungsabstand:	bei 38 cm/s > 65 dB bewertet nach ASA-A bei 19 cm/s > 66 dB (Vollaussteuerung + 6 dB), über Band gemessen bei 9,5 cm/s > 63 dB	
Übersprechdämpfung:	(1000 Hz) Mono > 60 dB, Stereo > 45 dB	
Eingänge:		
Mikrophon	2 Stereo, symmetrisch erdfrei Stellung LOW: 0,15 mV / 6 k $\Omega$ Stellung HIGH: 1,8 mV / 6 k $\Omega$	
Phono	1 Stereo, magnetisch, Entzerrung RIAA 2,5 mV / 50 k $\Omega$	
Radio	1 Stereo, 2 mV / 33 k $\Omega$	
Auxiliary	2 Stereo, 40 mV / 100 k $\Omega$ Übersteuersicherheit aller Eingänge > 40 dB (1:100)	
Ausgänge:	Pegel bei Vollaussteuerung + 6 dB (514 nWb/m)	
Ungeregelt LINE A:	1,55 V, R <sub>i</sub> = 5 k $\Omega$	
LINE B:	1,55 V, R <sub>i</sub> = 5 k $\Omega$	
Radio (DIN):	0,775 V, R <sub>i</sub> = 10 k $\Omega$	
Geregelt (Lautstärke, Klang)		
Kopfhörer:	4,9 V, R <sub>i</sub> = 100 $\Omega$ pro Ausgang	
Endstufe:	3,1 V, R <sub>i</sub> = 100 $\Omega$ inkl. Ferneinschaltung A 722/A 724	
Klangregler:	Tiefen, $\pm 8$ dB bei 80 Hz in 2-dB-Stufen Höhen, $\pm 8$ dB bei 8 kHz in 2-dB-Stufen	

Änderungen vorbehalten

«program counter». Das Teilverhältnis des «program counter» ist über die Programm-Eingänge von 1960...2379 extern veränderbar. Vom «program counter» gelangt das Signal in die Frequenz- und Phasenvergleichsstufe, wo es mit der Referenzfrequenz verglichen wird. Diese Referenzfrequenz beträgt 8 $\frac{1}{3}$  kHz und wird von einem auf 2.13333 MHz schwingenden Quarzoszillator mit nachgeschaltetem :256 Frequenzteiler erzeugt. Stimmen die beiden Eingangssignale der Frequenz-Phasenvergleichsstufe in Frequenz und Phase nicht überein, so erzeugt diese Stufe ein Fehlersignal. Dieses Signal ändert über den Abstimmspannungsverstärker und das Loop-Filter die Vorspannung der Kapazitätsdiode im Oszillatorkreis.

Die digitale Ansteuerung des «program counters» erfolgt durch Dioden-Matrizen für die MHz- und die kHz-Stellen, gleichzeitig steuern diese Matrizen auch die 5stellige Empfangsfrequenz-Anzeige mit NIXIE-Röhren (Lebensdauer über 20000 Stunden).

### HF-Teil mit sechsfacher Abstimmung

Durch die aufwendige sechsfache Abstimmung gelingt es – auch mit Kapazitätsdioden – eine ausgezeichnete HF-Selektion zu erreichen, gleichzeitig ermöglichen fünf abgestimmte Kreise zusammen mit Feldeffekt-Transistoren ein gutes Großsignalverhalten. In dieses aufwendige Konzept fügt sich die balancierte Gegentakt-Mischstufe zur Erzielung einer grossen Nebenwellenfreiheit harmonisch ein.

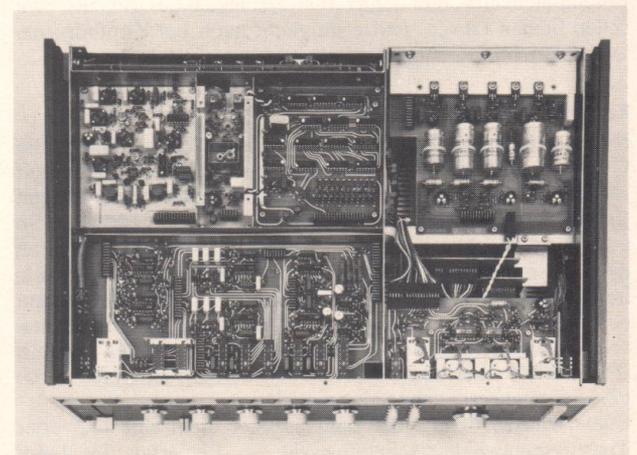
### Passives ZF-Filter, integrierter Breitband-ZF-Verstärker und FM-Schaltdemodulator

Im Interesse möglichst konstanter Übertragungseigenschaften sind Zwischenfrequenzfilter und Zwischenfrequenzverstärker vollständig getrennt. Die gesamte Selektion – in einem passiven Filter vor dem ZF-Verstärker konzentriert – ist vollkommen unabhängig von der Signalstärke bzw. dem Begrenzeinsatz!

Der ZF-Verstärker ist mit fünf integrierten Differentialverstärkern aufgebaut und verfügt gegenüber dem ZF-Filter über eine grosse Bandbreite. Die Begrenzung der letzten ZF-Verstärkerstufe ist bereits beim Eigenrauschen des Tuners voll wirksam, das NF-Ausgangssignal bleibt deshalb schon ab kleinsten Antennenspannungen konstant.

Die FM-Demodulation erfolgt in einem digitalen Schaltdemodulator. Das ZF-Signal (aus der fünften Stufe) wird in einer Treiberstufe in ein Rechtecksignal verwandelt und steuert – einmal direkt und einmal nach dem Durchlaufen einer koaxialen 23-ns-Verzögerungsleitung – den digitalen FM-Demodulator an. Bei jedem Nulldurchgang der ZF-Rechteckschwingung erzeugt dieser Demodulator einen Impuls von konstanter Amplitude und Breite. Aus dieser Impulsfolge – deren Impulszahl

Ein Blick von oben in das geöffnete Gerät zeigt, «wie schön viel Elektronik verpackt ist».



pro Zeiteinheit in direktem Verhältnis zum Frequenzhub (Lautstärke) steht – wird in einer Siebschaltung der Gleichstrom-Mittelwert ausgefiltert. Dieser Mittelwert stellt das demodulierte NF-Signal dar. Der digitale FM-Demodulator besitzt eine sehr grosse Bandbreite (> 5 MHz) und eine gute Linearität. Im Zusammenwirken mit dem breitbandigen ZF-Verstärker ergibt sich eine sehr gute Unterdrückung von Gleichwellenstörungen (capture ratio 1 dB). Die Arbeitsweise dieses digitalen FM-Demodulators ist absolut unkritisch. Abgleichelemente sind überhaupt nicht vorhanden.

### Anzeigelogik für perfekte Information

In der Logik- und Anzeigeeinheit sind die Instrumente für die Signalstärke (von wenigen  $\mu\text{V}$  bis ca. 5 mV) und die Frequenzablage sowie sämtliche Automatikfunktionen konzentriert. Befindet sich der Manual Tuning Schalter in einer Rastzwischenstellung, so liefert er ein Signal zur Sperrung der Instrumentenanzeige «Signal und Tuning». Ein «Quality Gate» ermittelt aus den Kriterien Signal und Noise, ob ein Sender in ausreichender Qualität empfangen wird, und liefert ein entsprechendes Signal an das «Muting Gate» (Stummschaltung) und an das «Stereo Gate» (Stereo-Umschaltung).

### Hohe Integration im NF-Teil

Es können gleichzeitig zwei Plattenspieler mit magnetischen Tonabnehmern und zwei Tonbandgeräte angeschlossen werden, wobei eine unproblematische Überspielung von einem Tonbandgerät auf das andere möglich ist. Es kann sogar (z. B. vom UKW-Tuner) auf ein Tonbandgerät aufgenommen und währenddessen vom zweiten Tonbandgerät eine Aufnahme wiedergegeben werden.

### Hoher Bedienungskomfort

Der Lautstärkeregel ist als Schiebepotentiometer ausgeführt und bietet neben einer frequenzlinearen Pegelstellung auch eine schaltbare physiologische Entzerrung. Ein schaltbares steilflankiges Tiefenfilter und ein phasenlineares Höhenfilter bewirken bei mangelhaften Eingangssignalen eine Unterdrückung von Störgeräuschen.

Wie beim Tonbandgerät A 700 wurden wegen der exakten Reproduzierbarkeit als Klangregler Stufenschalter verwendet, die in Stufen von 2 dB eine Anhebung bzw. Absenkung der Tiefen, Mitten (für Presence) und Höhen bei Messfrequenzen um max. 8 dB bewirken. Lautstärke, Balance und Loudness-Taste können von der Fernbedienung aus geregelt werden.

### Quasi-Lautsprechereffekt über Kopfhörer

Alle Stereoprogramme sind für das Abhören über Lautsprecher ausgelegt. Um die bei Kopfhörerwiedergabe auftretenden prinzipiellen Ortungsfehler zu eliminieren, ist ein schaltbarer Stereo-Binauralwandler eingebaut. Dieses Netzwerk simuliert die bei der Lautsprecherwiedergabe auftretenden Effekte (wie Empfindlichkeits- und Laufzeitunterschiede des Schalls zwischen beiden Ohren) und ermöglicht auch bei Kopfhörerbetrieb die richtige Ortung der Schallquellen.

### Endstufen A 722 und A 724

Neben hervorragenden Übertragungseigenschaften bieten die Geräte das Optimum an Sicherheit: sowohl Betriebssicherheit als auch Sicherheit für die angeschlossenen hochwertigen Lautsprecher. Diese werden durch ein Relais angeschaltet. So konnte ein verzögertes Einschalten und spontanes Abschalten der Lautsprecher erzielt werden; dies gewährleistet ein knackfreies Ein- und Ausschalten der Endstufe. Über die Geräte A 700 und A 720 ist es möglich, die Endstufen fern-einzuschalten. Hierbei wird nicht die Netzspannung geschaltet, sondern die Endstufe über einen Triac-steuerten Optokoppler durch eine Fernsteuerung eingeschaltet. Zum weiteren Schutz der Lautsprecher dient eine DC- oder Tiefstfrequenz-Schutzschaltung, die im Fehlerfall das Laut-

## Technische Daten A 720

Bestückung:	37 integrierte Schaltungen (IC) 41 Transistoren 6 Feldeffekt-Transistoren 2 Dioden-Matrizen 63 Dioden 4 Brücken-Gleichrichter 4 Ziffern-Anzeigeröhren (mit langer Lebensdauer)
Stromversorgung:	110...220 V, umschaltbar 50...60 Hz 40 Watt
FM-TUNER	
Empfangsbereich:	87,00 MHz...107,95 MHz, 420 Kanäle im 50-kHz-Raster
Genauigkeit:	0,005%
Empfindlichkeit:	Mono 1 $\mu\text{V}$ , Stereo 10 $\mu\text{V}$ gemessen am 60- $\Omega$ -Eingang für einen Signal-Rauschab- stand von 30 dB bezogen auf 15 kHz Hub
Statische Selektion:	60 dB für 300 kHz Abstand
Spiegelselektion:	100 dB
Nebenwellenunter- drückung:	100 dB ( $f_E \pm f_{ZF}/2$ )
ZF-Unterdrückung:	100 dB
Zwischenfrequenz:	11 MHz
Bandbreiten:	ZF-Filter: 130 kHz FM-Demodulator: 5 MHz
Übernahmeverhältnis:	1 dB gemessen bei $\pm 40$ kHz Hub
Frequenzgang:	30 Hz...15 kHz $\pm 1$ dB
De-Emphasis:	50 $\mu\text{s}$ (oder 75 $\mu\text{s}$ )
Verzerrungen:	0,2% bei 1 kHz und $\pm 40$ kHz Hub (Mono und Stereo L = R)
Geräuschspannungsabstand: (ASA-A) bezogen auf 75 kHz Hub	70 dB
Stereo-Übersprechen:	40 dB bei 1 kHz
Pilotton- und Hilfs- trägerunterdrückung: bezogen auf 75 kHz Hub	50 dB, breitbandig
AM-Unterdrückung:	54 dB, bezogen auf $\pm 22,5$ kHz Hub, 30% AM / 400 Hz und 1 mV / 60 Ohm Antennenspannung
Ausgangsspannung:	1,5 V bei 40 kHz Hub (Ausgang «Out 1 + 2»)
Antenne:	240...300 Ohm, DIN symmetrisch 60...75 Ohm, BNC koaxial
<b>VORVERSTÄRKER</b>	
Eingänge:	
Auxiliary	100 mV / 100 k $\Omega$ , regelbar (20 dB)
Tape 1	100 mV / 100 k $\Omega$ , regelbar (20 dB)
Tape 2	100 mV / 100 k $\Omega$ , regelbar (20 dB)
Phono 1 (RIAA)	3 mV / 50 k $\Omega$ , regelbar ( $\pm 5$ dB)
Phono 2 (RIAA)	3 mV / 50 k $\Omega$ , regelbar ( $\pm 5$ dB)
	Übersteuersicherheit aller Eingänge > 30 dB
Ausgänge:	
Output 1	1,5 V / $R_L > 10$ k $\Omega$
Output 2	1,5 V / $R_L > 10$ k $\Omega$
Tape out (Frontplatte)	200 mV / $R_L > 50$ k $\Omega$
Tape 1	200 mV / $R_L > 50$ k $\Omega$
Tape 2	200 mV / $R_L > 50$ k $\Omega$
Phones (2x)	3 V / $R_L = 100 \Omega$ , für Kopfhörer mit Impedanzen von 5 $\Omega$ und höher
Klangregler:	
Bass	80 Hz $\pm 8$ dB (8 $\times 2$ dB)
Treble	8 kHz $\pm 8$ dB (8 $\times 2$ dB)
Presence	3 kHz $\pm 8$ dB (8 $\times 2$ dB)
Filter:	
Low Filter	50 Hz / -3 dB; 25 Hz / -18 dB
High Filter	10 kHz / -3 dB; 20 kHz / -10 dB
Loudness	(-30 dB), 100 Hz / +10 dB; 10 kHz / +6 dB
Klirrfaktor:	0,1% bei 1,5 V Ausgangsspannung
Intermodulation:	0,1% bei 1,5 V Ausgangsspannung
Frequenzgang:	20 Hz...20 kHz $\pm 1$ dB
Fremdspannungsabstand:	
Auxiliary, Tape 1 + 2	85 dB / 10 k $\Omega$ Abschluss der Eingänge
Phono 1 + 2	65 dB / 2,2 k $\Omega$ Abschluss der Eingänge
Übersprechdämpfung:	60 dB bei 1 kHz
Änderungen vorbehalten	



Im Design den übrigen  
Geräten angepasst  
ist die Endstufe A 722.

sprecheranschaltrelais abfallen lässt. Die Stereoendstufe A 722 verfügt über eine Leistungsbegrenzungs-Schaltung. Durch sie werden Lautsprecher bei einer effektiven Ausgangsleistung von 20% bzw. 50% der Sinusleistung abgeschaltet.

#### Automatisch gesteuerte Endstufenkühlung

Durch ungünstigen Einbau oder bei Betrieb über einem wärmeentwickelnden Gerät können sich bei permanenter Vollast auch mit Transistoren thermische Probleme einstellen. Für ausreichende Kühlung sorgt hier ein eingebauter, geräuschlos laufender Ventilator, der von einem auf dem Kühlkörper montierten NTC-Widerstand *stufenlos* geregelt wird.

#### Quadro-Endstufe REVOX A 724

In der Endstufe A 724 werden die Ausgangsleistungen der 4 Kanäle durch beleuchtete Instrumente (Empfindlichkeit umschaltbar, +10 dB) angezeigt. Ein «Joystick» in der Mitte der Frontplatte ermöglicht die bequeme Einstellung der Raumbalance. Eine auf der Frontplatte anschließbare Fernbedienung erlaubt diese Einstellung vom jeweiligen Sitzplatz aus.

#### Technische Daten A 722

Bestückung:	45 Transistoren 30 Dioden 1 GA-Diode 1 TRIAC 5 Brücken-Gleichrichter
Stromversorgung:	110...220 V, umschaltbar 50...60 Hz 320 Watt bei Nennleistung
Sinus-Dauerleistung:	2 x 60 W / 4 Ω 2 x 45 W / 8 Ω 2 x 30 W / 16 Ω
Musikleistung:	> 2 x 90 W / 4 Ω
Klirrfaktor:	
bei Nennleistung/4 Ohm	< 0,1% / 1 kHz < 0,2% / 40 Hz...15 kHz, 0,1 W...60 W
Frequenzgang:	20 Hz...20 kHz + 0/- 1 dB an 4 Ω + 0/- 0,5 dB an 8 Ω
Leistungsbandbreite:	10 Hz...55 kHz / 4 Ω nach DIN 45500 10 Hz...65 kHz / 8 Ω (Quellenimpedanz 220 Ω)
Fremdspannungsabstand:	
bezogen auf	
60 W / 4 Ohm	> 90 dB bei 220 Ω-Abschluss der Eingänge
Übersprechdämpfung:	> 70 dB / 1 kHz
Eingangsimpedanz:	20 kΩ
Eingangsempfindlichkeit:	
für 60 W / 4 Ohm	0,75 V

Änderungen vorbehalten

Ein weiteres Argument für den getrennten Aufbau der Endstufe ist die individuelle Ausstattung dieser Geräte. So konnte in die 4-Kanal-Ausführung die Decodiermatrix nach dem SQ- und dem REGULAR-Prinzip integriert werden. Das entsprechende System wird durch Tastendruck auf der Frontplatte angewählt.



*Die steigenden Ansprüche verhalten sich proportional zum Erfolg dieser HiFi-Tonbandmaschine.*

Die Zahl der Leute, die etwas von HiFi verstehen, wächst ständig. Ganz unschuldig daran sind wir nicht. Denn die A77 war bei Erscheinen derart revolutionär, daß sie zum Maßstab für HiFi-Tonbandmaschinen schlechthin wurde. Zudem realisierte der aufgeklärte Käufer, daß er für seine finanzielle Investition schon etwas verlangen kann: den optimalen Gegenwert. Und nicht zuletzt in diesem guten Preis/Leistungs-Verhältnis liegt der Erfolg der REVOX A77.

Ihre technische Gesamtkonzeption wird von Fachleuten international als Spitzenklasse gewertet. Wir zitieren aus einem der vielen Tests: «... A77 ist eine 3-Motoren-Tonbandmaschine neuester mechanischer und elektrischer Konzeption... Bei Magnettonbetrieb (ohne Endstufen) liegen die wesentlichen Übertragungsdaten mindestens hart an der Grenze

der für Studio-Magnettonmaschinen geltenden DIN-Vorschriften.» (DM-Jahrbuch)

Wollen Sie wissen, warum sich sogar anspruchsvolle Profitechniker für diese Tonbandmaschine begeistern? Hier ist der Coupon.

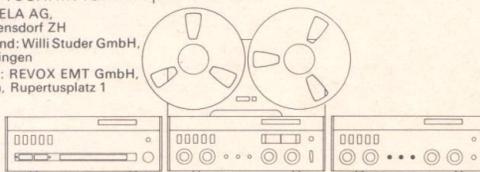
Coupon Mit diesem Coupon erhalten Sie Unterlagen über das gesamte REVOX-Programm. Ihre genaue Anschrift mit Postleitzahl:

256-77

**STUDER  
REVOX**

Audio-Technik für Anspruchsvolle

Schweiz: ELA AG,  
8105 Regensdorf ZH  
Deutschland: Willi Studer GmbH,  
7827 Löffingen  
Österreich: REVOX EMT GmbH,  
1170 Wien, Rupertusplatz 1



# radio tv electronic TEST

## Kraftpaket Revox A 722

Hans-Joachim Haase

### Konzeption und Aufbau

Unter der Typenbezeichnung A 722 hat die Firma Studer erstmalig eine reine Stereo-Endstufen-Komponente auf den Markt gebracht (Bild 1). Als vollständig in sich abgeschlossener Verstärkerbaustein lässt sie sich auch mit Fremdfabrikaten kombinieren, ist jedoch vornehmlich als Schlussbaustein zum neuen Revox-System 700 entwickelt worden. Bei der Konzipierung der Modulationsführung dieses Systems, für das die verfahrenstechnischen Vorgänge der Tonstudientechnik prägende Vorbilder waren, erschien es sinnvoll, eine Trennung des Vorverstärkers von der geplant leistungsstarken Endstufe vorzunehmen. Man kann sagen, ein begrüssenswerter Entschluss. So wurden nicht nur das schaltungstechnisch aufwendige Empfangsgerät A 720 und das Tonbandgerät A 700 volumen- und gewichtsmässig erheblich entlastet, sondern die Trennung hat sich ohne Zweifel auch günstig auf die übertragungstechnisch kritischen Daten wie z. B. das Übersprechen und den Fremdspannungsabstand ausgewirkt. Dass im weiteren das thermische Problem bei Endstufenleistungen im Bereich um 90 W nicht unbeträchtlich ist, beweist die aufwendige Lösung der Endstufenkühlung in der A 722.

Bild 2 zeigt die Anschaltung der Endstufe A 722 in das 700er-System. Aufbaumässig braucht sie nicht unbedingt unmittelbar neben den anderen Geräten stehen, sondern kann in grösserem Abstand untergebracht werden, da Bedienungsvorgänge an der Endstufe im Normalfall nicht erforderlich sind. Die Anschaltung an das Netz erfolgt automatisch mit der Inbetriebnahme der Steuergeräte.

Wie auch bereits beim A 78 können am A 722 pro Kanal zwei getrennte Lautsprechergruppen A und B jeweils einzeln oder gemeinsam betrieben werden. Die Auswahl erfolgt durch Tastendruck auf der Frontplatte. Im Betrieb werden die angeschlossenen Lautsprecher durch ein Relais verzögert ein- und spontan abgeschaltet. Auf diese Weise werden sie völlig knackfrei an die Endstufe geschaltet. In Verbindung mit einer elektronischen Lautsprecher-Schutzschaltung (Bild 3) trennt dieses Relais die Lautsprecher auch von der Endstufe, wenn diese überlastet oder fehlangepasst wird. Ein weiteres, sehr interessantes Schaltungsdetail stellt die Leistungsbegrenzungs-Schaltung dar (Bild 4). Mit Hilfe eines zeitverzögert angesteuerten Komparators werden die Lautsprecher abgeschaltet, wenn die Ausgangsleistung 20% oder 50% der Sinus-Nennleistung überschreitet. Diese reduzierten maximalen Leistungen lassen sich durch Tastenbetätigungen wählen und ermöglichen auch das Anschalten von Lautsprecherkombinationen geringerer Belastbarkeit. Überschreitet nur ein Kanal die angewählte Leistungsgrenze, wird auch nur dieser eine Kanal abgeschaltet. Das geschieht, wie es das Bild 5 verdeutlicht, mit folgender Ansprechzeit:

$$t_{\text{Ansprech}} = \frac{6,5 \text{ mm}}{30 \text{ mm/s}} = 0,2 \text{ s}$$

Dies ist ausserordentlich schnell. Die Last bleibt abgeschaltet, bis entweder die Übersteuerung zurückgenommen oder der aufgetretene Fehler in der Lautsprecherschaltung behoben wurde. Eine Warnlampe «Overload» signalisiert auf der Frontplatte den eingetretenen Überlastungsfall.

Das Blockschaltbild Bild 6 zeigt den elektronischen Aufbau der gesamten Endstufe. Dabei stellt lediglich der stark gezeichnete Linienverlauf - über die beiden Verstärker A 1 und A 2 - den eigentlichen NF-Stromlauf dar. Die anderen Blöcke zeigen die bereits ange-deuteten elektronischen Schaltglieder. Den Stromlauf der NF-Endstufe zeigt Bild 7. Im grundsätzlichen Aufbau besteht er aus der Differenzeingangsstufe Q 1 und Q 2, der Treiberstufe Q 8, der Phasenumkehrstufe Q 9/Q 10 und den komplementären Endstufen-Transistoren Q 11/Q 12.

Die Differenzeingangsstufen Q 1/Q 4, bei denen die Transistoren Q 5, Q 2 und Q 3 die Aufgaben einer Konstantstromquelle übernehmen, vergleicht die Spannung zwischen Masse und dem Mittelpunkt (zwischen R 16/R 17) der Schaltung und regelt die Mittelspannung auf Nullpotential ein. Damit wird verhütet, dass über den Last-(Lautsprecher-)Widerstand Gleichstrom fliesst. Der Nullabgleich wird von den aktiven Elementen Q 4/Q 5 und D 1 bestimmt. Der Transistor Q 7 hat die Aufgabe, den mit dem Trimmer P 1 eingestellten Ruhestrom gegen Temperatur- und Betriebsspannungsschwankungen zu stabilisieren.

Die Endstufentransistoren sind auf grossflächigen Kühlkörpern montiert (Bild 8). Ebenso ein NTC-Widerstand, der in Abhängigkeit der Kühlkörpertemperatur einen leise laufenden Ventilator stufenlos steuert. Sollte die Temperatur 85°C trotzdem überschreiten, bewirkt ein weiterer, in Bild 3 erkennbarer NTC-Widerstand das Abschalten der Lautsprecherbelastung.

Der Photowiderstand  $R_{LDR}$  in dieser Schaltung befindet sich in dem in Bild 6 angedeu-

Bild 1 Hochleistungs-Hi-Fi-Stereo-Endstufe Revox A 722.



Bild 2 Zusammenschaltung der Endstufe A 722 mit dem Revox-System 700.

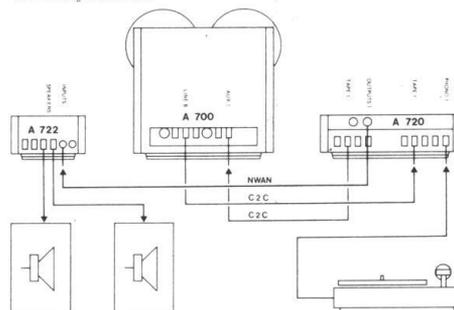
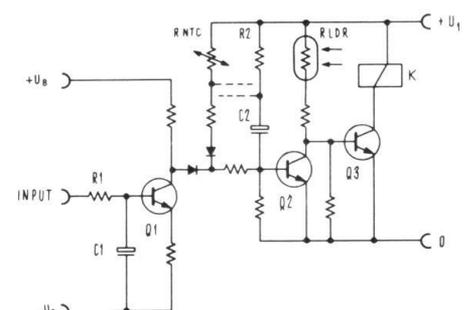


Bild 3 Lautsprecher-Schutzschaltung.



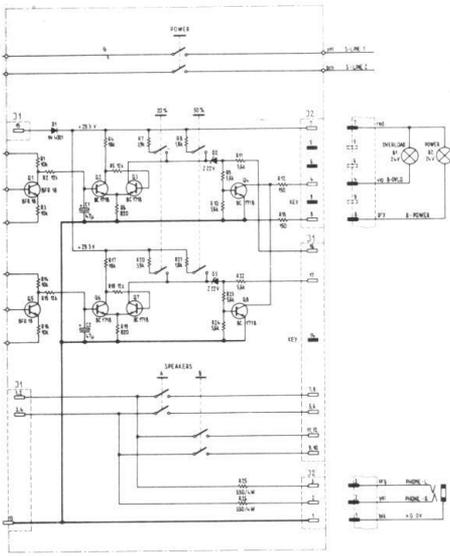


Bild 4 Stromlauf der Leistungsbegrenzungsschaltung und dem Lautsprecher-/Kopfhöreranschluss.

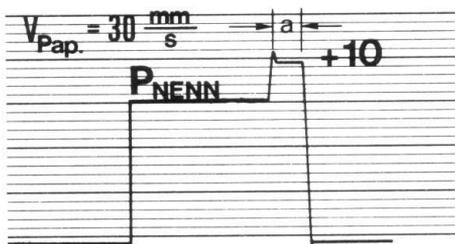


Bild 5 Ansprechgeschwindigkeit der Überlastungs-Abschaltautomatik der Endstufe.

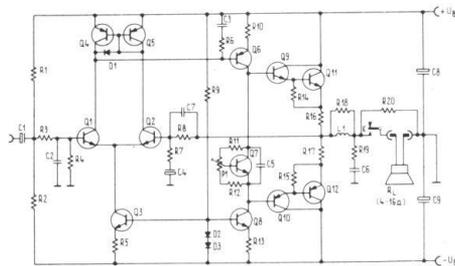


Bild 7 Schaltung der Stereo-Endstufe (ohne Schutzschaltung).

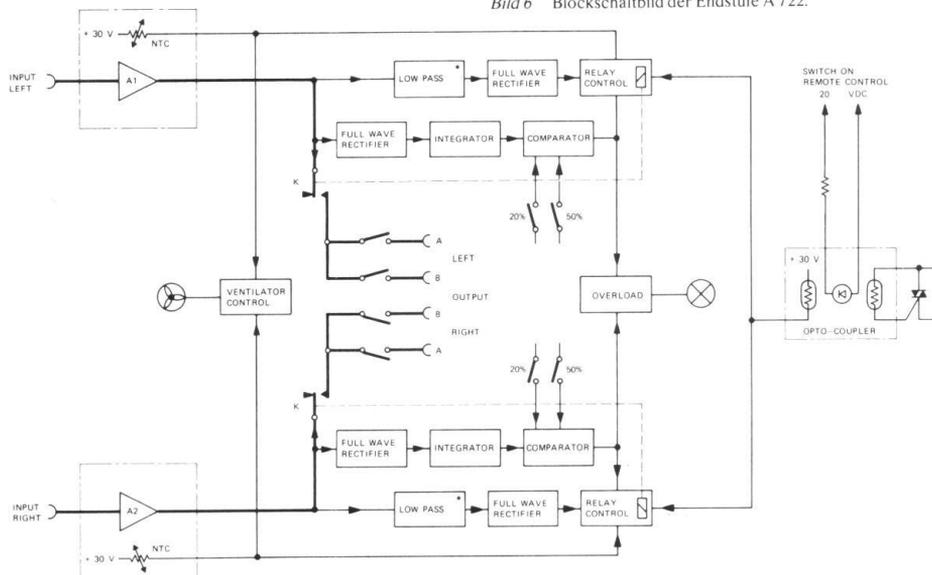


Bild 6 Blockschaltbild der Endstufe A 722.

ten Optokoppler und bewirkt, durch ein mit dem Einschalten ausgelöstes Helligkeitssignal, die Durchsteuerung von Q 3 und damit das verzögerte Anschalten der Lautsprecher über das Relais K.

Das Wirkungsprinzip einer DC- bzw. Tiefstfrequenz-Schutzschaltung ist in Bild 3 durch die Schaltung des Q 1 angedeutet. Dieser Transistor spricht auf Gleich- (DC) oder sehr niederfrequente Spannungen an ( $f_g=0.6 \text{ Hz}$ ), die sich bei einer Störung in der Endstufe am Lautsprecherausgang bilden können. Das dann über Q 2-Q 3 weitergeleitete Fehler-signal schaltet dann über Relais K die Lautsprecher ab.

Wird die Endstufe in der bereits angedeuteten Weise über den gewählten Leistungsgrenzbereich hinaus belastet, tritt die in Bild 9 gezeigte elektronische Schutzschaltung in Funktion. Wird die Schwellspannung an der Basis des Q 13 - infolge des Übergangs der Diode D 4 in den Sperrbereich - überschritten, wird dieser leitend und schliesst das Steuersignal an der Basis des Treibertransistors Q 9 gegen Masse kurz, wodurch der Kollektorstrom des Endstufentransistors Q 11 stark zurückgeht.

Umfangreiche Testreihen führten bei Studer zu der Erkenntnis, dass ein zu sehr hohen Frequenzen hin erweiterter Übertragungsbereich zur Erzielung einer grossen Leistungsbandbreite problematisch ist. Die typischen Gegenkopplungen - vom Lautsprecherausgang zur Eingangsstufe zurück - können über die relativ langsamen Endstufentransistoren eine Übersteuerung der Eingangsstufe durch kurzzeitig anstehende Tonimpulse meist nicht verhindern, so dass sich die sogenannten Transient-Intermodulationsverzerrungen ausbilden. Die in Bild 13 gezeigte Leistungsbandbreite der A 722-Endstufe zeigt eine in diesem Sinne optimierte Grenzfrequenz von etwa 63 kHz. Wie Bild 10 zeigt, lassen sich zur Erzielung noch höherer Schalleistungen an die Steuergeräte bis zu vier Endstufen A 722 anschliessen. Auf die dort skizzierte, sehr einfache Weise lässt sich sowohl verstärkermässig als auch akustisch jedes Beschallungsproblem optimal lösen, zusätzlich verbunden mit dem grossen Vorteil der jeweiligen apparativen Anpassung an die Anforderungen der Schallübertragung. Die Netz-Ein/Aus-Schaltung erfolgt beliebig, entweder direkt an den einzelnen Endstufen oder gemeinsam mit dem jeweiligen Steuergerät. Bei der Feineinschaltung der A 722-Endstufe durch die Steu-

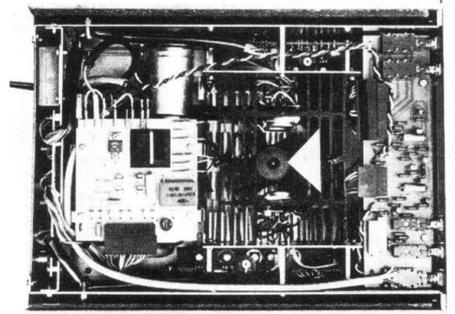


Bild 8 Aufbau und Anordnung der Bausteine. Der Pfeil zeigt auf den Ventilator zwischen den Kühlrippen der Endstufen-Transistoren.

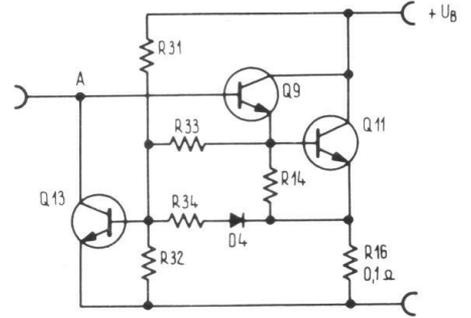


Bild 9 Elektronische Schutzschaltung der Endstufe.

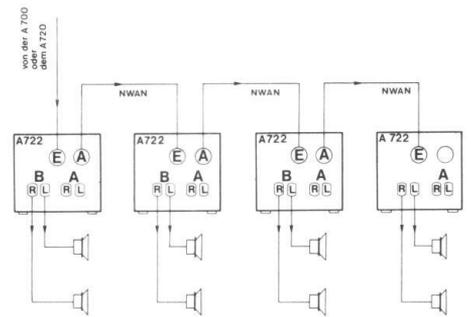


Bild 10 Möglichkeit der Kombination mehrerer Endstufen A 722 zur Erzielung einer höheren Schalleistung bzw. Schallversorgung in verschiedenen Abhörräumen.

ergeräte A 700 oder A 720 wird nicht die Netzspannung direkt geschaltet, sondern über ein störungunkritisches 20-V-Gleichspannungssignal ein Optokoppler in Funktion gesetzt (Bild 6). Dieser schaltet im Netzteil einen als elektronischen Netzschalter eingesetzten Triac durch. Dabei könnten die A 722-Endstufen auch an verschiedenen Stromversorgungsnetzen betrieben werden.

### Ausgangsleistung

Die bis zum oszilloskopisch kontrollierten Verzerrungseinsatz erreichbare Ausgangsleistung als Funktion des Lastwiderstandes zeigt Bild 11.

Die Kontrolle der zur Verfügung stehenden Musikleistung wurde mit einer sehr rhythmischen Tanzmusik durchgeführt. Auch hier zeigte sich, dass die von Studer genannte Musikleistung von 90 W an  $4 \Omega$  erreicht wird.

## Übertragungsbereich und Frequenzgang

Bei konstanter Eingangsspannung wurde die Frequenzabhängigkeit der Ausgangsspannung für Vollast an den (3) Widerständen 4, 8 und 16 Ω gemessen (Bild 12). Kommentar: «Gerader geht's nicht!» Der Unterschied im Übertragungsbereich beider Kanäle ist im gesamten Übertragungsbereich < 1 dB.

## Dynamischer Innenwiderstand

Der dynamische Innenwiderstand sollte möglichst klein sein, da er direkt für den Dämpfungsfaktor  $D$  verantwortlich ist. Er wird bei Nennleistung (60 W) und einer Frequenz von 1 kHz gemessen und wie folgt errechnet:

$$R_{i\text{dyn}} = R_l \frac{U - U_l}{U_l} = 4 \Omega \frac{(16,0 - 15,5) \text{ V}}{15,5 \text{ V}} = 0,13 \Omega$$

## Dämpfungsfaktor

Der Dämpfungsfaktor ist - bei annähernd konstantem  $R_{i\text{dyn}}$  - abhängig von der angeschalteten Lautsprecherbelastung, also

$$D = \frac{R_l}{R_i}$$

Je grösser diese dimensionslose Zahl ist, desto kürzer sind die Ausklingvorgänge der weich eingespannten Tieftonlautsprecher. Nach DIN 45500 soll  $D$  mindestens 3 sein. Bei Verwendung von 4-Ω-Lautsprechern an der A 722 ist  $D \approx 30$ , bei 8 Ω Last wird  $D \approx 60$ .

## Fremdspannungsabstand

Auch bei offenem Eingang gingen die Messwerte (siehe Tabelle «Eigene Messungen») nur unbedeutend zurück. Ein Anschwingen konnte weder bei angeschalteter Last-Impedanz (4 Ω und 5 mH) noch bei Leerlauf festgestellt werden. Das Oszillogramm der Störspannung zeigt Bild 14.

## Einschwingverhalten

Die Oszillogramme in Bild 15 zeigen das Einschwingverhalten bei der Übertragung von Rechteckspannungen verschiedener Frequenz am realen Lastwiderstand 4 Ω bei 25 W Ausgangsleistung. Infolge der grossen Leistungsbandbreite bei gleichstromfreien Ausgängen sind die Flankensteilheiten ausgezeichnet. Resonanzerscheinungen sind nicht zu erkennen.

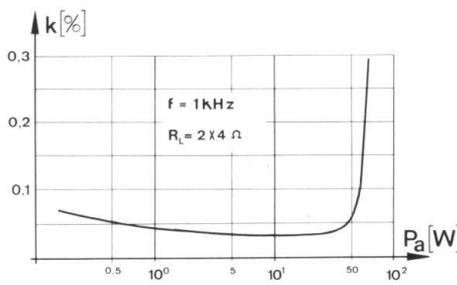


Bild 11 Klirrfaktor als Funktion der Ausgangsleistung (pro Kanal) bei Aussteuerung beider Kanäle.

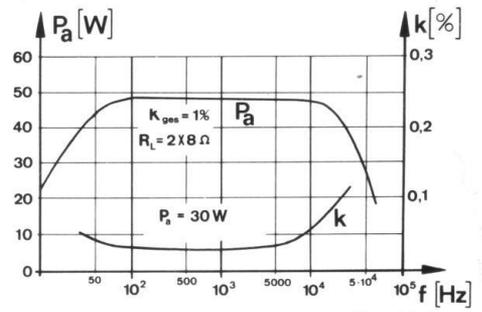


Bild 13 Leistungs-Bandbreite und Frequenzabhängigkeit des Klirrfaktors.

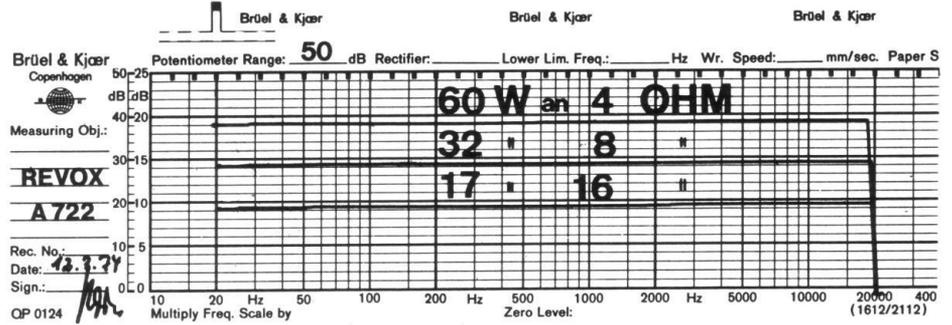


Bild 12 Übertragungsbereich und Frequenzgang unter Vollast an den drei Lastwiderständen 4, 8 und 16 Ω.

## Übersprechen

Das bei Nennleistung gemessene Übersprechen ist aus der Tabelle «Eigene Messungen» ersichtlich. Die festgestellten geringfügigen Unterschiede der Kanäle  $R \rightarrow L$  bzw.  $L \rightarrow R$  sind bedeutungslos.

## Verzerrungen

Der Eigen-Klirrfaktor der A 722-Endstufe lässt sich unterhalb der Nenn-Ausgangsleistung nur mit einem sehr verzerrungsarmen Tongenerator und grösster Sorgfalt bei der Messung reproduzierbar bestimmen, da er - wie die Diagramme in den Bildern 11 und 13 zeigen - sowohl in Abhängigkeit der Übertragungsfrequenz als auch der Ausgangsleistung ausserordentlich gering ist, teilweise den Wert 0,05% unterschreitet.

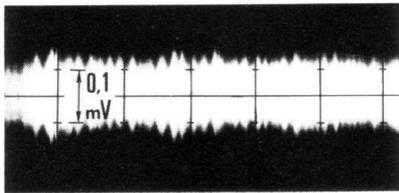
Wie bei allen Komplementär-Endstufen steigt er bei Überschreitung einer bestimmten Ausgangsleistung dann allerdings spontan an. Die Photos von Bild 17 zeigen, dass von einer bestimmten, im Bereich um den Nulldurchgang nach wie vor unverformten Spannungskurve an ein Clippen der Amplitude einsetzt, was

praktisch gleichbedeutend mit kräftigem Oberwelleneinsatz ist.

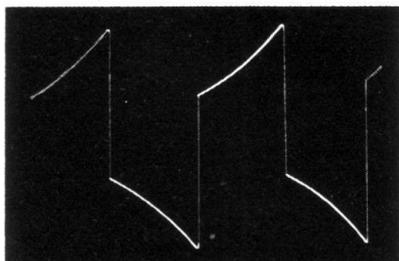
Die A 722-Endstufe dürfte ein Musterbeispiel dafür sein, wie gering man die Nichtlinearitäten einer Komplementärstufe durch sorgfältige Schaltungsdimensionierung und Transistor-Paarbildung halten kann. Da erfahrungsgemäss Klirrfaktor und Intermodulationsverzerrungen, bei einer so ausgezeichneten Linearität eines Übertragungsgliedes (unterhalb der Übersteuerungsgrenze!), etwa proportional zueinander verlaufen, wurde auf die Messung der Intermodulationsverzerrungen verzichtet.

## Zusammenfassung

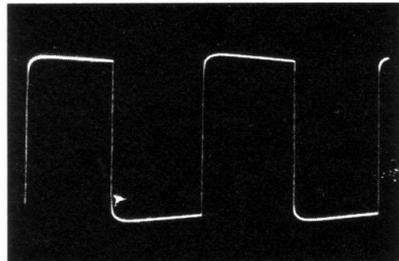
Die mit insgesamt 45 Transistoren, 30 Dioden, 1 Triac und 1 Doppel-Optokoppler bestückte Stereo-Endstufe A 722 ist eine komplementäre Endstufe für 60 W Sinus- bzw. 90 W Musik-Ausgangsleistung am Lastwiderstand 4 Ω. Bei 16 Ω stehen noch 30 W Sinus-Ausgangsleistung zur Verfügung. Zur Erreichung der Nenn-Ausgangsleistung ist am Verstärker-Eingangswiderstand 12 kΩ eine Eingangsspannung von etwa 800 mV er-



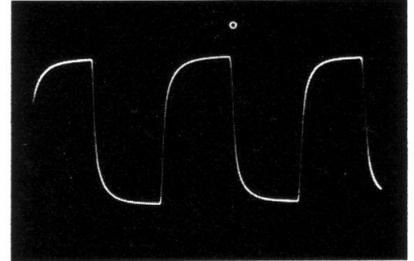
◀ Bild 14 Oszillogramm der Fremdspannung am  $R_l = 4 \Omega$ . Der Eingang wurde mit 220 Ω abgeschlossen.



40 Hz



1 kHz



12,5 kHz

▼ Bild 15 Kurvenformen der Ausgangsspannung bei  $P_a = 25 \text{ W}$  und  $R_l = 4 \Omega$  bei Übertragung einer Rechteckspannung.

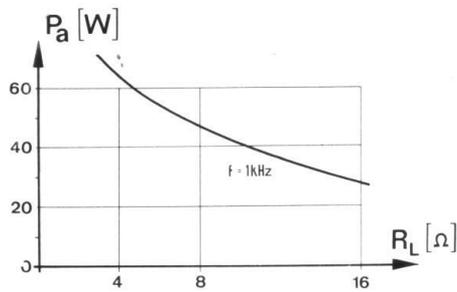
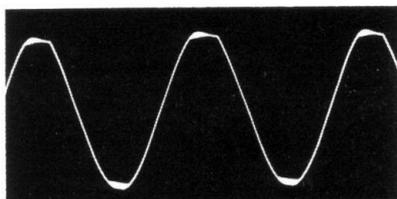
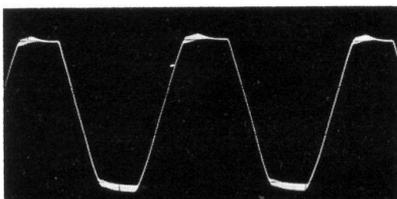


Bild 16 Ausgangsleistung als Funktion des Belastungswiderstands  $R_L$  (Kriterium: Verzerrungseinsatz gemäss Bild 17a).

Bild 17 Darstellung des Verzerrungseinsatzes



a) Verzerrungseinsatz bei  $P_a = 72.5 \text{ W}$  ( $R_L = 4 \Omega$ ;  $f = 1 \text{ kHz}$ ).



b) Ausgangsspannung  $U_a = 20 \text{ V}$  an  $4 \Omega$   $\Delta$   $P_a = 100 \text{ W}$  ( $f = 1 \text{ kHz}$ ).

### Technische Daten laut Hersteller

#### Garantierte Mindestwerte

Bestückung	45 Transistoren 30 Dioden 1 GA-Diode 1 TRIAC 5 Brücken-Gleichrichter
Stromversorgung	110...220 V, umschaltbar 50...60 Hz 320 W bei Nennleistung
Sinus-Dauerleistung	2 x 60 W / 4 Ω 2 x 45 W / 8 Ω 2 x 30 W / 16 Ω
Musikleistung	> 2 x 90 W / 4 Ω
Klirrfaktor bei Nennleistung/4 Ω	< 0,1% / 1 kHz < 0,2% / 40 Hz...15 kHz, 0,1 W...60 W
Frequenzgang	20 Hz...20 kHz + 0/ - 1 dB an 4 Ω + 0/ - 0,5 dB an 8 Ω
Leistungsbandbreite nach DIN 45 500	10 Hz...50 kHz / 4 Ω 10 Hz...65 kHz / 8 Ω (Quellenimpedanz 220 Ω)
Fremdspannungsabstand bezogen auf 60 W / 4 Ω	> 90 dB bei 220 Ω-Abschluss der Eingänge
Übersprechdämpfung	> 70 dB / 1 kHz
Eingangsimpedanz	12 kΩ
Eingangsempfindlichkeit für 60 W / 4 Ω	0,775 V

forderlich, d. h., die unsymmetrische Endstufe muss von Signalquellen angesteuert werden, die bei einem Quellwiderstand  $\leq 1 \text{ k}\Omega$  eine unverzerrte Ausgangsspannung von etwa 1 V abgeben können.

Hinsichtlich der Übertragungseigenschaften stellt die A 722-Endstufe als Leistungsverstärker für das neue *Revox-System 700* einen Phonobaustein dar, der an den Grenzbedingungen der DIN 45 500 kaum zu messen ist. Vergleicht man die üblichen technischen Daten echter Studio-Verstärker mit denen der A 722-Endstufe, erkennt man, welche neuen Maßstäbe die A 722 für die Hi-Fi- und Tonstudientechnik gleichermaßen setzt.

Die hohe unverzerrte Leistungsreserve, die Vielzahl elektronischer Schutzschaltungen, eine zweistufig schaltbare Begrenzung der Ausgangsleistung, die Möglichkeit der Kettenschaltung bis zu vier Endstufen, die Fernbedienbarkeit und vieles andere mehr bieten dem anspruchsvollen Ela-Praktiker einen hohen Gebrauchswert. Ein Stereo-Endverstärker, der auf dem internationalen Phono-Markt ein absolut zukunftsicheres, schwer zu überbietendes Spitzenerzeugnis darstellt.

### Eigene Messungen

#### Sinusdauerleistung

gemessen bei 1 kHz, Aussteuerung beider Kanäle	
an 4 Ω reell	2 x 65 W
an 8 Ω reell	2 x 48 W
an 16 Ω reell	2 x 32 W

#### Musikleistung

gemessen mit sehr rhythmischer Tanzmusik, Aussteuerung beider Kanäle	2 x 90 W
--	----------

#### Frequenzgang

Bild 12 zeigt den Frequenzgang im Bereich von 20...20 000 Hz, bei einer Eingangsspannung von 780 mV	
an 4 Ω reell	+ 0/-0,5 dB
an 8 Ω reell	+ 0/-0,5 dB
an 16 Ω reell	+ 0/-0,5 dB

#### Leistungsbandbreite

Eckfrequenzen, bei denen der Klirrfaktor bei halber Leistung 1% erreicht (Halbe Leistung = 24 W pro Kanal an 8 Ω reell)	10...63 000 Hz
(siehe auch Bild 13)	

#### Dynamischer Innenwiderstand

bei 1 kHz und einer Nennleistung von 60 W an 4 Ω	
$R_{i,dyn} =$	0,13 Ω

#### Dämpfungsfaktor

bei 1 kHz	
an 4 Ω	$D = 30$
an 8 Ω	$D = 60$

#### Fremdspannungsabstand

bezogen auf Vollaussteuerung, Eingänge mit 220 Ω abgeschlossen. 2 x 60 W an 4 Ω	99 dB
---	-------

#### Geräuschspannungsabstand

bezogen auf Vollaussteuerung, Eingänge mit 220 Ω abgeschlossen. 2 x 60 W an 4 Ω	104 dB
---	--------

#### Rechteckverhalten

Bild 15 zeigt das Rechteckverhalten bei den Frequenzen 40 Hz, 1 kHz und 12,5 kHz bei einer Ausgangsleistung von 25 W an 4 Ω	
---	--

#### Übersprechdämpfung

gemessen bei 2 x 23 W an 4-Ω- und 220-Ω-Abschluss des nichtangesteuerten Kanals	
40 Hz	98 dB
1 kHz	77 dB
12,5 kHz	60 dB