

# Das Boxen

Verlag Heinz Heise GmbH  
- Redaktion elrad -

Bissendorfer Straße 8  
3000 Hannover 61

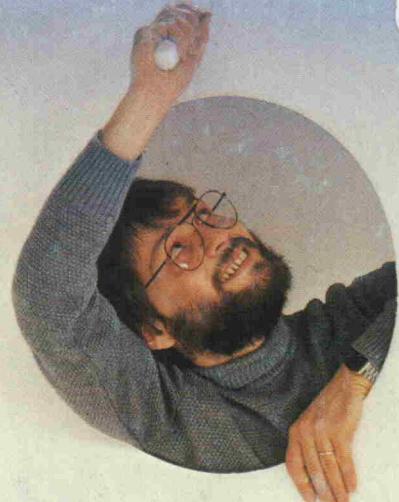
Spitzenqualität  
im Selbstbau!  
Von der  
Mini-Box  
bis zum  
Lautsprecher-  
schränk

Elektronik für Lautsprecherboxen  
Aktive + Passive  
Lautsprecherweichen  
Lautsprecherschutzschaltung

Bauanleitungen  
Transmissionline-Lautsprecher  
nach Bailey  
Corner Speaker  
KEF CS5

E80-Magnat  
Wharfedale E90  
Transmissionline  
Harbeth 250  
FOCAL 250 DB  
Ton-Pyramiden  
Gondor —  
der Subwoofer  
Podszus-Baßhorn  
Dynaudio Pyramide

Für die Bühne:  
elrad-Jumbo



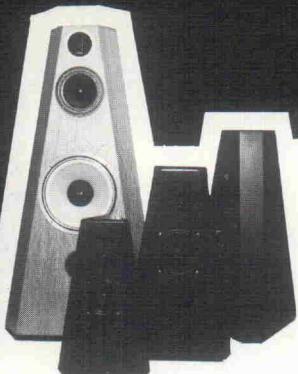
elrad  
**EXTRA 1**

# Laut sprechen können viele . . .

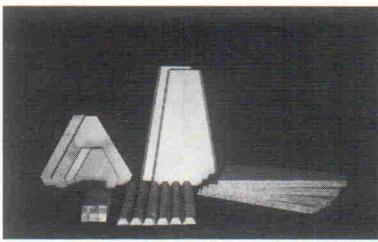


SLE-HiFi-Serie, Superbässe ohne Membraneinspannung

ACR-Eckhorn-Bausätze ▼



ACR-Sechskant-Pyramiden, ▲



Komplettbausätze zu günstigen Preisen ▲

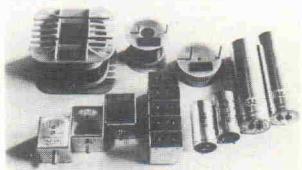


Spezial-Chassis für  
Discotheken, Musiker,  
P.A. und  
Studio-Technik

ACR-Massivholz-Radialhörner ▶



FOSTEX FW 800  
— der größte Serienbaß der Welt  
ACR-Frequenzweichenteile ▼



FOSTEX FW 800  
— der größte Serienbaß der Welt  
ACR-Frequenzweichenteile ▼

## Wir verlangen mehr!

Professionelles Studio-Equipment ▼



ACR-BK-Bausätze, Expo-Baß-  
Systeme in verschiedenen Größen ▲ ▶

Wer herausragend gute Lautsprecher-Chassis sucht, ist bei uns an der richtigen Adresse! Ernsthafe und sachkundige Beratung in unseren Geschäftsstellen sowie eine 5-jährige Garantie auf alle Lautsprecher sind die Grundlage für erfolgreichen Selbstbau. Besondere Berechnungen (z.B. Hornverlauf, Frequenzweichen etc.) werden vom Computer ausgeführt, spezielle Meßapparaturen ermöglichen eine fehlerfreie Abstimmung.

**Fostex**



Info's gegen DM 3,00 in Briefmarken bei allen ACR-Händlern.

# ACR

## Lautsprechersysteme

In diesen ACR-Studios hören Sie alles, was Sie über Lautsprecher und ihre Entwicklung wissen müssen:

4000 Düsseldorf 1  
Steinstraße 28  
Tel. 0211/328170

5000 Köln 1  
Gürzenichstr. 34  
Tel. 0221/236674

6000 Frankfurt/M. 1  
Gr. Friedberger Str. 40—42  
Tel. 0611/284972

6600 Saarbrücken  
Nauwieserstr. 22  
Tel. 0681/398834

8000 München 2  
Theresienstr. 146  
Tel. 089/529557

CH-5400 Baden  
Mellingerstr. 28  
Tel. 0562/28969

CH-8005 Zürich  
Heinrichstr. 248  
Tel. 01/421222

CH-8621 Wetzikon  
Zürcherstr. 30  
Tel. 01/9303302

**ACR AG., Heinrichstr. 248, CH-8005 Zürich, Tel. 01/421222, Telex 58310 acrch**

## Inhaltsverzeichnis:

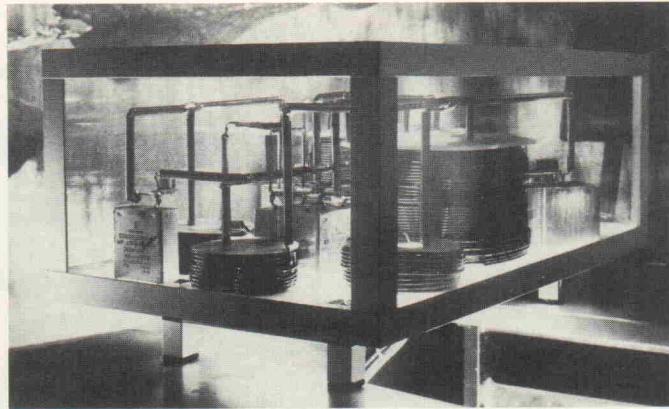
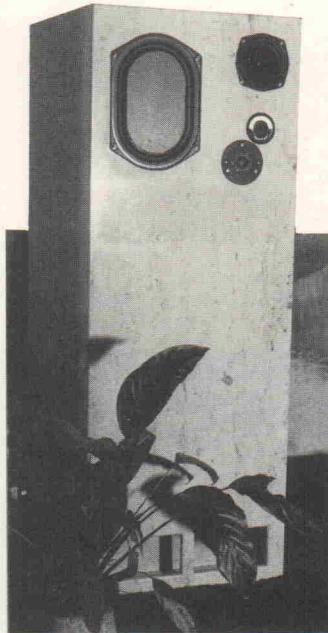
Laser in der HiFi-Technik . . . . .	3	Harbeth 250 . . . . .	45
Passive Lautsprecherweichen . . . . .	6	FOCAL 250 DB . . . . .	58
Lautsprecherweichen . . . . .	9	Ton-Pyramiden . . . . .	62
Elektronische Frequenzweiche . . . . .	15	Gondor, der Subbaß . . . . .	68
Lautsprecherschutzschaltung . . . . .	19	Das Podszus Horn . . . . .	77
Transmission-Line-Lautsprecher . . . . .	22	Die Dynaudio-Pyramide . . . . .	82
Corner Speaker . . . . .	30	elrad-Jumbo . . . . .	86
Kef CS 5 . . . . .	33	4-Wege-Box . . . . .	96
E-80 Box . . . . .	36	Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil . . . . .	104
E-90 Box . . . . .	41	Impressum . . . . .	104

# Editorial

Lieber Leser!

Musik zu Hause in der Illusion einer Live-Veranstaltung zu erleben, ist wohl der größte Wunsch eines jeden HiFi-Freundes. Die heute mögliche Technik lässt diesen Wunsch durchaus realistisch erscheinen, vorausgesetzt, man kann seinen Traum auch bezahlen. Wo kann man also Geld sparen, ohne seine Vorstellungen einschränken zu müssen? Der Ausweg, der zusätzlich auch noch Spaß macht, ist der Selbstbau. Tuner, Plattenspieler und Bandgeräte sollte man hier möglichst herauslassen. Dagegen lässt sich für den geübten Elektronik-Bastler ein Verstärker mit einer guten Bauanleitung durchaus selbst aufbauen. Ein gutes Beispiel ist der in elrad erschienene 'Power-MOSFET-Verstärker'. Er diente uns in vielen 'Hörsitzungen' als Referenzverstärker und konnte es mit der Spitzenklasse der renommierten Verstärker durchaus aufnehmen.

Noch besser sieht es bei HiFi-Lautsprechern aus. Viele der bekannten Spitzengerüster liefern ihre Chassis auch einzeln. So kann man praktisch auf dem Markt befindliche Boxen mit Originalchassis und -weichen nachbauen und dabei sehr viel Geld sparen. Mit etwas handwerklichem Geschick und



einer guten Bauanleitung kann jeder eine hochwertige Box selbst bauen. Doch sollte besonders der 'Newcomer' auf diesem Gebiet, davor sei hier eindringlich gewarnt, nicht nach dem Motto verfahren: Man nehme eine Kiste, bau ein paar Chassis hinein und fertig ist die Box. Das Ergebnis einer solchen Aktion ist mit Sicherheit niederschmetternd. Unser 'Lautsprecher-Special' bietet für jeden etwas, in allen Größen und nach fast allen bekannten Prinzipien.

Alten elrad-Lesern werden sicherlich einige Bauanleitungen bekannt vorkommen. Das Heft ist eine Mischung aus bereits in elrad erschienenen Bauanleitungen mit Verbesserungen und Erweiterungen sowie einigen ganz neuen Bauanleitungen. Die Spanne reicht von der

'Mini-Box' bis zum 'Lautsprecherschrank'.

Wir haben bewußt auf einen großen Grundlagenteil verzichtet. In jeder Bauanleitung wird das jeweilige Konstruktionsprinzip genau erläutert, so daß Sie sich hier in das Prinzip von Baßreflex, Passivmembran, Baßhorn, T.M.L. usw. einlesen können.

Als echte Dauerbrenner haben sich die beiden Transmission-Line-Boxen erwiesen, und sie werden noch immer in großen Stückzahlen nachgebaut. Die erste Lautsprecherbauanleitung in elrad aus dem Jahre 1979, die 'KEF-T.M.L.', ist praktisch zu einer Legende geworden. Mit wieviel Liebe und Sorgfalt diese Box teilweise aufgebaut wurde, zeigt unser Bild. Um Gehäuse-resonanzen keine Chance zu geben, hat der Erbauer die ganze

Box in Marmor gehalten. Auch die dazugehörige Weiche (siehe Bild) ist etwas für 'Lautsprecher-Gourmets'. Das soll jetzt aber nicht bedeuten, daß Sie Ihre Box auch in Marmor aufbauen müssen. Spanplatten, gut verleimt, mit den nötigen Versteifungen bringen ebenfalls sehr gute Klangergebnisse und sind wesentlich preiswerter. Noch eine Bitte, bevor Sie sich auf eine der Bauanleitungen stürzen: Bleiben Sie bei den angegebenen Maßen und Lautsprecherbestückungen! Verwenden Sie nur hochwertige Bauteile für die Weichen!

Jede Box ist erprobt und optimiert mit den angegebenen Chassis und Weichen. Bei der äußeren Gestaltung der Boxen sind Ihrer Phantasie aber keine Grenzen gesetzt.

Viel Erfolg!

# Tips zum Selberbauen

Anzeige

## I. Allgemeines

Wen die Anregungen dieses Heftes veranlassen, sich zum ersten Mal oder auch wiederholten Mal eine HiFi-Box selber zu bauen, kann manchen Fehler vermeiden, wenn er sich an folgende Ratschläge hält, die sich als wichtig herausgestellt haben:

- Es ist inzwischen allgemein bekannt, daß die Lautsprecherboxen die größte Verantwortung für die Gesamtqualität einer HiFi-Anlage tragen. Es ist deshalb ratsam, falls das Geld für die "Wunschbox" nicht ausreicht, lieber noch etwas zu sparen. Es ist falsch, eine billigere Box zu wählen, von der man sich dann später doch wieder trennen will, weil der Klang der "Wunschbox" im Kopf herumspukt.
- Es gibt inzwischen einige Lautsprecherfachgeschäfte, die Ihnen zumindest einen Teil der in diesem Heft beschriebenen Bauvorschläge vorführen können. Noch sind die "eigenen" Ohren der beste Maßstab. Deshalb kann nicht oft genug empfohlen werden, die in die engere Wahl genommenen Boxen mit *eigenen* Schallplatten einem Hörtest zu unterziehen. Die im Einkaufsverzeichnis aufgeführten Spezialgeschäfte werden sich auf Ihren Bezug freuen.
- Bei Preisvergleichen ist immer darauf zu achten, ob im Bausatzpreis Zubehör wie Dämmstoff und Anschlußdosen enthalten sind.

d) Es ist in aller Regel günstiger, alle Lautsprecher eines Bausatzes von einem einzigen Fachhändler zu beziehen. Zum einen sind die Bausatzpreise günstiger als die Summe der Einzelteile, zum anderen ist die Beratung bei evtl. auftretenden

Schwierigkeiten intensiver und meist erheblich qualifizierter.

- Besteht die Möglichkeit, selber zu löten oder löten zu lassen, so ist es preisgünstiger, auf Komplettbausätze zurückzugreifen, die statt ei-

ner Fertigweiche einen Frequenzweichenbausatz enthalten. Neben der Geldersparnis hat man noch den Vorteil, daß meistens hochwertigere Bauteile verwendet werden als bei handelsüblichen Fertigweichen.

## II. Was kosten die Bauvorschläge?

Die hier angegebenen ca.-Preise gelten immer mit *Weichenbausatz* (Stand: Anfang April 83)

1. Seite 58	Focal DB 250 .....	DM 178,-			
2. Seite 22	ELRAD TIM 79, Celestion .....	DM 498,-			
3. Seite 30	Corner Speaker ± E 50 Wharfedale .....	DM 448,-			
4. Seite 36	Magnat E-80 .....	DM 448,-			
5. Seite 41	Wharfedale E-90 .....	DM 889,-			
6. Seite 45	Harbeth TL 250 .....	Shackman Version .....	DM 638,-		
	Audax Version .....	Audax Version .....	DM 368,-		
	Shackman Allein .....	Shackman Allein .....	DM 160,-		
	Verstärkerbausatz inkl. Platinen .....	Verstärkerbausatz inkl. Platinen .....	DM 240,-		
	Spezialtrafo .....	Spezialtrafo .....	DM 110,-		
	Harbeth LF 8 MK III .....	Harbeth LF 8 MK III .....	DM 240,-		
	RAE Modifikation TL 250 .....	RAE Modifikation TL 250 .....	DM 488,-		
	Nachlese TL 250, komplett .....	Nachlese TL 250, komplett .....	DM 488,-		
7. Seite 82	Dynaudio Pyramide .....	Dynaudio Pyramide .....	DM 558,-		
8. Seite 68	GONDOR. Der Subwoofer .....	GONDOR. Der Subwoofer .....	RAE-Audax-Version .....	DM 690,-	
	mit Verstärker-Bausatz .....	mit Verstärker-Bausatz .....	Podszus Baßhorn, JBL .....	DM 989,-	
9. Seite 77	Podszus RAE Modifikation .....	Podszus RAE Modifikation .....	Audax .....	DM 828,-	
	Audax .....	Audax .....	Podszus RAE Modifikation .....	Shackman-Röhrenversion .....	DM 1528,-
10. Seite 33	Shackman-Röhrenversion .....	Shackman-Röhrenversion .....	KEF CS 5 .....	KEF CS 5 .....	DM 328,-
	Zubehör .....	Zubehör .....	B.A.F 1,5 m breit, 5 cm dick .....	B.A.F 1,5 m breit, 5 cm dick .....	DM 25,-/m
	Pritex .....	Pritex .....	m <sup>2</sup> DM .....	Pritex .....	38,-

## III. Einkaufsnachweise

### a) Mit Vorführung und Verkauf

W. Jagusch  
Hedwig-Heyll-Str. 22  
2900 Oldenburg

Bernd Geble  
Keplerstr. 8  
5800 Hagen 8

R.A.E.  
Baustr. 45  
4100 Duisburg-M. 12

R.A.E.  
Seilgraben 40  
5100 Aachen

AUDIO Electronic System  
Aschaffenburger Str. 22  
6453 Seligenstadt

Audiophil GmbH  
Implerstr. 14  
8000 München 70

### b) Versandbestellungen

Römer Audio Equipment GmbH  
Adalbertsteinweg 253  
5100 Aachen

**Geheimrezept gegen Klangenttäuschungen!**

**Diese Lautsprecher sind ein Phänomen:**  
Kompromißlos auf Klangqualität gezüchtet. Vollgepackt mit überlegener Technologie. Mit sagenhaftem Wirkungsgrad, perfektem Impuls- und Phasenverhalten. Und dazu mit Preisen, die sich jeder leisten kann! – Wie ist das möglich?...

**Das Programm:** 10 Modelle für Spitzen-HiFi, Autoboxen, Subwoofer, Spezialausführungen für Discotheken und Musiker. Wahlweise fertig o. im Bausatz (Preisvorteil). 5 Gehäusedessins für jeden Wohnstil. Schon ab DM 110,- zu haben!

Vier eigene Vorführstudios in Deutschland

Anführliche Informationen direkt von...

**Orbisound**  
M. Beyersdorffer  
Breitenhof 1L  
7460 Balingen 14 (Frommern)  
(0 74 33) 31 02

Orbisound-Vorführstudios außerdem in: 7250 Leonberg/Eltingen, Wilhelmstraße 39/1, (0 71 52) 4 37 32  
6463 Freigericht 1, Hanauer Straße 20, (0 60 55) 7887 · 5000 Köln, Gladbachstraße 37, (0 21) 52 25 37

# Laser in der HiFi-Technik

Der Entwurf von Lautsprechern ist ein sehr komplexes Problem. Bis der Entwicklungsingenieur die Lücke zwischen Theorie und Praxis geschlossen hat, muß er erst einmal herausfinden, wie die Membran (an jedem Punkt ihrer Oberfläche) denn nun wirklich schwingt.

Vor zehn Jahren begann man, die Laser-Holografie bei diesen Untersuchungen einzusetzen. Diese Technik liefert 'Höhenlinien-Diagramme', die die Vibration der Membran anschaulich zeigen.

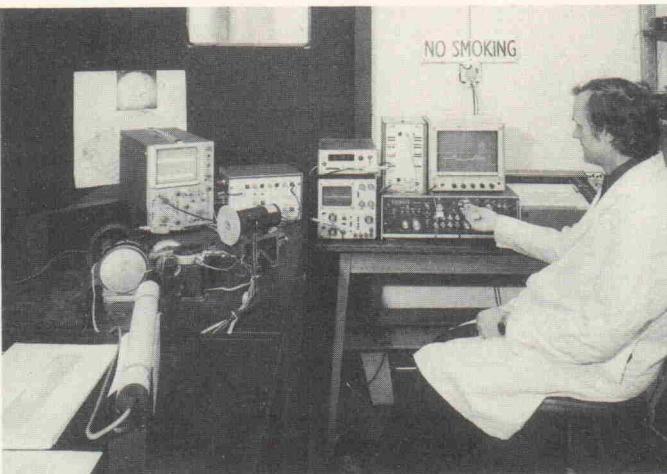
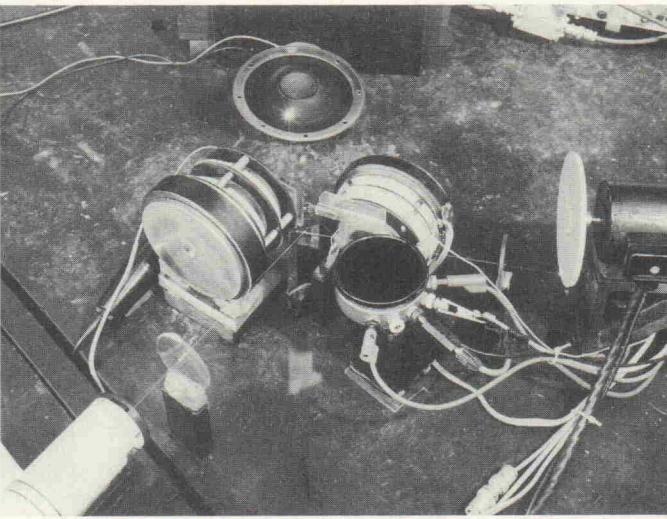
Typische Hologramme, die dabei gewonnen werden, zeigt die mittlere Reihe von Bild 1. Die Konturen geben Anhaltspunkte über die Art und Stärke der Schwingung der Membran zum Aufnahmezeitpunkt.

Diese Technik ist schon recht beeindruckend, aber sie hat doch auch wesentliche Nachteile. Bei komplizierten Schwingungen ergeben sich verwickelte Bilder, die recht schwer zu interpretieren sind. Außerdem ist nicht ohne weiteres zu erkennen, ob die Schwingung konvex oder konkav ist, denn es fehlen natürlich die hilfreichen 'kleinen Zahlen', die etwa eine normale Landkarte so gut lesbar machen.

Somit läßt sich auch nur schwer entscheiden, welche Maßnahmen eine Verbesserung der Eigenschaften bringen könnten. Diese Aufgabe ist fast schon Kunst und vergleichsweise unwissenschaftlich.

Was gefordert werden muß, ist also der Ersatz der zweidimensionalen Darstellung durch einen 'dreidimensionalen Blick' auf die wirklichen 'Berge' und 'Täler'.

Zur Lösung dieses Problems sind zwei neue Laser-Technologien entwickelt worden. Sie gehen zurück auf das 'Laser-



'Doppler-Geschwindigkeits-Meßgerät'. Als Sensor dient ein normales UKW-Radio.

## Man nehme einen SCALP

Grundelement des Systems ist eine Laser-Abtastung (englisch: Scanned Laser Probe = SCALP). In nur 15 Minuten erhält man ein genaues 3 D-Bild der Membran-Vibration, bei Speisung mit einer festen Frequenz. Das Ausgangssignal des SCALP enthält Informationen sowohl über die Stärke, als auch über die Richtung der Vibrationen an der vom Laser beleuchteten Stelle. Die Darstellung ist sehr viel deutlicher und dabei einfacher zu interpretieren als die herkömmlichen Hologramme.

Aus dem SCALP-Signal läßt sich auch ein Frequenz-Plot (FRESP = Frequency Slice Plot) ableiten, der das dreidimensionale Verhalten einer Ebene der Membran über den ganzen Audio-Bereich zeigt. Bisher konnte man eine solche Darstellung der Membranbewegungen in Abhängigkeit von der Frequenz nicht herstellen.

Die Arbeitsweise des SCALP ist im Grunde einfach. Bild 2 zeigt die Funktionseinheiten der Meßanordnung. Der Laserstrahl trifft auf eine Strahlenteilungsoptik, er wird aufgeteilt in zwei gleichhelle Strahlen, deren Ausbreitungsrichtungen um 90° voneinander verschieden ist.

Der erste Strahl (Referenzstrahl) fällt auf eine schnell rotierende Scheibe. Die Drehgeschwindigkeit dieser Scheibe ist so eingestellt, daß der Laserstrahl eine Dopplerverschiebung von genau 10,7 MHz erfährt. Das ist (genau) die Zwischenfrequenz eines UKW-Radios.

Der zweite Strahl (Meßstrahl)

**Laser-Technologie schickt sich an, die herkömmlichen Tonabnehmer zu ersetzen**

— elrad berichtete: Heft 1/82, S. 46.  
**Aber schon seit vielen Jahren werden Laser am anderen Ende der HiFi-Kette verwendet, z.B. zur Entwicklung besserer Lautsprecher.**

wird zunächst von zwei Spiegeln umgelenkt und trifft dann auf den zu untersuchenden Lautsprecher.

Beide Strahlen, Referenzstrahl und Meßstrahl, werden reflektiert und laufen in ihrem ursprünglichen Strahlengang zurück. An der Strahlenteilungsoptik treffen sie wieder aufeinander. Die Hälfte jedes dieser beiden Strahlen bildet einen neuen Strahl, der auf eine Photodiode projiziert wird.

Dieser neue Strahl besteht zur einen Hälfte aus Licht der Originalfrequenz, zur anderen Hälfte aus dem durch die rotierende Scheibe in der Frequenz verschobenen Licht. Beide Anteile überlagern sich in der Photodiode und erzeugen ein 10,7 MHz-Signal, das in das ZF-Teil des UKW-Radios eingespeist wird.

Wenn am Lautsprecher kein Signal anliegt, so erzeugt das UKW-Radio eine feste Ausgangsgleichspannung (als ob es einen unmodulierten Träger empfängt), die anzeigt, daß die Membran in Ruhe ist.

## Licht-Musik-Aktion

Nehmen wir zunächst an, der Lautsprecher wird mit einer einzigen Frequenz gespeist. Während des ersten Teiles jeder Schwingung bewegt die Membran sich nach vorn: Die Frequenz des reflektierten Laserstrahls ändert sich aufgrund des Doppler-Effektes zu einem höheren Wert hin. Das Ausmaß dieser Frequenzhöhung hängt von der Geschwindigkeit der Membran ab. Die Überlagerungsfrequenz an der Fotozelle verändert sich also, so daß am Ausgang des UKW-Radios eine entsprechende Spannung entsteht. Bewegt sich die Membran nach innen, so wird die Frequenz des reflektierten Meßstrahles herabgesetzt: Die Ausgangsspannung fällt unter den Ruhewert.

Die Ausgangsspannung enthält also Information über Größe und Richtung der Membranbewegung. Die im Hologramm verlorengegangene Phaseninformation bleibt erhalten.

Die beiden Spiegel im Strahlengang des Meßstrahles sind an je einer Lautsprecherspule befestigt. An einer dieser Spulen

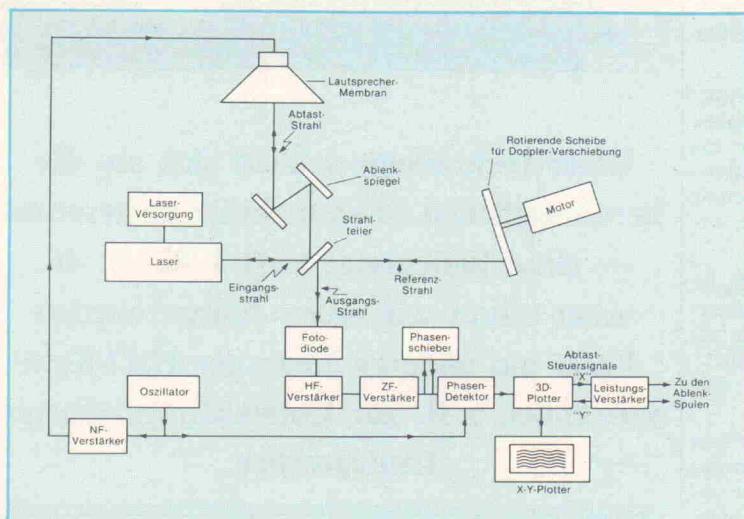
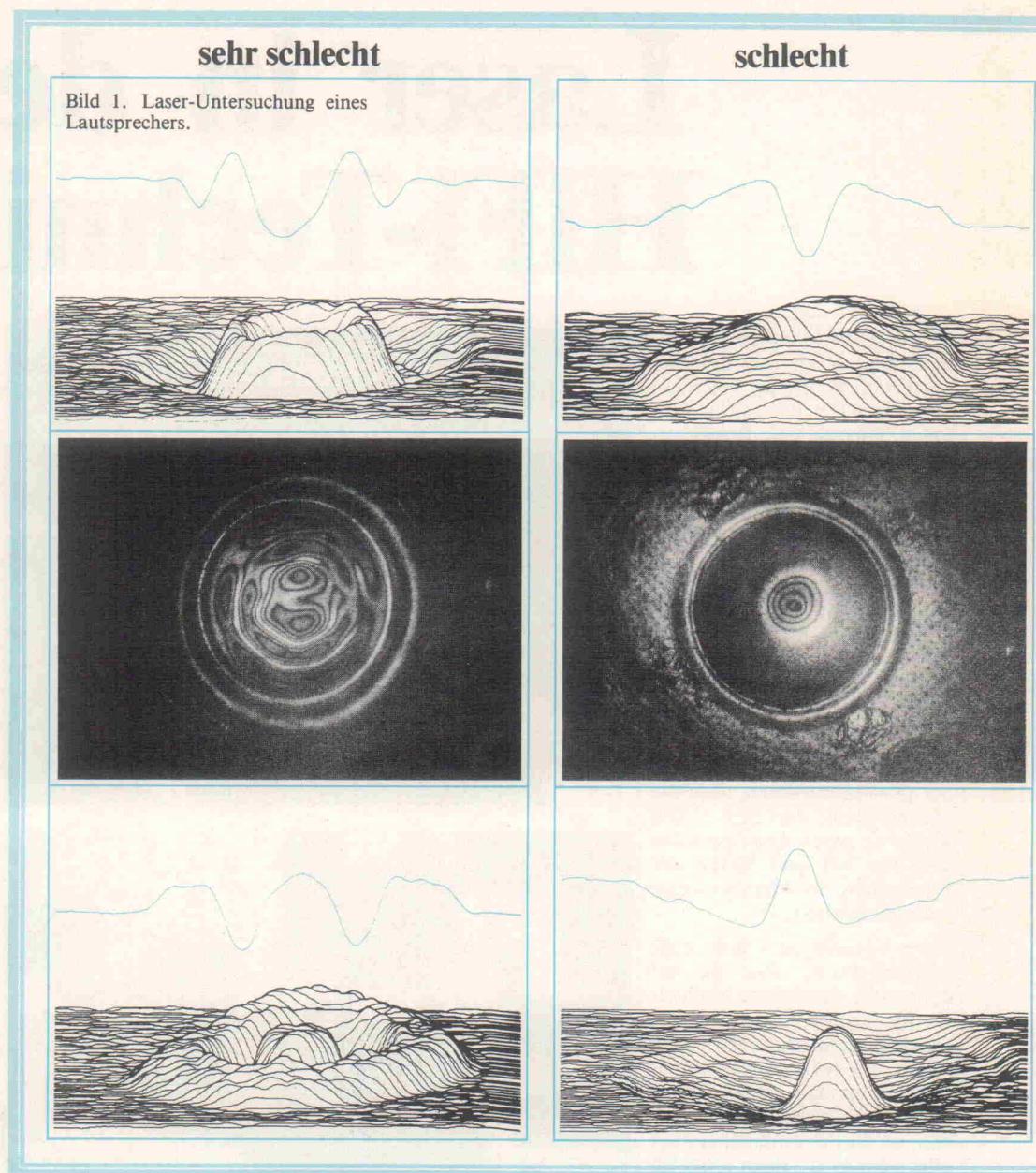
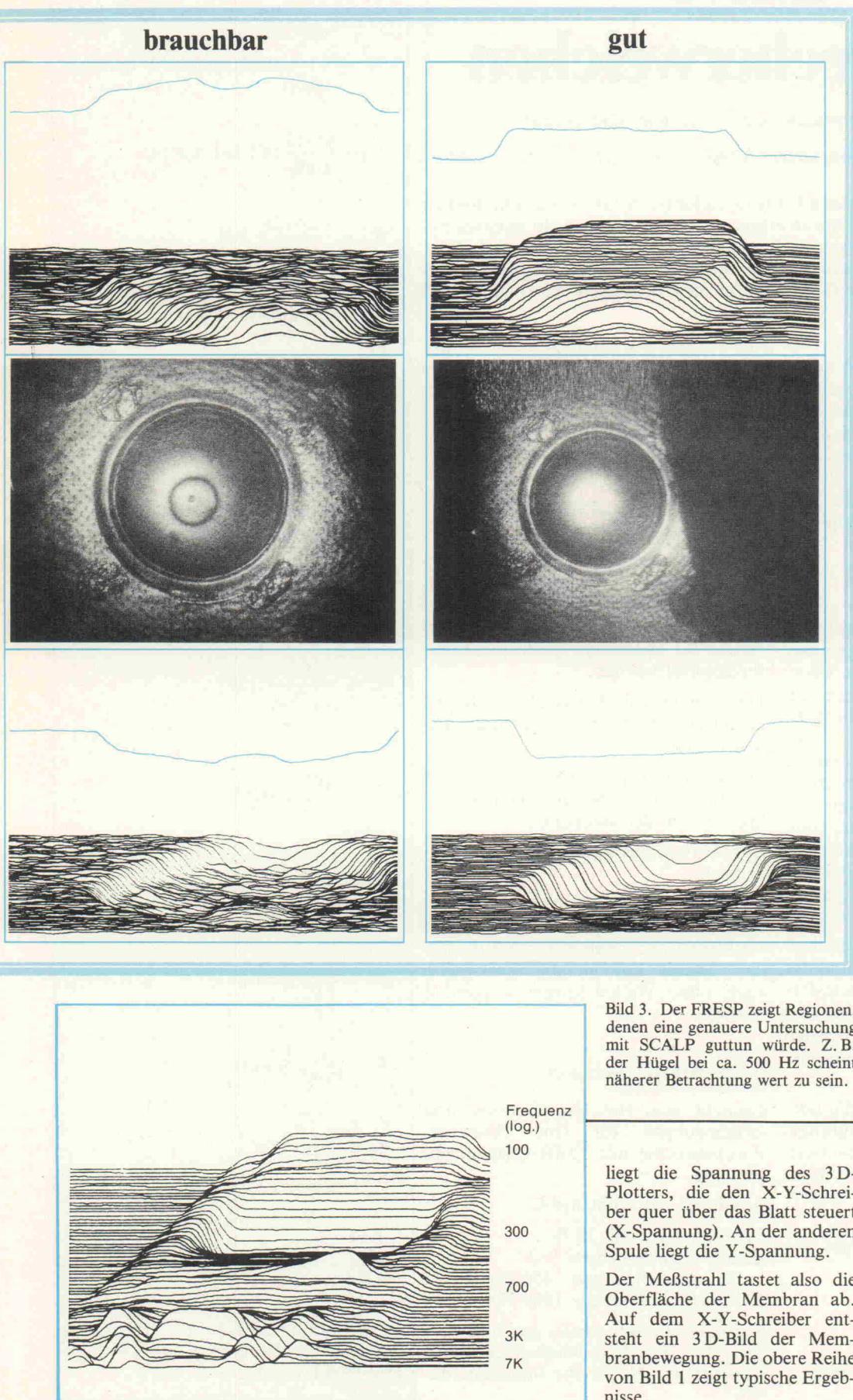


Bild 2. Blockschaltung und mechanisch/optischer Aufbau des SCALP, die Beschreibung findet sich im Text.



## FRESP — der Sohn des SCALP

Der FRESP ist dem SCALP ähnlich. Es wird nur die Vertikalabtastung ausgeschaltet, so daß also immer nur ein Querschnitt durch die Mitte der Membran gelegt wird. An die Stelle des dabei verlorengegangenen Parameters, der Vertikalauslenkung, tritt ein neuer: Von Kurve zu Kurve ändert man jetzt die Frequenz, die den Lautsprecher erregt. Und zwar beginnt man bei hohen Frequenzen und geht dann jeweils Schritt für Schritt herunter bis zur tiefsten Frequenz.

Das entstehende Bild des FRESP hat von oben bis unten dieselbe Breite (nämlich den Durchmesser der Membran), während der SCALP ein rundes Bild (Abbildung der runden Membran) lieferte. Jede einzelne Kurve beschreibt nun das Verhalten der Mittelebene der Membran bei einer bestimmten Frequenz.

FRESP zeigt alle Resonanzstellen zwischen zwei Frequenzgrenzen. Die Kurven werden 3D-geplottet, wobei die Darstellung perspektivisch angelegt ist, um die Lesbarkeit zu erleichtern.

## Trickeffekte

Ein FRESP kann auch auf andere Weise dargestellt werden. Dreht man beide Achsen um 90°, dann stellt jede Kurve den kompletten Frequenzgang eines einzelnen Punktes auf dem Durchmesser der Membran dar. Diese Veränderung des Blickwinkels macht mitunter Effekte sichtbar, die beim normalen FRESP verdeckt waren.

Sowohl FRESP als auch SCALP können ohne Schwierigkeiten invertiert dargestellt werden. 'Berge' werden dann zu 'Tälern' und umgekehrt. Das ist nützlich, wenn z. B. tiefe Löcher durch den Vordergrund des Plots abgeschnitten sind, wie im Beispiel 'schlecht' in Bild 1. Die invertierten Plots in Bild 1 (untere Reihe) zeigen deutlich, wie aus Tälern Berge werden und wie dadurch die Abschätzung ihrer Tiefe im Verhältnis zu anderen Teilen des Diagrammes erleichtert wird.

# Passive Lautsprecherweichen

Mit einem TI-59-Programm selbst berechnet und gebaut:

Burkhardt Müller

Passive Frequenz-Weichen scheinen heute im Zeitalter der ICs etwas überholt zu sein. Deswegen sei noch einmal daran erinnert, welche Vorteile ein passives System gegenüber aufwendigen 'aktiven' Lösungen hat: Nur eine Endstufe je Box, dadurch ergibt sich ein minimaler Bauteile-Aufwand, und bei sorgfältiger Berechnung erzielt man eine Qualität, die für den normalen Anwendungsfall durchaus genügt.

Beim Selbstbau von Lautsprecherboxen und den entsprechenden Weichen ist man auf Bauteile aus Katalogen angewiesen. Leider werden dort nur Spulen mit bestimmten Normwerten angeboten, oftmals ist auch die Beschreibung unvollständig. Mit dem vorliegenden Programm lassen sich die Spulenwerte für jeden Anwendungsfall berechnen.

## Programmbeschreibung

Dieses Programm errechnet aus den Werten der Lautsprecherimpedanz, der Verstärkerleistung und der Übergangsfrequenz die Bauteilwerte des Kondensators und der Spule von 12 dB Parallel-Lautsprecherweichen. Die Spulenwerte setzen sich zusammen aus der Induktivität, dem Drahtdurchmesser, dem inneren Wickeldurchmesser, der Wickellänge, der Windungszahl und dem Gleichstromwiderstand. Das Programm berücksichtigt dabei die normierten Eingaben von Kapazität und Drahtdurchmesser.

Für Drei- oder Mehrwegeweichen muß das Programm mit der Anzahl und der Eingabe der jeweiligen Übergangsfrequenzen durchlaufen werden. Aus den gewonnenen Werten kann man die sich daraus ergebende neue Übergangsfrequenz berechnen.

Der Berechnungsfehler durch die normierten Eingaben und dem Rundungsfehler, speziell der Spulenabmessungen und der Windungszahl, bleibt unter  $\pm 3\%$  der eingegebenen Übergangsfrequenz.

Die Spulenabmessungen stehen im Verhältnis:

Außendurchmesser  
= 2 x Innendurchmesser  
= 4 x Wickellänge

so daß sich eine Spulenkonstante  $k = 11$  ergibt.

Der Forderung nach geringer Einfügungsdämpfung trägt das Programm durch einen geringen Gleichstromwiderstand Rechnung, die Wahl der Güte des Kondensators, die dabei mitbestimmend ist, bleibt dem Anwender überlassen.

Es wird eine Stromdichte von 2 A/mm<sup>2</sup> zugelassen.

Ist dem Anwender der daraus resultierende Gleichstromwiderstand zu hoch, muß entweder die Zahl im Programmschritt 085 verkleinert oder ein größerer als der angezeigte Drahtdurchmesser gewählt werden.

Die Eingaben und Ausgaben erfolgen grundsätzlich in den angegebenen Dimensionen.

Der Füllfaktor  $q = 0,6$  berücksichtigt die Lackumhüllung und Unregelmäßigkeiten in der Wicklung.

Der Aufbau des Spulenkörpers ist unkritisch.

Im Handel ist Kupferdraht erhältlich, der eine zusätzliche Lackschicht zum Verkleben der Drähte durch Erhitzen hat. Damit können die Luftspulen auch ohne Wickel-Körper aufgebaut werden.

## Anwendungsbeispiel

Gesucht sind die Bauteilwerte und -abmessungen für eine Dreiwege-Parallelweiche mit 12 dB/Oktave Absenkung.

Schaltung wie vorstehend.

Verstärkerleistung 70 W  
Lautsprecherimpedanz 8 Ω  
1. Übergangsfrequenz 450 Hz  
2. Übergangsfrequenz 1800 Hz

Es muß natürlich darauf geachtet werden, daß die anzuschließenden Lautsprecher alle die gleiche Impedanz haben.

## Verwendete Formeln

$$d_m = 3 l [mm] \text{ mittlerer Wicklungs- durchmesser}$$

$$W = 3 l \pi [mm] \text{ mittlere Windungs- länge}$$

$$I_d = \frac{3 \pi N l}{1000} [m] \text{ Drahtlänge}$$

$$R_d = \frac{12 l N}{56000 d^2} [\Omega]$$

$$A_\omega = l^2 [mm^2]$$

$$L = K d_m N^2 [nH]$$

$K = \text{Spulenkonstante, hier } 11$

$$L = 33 \cdot 10^{-6} l N^2 [mH]$$

$$f_u' = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC : 10^9}} [\text{Hz}]$$

$$\omega = 2\pi f_u [\text{Hz}]$$

$$C = \frac{10^6}{\omega \sqrt{2 Z_L}} [\mu\text{F}]$$

$$L = \frac{10^9}{\omega^2 C} [\text{mH}]$$

$$d = \frac{2 P}{\sqrt{P Z_L} 8 \pi} [\text{mm}]$$

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} [\text{mm}^2]$$

$$I = \frac{L}{33 N^2} [\text{mm}]$$

$$N = 2,5$$

$$\frac{L}{(2) \frac{d}{2\pi} 33 \cdot 10^{-6}} [\text{Wdg}]$$

0,6

Diese Formeln sind die z. T. entwickelten und im Programm direkt angewandten Formeln.

## Formelbuchstaben

P	= Verstärkerleistung	in W
Z <sub>L</sub>	= Lautsprecherimpedanz	in Ω
L	= Induktivität	in mH
I	= Wicklungslänge	in mm
N	= Windungszahl	in Wdg.
A/0,6	= Drahtquerschnitt/Füllfaktor	in mm <sup>2</sup>
ω	= Kreisfrequenz	in Hz
d	= errechneter Drahtdurchmesser	in mm
d'	= normierter Drahtdurchmesser	in mm
C	= errechnete Kapazität	in μF
C'	= normierte Kapazität	in μF
f <sub>ü</sub>	= eingegebene Übergangsfrequenz	in Hz
f <sub>ü'</sub>	= errechnete Übergangsfrequenz	in Hz
R <sub>d</sub>	= Spulengleichstromwiderstand	in Ω

## 8. Schritt:

Abruf der Windungszahl:

Taste E

Anzeige: 104 (Wdg)

## 9. Schritt:

Abruf der Wickellänge:

Tasten 2nd E

Anzeige: 10,5 (mm)

## 10. Schritt:

Abruf des Innendurchmessers:

Tasten 2nd D

Anzeige: 21 (mm)

## 11. Schritt:

Abruf der hergestellten Induktivität:

Tasten 2nd C

Anzeige: 3,748 (mH)

## 12. Schritt:

Abruf der neuen Übergangsfrequenz:

Tasten 2nd B

Anzeige: 453 (Hz)

Die bisher errechneten Werte für C<sub>1</sub> und L<sub>1</sub> ergeben einen Fehler von +0,666 % der eingegebenen Übergangsfrequenz.

## 13. Schritt:

2. Übergangsfrequenz eingeben:

1800 Taste B

Anzeige: 7,815 (μF)

## 14. Schritt:

Normierte Kapazität eingeben:

z. B. 8,2 Taste C

Anzeige: 0,816 Drahtdurchmesser (mm)

## 15. Schritt:

Benötigte Induktivität abrufen:

Tasten 2nd C

Anzeige: 0,953 (mH)

## 16. Schritt:

Normierten Drahtdurchmesser eingeben: 0,9 Taste D

Anzeige: 0,127 Gleichstromwiderstand (Ω)

## 17. Schritt:

Abruf der Windungszahl:

Taste E

Anzeige: 60 (Wdg)

## 18. Schritt:

Abruf der Wickellänge:

Tasten 2nd E

Anzeige: 8 (mm)

## 19. Schritt:

Abruf des Innendurchmessers:

Tasten 2nd D

Anzeige: 16 (mm)

## 20. Schritt:

Abruf der Induktivität: Tasten 2nd C

Anzeige: 0,95 (mH)

## 21. Schritt:

Abruf der neuen Übergangsfrequenz:

Tasten 2nd B

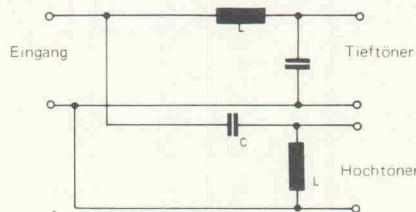
Anzeige: 1803 (Hz)

## Speicherbelegung

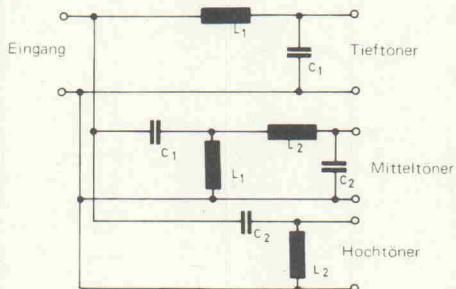
$$0 = P, 1 = Z_L, 2 = L, 3 = I, 4 = N, 5 = A/0,6, 6 = \omega, 7 = d, 8 = C$$

## Tastenbelegung/Labels

A = Z <sub>L</sub>	Eingabe	Lautsprecherwiderstand
A' = P	Eingabe	Verstärkerleistung
B = f <sub>ü</sub> → C	Eingabe	Übergangsfrequenz → Ausgabe errechnete Kapazität
B' = f <sub>ü'</sub>	Ausgabe	errechnete Übergangsfrequenz
C = C' → d	Eingabe	normierte Kapazität → Ausgabe errechneter Drahtdurchmesser
C' = L	Ausgabe	Induktivität
D = d' → R <sub>d</sub>	Eingabe	normierter Drahtdurchmesser → Ausgabe Spulen-Gleichstromwiderstand
D' = D	Ausgabe	Spuleninnendurchmesser
E = N	Ausgabe	Windungszahl
E' = I	Ausgabe	Wickellänge



Zweiwege-Parallelfilter 12 dB/Oktave



Dreiwege-Parallelfilter 12 dB/Oktave

1. Schritt  
Programm laden (per Magnetkarte oder in Einzelschritten)

2. Schritt:  
Verstärkerleistung eingeben:  
70 Tasten 2nd A

3. Schritt:  
Lautsprecherimpedanz eingeben:  
8 Taste A

4. Schritt:  
1. Übergangsfrequenz eingeben:  
450 Taste B  
Anzeige: 31,261 (μF)

5. Schritt:  
Normierte Kapazität eingeben:  
z. B. 33 Taste C  
Anzeige: 0,816 Drahtdurchmesser (mm)

6. Schritt:  
Benötigte Induktivität abrufen:  
Tasten 2nd C  
Anzeige: 3,791 (mH)

7. Schritt:  
Normierten Drahtdurchmesser eingeben: 0,9 Taste D  
Anzeige: 0,289 Gleichstromwiderstand (Ω)

# Passive Lautsprecherweichen

Die nun errechneten Werte für  $C_2$  und  $L_2$  ergeben einen Fehler von  $+0,1666\%$  der eingegebenen Übergangsfrequenz.

Für Mehrwegeweichen mit 3 und mehr Übergangsfrequenzen muß das Programm ab Schritt 13 für jede Übergangsfrequenz neu durchlaufen werden.

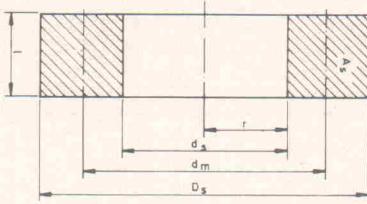
Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Spitzenspannung des Ausgangssignals nicht größer als die Spannungsfestigkeit des verwendeten Kondensators werden kann (Betriebsspannung).

Ein Richtwert für die Spannungsfestigkeit ist etwa nach der Formel  $U = \sqrt{2 \times P \times Z_L}$  zu berechnen.

Empfehlenswert sind auch Metall-Papier-Kondensatoren. Der Verlustfaktor des Kondensators geht in die Einfügungsdämpfung ein, er sollte daher möglichst klein sein.

## Abmessungen der fertigen Spule

- $r$  = Innenradius = 1
- $l$  = Wickellänge
- $d_s$  = Spuleninnendurchmesser = 21
- $d_m$  = mittlerer Wicklungsdurchmesser = 31
- $D_s$  = Spulenaußendurchmesser = 41
- $A_s$  = Wickelquerschnitt =  $l^2$



### Literatur:

- Roses' Formelsammlung
- Telefunken Laborbuch Bd. 1

# LAUTSPRECHER SELBER BAUEN

## mehr hören - weniger zahlen

Das R.A.E. LAUTSPRECHER-HANDBUCH ist da! 50 Seiten, viele Baupläne, technische Daten aller Chassis und Bausätze sowie viel erläuternde Theorie. Gegen DM 10,- Schein bestellen bei:

**RÖMER AUDIO EQUIPMENT GmbH**  
Versandzentrale  
Adalbertsteinweg 253, 51 Aachen  
Tel 0241/51 12 97, Telex 8 320 707 rae d

Wir liefern auch ins Ausland

Vorführung und Verkauf bei unseren Filialen:

**Oldenburg**  
H.-Heyll-Str. 22  
29 Oldenburg  
0441/68 13 90

**Duisburg**  
Baustraße 45  
41 Duisburg 12  
0203/43 8912

**Aachen**  
Seilgraben 40  
51 Aachen  
0241/3 73 02

**München**  
Implerstr. 14  
8 München 10  
089/725 66 24

\* Preis mit Weichenkit, alle Bausatzpreise ohne Holz.

## DER LAUTSPRECHER EXPRESS

### Programmauflistung 'Lautsprecher-Weichen'

Schritt	Code	Tasten									
000	76	Lbl	055	42	STO	110	95	=	165	02	2
001	19	D'	056	08	8	111	35	1/x	166	08	08
002	02	2	057	65	x	112	58	Fix	167	55	:
003	65	x	058	43	RCL	113	00	0	168	02	2
004	76	Lbl	059	06	6	114	61	GTO	169	95	=
005	10	E'	060	33	x2	115	02	2	170	42	STO
006	43	RCL	061	55	.	116	08	08	171	03	3
007	03	3	062	01	1	117	76	Lbl	172	65	x
008	95	=	063	52	EE	118	14	D	173	03	3
009	91	R/S	064	09	9	119	42	STO	174	03	3
010	76	Lbl	065	95	=	120	07	7	175	52	EE
011	11	A	066	35	1/x	121	33	x2	176	06	6
012	42	STO	067	71	SBR	122	65	x	177	94	+/-
013	01	1	068	02	2	123	89	Pi	178	65	x
014	91	R/S	069	06	06	124	55	:	179	43	RCL
015	76	Lbl	070	42	STO	125	02	2	180	04	4
016	16	A'	071	02	2	126	93	.	181	33	x2
017	42	STO	072	43	RCL	127	04	4	182	95	=
018	00	0	073	00	0	128	95	=	183	71	SBR
019	91	R/S	074	55	:	129	42	STO	184	02	2
020	76	Lbl	075	53	(	130	05	5	185	06	06
021	15	E	076	24	CE	131	34	✓x	186	42	STO
022	43	RCL	077	65	x	132	65	x	187	02	2
023	04	4	078	43	RCL	133	03	3	188	43	RCL
024	91	R/S	079	01	1	134	03	3	189	03	3
025	76	Lbl	080	65	x	135	52	EE	190	65	x
026	18	C'	081	08	8	136	06	6	191	43	RCL
027	43	RCL	082	54	)	137	94	+/-	192	04	4
028	02	2	083	34	✓x	138	55	:	193	65	x
029	91	R/S	084	65	x	139	43	RCL	194	01	1
030	76	Lbl	085	02	2	140	02	2	195	02	2
031	12	B	086	55	:	141	95	=	196	55	:
032	65	x	087	89	Pi	142	35	1/x	197	05	5
033	02	2	088	95	=	143	45	✓x	198	06	6
034	65	x	089	34	✓x	144	93	.	199	52	EE
035	89	Pi	090	61	GTO	145	04	4	200	03	3
036	65	x	091	02	2	146	95	=	201	55	:
037	42	STO	092	06	06	147	58	Fix	202	43	RCL
038	06	6	093	76	Lbl	148	00	0	203	07	7
039	43	RCL	094	17	B'	149	71	SBR	204	33	x2
040	01	1	095	43	RCL	150	02	2	205	95	=
041	65	x	096	02	2	151	08	08	206	58	Fix
042	02	2	097	55	:	152	42	STO	207	03	3
043	34	✓x	098	01	1	153	04	4	208	22	INV
044	55		099	52	EE	154	65	x	209	52	EE
045	01	1	100	09	9	155	43	RCL	210	52	EE
046	52	EE	101	65	x	156	05	5	211	22	INV
047	06	6	102	43	RCL	157	95	=	212	52	EE
048	95	=	103	08	8	158	34	✓x	213	22	INV
049	35	1/x	104	95	=	159	65	x	214	58	Fix
050	61	GTO	105	34	✓x	160	02	2	215	92	RTN
051	02	2	106	65	x	161	95	-			
052	06	6	107	02	2	162	58	Fix			
053	76	Lbl	108	65	x	163	00	0			
054	13	C	109	89	Pi	164	71	SBR			

# Lautsprecher-Weichen

**Lautsprecher-Weichen sind sehr einfach zu berechnen – wenn Sie einen Computer zum Ausrechnen der Bauteilewerte haben. Wir haben ein time-sharing-Terminal eines Honeywell-Computers mit der Aufgabe betraut, und hier sind die Ergebnisse: Lautsprecher-Weichen – ganz einfach!**

In modernen Hifi-Anlagen muß der Lautsprecher einen Frequenzbereich von 30 Hz bis mindestens 15 kHz verarbeiten. Im allgemeinen verlangt dies zwei oder mehr Lautsprecher in jeder Box, wobei jeder in einem bestimmten Frequenzbereich arbeitet. Dieser Bereich wird von einem Frequenzteilungsnetzwerk oder einer 'Weiche' festgelegt. Dieses Netzwerk besteht aus zwei oder mehreren Filtern.

Eine Box mit zwei Lautsprechern enthält gewöhnlich eine Zweiweg-Weiche, bestehend aus einem Hochpaßfilter und einem Tiefpaßfilter. Das Hochpaßfilter hält die tiefen Frequenzen vom Hochtonlautsprecher fern, während umgekehrt das Tiefpaßfilter die hohen Frequenzen vom Tieftöner fernhält.

Entsprechend enthält eine 3-Lautsprecher-Box eine Dreiweg-Weiche, bestehend aus Hochpaß-, Bandpaß- und Tiefpaßfilter. Hoch- und Tiefpaßfilter arbeiten ähnlich wie im Zweiweg-System, das Bandpaßfilter läßt nur die mittleren Frequenzen an den Mitteltonlautsprecher durch.

Das Ergebnis ist (wenigstens theoretisch) ein weicher Übergang von einem Lautsprecher auf den nächsten über den gesamten Frequenzbereich. Für ein Mehr-Lautsprecher-System, das einen möglichst gleichmäßigen Frequenzgang haben soll, ist es erforderlich, daß die ausnutzbaren Frequenzbereiche der einzelnen Lautsprecher einander überlappen.

Wenn beispielsweise der Baßlautsprecher in einem Zweiwege-System einen ausnutzbaren, geradlinigen Frequenzverlauf von etwa 70 Hz bis 3 kHz hat und dafür ausgesuchte Hochtöner von 500 Hz bis 15 kHz, überlappen sich beide in einem Bereich von 2,5 kHz.

## Die Bestimmung der Übergangs frequenz

Eine Weiche für das oben beschriebene System müßte so gebaut werden, daß die Teilungsfrequenz irgendwo zwischen 800 Hz und 1 kHz liegt. Ein Dreiwege-System würde vielleicht so berechnet, daß die eine Teilungsfrequenz bei 400 bis 500 und die andere bei 5000 Hz liegt.

Die optimale Übergangs frequenz läßt sich leicht bestimmen, wenn man die Frequenzgangkurven der verwendeten Lautsprecher betrachtet und die Übergangs frequenz vor den Punkt legt, an dem der Lautsprecher stark abfällt oder die Mem-

branbewegung nichtlinear wird. So haben nur wenige Baßlautsprecher einen wirklich nutzbaren Frequenzbereich über 2 bis 3 kHz. Der vom Mitteltöner verarbeitete Frequenzbereich muß so ausgelegt werden, daß die maximale vom Hersteller vorgeschriebene Membranauslenkung nicht überschritten wird.

Es sollte ganz klar sein, daß es die einzige Aufgabe einer Lautsprecherweiche ist, den Arbeitsbereich jedes Lautsprechers festzulegen. Sie hat einen Hochtöner – mit einer Membranbewegung von Millimeterbruchteilen – davor zu schützen, daß er mit einer 50 Watt Endstufe bei 30 Hz angesteuert wird – und sicherzustellen, daß nicht der Baßlautsprecher laut kreischend versucht, die Victoria von Los Angeles nachzumachen.

*Eine Lautsprecherweiche kann nicht dazu dienen, Verluste im Plattenspieler, dem Verstärker, Treibern oder dem Lautsprechergehäuse wettzumachen.*

## Verschiedene Filter-Typen

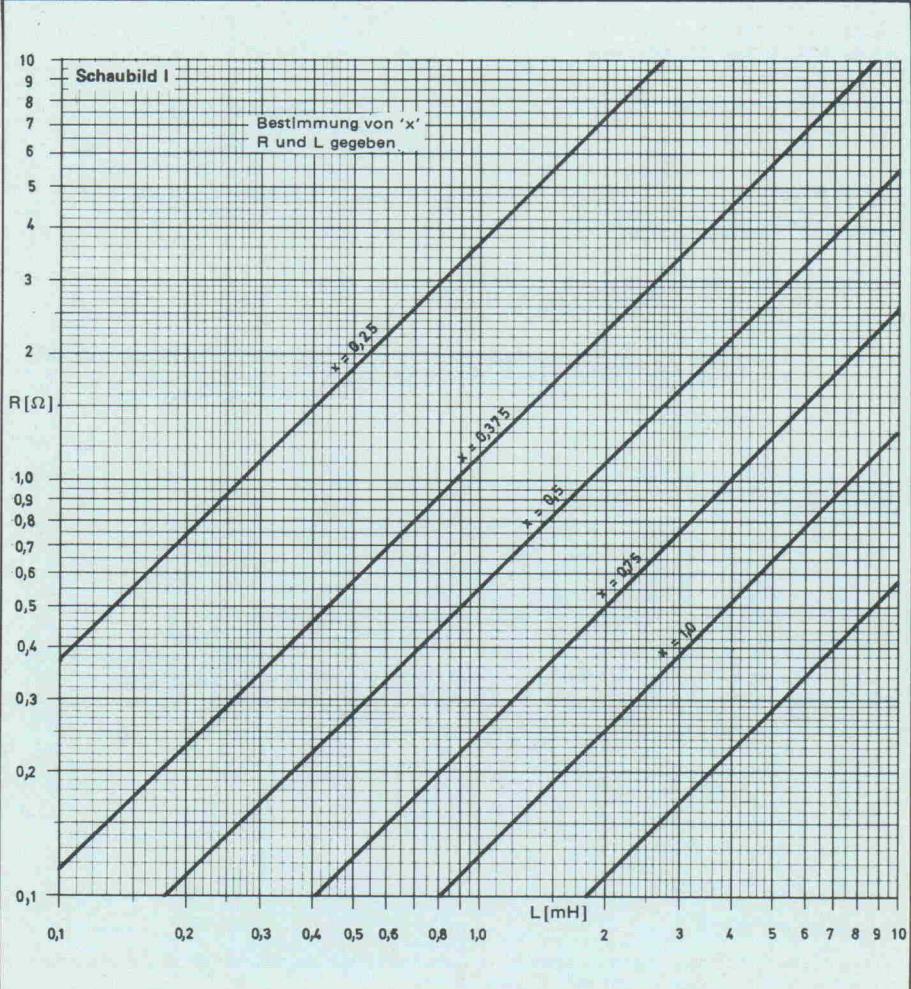
Abbildung 1 zeigt den typischen Frequenzverlauf einer Lautsprecherweiche

(Teilungspunkt bei 1 kHz), die aus einem Hochpaßfilter und einem Tiefpaßfilter besteht. Genau genommen zeigt die Abbildung sogar drei verschiedene Filterpaare; jedes mit einer anderen Abschwächung.

Eine Abschwächung von 6 dB/Oktave ist in der Praxis meist unzureichend, weil Mitteltöner und Hochtöner nicht hinreichend vor Überlastung geschützt werden.

Normalerweise wird eine Abschwächung von 12 dB pro Oktave benutzt; jedoch werden auch 18 dB/Okt.-Filter zuweilen eingesetzt.

Für den Amateur ist es jedoch ratsam, beim 12 dB/Okt.-Filter zu bleiben. Man verwendet Filter, die als 'k-konstant' oder 'M-abgeleitet'-Filter bezeichnet werden. Der Unterschied zwischen beiden ist hier nicht wichtig. 'k-konstant'-Filter können eine Absenkung bis zu 12 dB/Oktave maximal erreichen, während bei den 'M-abgeleitet'-Typen bis zu 18 dB/Oktave möglich sind. Dieser Filtertyp wird oft für hochwertige Lautsprecherboxen benutzt, da Impedanzverlauf und Frequenzgang sich damit besser steuern lassen. Man



# Elektronik für Lautsprecherboxen

SYD 0134

HONEYWELL G265 TIME-SHARING SYD.

ON TTY 41 AT 18:52

USER NUMBER---S85004  
MODERN MAGAZINE H.

PROJECT ID---BARRY  
SYSTEM---BAS  
NEW OR OLD---NEW  
NEW FILE NAME--FILTERS  
READY.

TAPE  
READY

```
15 PRINT USING 18
18:FREQ.   C1    C2    C3    C4    C5    L1    L2    L3    L4    L5
20 PRINT
35 READ R
37 READ M
40 DIM F(25)
50 FOR I=1 TO 22
60 READ F(I)
70 LET W=2*3.14159*F(I)
80 LET Z=R*W
90 LET X=2E6/Z
110 GOSUB 500
120 LET C1=X
130 LET X=1E6/(Z+Z*M)
150 GOSUB 500
160 LET C2=X
170 LET X=1E6/Z
190 GOSUB 500
195 LET C3=X
200 LET X=1E6/(Z*Z)
220 GOSUB 500
230 LET C4=X
240 LET X=1E6*(1+M)/Z
255 GOSUB 500
260 LET C5=X
270 LET X=1000*(1+M)*R/W
280 GOSUB 500
285 LET L1=X
290 LET X=1000*R/W
295 GOSUB 500
300 LET L2=X
310 LET X=1000*R/(Z*W)
320 GOSUB 500
330 LET L3=X
340 LET X=2*1000*R/W
350 GOSUB 500
360 LET L4=X
370 LET X=1000*R/(W+W*M)
380 GOSUB 500
390 LET L5=X
450 PRINT F(I);TAB(10);C1;TAB(16);C2;TAB(22);C3;TAB(28);C4;TAB(34);C5;
460 PRINT TAB(40);L1;TAB(46);L2;TAB(52);L3;TAB(58);L4;TAB(64);L5
480 NEXT I
500 IF X<100 THEN 520
505 LET X=INT(X+.5)
510 GOTO 600
520 IF X<10 THEN 540
525 LET X=INT(X*.1)/10
530 GOTO 600
540 IF X<1 THEN 560
545 LET X=INT(X*.100+.5)/100
550 GOTO 600
560 LET X=INT(X*.1000+.5)/1000
600 RETURN
700 DATA 8
710 DATA 0.6
720 DATA 100,150,200,250,300,350,400,500,600,750,1000,1250,1500
730 DATA 2000,2500,3000,3500,4000,5000,6000,7500,10000
999 END
```

RUN

USED 33 UNITS  
BYE

TOTAL TTY MINUTES = 35

TOTAL CRU'S USED. = 33

\*\*\*OFF AT 19:27

Dies ist das Computerprogramm, das wir zur Berechnung der Bauteilewerte der Lautsprecherweichen benutzt haben. Copyright: Eirad/ETI.

verwendet sowohl parallele als auch serielle Filter. Serielle Filter werden nur in Zweifach-Systemen verwendet. Die meisten industriell gefertigten Weichen benutzen die Parallel-Anordnung, weil dann die Bauteilewerte für beide Filter gleich sind und dies die Entwicklungskosten drückt. Daneben haben Parallel-Filter geringfügig bessere elektrische Werte im Durchlaß- und Sperrbereich. Die später in diesem Artikel angegebenen Entwurfshinweise behandeln dennoch sowohl Parallel- als auch Serien-Filter.

## Einfügungsdämpfung

Einer der wichtigsten Punkte, die beim Entwurf zu beachten sind, ist, daß das Filter keine merkbare Dämpfung (genannt Einfügungsdämpfung) zwischen Verstärker und Lautsprecher verursacht. Die Einfügungsdämpfung – ausgedrückt in dB – wird von dem Gleichstromwiderstand der Spulen und der Reihen- und Parallelreaktanze der Schaltkreiselemente verursacht. Die Einfügungsdämpfung eines guten Filters sollte 0,5 dB nicht übersteigen. Dies ist für Lautsprecher, die von 30-Watt-Verstärkern betrieben werden, ganz annehmbar. Bei höheren Leistungen wird man jedoch versuchen, soweit wirtschaftlich machbar, die Einfügungsdämpfung unter 0,5 dB zu bringen; denn die Leistung, die ein 0,5-dB-Filter bei 100 Watt absorbiert, beträgt mehr als 10 Watt.

Durch Verwendung von Spulen mit kleinem Gleichstromwiderstand und Kondensatoren mit geringem Verlustfaktor kann man die Einfügungsdämpfung verkleinern. (Neben der Einfügungsdämpfung gibt es noch eine weitere Dämpfung von 3 dB an der Übergangsfrequenz. Bei Benutzung einer Frequenzweiche ist dies unvermeidbar – es tritt jedoch für das Ohr kaum in Erscheinung.)

Lautsprecher in Mehrfach-Anordnungen sollten alle die gleiche Impedanz besitzen. Wenn der Basslautsprecher 8 Ohm hat, sollten auch der Mittelton- und Hochton-typ 8 Ohm Lautsprecher sein. Wenn für einen Bereich zwei Lautsprecher benutzt werden, z. B. zwei Hochtöner, dann sollte jeder die doppelte Impedanz der übrigen Lautsprecher aufweisen, und die Hochtöner sollten parallel geschaltet werden. (Zwei 16-Ohm-Lautsprecher parallel geschaltet ergeben 8 Ohm Belastung für die Weiche.)

## Berechnung der Werte

Die Berechnung der Bauteile für eine Lautsprecherweiche ist eine lange, mühevolle Beschäftigung, es sei denn, Sie haben einen Computer. Das Programm, speziell geschrieben von Barry Wilkinson, ist an anderer Stelle in diesem Artikel abgedruckt. Es werden Bauteilewerte sowohl für 'k-konstant' als auch für 'm-abgeleitet'-Filter und für Lautsprecher mit 8 Ohm

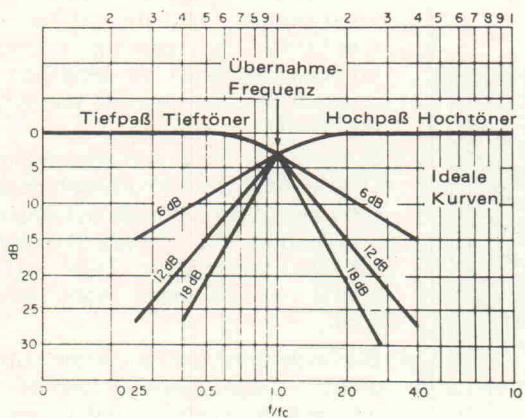


Fig. 1 Typische Frequenzgangkurven einer Zweiweg-Lautsprecherweiche. Die Zeichnung zeigt drei verschiedene Filterpaare, jeweils mit einer unterschiedlichen Flankensteilheit.

und 15 Ohm Impedanz berechnet. Die vollständigen Daten werden für alle Übergangsfrequenzen von 100 Hz bis 10 kHz angegeben.

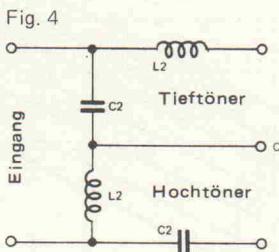
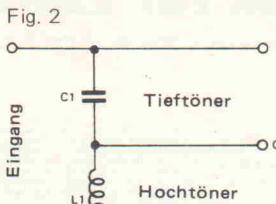
## Der Aufbau

Der Aufbau der Filterschaltungen ist sehr einfach. Man nimmt in der Regel Luftspulen; diese sind sehr einfach zuwickeln. (Wickeldaten für diese Spulen sind später in diesem Artikel angegeben.) Normale (ungepolte) Elektrolytkondensatoren sind für Lautsprecherweichen wenig brauchbar; auch Typen mit geringem Leckstrom haben unannehmbar hohe Verluste in dieser Anwendung. Für Lautsprecherweichen werden von einigen Firmen besondere, ungepolte Elektrolytkondensatoren hergestellt. Es ist jedoch zu bemerken, daß die meisten der großen Lautsprecherhersteller nur Metall-Papier-Kondensatoren für diesen Zweck benutzen.

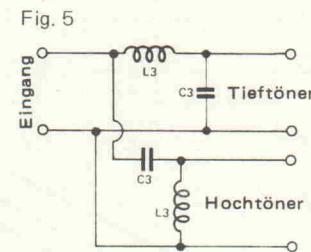
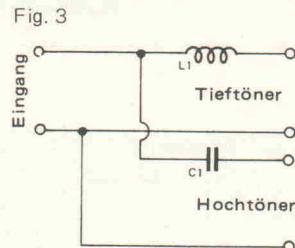
Wenn man Kondensatoren für Lautsprecherweichen aussucht, vergewissere man sich auch, daß die darauf angegebene Gleichspannung (Betriebsspannung) nicht kleiner ist als die Spitzenspannung des Signales.

## Das Entwurfsverfahren

- Bestimmen Sie die Übergangsfrequenzen und die gewünschte Steilheit (z. B. 6 dB, 12 dB oder 18 dB pro Oktave).
- Entscheiden Sie zwischen seriell oder parallelem Filter – wie zuvor ausgeführt, hat das Parallelfilter einige Vorteile –.
- Suchen Sie aus Fig. 2–9 die zugehörige Schaltung aus.
- Entnehmen Sie die Bauteilewerte für die entsprechende Lautsprecherimpedanz ('k-konstant' oder 'm-abgeleitet'-Filter) aus den Computerausdrucken.
- Berechnen Sie mit den angegebenen Daten die Spulen.



**k-konstant-Lautsprecherweichen.** Fig. 2 Serienfilter, 6 dB/Oktave. Fig. 3 Parallelfilter, 6 dB/Oktave. Fig. 4 Serienfilter, 12 dB/Oktave. Fig. 5 Parallelfilter, 12 dB/Oktave.



## Berechnung der Spulen

Jede Spule, die in einer Lautsprecherweiche benutzt wird, hat einen gewissen Gleichstromwiderstand – und dieser Widerstand verbraucht einen Teil der Verstärkerleistung. Daher sollte der Gleichstromwiderstand einer Spule so klein sein, wie es wirtschaftlich vertretbar möglich ist.

Es ist ein brauchbarer Kompromiß in Fällen, in denen die Verstärkerleistung 30 Watt pro Kanal nicht überschreitet, den Gleichstromwiderstand unter 1 Ohm zu halten.

Der Spulenaufbau, der das höchste Verhältnis von Induktivität zu Gleichstromwiderstand liefert, ist in Abbildung 10 angegeben. In dieser Zeichnung ist der Innenradius des Spulenkörpers mit 'x' bezeichnet, und alle anderen Abmessungen sind darauf bezogen.

Der Aufbau des Spulenkörpers ist nicht kritisch und kann aus Pertinax oder einem hölzernen Kern mit Kunststoffseitenteilen hergestellt werden. Metall darf nicht benutzt werden.

Gehen Sie wie folgt vor:

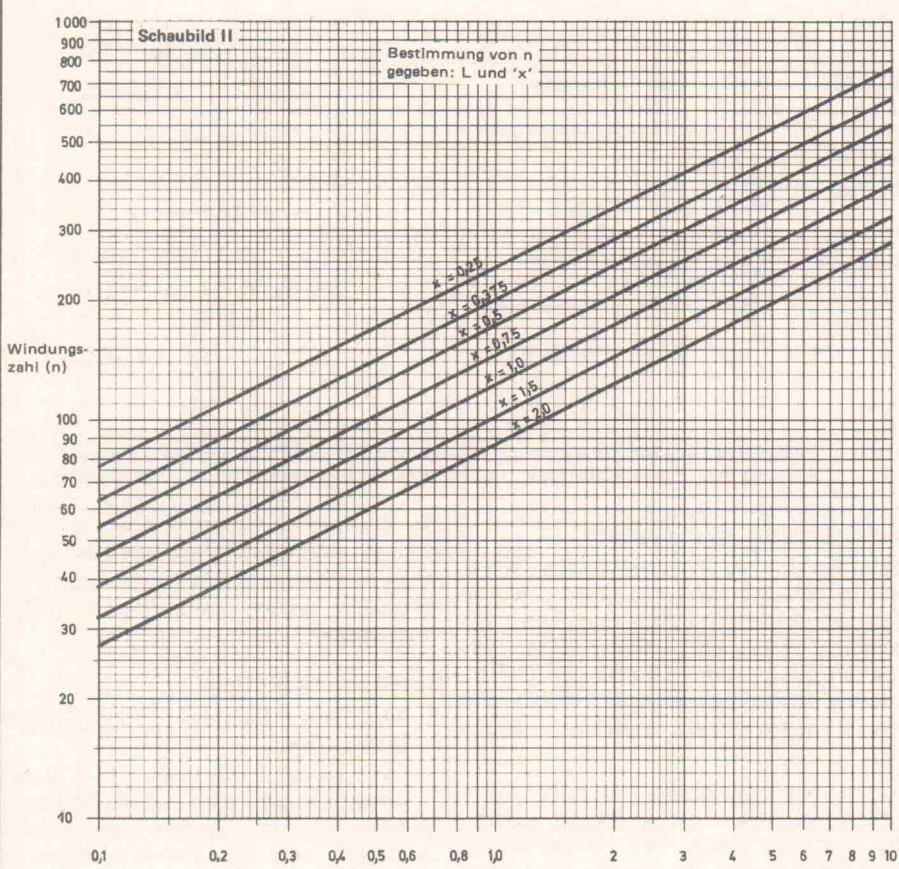
- Bestimmen Sie die nötige Spulenkörper-Größe.

Dies geschieht mit Schaubild 1. Dieses Schaubild zeigt die Spulenkörpermaße (Maß 'x'), um Spulen verschiedener Größen und Gleichstromwiderstände herstellen zu können. So hätte eine 5,5 mH Spule, auf einem 0,75" Spulenkörper gewickelt (das ist das Maß 'x'), einen Gleichstromwiderstand von 1,4 Ohm; auf einem 1" Spulenkörper gewickelt, betrüge er nur 0,7 Ohm. Da der Gleichstromwiderstand unter 1 Ohm liegen sollte, wäre der 1" Spulenkörper zu benutzen.

FREQ.	C1	C2	C3	L1	L2	L3
100	199	281	141	12.7	9	18
150	133	188	93.8	8.49	6	12
200	99.5	141	70.3	6.37	4.5	9
250	79.6	113	56.3	5.09	3.6	7.2
300	66.3	93.8	46.9	4.24	3	6
350	56.8	80.4	40.2	3.64	2.57	5.14
400	49.7	70.3	35.2	3.18	2.25	4.5
500	39.8	56.3	28.1	2.55	1.8	3.6
600	33.2	46.9	23.4	2.12	1.5	3
750	26.5	37.5	18.8	1.7	1.2	2.4
1000	19.9	28.1	14.1	1.27	.9	1.8
1250	15.9	22.5	11.3	1.02	.72	1.44
1500	13.3	18.8	9.38	.849	.6	1.2
2000	9.95	14.1	7.03	.637	.45	.9
2500	7.96	11.3	5.63	.509	.36	.72
3000	6.63	9.38	4.69	.424	.3	.6
3500	5.68	8.04	4.02	.364	.257	.514
4000	4.97	7.03	3.52	.318	.225	.45
5000	3.98	5.63	2.81	.255	.18	.36
6000	3.32	4.69	2.34	.212	.15	.3
7500	2.65	3.75	1.88	.17	.12	.24
10000	1.99	2.81	1.41	.127	.09	.18

L- und C-Werte für k-konstant-Weichen  
Induktivitäten in Millihenry [mH]  
Kapazitäten in Mikrofarad [ $\mu$ F]  
Lautsprecher-Impedanzen: 8 Ohm.

# Elektronik für Lautsprecherboxen



2. Schaubild II zeigt die erforderliche Windungszahl, um die erforderliche Induktivität für bestimmte Spulenkörperabmessungen zu erreichen. In unserem Beispiel sind 290 Windungen erforderlich.

3. Schaubild III zeigt den erforderlichen Drahtdurchmesser. In unserem Beispiel erfordern 290 Windungen auf einem 1" Spulenkörper 15,3 A.W.G. Die nächststärkere lagermäßige Type ist 16 A.W.G., so daß dieser Draht benutzt wird.

4. Die Spule sollte mit lackiertem Kupferdraht in Lagen gewickelt werden. Da die Betriebsspannung relativ niedrig ist, ist keine Zwischenlagenisolierung erforderlich.

Schaubild IV zeigt den Gleichstromwiderstand der Spule bei gegebenem Drahtdurchmesser und Spulenkörper, wenn der Spulenkörper ganz vollewickelt ist. In unserem Fall beträgt der ausgewiesene Widerstand 1 Ohm, da wir jedoch nur 290 Windungen haben – der Spulenkörper nimmt 350 auf – beträgt der Widerstand etwa 0,8 Ohm. Dies erfüllt unsere Forderung hinreichend gut und ist für einen Verstärker mittlerer Leistung durchaus annehmbar.

## Dreiweg-Weichen

Diese unterscheiden sich von den Zweiweg-Weichen nur durch ein zusätzliches Mitteltonfilter.

Eine 12 dB pro Oktave Dreiweg-Weiche (Parallelfilter) ist in Abbildung 11 gezeigt. Der Mitteltonteil ist ein Bandpaßfilter, das aus einem Tiefpaßfilter ( $L_{3B}$  und  $C_{3B}$ ) und aus einem Hochpaßfilter ( $L_{3A}$  und  $C_{3A}$ ) besteht.

Man bestimme zunächst die Werte des Tiefpaßfilters,  $L_3$  und  $C_3$ .  $L_{3A}$  und  $C_{3A}$  des Bandpaßfilters müssen die Übergangsfrequenz an derselben Stelle haben wie das Tiefpaßfilter und haben daher dieselben Werte wie  $L_3$  und  $C_3$ .

Die Werte von  $L_{3B}$  und  $L_{3C}$  sind gleich; ebenso bei  $C_{3B}$  und  $C_{3C}$ . Die Werte dieser Bauteile bestimmen sich aus der Übergangsfrequenz für Mitteltonlautsprecher und Hochtonlautsprecher.

Vierwege- und Fünfwege-Weichen werden in ähnlicher Weise berechnet. Die Bauteilwerte, die oben für das 'k-konstant'-Filter berechnet worden sind, können mit den nachstehenden Gleichungen für ein 'm-abgeleitet'-Filter umgerechnet werden.

$$L_3, L_{3B} = \left(1 + m\right) \frac{R_o}{\omega_c} \text{ Henry}$$

$$L_{3A}, L_{3C} = \left(\frac{R_o}{\omega_c}\right) \text{ Henry}$$

$$C_{3A}, C_{3C} = \left(\frac{1}{1+m}\right) \left(\frac{1}{\omega_c R_c}\right) \times 10^6 \mu\text{F}$$

$$C_{3B} = \left(\frac{10^6}{\omega_c R_c}\right) \mu\text{F}$$

FREQ.	C1	C2	C3	L1	L2	L3
100	106	150	75	23.9	16.9	33.8
150	70.7	100	50	15.9	11.3	22.5
200	53.1	75	37.5	11.9	8.44	16.9
250	42.4	60	30	9.55	6.75	13.5
300	35.4	50	25	7.96	5.63	11.3
350	30.3	42.9	21.4	6.82	4.82	9.65
400	26.5	37.5	18.8	5.97	4.22	8.44
500	21.2	30	15	4.77	3.38	6.75
600	17.7	25	12.5	3.98	2.81	5.63
750	14.1	20	10	3.18	2.25	4.5
1000	10.6	15	7.5	2.39	1.69	3.38
1250	8.49	12	6	1.91	1.35	2.7
1500	7.07	10	5	1.59	1.13	2.25
2000	5.31	7.5	3.75	1.19	0.844	1.69
2500	4.24	6	3	0.955	0.675	1.35
3000	3.54	5	2.5	0.796	0.563	1.13
3500	3.03	4.29	2.14	0.682	0.482	0.965
4000	2.65	3.75	1.88	0.597	0.422	0.844
5000	2.12	3	1.5	0.477	0.338	0.675
6000	1.77	2.5	1.25	0.398	0.281	0.563
7500	1.41	2				

L- und C-Werte für k-konstant-Weichen  
Induktivitäten in Millihenry [mH]  
Kapazitäten in Mikrofarad [ $\mu\text{F}$ ]  
Lautsprecher-Impedanzen: 15 Ohm.

# Elektronik für Lautsprecherboxen

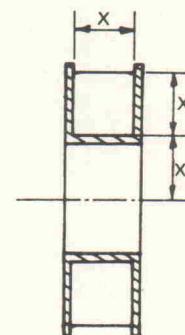
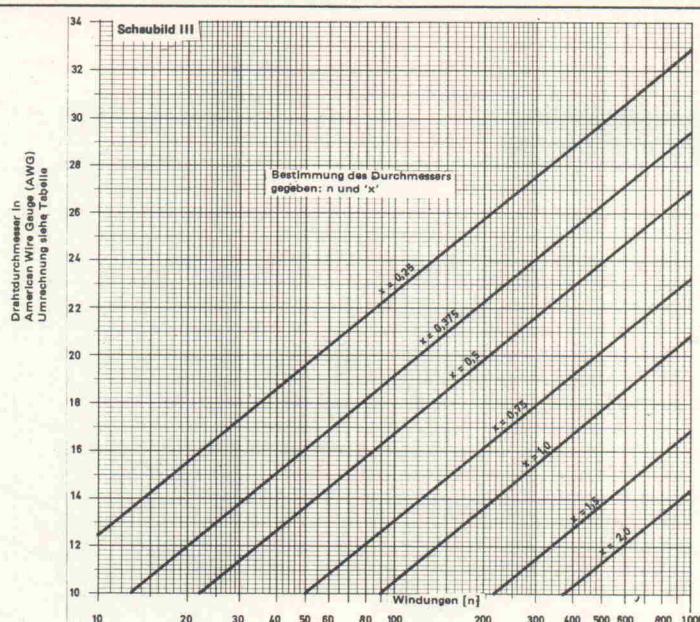
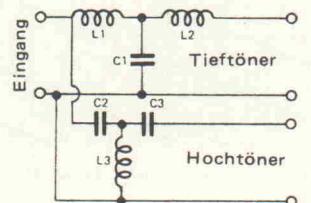
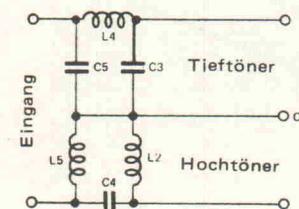
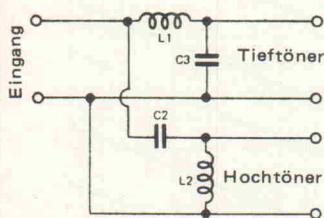
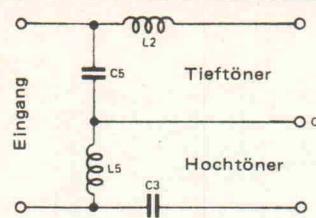


Fig. 10 Empfohlene Abmessungen des Spulenköpfers. Alle Maße sind auf 'x' bezogen; wenn also 'x' z. B. 1 Zoll beträgt, sind Wickelbreite und -tiefe jeweils 1 Zoll; der Innendurchmesser der Spule beträgt 2 Zoll. (1 Zoll = 25,4 mm).

## 'M-abgeleitete' Lautsprecher-Weichen

FREQ*	C1	C2	C3	C4	C5	L1	L2	L3	L4	L5
100	398	124	199	99.4	318	20.3	12.7	6.37	25.4	7.96
150	265	82.9	133	66.3	212	13.5	8.49	4.24	16.9	5.31
200	199	62.1	99.4	49.7	159	10.1	6.37	3.18	12.7	3.98
250	159	49.7	79.5	39.7	127	8.15	5.09	2.55	10.1	3.18
300	133	41.4	66.3	33.1	106	6.79	4.24	2.12	8.49	2.65
350	114	35.5	56.8	28.4	90.9	5.82	3.64	1.82	7.28	2.27
400	99.4	31	49.7	24.8	79.5	5.09	3.18	1.59	6.37	1.99
500	79.5	24.8	39.7	19.9	63.6	4.07	2.55	1.27	5.09	1.59
600	66.3	20.7	33.1	16.5	53	3.4	2.12	1.06	4.24	1.33
750	53	16.5	26.5	13.2	42.4	2.72	1.7	.849	3.4	1.06
1000	39.7	12.4	19.9	9.95	31.8	2.04	1.27	.637	2.55	.796
1250	31.8	9.95	15.9	7.96	25.4	1.63	1.02	.509	2.04	.637
1500	26.5	8.29	13.2	6.63	21.2	1.36	.849	.424	1.7	.531
2000	19.9	6.22	9.95	4.97	15.9	1.02	.637	.318	1.27	.398
2500	15.9	4.97	7.96	3.98	12.7	.815	.509	.255	1.02	.318
3000	13.2	4.14	6.63	3.32	10.6	.679	.424	.212	.849	.265
3500	11.3	3.55	5.68	2.84	9.09	.582	.364	.182	.728	.227
4000	9.95	3.11	4.97	2.49	7.96	.509	.318	.159	.637	.199
5000	7.96	2.49	3.98	1.99	6.37	.407	.255	.127	.509	.159
6000	6.63	2.07	3.32	1.66	5.31	.34	.212	.106	.424	.133
7500	5.31	1.66	2.65	1.33	4.24	.272	.17	.085	.34	.106
10000	3.98	1.24	1.99	.995	3.18	.204	.127	.064	.255	.08

L- und C-Werte für 'M-abgeleitete' Weichen  
Induktivitäten in Millihenry [mH]  
Kapazitäten in Mikrofarad [ $\mu$ F]  
Lautsprecher-Impedanzen: 8 Ohm  
 $M = 0,6$

# Elektronik für Lautsprecherboxen

## Umrechnungstabelle von AWG in Millimeter

AWG	mm
10	3.240
11	2.940
12	2.642
13	2.336
14	2.030
15	1.828
16	1.625
17	1.422
18	1.219
19	1.016
20	0.914
21	0.812
22	0.711
23	0.610
24	0.558
25	0.508
26	0.457
27	0.406
28	0.376
29	0.345
30	0.304
31	0.290
32	0.274
33	0.254
34	0.228
35	0.203
36	0.193

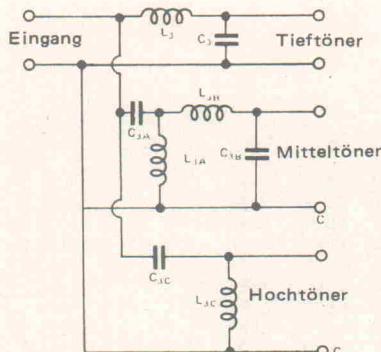
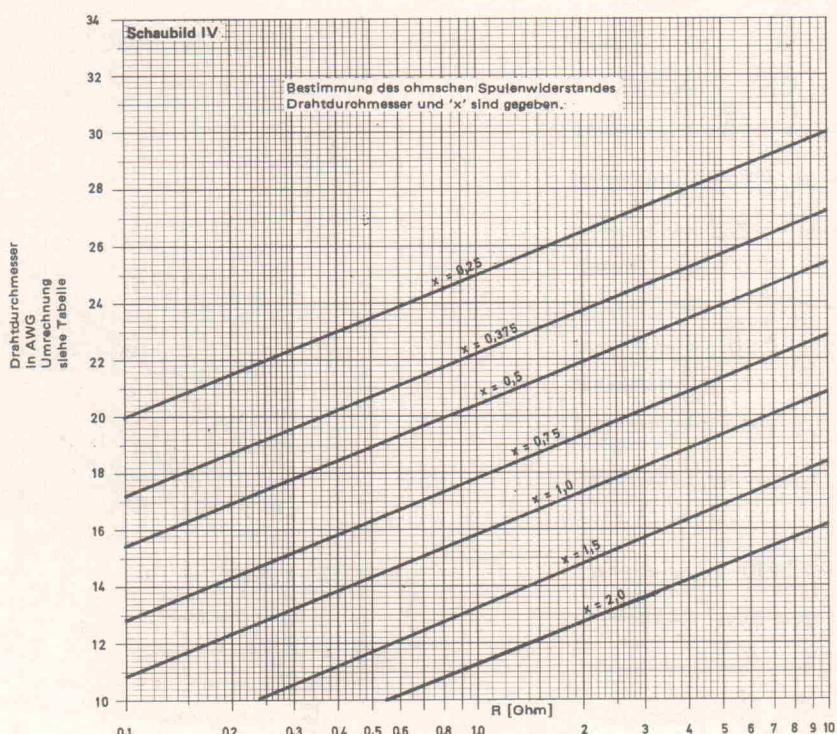


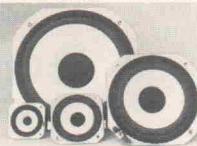
Fig. 11 Dreiwege-Parallel-Weiche mit -12 dB pro Oktave Flankensteilheit.

FREQ.	C1	C2	C3	C4	C5	L1	L2	L3	L4	L5
100	212	66.3	106	53	170	38.2	23.8	11.9	47.7	14.9
150	141	44.2	70.7	35.3	113	25.4	15.9	7.96	31.8	9.95
200	106	33.1	53	26.5	84.8	19.1	11.9	5.97	23.8	7.46
250	84.8	26.5	42.4	21.2	67.9	15.2	9.55	4.77	19.1	5.97
300	70.7	22.1	35.3	17.6	56.5	12.7	7.96	3.98	15.9	4.97
350	60.6	18.9	30.3	15.1	48.5	10.9	6.82	3.41	13.6	4.26
400	53	16.5	26.5	13.2	42.4	9.55	5.97	2.98	11.9	3.73
500	42.4	13.2	21.2	10.6	33.9	7.64	4.77	2.39	9.55	2.98
600	35.3	11	17.6	8.84	28.3	6.37	3.98	1.99	7.96	2.49
750	28.3	8.84	14.1	7.07	22.6	5.09	3.18	1.59	6.37	1.99
1000	21.2	6.63	10.6	5.31	16.9	3.82	2.39	1.19	4.77	1.49
1250	16.9	5.31	8.49	4.24	13.5	3.06	1.91	0.955	3.82	1.19
1500	14.1	4.42	7.07	3.54	11.3	2.55	1.59	0.796	3.18	0.95
2000	10.6	3.32	5.31	2.65	8.49	1.91	1.19	0.597	2.39	0.746
2500	8.49	2.65	4.24	2.12	6.79	1.53	0.955	0.477	1.91	0.597
3000	7.07	2.21	3.54	1.77	5.66	1.27	0.796	0.398	1.59	0.497
3500	6.06	1.89	3.03	1.52	4.85	1.09	0.682	0.341	1.36	0.426
4000	5.31	1.66	2.65	1.33	4.24	0.955	0.597	0.298	1.19	0.373
5000	4.24	1.33	2.12	1.06	3.4	0.764	0.477	0.239	0.955	0.298
6000	3.54	1.11	1.77	0.884	2.83	0.637	0.398	0.199	0.796	0.249
7500	2.83	0.884	1.41	0.707	2.26	0.509	0.318	0.159	0.637	0.199
10000	2.12	0.663	1.06	0.531	1.7	0.382	0.239	0.119	0.477	0.149

L- und C-Werte für 'M-abgeleitete' Weichen  
Induktivitäten in Millihenry [mH]  
Kapazitäten in Mikrofarad [μF]  
Lautsprecher-Impedanzen: 15 Ohm  
 $M = 0,6$

DISCO-POWER-SERIE	
Große weiße Membrane	Sicke graphit, Chromdesign
Baß 300/354 mm Ø, 180 W*	Nr. Z 70 DM 59,50
Baß 250/275 mm Ø, 140 W*	Nr. Z 71 DM 39,90
Baß 200/225 mm Ø, 120 W*	Nr. Z 72 DM 29,50
Mitteltöner 130 mm Ø, 100 W*	Nr. Z 73 DM 26,80
Höchst 75 mm Ø, 130 W*	Nr. Z 74 DM 9,95
Weiche 3 Weg bis 200 W	Nr. Z 75 DM 19,80
Weiche 4 Weg bis 7 Systeme, 210 W*	Nr. Z 88 DM 39,60

Baß 30/35 cm ..... 59,50  
Baß 25/27,5 cm ..... 39,90



Telef. Auftragsannahme  
bis 20 Uhr

### Sichtlautsprecher-Set, 3-7 Systeme, mit Frequenzweiche

Nr.	Baß mm Ø	Mitten- mm Ø	Höhen- mm Ø	Frequenz	Watt*	DM/Set
Z 77	200	130	75	25 Hz-24 kHz	100*	55,-
Z 78	2 x 200	130	75	22 Hz-23 kHz	140*	78,80
Z 130	250/275	130	75	20 Hz-24 kHz	140*	59,50
Z 131	250/275	2 x 130	2 x 75	20 Hz-24 kHz	140*	75,-
Z 132	2 x 250/275	2 x 130	3 x 75	20 Hz-24 kHz	140*	124,-
Z 79	300/350	130	75	18 Hz-23 kHz	140*	79,-
Z 80	300/350	2 x 130	2 x 75	18 Hz-24 kHz	180*	99,50
Z 81	2 x 300/350	2 x 130	3 x 75	18 Hz-24 kHz	200*	168,-

\* Angaben max. Leistungsspitze mit vorgeschalteter Frequenzweiche und im geschlossenen Gehäuse.

**HiFi-  
Disco-  
komplett  
mit  
abgestimmten  
Weichen**

**Lautsprecher-  
Elektronik-  
Disco-Katalog  
kostenlos**  
**ERICH WILLI MEYER  
— ELEKTRONIK —**  
6343 Frohnhausen  
Postfach 3019  
Telefon (02771) 31007

# Elektronische Frequenzweiche

Eckart Steffens

**Große, schwere Luftspulen aus dickem Kupferdraht und engtolerierte, verlustarme und teure MP-Kondensatoren sind die Elemente, die als Bauteile der passiven Frequenzweiche einer Lautsprecherbox immer noch Schwachstellen in der HiFi-Kette sind (siehe ELRAD 3/1979 'Lautsprecherweichen').**

Einerseits bewirken sie relativ hohe Leistungsverluste, andererseits verschlechtern sie erheblich die Bedämpfung der Lautsprecher, insbesondere des Tieftöners. Hochwertige Boxen, wie sie bereits seit langem in Rundfunk- und Fernsehstudios eingesetzt werden, vermeiden daher eine solche Baugruppe. Diese 'Aktivboxen' verfügen über ein elektronisches Frequenzteilungsnetzwerk und mehrere Endverstärker (für jeden Lautsprecher einen), an die die zugehörigen Lautsprecherchassis direkt angeschlossen sind.

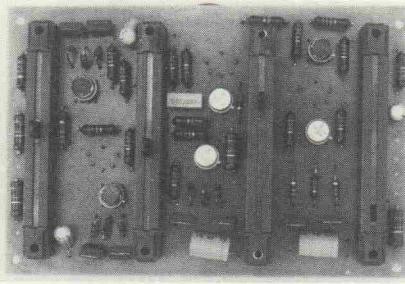
Wegen der erheblich verbesserten Eigenschaften setzt sich dieses Prinzip auch für Heimanlagen und für Beschallungsanlagen (P.A.-Systeme) durch. Besonders bei P.A.-Systemen würden die verwendeten hohen Verstärkerleistungen passive Frequenzweichen höchst unwirtschaftlich machen.

## Gerecht verteilt

Die Aufteilung des Frequenzbereiches und Festlegung der Übergangsfrequenzen muß natürlich in Hinblick auf die verwendeten Lautsprecher geschehen. Als Richtlinie mag gelten, daß bei einem Dreiwege-System die untere Teilungsfrequenz bei ca. 450 Hz liegt, die obere bei ca. 5000 Hz. Diese Werte können jedoch sehr stark variieren und sind, es sei noch einmal betont, speziell für die verwendeten Lautsprecher festzulegen. Auch sei noch einmal auf den oben erwähnten Elrad-Artikel verwiesen.

## 2-Weg? 3-Weg? 4-Weg?

In den meisten Fällen wird wohl ein 3-Wege-System zur Anwendung kommen, d. h. eine Unterteilung des gesamten Frequenzbereiches in Bass, Mitten und Höhen. Um jedoch schmalen Geldbeuteln einerseits und großen Anlagen andererseits (zusätzlicher Sub-Woof er in HiFi-Anlagen, Tweeter-Gürtel, Flächenhörner, Midbins, Bassbins in P.A.-Anlagen) entgegenzukommen, haben wir eine Frequenz-Weiche entworfen, die für alle drei Fälle verwendet werden kann.



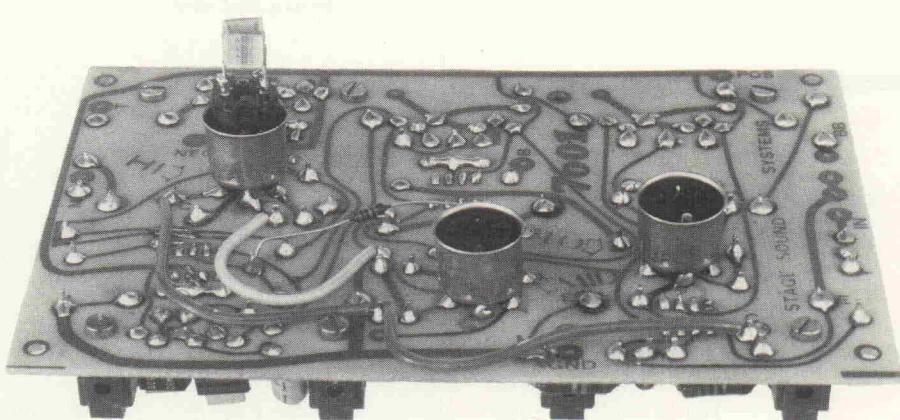
Ansicht einer bestückten Platine.

In der 4-Weg-Ausführung müßte dies Gerät dann über einen Tiefpaß, zwei Bandpässe (bestehend aus je einem Hoch- und Tiefpaß) und einen weiteren Hochpaß verfügen – sechs frequenzbestimmende Netzwerke also. Dabei müßten einige dieser Netzwerke gleiche Eckfrequenzen haben. Um die Schwierigkeiten zu vermeiden, die hier bei der Auswahl und Paarung der Bauelemente auftreten, und um Einbrüche im Frequenzgang zu verhindern, die auftreten, wenn Eckfrequenzen benachbarter Frequenzbänder nicht genau übereinstimmen, wird hier eine neuartige Schaltungstechnik angewendet. Dabei kommt man für jede Übergangsfrequenz mit nur einem frequenzbestimmenden Netzwerk aus. Probleme durch ungleiche Eckfrequenzen oder inkorrekte Phasenverhältnisse entfallen daher.

## Der Aufbau

Dieser erfolgt auf einer Printplatte, auf der alle Bauteile montiert werden. Diese Printplatte trägt auch vier Flachbahnschieberegler zur Pegelbeeinflussung der einzelnen Frequenzbänder, so daß das Gerät gleichzeitig als kleiner Equalizer zur Anpassung an die Raumakustik verwendbar ist. Beachten Sie besonders, daß die eingebauten Bauelemente nicht höher als die Flachbahnregler sein dürfen, da sonst die Printplatte nicht mehr an der Frontplatte befestigt werden kann. Für die Elkos C2 und C3 sind mehrere Bohrungen vorhanden, damit gegebenenfalls auch liegende Typen verwendet werden können.

Die Steckbuchsen zur Wahl der Übergangsfrequenzen werden als letztes eingelötet. Sie werden von der Lötseite montiert. Achten Sie beim Einlöten darauf, daß Sie nicht versehentlich Zinnbrücken zwischen den Anschlußfahnen herstellen, denn dann funktioniert die ganze Schaltung nicht mehr. Jetzt müssen noch die drei gleichnamigen Punkte 'C' auf der Platine durch kurze Schaltdrahtbrücken miteinander verbunden werden, ebenso die zwei Punkte 'E'. Die Anschlüsse der Platine zeigt der Bestückungsplan. Die Stromaufnahme einer Platine beträgt zwischen 20 mA (Leerlauf) und 60 mA



Ansicht der Platinen-Rückseite mit den frequenzbestimmenden Steckern

# Elektronik für Lautsprecherboxen

(mit Aussteuerung). Zur Versorgung eignet sich ein einfaches Doppel-Netzteil, wie z. B. in Elrad 5/79 'Stromversorgungen' beschrieben. Verwenden Sie zwei Regler 7812 und 7912 und die dort abgedruckte Platine.

## Festlegung der Übergangsfrequenzen

Für die Wahl der Übergangsfrequenzen gilt generell das eingangs Gesagte. Damit die Übergangsfrequenzen leicht zu wechseln sind, werden die frequenzbestimmenden Bauteile, hier zwei Kondensatoren  $C_A$  und  $C_B$ , auf Stecksockel montiert, die in die Buchsen auf der Printplatte gesteckt werden. Die Kondensatoren können nach der folgenden Tabelle ausgewählt oder nach den dort angegebenen Formeln ausgerechnet werden.

## Wahl der Betriebsart

Mit voller Bestückung arbeitet das Netzwerk als 4-Weg-Weiche, wobei zwei Tiefpässe (Bu 1, Bu 2) und ein Hochpaß (Bu 3) mit frequenzbestimmenden Stekkern bestückt sind. Bei Dreiegebetrieb wird der untere Tiefpaß (Bu 1) durch Einsticken eines Kurzschlußsteckers außer Betrieb gesetzt, der Ausgang BB für tiefe Bässe bleibt dann unbenutzt.

Bei Zweiwege-Betrieb wird auch der zweite Tiefpaß (Bu 2) durch Einsticken eines Kurzschlußsteckers außer Betrieb gesetzt. Die Wahl der Übergangsfrequenz erfolgt dann mit dem Hochpaß. Es werden die Ausgänge T für Höhen und M für Bässe benutzt, B und BB bleiben unbenutzt. Wer das Netzwerk ohnehin nur für Dreieg- oder Zweiweg-Anlagen benutzen will, kann von vornherein eine Anzahl Bauteile weglassen. Diese Bauteile sind in der Stückliste besonders gekennzeichnet.

## Literaturhinweise

Zur ergänzenden Lektüre empfehlen wir folgende, in früheren ELRAD-Heften erschienenen Beiträge:

Aktive Filter, Teil I Heft 11/1977

Teil II Heft 1/1978

Teil III Heft 2/1978

Lautsprecherweichen Heft 3/1979

Stromversorgungen Heft 5/1979

## Wie funktioniert's?

Das Gerät ist vollständig mit integrierten Operationsverstärkern aufgebaut. Die aktiven Filter (zwei Tiefpaßfilter, ein Hochpaßfilter) sind aktive Filter zweiter Ordnung mit einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave.

Das Eingangssignal gelangt über IC1, der als nichtinvertierender Vorverstärker geschaltet ist, auf alle weiteren Stufen.

Tiefpaß 1 wird gebildet aus R5,  $C_A$ , R6,  $C_B$  und IC2. Der Ausgang von IC2 ist mit zwei Kleinleistungstransistoren gepuffert. Das Tiefenignal gelangt dann über C2, P1 und den Schutzwiderstand R33 zum Ausgang für tiefe Bässe BB.

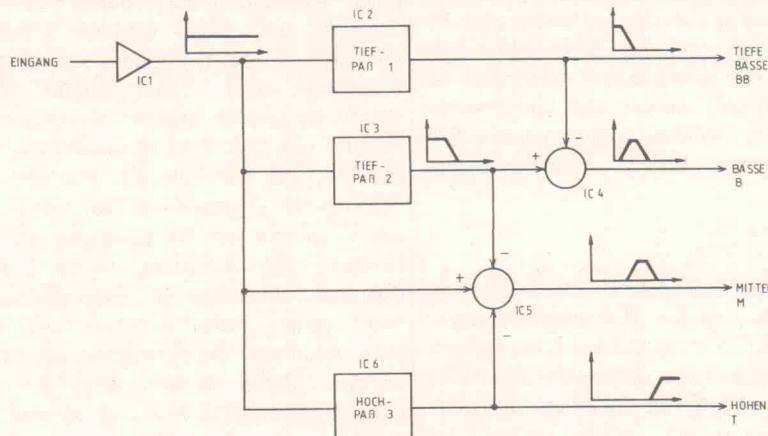
Tiefpaß 2 mit R11,  $C_A$ , R12,  $C_B$  und IC3 ist entsprechend aufgebaut. Von ihm gelangt das Signal über den als nichtinvertierenden Leistungsverstärker geschalteten IC4 auf den Ausgang B für die Bässe. Über R10 wird das Signal von Tiefpaß 1 auf den invertierenden Eingang von IC4 gegeben und damit vom Signal des Tiefpasses 2 subtrahiert. Am Ausgang von IC4 und damit an B steht also

ein Bandpaßsignal (siehe hierzu Schemaskizze). Bei Betrieb als Dreiegebewiche wird mit einem Drahtbrückenstecker in Bu 1 das Eingangssignal von IC2 kurzgeschlossen, an BB liegt also kein Signal, vom Signal des Tiefpasses 2 (IC3) wird nichts subtrahiert, und an B steht somit das vollständige Tiefpaßsignal von IC3.

Der Höhenausgang T wird von IC6 abgegriffen, das mit CA, R28, CB, R29 als aktiver Hochpaß geschaltet ist.

Der Mittenausgang M wird dann wiederum durch Differenzbildung erzeugt: Vom Eingangssignal, das über R20 zugeführt wird, wird durch IC5 das über R23 zugeführte Hochpaßsignal und das über R19 zugeführte Tiefpaßsignal subtrahiert. An M steht daher ebenfalls ein Bandpaßsignal an.

Durch das elektronische Differenzverfahren ist in jedem Falle sichergestellt, daß die Summe der Ausgangsspannungen genau der Eingangsspannung entspricht. Daher fallen Toleranzen in den einzelnen Komponenten nicht allzusehr ins Gewicht und äußern sich lediglich durch eine verminderte Steilheit der Filter.



Blockschaltbild für die elektronische Frequenzweiche.

Die Kondensatorwerte werden wie folgt bestimmt:

### Hochpaß-Filter

$$C \text{ (nF)} = \frac{18000}{f \text{ (Hz)}}$$

Beispiel:

10 nF	1800 Hz
22 nF	820 Hz
47 nF	380 Hz
100 nF	180 Hz

### Tiefpaß-Filter

$$C \text{ (nF)} = \frac{8800}{f \text{ (Hz)}}$$

Beispiele:

10 nF	880 Hz
22 nF	400 Hz
47 nF	190 Hz
100 nF	88 Hz

Dabei trägt jeder Stecker **zwei gleiche** Kondensatoren.

# Elektronik für Lautsprecherboxen

## Stückliste

Diese Bauteile brauchen Sie auf jeden Fall:

R1, 3, 4, 22, 23,	
27, 28, 29	12k
R24, 26, 30, 32	68R
R25, 31	680R
R2	20k
R20*	24k
C1, 4, 5	10 $\mu$ F/35 V
C6	0,01 $\mu$
P3, 4	1k Schieberegler
R35, 36	100R 1/2 W
IC 1, 5, 6	NE 535 oder TL 081
Q5, 7	2N1613
Q6, 8	2N2905

Diese Bauteile brauchen Sie zusätzlich für eine Dreiwege-Weiche:

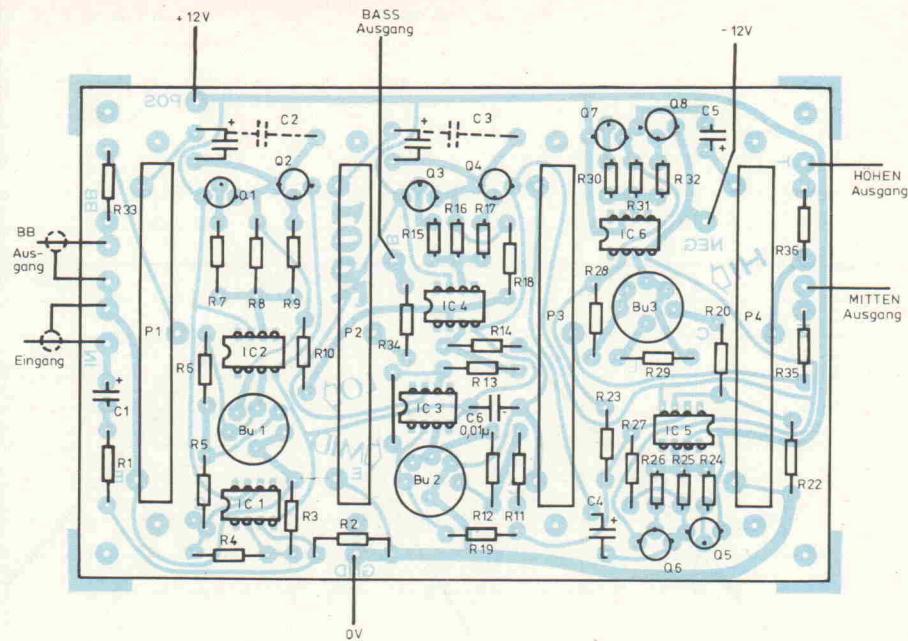
R11, 12, 13, 14	
18, 19	12k
R15, 17	68R
R16	680R
C3	47 $\mu$ F/35 V
R34	100R 1/2 W
IC3, 4	LM 741 od. NE 535 od. TL 081
P2	1k Schieberegler
Q3	2N1613
Q4	2N2905

Diese Bauteile brauchen Sie zusätzlich für eine Vierwege-Weiche:

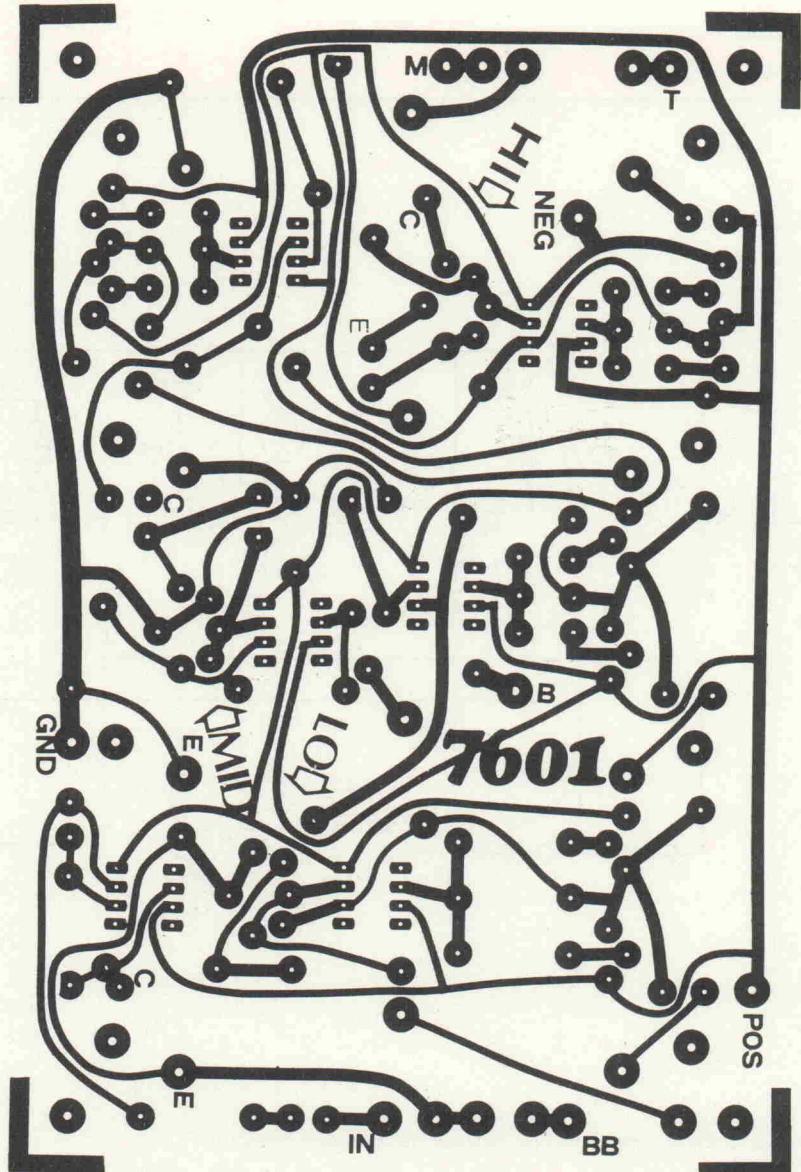
R5, 6, 10, 14	12k
R7, 9	68R
R8	680R
C2	47 $\mu$ F/35 V
P1	1k Schieberegler
R33	100R 1/2 W
IC2	LM 741 od. NE 535 od. TL 081
Q1	2N1613
Q2	2N2905

\* Wenn Sie das Gerät nur als Zweigweiche ausbauen, muß R20 = 12 kOhm sein.

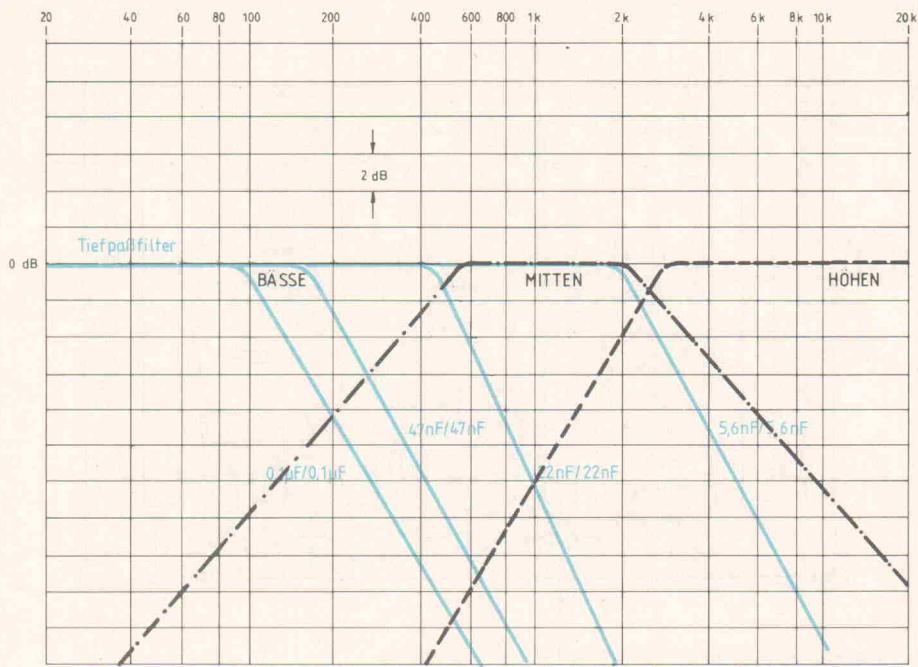
Alle Angaben für einen Kanal und eine Printplatte. Bei Stereobetrieb sind zwei Platinen und alle Bauteile zweifach erforderlich.



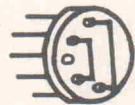
Bestückungsplan für die elektronische Frequenzweiche.



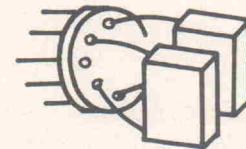
# Elektronik für Lautsprecherboxen



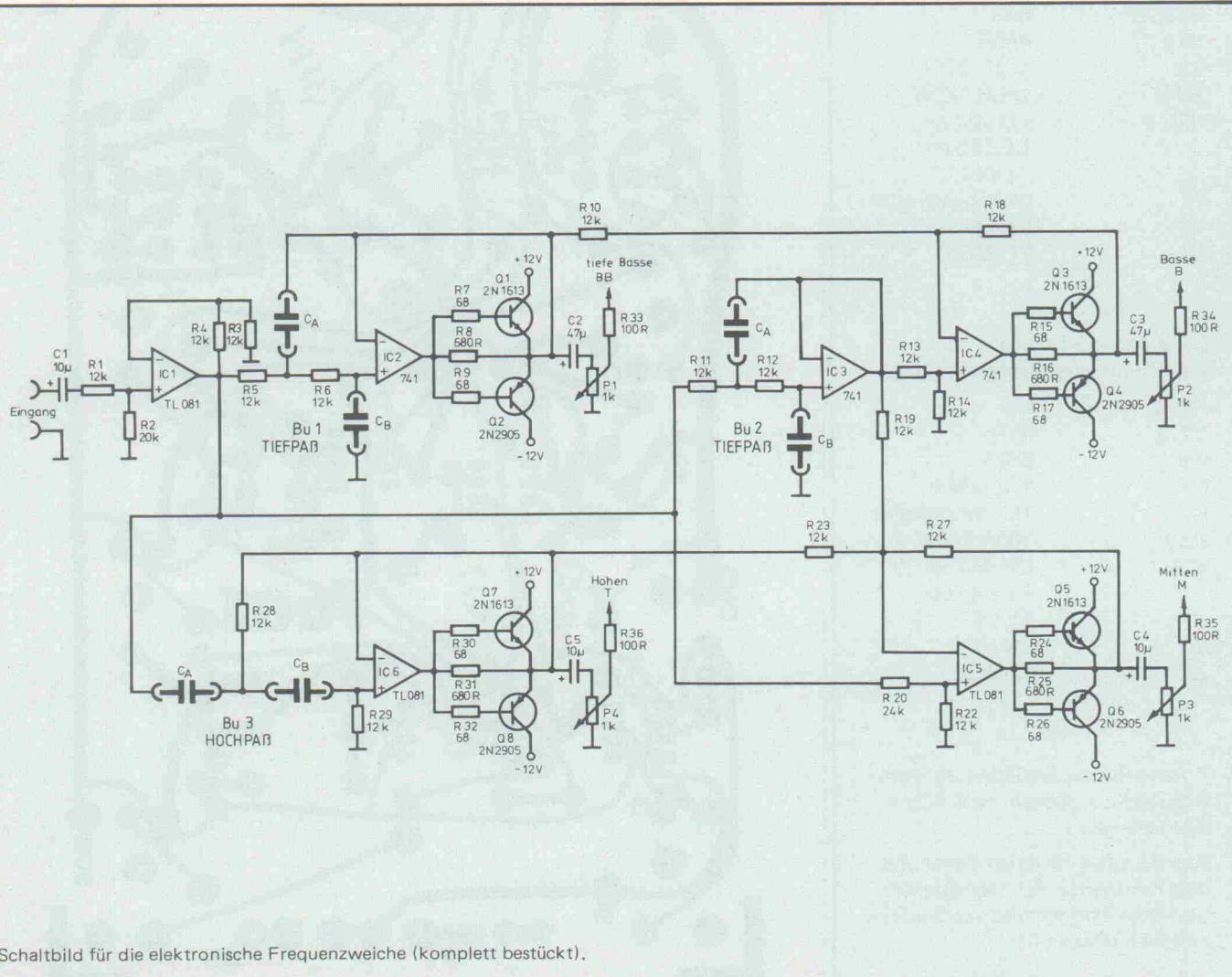
Stecker 3-Weg



Kondensatorstecker



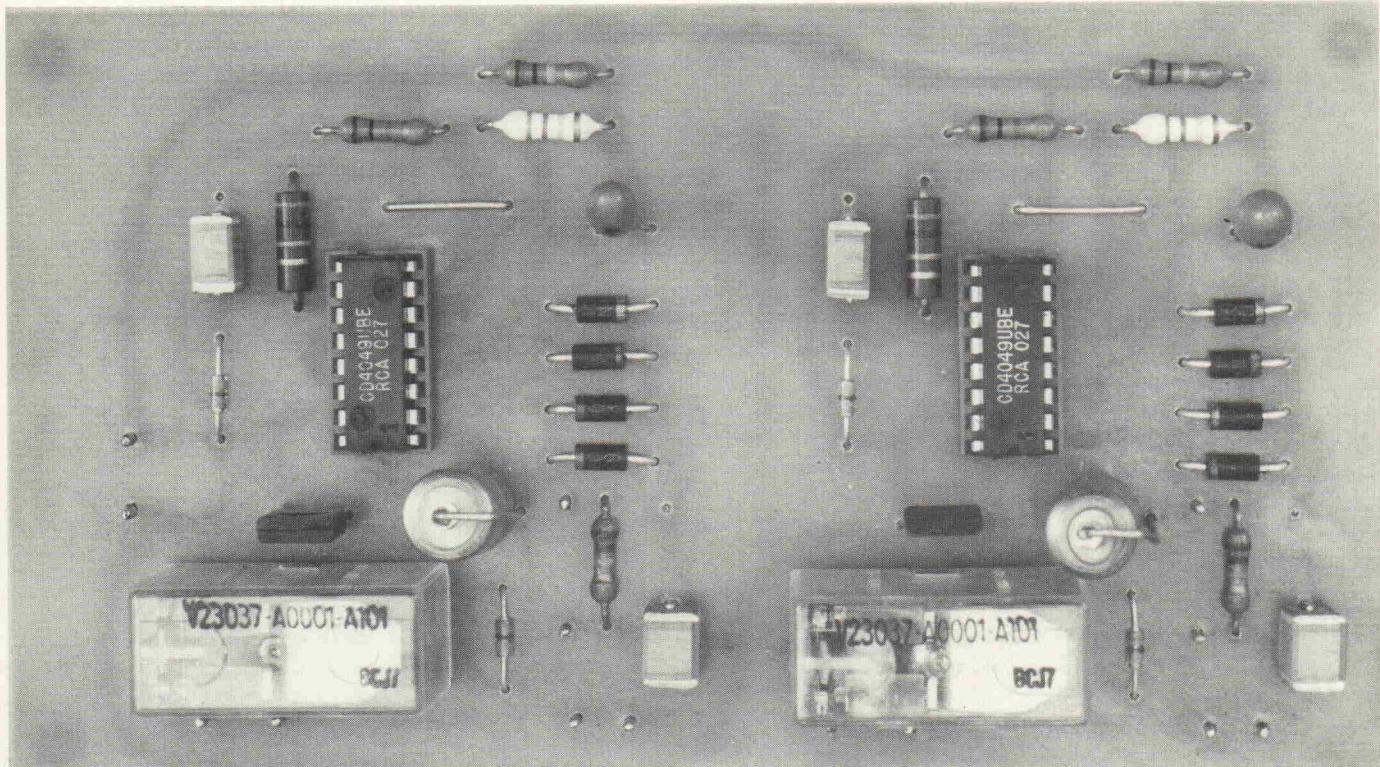
Beispiel für die Dimensionierung des Tiefpaßfilters.



Schaltbild für die elektronische Frequenzweiche (komplett bestückt).

# Lautsprecherschutzschaltung

Ein 20 Watt-Verstärker kann unter Umständen ein teures Lautsprecher-System völlig zerstören. Unachtsamkeit mit Hochleistungsverstärkern hat schon manche Lautsprecherspule zum Schmelzen gebracht wie Käse auf dem Toast . . .



In modernen Transistor-Verstärkern wird zwischen Treiber und Endstufe ebenso wie zwischen Endstufe und Lautsprecher Gleichstromkopplung angewandt (eisenlose Endstufe!). Das bringt den Vorteil, daß keine Koppelkondensatoren mehr im Signalweg liegen, so daß die Zahl der Bauteile reduziert wird und die Wiedergabe der Tiefen besser ist.

Alte Transistorverstärker hatten nur ein einfaches Netzteil, wobei die Transistoren gegen Masse arbeiten. Da ein Wechselstromsignal positive und negative Halbwellen hat, mußte der Verstärker so konstruiert sein, daß das Ausgangssignal eine Gleichspannungskomponente beinhaltet. In den positiven Perioden wird diese Spannung erhöht, in den negativen abgesenkt. Da die Gleichspannung nicht direkt am Lautsprecher anliegen darf, mußte ein Kondensator zwischen Endstufe und Lautsprecher geschaltet werden. Die Impedanz eines Lautsprechers liegt im Bereich von  $8\Omega$ , so daß der Konden-

sator schon mindestens  $5000$  bis  $10\,000\mu F$  haben muß, damit die tiefen Frequenzen auch gut 'rüber' kommen.

Die Gleichspannungskopplung löste diese Probleme. Die Endstufe wird hier von einer 'Plus-Minus-Spannung' versorgt, so daß die Transistoren zwischen einer positiven und einer negativen Spannung arbeiten. Der Mittelwert dieser beiden Spannungen ist null Volt, so daß der Ausgang direkt an den Lautsprecher gekoppelt werden kann. Positive und negative Halbwellen können auf Grund der zweifachen Spannungsversorgung ohne Schwierigkeiten erzeugt werden. Unglücklicherweise hat die Gleichstromkopplung aber auch ihre Nachteile. Der größte Nachteil ist die Gefährdung der Lautsprecher im Falle eines Endstufendefektes. Da alle Stufen gleichstromgekoppelt sind, kann ein kleiner Fehler irgendwo im Verstärker große Auswirkungen am Ausgang haben. Der häufigste Ausfall ist ein 'gestorbener' Treiber- oder Endstufen-Transistor.

Und dann liegt die volle Betriebsspannung am Lautsprecher! Die Membrane stößt gegen den Anschlag, in der Spule fließt ein hoher Strom, der die Temperatur rasend schnell erhöht. Diesen Zustand halten die meisten Lautsprecher nur wenige Sekunden lang aus. Einen höchst dramatischen Vorgang dieser Art konnte ich einmal bei einem teuren Paar Dreiecks-Boxen beobachten. Sie waren an einen 150W-Verstärker angeschlossen, dessen Endstufe defekt war. Schwingsspule und Wickelkörper waren nur noch eine einzige verkohlte Masse. So ein Fehler ist gar nicht selten und gehört zu den teuersten Mißgeschicken, die man mit einer modernen HiFi-Anlage erleben kann.

Deshalb haben einige Spitzengeräte eingebaute Schutzschaltungen mit Relais, welche die Lautsprecher sofort abschalten, wenn ein zu hoher Strom fließt. Aber viele Geräte haben so etwas nicht.

Mit dieser Bauanleitung wollen wir nun solche Anlagen vor einem vorzeitigen

Tode bewahren. Die Schaltung 'sieht' in die Lautsprecherleitung hinein und schützt die Lautsprecher in zweifacher Weise. Fließt Gleichstrom (und sei es noch so wenig), so spricht das Relais an und schaltet die Lautsprecher ab. Außerdem kontrolliert die Schaltung aber auch die Höhe der dem Lautsprecher zugemuteten Leistung. Hohe Spitzenbelastungen werden ohne weiteres durchgelassen, wenn aber die Nennleistung des Lautsprechers für mehr als 50 Millisekunden um 50% überschritten wird, dann schaltet das Relais ab. Der Vorteil hoher Leistung bleibt so erhalten und doch wird der Lautsprecher zuverlässig geschützt. Die Schaltung enthält einen monostabilen Multivibrator mit einer Periodendauer von 2 Sekunden, so daß der Lautsprecher automatisch nach 2 Sekunden wieder angeschaltet wird. Herz der Schaltung sind zwei CMOS-ICs. Dadurch ist der Strombedarf gering, so daß ein Ein-Aus-Schalter entfallen kann. Das ist wichtig, denn ein Verstärker-Ausfall tritt bevorzugt im Einschaltmoment auf, und da muß die Schutzschaltung schon wirksam sein.

Wenn das Relais angezogen hat, zieht die Schaltung einen Strom von etwa 50 mA pro Relais. Die Batterie muß also mindestens 100 mA liefern. Wenn die Schutzschaltung nicht andauernd ansprechen muß, sollte es mit der Lebensdauer der Batterie keine Schwierigkeiten geben.

## Aufbau

Benutzen Sie wieder unser Platinen-Layout, löten Sie Widerstände, Kondensatoren und Dioden ein, danach das Relais. Die richtige Polung der Dioden und Elkos ist wichtig. Zum Schluß werden Transistoren und ICs eingelötet. Auch hier ist auf richtige Polung zu achten. Unseren Prototyp haben wir in ein kleines Stahlblechgehäuse gebaut, aber das muß nicht sein. In der Frontplatte sitzt ein 100 k-Stereo-Poti. Damit wird die Ansprechschwelle eingestellt, so daß Sie die Schaltung an die gerade angeschlossene Lautsprechergröße anpassen können. An

der Rückseite sitzen die Buchsen für die Verbindungen zum Verstärker und zu den Lautsprechern. Die Verdrahtung von der Platine zu diesen Bauteilen zeigt die Abbildung der Platine.

Ganz zum Schluß schließen Sie die Batterie an. Die Platine wird im Gehäuse auf Abstandsrollen montiert.

## Ausprobieren

Überprüfen Sie noch einmal die richtige Polarität der Bauelemente. Wenn alles in Ordnung ist, schließen Sie den Verstärker an den Eingang der Schutzschaltung an. Der Lautsprecher wird an den Ausgang der Schutzschaltung angeschlossen. Jetzt schalten Sie die HiFi-Anlage ein. Wählen Sie erstmal eine Musik mit möglichst gleichmäßiger Lautstärke. Stellen Sie den Schwellwertesteuer an der Frontplatte der Schaltung auf Minimum und erhöhen Sie langsam die Ausgangsleistung des Verstärkers. Erreicht die Ausgangsleistung den eingestellten Wert, dann muß das Relais ansprechen und den Lautsprecher abschalten. Nach Herunterregeln der Lautstärke muß sich der Lautsprecher nach ca. 2 Sekunden wieder einschalten. Da die Leistungsangaben für Lautsprecher immer etwas zweifelhaft sind, sollten Sie die richtige Einstellung der Ansprechschwelle lieber experimentell herausfinden.

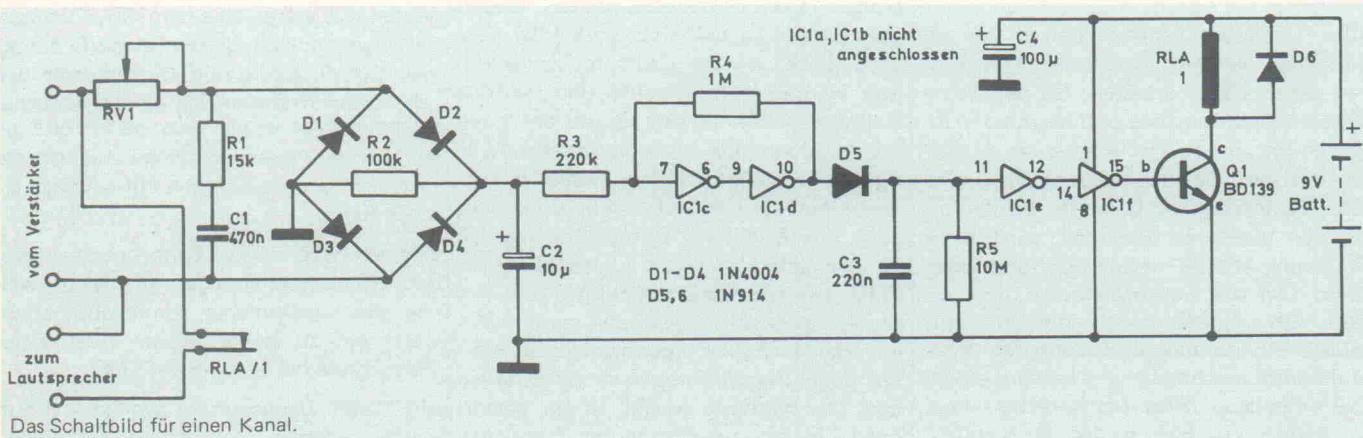
Wenn das System überlastet ist, so hört man das sehr deutlich. Stellen Sie den Regler so ein, daß das Relais schon anspricht, bevor Verzerrungen hörbar werden.

Wir haben die Schutzschaltung eingehend getestet. Wir haben teure Boxen angeschlossen und dann einen Fehler im Verstärker herbeigeführt, der jeden Lautsprecher in Sekunden zerstört hätte. Bei allen diesen Versuchen hat der Schutz hervorragend funktioniert. Ist es nicht ein beruhigendes Gefühl, wenn beim Zusammenbruch Ihres Verstärkers wenigstens die Boxen heil bleiben?

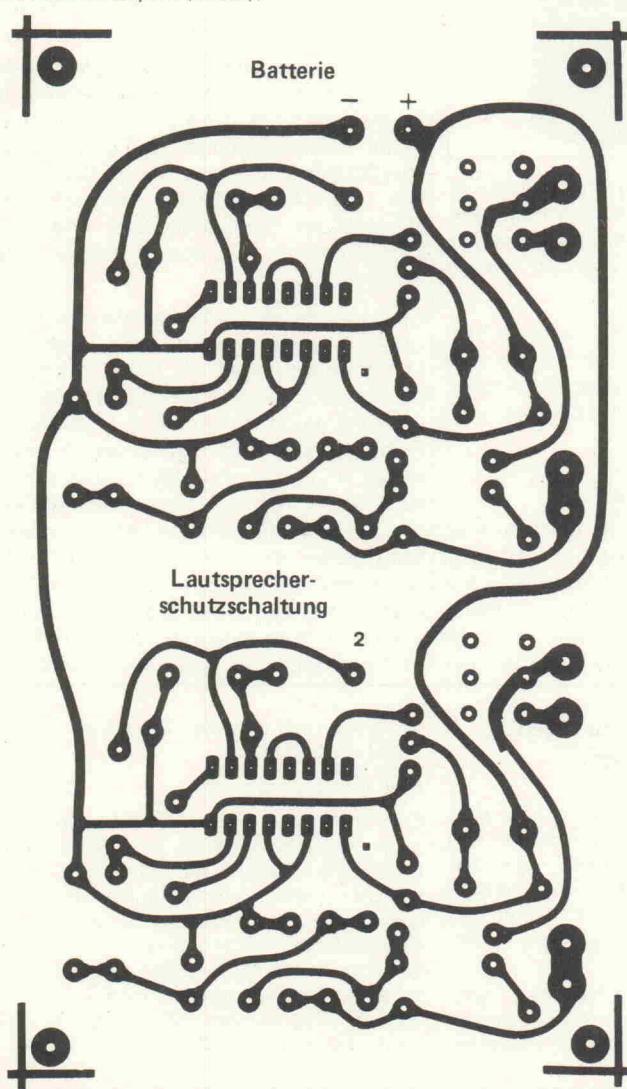
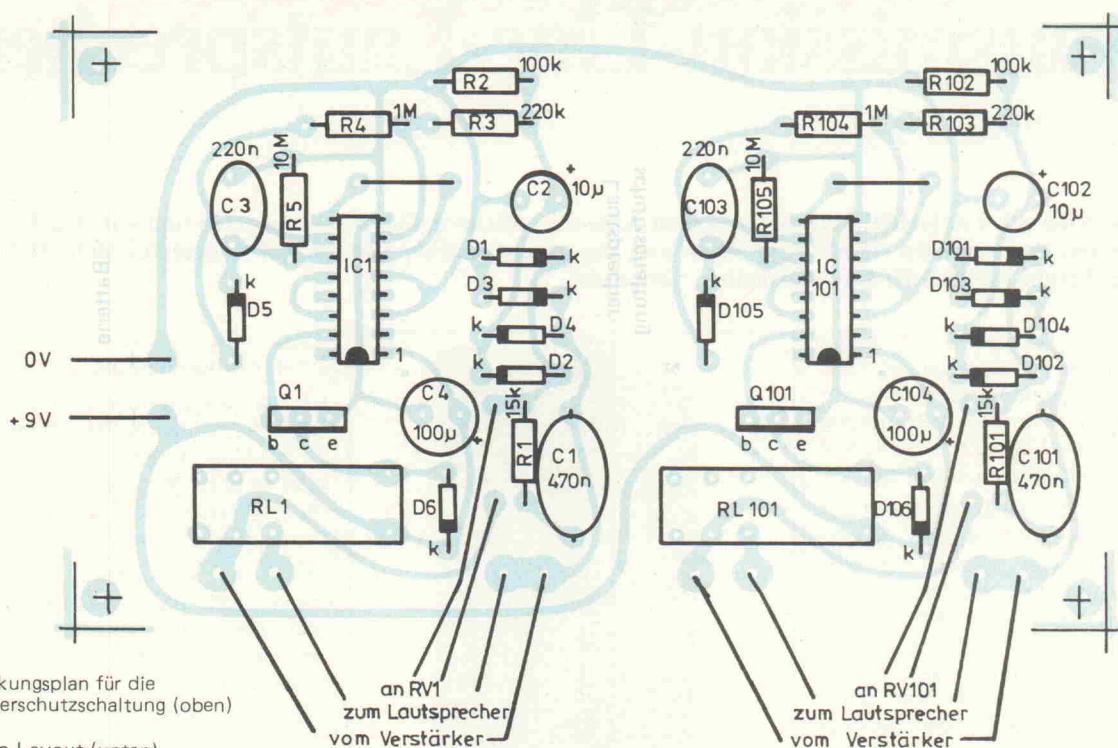
## Wie funktioniert's?

Die Vollweg-Brücke aus D1, D2, D3, D4 richtet die Signalspannung gleich. RV1, R1 und C1 bilden einen Spannungsteiler, der die Empfindlichkeit der Schaltung bestimmt. Für normale NF-Frequenzen hat C1 einen relativ kleinen Widerstand, so daß die Brücke nur durch R1 belastet ist (15 k). Wenn die Frequenz aber klein wird (oder gegen Null geht – Gleichstrom), dann nimmt der Widerstand dieses Kondensators zu, so daß die Schaltung empfindlicher wird. Liegt Gleichspannung am Eingang, dann wirkt C1 als hochohmiger Widerstand und die Schutzschaltung ist extrem empfindlich. Die Signalspannung des Vollweggleichrichters wird durch C2 und R2 geglättet und dann auf einen Schmitt-Trigger gegeben.

Der Schmitt-Trigger besteht aus R3, R4, IC1c und IC1d. Dieses Netzwerk spricht nur auf Spannungen an, die höher als eine eingestellte Spannung sind. Wird diese Spannung überschritten (rund 6,5V), geht der Ausgang auf positives Potential und lädt C3 auf (über D5). Diese Diode verhindert, daß C3 über den Schmitt-Trigger entladen wird, wenn dessen Ausgang wieder negativ wird. Der Kondensator kann also nur über R5 (10 M) entladen werden. Das dauert etwa 2 Sekunden, so daß die Schaltung eigentlich ein monostabiler Multivibrator ist. Zwei weitere Stufen des IC treiben einen Transistor, und dieser wieder steuert das Relais an. Die Diode D6 schützt den Transistor vor den hohen Spannungsspitzen, welche durch Selbstinduktion in der Relaisspule beim Abfallen entstehen.



# Elektronik für Lautsprecherboxen



## Stückliste

Für Stereobetrieb werden alle hier angegebenen Teile doppelt benötigt.

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	15k
R2	100k
R3	220k
R4	1M
R5	10M

Potentiometer

RV1 100k lin Stereo

Kondensatoren

C1	470n Folie
C2	10μ 25 V Elko
C3	220n Folie
C4	100μ 25 V Elko

Halbleiter

Q1	BD139
D1-D4	IN4004
D5, D6	IN914
IC1	4049B Hex Inverter

Verschiedenes

RL1	Relais Siemens Nr. V23037 - A2 - A101
Gehäuse, Knopf, Schrauben, Buchsen	

# Transmission-Line-Lautsprecher

Diese Lautsprecher mit Laufzeitleitung sind von dem Akustiker Richard Timmins entworfen und entwickelt worden. In ihrer endgültigen Form werden sie als Vergleichs- und Bezugslautsprecher von der Schwesterzeitschrift 'HiFi Review', unserer Kooperations-Zeitschrift ETI Australien, verwendet.

Lautsprecher mit Laufzeitleitung stellen einen Versuch dar, die Vorteile von Lautsprechern mit großem (idealerweise unendlich großem) Volumen auszunutzen, jedoch ohne deren Nachteile – insbesondere die beschränkte Baßwiedergabe.

Theoretisch sind Lautsprecher mit Laufzeitleitung im gesamten unteren Frequenzbereich frei von Resonanzen. Die Notwendigkeit, die 'Laufzeitleitung' zu falten, kann jedoch Resonanzen und damit eine Färbung im oberen Baßbereich und im unteren Mitteltonbereich verursachen. Durch geeignete Maßnahmen, die später in diesem Artikel beschrieben werden, können diese Effekte jedoch beseitigt werden.

Andere Vorteile dieser Lautsprecher sind eine hervorragende Trennung der vorder- und rückseitigen Schallabstrahlung der Lautsprecher; eine wirkungsvolle Regelung der Membranbewegung über den gesamten hörbaren Frequenzbereich; eine bis zur unteren Resonanzfrequenz des Baßlautsprechers (typisch etwa 25 Hz) erweiterte, gleichmäßige Baßwiedergabe und eine wirkungsvolle Bedämpfung bei dieser Frequenz.

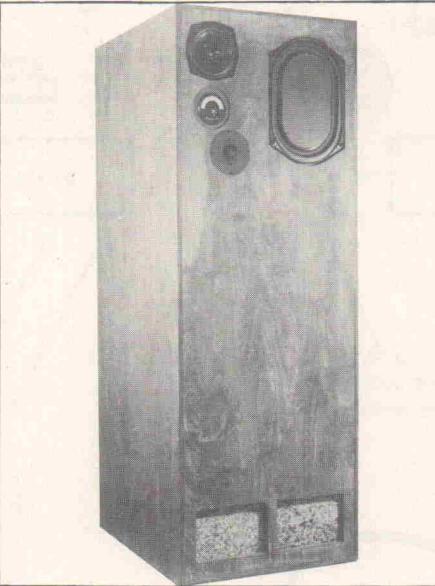
Soweit uns bekannt, wurde der erste Laufzeitleitungs-Lautsprecher 1936 von Benjamin Olney entwickelt und im gleichen Jahr auf einer Veranstaltung der Acoustical Society of America in Chicago vorgeführt. Olneys Lautsprechergehäuse wurde einige Jahre lang von Stromberg-Carlson hergestellt, dann jedoch von billigeren Typen verdrängt.

Das Prinzip der Laufzeitleitung wurde dann – besonders in den USA – stark vernachlässigt.

Arthur Radford griff das Prinzip 1950 wieder auf und brachte 1964 seinen Radford Studio-Lautsprecher heraus.

Mit einem Artikel, der 1965 in der 'Wireless World' erschien, lenkte A. R. Bailey aus dem englischen Bradford Institute of Technology weltweites Aufsehen auf den Laufzeitleitungs-Lautsprecher. Bailey füllte sein Labyrinth mit langfaseriger Wolle und erreichte damit eine weit wirkungsvollere Resonanzbedämpfung als Olney mit ausgekleideten Wänden 30 Jahre zuvor.

Bailey verglich sein gefülltes Labyrinth



mit der idealen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen – frei von Reflexionen. Testergebnisse bestätigten einen flachen, erweiterten Baßbereich und ein hervorragendes Impulsverhalten.

Für viele HiFi-Liebhaber, die den 'perfekten' Sound suchen, ist seither der Laufzeitleitungs-Lautsprecher das einzige, ernsthaft in Betracht zu ziehende System.

## Das Funktionsprinzip

Das Grundprinzip ist recht einfach. Man belastet einen Baßlautsprecher rückseitig mit einem Rohr 'unendlicher' Länge. Für den Tonfrequenzbereich stellt ein Rohr, das eine Länge entsprechend 1/4 der Wellenlänge der untersten Resonanzfre-

quenz des Baßlautsprechers hat, einen guten Kompromiß dar.

Für den empfohlenen Lautsprecher KEF B 139 wird dieses Rohr dann etwas über 2,5 m lang. Indem man es faltet, bringt man es ohne größere qualitative Kompromisse in einem Gehäuse mit annehmbaren Abmessungen unter.

Da an den Knickstellen Resonanzen auftreten und außerdem eine scharfe Resonanz bei einer Frequenz auftritt, die von der Länge des Rohres abhängt – im Beispiel etwa 100 Hz – ist dies jedoch nicht ganz so einfach. Es müssen Mittel gefunden werden, sowohl die die Resonanz verursachende Energie als auch die Resonanz selbst herabzudrücken.

Es gibt verschiedene Wege, solche Resonanzen zu vermindern. Eine besteht darin, mehrere Lautsprecher mit unterschiedlicher Grundresonanz zu benutzen. Bei sorgfältiger Auslegung ist es dann möglich, die Auswirkungen der störenden Resonanzen herabzudrücken und einen bemerkenswert flachen Frequenzverlauf zu erhalten.

Eine andere Methode, Resonanzen zu verringern, besteht darin, das Rohr mit Dämpfungsmaterial zu füllen. Durch die damit verbundene Herabsetzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles im Rohr erhöht sich gleichzeitig dessen effektive Länge. Zur Dämpfung können verschiedenste Materialien verwendet werden. Eines der besten ist langhaarige Schafwolle; es kann jedoch auch Glaswolle benutzt werden. Glaswolle ist weniger wirkungsvoll als Schafwolle, sie ist jedoch in ihren Eigenschaften beständiger. In Fachkreisen kursiert die Behauptung,

## Bevor Sie anfangen zu sägen... ...sollten Sie dies lesen:

Diese Lautsprecher sind teuer in der Herstellung. Ihre Vorteile können nur mit einem Hochleistungsverstärker – vorzugsweise 20 Watt bis 50 Watt – zur Geltung gebracht werden. Sie sind größer als die üblichen Lautsprecher und schwer zu bewegen.

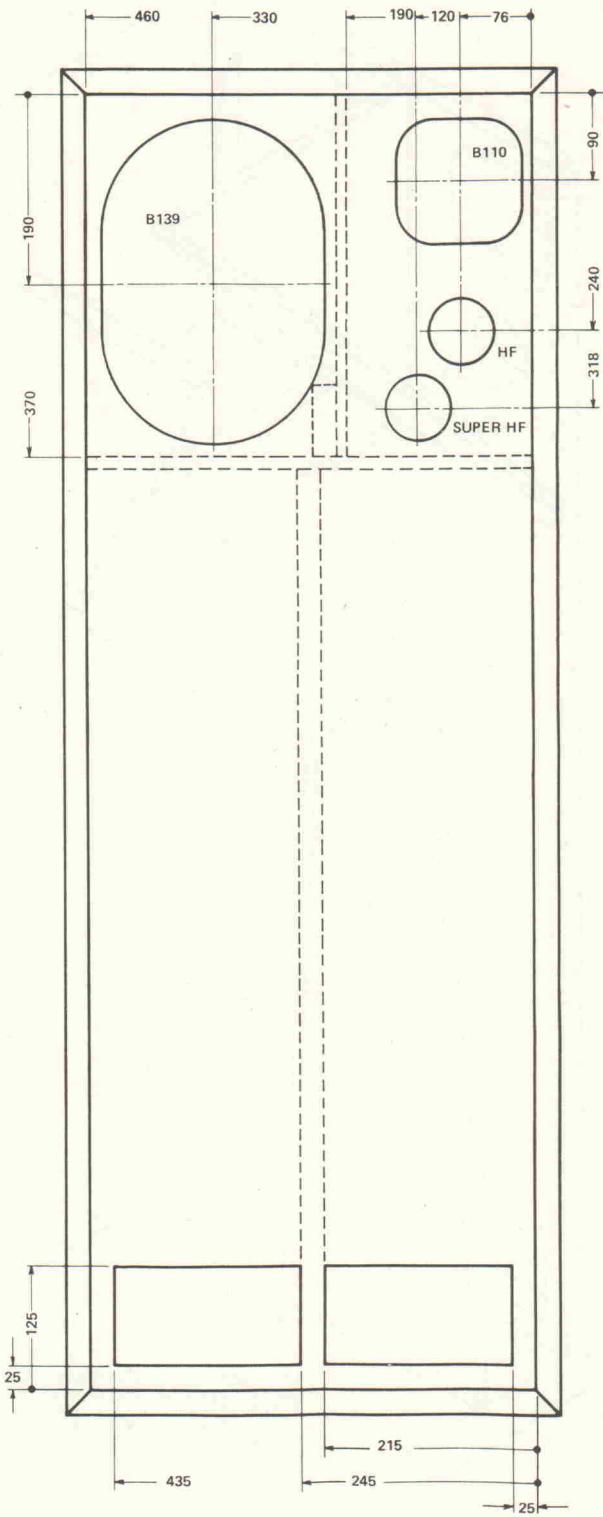
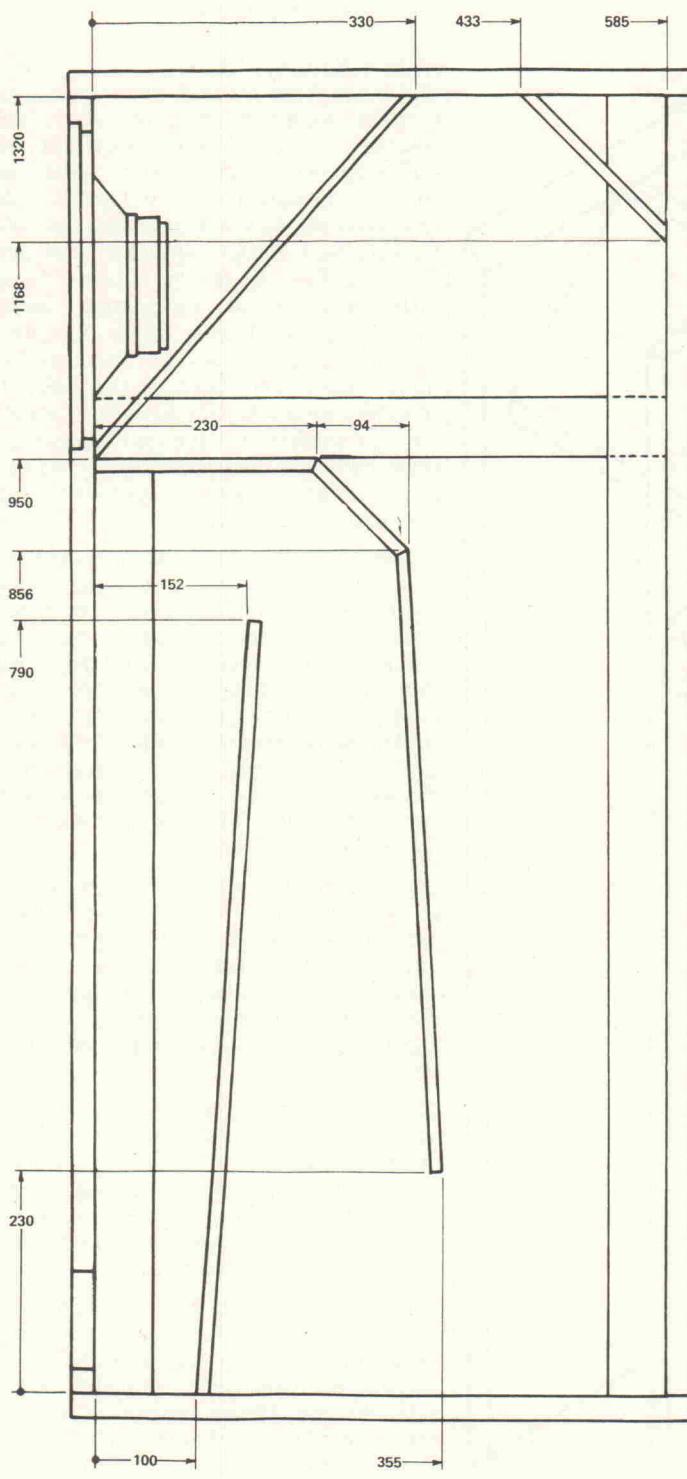
Wenn Sie dies jedoch akzeptieren, dann haben Sie zum Schluss ein Paar Lautsprecher, die die meisten industriell gefertigte-

ten Typen bei gleichem Preis weit in den Schatten stellen.

Eine Bemerkung noch:

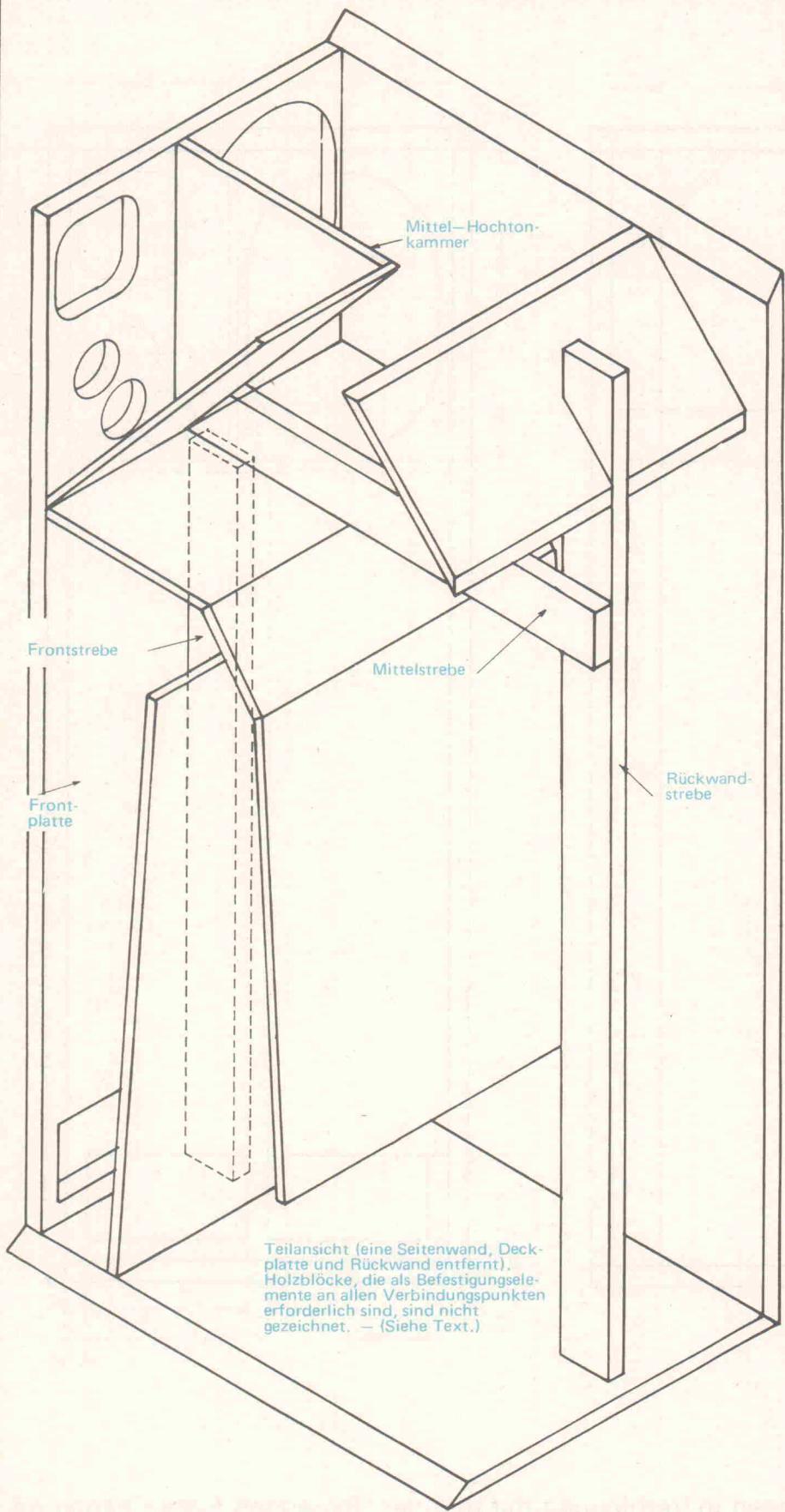
Der Transmission-Line-Lautsprecher ist nicht notwendigerweise der 'Beste'. Die Ergebnisse, die ein Laufzeitleitungs-Lautsprecher liefert, können unglaublich gut sein – aber auch die besten Baßreflex-, Hornlautsprecher und Großflächenwandler können solche Ergebnisse liefern. Es ist nicht wichtig, welches Prinzip jeweils benutzt wird, sondern wie es angewendet wird, und was am Ende zu hören ist.

# Bauanleitung: Transmission-Line-Lautsprecher



Sehen Sie sich diese Zeichnungen in Verbindung mit den nachfolgenden Seiten genau an.  
Bedenken Sie, daß die Lautsprecher für ein Paar spiegelbildlich gebaut werden sollten, so  
daß bei Aufstellung im Raum jeweils die Hochtöner innen sind.

# Bauanleitung: Transmission-Line-Lautsprecher



dass Radford nur Shetlandwolle einer bestimmten Region als Dämpfungsmaßnahmen verwendet. Die Farbe der Wolle soll jedoch keine Rolle spielen!

## Unhörbare Geräusche

Wenn das Rohr korrekt mit Dämpfungsmaßnahmen ausgefüllt ist, wird nahezu der gesamte, von der Membranrückseite des Baßlautsprechers abgestrahlte Schall absorbiert. Lediglich die Frequenzen, die unterhalb der Resonanzfrequenz des Baßlautsprechers liegen, erreichen das jenseitige offene Ende der Röhre. Diese nicht absorbierten Frequenzen verursachen nun Probleme. Denn für diese Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz 'sieht' die Membran des Baßlautsprechers eine sehr viel geringere Last als für alle anderen Frequenzen. Schon geringe Pegel bei diesen niedrigen Frequenzen können daher zu beträchtlichen Membranauslenkungen führen.

Dieses Problem ist der größte Nachteil der Laufzeitleitungs-Lautsprecher, denn sogar die besten Plattenspieler erzeugen gewisse unhörbare Geräusche, die auch durch den für einen zufriedenstellenden Betrieb der Lautsprecher erforderlichen, modernen und leistungsfähigen Endverstärker weiterverstärkt werden. Es ist kein gutes Gefühl, wenn man mit ansieht, wie die Membranen der Baßlautsprecher dem Auf und Ab des Tonarmes über eine weiche Platte nacheifern.

Sie können einwenden, Ihr Plattenspieler sei absolut ruhig, Tonarm und System optimal ausgesucht und eingestellt – doch jede Schallplatte enthält ein gewisses Maß unhörbarer Geräusche, die durch den Fertigungsprozess und die Schallplattenschneideapparatur selbst verursacht werden.

Da sie nicht hörbar sind, ist die Wiedergabe solcher Geräusche an sich weiter nicht schlimm. Es ergibt sich jedoch eine indirekte Beeinträchtigung durch die Begrenzung der Membranbewegung sowie durch zusätzliche Harmonische und Intermodulationsverzerrungen.

Das erste dieser Probleme ist das größere. Stellen Sie sich vor, was die Baßmembran macht, wenn sie aufgrund eines unhörbaren Geräusches ohnehin schon nahe an der Bewegungsgrenze ist und dann zusätzlich noch ein hochpegeliger Musikton kommt ...

Die billigste, einfachste und wirkungsvollste Abhilfe ist es, sicherzustellen, dass derartige Geräusche den Lautsprecher gar nicht erst erreichen. Ein Hochpaß- oder Rumpelfilter, das unterhalb 30 Hz arbeitet und eine Flankensteilheit von mindestens 18 dB/Oktave hat, ist sehr wirkungsvoll.

Viele Leistungsverstärker sind bereits mit einem entsprechenden Filter ausgestattet.

## Auswahl der Lautsprecher

Zunächst wird ein geeigneter Baßlautsprecher ausgesucht. Es ist ein Langhüll-lautsprecher erforderlich, denn mit einem sorgfältig gebauten Gehäuse erfolgt die Schallabstrahlung bis zu den tiefsten hörbaren Frequenzen; daher müssen die Membranen auch großer Lautsprecher große Auslenkungen bewältigen. Der Querschnitt des Rohres muß mindestens gleich oder größer sein als die schall-abstrahlende Fläche des Lautsprechers; die Abmessungen des Baßlautsprechers bestimmen daher wesentlich die endgültigen Abmessungen des Gehäuses.

Ein brauchbarer Baßlautsprecher, der alle geforderten Eigenschaften zusammen mit einer sehr geringen Membranmasse vereinigt, ist der KEF B 139. Dieser Lautsprecher hat eine niedrige untere Resonanzfrequenz und die schallabstrahlende Fläche und der Hub sind groß genug, um tiefe Bässe mit hinreichendem Pegel wiederzugeben. Er ist jedoch nicht so groß, daß das Gehäuse übermäßig umfangreich wird.

Zusätzlich sind vom selben Hersteller angepaßte Mittelton- und Hochtontlautsprecher erhältlich (B 110 und T 27). In Verbindung mit einem belasteten B 139 erfordern diese einen minimalen Kompressionsaufwand.

In unseren eigenen Lautsprechern benutzten wir den B 139 und B 110, jedoch den Celestion HF 1300 als Hochtöner und HF 2000 als Super-Hochtöner. Letztere erfordern etwas mehr Aufmerksamkeit bei der Anpassung, liefern jedoch in unseren eigenen Gehäusen geringfügig bessere Ergebnisse.

## Der Aufbau

An dieser Stelle brauchen wir einen Baßlautsprecher, eingebaut in ein Gehäuse, das eigentlich weiter nichts ist als ein mit Dämpfungsmaterial gefülltes, gefaltetes Rohr. Die wirksame Länge dieses Rohres hängt von der unteren Resonanzfrequenz des Baßlautsprechers ab; am hinteren Ende ist es offen. Der Querschnitt ist nicht kleiner als die Membranoberfläche des Baßlautsprechers.

Die Herstellung des Rohres ist nicht besonders schwierig; jeder, der einmal ein Falthorn gebaut hat, wird über den Aufbau eines Laufzeitleitungs-Gehäuses lachen. Sogar der legendäre Johann K., den man bei der Reparatur seines Fernseh-Tuners mit einem 4-Pfund-Hammer gesehen hat, hat erfolgreich ein Paar von ausgezeichnetner Qualität gebaut!

Die Abmessungen sind nicht besonders kritisch; lediglich die Länge sollte innerhalb einiger cm der angegebenen Werte liegen. Das Rohr sollte vorzugsweise verjüngt sein, um parallele Flächen und damit stehende Wellen zu vermeiden.

Alle Platten, besonders die inneren Abteilungen, sollten so genau wie möglich zugeschnitten werden. Passen Sie vor dem Befestigen jedes Teil ein – jeder Fehler beim Zuschneiden rächt sich beim Zusammenbau.

Das beste Material für das Gehäuse selbst ist eine 19 mm starke Span- oder Tischlerplatte, furniert oder mit glatter Oberfläche. Vorfurniertes Holz läßt sich später einfacher weiterbehandeln, obwohl es an den Kanten (Ober- und Unterseite zu den Seitenflächen) auf Gehrung geschnitten werden sollte.

Alle Verbindungsstellen werden mit Holzleim geleimt, genagelt und während der Trocknung festgespannt.

Um die inneren Teileflächen zu befestigen, ist es die sicherste Methode, die Seitenwände auszufräsen und die Innenflächen etwas größer zu schneiden, damit sie nachher in die Ausfrässungen passen. Ohne einen Tischler in der Nähe wird das jedoch außerhalb der Möglichkeiten der meisten Nachbauer liegen.

Aus den Abfällen hergestellte Holzblöcke können einen zusätzlichen Halt geben, denn eine weitere Verstrebung ist empfehlenswert.

Unsere eigenen Lautsprecher wurden wie folgt gebaut: Aus Preis- und Stabilitätsgründen verwendeten wir Bootssperrholz (17 mm), das nur unwesentlich teurer, aber dafür viel stabiler als Spanplatte ist. In die Seitenteile wurden Nuten gefräst. Zunächst wurden Boden- und Deckplatte an eine der Seiten montiert. Dann wurden die Unterteilungen und das Mittelton-Teilgehäuse hinzugefügt und die Rückwand (mit bereits montierten Anschlußklemmen und Sicherungshalter) montiert. Es folgte die Verdrahtung und die Frontplatte.

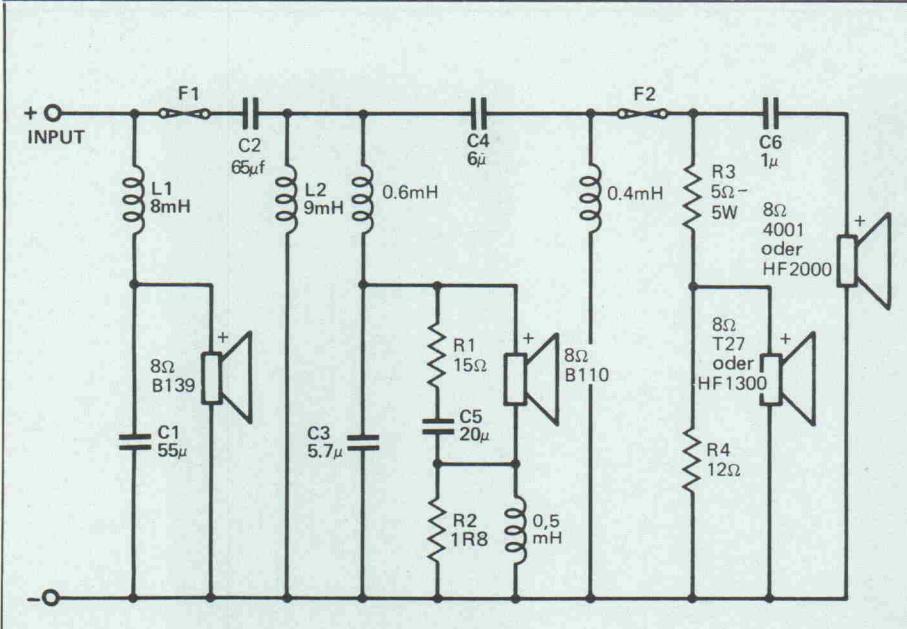
Alle Lautsprecher sollten in gleicher Ebene montiert werden. Wenn ein Celestion HF 1300 benutzt wird, sollte dieser von innen und nicht von vorne befestigt werden. Die Frontplattenöffnungen sollten daher so ausgeschnitten werden, daß sie den Befestigungsflansch der Lautsprecher aufnehmen können. Das Ausschneiden erfolgt mit einem Stechbeitel oder einer Fräse.

Wenn die fünf Seitenwände, die Unterteilungen und das Mitteltongehäuse befestigt sind, können die Lautsprecher montiert und an die Frequenzweiche angeschlossen werden. Diese kann sowohl auf der Rückwandinnenseite als auch auf der Wand hinter dem Baßlautsprecher angeordnet sein. Letzteres ist die bessere Lösung, da dann die Frequenzweiche durch die Öffnung für den Baßlautsprecher auch im vollständig zusammengebauten Zustand erreichbar ist. Wenn der Gehäusezusammenbau beendet ist, kann dann auch die verbleibende Seitenwand festgeleimt werden.

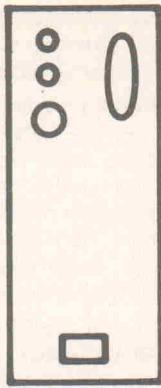
Die für unsere Lautsprecher ausgesuchten Systeme waren der B 139 für den Baß, B 110 für Mittelton, KEF T 27 Hochtong- und STC 4001 K (8 Ohm) Super-Hochtontlautsprecher. Später wurden die Typen T 27 und STC gegen Celestion HF 1300 und HF 2000 ausgetauscht.

Der neuere KEF T 27 ist jedoch gegenüber dem früheren Modell eine erhebliche Verbesserung und kann aus preislichen Gründen auch ohne Super-Hochtöner benutzt werden.

Der HF 1300 reicht nur bis 15 kHz und sollte daher immer in Verbindung mit einem Super-Hochtöner benutzt werden.



Die Bauteile für die Frequenzweiche sind sowohl groß als auch teuer. Versuchen Sie nicht, hier irgendwo zu sparen, denn die angegebene Auslegung ist bestimmend für die gute Wiedergabe. Beachten Sie: R3 und R4 können entfallen, wenn Celestion Hochtöner benutzt werden.



Die fertigen Lautsprecher sollten so im Raum aufgestellt werden, daß sich die Hochtöner innen befinden.

Von beiden Lautsprechern (HF 1300 und HF 2000) sollten die 8-Ohm-Versionen benutzt werden.

Die im Bauplan gezeigte Anordnung sollte möglichst beibehalten werden. Mit den angegebenen Abständen der Lautsprecher und der beschriebenen Frequenzweiche ergeben sich richtige Phasenbeziehungen.

Unsere Lautsprecher wurden mit Steinwolle gefüllt (Sackware). Sie kann mit passenden Nägeln oder kleinen, in die Unterteilungen eingelassenen Holzdübeln gegen Verrutschen gesichert werden. Müssen dazu Löcher gebohrt werden, so ist es notwendig, daß diese hinterher luftdicht abgedichtet werden, da sonst der Lautsprecher nicht richtig arbeitet. Die Wolle sollte allen verfügbaren Raum ausfüllen, jedoch nicht gequetscht sein. An den Knickstellen des Rohres kann die Dichte leicht erhöht werden; dies sollte man mit sorgfältigem Abhören experimentell optimieren.

Daher sollte auch die letzte Seitenwand zunächst nur angeschraubt werden. Um die Dichtigkeit des Gehäuses zu gewährleisten, sollte dabei Dichtband eingelegt werden.

Langfaserige Schafwolle (noch nicht versponnen) kann ebenfalls benutzt werden. Es läßt sich jedoch schwerer damit arbeiten, und die Wolle kann sich nach einiger Zeit absetzen, wodurch die Eigenschaften des Lautsprechers verändert werden.

Fest – jedoch nicht zu fest – gestopfte Kunstwatte kann im Mitteltongehäuse benutzt werden. Sie sollte nicht im Baßteil verwendet werden.

Wenn die Gehäuse sorgfältig mit Glaswolle ausgefüllt sind, sollte die Baßwiedergabe gleichmäßig und sehr weit, ohne Begrenzungen und Färbungen sein. Es kann jedoch so scheinen, daß, verglichen mit vielen anderen Lautsprechern, eine geringere Lautstärke im Baßbereich auftritt, obwohl alle Grundtöne klar und laut vernehmbar sind. Die Laufzeitleitungs-Lautsprecher geben genau den Baß wieder, der im Original-Programm enthalten ist. Nicht mehr und kaum weniger, denn sie erzeugen keinen Baß durch Resonanzen.

Die Frequenzweiche ist mit Luftspulen und Papier- oder Polyester-Kondensatoren aufgebaut. Die 55- $\mu$ F- und 65- $\mu$ F-Kondensatoren sind Papierkondensatoren aus Leuchtstofflampen. Luftspulen liefert der einschlägige Fachhandel.

Um eine ausgewogene Balance zwischen Mitteltontbereich und Hochtontbereich zu erhalten, können die Werte für R3 und R4 geändert werden. Sie hängen sehr stark von den benutzten Lautsprechern ab. Wenn die Celestion HF Typen be-

nutzt werden, läßt man die Widerstände am besten ganz weg.

Wenn mit hohen Verstärkerleistungen gearbeitet wird, kann eine Absicherung empfehlenswert sein. Eine 3-A-Sicherung ist hinreichend. Die Hochtöner können durch eine 1-A-Sicherung extra abgesichert werden.

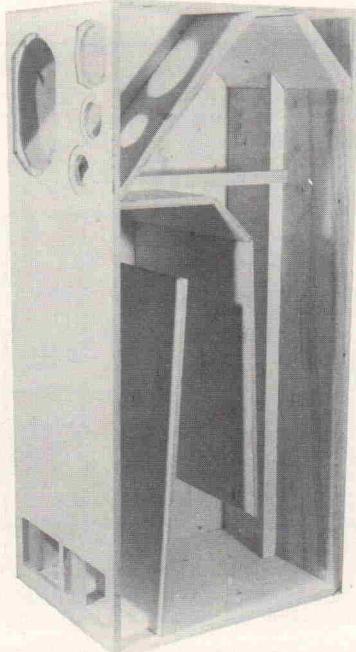
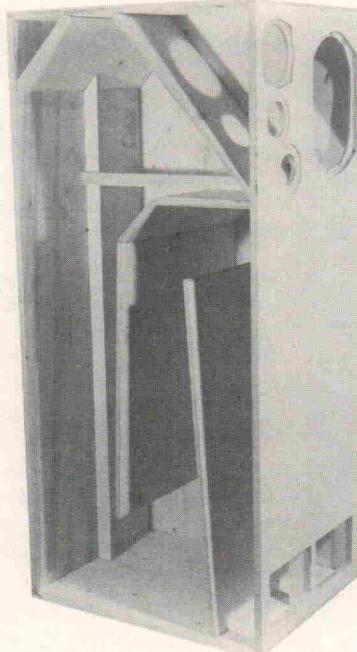
Die Sicherungshalter sollten an einer gut zugänglichen Stelle, etwa bei den Anschlußklemmen, montiert werden.

Unsere Prototypen wurden lange Zeit als hochqualitative Bezugslautsprecher zur Beurteilung von HiFi-Geräten und zum Vergleich von anderen Lautsprechern benutzt. Sie wurden in spiegelbildlicher Aufstellung benutzt, so daß die Hochtontlautsprecher innen waren. Dadurch ergibt sich eine optimale Stereo-Wiedergabe, denn die Strahlungsrichtung jedes Lautsprechers weist in den Raum, weg von begrenzenden Wänden. Die damit verbundene Reduzierung des reflektierten Schallanteils erhöhte die Transparenz des Klangbildes.

Für die Frontbespannung empfehlen wir akustisch durchbrochenen Schaumstoff, denn er verursacht weniger Färbung als Metallblenden oder Stoffbespannungen. Dies ist ästhetisch ansprechend und akustisch befriedigend.

Wenn alle internen Justagen vorgenommen worden sind, kann die abschraubbare Seitenwand festgeleimt werden. Es wäre jedoch empfehlenswert, sie schraubar zu lassen, falls später noch einmal Eingriffe notwendig werden sollten.

Insgesamt gesehen, arbeiteten die beschriebenen Lautsprecher hervorragend und wurden trotz ihrer Größe dank des hohen, turmhähnlichen Aufbaues als recht klein empfunden.



# Bauanleitung: Transmission-Line-Lautsprecher

## Mechanisch-elektrische Analogien

Um akustische mechanische Kenngrößen besser ermitteln zu können, formt man die mechanische Anordnung in eine elektrische **Ersatzschaltung** um, in der sich dann die erforderlichen Werte für die Bauteile leicht bestimmen lassen. Wenn man diese dann kennt, kann man sie wieder in mechanische Größen zurückrechnen.

### Beispiel:

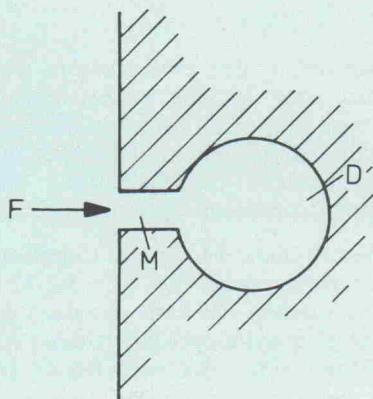
eine mechanische oder akustische Masse M	einer Induktivität L
eine Nachgiebigkeit (Membranhalterung oder ein Hohlraum) D	einer Kapazität C
ein mechanischer oder akustischer Reibungswiderstand R'	einem elektrischen Widerstand R
eine mechanische Schnelle V	einem elektrischen Strom I
einer mechanischen Kraft F	einer elektrischen Spannung U

Komplizierte mechanische Anordnungen kann man so mit einem elektrischen Analogrechner leicht simulieren und 'berechnen'.

(Siehe Lehrgang EDV, Analogtechnik in ELRAD.)

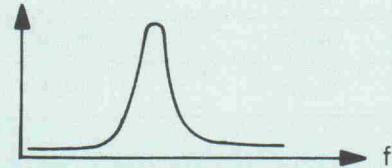
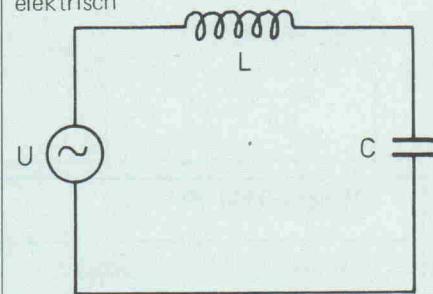
Ein sehr einfaches Beispiel für eine akustisch/mechanisch-elektrische Analogie ist der Helmholtz-Resonator:

mechanisch/akustisch



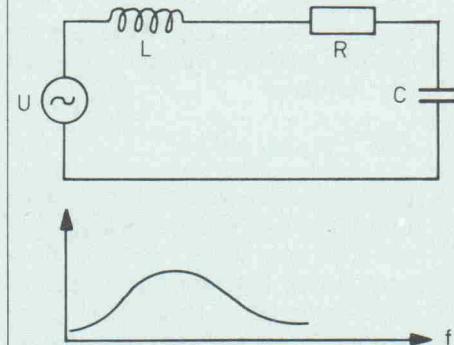
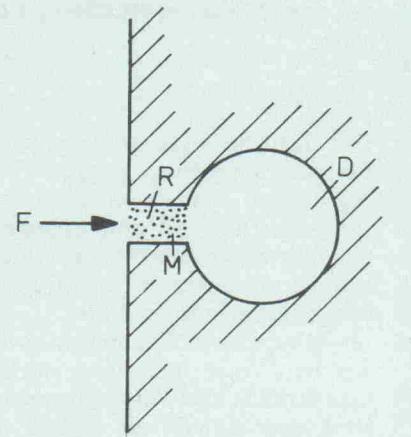
Masse = Röhrenchen  
Nachgiebigkeit = Hohlraum  
entspricht

elektrisch



Es handelt sich um ein resonanzfähiges Gebilde (Schwingkreis!). Durch Einfügen eines Serienwiderstandes R kann eine Dämpfung eingefügt werden; die Resonanz wird bedämpft.

Überträgt man diese Erkenntnis auf die mechanische Anordnung, so bedeutet dies die Einfügung einer Reibung (Filz!). Dann ergibt sich folgendes Bild:



Entsprechende Maßnahmen wurden beim Entwurf des Laufzeitleitungs-Lautsprechers ergriffen.

Auch hier erfolgt z. B. die Bedämpfung durch einen Widerstand (akustische/mechanische Reibung = Glaswolle).

E. Ste.

**Wir haben Lautsprecher-Chassis von Weltruf:**



**und bringen Ihre Lautsprecher auch zum Klingen:**

**harman/kardon**

**TEAC**

**BRYSTON**

**mark Levinson**

Mehr Informationen? Schreiben Sie uns: Harman Deutschland · Hünderstr. 1, 7100 Heilbronn

## Nachlese Transmissionsline

Seit drei Jahren wird unsere Selbstbaubox noch immer in großer Zahl nachgebaut. Grund für uns, die Beschreibung auf den neuesten Stand zu bringen und die zahlreichen Erfahrungen der Nachbauer einfließen zu lassen.

### Der Aufbau

Das Gehäuse kann immer noch als optimal angesehen werden. Viele Nachbauer haben anstelle von Bootssperrholz 38 mm Spanplatte benutzt. Das ist auch keine schlechte Idee, nur, wer hat schon immer seinen Gabelstapler dabei... Besser ist es, 22 mm Spanplatte zu verwenden. Wenn man innen noch einige Streben und Versteifungen einsetzt und danach die Wände mit Spachtelmasse beschichtet, ist das Ergebnis ähnlich gut. Wenn Sie gegen das Gehäuse klopfen, sollte es 'tot' klingen.

### Die Lautsprecher

Die Lautsprecher von KEF und CELESTION sind immer noch über jeden Zweifel erhaben. Wer aber dennoch etwas Hochwertigeres einsetzen möchte, kann IMF-Chassis verwenden. Sie sind zwar etwas teurer, doch sind die Ergebnisse bei sorgfältiger Abstimmung besser, da sie speziell für Transmissionline-Gehäuse gebaut werden.

Die IMF-Chassis sind in den Abmessungen mit den KEF-Chassis

identisch. Man kann also auch noch nachträglich umbestücken. Der IMF-Baß heißt 128/20, der Mitteltöner M 536. Den Liefernachweis entnehmen Sie bitte dem Bezugsquellenachweis.

### Die Weiche

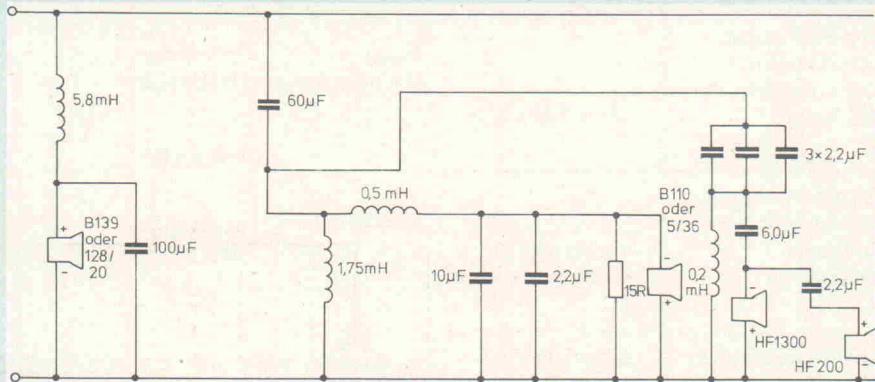
Wir haben uns entschlossen, eine ganz neue Weiche vorzuschlagen, die im Gegensatz zur alten die Phasenbeziehung der Lautsprecher untereinander berücksichtigt und dementsprechend optimiert ist.

Diese Weiche ist für die Celestion-hochtöner ausgelegt. Für die Version mit dem T27 kann der alte Vorschlag zugrundegelegt werden. Allerdings sollte der Mitteltöner ge-

genphasig betrieben werden. Bei der Verwendung der alten Weiche mit den Celestion-Hochtönen muß auch noch der HF 2000 umgepolzt werden. Wir danken bei dieser Gelegenheit der Firma Falcon aus England, die uns bei der neuen Weiche behilflich war und die auch eine Fertigweiche anbietet.

### Der Klang

Nachdem wir unser Paar in der Redaktion auch mit der neuen Weiche und den IMF-Chassis ausgerüstet hatten, nahmen wir wieder einen Hörvergleich vor. Der Schweiß stand uns auf der Stirn, als wir eine Quartal Titan sowie die IMF-Fertigbox RSPM MK IV herbei-



Weiche TIM 79	B 110 oder 5/36
5.8 mH	100 μF
B 139 oder 128/20	2.2 μF
60 μF	0.2 mH
1.75 mH	3 x 2.2 μF
0.5 mH	6.0 μF
10 μF	2.2 μF
2.2 μF	+
15R	15R
0.2 mH	0.2 mH
HF 1300	HF 200

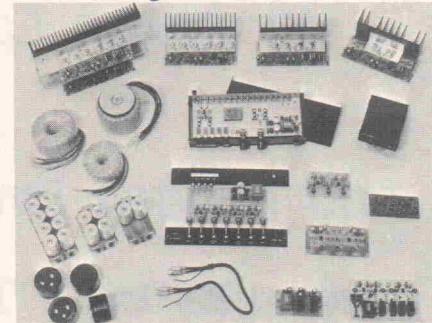
## FÜR Elektrostaten – Baßreflex – La Scala – Schmackshorn – Transmissionline – Radialhorn

### Modulbausteine für den anspruchsvollen HiFi- und PA-Freak Absolute Spitze in Klang und Technik

- Moving Coil Vorverstärker, rauscharm, Hf- und brummfrei, Chinchbuchsen, Fertigerät im Metallgehäuse.
- Stereo-Vorverstärker-Modul, DC-gekoppelt, 16 Chinchbuchsen, Tastensatz, Preh-Pots, Metallgehäuse, kpl. mit Netzteil.
- 2/3-Weg-Aktivweichen-Modul, DC-gekoppelt, phasenstarr, 6/12/18 dB Filtersteilheit, 3 Pegelregler, spannungsstabilisiert.
- Variables 2/3-Weg-Aktivweichen-Modul, DC-gekoppelt, Chinchbuchsen, 3 Pegel-/4 Obernahmfrequenzpoti, 6/12 dB Filtersteilheit, Metallgehäuse, kpl. mit Netzteil.
- MOS-PA-Module von 70 bis über 500 Watt Sinus, einschl. Kühlkörper, mit Relais für Einschaltverzögerung – Sofortabfall – DC-Schutz – einstellbare Leistungsbegrenzung, Pass. Stahlblechgehäuse, schwarz, für Mono-/Stereoblocke, gehobt, mit Zubehör.

Ausführliche Infos gratis – Technische Änderungen vorbehalten

### Von Moving-Coil bis MOS-Modul



albs-Alltronic G. Schmidt  
Postf. 8, 7130 Mühlacker 4, Tel. 07041/2747, Tx 72 63 738 albs

## Bändchen – Magnetostaten – Exponentialhorn – Schallwandler – Klipscheckhorn IDEAL

schafften. Eine endgültige Wertung abzugeben, war selbst nach vielen Stunden immer noch nicht möglich. Alle drei Lautsprecher lagen auf dem gleichen sehr hohen Niveau. Klang bei einer Platte einmal die eine Box besser, so war es bei der nächsten eine andere. Was sich allerdings herausstellte, war, daß unsere TML immer noch zu dem Besten gehört, was im Augenblick selbst gebaut werden kann.

## Die Bedämpfung

Hierbei sind die größten Schwierigkeiten aufgetreten. Unser derzeitiger Vorschlag, Steinwolle zu verwenden, war wohl doch nicht die beste Lösung. Empfehlenswerter ist locker gezupfte, langfaserige Naturwolle, die heute auch schon häufiger angeboten wird. Allerdings sollten Sie sich viel Zeit nehmen. Die Wolle muß nämlich fein gezupft werden und in der Box 'schweben'.

Wesentlich einfacher ist es, 5 cm dicke Schaumstoffmatten, wie z. B. Pritex NG 14/2, zu verwenden. Es werden alle Innenwände damit ausgekleidet. Nur hinter dem Baß muß mit etwas Wolle fein abgestimmt werden. Sollte der Baß immer noch zu kräftig sein, rollen Sie ein Stück Pritex in Schallführungsrichtung zusammen und verschließen Sie damit die Austrittsöffnung. Der Klang ist in beiden Fällen sehr gut. Bei der Verwendung von Schaumstoff ist der Baß allerdings etwas trockener und sauberer. Wenn die ersten Versuche noch nicht gelingen, verzweilen Sie nicht, denn für den Bau einer Transmissionline-Box braucht man nun einmal etwas Zeit.

# Im Abonnement frei Haus

**elrad**  
Magazin für Elektronik

**DYNAUDIO®**

**Basslautsprecher 21W 54**

NEU:  
MSP-Membran (magnesium silicat polymer)  
- geringes Gewicht  
- bessere innere Dämpfung  
- größere Steife  
- tropfenfest  
Langhub-Magnetsystem  
- für Transmissionslinie  
- für Bassreflex  
- kein Anschlagen

DTL-System  
Magnesiumkorb  
Spuleninduktivität 0,30 mH  
Q-Faktor gesamt 0,29  
Max. Auslenkung 24 mm  
Empfindlichkeit 96 dB/1m  
Magn. Fluss 149.000 Maxwell  
Eigenresonanz 26–28 Hz  
BL-factor 8,13 Tm  
Steigzeit 95 µs

Beim guten Fachhandel

**PERFEKTION**

# AUDAX

HiFi-Lautsprecher in den besten Boxen der Welt!



Wir bieten Ihnen die große Auswahl an

- Lautsprecherchassis
- kompl. Bausätzen
- Frequenzweichen
- Profi-Luftspulen bis 2,5 mm Ø
- Draht
- Zubehör
- Lieferung sofort ab Lager —

Unterlagen gegen 3 DM in Briefmarken.

AUDAX-Distributor:



**proraum GmbH**  
Abt. Elektroakustik  
Babbenhausener Str. 57  
4970 Bad Oeynhausen 11  
Tel. 057 31/9 55 44  
Telex 9724842 kroe d  
24-Std.-Telefonservice

# Leistungsstark!

elrad bringt jeden Monat aktuelle Schaltungsentwicklungen innerhalb einer Gesamtschau der modernen Elektronik

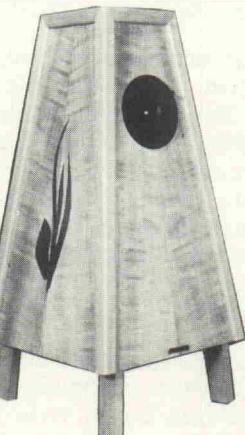
## Das elrad-Spektrum:

Aktuell, Bauanleitungen, Reports, Englisch für Elektroniker, Laborblätter, HiFi, Computing Today

## Die elrad-Leistungsbereiche:

Buchladen, elrad-Specials, Platinenservice, Einkaufsnachweise, *Platinenfolien-Service*

**elrad**  
magazin für elektronik



... ob im Hochtonbereich mit Kalotten, wie die sagenhafte

**D2008N**

ob im Mitteltontbereich mit Membranspeakern wie das Columbusei

**13M3808NP2A**

ob im Baßbereich mit unserem patentierten SYMMETRIC DRIVE SD und dem HEXAGONAL COIL (Sechskantdraht)

**18W4208NF2ASD bis 42W6308NC2ASD**

oder bei unseren speziell für SCANSPEAK entwickelten Weichen

SCANSPEAK liegt in QUALITÄT, KLANG und LEISTUNG immer vorn.  
Deshalb können wir auch im Preis nicht hinten liegen.  
SCANSPEAK ist ehrlich zu Ihren Ohren. Wir haben Hertz für Ohren.



**SCAN-SPEAK**

Lautsprechervertrieb GmbH · In der Auen 88 · 5060 Bergisch Gladbach 3



# Corner Speaker

Diesen Lautsprecher können Sie unbesorgt in die Ecke stellen.

Traditionell haben im Hyde Park in London in der 'Sprecher-Ecke' (Speakers Corner) alle Leute die Möglichkeit, ihrer Meinung freien Lauf zu lassen. Obwohl in unseren 'Corner Speakern' Chassis aus England von Wharfedale verwendet werden, besteht aber keine weitere Gemeinsamkeit.

Von Spezialtypen wie dem Corner Speaker einmal abgesehen, sind Lautsprecher in der Regel so konzipiert, daß sie in einem bestimmten Abstand von der Wand und keinesfalls in den Zimmerecken aufgestellt werden dürfen. Der Grund liegt darin, daß bei einer Positionierung dicht an der Wand die Schallwand sozusagen vergrößert wird und dadurch zwar ein lauterer, unter Umständen aber auch unsauberer Baß erzeugt wird.

Das Problem tritt also nur im Bereich der tiefen Frequenzen auf, die um das Gehäuse herumwandern und von der Wand reflektiert werden. Bei der Entwicklung eines Lautsprechers werden diese Reflexionen berücksichtigt, die Gehäuseabmessungen sind also kein zufälliges Ergebnis.

Steht nun der Lautsprecher zu dicht an einer Wand, wird von dieser zusätzlich Schall reflektiert, befindet sich der Lautsprecher gar in einer Zimmerecke, werden sogar von zwei Wänden Schallanteile reflektiert, in jedem Fall aber die Baßwiedergabe verstärkt.

Bei der Entwicklung des Corner Speakers wurden die reflektierten Schallanteile der beiden Wände bewußt mit einbezogen. Um es noch einmal ganz klar zu sagen, der Corner Speaker ist dafür entwickelt worden, in Zimmerecken aufgestellt zu werden. Dies hat den Vorteil, daß mit einem relativ kleinen Gehäuse ein Baß erzeugt wird, wie es sonst nur mit großen 'Kästen' möglich ist. Allerdings kann man auch hier des Guten zuviel tun, und man sollte die Corner Speaker ein klei-



nes Stück aus der Zimmerecke herausrücken. Wie weit genau, läßt sich nur nach einer ausführlichen Hörprobe bestimmen. Auf jeden Fall muß der Corner Speaker etwas vom Fußboden angehoben werden, denn nicht nur die Wände reflektieren den Schall, sondern selbstverständlich auch der Fußboden. Die gestrichelte Linie in Bild 7 zeigt den Frequenzverlauf des Corner Speaker, wenn er direkt auf dem Fußboden steht. Diese Anhebung kann vermieden werden, wenn der Lautsprecher auf ca. 25—30 mm hohe Füße gestellt wird, und es ergibt sich dann ein Frequenzgang, der dem der durchzogenen Linie entspricht.

## Ecken-Stehbox mit Reflexrohr

Im Prinzip folgt der Corner Speaker einem bewährten Wharfedale-Konzept, denn die Box wurde als Baßreflexsystem ausgelegt. Durch diese Bauweise produziert der Corner Speaker in 1 m Abstand einen beachtlichen Schalldruck von 95 dB und 1 W und einen maximalen Schalldruck von 114 dB, das ist ungefähr so laut wie eine Boeing 707 bei Start.

Aufgrund der Gehäusekonstruktion hat der Corner Speaker gegenüber den üblichen rechteckigen Boxen Vorteile. Da sich keine Gehäusewand parallel

zur anderen befindet, können sich auch keine stehenden Wellen bilden, wodurch Gehäuseresonanzen vermieden werden. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß das Gehäuse solide gebaut wurde.

Bei selbstgefertigten Lautsprechergehäusen besteht ja immer die Möglichkeit, diese wesentlich solider herzustellen als kommerziell gefertigte Gehäuse, was aufgrund der erwähnten Resonanzen akustische Vorteile hat. Außerdem können bei der Eigenfertigung ungewöhnliche Konstruktionen realisiert

werden, die aus Kostengründen von der Industrie nicht angeboten werden.

## Breite Basis

In vielen Wohnräumen sind die Zimmerecken noch nicht alle belegt und bieten sich auch aus hausfraulicher Sicht für die Aufstellung von Lautsprechern an. Auf jeden Fall nimmt ein Ecklautsprecher weniger Platz in Anspruch als konventionelle Typen, und zusätzlich bietet eine Positionierung in den Zimmerecken die breitest mögliche Stereobasis.

Das Innenvolumen des Corner-Lautsprechers beträgt ungefähr 50 Liter. Es ist eine Dreiecks-Box mit einem 250 mm Tieftöner (Wharfedale Chassis EB/25/1), einem 100 mm Mitteltöner (Wharfedale Chassis EM/10/1), einem Exponentialhochtöner (Wharfedale Chassis ET/02/1) und einer abgestimmten Frequenzweiche (Wharfedale EDN1). Der allgemeine Aufbau ist in Bild 2 dargestellt.

Bild 3 zeigt die Anordnung der Chassis auf der Schallwand. Die Chassis wurden bewußt so angeordnet, um eine gu-



Bild 1. Das fertige Gehäuse kurz vor dem Einbau der Chassis

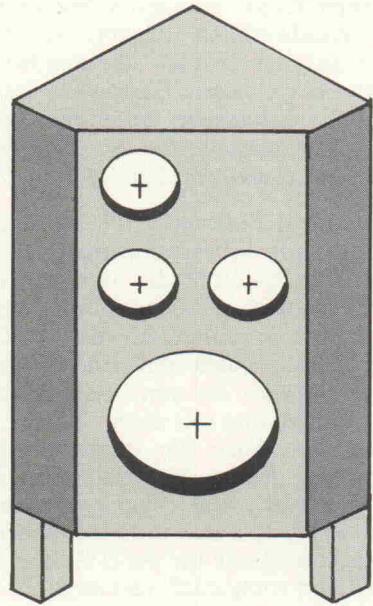


Bild 2. Perspektivische Ansicht des Corner Speakers

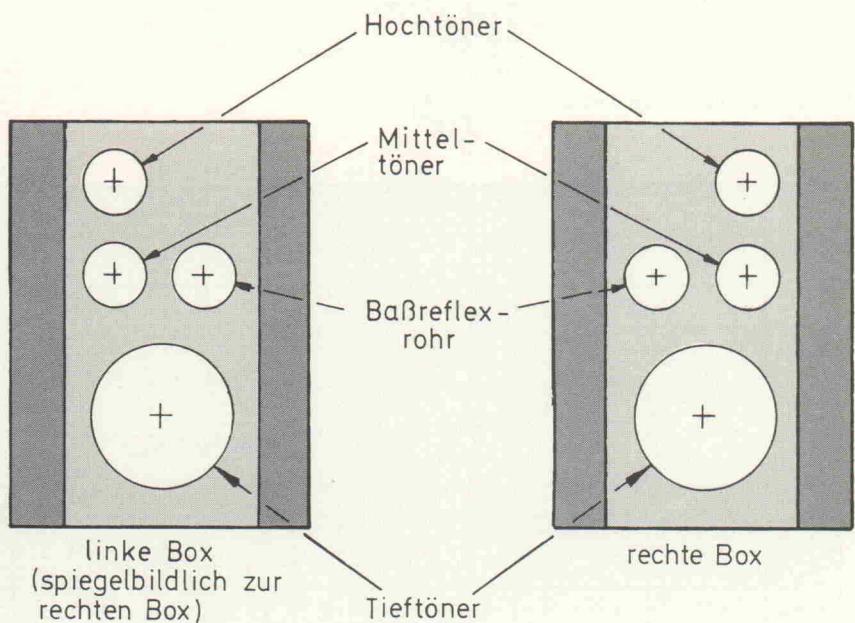


Bild 3. Die Anordnung der Lautsprecher in der Box

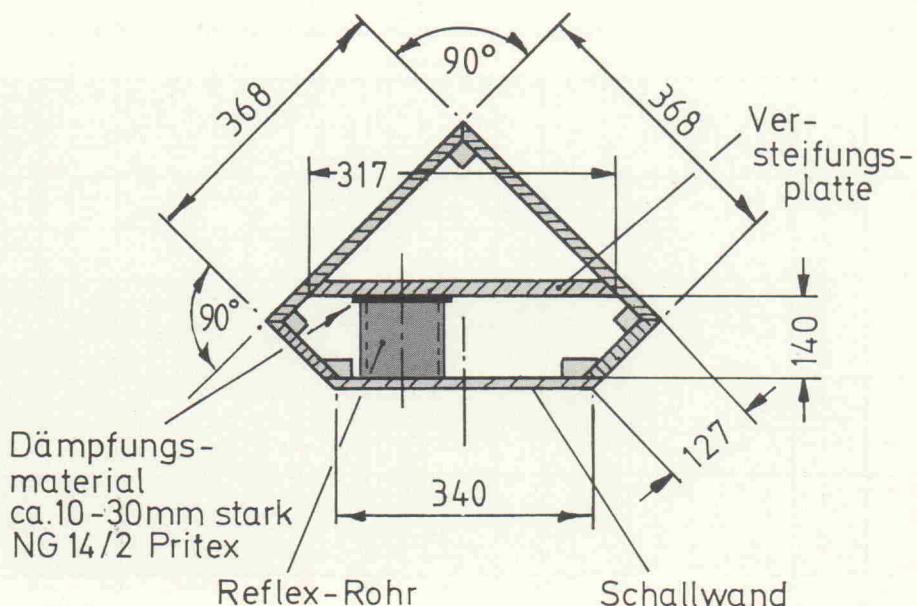


Bild 4. Schnittzeichnung der Box (von oben)

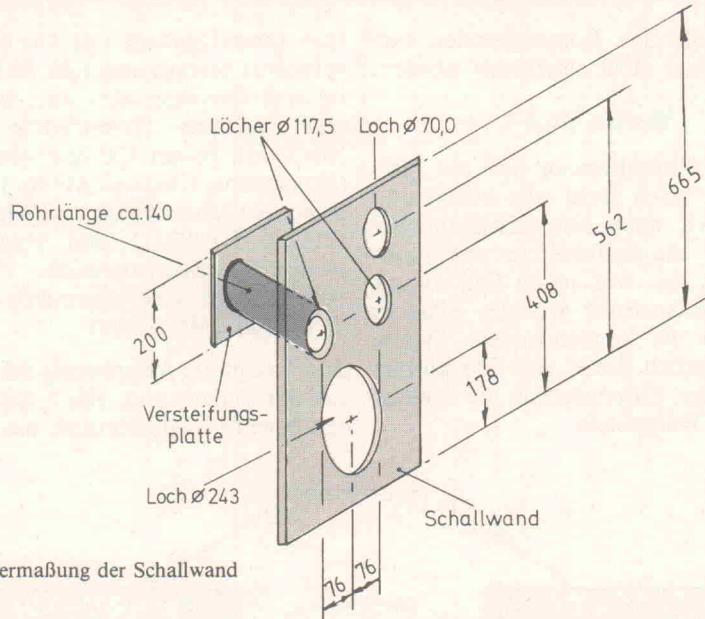


Bild 5. Vermaßung der Schallwand

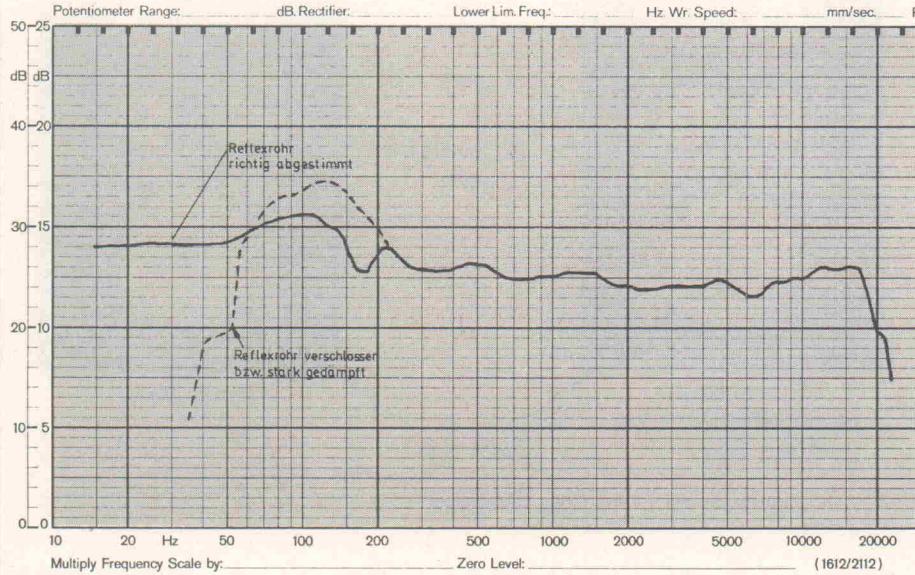


Bild 6. Veränderung des Frequenzganges in Abhängigkeit von der Dämpfung des Reflexrohrs

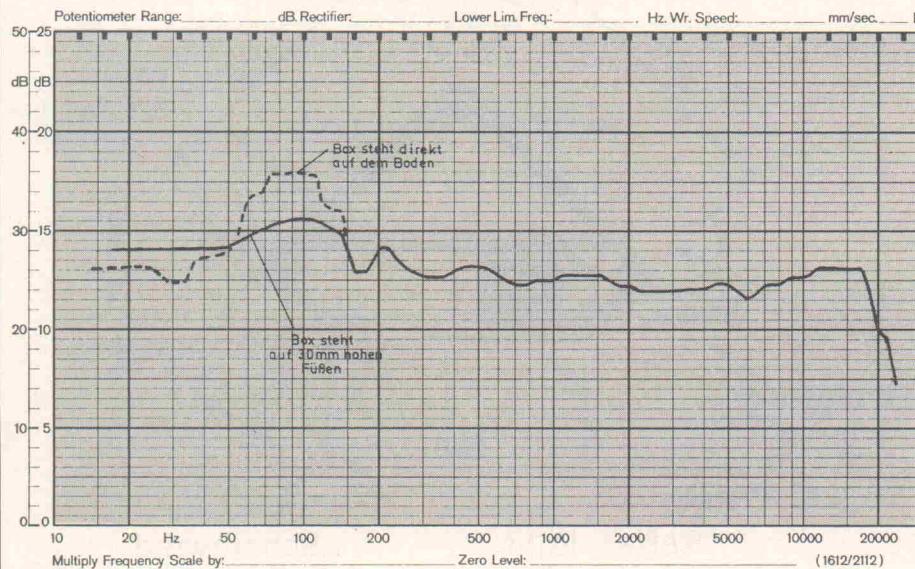


Bild 7. Veränderung des Frequenzganges in Abhängigkeit von der Standhöhe

te horizontale Abstrahlcharakteristik zu erzielen. Um aber die Abmessungen des Lautsprechers nicht zu groß werden zu lassen, sind die Hoch- und Mitteltöner etwas von der Mitte der Schallwand zu den Seiten hin versetzt worden. Bei dieser Anordnung ist es dann empfehlenswert, die beiden Schallwände symmetrisch, d. h. spiegelbildlich herzustellen.

Einzelheiten für die Konstruktion der Box sind in Bild 4 angegeben. Es reichen 19 mm Spanplatten. Wenn diese furniert werden sollen, empfiehlt es sich, beide Seiten zu furnieren, um Verwerfungen des Holzes zu vermeiden. Selbstverständlich können stärkere Spanplatten verwendet werden, allerdings ist dann darauf zu achten, daß das Innenvolumen nicht verändert wird. In Bild 5 ist bereits eine Versteifung für die Seitenflächen eingezeichnet, nämlich die Verstrebung für die hintere Befestigung der Baßreflexröhre.

## Sand bringt Sound

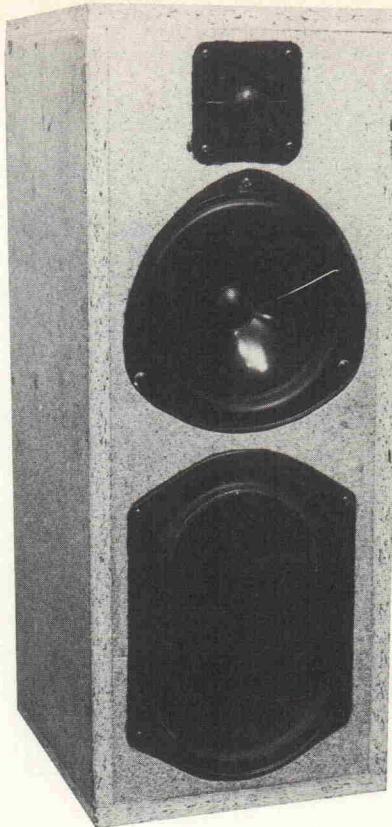
Das Gehäuse kann durch weitere Verstrebungen noch zusätzlich verstellt werden, vorausgesetzt, das Gehäuse wird dadurch nicht in zwei Kammern unterteilt. Außerdem könnte man die Gehäuseresonanzen durch das Anbringen schwerer Keramikfliesen (außen) weiter dämpfen, wobei aber nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen wird, daß bei allen Maßnahmen das Innenvolumen nicht verändert werden darf. Für handwerklich Begabte sei hier noch auf die Technik des Sandwich-Gehäuses verwiesen. Dabei wird das eigentliche Gehäuse in ein zweites, größeres hineingestellt und der Zwischenraum mit trockenem Sand gefüllt.

Es ist nicht notwendig, die Box vollständig mit Absorptionsmaterial zu füllen, da dadurch die Wirkung der Baßreflexöffnung beeinträchtigt wird. Jedoch ist es empfehlenswert, die Gehäusewände innen mit Polyurethan-Watte (Stärke 30 mm) zu bekleben oder die Matten mit einem Tacker zu befestigen. Auch die Baßreflexröhre sollte mit diesem Material leicht gestopft werden. Wer es ganz genau machen will, sollte sich in Elrad 8/81 die Abgleichmethode für die E 90-Box ansehen und sinngemäß verfahren.

Nach Unterlagen der Firma Wharfedale (England)

### Technische Daten

Frequenzbereich:  
45 Hz—20 kHz ± 3 dB  
Max. Schalldruck:  
105 dB  
empf. Verstärkerleistung:  
30—150 W  
Volumen:  
44 Liter  
Impedanz:  
8 Ohm  
Weiche:  
18 dB akust. Butterworth



## KEF CS 5

K. H. Fink

Schon wieder eine Lautsprecherbox? Ja, klar — aber diesmal eine zugeschnitten auf Leute, die auch einmal was Unkompliziertes bauen wollen, nicht gleich viele hundert Mark' 'locker' machen wollen und trotzdem auf beste Wiedergabequalität Wert legen.

### Wenn ja, warum?

Mit einem Bausatzpreis von ca. DM 350,— liegt diese Box in der Klasse der so beliebten '150 W, 3-Weg, Baßreflexboxen'. Die musikalischen Qualitäten bleiben dabei leider oft hinter irgendwelchen Traumdaten zurück. Wir haben uns für ein 2-Weg System mit Passivmembran der englischen Lautsprecherspezialisten von KEF entschieden. KEF gehört zu den Pionieren im Lautsprecherbau mit Chassis, die nicht mit unrealistischen Wattangaben und 'Showmembranen' protzen, sondern einfach nur das machen, was ein guter Lautsprecher eben so macht, nämlich Musik wiedergeben.

### 2-Weg besser als 3-Weg?

Die größten Probleme bei der Entwicklung eines Lautsprechers macht die Frequenzweiche, denn es gibt nun einmal keine Universalfrequenzweiche. Deshalb muß für jede Lautsprecherkombination eine eigene Weiche entwickelt werden. Je weniger 'Wege' eine Box hat, desto einfacher kann man die Weiche aufbauen und damit Fehler vermeiden.

Ein wirklich guter Baßlautsprecher bis 20 cm sollte sauber Frequenzen bis 3

kHz abstrahlen. Bei diesem Durchmesser bleibt auch das Rundstrahlverhalten noch sehr gut. Erst, wenn der Baßlautsprecher größer wird, erscheint ein 3-Weg System sinnvoll, weil dann der Mitteltonbereich nicht mehr sauber abgestrahlt werden kann (die Membran wird zu schwer).

Der von uns verwendete Baß B 200 G hat eine Membran aus dem Kunststoff Bextrene und arbeitet verfärbungsfrei bis 3 kHz. Der Hochtöner T 33, wie auch der B 200 G — eine Neuentwicklung von KEF —, ist mit einer getränkten Gewebekalotte ausgerüstet. Die Passivmembran BD 139 B stammt von dem wohl bekanntesten Baßlautsprecher, dem B 139. Die Weiche ist speziell auf diese Kombination zugeschnitten. Das schließt die Verwendung anderer Chassis aus.

### Wieviel Watt?

Sehr oft werden Lautsprecher danach beurteilt, wieviel Watt sie vertragen. Dabei sagt diese Angabe doch nur etwas über die thermische Auslegung der Schwingspule aus. Mit klanglichen Qualitäten hat das nichts zu tun. Außerdem hängt die Größe der Angaben nicht zuletzt davon ab, nach welcher Norm die Leistung gemessen wurde.

## GDG

Lautsprecher-V.GmbH

Das Fachgeschäft ausschließlich für Lautsprecherbausätze z. B. Audax, Coral, DAS, Electro Voice, JBL

Depothändler für Peerless und Görlich-Podszus  
Die preiswerte Art an bessere Lautsprecher zu kommen  
Bausätze ständig vorführbereit

Wir sind der renommierteste Anbieter von Frequenzweichen-spezialanfertigungen (Gollan Weichen). Zu jeder Kombination uns bekannter Lautsprecher bieten wir eine optimierte Frequenzweiche an. Sollte uns ein Produkt nicht bekannt sein, was selten genug vorkommt, kann das Chassis zu uns geschickt werden, wo wir es auf Herz und Nieren prüfen (wir verfügen tatsächlich über die notwendigen Meßgeräte), so daß die Frequenzweiche optimiert werden kann. Für Kombinationen, die nicht miteinander harmonieren, bieten wir keine Weichen an, auch wenn das Einzelchassis jedes für sich noch so gut ist. In diesem Fall sehen wir kein Geschäft als das bessere Geschäft an.

Wir vertreiben nicht nur Görlich-Podszus Sandwichmembranlautsprecher, die Lautsprecher mit dem besten Steifigkeits-Masse-Verhältnis der Welt, wir bieten auch fertige Boxenkonzepte dafür an.

Mondstraße 91 Ecke (Haus Kleve Weg)  
Tel. 0251/314893, 4400 Münster  
Öffnungszeiten: Di + Do 14—18 Uhr  
Sa 10—14 Uhr

# Bauanleitung: KEF CS5

So mancher 250 W-Lautsprecher nach XY-Norm entpuppt sich bei näherem Hinsehen als 30 W Sinus-Typ. Vielleicht hält er auch 250 W aus — aber nur einmal . . . Allerdings gehen die meisten Lautsprecher durch zu kleine Verstärker kaputt. Bei sehr großen Lautstärken oder beim Einsatz von Klangreglern neigen solche Verstärker zum Clipping. Dabei treten dann Leistungen und Signalformen auf, die den Lautsprecher (besonders beim Hochtöner) zerstören.

Unsere Box kann mit Verstärkern zwischen 30—150 W betrieben werden.

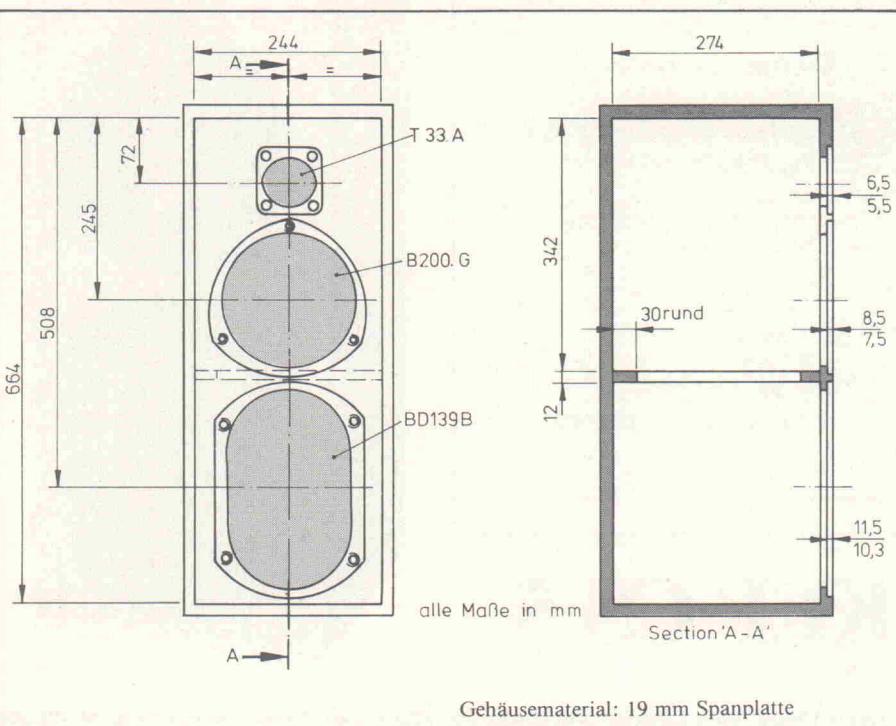
## Der Aufbau

Eigentlich ganz einfach, nur eine Kiste mit 3 Löchern — richtig, stimmt zwar, aber viel zu oft werden wichtige Kleinigkeiten übersehen. Wie in der Bauzeichnung zu sehen, ist in der Mitte über der Passivmembran eine Versteifung vorgesehen. Diese macht man am besten so, indem man ein Brett von 244 x 274 mm nimmt und eine Öffnung hineinsägt, so daß noch 30 mm Rand stehen bleiben. Solch eine Versteifung ist stabiler als eine Konstruktion aus 4 einzelnen Stücken.

Die KEF Chassis sollten in die Schallwand versenkt eingebaut werden. Ohne Oberfräse geht das aber nur, wenn man einen Trick anwendet: Anstatt einer 19 mm-Frontplatte benutzt man zwei 10 mm-Platten. Auf die eine zeichnet man die äußeren Abmaße der Lautsprecher und auf die andere die benötigten Einbaulöcher. Das geht mit den beiliegenden Schablonen sehr gut. Wenn man die beiden Platten nach dem Aussägen zusammenleimt, bekommt man eine Schallwand in professioneller Ausführung. Da der Hochtöner nicht so tief versenkt werden muß, legt man vor der Montage noch eine zweite Dichtung unter, damit er mit der Oberfläche glatt abschließt.

Auch Bedämpfung und Dämmung des Gehäuses haben einen großen Anteil am guten Ergebnis. In englischen Fertigboxen werden oft dünne Dämmplatten eingelegt. Wir haben noch etwas Besseres entdeckt. Es gibt im Handel (siehe Liefernachweis) eine spachtelfähige Beschichtung, die Gehäuseresonanzen wirkungsvoll unterdrückt. Die Masse wird gleichmäßig 3—4 mm dick im Gehäuse aufgetragen.

Als Bedämpfung dienen 50 mm dicke Schaumstoffplatten Pritex NG 14/2. Man kleidet alle Gehäusewände damit



Gehäusematerial: 19 mm Spanplatte

aus. Steinwolle oder Universal-Dämmstoffe bringen schlechtere Ergebnisse. Die Frequenzweiche wird auf der Rückwand neben die Anschlußklemmen geschraubt. Die Verbindungen zu den Lautsprechern sollten mit mindestens 1,5 mm Ø Kabel ausgeführt werden. Schrauben, Einschlagmuttern und Dichtungen liegen den Chassis bei.

## Der Klang

Bestens bekannt dürfte von KEF der Lautsprecher CALINDA sein. Diese oft verkauften Box diente sogar einer Fachzeitschrift als Referenz. Da die CALINDA ähnlich wie unsere CS 5 aufgebaut ist, diente sie auch uns als Vergleich.

Die Abhöranlage bestand aus der POWER-MOSFET-Endstufe aus Heft 8/81, Vorverstärker Quad 44, Plattenspieler Thorens TD 126 mit Dynavector DV 23 System.

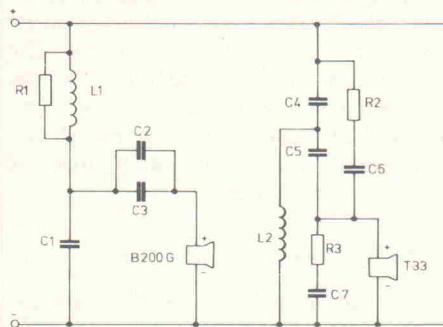
Das Ergebnis war überraschend. Hatten wir erwartet, daß unser Bausatz etwa an die Klasse der CALINDA heranreichte, so zeigte sich, daß er dieser sogar in einigen Punkten überlegen war. Mehr Offenheit, größere Dynamik und höherer Wirkungsgrad sorgten für viel Freude bei unserer Hörsitzung. Zusätzlich besorgten wir uns ein digitales Aufzeichnungsgerät und setzten damit unsere Hörprobe fort. Hierbei zeigte sich, daß sich die CS 5 auch vor der Di-

gitaltechnik nicht zu verstecken braucht.

### Frequenzweiche KEF CS 5

R1 =	82 Ohm
R2 =	220 Ohm
R3 =	22 Ohm
L1 =	2,9 mH
L2 =	0,18 mH
C1 =	7 µF Folie
C2 =	300 µF Elcaps
C3 =	300 µF Elcaps
C4 =	4,2 µF Folie
C5 =	7 µF Folie
C6 =	0,22 µF Folie
C7 =	1 µF Folie

Die Weiche ist auch als Fertigweiche von KEF lieferbar!



### Einkaufshinweise:

Lautsprecher und Weichen:  
Bitte beachten Sie den Anzeigen-  
teil. Die CS 5 wird auch als kom-  
pletter Bausatz geliefert.



Plasma-Hochtöner  
MP-01



Mitteltöner  
MMTL 50

Weitere Informationen über unser gesamtes Lautsprecher-Chassis-Programm mit Flachdrahttechnik von:

**Magnat Electronik GmbH & Co KG**  
Postfach 50 16 06 · 5000 Köln 50 (Sürth)

# Magnat

## HiFi-Lautsprecher der Präzisionsakustik

### MP-01

Plasma-Hochtöner-Abstrahlung fast masselos und omnidirektional. Laut aller Tests, jedem anderen Hochtöner weit überlegen

unverbindliche Preisempfehlung:  
DM 2500,-

### MMTL 50

die superschnelle Mitteltöner-Kalotte aus leichtem eigenschwingungsarmen, formstabilem Supranyl-Kunststoff. Angetrieben durch ultraleichte Alu-Flachdraht-Schwingspule

unverbindliche Preisempfehlung:  
DM 127,-

### PIONEER Original!

		Unser SUPERANGEBOT an			PIONEER
		HIFI-CHASSIS einer WELTMARKE:			Original!
70 W	MH 660	4Ω Hochtöner 2000-20000 Hz Ø 80 mm	6.90	180 W	8Ω Tieftöner 25 2000 Hz Reson. 25 Hz Ø 256 mm
ab		10 Stück	5.90	ST 256	ab 10 Stück 67.50
160 W	KHW 700	4Ω Hochtönerkalotte 115x79 mm	12.90	40 oz.	ab 10 Stück 59.90
		8Ω Mitteltöner 320 5000 Hz Ø 135 mm	8.90	Magn.	
		ab 10 Stück	12.50	200 W	8Ω Tieftöner 20 2000 Hz Reson. 20 Hz Ø 308 mm
100 W	MM 110	8Ω Tieftöner 55-7000 Hz Reson. 55 Hz Ø 165 mm	9.90	40 oz.-	ab 10 Stück 84.90
		ab 10 Stück	16.90	Magn.	8Ω Tieftöner 20 2000 Hz Reson. 20 Hz Ø 308 mm
45 W	ST 165	8Ω Tieftöner 55-7000 Hz Reson. 55 Hz Ø 165 mm	9.90	280 W	8Ω Tieftöner 32-Disc.-Tieftöner 40-4000 Hz Reson. 40 Hz Ø 306 mm
		ab 10 Stück	14.90	hart aufgeg.	ab 10 Stück 94.50
90 W	ST 205	8Ω Tieftöner 45-5000 Hz Reson. 45 Hz Ø 205 mm	19.90	130 W	8Ω Tieftöner 25 2500 Hz Reson. 25 Hz Ø 250 mm
		ab 10 Stück	17.30	277x277 mm	ab 10 Stück 37.50
140 W	ST 206	8Ω Tieftöner 35-4000 Hz Reson. 35 Hz Ø 206 mm	39.50	Ø 250 mm	ab 10 Stück 35.50
		ab 10 Stück	36.90	160 W	8Ω Tieftöner 25 2500 Hz Reson. 30 Hz Ø 305 mm
				326x326 mm	ab 10 Stück 58.50
					ab 10 Stück 49.50

### WIR HABEN SIE:

#### POWER-BASS-CHASSIS mit Polypropylen-Show-Membran!

- sauberster Tieftöner • höchste Klangauflösung
- verzerrungssarm • impulsstreu
- Membran weiß

80 W	RD 20	8Ω Tieftöner 35 3000 Hz Reson. 40 Hz Ø 200 mm	38.90
------	-------	--	-------

100 W	RD 25	8Ω Tieftöner 30 3000 Hz Reson. 30 Hz Ø 250 mm	54.90
-------	-------	--	-------

40 W	BREITBAND-SP50 POWER	8Ω Breitbandsystem extra starker Magnet; Hochtonkegel 30-20000 Hz Ø 125 (130x130) mm	14.90
------	----------------------	--	-------

40 W	SP45	ab 10 Stück 12.50
------	------	-------------------

40 W	SP60	ab 10 Stück 11.50
------	------	-------------------

60 W	SP60	ab 10 Stück 10.50
------	------	-------------------

60 W	SP60	ab 10 Stück 13.50
------	------	-------------------

60 W	SP60	ab 10 Stück 11.90
------	------	-------------------

• DISCO • ORCHESTER •	POWER-SERIE m. harter Aufhängung	
-----------------------	----------------------------------	--

150W	D304	8Ω Gitarre 40-2000 Hz Ø 304 mm	79.50
------	------	--------------------------------------	-------

160 W	OLW300	8Ω Orchester m. Breitbandkegel 8Ω/Ø 302 mm	109.50
-------	--------	--	--------

280 W	DGW306	8Ω Gitarre 40-4000 Hz Reson. 40 Hz Ø 306 mm	94.50
-------	--------	--	-------

340 W	D 340	8Ω Gitarre 35 5500 Hz Ø 300 mm	239.50
-------	-------	--------------------------------------	--------

175 W	12 HPG/Baß	8Ω/Sinus 120W 25 Hz-7 KHz/Res. 70 Hz Ø 310 mm	169.00
-------	------------	---	--------

330 W	18 HP/Baß	8Ω/Sinus 230 W 25 Hz-5 KHz/Res. 28 Hz Ø 450 mm	432.00
-------	-----------	--	--------

150 W	Hifax 100 HX	8Ω/Sinus 100 W 3000-15000 Hz 163x81 mm	153.00
-------	--------------	--	--------

Weitere Lautsprecherchassis weltbekannter Hersteller

preiswert ab Lager (siehe auch HiFi-Katalog C2-83):

VISATON • MONACOR • MULTICEL • KEF • SCAN-SPEAK

DYNAUDIO • WHARFEDALE • PIEZO-MOTOROLA • DYNAMIC

### UNSERE STÄRKE ist die gesamte ELEKTRONIK, zum Beispiel:

#### ★ ★ Das sagenhafte µP-Angebot ★

T	A8	6512A	27.80	25.20	8286	14.10
---	----	-------	-------	-------	------	-------

ADC CPU	2.50	51.90	6800	10.90	9.90	8288
---------	------	-------	------	-------	------	------

2.50 CPU	8.50	8.60	6908	12.50	11.30	2716
----------	------	------	------	-------	-------	------

2.50 DART	8.90	8.60	6908	12.50	11.30	2716
-----------	------	------	------	-------	-------	------

2.50 DART	18.50	17.50	6910	5.70	5.20	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	20.00	19.90	6840	12.80	10.80	2722
-----------	-------	-------	------	-------	-------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	5.70	5.30	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	5.70	5.30	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

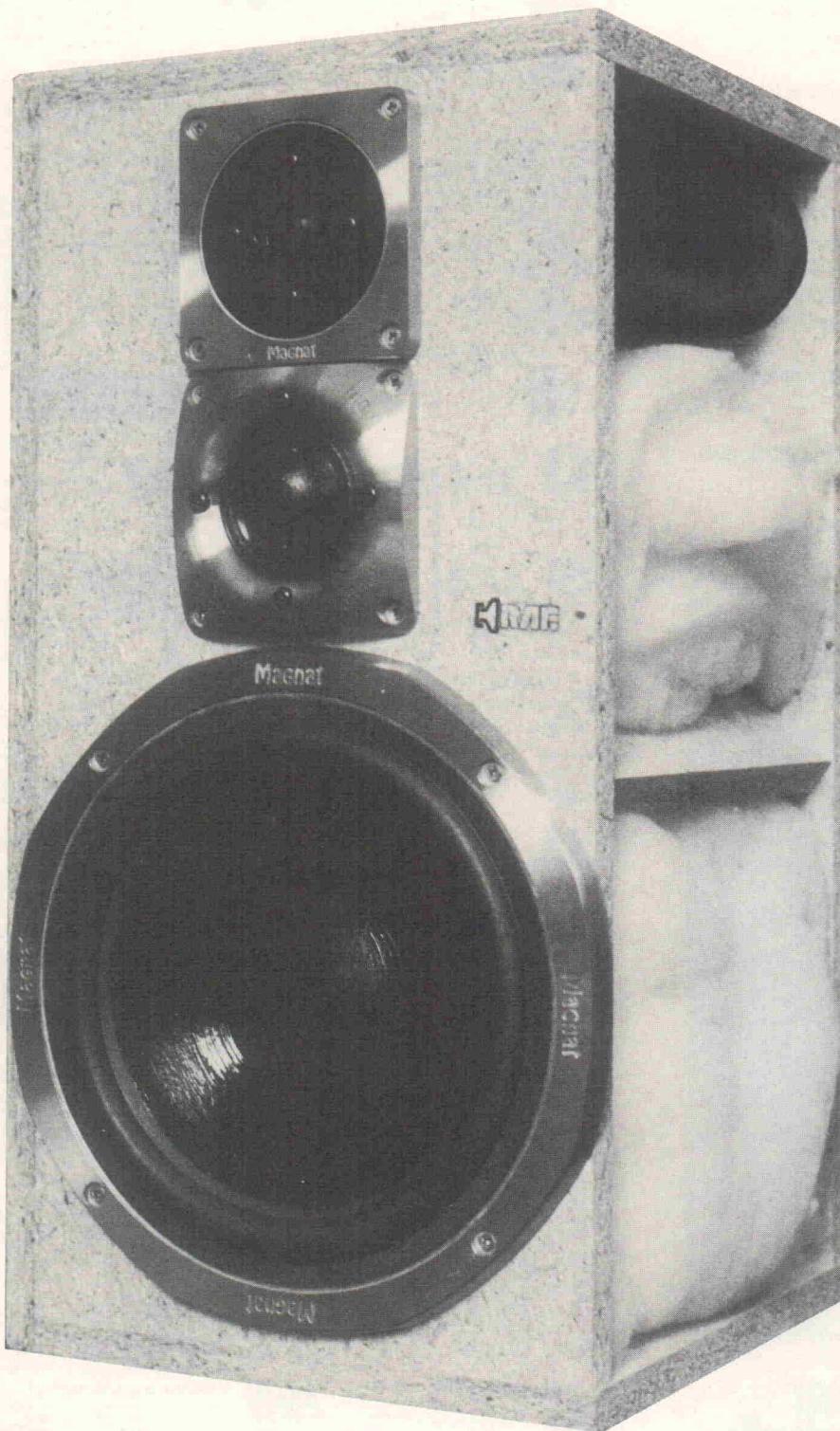
2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

2.50 DART	24.80	23.95	6850	4.20	3.80	2722
-----------	-------	-------	------	------	------	------

|
<td
|  |

# E80-Lautsprecherbox

Mit der E80 bringt elrad wieder eine Box, die in ihrer Klasse eine Spitzenstellung einnehmen dürfte. Für den guten Sound sorgen je drei Magnat-Chassis der High-Speed-Serie.



Die Kölner Firma Magnat ist sicherlich den HiFi-Fans als Hersteller hochwertiger Lautsprecherboxen bekannt. Neu ist, daß Magnat jetzt auch ihre Einzelchassis über den Fachhandel vertreibt. Grund genug, mit diesen interessanten Lautsprechern eine hochwertige Box aufzubauen. Sämtliche Chassis stammen aus der High-Speed-Serie.

## High Speed!

Ziel aller Hersteller guter Lautsprecherchassis ist es, ihre Produkte so weit wie möglich den immer weiter steigenden Ansprüchen anzupassen. Im Zeitalter der digitalen Aufzeichnungstechnik werden die Anforderungen an die Lautsprecher wesentlich höher. Wer also mit seiner Anlage für die Zukunft plant, sollte Lautsprechersysteme mit gutem Wirkungsgrad und Impulsfestigkeit wählen. Die von uns ausgesuchten Magnat-Chassis erfüllen diese Anforderungen durch ihre sogenannte High-Speed-Technologie.

Ziel ist es, die bewegten Massen der Lautsprecher so gering wie möglich zu halten. So werden von Magnat in den

## Technische Daten E 80

**Abmessungen:** 304 x 561 x 290

**Impedanz:** 8 Ohm

**Nennbelastbarkeit:** 100 Watt

**Wirkungsgrad:** 90 dB bei 1,15 W  
und 1 m Abstand

benutzten Hoch- und Mitteltonchassis Schwingspulen aus ultraleichtem, kupferbedampftem Aluminiumflachdraht verwendet. Immerhin bringt diese Technik gegenüber rundem Kupferdraht eine Gewichtseinsparung von ca. 80 %. Der Lautsprecher kann wesentlich leichter schnellen Musikimpulsen

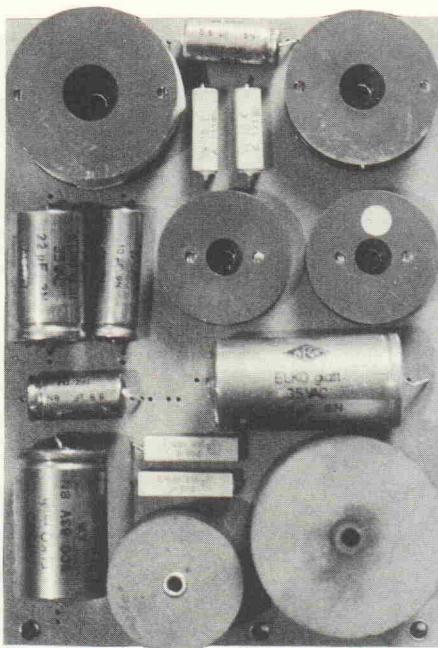
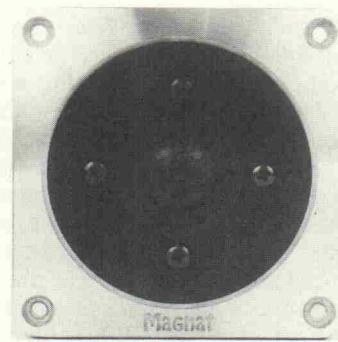
folgen. Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist das Membranmaterial. Es muß den hohen mechanischen Belastungen gewachsen sein und keine Verformungen zulassen, dabei aber trotzdem leicht sein. Die Magnat-Chassis besitzen deshalb 2fach gepräßtes und spezialbeschichtetes Membranmaterial.

## Chassis und Weiche

Als Tieftöner haben wir uns aus der Magnat-Palette den MG 251 ausgesucht, der mit 25 cm Durchmesser schon eine beachtliche Membranfläche besitzt. Ein Druckgußrahmen aus Leichtmetall sorgt für mechanische Stabilität. Auch das Auge kommt auf seine Kosten, denn der sichtbare Gußrand des Chassis ist diamantgeschliffen. Die Eigenresonanz des Chassis liegt bei 28 Hz, die Nennbelastbarkeit bei 120 W. Für die Mitten ist der Typ



HMTL 50 verantwortlich, eine Mitteltonkalotte, die ein sehr breites und sauberes Abstrahlverhalten verspricht. Aktiv wird diese Einheit bei 450 Hz. Ab 3500 Hz übernimmt die Hochtonkalotte MHTL 26 die Wiedergabe. Damit die Optik stimmt, ist auch dieses Chassis wie seine Mitstreiter mit edlem Diamantschliff versehen.



Die Weiche mit der Bezeichnung XO 14 ist genau auf die benutzten Chassis abgestimmt. Von scheinbar billigeren Weichen anderer Herkunft ist aus Qualitätsgründen dringend abzuraten. Die Übergangsfrequenzen der Weiche liegen bei 450 Hz und 3500 Hz. Die Flankensteilheit beträgt 12 bzw. 24 dB/Okt.

## Das Gehäuse

Das Gehäuse wird aus 19 mm Spanplatten hergestellt, die man sich vom Tischler auf die entsprechenden Abmessungen zusägen läßt. Wichtig für die gute Funktion ist ein grundsolider Aufbau, d. h. sämtliche Stoßkanten müssen satt und absolut dicht verleimt werden. Wer keine entsprechend großen Schraubzwingen besitzt, kann die Wände auch miteinander verschrauben. Vorher wird natürlich reichlich Leim dazwischen gestrichen. Die Schallwand wird noch nicht befestigt. Wer die Lautsprecheröffnungen nicht vom Tischler hat anfertigen lassen, muß nun die Löcher mit einer Stichsäge selbst erstellen. Als Hilfe dienen die Schablonen auf der Rückseite der Lautsprecherverpackungen, sie werden auf der Schallwand entsprechend fixiert.

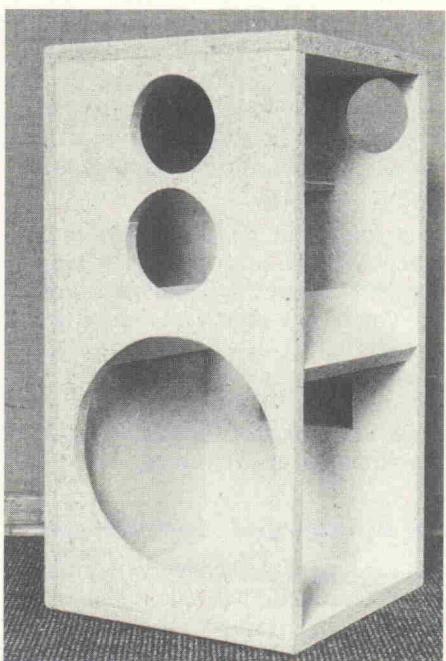
Bei dieser Box hat der Nachbauer zwei Möglichkeiten: Entweder das Ganze als geschlossene Box aufzubauen oder als wohlbekannte Baßreflexbox. Der Nachbau der geschlossenen Version ist

etwas unkritischer. An Gehäuse und Abstimmung werden nicht so hohe Ansprüche gestellt. Wer also noch keine Erfahrungen im Nachbau hat und auf etwas Tiefbaß verzichten kann, wird es hierbei leichter haben. Eine spätere Umrüstung als Baßreflexbox ist ohne größere Probleme möglich.

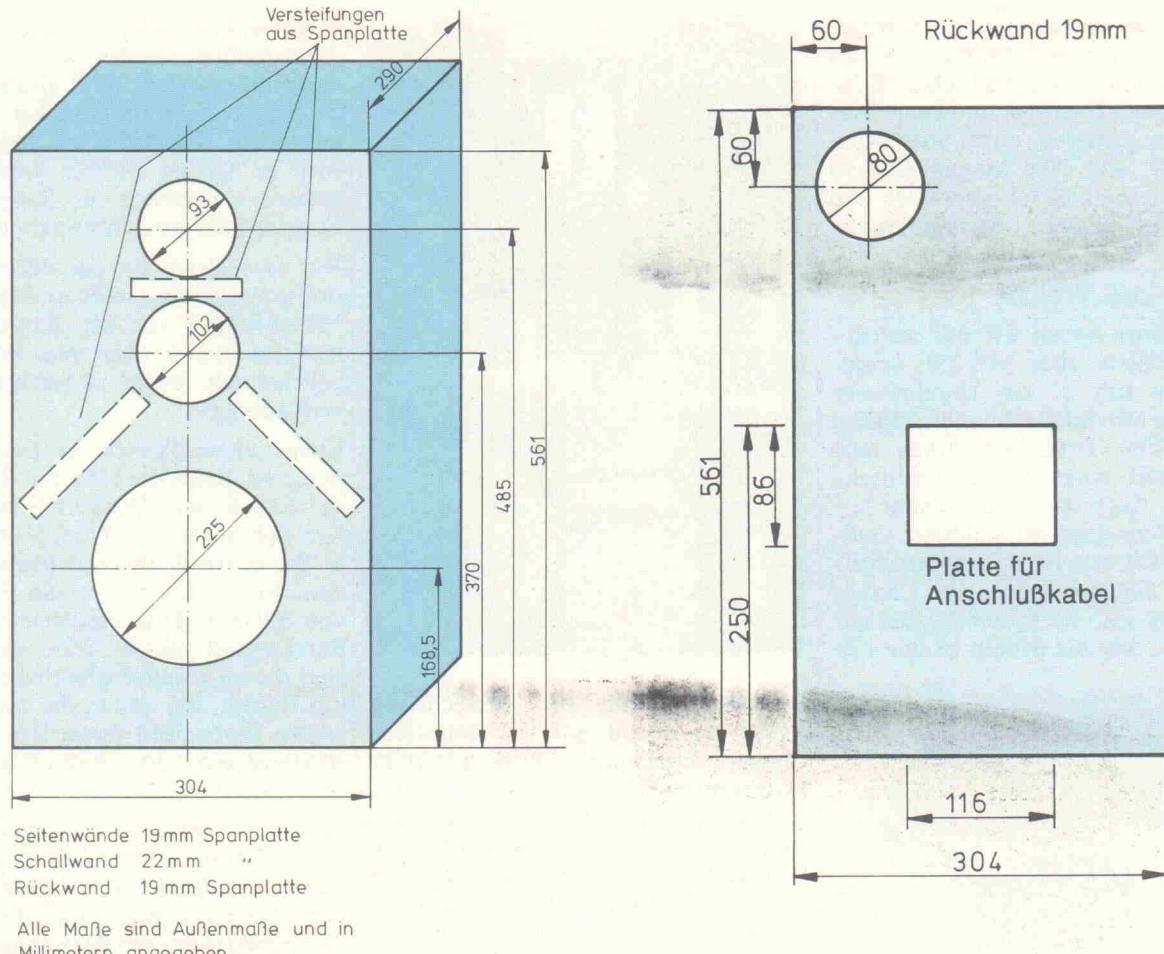
Wer sich gleich für die Baßreflexversion entscheidet, sollte unbedingt die Versteifungen aus der Bauzeichnung berücksichtigen, denn mitschwingende Seitenwände führen zu starken Klangverfärbungen.

Etwas ungewöhnlich ist die Anordnung der Baßreflexöffnung. Sie ist bei der E 80 hinten. Dazu muß mit einem Kreisschneider ein 80 mm großes Loch in die obere Rückwand gebohrt werden. In das Loch wird ein Papprohr von 200 mm Länge und 80 mm Außen-durchmesser geklebt. Eine Alternative sind die im Handel erhältlichen Rohre aus Plastik, die sich in der Länge verstetzen lassen. Mit ihnen läßt sich die Abstimmung der Baßreflexöffnung sehr leicht vornehmen.

Eine Alternative zu dem selbstgebauten Gehäuse sind die Hados-Faltgehäuse, allerdings haben diese etwas andere Abmessungen. In Frage kommt das Gehäuse mit der Bezeichnung L 50. Wer die sehr einfach und schnell zu erstellenden Gehäuse wählt, sollte aber unbedingt Querversteifungen im Innenraum anbringen.



# Bauanleitung: Lautsprecherbox-E80

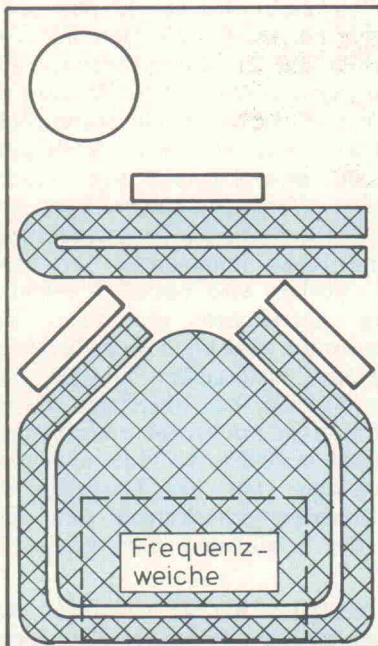


Als nächstes werden die Lautsprecher auf der Schallwand verschraubt. Wichtig ist auch hier, daß sie absolut dicht sitzen. Gut geeignet ist dazu Fensterdichtband; es wird einfach unter die Lautsprecherumrandungen geklebt. Die Frequenzweiche wird auf der Innenseite der Rückwand verschraubt. Ebenfalls in die Rückwand wird noch ein Ausschnitt für die Lautsprecherklemmen gesägt.

Nun kann mit der Verdrahtung zwischen Weiche und Chassis begonnen werden. Gehen Sie dabei sehr sorgfältig vor, denn eine Falschpolung der Chassis macht sich durch häßliche Frequenzlöcher bemerkbar. Nach der Verdrahtung wird bei geringer Lautstärke noch eine kurze Funktionskontrolle der Chassis vorgenommen.

## Dämpfung und Abstimmung

Bei der geschlossenen Version muß der gesamte Innenraum mit entsprechendem Dämpfungsmaterial *locker* gefüllt werden, denn hier muß, im Gegensatz



Anordnung des Dämm-Materials

zum Baßreflex-Prinzip, der rückwärtige Schallanteil des Lautsprechers absorbiert werden. Als Material eignet sich mit Einschränkungen Glas- oder Steinwolle. Besser sind aber speziell im Handel erhältliche Textilfasern, noch besser (aber auch teurer) ist langfaserige Naturwolle. Die genaue Menge sollte durch eingehende Hörtests ermittelt werden.

Nun zum Baßreflexgehäuse: Hier sind die Abstimmungsmaßnahmen etwas umfangreicher. Wer Genauereres über das Prinzip und die Wirkungsweise wissen möchte, den weisen wir auf den Artikel E 90 in Elrad 8/80 hin; hier ist auch der Meßaufbau zur Abstimmung der Reflexöffnung beschrieben. Besonders bei abweichenden Gehäuseabmessungen sollte man diese Messungen unbedingt vornehmen. Schlecht abgestimmte Baßreflexboxen klingen im Bass unpräzise und lästig. Für die Baßreflexbox gibt es einen speziellen Bedämpfungsplan (siehe Bild). Als Material eignet sich BAF-Wadding, das in Matten von ca. 30—50 mm Stärke er-

hältlich ist. Es wird nach Plan zurechtgeschnitten und mit einem Tacker oder mit kurzen Nägeln auf den Innenwänden befestigt. Die Reflexöffnung sollte unbedingt frei von Dämpfungsmaterial gehalten werden. Sind nach der Messung die Kurvenmaxima (Gehäuse- und Lautsprecherresonanz) gleich hoch, so ist die Abstimmung richtig und eine einwandfreie Baßabstrahlung gewährleistet.

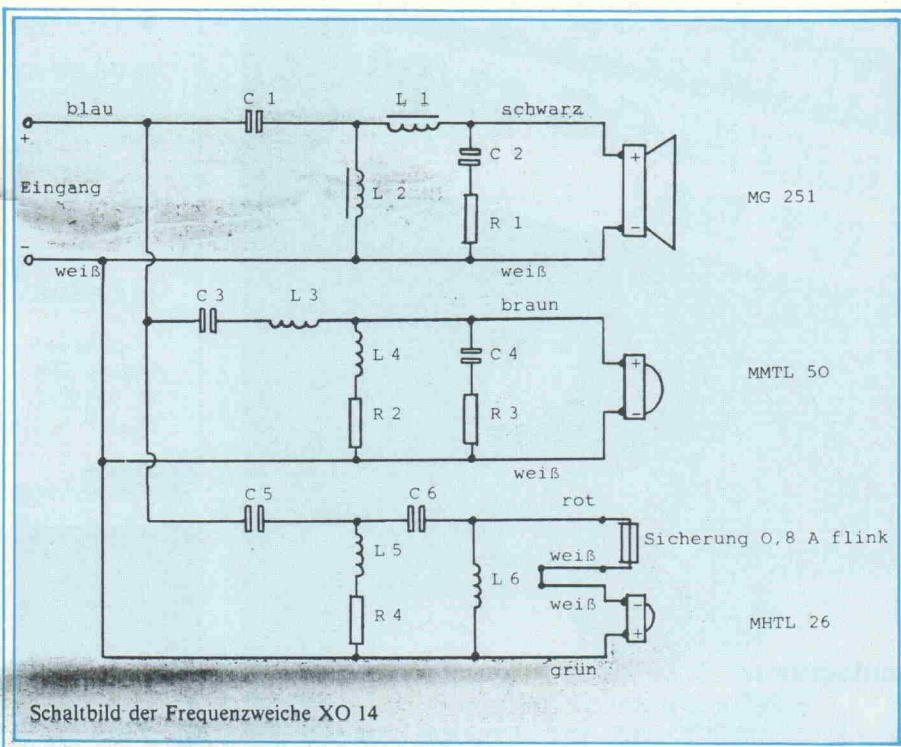
## Aufstellungshinweise

Die E 80 kann in Regalwänden plaziert werden, doch sollte man darauf achten, daß die rückwärtige Reflexöffnung nicht verdeckt wird oder zu dicht an der Wand steht. Zimmerecken sind unbedingt zu meiden. Eine solche Fehlplazierung führt durch Wandreflexionen zu einer dröhnenden, überbetonten Baßwiedergabe.

Ebenfalls schlecht ist es, die Box direkt auf den Fußboden zu stellen, denn dafür ist die E 80 nicht konzipiert. Zur richtigen Entfaltung kommt die Box in freier Aufstellung (mind. 50 cm von Zimmerwänden) auf einem Lautsprecherfuß.

## Der Hörtest

Bei dem Hörtest wurde die Mühe belohnt. Die E 80 zeichnet sich durch ein

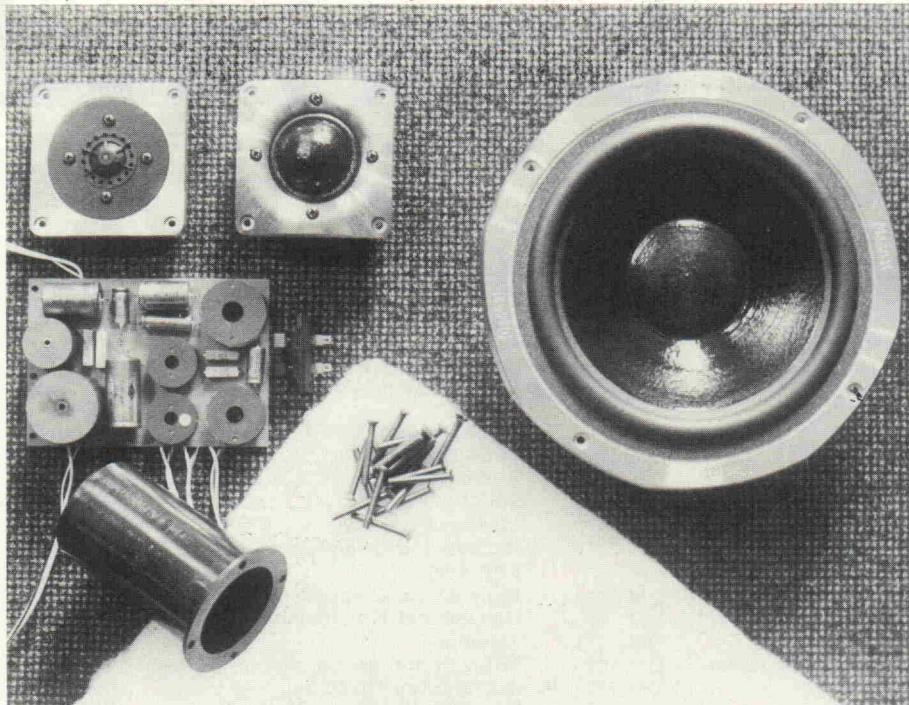


Schaltbild der Frequenzweiche XO 14

sehr ausgewogenes Klangbild aus. Sie ist ausgesprochen lebendig, was durch den guten Wirkungsgrad noch verstärkt wird. Das Klangbild ist transparent, hell und kommt mit gut konturiertem Baß.

Als Fazit kann man sagen: Die E 80 klingt sehr ausgewogen und verarbeitet alle Musikbereiche gleich gut. Sie wird auch bei längerem Zuhören nicht lästig und dürfte in ihrer Klasse eine Spitzenstellung einnehmen.

WeWe



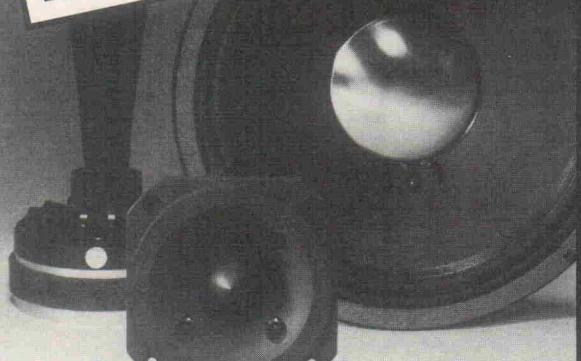
## Stückliste

Tiefotoner	MG 251
Mitteltöner	MMTL 50
Hochtöner	MHTL 26
Weiche	XO 14

Gehäuse: 19 mm Spanplatte nach Zeichnung oder Hados-Faltgehäuse L 50, Baßreflexrohr z. B. Visaton BR 13.25, Dämpfungsmaterial BAF-Wadding

# ALLES ZUM BOXENBAU HIFI-DISCO-BANDS

## KATALOG 83/84 IST DA!



### Lautsprecher \* Zubehör \* Bauanleitung

Schnellversand aller Spitzenfabrikate

JBL · ELECTRO-VOICE · KEF · RCF · MULTICEL · FANE  
CELESTION · DYN AUDIO · MAGNAT · GOODMAN

**Katalog gegen DM 4,- in Briefmarken**

## LAUTSPRECHER

LSV-HAMBURG  
Tel. (0 40) 29 17 49



Postfach 76 08 02  
2000 Hamburg 76

### Die elrad-Specials:

Special 5: Bauanleitungen DM 14,80

Special 6: Bauanleitungen DM 14,80

Digitaltechnik im Experiment DM 7,80

Verlag Heinz Heise GmbH, Postfach 2746, 3000 Hannover 1

Lautsprecherbausätze

**Klein  
aber  
fein**

K. H. Fink  
Karlstr. 41  
4100 Duisburg  
Tel. 0203/84414

W. Wendland  
A. d. Heide 9  
3004 Isernhagen 2  
Tel. 0511/778072

### E90-Lautsprecherbox

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 965,—  
Bausatz mit Weichenkit ..... DM 850,—

### Corner Speaker (E50)

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 480,—  
Bausatz mit Weichenkit ..... DM 455,—

### Dynaudio-Pyramide

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 650,—  
Bausatz mit Weichenkit ..... DM 570,—

### Transmissionline (KEF)

Alle Weichenbauteile Org. Falcon!  
Bausatz mit großem B110, B139 und  
Celestion ..... DM 550,—  
dto. mit Weichenkit ..... DM 498,—  
Bausatz mit IMF ..... DM 750,—  
dto. mit Weichenkit ..... DM 698,—

### TML250 (Harbeth)

Harbeth LF8" ..... DM 220,—  
Weiche mit Autotrafo ..... DM 92,—  
Audax 12x9 ..... DM 31,—  
Modifikationskit mit Weichenteilen ..... DM 109,—  
Shackman ELS ..... DM 140,—  
Endstufenkit ..... DM 190,—  
Trafo ..... DM 90,—



Mehr als 50 % Ersparnis durch  
Lautsprecher-Selbstbau

### CONSTRUCTOR SERIES:

- CS 1 (nach Kef 101) B110B + T 27 + FW Stck. 219,90 DM
- CS 3 B 200 G + T 33 NEU + FW 234,90 DM
- CS 5 (wie CS 3) + B 139 Passiv + FW 314,90 DM
- ELRAD Transm. Line = KEF B 139 + B 110 A + T 27 + Rogers FW 399,90 DM
- + Coles 4001 Superhochtöner 459,90 DM
- oder KEF B139, B110A + CELESTION HF1300 + HF2000 + Elrad FW 549,90

### DYNAUDIO-BAUSÄTZE

- 120 Watt/2weg = 22 W + D28 + FW-Bauteile 199,90 DM
- + passendes HADOS-L30 Leergehäuse incl. ausgefräster Schallwand 68,90 DM
- 160 Watt/3weg + Passiv Membrane SL30 + 21 W 54 µsP + D52 + D21 + FW-Bauteile 579,90 DM



Jüdefelder Str. 35 · 4400 Münster · Telefon 0251/47828

## JOKER-HIFI-SPEAKERS DIE FIRMA FÜR LAUTSPRECHER

### Wir liefern schnell und preiswert:

- über 200 Chassis führender Hersteller
- über 60 erprobte Kombinationsvorschläge
- umfangreiches Zubehör und Literatur
- alle Weichenbauteile (auch Sonderanfertigung)

Unser Sonderservice umfaßt neben unserer bekannt guten Beratung auch die individuelle Berechnung von: Weichen, Gehäusen mit Reflex-Abstimmung, sowie Projektierung von Beschallungsanlagen f. PA, Disco.

Umfangreicher Katalog gegen 10-DM-Schein oder per NN.

Joker HiFi, Postfach 800965, Sedanstraße 32, 8000 München 80  
24 Std. Telefon-Service unter 089/4480264

### Focal DB250

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 205,—  
Bausatz mit Weichenkit ..... DM 182,—

### Podszus Horn

Tiefhörer TT 200/37 ..... DM 368,—  
Mitteltöner MT 130 ..... DM 188,—  
Hochhörer Coral H105 ..... DM 188,—  
Holzbausatz (Spanplatte) ..... DM 140,—

### Donar (Subwoofer)

30W-Donar (T.T.) ..... DM 392,—

Endstufenbausatz (o. Pl.) ..... DM 220,—

Platinen ..... DM A. A.

Ringkerntrafo 330VA ..... DM 109,—

LF5" Harbeth ..... DM 180,—

Audax 12x9 ..... DM 31,—

Weiche ..... DM 53,—

### Visaton Pyramide

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 290,—

### KEF CS5

Bausatz mit Originalweiche ..... DM 328,—

Bausatz mit Weichenkit ..... DM 280,—

### Zubehör

Pritex 50mm genoppt (neue verbesserte Ausführung) 1m x 0,5m ..... DM 16,—

BAF-Wadding 1,4 m breit je m ..... DM 17,—

Acuspa Spachtelmasse, 5 kg ..... DM 53,—

# E90-Lautsprecherbox

**Wieder einmal bringt elrad eine Bauanleitung für eine Lautsprecher-Box der Superlative. Eine Box, die sicher in die Spitzenklasse eingeordnet werden kann. Fünf Wharfedale-Lautsprecher sorgen für hohen Schalldruck und hohe Belastbarkeit.**

Der Lautsprecherhersteller Wharfedale bietet den Hi-Fi-Fans mit der sogenannten 'E' Serie ausgesprochen schalldruckstarke Hi-Fi Boxen an, so wird ein Abstand von 1 m 95 dB bei 1 W erreicht (max. 120 dB). Die größte Box dieser Serie mit der Typenbezeichnung E 90 wollen wir in diesem Artikel als Selbstbau-Lautsprecher vorstellen. Ein großer Vorteil der 'Do it yourself'-Methode ist die beträchtliche Geldersparnis. Trotzdem kommen bei dieser Box auch im Selbstbau noch ca. 1000,- DM pro Box zusammen. Dafür erhält man allerdings Lautsprecher der 2000,- DM Klasse, die bei sorgfältigem Nachbau den Wharfedale Fertig-Boxen nicht nachstehen.

Wer sich also nicht vom Preis und den Abmessungen abschrecken lässt, wird nach der Fertigstellung von dem 'kernigen' Klang der Lautsprecher begeistert sein.

Vorsichtige Leute können sich in einem Hi-Fi-Studio die entsprechenden Fertigboxen anhören und sich einen Eindruck vom Klangbild der Lautsprecher verschaffen.

## Die technischen Daten

4-Wege Baßreflexbox

Frequenzgang: 30 – 18000 Hz

Übergangs-frequenzen: 150/800/7000 Hz

Belastbarkeit: 140 (200W)

Impedanz: 8 Ω

Volumen: 110 l

Abmessungen: 1072 x 342 x 350

## Die Lautsprecherbestückung

### Hochtonhorn ET/02/01

Frequenzbereich 5 kHz – 18 kHz

Schalldruck 98 dB

Belastbarkeit 140/200W

### Mitteltöner EM/10/1

Frequenzbereich 800 Hz – 5 kHz

Schalldruck 94 dB

Belastbarkeit 70/110W

### Tieftöner EB/25/1

Frequenzbereich 42 Hz – 1,5 kHz

Schalldruck 95 dB

Belastbarkeit 100/150W

Die Lautsprecher zeichnen sich durch stabile Druckgußchassis aus.

## Die Tischlerarbeit

Als Material für die Außenwände eignet sich eine einfache Spanplatte, die ca. 19 mm stark sein sollte. In einer Tischlerei oder einem Baumarkt lässt man sich die einzelnen Elemente maßgenau zusägen. Eventuell kann man sich hier auch gleich die Ausschnitte für die Lautsprecher und Baßreflexöffnung sägen lassen. Es geht allerdings auch recht einfach mit einer Stichsäge. Für die Hochtonlautsprecheröffnung benutzt man am sinnvollsten einen im Handel erhältlichen Vorsatz für Bohrmaschinen mit entsprechendem Durchmesser. Die Mittelpunkte der einzelnen Lautsprecher werden mit Lineal und Bleistift nach Plan fixiert. Als sehr hilfreich erweisen sich die auf der Rückseite der Wharfedale-Lautsprecherverpackung befindlichen Schablonen. Sie werden auf die entspre-



chenden Stellen der Schallwand geklebt, das erspart das etwas mühselige Anzeichnen mit dem Zirkel. Für die Baßreflexöffnung kann man direkt die Alu-Verkleidung als Schablone benutzen. Sind diese Arbeiten verrichtet, kann mit dem Verleimen der Spanplatten begonnen werden. Dabei sollte allerdings eine Seitenwand nur verschraubt werden, es erleichtert die weiteren Arbeiten ganz erheblich.

Das Verleimen muß sehr sorgfältig vorgenommen werden, auf keinen Fall darf mit Leim gespart werden. Wichtig ist auch, daß die zu verleimenden Flächen so stark wie möglich gegeneinandergepreßt werden.

Dazu eignen sich entsprechende Spannzangen. Natürlich kann man auch sämtliche Wände kräftig verschrauben und vor dem Anziehen der Schrauben die Flächen satt mit Holzleim bestreichen.

Die Mitteltonlautsprecher besitzen eigene Gehäuse, damit wird eine Beeinflussung der Baßlautsprecher vermieden. Gut geeignet sind hierfür Pappröhren mit mindestens 3 mm Wandstärke oder auch Plastikröhren, wie sie in der Hauskanalisation benutzt werden. Der Durchmesser sollte ca. 12 cm betragen.

Die Länge sollte so gewählt werden, daß die Röhre stramm im Gehäuse sitzt. Besonders günstig ist es, zwischen Rohrende und Gehäuserückwand noch eine Weichfaserplatte anzuleimen (siehe auch Zeichnung). Die ganze Konstruktion muß natürlich sorgfältig und dicht miteinander verleimt werden.

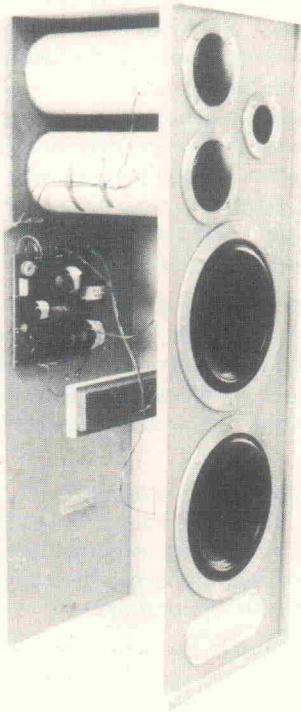
Um Biegeschwingungen des Gehäuses zu verringern, wird im Bereich des Tieftöners noch eine Verstärkung aus Spanplatte

# Bauanleitung: E 90-Lautsprecherbox

zwischen den Seitenwänden angebracht, die Maße sind in der Zeichnung vermerkt.

## Einbau der Lautsprecher

Als nächster Arbeitsgang werden die Lautsprecher in die Schallwand montiert. Sämtliche Systeme besitzen einen stabilen Metallring mit entsprechenden Löchern für die Befestigung. Vor dem endgültigen Einbau der Lautsprecher wird an der Innenseite der Befestigungsringe noch eine Bahn Dichtband (Fensterdichtband o. ä.) geklebt. Diese Maßnahme gewährleistet, daß auch hier keine Luft entweichen kann, denn wie im Teil 'Wie funktioniert's' später noch beschrieben wird, darf nur durch die Baßreflexöffnung Luft befördert werden. Danach können die Lautsprecher mit kräftigen Holzschrauben an der Schallwand festgeschraubt werden.



Ein Blick in die noch ungedämpfte Box.

## Frequenzweiche und Verdrahtung

Die Frequenzbereiche gibt es als fertige Einheit unter der Bezeichnung EDN 3 von Wharfedale mit den Übergangsfrequenzen 150 Hz, 800 Hz und 7000 Hz. Wer Lust hat, kann sich natürlich die Weiche auch selbst bauen. Die benutzten Bauteile sollten allerdings hohe Qualität und geringe Toleranzen aufweisen. Wer nicht selbstwickeln will oder über kein Induktivitätsgerät verfügt, kann auf die im Handel erhältlichen fertigen Drosselspulen zurückgreifen.

Dabei ist darauf zu achten, daß besonders die Spulen für die beiden Baßzweige möglichst große Drahtdurchmesser aufweisen (1 mm oder mehr). Die Kapazitäten sollten mit Ausnahme des 150 µF Kondensators (Bipolarer Elko) aus verlustarmen Folienkondensatoren bestehen. Der gesamte Aufbau der Weiche findet auf einer stabilen Pertinaxplatte Platz, als Lötstützpunkte eignen sich z. B. Nietlötsen, die im Fachhandel erhältlich sind. Die fertige Frequenzweiche wird dann mit der Rückwand des Gehäuses verschraubt.

Hier wird auch der Lautsprecheranschluß plaziert. Sehr gut sind spezielle Klemmkontakte, die auch größere Drahtdurchmesser aufnehmen können. Natürlich kann man auch ein festes Kabel zum Verstärkerausgang installieren. Nun können die Lautsprecher mit den entsprechenden Punkten auf der Weiche verbunden werden. Wichtig ist die richtige Polung aller Systeme. Normalerweise ist der +Pol auf dem Lautsprecherchassis vermerkt.

Nach der Verdrahtung sollte mit kleiner Leistung ein Probelauf vorgenommen werden, um alle Systeme gehörmäßig zu überprüfen.

## Dämpfungsmaßnahmen

Einen relativ großen Einfluß auf das Klangverhalten einer Lautsprecherbox haben die getroffenen Dämpfungsmaßnahmen im Gehäusehohlraum, d. h. mit wieviel Dämpfungsmaterial die Box ausgekleidet wird. Der Sinn der Dämpfung liegt in der Unterdrückung der Eigenschwingungen des Gehäuses. Diese sogenannten Gehäuseresonanzen können bei mangelhafter Unterdrückung zur Anhebung oder Absenkung bestimmter Frequenzen führen, das Übertragungsverhalten der Box wird unregelmäßig.

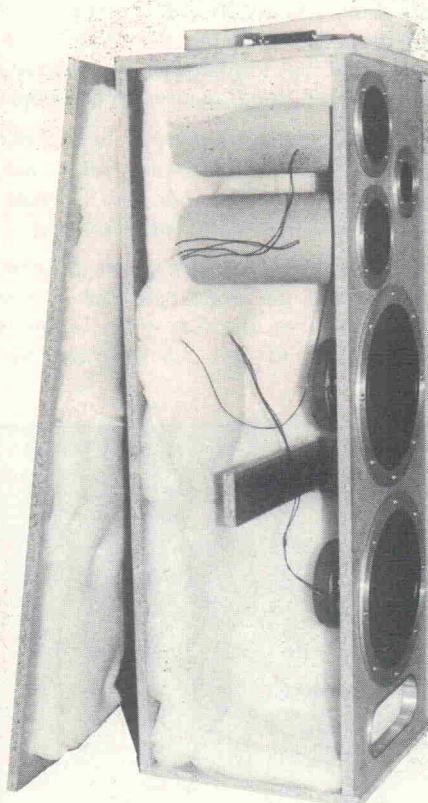
Die von uns beschriebene Baßreflexbox wird nicht, wie häufig bei geschlossenen Boxen, vollständig mit Dämpfungsmaterial gestopft, sondern hier werden nur die Gehäuseinnenflächen mit Dämpfungsmaterial bedeckt und mit einer Heftpistole befestigt. Für unsere Musterboxen haben wir sogenanntes, in Matten erhältliches 'BAF Wadding' benutzt. Prinzipiell kann jedes im Handel erhältliche Kunststoffasermaterial benutzt werden. Mit Einschränkungen eignet sich auch die im Baustoffhandel erhältliche Glas- oder Steinwolle. Auf keinen Fall darf die Baßreflexöffnung durch Dämpfungsmaterial verdeckt werden. Die Dicke des Dämpfungsmaterials sollte allerdings 25 mm nicht überschreiten. Die Röhren der Mitteltöner werden locker mit Dämpfungsmaterial gefüllt.

## Inbetriebnahme und Fertigstellung

Vor dem endgültigen Testlauf muß nun auch die letzte Seitenwand verschraubt und verleimt werden. Wer allerdings noch mit dem Dämpfungsmaterial und der Weiche experimentieren will, sollte die Seitenwand erst einmal nur verschrauben. Um trotzdem Dichtigkeit zu gewährleisten, sollte dann auch hier Schaumstoffband benutzt werden.

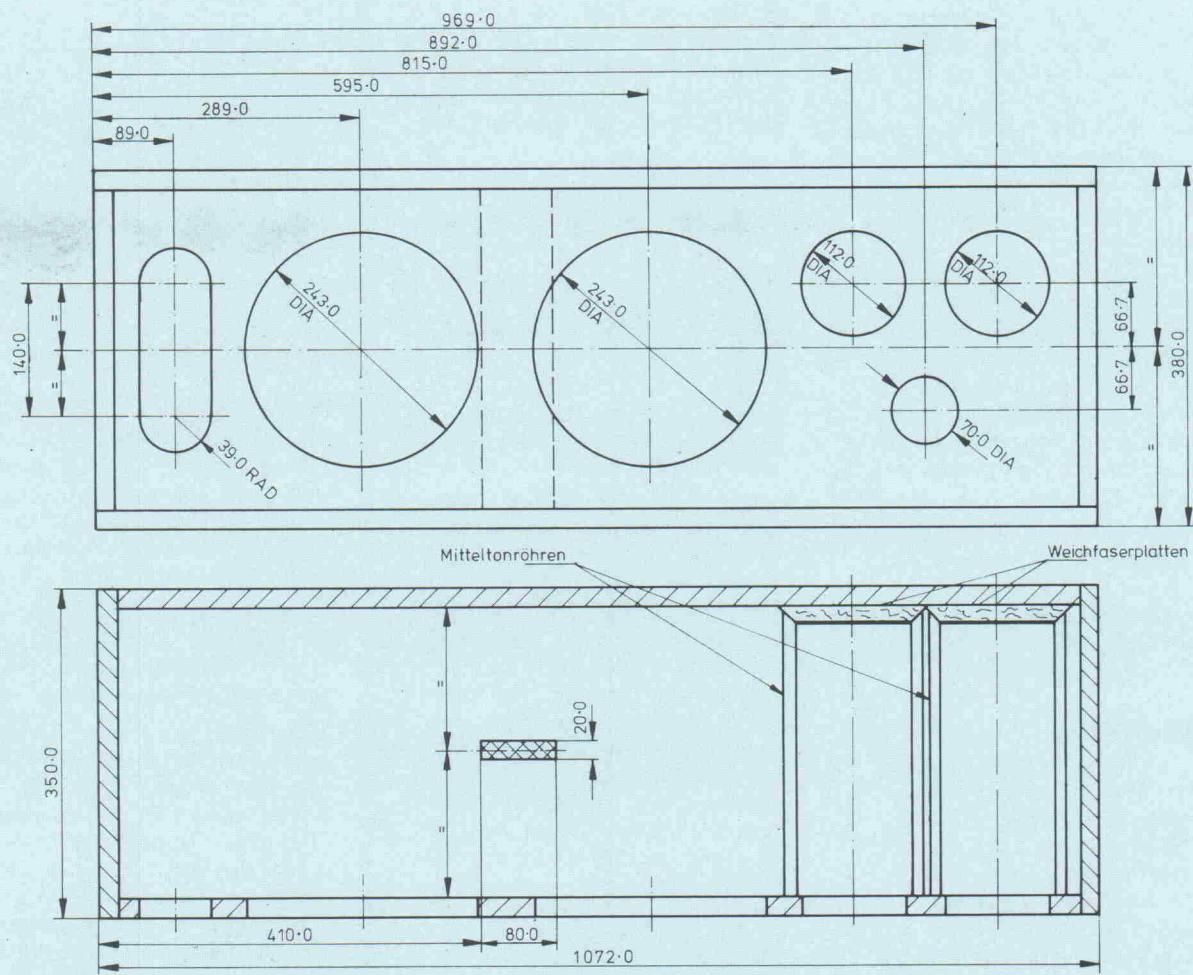
Die Boxen sind als Standlautsprecher konzipiert, d. h., der optimale Aufstellungsort ist der Fußboden. Um eine Überbetonung der Bässe zu vermeiden, müssen die Boxen noch auf einen Sockel von ca. 6 cm Höhe gesetzt werden, wie es auch bei den Fertigboxen von Wharfedale der Fall ist.

Nun kann es losgehen, ausgiebige Hörtests werden die Besitzer für die Mühen des Nachbaus entschädigen. Als abschließende Arbeit bleibt noch, die optischen Reize der Box durch Furnier oder Farbe zu erhöhen und die Lautsprecher vor spitzen Kinderfingern mit einer Stoffbespannung zu schützen.

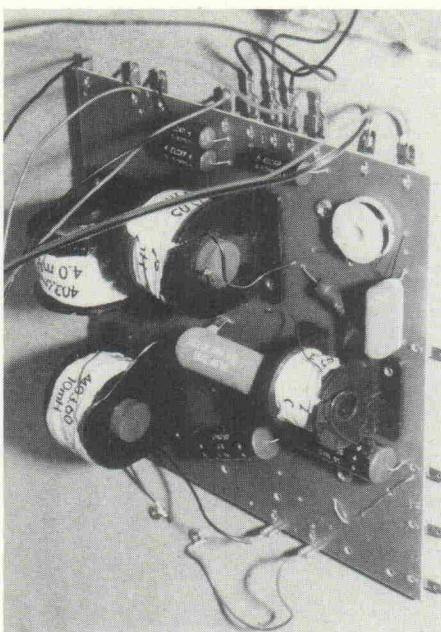


Die Box vor der Vollendung. Lediglich die Außenwand muß noch verleimt werden.

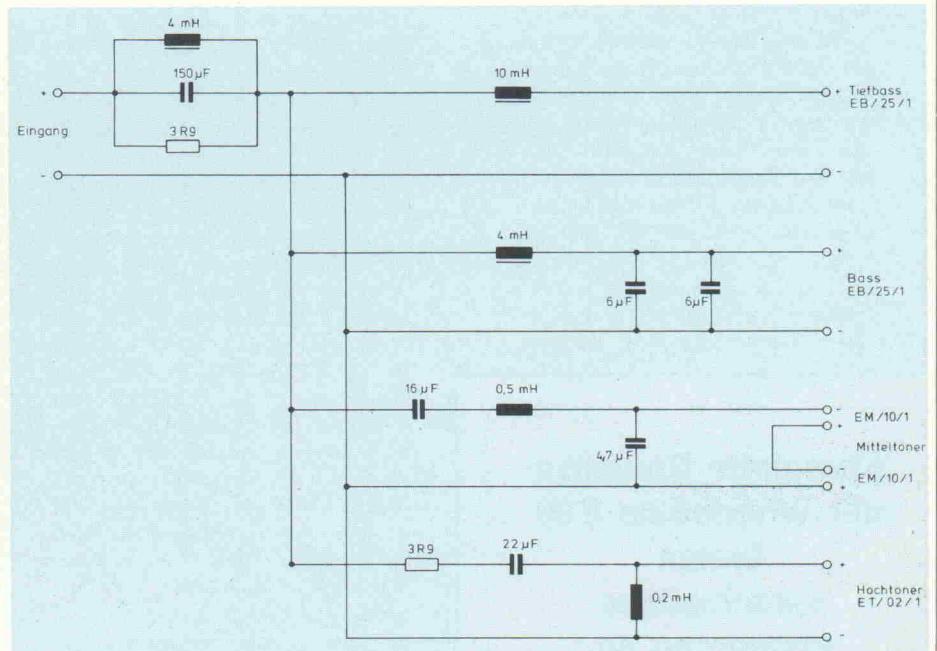
# Bauanleitung: E 90-Lautsprecherbox



Die Bauzeichnungen für die E 90-Box (alle Maße in Millimetern).



Die Originalfrequenzweiche EDN3 fertig verdrahtet.



Das Schaltbild der Frequenzweiche.

## Wie funktioniert's?

Um den sogenannten 'akustischen Kurzschluß' bei tiefen Frequenzen zu verhindern, muß ein Tieftonlautsprecher in ein entsprechendes Gehäuse eingebaut werden. Bei freier Abstrahlung würden die von der vorderen Lautsprecherfläche abgestrahlten Schallwellen kugelförmig um die Membran herumlaufen und an die Rückseite des Lautsprechers gelangen.

Die Wirkung wäre eine Auslöschung des Tonsignals, da sich Luftverdichtungen und Luftverdünnungen auf beiden Seiten der Membran ausgleichen. Um diese unliebsame Erscheinung zu verhindern, muß das Tieftonchassis in eine Box oder an eine Schallwand entsprechender Größe gebaut werden.

Auf dem Hi-Fi-Markt haben sich in der Hauptsache geschlossene und sogenannte Baßreflexboxen sowie einige Sonderformen wie z. B. die Transmission-Line-Box (siehe auch Elrad 2/79) durchgesetzt.

### Die Baßreflexbox

Da es sich bei der E 90 um eine Baßreflexbox handelt, wollen wir hier auch das Funktionsprinzip dieser Box beschreiben. In einer geschlossenen Box stehen ja bekanntlich die von der Rückseite der Membran abgestrahlten Schallanteile nicht zur Wiedergabe zur Verfügung, sie werden im Gehäuse absorbiert. Anders ist dieses bei der Baßreflexbox, hier gelangt über eine zweite Öffnung (Baßreflexöffnung) der Schall an die Außenwelt. Diese Öffnung kann natürlich nicht in willkürlicher Form und Größe gewählt werden. Im Fall der E 90 Baßreflexöffnung handelt es sich um eine vom Computer vorgenommene Berechnung. Was will man nun mit der Zusatzöffnung erreichen? Die Baßabstrahlung von Lautsprechern ist ja bekanntlich stark vom Volumen der Box abhängig. Mit der Baßreflexöffnung wird die Abstrahlung des unteren Baßbereiches verstärkt, und so erreicht man bei gleichem Gehäuse-

volumen höhere Schallpegel der tieferen Frequenzen und ist damit geschlossenen Boxen überlegen. Die Baßreflexbox kann man sich auch als Resonator vorstellen, die Eigenfrequenz wird mit der Öffnung bestimmt. Mit einer einfachen Meßanordnung läßt sich das Verhalten

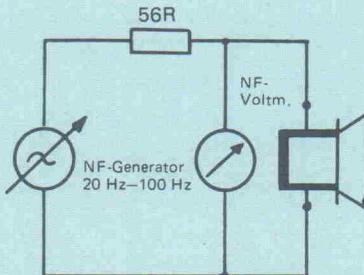


Bild 1. Mit dieser Schaltung wird das Diagramm (Bild 2) aufgenommen.

sehr anschaulich verdeutlichen (siehe Bild 1). Trägt man die Meßwerte in ein Diagramm ein, so entsteht eine Kurve, wie sie in Bild 2 zu sehen ist. Die Box hat drei Resonanzstellen (Maxima). Dabei zeigt die tiefere Resonanzstelle die Eigenresonanz des Gehäuses, die höheren die Eigenresonanzfrequenzen der Lautsprecher. Eine Baßreflexöffnung ist richtig abgestimmt, wenn beide Maxima die gleiche Amplitude haben. Im Spannungstal zwischen den Resonanzstellen liegt dann die Eigenfrequenz des gesamten Systems.

### Die Frequenzweiche

Mit Frequenzweichen wird der abzustrahlende Frequenzbereich in mehrere Teillbereiche aufgetrennt. Dadurch können Lautsprecher benutzt werden, die auf diesen Bereich optimiert sind. In unserem Fall ist dieser Bereich in 4 Teile zerlegt. Der Tiefbaßbereich bis 150 Hz, der Baßbereich bis 800 Hz, ab 800 Hz übernehmen die Mitteltöner den Bereich bis 7 kHz, und danach wird der Schall vom Hochtöner abgestrahlt. Wichtig bei der Dimensionierung ist, daß unerwünschte Frequenzanteile von den verschiedenen Lautsprechersystemen ferngehalten werden. Erreicht wird dieses durch eine entsprechende Steilheit im Filterverhalten der Weiche. Die benutzte E 90-Weiche weist eine Steilheit von 6 dB/Oktave im unteren Tieftonbereich und 12 dB in den übrigen Bereichen auf. Ein zweites wichtiges Kriterium für eine optimierte Frequenzweiche ist ein günstiges Phasenverhalten. Hörbar wird dieses durch gute Räumlichkeit und Ortbarkeit von Instrumenten.

Wer sich genauer mit der Dimensionierung von Weichen auseinander-

setzen will, den möchten wir auf den Artikel 'Lautsprecher-Weichen' in Elrad Heft 3/79 hinweisen.

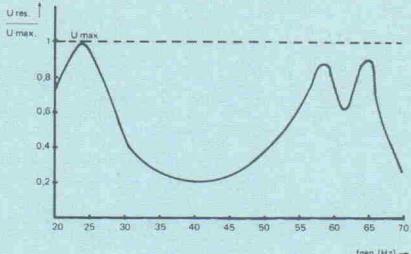


Bild 2. Das erste Maximum liegt bei der Gehäuseresonanz, die anderen zwei Maxima ergeben sich aus der Resonanz der beiden Tiefotoner.

### Der Klangeindruck

Als Referenz diente eine ebenfalls selbstgebaute KEF-Baßreflexbox mit der Lautsprecherbestückung B 139, B 110 und T27. Das Bruttovolumen dieser Box (Gehäuse Hados L 100) beträgt  $\approx 100$  l.

Auffällig war sofort, daß die E 90 im Vergleich zur KEF bei identischer Betriebsleistung erheblich mehr Lautstärke produzierte.

Der Hörtest wurde dann mit einem gemischten Plattenprogramm (Plattenspieler Thorens TD 160 mit AKG-System P8ES, Verstärker Technics) vorgenommen. Dabei zeigte sich die E 90 besonders bei Platten mit hoher Dynamik (Direktschnitte) der KEF etwas überlegen. Der Tiefbaß kommt bei den Wharfedale-Lautsprechern kräftiger. Im Mitten- und Höhenbereich kann man beide Vertreter als gleichwertig einstufen. Beide Boxen produzierten das Musikprogramm (Jazz, Rock, Pop, Klassik) weitgehend verfärbungsfrei. Die KEF-Box muß man allerdings mehr als typisch englischen Vertreter einstufen. Sie zeichnet sich durch ein warmes zurückhaltendes Klangbild aus, eine Eigenart, die von vielen HiFi-Fans geschätzt wird. Die E 90 dagegen ist ein Vertreter der neuen Generation. Sie liefert einen äußerst knackigen, impulsreichen Sound bei extrem hohem Wirkungsgrad. Diese Eigenarten werden sich besonders bei den bald zu erwartenden Digitalplattenspielern auszahlen. W. Wendland

### Literaturhinweise

Klinger 'Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für Hi-Fi'

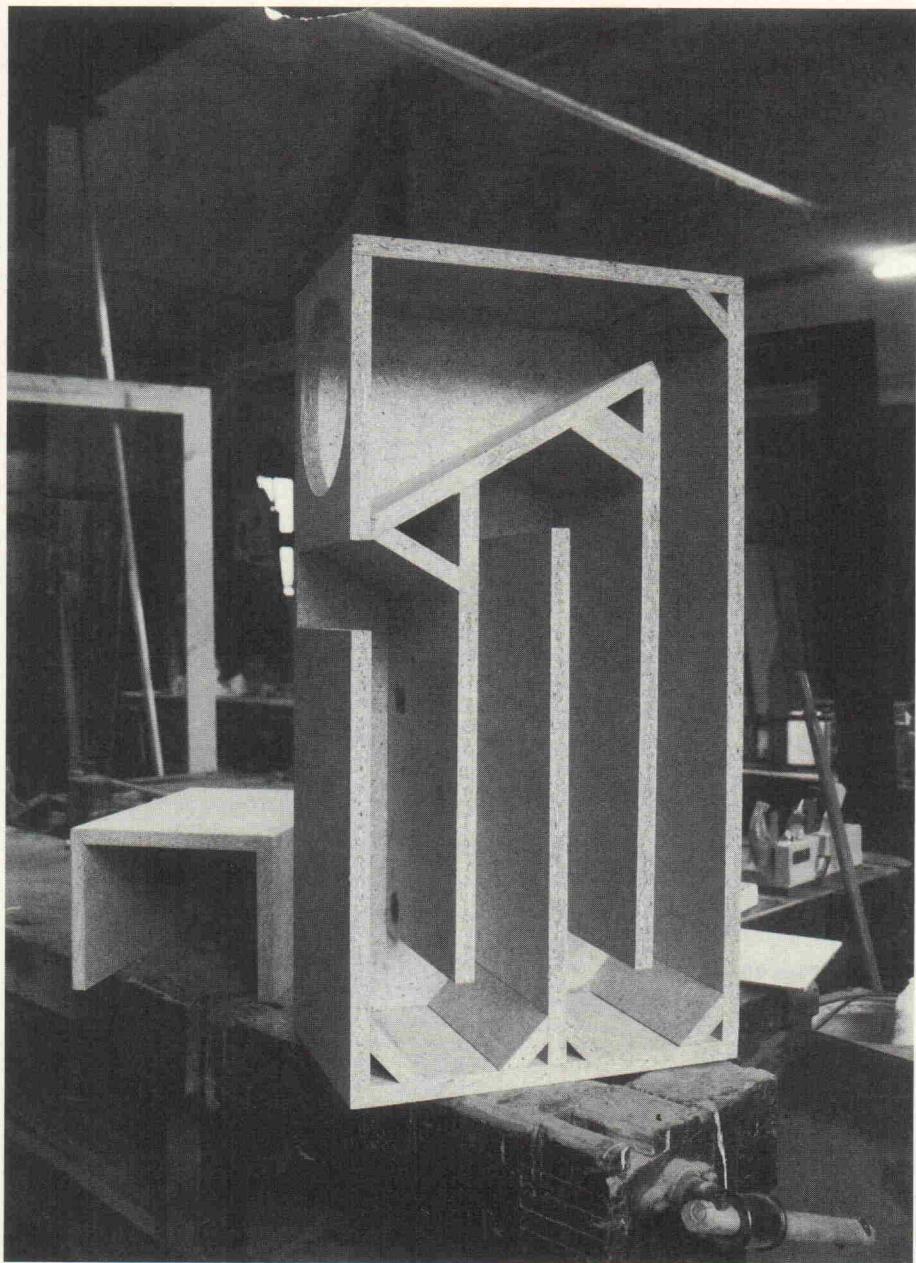
RPB 105 Franzis' Verlag

Elrad Heft 3/79 'Lautsprecherweichen'

Elrad Heft 2/79 'Transmission-Line-Lautsprecher'

Elrad Heft 11/80 '4-Wege-Box'

**Komplette Bausätze  
der Wharfedale E 90  
bieten  
verschiedene  
Inserenten an.**



Dies sehr ungewöhnliche und variable Konzept sieht folgende Aufteilungen vor:

Die Transmissionlinie wird angetrieben von einem LF8 MK3 von Harbeth. Durch ein mechanisches Tiefpaß-Filter strahlt die TL selbst aber nur bis ca. 80 Hz. Von 80 Hz bis 2 kHz arbeitet der LF8 MK3 als Mitteltöner mit abgekoppelter TL. Den Hochtonbereich übernimmt der Elektrostat, der inklusive aktiver Ansteuerelektronik im Oberteil der Box montiert werden kann.

Da aber nun nicht jeder Leser 'locker vom Hocker' mal eben einige hundert Mark für einen — wenn auch guten — Hochtöner ausgeben kann, haben wir als Alternative auch die Montage einer Hochtonkalotte statt des Elektrostaten vorgesehen. Diese Variante wird dann mit einer passiven Frequenzweiche betrieben.

#### Was ist neu?

Wie man auf der Schnittzeichnung erkennt, weicht die Harbeth TML in einigen Punkten von üblichen Konstruktionen ab. Insgesamt haben wir das Gehäuse einmal mehr gefaltet und so die Austrittsöffnung direkt unter den Lautsprecher gelegt. Dadurch wird die Leitung sehr lang. Die Öffnung liegt aus zwei Gründen oben am Lautsprecher.

1. Eine Öffnung am Boden regt eher zu Raumresonanzen an und reagiert bei verschiedenen Raumbedingungen völlig unterschiedlich.
2. Eventuell in geringem Maße auftretende Resonanzzustände sind extrem schmalbandig und können außer acht gelassen werden.

# Transmissionline Harbeth 250

K. H. Fink/P. Röbke

Als wir im Februar 1979 die Bauanleitung für einen Transmissionline-Lautsprecher veröffentlichten, waren wir in der Redaktion sehr gespannt auf die Reaktion unserer Leser. Einerseits ist das TML-Prinzip unter Fachleuten anerkanntermaßen das einzige, mit dem sich eine absolut neutrale Baßwiedergabe verwirklichen lässt. Andererseits sind Leute mit Pop-Musik-Ohren eben durch diese Neutralität manchmal schwer enttäuscht, weil der 'knackige' Baß bei Wiedergabe von üblichem Musikmaterial einfach fehlt. Das zweite 'andererseits' betrifft die mechanische Größe der Box. Durch das Funktionsprinzip ist eine bestimmte Rohrlänge vorgegeben, und bei unserer ersten TML-Box ergab sich ein Gehäuse mit den Abmessungen einer mittleren Kühltruhe-Gefriertruhe-Kombination.

Trotz dieser Einschränkungen war unsere Bauanleitung ein Riesenerfolg. Aufgrund vieler Leserbriefe hat uns das Problem der Größe aber nicht ruhen lassen, und wir haben nach Wegen gesucht, wie eine TML-Box auf Wohnzimmer-Format verkleinert werden könnte. Ebenso ergab sich aus den Zuschriften, daß die Wiedergabe im Mittel- und Hochtonbereich nicht so ganz unserem mitteleuropäischen Geschmack entsprach.

Das Ergebnis unserer Bemühungen ist die vorliegende Bauanleitung: Eine TML-Box mit den Maßen 26 x 100 x 41,5 für den Tief- und Mitteltonbereich bis 2 kHz und für den Hochtonbereich ein Elektrostat mit einer eisenlosen Transistorendstufe.

In diesem Heft finden Sie die Beschreibung der Holzarbeiten, und im Januar geht es weiter mit der Elektronik für den Elektrostaten.

# Bauanleitung: TML 250

Alle Umlenkungen sind mit Reflektoren versehen, um ein reibungsloses Durchströmen der Luft zu garantieren. Das hat nichts mit Benzinsparen zu tun, vermeidet aber Verwirbelungen.

## Kammer mit Pfiff

Die Vorkammer nimmt eine besondere Stellung ein. Sie bildet durch die Wechselwirkung zwischen dem Volumen der Kammer und der Austrittsöffnung ein akustisches Tiefpaß-Filter, das alle Frequenzen über 80 Hz unterdrückt. Ab 80 Hz arbeitet der Lautsprecher nur noch auf die Vorkammer. Bei den Versuchen mit der Box kamen wir zu dem verblüffenden Ergebnis, daß man strenggenommen die Vorkammer für jeden Raum optimieren muß. Wie man das macht, folgt später. Die Gesamtlänge des Resonanz-Rohres beträgt 2,60 m. Damit läßt sich ein genügender Tiefbaß erzeugen.

## Sägen und schrauben

Wir haben die TML aus 19 mm Spanplatten gebaut. Spanplatten haben eine brauchbare innere Dämpfung und sind zudem preiswert zu bekommen. Man beginnt am besten mit den Seitenwänden und zeichnet sich die Schallführung auf. Dann bohrt man da, wo später die Seitenwände und die Teilwände hinzukommen, alle 10 cm Löcher für die Verschraubung. Man beginnt mit einer Seitenwand, schraubt und leimt erst die Frontwand fest, dann die Innenteiler, Rückwand und die beiden Deckel. Zur Verschraubung eignen sich Spanplattenschrauben der Größe 4,5 x 50 mm. Es ist nicht unbedingt notwendig, die noch verbleibende Seitenwand abnehmbar zu machen. Wer es aber trotzdem möchte, sollte diese Platte nicht direkt mit den Spanplatten verschrauben, sondern noch Leisten 30 x 30 mm daneben setzen. Ein dauerelastisches Moos-Gummiband als Abdichtung für Lautsprecher und Seitenwand gibt es im Tapetengeschäft. Es wird als Dauerabdichtung für Fenster angeboten.

Das Oberteil kann für den Elektrostaaten oder für die Kalotte benutzt werden. Es nimmt auch die Elektronik für den Els auf.

Die Anschlußklemmen setzt man am besten auf die Rückwand in Höhe des Lautsprechers. Es gibt versenkbare Anschlußklemmen, die so groß sind,

dass man noch eine Cinch-Einbaubuchse mit daraufsetzen kann. Sie wird direkt mit den Anschlüssen verdrahtet und stellt den Anschluß zum Elektrostaaten dar, rot = plus, schwarz = Masse. Die passive Weiche kann man direkt hinter dem Lautsprecher montieren. Den Lautsprecher wiederum montiert man von vorn mit 4 mm Schrauben und Einschlagmuttern, die in gut sortierten Eisenwarenläden zu finden sind. Es ist ratsam, die Einschlagmuttern vor dem Zusammenbau von hinten in die Schallwand einzusetzen und zu verkleben. Sie fallen dann nicht mehr heraus.

## Dämpfen

Die Bedämpfung beschränkt sich nur auf zwei Bereiche: die Vorkammer und die Austrittsöffnung. Die Vorkammer wird locker mit BAF Wadding ausgelegt. Bei Verwendung anderer Kunststoffwatte sollte man darauf achten, daß zwar jede gleich aussieht, aber sehr unterschiedlich wirkt. Die Austrittsöffnung wird mit einem Stück von ca. 20 cm Länge verschlossen. Da man auch hierbei verschiedene Ergebnisse in verschiedenen Räumen erzielt, sollte man die endgültige Bedämpfung erst am Schluß vornehmen (ausführliche Beschreibung folgt).

## Der Lautsprecher

Wie man sofort sieht, ist auch der Lautsprecher ungewöhnlich. Es ist der Typ LF8 MK3 von Harbeth. Der Inhaber der Firma, Mr. Harwood, war 20 Jahre lang Chefentwickler bei BBC in London, die ja für die hervorragende Qualität ihrer Monitore bekannt ist.



Die Membran besteht aus dem Kunststoff Copolymer-Polypropylen. Dieser Kunststoff ist sehr leicht, und trotzdem hat er eine hohe innere Dämpfung. Der Lautsprecher klingt daher verfärbungsfrei bis 3 kHz. Das Impulsverhalten ist sehr gut.



## Wie funktioniert's

Rein physikalisch betrachtet, stellt die Transmissionline ein Resonanzsystem dar, bestehend aus einem einseitig geschlossenen Rohr. Die Resonanzfrequenz dieses Systems ist von der Länge des Rohres abhängig.

$$f_R = \frac{c}{4L}$$

c = Geschwindigkeit des Schalls in der Luft

L = Länge des Rohres

Weitere Resonanzen treten bei allen ungeraden Vielfachen der Grundresonanzen auf.

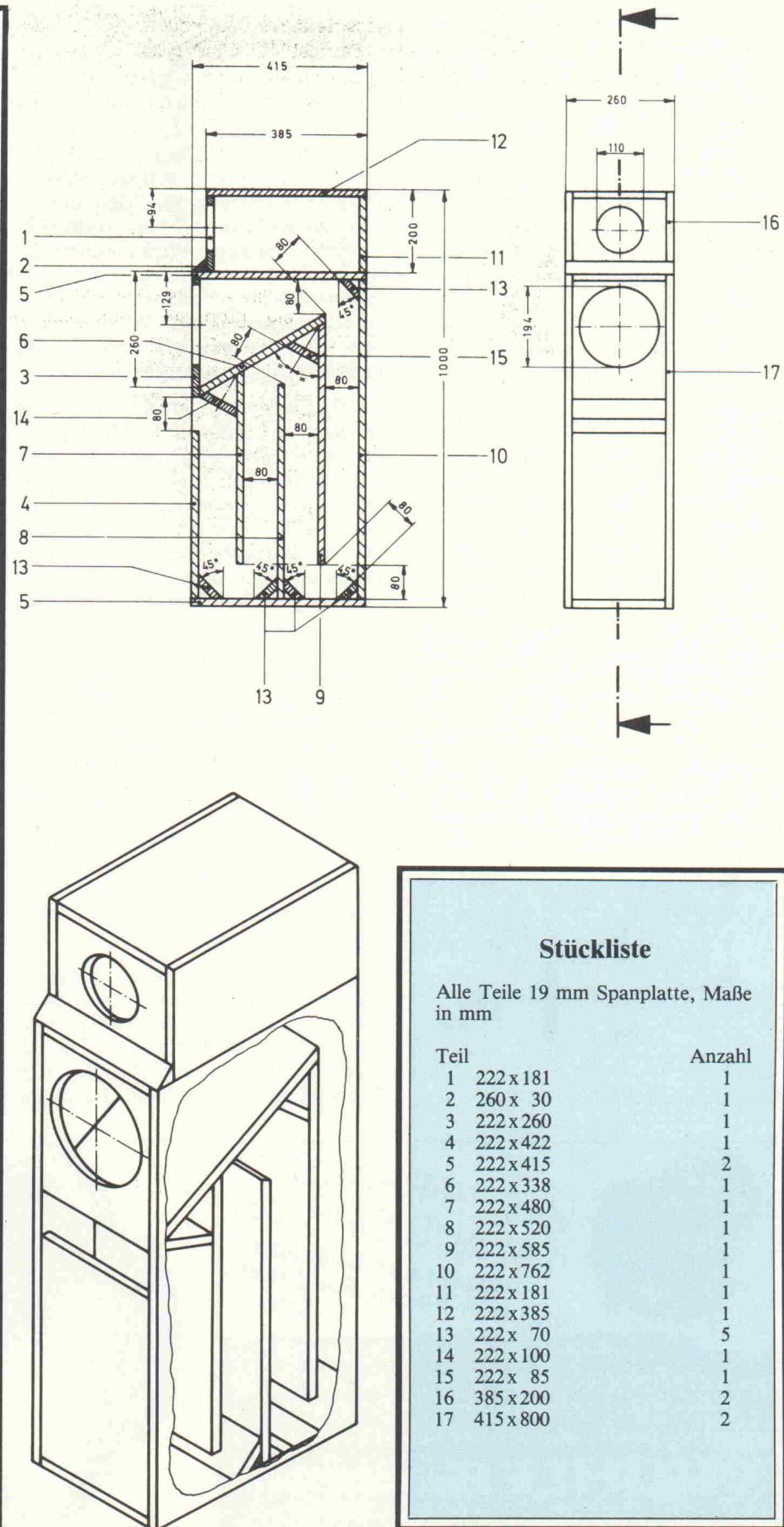
Im Falle eines TML-Lautsprechers haben wir es mit einem Rohr zu tun, das von einer Seite durch den Lautsprecher abgeschlossen ist. Die Länge wird auf die Resonanzfrequenz des Lautsprechers festgelegt. Gerät dieses System nun in Resonanz, dann strahlt die Öffnung verstärkt den Schall ab — allerdings gegenphasig zu dem, was der Lautsprecher abstrahlt. Damit bekommen wir also eine selektive Auslösung im Bereich der Resonanzfrequenz des

Lautsprechers. Durch Dämmmaterial könnte man die Resonanz des Systems auf die gleiche Güte wie die der Lautsprecherresonanz abstimmen. Gleichzeitig werden alle weiteren Resonanzen (z.B. 3 Harmonische, 5 Harmonische) wirksam unterdrückt; das wäre — ‘der perfekte Lautsprecher’ —.

Die Sache hat nur einen Haken — sie funktioniert nicht. In der Praxis muß man die TML falten, um sie in einem brauchbaren Gehäuse unterzubringen. Dabei reicht es in der Regel nicht aus, nur einmal zu falten — und schon ist es vorbei mit unserer schönen selektiven Bedämpfung. Das System weigert sich nämlich energisch, in Resonanz zu gehen. Erst wenn die Wellenlänge in den Bereich der Gehäuseabmessungen kommt, resoniert es wieder, diesmal leider. Die kritischste Resonanz ist da wohl die 5. Harmonische (so etwa bei 100 Hz). Ein weiteres Problem ist die Bedämpfung. Die meisten Lautsprecher heute haben eine sehr leichte, steife Membrane und einen guten Antrieb. Bedämpft man so einen Lautsprecher in einem Gehäuse noch stark, dann kommt es unweigerlich zu klanglichen Einbußen. Der Baß wird unangenehm mulmig, und die Impulswiedergabe ist nicht mehr befriedigend. Trotz dieser Unstimmigkeiten in der Theorie (vergl. Klinger) ist eine TML in der Praxis immer noch die fast einzige Möglichkeit, einen sauberen und natürlichen Baß zu erzeugen. Und wenn eine Theorie mit der Praxis nicht mehr übereinstimmt, wird es Zeit, sie an dieselbe anzupassen:

Stellen Sie sich eine Schallwand mit Lautsprecher vor. Die Baßwiedergabe hängt von der Größe der Schallwand ab, weil es zu einem akustischen Kurzschluß kommt, wenn die Wellenlänge so groß ist, daß sie den Lautsprecher um die Schallwand herum von hinten erreicht. Macht man die Schallwand groß genug, kann man einen sehr tiefen Baß wiedergeben. Erst unterhalb der Resonanzfrequenz ergibt sich ein Abfall von 6 dB/Okt. Faltet man die Schallwand jetzt ganz geschickt zusammen, so daß der Querschnitt des sich dabei ergebenden Rohres nicht kleiner ist als der des Lautsprechers, so hat man auch eine TML.

Diese TML arbeitet also im unteren Frequenzbereich als ‘endliche Schallwand in Kompaktform’ und im oberen — wenn auch ungewollt — als Resonanzsystem.



Nachdem der Leim unserer TML nun endlich trocken ist, können wir an den Hochtonteil herangehen. Kalotte oder Elektrostat — das ist hier die Frage (frei nach Shakespeare).

## Die Kalotte

Sollten Sie sich für einen Kalottenlautsprecher entscheiden, wird es recht einfach (Bild 1). Wir haben uns für die Kalotte 12x9 von Audax entschieden. Als Besonderheit fällt auf, daß in der Weiche ein Autotransformator zur Pegelanpassung verwendet wird. Solch ein Autotrafo führt nach Untersuchungen beim BBC zu besseren klanglichen Ergebnissen als eine Anpassung mit Widerständen. Mit dem Autotrafo kann der Hochtongpegel je um  $\frac{1}{2}$  dB nach unten oder oben korrigiert werden.

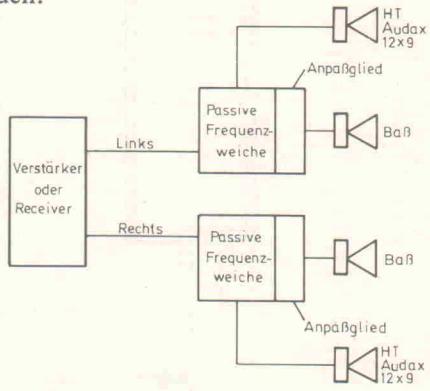
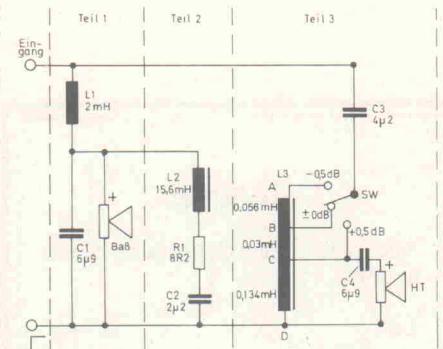


Bild 1. Blockschaltbild für passiven Betrieb



Schaltbild passive Weiche

## Der Elektrostat

Ist Ihre Entscheidung doch auf den Elektrostaten gefallen, dann können Sie jetzt endlich auch den Lötkolben wärmlaufen lassen.

Der Shackmann-Elektrostat unterscheidet sich schon äußerlich von den meisten auf dem Markt befindlichen anderen Elektrostaten. Die gebogene Form sorgt für ein sehr gutes Rundstrahlverhalten. Der geringe Elektrodenabstand begrenzt zwar den unteren Einsatzbereich auf 1,5 kHz, sorgt aber für einen sehr guten Wirkungsgrad. Es gibt kaum einen besseren Hochtöner, als einen solchen massearmen Elektrostaten. Die klanglichen Vorteile kann man auch kaum beschreiben, man muß sie wohl selber hören.

Die Endstufe wird zu einem kompletten Baustein aufgebaut. Die Mechanikteile werden schon fix und fertig vorbereitet angeboten (siehe Lieferantennachweis). Das erleichtert den Aufbau erheblich. Die Platinen für Netzteil und Endstufe haben Europakartenformat. Die Frequenzweiche besteht aus einer halbierten Europakarte.

Die fertige Endstufe baut man am besten mit in das Oberteil hinein. Die Schallwand laut Bauplan entfällt dann. Um aber Berührungen mit dem Elektrostaten zu vermeiden, sollte die Öffnung mit Bespannstoff verkleidet werden.

Natürlich beschränkt sich der Einsatz des Elektrostaten nicht nur auf unsere TML. Jede gute Lautsprecherbox kann damit um einiges aufgewertet werden, da Übergangsfrequenz und Pegel verändert werden können.

Es gibt mehrere verschiedene Möglichkeiten, die Box zu betreiben: passiv, halbaktiv und aktiv. Sollten Sie einen Vollverstärker oder einen Receiver besitzen, der sich nicht zwischen Vor- und Endstufe trennen läßt, benötigen

Sie die passive Weiche Teil 1 + 2 (Bild 2). Die Weiche findet in der Vorkammer der TML Platz. Der Anschluß des Elektrostaten erfolgt über ein kurzes Cinchkabel. Die erforderliche Cinchbuchse ist ja schon an den Anschlußklemmen der TL-Box vorgesehen. Die Eingangsempfindlichkeit kann durch die Pegelregler und den  $-20$  dB-Ab schwächer in weiten Grenzen angepaßt werden.

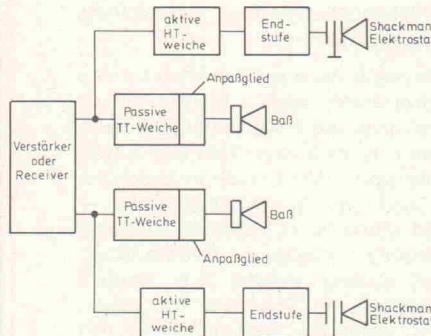


Bild 2. Blockschaltbild für halb-aktiven Betrieb

Sollten Sie eine getrennte Vor- und Endstufe besitzen, brauchen Sie nur noch das passive Entzerrerglied Teil 2 (Bild 3). Der Ausgang der Vorstufe wird mit dem Eingang der elektronischen Frequenzweiche verbunden. Der Bassausgang speist dann die Endstufe.

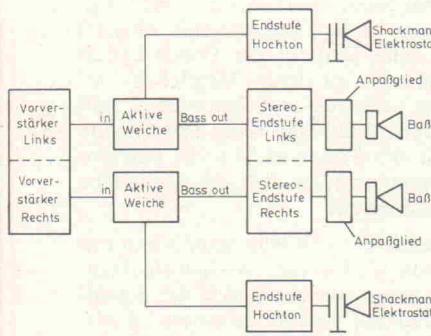
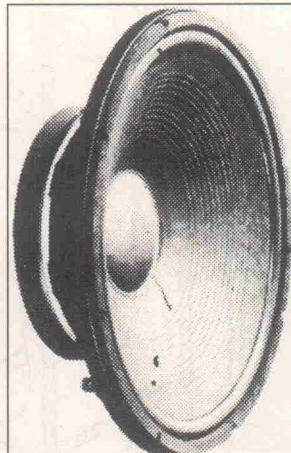


Bild 3. Blockschaltbild für aktiven Betrieb



**HiFi – FREAKS und AUDIOPHILE!**  
Alles für den Selbstbau  
von HiFi-Boxen, PA-Zeilen,  
Disco

Lautsprecher-Spezialversand:  
von: ITT, Becker, Coral, Dynaudio, Bell, BEC,  
Rank, IVC, MATSUSHITA-TECHNICS.  
Fordern Sie Spezial-Katalog „Hot Line“ kostenlos an!  
**BÜHLER elektronik**  
Postfach 32, 7570 Baden-Baden



## Spitzenchassis und Boxenbausätze

v. Audax, Lowther, KEF, Dynaudio, Scan Speak, Visaton u.v.a.

Wir verkaufen außerdem:  
HiFi-Geräte — Laufend Sonderangebote  
— Discounteranlagen —

**HiFi-Laden M. Brose**  
Bielefelder Str. 18, 4930 Detmold  
Tel. 05231/33609  
**Schoppmeyer-Elektronik**  
4790 Paderborn  
Ab April auch  
Sound Systems  
Cappelstr. 23, 4780 Lippstadt

Ganz ausgezeichnet hat sich für diesen Zweck die erst kürzlich von uns veröffentlichte MOSFET-Endstufe bewährt. Ein passender 'audiophiler' Vorverstärker ist in Vorbereitung und wird bereits probegehört.

## Zusammenbau und Montage

Zunächst wird bei der Bestückung der Platinen in der üblichen Reihenfolge verfahren, also Brücken, Widerstände, IC-Fassungen, kleine Kondensatoren, Elkos usw.

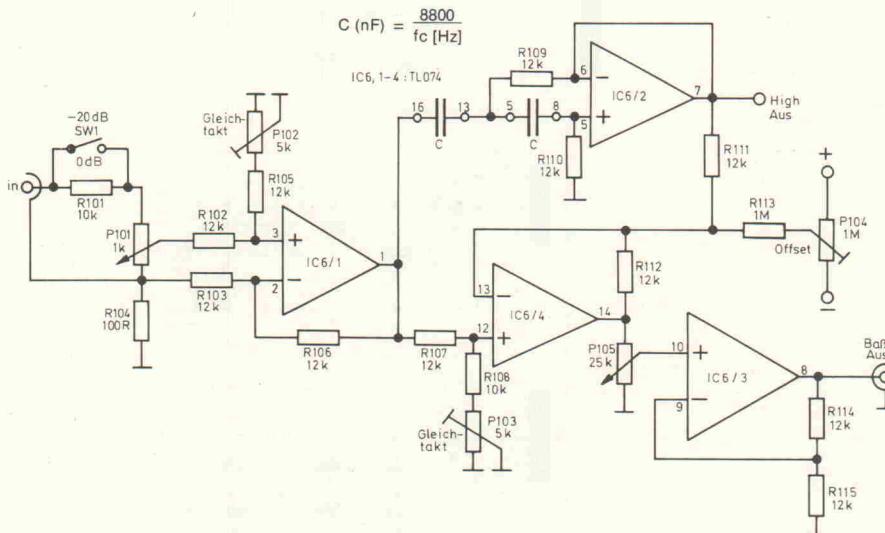
Auf der Endstufenplatine werden nach den kleinen Kondensatoren zunächst die sechs Kühlkörper mit M3x10-Schrauben auf die Platine geschraubt. Erst jetzt werden die vorgelagerten Transistoren in die Löcher gesteckt und von oben mit M3-Muttern befestigt. Dann werden auch die großen Kondensatoren eingebaut. Nach mehrmaliger Überprüfung der Bestückung und der Platinenlötseite werden Endstufe und Netzteilplatine an die Seitenbleche geschraubt (s. Foto). Dann werden die beiden Befestigungswinkel montiert, die Endtransistoren in die Bohrungen gesteckt und entsprechend den Gewinden in den Kühlkörpern abgebogen und angelötet. Die ganze Einheit wird auf den Kühlkörper montiert, wobei den Glimmerscheiben der Endtransistoren besondere Beachtung geschenkt werden muß. Die aktive Fre-

quenzweichen-Platine wird mit Abstandsröllchen an den Befestigungswinkeln montiert und mit einem Stück abgeschirmten Kabels mit der Endstufe verbunden. (Achtung, auf beiden Seiten des Kabels Abschirmung anlöten.)

Der Transformator mit den Haltewinkeln wird probeweise in Position gebracht, und die erforderlichen Verbindungsdrähte werden abgemessen und angelötet. Anschließend wird der Transformator endgültig befestigt. Die komplette Einheit ist nun fertig.

Hier sei eine nochmalige Warnung an alle ausgesprochen. Die *fertige Einheit* sowie *der Elektrostat mussen* in ein abgeschlossenes Gehäuse. Vor dem Elektrostaten ist ein gerichtetes Lochblech o. ä. anzubringen! Die Berührung spannungsführender Teile von außen muß **absolut unmöglich** sein. Dieses Gerät arbeitet mit einer belastbaren Spannung von ca. 500 V und einer Polarisationsspannung von etwa 1300 Volt, die für den Menschen **tödlich** sein können.

Da die Transistoren BUX 87 (es gibt keine Vergleichstypen) ziemlich empfindlich sind, dürfen die Ausgangsklemmen auf keinen Fall kurzgeschlossen werden.



Schaltbild aktive Weiche ELS

## Wie funktioniert's?

### Aktive Frequenzweiche

In der Frequenzweiche, die ein Konstantspannungsfilter enthält, verhindert eine symmetrische Eingangsstufe das Auftreten von Masseschleifen. Ein Butterworth-Filter 2. Ordnung dient zur Ansteuerung der Elektrostaten-Endstufe. Aus der Differenz zwischen Eingangs- und Hochtontsignal, das in IC6/2 gewonnen wird, wird der Baßkanal angesteuert. IC6/4 dient zur weiteren Spannungsverstärkung um den Faktor 2.

### Endstufe

Da die Ansteuerung der Shackson-Elektrostaten symmetrisch erfolgen muß, wurde als Endstufe eine Gegentakt-Brückenendstufe gewählt, die mit unsymmetrischer Speisespannung betrieben wird. Abgesehen von der Phasenumkehrstufe sind beide Brückenzweige gleich aufgebaut.

Das von der Frequenzweiche kommende Signal wird auf beide Verstärkerstufen gegeben, deren Verstärkung dieselben Beträge, aber verschiedene Vorzeichen haben.

Über den Tantaleko C1 wird das Signal auf den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers gegeben, der durch die Widerstände R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub> auf halber Betriebsspannung liegt. Die Gegenkopplung wird durch die Widerstände R<sub>3</sub> und R<sub>4</sub> bestimmt. Der Tantaleko C<sub>2</sub> ist wegen der unsymmetrischen Speisung erforderlich. Die Verstärkung ist:

$$V = 1 + \frac{R_4}{R_3}$$

Im Gegensatz zu dieser Stufe verursacht die Stufe mit IC2/1 eine Phasendrehung von 180°. Das Eingangssignal gelangt über C<sub>8</sub> auf R<sub>21</sub>, der mit R<sub>22</sub> das Verstärkungsverhältnis festlegt. Mit R<sub>23</sub>, R<sub>24</sub> und C<sub>9</sub> wird der Arbeitspunkt auf die halbe Betriebsspannung gelegt. Die Verstärkung dieser Stufe ist:

$$V = \frac{R_{22}}{R_{21}}$$

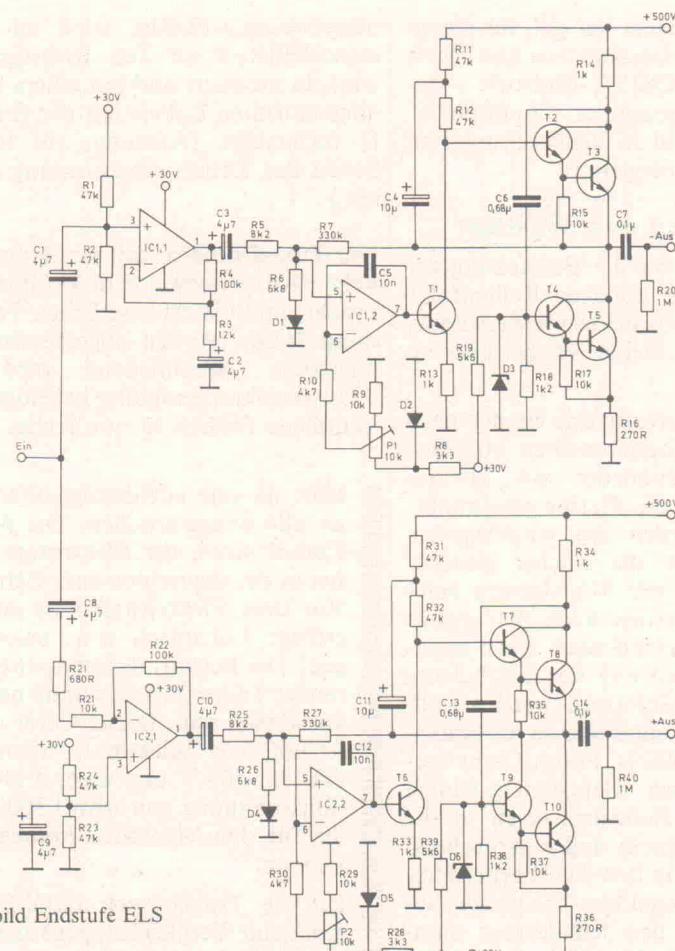
Da beide Endstufen gleich sind, wird im folgenden die Arbeitsweise des einen Teils beschrieben. Zunächst wird eine temperaturkompensierte Referenzspannung mit D2 erzeugt, die mit P1 abgeglichen werden kann und am invertierenden Eingang von IC1/2 liegt. Vom Ausgang des Operationsverstärkers wird die Spannungsverstärkerstufe mit T1 gesteuert.

Die Transistoren T2 und T3 arbeiten als Darlingtonstufe und werden als Stromverstärker benutzt. Der durch diese Stufe fließende Strom wird aber infolge des Spannungsabfalls an R14 über C6 auf die Darlingtonstufe mit T4 und T5 eingekoppelt, die eine gesteuerte Konstantstromquelle ergeben. Hier ist die Zenerdiode D3 von entscheidender Bedeutung, weil der im Einschaltmoment über C6 auf die Basis von T4 fließende Strom von ihr begrenzt wird und so eine Zerstörung der Endtransistoren verhindert wird. Der Bootstrap-Kondensator C4 verbessert die Aussteuerbarkeit der Endstufe. Der Ruhestrom der Endstufe wird durch die Spannung an der Basis von T4 eingestellt, also durch das Verhältnis R18, R13.

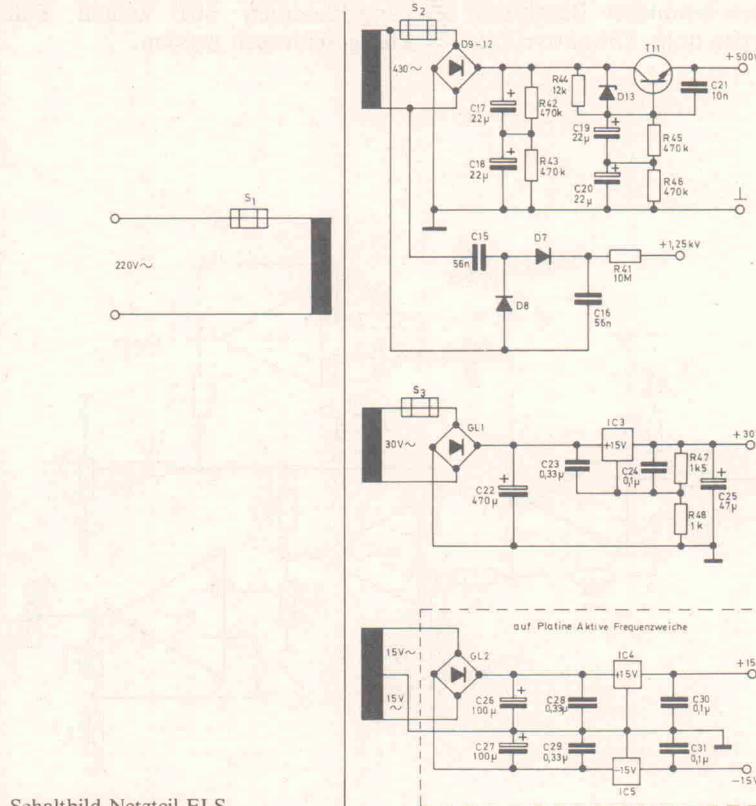
Die Gegenkopplung der Stufe erfolgt gleichspannungsmäßig durch das Verhältnis der Widerstände R6, R7 und D1, die zur Temperaturkompensation des Arbeitspunktes dient, und wechselspannungsmäßig hauptsächlich durch das Verhältnis von R5 und R7, wobei C3 zur gleichspannungsmäßigen Abtrennung von der Vorstufe dient.

### Netzteil

Das Netzteil besteht aus einer Gleichrichterstufe mit elektronischer Siebung mit T11 für die Hauptbetriebsspannung und einer Villard-Schaltung mit C15, C16, D7 und D8 zur Erzeugung der Polarisationsspannung. Außerdem wird eine niedrige Betriebsspannung von 30 V durch einen über die Widerstände R47, R48 hochgelegten Spannungsregler erzeugt.



Schaltbild Endstufe ELS



Schaltbild Netzteil ELS

### Abgleich

Zunächst wird die Gleichtaktunterdrückung der Differenzstufe eingestellt, indem ein Eingangssignal zwischen die Abschirmung der Eingangsbuchse und die Abschirmung der Ausgangsbuchse gelegt wird. Dann stellt man bei aufgedrehtem P 101 das P 102 so ein, daß der Baßausgang ein minimales Signal aufweist.

Nun wird der Eingang wieder normal beschaltet und anstelle des DIL-Steckers für die Übergangsfrequenz jeweils eine Brücke zwischen Pin 5 und 8 und Pin 13 und 16 eingesteckt und P 103 so eingestellt, daß minimales Signal am Baßausgang auftritt. Nach Entfernen der Brücken wird an P 104 noch ein minimales Gleichspannungspotential eingestellt (notfalls auf Mitteinstellung).

An der Endstufe wird der Arbeitspunkt bei einer Frequenz von 10 kHz mit angeschlossenem Elektrostaten an P 1 und P 2 so eingestellt, daß die Endstufe möglichst spät und symmetrisch klappt (möglichst große Lautstärke noch verzerrungsfrei wiedergibt).

Falls die Endstufe trotz der sorgfältigen Überprüfung nicht funktionieren sollte, so ist zu kontrollieren:

Oszillograph am Minuspol von Elko C 4 bzw. C 11 anschließen.

Ist Gleichspannung von etwa 250 V vorhanden, dann ist der Fehler in der Vorstufe.

Ist keine Gleichspannung oder + 500 V an diesen Punkten, so ist zu unterscheiden:

Widerstand R 14 raucht: Fehler in T 4, T 5, R 17, R 18, D 3 etc. Widerstand R 14 raucht nicht: Fehler in T 2, T 3 etc.

Jetzt kommt der 'klangliche Abgleich'.

Wie schon im ersten Teil erwähnt, reagiert der Lautsprecher in verschiedenen Räumen ganz unterschiedlich.

Dabei spielt die Form eine Rolle, wie auch die Anzahl der mitschwingenden Teile wie Schränke, Holzdecken usw. Dicke Teppiche und Polstermöbel gedämpfen zusätzlich die Höhen. Hier kann man den großen Vorteil einer Selbstbaubox erkennen. Mit etwas Geduld und Übung können Sie Ihre Lautsprecher optimal auf ihren Wohnraum abstimmen. Am Ende finden Sie eine Aufstellung von Schallplatten, die besonders gut für diesen Zweck geeignet

sind. Die Raumanpassung im Baßbereich erfolgt in der Vorkammer. Bei Wohnräumen unter 15 m<sup>2</sup> empfiehlt es sich, den Austritt der Vorkammer zu verkleinern. Schneiden Sie zwei Stückchen Spanplatte 80 x 40 mm und klemmen Sie diese links und rechts an die Seitenwand in die Kammeröffnung. Später, wenn erforderlich, werden sie dann noch eingelegt. Weiterhin beeinflußt die Menge des Dämmmaterials die Baßwiedergabe. Der Baß muß sauber und trocken klingen. Bei Charlie Antolinis Schlagzeugspiel auf der Platte 'Crash' hören auch ungeübte Ohren, ob es richtig 'abgeht' oder sich der Baß verschluckt. Es dürfen keine Resonanzen zu hören sein. Die Boxen sollten frei von der Wand stehen (50—80 cm). Sollte das nicht möglich sein, müssen Sie etwas mehr Dämpfungsmaterial benutzen, um die Baßanhebung an der Wand zu kompensieren. Hierbei ein alter Trick aus der Boxenbauerkiste:

Stellen Sie die beiden Boxen direkt nebeneinander in die Mitte. Wenn Sie dann Ihren Verstärker auf Mono schalten und den Balanceregler hin und her schieben, können Sie genau feststellen ob beide Lautsprecher gleich abgestimmt sind. Das garantiert eine gute Räumlichkeit. Jetzt muß noch der Hochtöner abgeglichen werden. Stellen Sie die Lautsprecher so auf, daß die Entfernung zwischen den Lautsprechern etwas kleiner ist als die Strecke zu Ihrem Ohr. Wählen Sie eine Platte mit guter Räumlichkeit (Life-Aufnahmen, z. B. Jazz at the Pawnshop bzw. Cantate Domino). Wenn der Hochtöner zu laut ist, haben Sie ein scharfes, in die Breite gezogenes Klangbild. Bei zu leisem Hochtöner klingt es muffig und räumlich eingengt. Bei richtiger Anpassung erscheint das Klangbild etwa einen Meter hinter den Boxen zu stehen. Eine menschliche Stimme soll natürlich klingen und darf auf keinen Fall aufdringlich sein (Joan Baez, Linda Ronstet).

Das hört sich alles etwas kompliziert an, aber keine Angst, mit ein bißchen Geduld merken Sie, wie man die richtige Einstellung bekommt. Unser Ohr gewöhnt sich schnell an 'Wohlklang' und wird kritischer. Sollte alles schiefgehen, wenden Sie sich an den Autor, er hilft Ihnen bestimmt weiter.

Platten:

Joan Baez: Diamonds and Rust  
Linda Ronstet: Simple Dreams  
Pink Floyd: Dark Side of the Moon

atr master cut: Jazz at the Pawnshop, Cantate Domino, Antiphone Blues  
Charlie Antolini: Crash (Jeton Direktschnitt)

Chris Barber: Come Friday (Jeton Direktschnitt)

### Stückliste

Widerstände 1/8 W, 5 %	
R1	47k
R2	47k
R3	12k
R4	100k
R5,25	8k2
R6,26	6k8
R7,27	330k
R8,28	3k3
R9,29	10k
R10,30	4k7
R11,31	47k/4W
R12,32	47k/4W
R13,33	1k/1/3 W
R14,34	1k/1/3 W
R15,35	10k
R16,36	270R
R17,37	10k
R18,38	1k2
R19,39	5k6
R20, R40	1M
R21	10k + 680R
R22	100k
R23,24	47k
R41	10M
R42,43,	
45,46	470k
R44	12k
R47	1k5
R48	1k
R101	10k
R104	100R
R102,103,105,	
106,107,109,	
110,111,112,	
114,115	12k
R108	10k
R113	1M

### Die elrad-Specials:

Special 5: Bauanleitungen  
DM 14,80

Special 6: Bauanleitungen  
DM 14,80

Digitaltechnik im Experiment  
DM 7,80

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 2746, 3000 Hannover 1

**Kondensatoren**

C1,2,3,8,9,10	4 $\mu$ F/25 V Tantal
C4, C11	10 $\mu$ F/350 V Elko
C5, C12	10nF ker.
C6, C13	0 $\mu$ 68/630 V MKS
C7, C14	0 $\mu$ 1/350 V MKS
C15, C16	33n...56n/1,5 kV
C17—C20	22 $\mu$ F/350 V Elko
C21	10nF MKM
C22	470 $\mu$ F/63 V
C23,28,29	0 $\mu$ 33 MKM
C24,30,31	0 $\mu$ 1 MKM
C25	47 $\mu$ F/35 V axial
C26,27	100 $\mu$ F/35 V stehend

**Potentiometer**

P1,2	10k Trimmer, klein, stehend
P101	1k groß, liegend
P102	5k klein, liegend
P103	5k klein, liegend
P104	1M klein, liegend
P105	25k groß, liegend

**Halbleiter**

IC1, IC2	TL072
IC3, IC4	7815
IC5	7915
IC6	TL074
T1—T11	BUX 87
D1, D4	1N4151 o. ä.
D2, D5	1N821 (Siemens)
D3, D6	ZD 18
D7—D12	1N4007
D13	ZD 47
G11	B40/C800
G12	B40/C800

### Verschiedenes

Baßlautsprecher Harbeth LF8 MK3,  
Hochtöner, Shackman Elektrostat,  
T-Typ MHT,

S1,2,3, 0,3 A träge,

TR: primär 220 V, sekundär  
1x430 V/100 mA, 1x30 V/100 mA,  
2x15 V/100 mA,

3 Sicherungshalter,

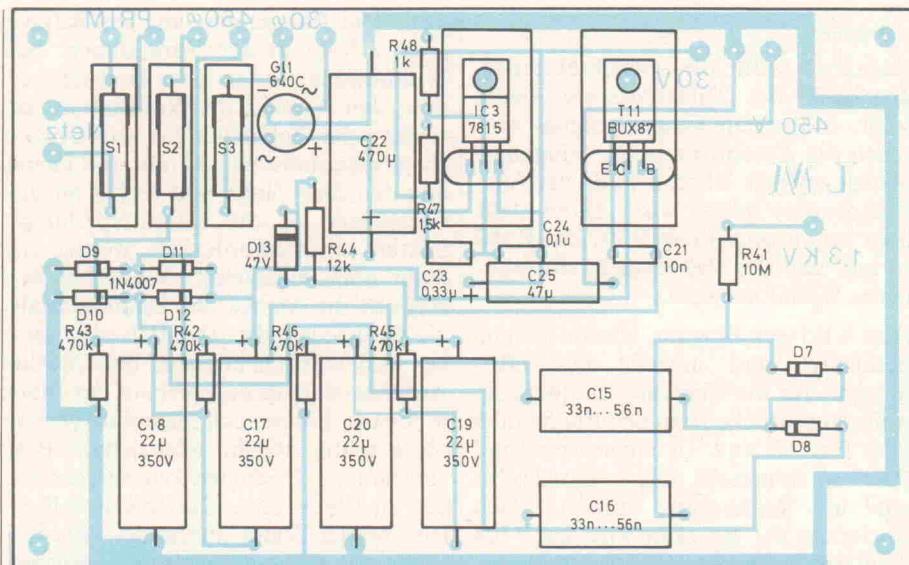
8 Kühlkörper 35 x 15 mm für  
SOT-32 Gehäuse

2 Cinch-Einbaubuchsen,  
IC-Fassungen,

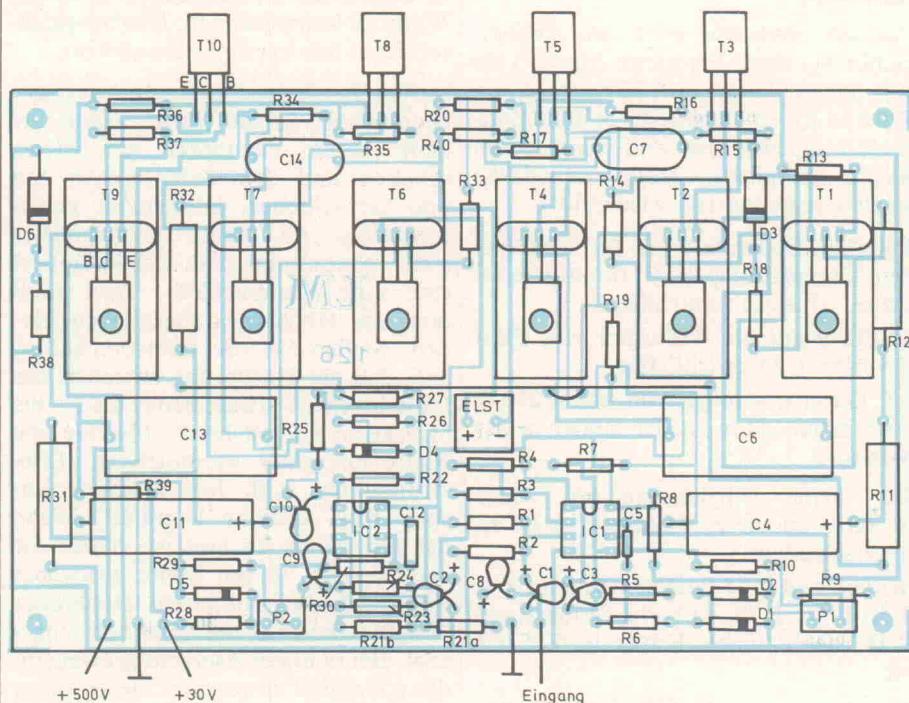
1 Dil-Stecker, 16-polig,

1 Kühlkörper 100 mm x 25 mm,  
160 mm lang,

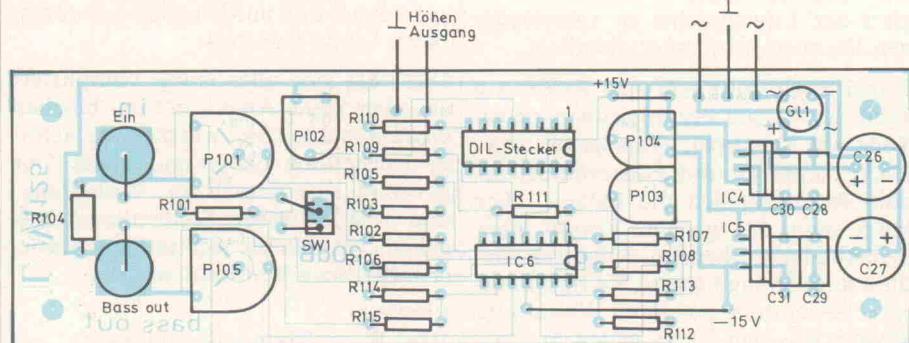
Befestigungswinkel, Schrauben etc.



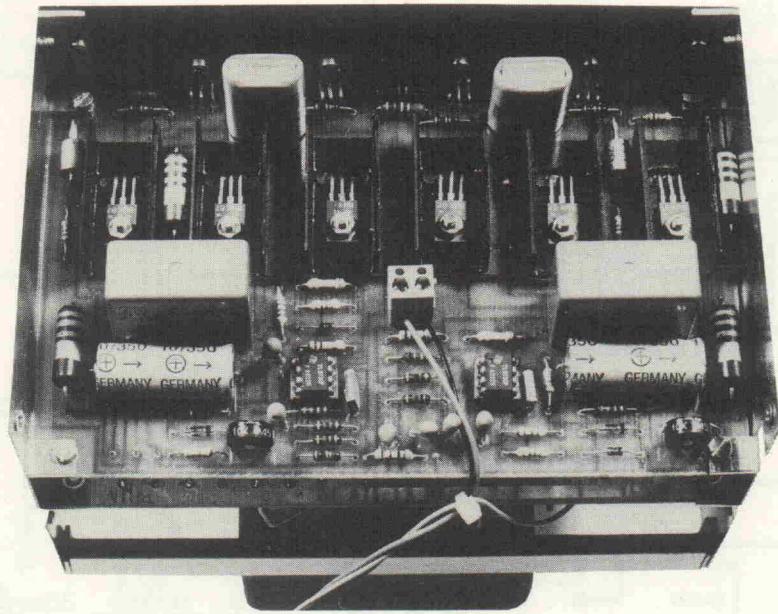
Bestückungsplan Netzeil ELS



Bestückungsplan Endstufe ELS



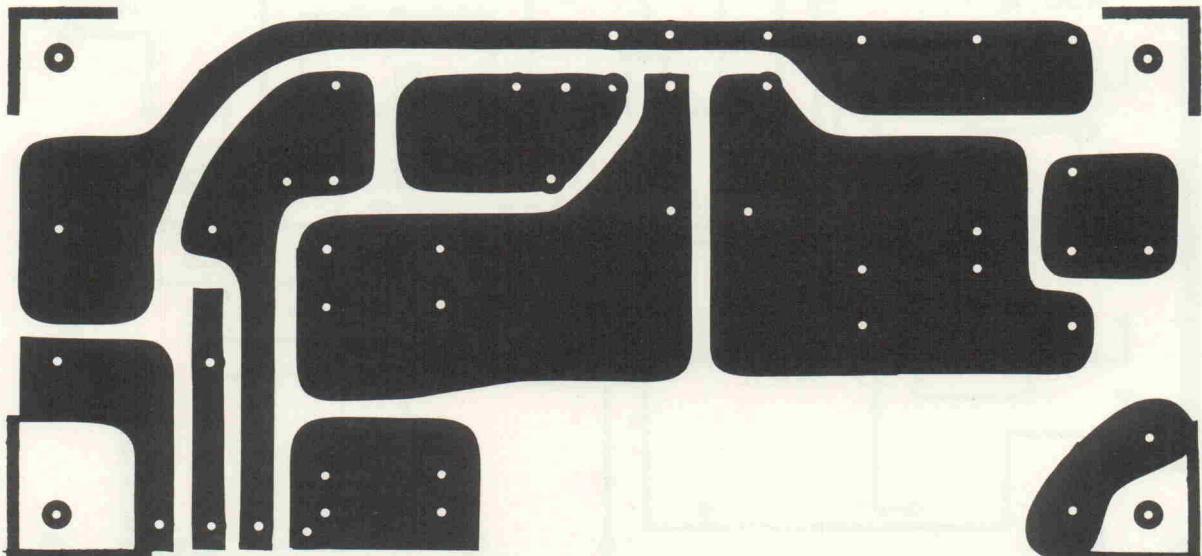
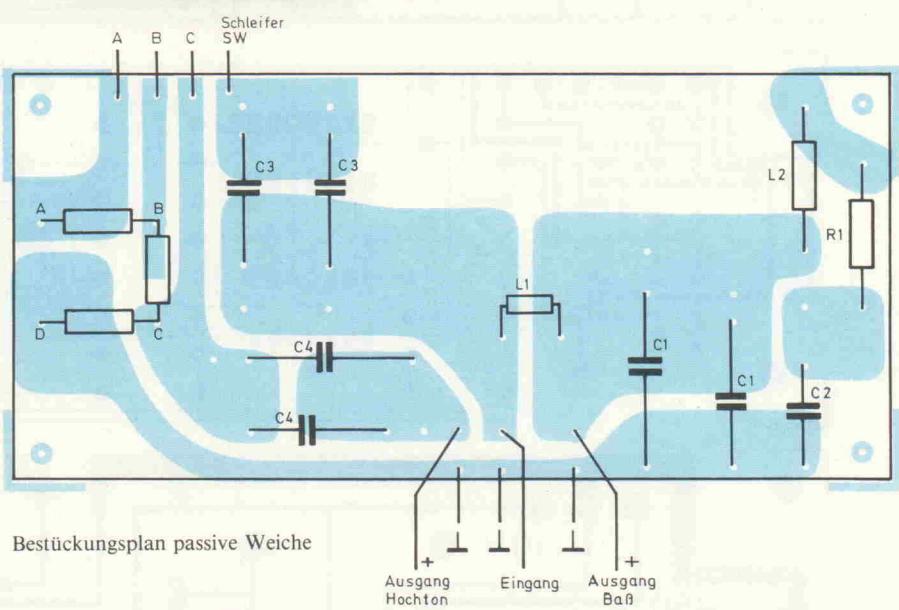
Bestückungsplan aktive Weiche ELS



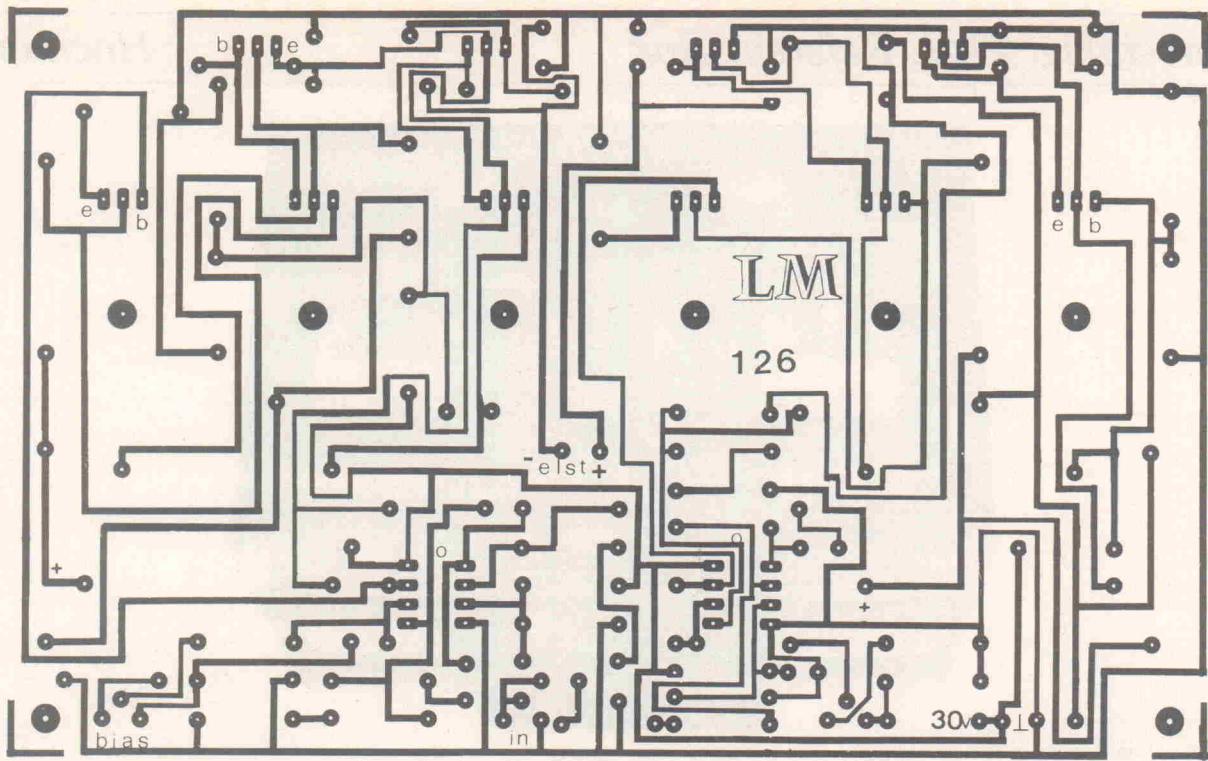
Ansicht einer fertig montierten Hochtton-Einheit

### Stückliste Passive Weiche

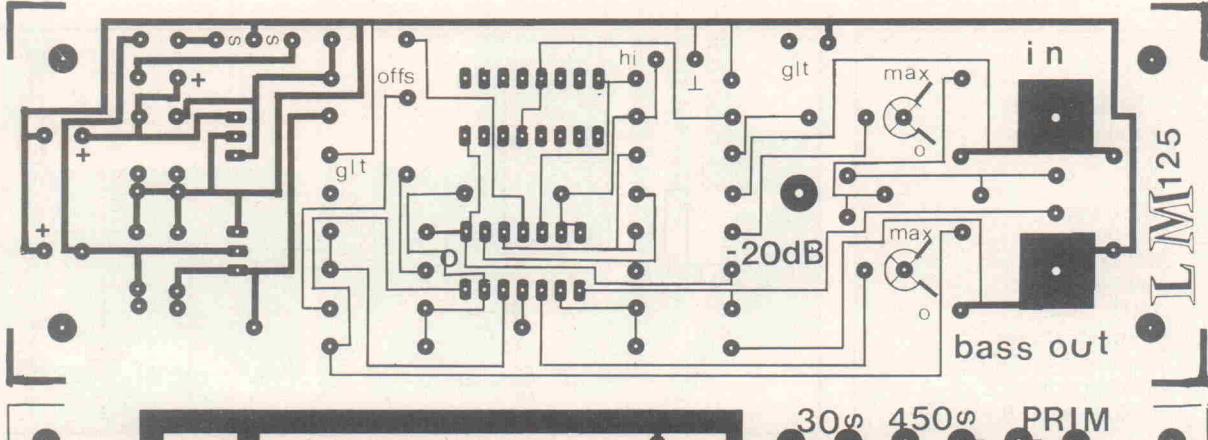
- R1 8R2
- C1 6 $\mu$ 9 Folie
- C2 2 $\mu$ 2 Folie
- C3 4 $\mu$ 2 Folie
- C4 6 $\mu$ 9 Folie
- L1 2mH, 30 mm Ø
- L2 15,6mH, 10 mm Ø
- L3 Autotrafo 0,22 mH,  
mit Anzapfungen  
bei 0,164 mH, 0,134 mH.



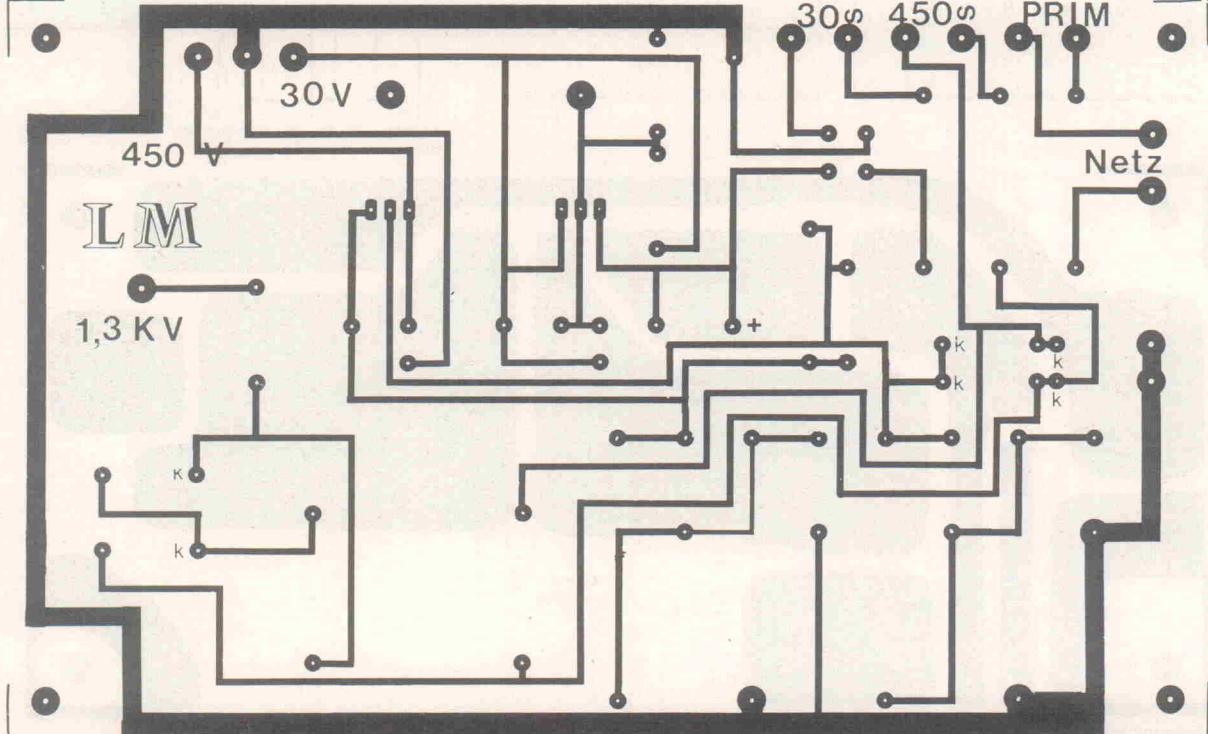
Platinenlayout passive Weiche



Elektrostat-Endstufe



Elektrostat-Frequenzweiche



Elektrostat-Netzteil

# Harbeth TL 250 — Nachlese und Modifikation

K. H. Fink

Unser Bauvorschlag Harbeth TL 250 vom Januar 1981 hat sich als sehr beliebt erwiesen. Darauf deuten viele Fragen und Anregungen hin, die unsere Redaktion erreichten. Inzwischen gibt es eine Modifikation, mit der die Harbeth TL noch einmal aufgewertet werden kann.

## Andere Lautsprecher?

Die häufigste Anfrage, die uns erreichte, beschäftigte sich mit der Frage, ob die TL auch für andere Lautsprecher als den Harbeth geeignet ist. Die Frage muß mit 'Jaein' beantwortet werden. Die Gestaltung und Größe der Vorkammer muß nämlich bei jeder TML auf den Lautsprecher abgestimmt werden. Lautsprecher mit anderen Eigenschaften wie Q-Faktor, Membrangewicht, Antrieb oder Frequenzgang ergeben ein Klangbild, das im Mitteltonbereich stark verfärbt und lästig wirkt. Das Impulsverhalten im Baßbereich wird um einiges schlechter. Ein Probeaufbau mit anderen Chassis bestätigte dies, die Ausnahme war der Vocal 8N401 DBX.\*)

## Die Bedämpfung

Ein großes Problem für viele Nachbauer war die korrekte Bedämpfung. In Zusammenarbeit mit dem Autor und vielen Lesern kristallisierte sich eine für fast alle Räume annähernd geeignete Bedämpfung heraus. Das für die Austrittsöffnung vorgesehene Stück (ca. 30 cm) wird zu einer festen Rolle gedreht und damit die Öffnung fest verschlossen. Dieser feste Verschluß ist besonders wichtig, der Baß bleibt ansonsten unsauber. Als besonders geeignet für diese Maßnahme erwies sich der Spezialschaumstoff Pritex NG 14/2. Auch in der Vorkammer findet Schaumstoff Verwendung. Auf alle 4 Wände der Vorkammer wird Pritex geklebt. Sollte der Baß noch zu stark

sein, hilft ein kleines Stück BAF-Wadding am Austritt der Vorkammer. Nur Mut zum Experiment! Es kann nur besser werden. Wenn Sie dies gemacht haben, sind Sie dem Optimum schon sehr nahe.

## Die Turbo-TL

Einige Leser beklagten eine zu zurückhaltende Baßwiedergabe. Wir haben deshalb eine Erweiterung entwickelt, die dem hilft. Die Modifikation beinhaltet den Einbau eines zusätzlichen Baßtreibers in das Hochtongehäuse (siehe Plan). Bei der Version mit Kalotte bleibt der Hochtonaufschalt hingen offen. Der verbleibende Innenraum wird gut mit BAF-Wadding gefüllt.

In der Elektrostatenversion muß ein neues Oberteil gebaut werden. Der 2. Treiber muß durch ein Zwischenbrett akustisch vom Elektrostaten getrennt werden. Auch hier wird mit BAF-Wadding der Hohlraum gedämpft. Der Baß strahlt mit der Membran in die Druckkammer. Es handelt sich um eine besondere Ausführung des Typs 22 W75 von Dynaudio, der über eine ausgezeichnete Membran verfügt und außerdem sehr flach ist. Er wird über eine gesonderte Weiche angesteuert und arbeitet bis ca. 100 Hz. Da er phasengleich mit dem Harbeth läuft, kontrolliert er die Bewegung des Harbeth bei sehr tiefen Frequenzen. Außerdem wird die Resonanz noch zusätzlich wirkungsvoll gedämpft. Das Ergebnis ist eine erweiterte Tiefbaßwiedergabe und noch trockenere Bässe.

## Der Klang

Um die Harbeth klanglich einzuordnen zu können, veranstalteten wir mit mehreren Nachbauern und Fachleuten einen Hörtest.

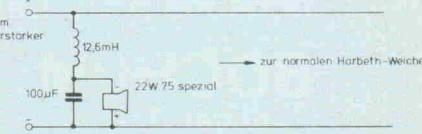
Als Laufwerk diente uns ein Thorens TD 126 mit System AC 2 der Firma Atr. Weiter liefen ein Quad 44-Vorverstärker, eine TVA 1A Röhrendstufe und nicht zuletzt die als sehr gut eingestufte Power-MOSFET-Endstufe aus Heft 8/81. Als Vergleich diente eine Arcus TM 85, eine Backes & Müller BM 6 und eine IMF tls 50.

Die Harbeth war einmal in Grundversion mit Kalotte und einmal mit Els und Modifikation vorhanden. Die normale Harbeth lag klanglich in der Nähe der Tls 50, die allerdings auch eine Transmissionsline enthält. In den Höhen war sie etwas offener und der Baß etwas schlanker. Der Mitteltonbereich der Harbeth bleibt unerreicht.

Die Turbo-Harbeth mußte gegen die Backes & Müller BM 6 antreten. Die Backes & Müller ist eine Aktivbox, die Harbeth lief im Halbaktivbetrieb (der Baß wird passiv abgetrennt), womit die besten klanglichen Ergebnisse erreicht wurden. Die Kondensatoren in der Aktivweiche hatten die Größe von 12n. Beide Lautsprecher verfügen über eine bemerkenswerte Räumlichkeit und Auflösung. Allerdings machte sich eine leichte Härte in den Höhen bei der BM 6 bemerkbar, die die Stimmen etwas gläsern erscheinen ließ. Ansonsten klangen beide Boxen sehr ausgeglichen.

Eine Wertung in Form von Testsiegern abzugeben, vermeiden wir bewußt. Sie hätte nur für die gleiche Ansteuerung Gültigkeit und ist nicht zuletzt von den subjektiven Hörgewohnheiten abhängig.

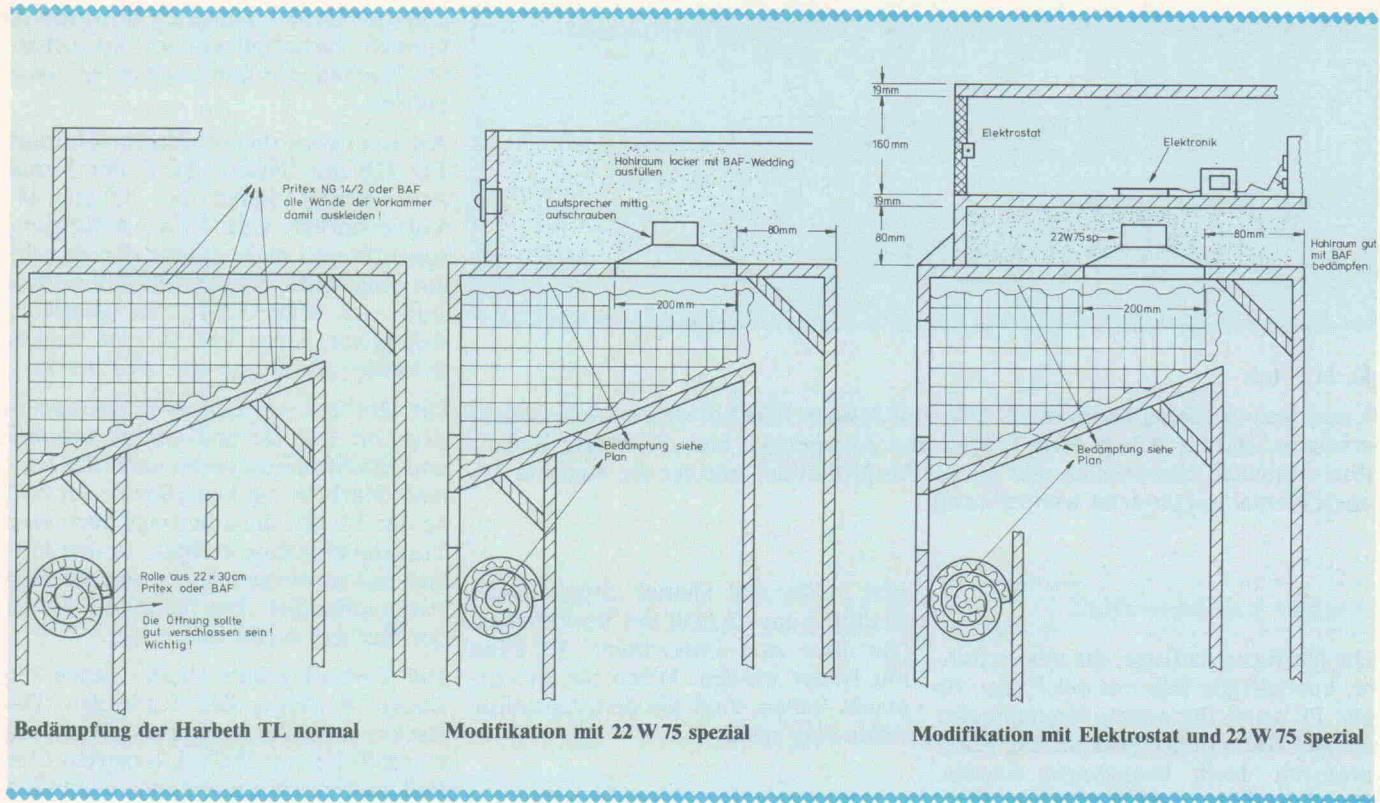
Trotzdem kristallisierte sich heraus, daß eine sorgfältig aufgebaute und abgestimmte Selbstbaubox ohne weiteres in der Lage ist, auch mit hochwertigen Fertigboxen zu konkurrieren.



Weichenergänzung für Turbo-TL

\*) Ein Schaltbild der Weiche für den Vocal 8N401 DBX ist über den Autor erhältlich.

## Bauanleitung: Harbeth TL 250



## Da ist Musik drin!



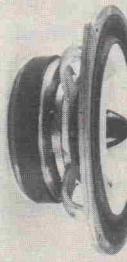
Was rät uns die  
Stepmaus zum Thema  
**Boxenselbstbau**

Wenn Sie Ohr und Geld-  
börse verwöhnen wollen,  
erst einmal die

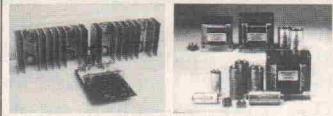
**GRATISPREISLISTE**  
anfordern

D&M  
Am Geist 1 · 4618 Kamen

### LOWTHER



### Hi-Fi-Verstärker



Seit 7 Jahren wird dieser außerordentlich robuste und qualitativ wertvolle End-Klangverstärker für kaum möglich halten haben in dieses Konzept beinhaltet können. Dieser Universal-Verstärker wird nur aus hochwertigen neuen Bauteilen hergestellt. Die Fertigeräte werden Stück für Stück gepruft und abgeglichen. Unsere Hochleistungs-Netzteile sind nachweislich solide dimensioniert. Die von uns vorgegebenen Sinus-Dauerstrom-Ausgangs-Leistungen werden in Verbindung mit den ausgewählten Netzteilen von uns ausnahmslos garantiert. Technische Angaben erhalten Sie auf Wunsch gern von uns.

B — kompletter Baustein  
F — Fertigbaustein, geprüft und abgeglichen  
M — Netzteil Mono, Trafo mit Gleichrichter und Kondensatoren  
S — Netzteil Stereo, Trafo mit Gleichrichter und Kondensatoren

Typ	Leistung	B	F	M	S
PA 150	150 W Sinus, 200 W Musik	118,50	178,90	109,90	139,80
PA 225	225 W Sinus, 350 W Musik	155,50	222,10	134,90	195,10
PA 300	300 W Sinus, 450 W Musik	192,20	242,70	143,50	—,—
PA 400	450 W Sinus, 700 W Musik	250,50	331,—	199,—	—,—

Audio Technik GmbH & Co KG, Postfach 1132, 4900 Herford, Tel.: 934941  
Ladengeschäft: Elektronik-Shop, Auf der Freiheit 2, 4900 Herford, Tel.: 05221/15394

## DAS GESAMTE KNOW-HOW UND MATERIAL

für den Selbstbau anspruchsvoller Lautsprecher  
firmenechte Beratung, Maßanfertigungen, individuelle Planung:

### BOCHUM

Jürgen Thiele  
Förderstr. 14  
4630 Bochum 1  
0234/770067

### HANNOVER

Dipl.-Ing. P. Goldt  
Kl. Pfahlstr. 15  
3000 Hannover 1  
0511/332615

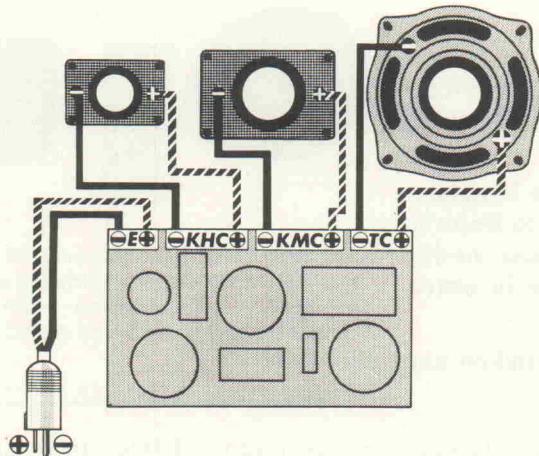
# HiFi- Lautsprecher- Bausteine

## Heco-HiFi-Bausteine-Programm

Abb. 13. Kombinationsbeispiele

Lfd. Nr.	Kalotten- Hochton- Chassis	Kalotten- Mittelton- Chassis	Konus- Tief- Mittelton- Chassis	Konus-Tiefton- Chassis			Netzwerke			Nenn-/Musik- Belastbarkeit Watt	Übergangs- frequenz Hz	Übertrag.- Bereich ca. Hz	Volumen brutto ca. Ltr.	Volumen netto ca. Ltr.			
	KC 25	KC 38	KC 52	TC 130	TC 170	TC 200	TC 240	TC 250	TC 300	N 2	N 3	N 4					
1	●			●						●			25/40	1300	50-20000	7,5	6,4
2	●			●						●			40/60	1300	45-20000	13,5	8,8
3	●	●			●					●			50/80	1000/3500	40-20000	18	10,2
4	●	●			●					●			70/100	1000/3500	35-20000	26	16,5
5	●		●			●				●			90/120	1000/3500	30-20000	38	24
6	●		●	●				●		●			110/150	315/1000/3500	25-20000	63	43
7	●		●	●		●	4 St.			●			150/300	315/850/3500	20-20000	174	130

\* 10 µF 20 VAC hinzu



### Preise für Bauvorschlag

1	DM 72,50
2	DM 72,50
3	DM 84,50
4	DM 131,--
5	DM 162,50
6	DM 217,--
7	DM 270,--

**Arlt**

### Preise für HiFi-Chassis

KC 25	DM 19,--
KC 38	DM 28,50
KC 52	DM 47,50
TC 130	DM 32,50
TC 170	DM 32,50
TC 200	DM 37,--
TC 240	DM 49,50
TC 250	DM 62,--
TC 300	DM 69,--
N 2	DM 21,--
N 3	DM 34,--
N 4	DM 49,--

### Dämmmaterial

1 Matte (15 l) DM 3,--

### Preissenkung !

Preise nur solange Vorrat.

### Wir führen

**Audax**  
**Celestion**  
**Dynaudio**  
**Heco**  
**Isophon**  
**Kef**  
**Magnat**  
**Peerless**  
**Visaton**

Arlt-Radio Elektronik-GmbH  
Am Wehrhahn 75  
4000 Düsseldorf 1  
Telefon: 0211/350597

Arlt-Radio Elektronik-GmbH  
Hansaring 93  
5000 Köln  
0221/132254

Arlt Radio Elektronik  
Walter Arlt GmbH  
Karl-Marx-Str. 27  
1000 Berlin 44  
Telefon: 030/6234054

Arlt Radio Elektronik  
Walter Arlt GmbH  
Kaiser-Friedrich-Str. 17a  
1000 Berlin 10  
Telefon: 030/3416604

Arlt Elektronische Bauteile  
GmbH + Co KG  
Münchener Str. 4-6  
6000 Frankfurt/Main  
Telefon: 0611/234091

Arlt Elektronik oHG  
Katharinenstr. 22  
7000 Stuttgart 1  
Telefon: 0711/245746

Bild 1: Das fertige Modell, unsere FOCAL 250 DB. Zu sehen ist der Aufbau in der Variante mit dem AUDAX HD 100 D 25, um den zur Vermeidung von Beugungseffekten ein Filzstreifen angebracht wurde, wie er z. B. im Anforderungskatalog der BBC für Abhör-Monitore gefordert wird.



# FOCAL 250 DB — ein Lautsprecherzweig mit großen Leistungen

## A. Oberhage

**Lautsprecher, die tiefe und kräftige Bässe abstrahlen sollen, benötigen ein großvolumiges Gehäuse. Dieser Satz hat sicherlich seine Berechtigung, aber keine Regel ohne Ausnahme.**

**Der nachfolgende Bauvorschlag basiert auf einem neuartigen Lautsprecherprinzip, das die Schwächen kleiner Lautsprecher in puncto Baßwiedergabe weitgehend kompensieren kann. Um dies zu erreichen, besitzt der Baß-/Mitteltöner zwei konzentrische Schwingspulen, die in unterschiedlichen Frequenzbereichen arbeiten.**

**Das Ergebnis sind Lautsprecher mit beeindruckender Baßtückigkeit und erstaunlich hohem Wirkungsgrad.**

## Die Lautsprecherbestückung

Für unseren Bauvorschlag verwenden wir ein 13 cm Chassis mit der Bezeichnung FOCAL 5 N 401 DB des bei uns noch relativ unbekannten französischen Herstellers France Filières. Auf den ersten Blick unterscheidet sich das Chassis nicht von ähnlichen 5-Zoll-Lautsprechern anderer Hersteller. Der Unterschied wird erst sichtbar, wenn wir es von seiner Rückseite betrachten. Hier haben wir vier, statt wie üblich zwei Anschlüsse. Die werden für die Doppelschwingspulen-Technik benötigt, bei der zwei konzentrische Schwingspulen über eine entsprechend ausgelegte Frequenzweiche angesteuert werden. Während eine Schwingspule nur im Baßbereich arbeitet, wird die zweite für den gesamten Übertragungsbereich des Lautsprechers, also bis zur Übergangs frequenz des Hochtöners eingesetzt.

Was mit dieser Technik erreicht werden kann, läßt sich einfach erklären. Theoretisch wäre die Konstruktion ei-

ner 3-Wege-Weiche möglich, die unserem Doppelspulen-Chassis zwei unterschiedliche Frequenzbereiche zuordnet. Damit würde die gesamte Kombination als echtes 3-Wege-System arbeiten. Dies wäre aber nicht im Sinne des Erfinder, denn die Besonderheit liegt darin, daß wir gezielt eine Überlagerung der Übertragungsbereiche erreichen wollen, d. h. den Frequenzgang, der bei kleinen Gehäusen im Baß stark abfällt, gewissermaßen 'in die Tiefe verlagern'. Das funktioniert in unserem Fall über eine Frequenzweiche, die beide Schwingspulen mit einer Flankensteilheit von nur 6 dB/Oktave trennt. Die Übergangsfrequenz im Tief-, Mitteltonbereich liegt bei 300 Hz. Die Impedanz des Lautsprechers fällt dabei im Bereich um 500 Hz bis auf ca. 4 R ab. Das ist bei den heutigen Verstärkern kein Problem, solange nicht zwei Lautsprecher parallel betrieben werden und damit der minimale Abschlußwiderstand von 4 R unterschritten wird. Darauf ist zu achten.

Die mit der Doppelschwingspulen-Technik erzielbare Baßverstärkung ist

## Technische Daten:

Gehäuseabmessungen:	325 x 200 x 180 mm (H x B x T)
Gehäusestärke:	16 mm
Innenvolumen:	7,3 Ltr. (HADOS L 10 kann verwendet werden)
Schalldruck (1W/1m):	88 dB
Übertragungsbereich:	65—20 000 Hz
Sinus Belastbarkeit:	45 W
Impedanz:	4,1 R minimal
Übernahmefrequenzen:	300 und 3500 Hz

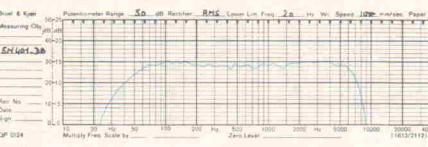


Abb. 1 Frequenzgang des 5 N 401 DB

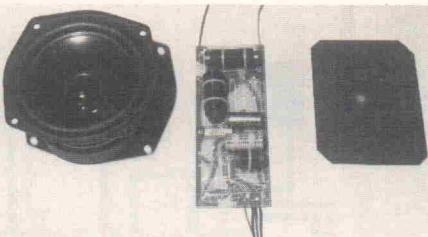


Bild 2: Die Systeme vor dem Einbau: FOCAL 5 N 401 DB, FALCON Frequenzweiche mit verschiedenenfarbigen Anschlußdrähten Soft-Dome-Kalotte AUDAX HD 12 x 9 D 25 (9 x 8 D 25 oder HD 100 D 25).

nur ein positiver Effekt. Interessant ist ebenso der für kleine Lautsprecher enorm hohe Wirkungsgrad von 88 dB, gemessen mit 1 W Verstärkerleistung im Abstand von 1 Meter. Für die Praxis bedeutet dies, daß auch Verstärker mit kleineren Leistungen problemlos ohne Einbußen im Hörgenuß verwendet werden können.

Vergleichbare englische Lautsprecher dieser Größe erzielen einen Wirkungsgrad von knapp über 80 dB. Wenn man bedenkt, daß 3 dB etwa doppelte Lautstärke bedeuten, kann man die FOCAL 250 DB fast schon als kleines Kraftpaket bezeichnen. Trotzdem verträgt diese Kombination immerhin eine Sinusbelastbarkeit von 45 Watt, die in Relation zum hohen Wirkungsgrad genügend Reserven läßt.

Apropos Membran. Das Material der FOCAL-Chassis besteht aus Neoflex, einer für die Lautsprechertechnik neuartigen isotropischen Kunststoffverbindung. Diese verbindet die Vorteile relativ hoher Festigkeit mit denen hoher innerer Dämpfung.

Neoflex ist zudem extrem leicht und

damit reaktionsschnell. Das erklärt unter anderem die hohe Empfindlichkeit des Lautsprechers, die um ein Vielfaches höher als bei Bextrene- und etwas höher als bei Polypropylen-Chassis liegt. Gleichzeitig sorgt Neoflex für ein weitgehend verfärbungsfreies Übertragungsverhalten mit exzellentem Auflösungsvermögen. Der Frequenzgang dieses Chassis — bei den Messungen wurde eine Spule mit einer Induktivität von 3 mH abgekoppelt — ist, wie Sie aus der nachstehenden Abbildung erkennen können, sehr linear.

Als Hochtonsystem verwenden wir die Soft-Dome-Kalotte HD 9x8 D 25 von Audax (baugleiche Typen HD 12x9 D 25, HD 100 D 25), die sich ohne zu übertreiben, millionenfach bewährt hat und sich in hochwertigen, teuren Lautsprechern industrieller Hersteller wiederfindet.

In Kombination mit einer auf beide Systeme abgestimmten Frequenzweiche erhalten wir einen linearen Frequenzverlauf von 65 Hz bis 20 000 Hz. Die untere Grenze des Übertragungsbereichs ergibt sich aus der Vorgabe eines maximal zulässigen Pegelabfalls von 3 dB.

Die Baureihe der FOCAL-Chassis mit zwei Schwingspulen umfaßt auch Lautsprecher mit 17 cm und 20 cm Durchmesser (Bezeichnung 7N 401 DB, 8N 401 DB), mit denen die oben geschilderten Effekte im Bass und Wirkungsgrad gesteigert werden können. Trotzdem besprechen wir hier den kleinsten aller möglicher Bauvorschläge, weil kleine Lautsprecher-Bausätze in der Fachliteratur ein recht stiefmütterliches Dasein fristen. Andererseits existiert bei vielen der Wunsch nach kleinen Lautsprechern — ein Grund für die intensiven Bemühungen von Lautsprecher-Herstellern, sehr kleine Boxen mit höchsten Ansprüchen an Perfektion zu entwickeln. Als Beispiel mögen Lautsprecher wie die KEF Referenz 101, die LS 3/5 A oder die Celestion SL 6 genannt sein. Um diesem, etwas vernachlässigten Interessentenkreis einen besonderen Bauvorschlag zu präsentieren und natürlich auch HiFi-Begeisterten, die nicht allzu tief in die Tasche greifen wollen und trotzdem einen hochwertigen Lautsprecher wollen, etwas bieten zu können, hat der Autor die kleinste FOCAL-Kombination, die 250 DB, ausgewählt.

## Die Frequenzweiche

Aus den vorangegangenen Überlegun-

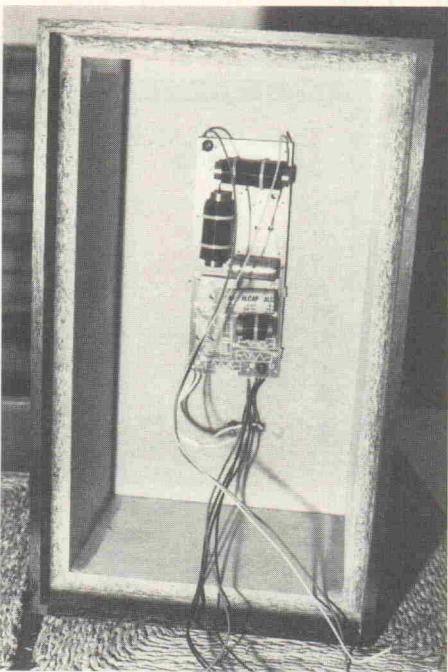


Bild 3: Positionieren Sie die Frequenzweiche auf der Gehäuserückwand am besten so, daß Sie durch die Schallwandöffnungen an die Verschraubung herankommen.

gen ist abzuleiten, daß wir eine 3-Wege Weiche benötigen, die den besonderen Aspekten der Doppelschwingspulen gerecht wird. Die nachstehende Abbildung zeigt den Aufbau der Frequenzweiche.

Die Frequenzweiche erscheint auf den ersten Blick sehr einfach aufgebaut. Jeweils ein Hochpaß für die beiden Schwingspulen des 5 N 401 DB mit einer Flankensteilheit von 6 dB/Oktave und ein Tiefpaß mit 18 dB/Oktave für die Hochtontkalotte. So simpel die Schaltung aussieht, es stecken doch eine ganze Menge Arbeit und viele Frequenzgangmessungen dahinter, um ein auf das kleine Volumen des Lautsprechergehäuses abgestimmtes ausgewogenes Klangergebnis zu erreichen. Hier gilt besonderer Dank Malcom Jones von FALCON ACOUSTICS, der die Frequenzweichenschaltung entworfen hat. Auf einen Punkt muß beim Eigen-

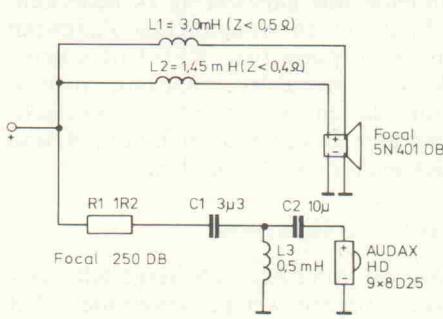


Abb. 2 Frequenzweichenschaltung

bau der Weiche ganz besonders geachtet werden, nämlich auf die Innenwiderstände der beiden Spulen L1 und L2. Die Spule L1 mit der Induktivität 3 mH darf keinen Innenwiderstand größer als 0,85 aufweisen, andernfalls würde das zu Einbußen im Tiefbaßbereich führen.

Die Kondensatoren für den Tiefpaß des Hochtöners sollten möglichst Toleranzen kleiner als 5 % aufweisen. Grundsätzlich gilt für Frequenzweichen die Regel, je höher die Flankensteilheit in den Übergangsfrequenzen, desto enger toleriert müssen die hierzu verwendeten Bauteile sein, da Abweichungen zwangsläufig Einbrüche oder Überhöhungen im Frequenzverlauf erzeugen würden.

## Das Gehäuse

Aus der Konstruktionszeichnung sehen Sie, daß der Aufbau unkompliziert ist. Verwenden Sie hochverdichtete Spanplatten mit einer Stärke von 16 mm. Natürlich können Sie auch 19 mm verwenden, müssen aber darauf achten, daß das Innenvolumen nicht verändert wird, da sonst die Baßreflexöffnung nicht mehr richtig abgestimmt wäre. Wer auf die Optik nicht minder großen Wert als auf den Klang legt, der lasse sich die Gehäuse beim Tischler gleich furnieren. Je nach Furnierdicke ist dabei ebenfalls ein Aufmaß von 0,5 bis 1 mm zu berücksichtigen.

Auf den Gehäusezusammenbau wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da sich grundsätzliche Vorgehensweisen immer wiederholen und in vielen vorangegangenen Bauvorschlägen bereits ausführlich abgehandelt wurden. Nur einige wichtige Hinweise, die der Konstrukteur zu beachten hat, sollen in Stichpunkten festgehalten werden:

1. Das Gehäuse muß absolut luftdicht verklebt sein. Sparen Sie nicht mit Holzleim. Das gleiche gilt für den Einbau der abnehmbaren Schall- oder Rückwand, der Lautsprecher und der Anschlußklemmen.
2. Die Baßreflexöffnung muß einen Durchmesser von 40 mm aufweisen. Die zu schneidende Kreisöffnung hängt daher von der Stärke des verwendeten Rohrs ab. Sollten Sie kein Rohr mit diesem Innendurchmesser finden, können Sie den Baßreflextunnel auch viereckig machen. Dabei achten Sie aber darauf, daß die Fläche der Öffnung konstant bleibt (Kantenlänge z. B. 35,4 x 35,5 mm). Die Länge des Maßreflextunnels ist in jedem Fall 65 mm.

# Bauanleitung: Focal 250 DB

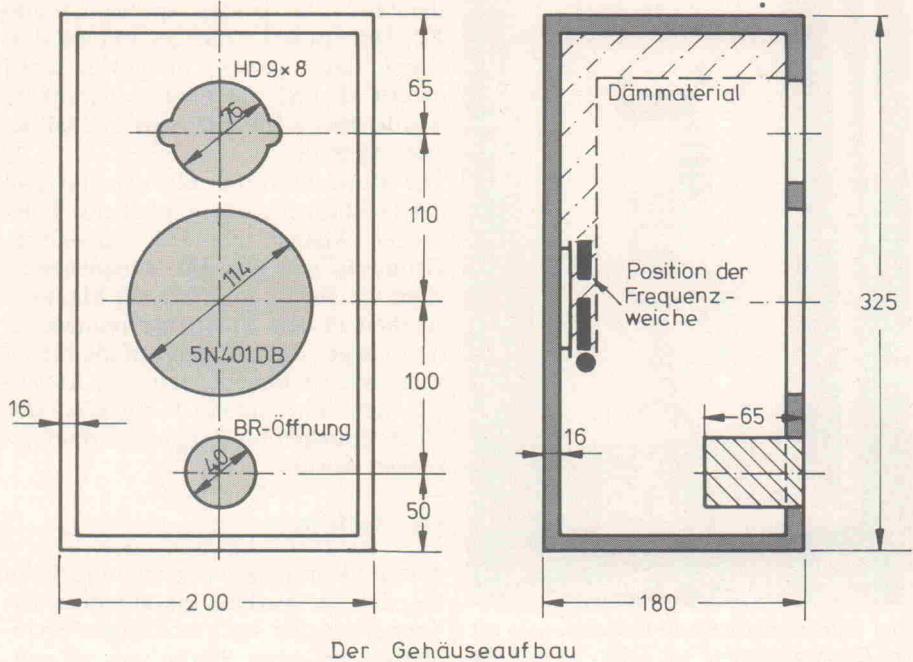


Abb. 3

3. Maßnahmen zur Schalldämpfung des Gehäuseinnenraumes sind nach Herstellerangaben nicht erforderlich. Der Autor empfiehlt dennoch, eine kleine Matte (ca. 200 x 300 mm) Polyester-Kunstwatte im oberen Teil des Gehäuses an die Gehäuseinnenwände zu kleben, um Eigenschwingungen des Gehäusehohlraums von vornherein auszuschließen.
4. Maßnahmen zur Schalldämmung der Gehäusewände, um Vibrations-

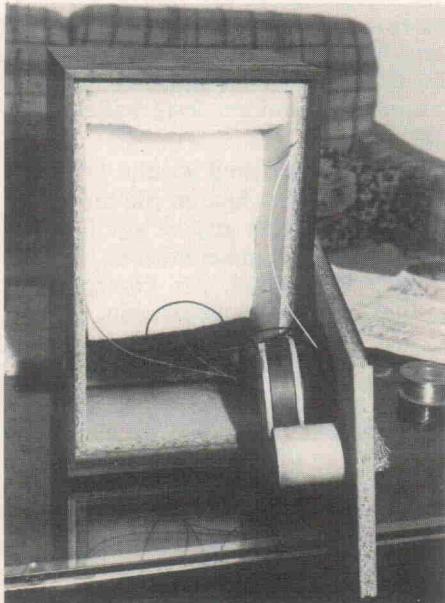


Bild 4: Vor dem endgültigen Verschließen des Gehäuses legen Sie noch eine Matte Kunstwatte in das obere Teil des Gehäuses.

erscheinungen mit ihren Auswirkungen auf das vom Lautsprecher wiedergegebene Klangbild auszuschließen, sollten als letzter Schliff verstanden werden. Der nimmt zwar noch etwas Zeit in Anspruch aber soviel Geduld sollte der Nachbauer noch aufbringen, um sein Werk als Meisterwerk zu vollenden.

Gehäusewände eines Lautsprechers können zu Schwingungen angeregt werden und strahlen ebenfalls Schallwellen in den Raum ab, die zu Unregelmäßigkeiten im Übertragungsverhalten des Lautsprechers führen (ausführliche Hinweise dazu finden Sie bei H. H. Klinger, Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für HiFi, RPB 105, S. 87 ff.). Dem kann man am besten dadurch begegnen, daß Klangabsorptionsplatten auf die Gehäuseinnenwände geklebt werden, und zwar so, daß alle Seitenwände und die Rückwand jeweils zur Hälfte ihrer Gesamtfläche mit diesen Platten bedeckt sind. Die Innenwände ganzflächig zu bedecken, bringt keinen wesentlichen Zugewinn an Absorption (vgl. KEF Constructor Series, General Information). Absorptionsplatten sind im Lautsprecherfachhandel z. B. unter Bezeichnung 'Sound deadening pads' erhältlich.

## Anschlußhinweise

Wer die von FALCON hergestellte fertige Frequenzweiche verwendet, hat den Anschluß der Lautsprecher schnell

bewältigt, weil die Zuleitungen bereits installiert sind. Lediglich der Verstärkereingang muß noch verdrahtet werden. Dabei wird der Eingang + auf I/P + (d. h. Input +) geschaltet, der Eingang - auf I/P -. Zum FOCAL-Chassis führen die Anschlußdrähte rot und rosa jeweils auf die rot markierten Lötfahnen. Welcher Draht an welche Lötfahne angeschlossen wird, ist unerheblich. Zwei der drei schwarzen Kabel werden an die nicht markierten Minuspole gelötet. Das blaue Kabel führt

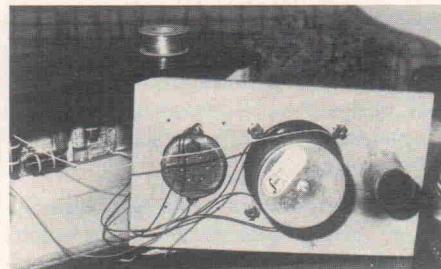


Bild 5: Vor dem Verleimen der Schallwand wurden die Anschlußdrähte der Frequenzweiche mit den Lötfahnen der Chassis verbunden. Deutlich sichtbar die vier Zuleitungen zum FOCAL-Tief-, Mitteltöner.

zum Pluspol des Hochtöners, der ebenfalls rot markiert ist, das dritte schwarze Kabel zum Minuspol des Hochtöners. Damit ist der Lautsprecher einsatzbereit. Testen Sie die Kombination vor dem endgültigen Zusammenbau, aber bitte mit Vorsicht und kleiner Verstärkerleistung.

## Hörtest

Der erste Höreindruck ist beeindruckend. Es ist fast nicht zu glauben, welche Klangfülle mit einem solch kleinen Gehäuse reproduziert werden kann. Wer die Lautsprecher mit verbundenen Augen hört, glaubt, weitaus größere Lautsprecher vor sich stehen zu haben. Ein direkter Vergleich mit anderen Kleinmonitoren gestaltet sich etwas schwierig, wenn nicht ein Umschaltzähler mit Pegelanpassung zur Verfügung steht. Gleichzeitig mit der Umschaltung z. B. auf die KEF 101 oder die LS 3/5A ist eine drastische Erhöhung der Lautstärke notwendig, um bei dem hohen Wirkungsgrad der FOCAL 250 einen vergleichbaren Eindruck bekommen zu können. Aber auch bei einem Vergleich mit gleicher Lautstärke beweist unser Kleinaltautsprecher ein ausgeglichenes lebendiges Klangbild bei weitaus kräftigerer Basswiedergabe.

## Kompromißlose HiFi-Lautsprecherboxen zum Selbstbau

### Transmissionline Harbeth 250

— Gehäusebausatz .....	DM 128,-
— Baßlautsprecher Harbeth LF 8 MK III .....	DM 240,-
— Modifikation mit zusätzlichem Baßlautsprecher Dynaudio 22 W 75 und Weichenbausatz .....	DM 138,-

### Elektrostatischer Lautsprecher Shackman MHT

— dazu passende Transistorendstufe inkl. aktiver Frequenzweiche und Netzteil elektronik, als Bausatz .....	DM 160,-
— dazu passender Netztrafo .....	DM 230,-
— Passivversion mit Elektrostat Shackman MHT, Übertrager und Polarisationsteil .....	DM 110,-
— DM 250,-	

### Subwoofer „GONDOR“

— Dynaudio-Chassis 30W „GONDOR“ .....	DM 386,-
— dazu passende Elektronik: geregelter Verstärker mit aktiver Frequenzweiche als fertig aufgebautes Modul .....	a. A.
— dito, als Bausatz .....	DM 239,-
— Satellit zum Subwoofer „GONDOR“ mit Harbeth-Chassis LF 5 MK III, Audax-Hochtöner HD 12x9 und Weichenbausatz .....	DM 298,-

### Podszus-Horn mit Podszus-Chassis TT 200/37, MT 1300 sowie

— Audax-Hochtöner HD 13 D 34 H und Weichenbausatz (ohne Gehäuse) .....	DM 698,-
--	----------

### FOCAL 250 DB

— Bausatz mit Focal Baß-Mitteltöner 5 N 402 DB, —	DM 238,-
---	----------

### Lautsprecher-Chassis

Audax HD 12x9 .....	DM 33,-	Focal 8 N 401 .....	DM 129,-
Harbeth LF 5 MK III .....	DM 210,-	Focal 5 N 401 DB .....	DM 133,-
Lowther PM 6 .....	DM 189,-	Focal 5 N 402 DB .....	DM 129,-
Focal 5 N 401 .....	DM 99,-	Focal 7 N 401 DBE .....	DM 145,-
Focal 5 N 302 .....	DM 107,-	Focal 8 N 401 DBX .....	DM 165,-
Focal 7 N 401 .....	DM 118,-	Focal T 120 FC .....	DM 198,-

Weitere Lautsprecher-Chassis auf Anfrage!

Außerdem liefern wir: Tonabnehmersysteme, HiFi-Zubehör, Vor- und Endverstärker (sowohl in Transistor- als auch in Röhrentechnik), Vor-Vor-Verstärker, aktive Frequenzweichen und regulierte Stromversorgungen — auch als Bausätze! In hörbarer Spitzentechnik. Unterlagen und Preise auf Anfrage!

Alle Preise inkl. 13% MwSt. — Versand gegen Nachnahme

**Jürgen P. Güls — Audiotechnik**  
Postfach 1801, 5100 Aachen, Telefon (0241) 23103

## CHASSIS

**SCAN SPEAK 21 W**

**ab 89,-**

**MULTICELL T200**

**198,-**

**AUDAX MHD 21B37R**

**110,-**

**AUDAX MHD 12P25**

**50,-**

Wir liefern fast alle namhaften Chassis! Kostenlose Preisliste anfordern.

## BAUSÄTZE

**KEF CS5 kompl. m. Holzbausatz ab 378,-**

**KEF CS7 kompl. m. Holzbausatz ab 529,-**

Fast alle namhaften Boxenbausätze mit und ohne Holzzuschnitt lieferbar. Holzbausätze auch einzeln, in verschiedenen Ausführungen (auch Pyramiden) lieferbar. Gesamtkatalog gegen DM 3,- in Briefmarken anfordern.

**MEMBRAN**  
SILBERSTEINSTR. 62 · 1000 BERLIN 44 · 030/625 16 25

Wir liefern sofort, per Nachnahme zuzgl. Postgebühren.  
Portofrei ab DM 300,- (ausgenommen Holzzuschnitte einzeln).

**WARUM  
EIGENTLICH  
SOLLEN ES  
DIE LEUTE  
VOM WDR,  
SPENDOR  
ODER DER  
BBC BESSER  
HABEN?**

Warum sollen nicht auch Sie die Möglichkeit haben, Ihre Musik mit den dort und anderswo benutzten Celestion-Studio-Systemen bei sich zu Hause hören zu können. Es spricht nichts dagegen. Bauen Sie sich selbst Ihr HiFi-Studio-System. Mit Celestion-Lautsprechern, die in den besten HiFi-Boxen der Welt zu finden sind. Schreiben Sie uns, wir geben Ihnen die nötigen Informationen. Und nebenbei: Mit den Neuen von Celestion (Stichwort Laser-Technologie) werden Ihre Boxen vielleicht sogar noch ein bisschen besser als die vom WDR, von Spendor oder der BBC.

Füllen Sie den Kupon aus und schicken Sie ihn an  
Celestion Industries GmbH, Schäferstr. 22-24, D-6780 Pirmasens.

Ich möchte Ihre Informationen über den Bau von HiFi-Studio-Boxen

Name \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

**CELESTION  
INTERNATIONAL**





## Ein Traum — durch Selbstbau verwirklicht Ton-Pyramiden

Gute Lautsprecher können nicht klein sein. Zumindest nicht dann, wenn sie auch die tiefen Frequenzen zufriedenstellend wiedergeben sollen. Das daraus resultierende Problem kennen Sie alle: Große Lautsprecherboxen sind meist häßliche Kästen, die sehr schwierig in die Wohnraumgestaltung zu integrieren sind. Da gibt es eigentlich nur eine Möglichkeit, wenn Sie auf guten Klang nicht verzichten wollen. Bauen Sie bestechend schöne Boxen, die wie Kunstwerke aussehen und bestimmt gern als attraktiver optischer Mittelpunkt jedes Zimmers bewundert werden.

Die hier vorgestellten Pyramiden sind aber nicht nur ein optischer, sondern auch ein technischer Leckerbissen. Eine Pyramide schließt aufgrund ihrer Form stehende Wellen aus, und durch die unterschiedliche Größe von Deckel und Boden werden auch im kritischen Gundtonbereich keine Verfärbungen durch Resonanzen erzeugt. Schallanteile, die von der Lautsprecher-Rückseite in das Gehäuseinnere abgestrahlt werden, können nicht von einer parallelen Rückwand reflektiert werden, weil es keine gibt. Sie werden von der schrägen Rückwand zur Bodenplatte hin abgelenkt und vom Dämpfungsmaßnahmen absorbiert. Verfärbungen durch Vermischung von Signalimpulsen mit unterschiedlicher Laufzeit sind somit ausgeschlossen.

### Ein ungewöhnliches Konzept

Auch die akustischen Eigenschaften der äußeren Gehäuseabmessungen können sich hören lassen: Die relativ hohe, schmale Schallwand eignet sich vorzüglich zur senkrechten Anordnung der Lautsprecher übereinander. Das vermeidet Frequenzeinbrüche durch Interferenzen in horizontaler Ebene. Oder anders gesagt, gleichmäßiges Rundstrahlverhalten ist die Folge. Die leicht nach hinten geneigte Schallwand ermöglicht eine Verbesserung der Phasenlage der Lautsprecher zueinander, und die nach oben hin immer schmäler werdende Schallwand sorgt dafür, daß Reflexionen an überflüssigen Schallwandteilen gar nicht erst auftreten können. Das Resultat läßt sich mit op-

timaler Abstrahlcharakteristik bezeichnen. In Verbindung mit den hier empfohlenen hochwertigen Einzellautsprechern lassen sich mit diesen Gehäusen Lautsprecherboxen aufbauen, die an Impulsverhalten und Dynamik, an Präzision und Analytik und an räumlicher Durchzeichnung und Perspektive keine Wünsche offenlassen.

Das Besondere an diesem Bauvorschlag ist aber nicht nur die ungewöhnliche Form, sondern auch die Verwendung unterschiedlicher Materialien. Das Oberteil mit Bändchenhoch- und Kalotten-Mitteltöner sowie der Frequenzweiche besteht aus transparentem Acrylglass, das der Box ihr faszinierendes Aussehen verleiht und Technik sichtbar macht. Das Unterteil mit dem Baßlautsprecher ist eine akustisch bedämpfte Holzkonstruktion aus lackierter Spanplatte. Für den Bau der Acrylkonstruktion sollten Sie nur fertig zugeschnittene, 10 mm dicke Acrylglasplatten verwenden. Denn, obwohl das Auf trennen ganzer Acrylplatten mit den geeigneten Werkzeugen (z. B. Tischkreissäge, Handkreissäge, Stichsäge, Bandsäge) auch vom Bastler vorgenommen werden kann, der Fachhandel verfügt doch über die besseren Geräte, die mit speziell geschliffenen, ungeschränkten Sägeblättern versehen sind und so zu optimalen Schnittergebnissen kommen.

### Die Acryl-Teile gibt's fertig

Das hat den zusätzlichen Vorteil, daß man sofort mit dem Zusammenbau beginnen kann, sobald das Baumaterial beschafft ist. Darum bietet elrad Ihnen in Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Acrylbearbeiter eine attraktive Lösung: Schreiben Sie unter dem Stichwort 'elrad-Pyramide' an die Firma Kopperschmidt, Wandsbeker Str. 13, 2000 Hamburg 71, und Sie bekommen per Nachnahme für DM 248,— (plus Verpackung, Nachnahme und Versandgebühr) einen kompletten Bausatz der Acrylteile für zwei Boxen mit paßgenauen Teilen, bereits fertig ausgeschnitten Schallwand, Schleif- und Poliermittel, Kleber und Handschuhstoff zum Reinigen. Ihre Arbeit besteht dann nur noch im Zusammenkleben des Gehäuses und dem Schleifen und Polieren der Kanten. Gleich noch ein Tip zur Pflege des Acrylglasses: Das Acrylgehäuse stets mit einem feuchten Tuch abwischen. Empfehlenswert ist auch die Verwendung eines antistatischen Kunststoffreinigers, der elektrische Aufladung und damit neuerliche Staubanziehung verhindert.

## Lautsprecher und Weiche: als Set zu haben

Zur Bestückung der Box: Die 3-Weg-Kombination stammt von der Fa. Visaton, Postfach 1652, 5657 Haan 1. Der Tieftöner WS 26 S, der Mitteltöner DMS 15 AW sowie als besonderer Leckerbissen der Bändchenhochtöner RHT 13 AW stellen in der Verbindung mit der Frequenzweiche HW 3/200 eine Kombination dar, die nicht nur durch 130 W Sinusbelastbarkeit und einen Frequenzgang von 20 Hz bis weit über 20 kHz beeindruckt, sondern auch unsere Hörtests bestätigten den guten Eindruck, den die Messungen anschließend noch erhärteten. Insgesamt lässt die elrad/Visaton-Pyramide keine Wünsche offen und ist eine sehr empfehlenswerte Lautsprecherbox, besonders für Leute, die kompromißlos gut Musik genießen wollen.

## Kleben oder Schrauben?

Sie sollten mit dem Zusammenbau der Acryl-Pyramide beginnen. Die erste grundlegende Entscheidung ist: kleben oder schrauben? Ersteres setzt paßgenaues, sicheres und sehr schnelles Arbeiten voraus, da Sie immer gegen die

kurze Ablüfzeit des Klebstoffs an- kämpfen müssen. Außerdem muß jede Klebefuge beim ersten 'Fügen' hun- dertprozentig 'sitzen'. Verrutschten der Teile, hochnehmen und wieder zusam- menfügen geht nicht — bzw. geht schon, aber produziert häßliche, sicht- bare Klebenähte. Auf der anderen Sei- te ist eine saubere Klebung nahezu unsichtbar und läßt Rauhigkeit und Rie- fen an den Schnittflächen verschwin- den.

Die andere Verbindungstechnik mit Schrauben setzt eine gewisse Erfahrung im Umgang mit Bohrmaschine und Gewindeschneider voraus. Diese Werkzeuge pflegen nämlich meistens dann abzubrechen, wenn sie so tief im Loch stecken, daß sie mit keiner Zange mehr herausgeholt werden können.

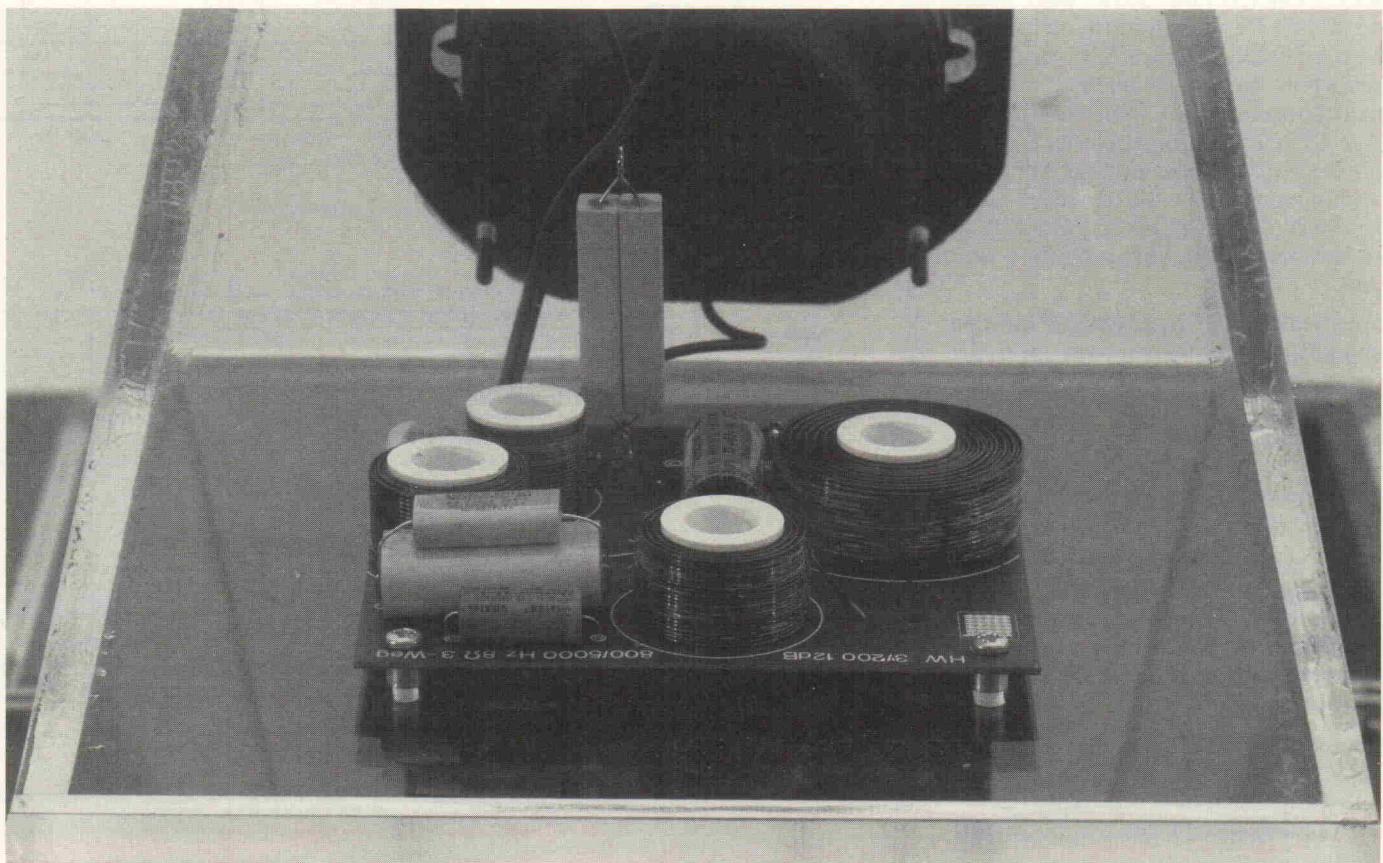
## Acryl und . . .

Für welche Methode Sie sich auch entscheiden: Zuerst werden alle Teile provisorisch zusammengesetzt und mit Klebeband fixiert. Dabei kann man Paßungenauigkeiten feststellen und noch beheben. Sodann geht es ans Polieren: Bei Klebetechnik nur die Schnittkanten, die später *nicht* verklebt werden und bei Schraubtechnik

*alle Schnittkanten.* Zu diesem Zweck nehmen Sie einen Schleifklotz mit 700er Schleifpapier und schleifen schön sauber von Hand und mit Ruhe die Kanten so lange, bis sich eine gleichmäßige Struktur ergibt. Achten Sie aber darauf, daß alle Kanten rechtwinklig bleiben und in Längsrichtung keine 'Täler' eingeschliffen werden. Diese Arbeit ist langwierig und mühselig; Sie werden aber durch ein professionelles Aussehen der fertigen Boxen belohnt.

Als nächstes greifen Sie zu Bohrmaschine, Schwabbel scheibe und Polierpaste (Pariser Kreide) und polieren die Schnittkanten in Längsrichtung: Schwabbel scheibe in Bohrmaschine einspannen, Maschine einschalten und Polierpaste durch mäßiges Drücken gegen das Textilmaterial auf die Schwabbel scheibe übertragen. Dann die Scheibe mit mäßigem Druck über die Schnittfläche führen. Nach ca. einer Minute erneut Polierpaste auftragen. Nach einiger Zeit werden Sie feststellen, daß die Schnittflächen mehr und mehr die Beschaffenheit der normalen Acryl-Oberfläche annehmen.

Nachdem Sie diese Arbeit zur Zufriedenheit erledigt haben, können Sie mit



# Bauanleitung: Ton-Pyramiden

dem eigentlichen Zusammenbau beginnen.

Verbinden Sie als erstes zwei Seitenteile miteinander und kontrollieren Sie den richtigen Sitz mit einem rechten Winkel. Nun werden die Bodenplatte angefügt und die restlichen Seitenteile angebracht. Der kleine Deckel krönt Ihr 'Werk'.

## ... Holz

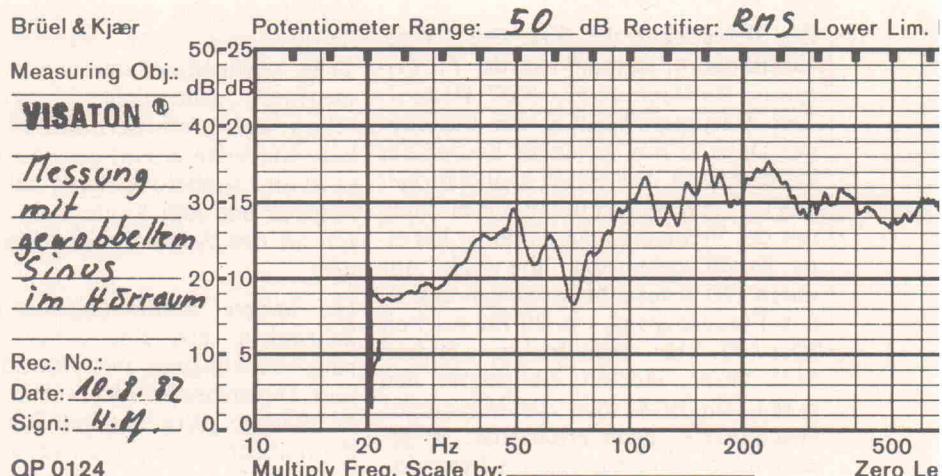
Jetzt wechseln Sie Werkzeug und Material und schreiten zum Bau der Baßbox. Hier können Sie im Prinzip genauso verfahren wie bei der Herstellung des Acrylteils, aber nur die wenigsten Leser dürften Erfahrung darin haben, Spanplatten mit der richtigen 'Schräge' — der Tischler sagt 'Gehrung' — zu sägen. Und sägen lassen ist gewiß nicht für jeden drin. Die Einpassung von Deckel und Bodenplatte könnte daher etwas problematisch werden. Wie also vorgehen?

Setzen Sie die Spanplatten-Seitenteile provisorisch zusammen und fixieren Sie diese mit Klebeband oder ein paar Tropfen aus der Heiß-Klebe-Pistole. Nun werden die Innenflächen der Seitenteile mit einer Holzraspel so bearbeitet, daß der Deckel mit der oberen Außenkante fluchtet (siehe Bild). Der dabei entstehende Spalt wird später nach dem Verleimen mit Holzkitt oder Spachtelmasse ausgefüllt und verschliffen. Nun wird auch der Deckel provisorisch fixiert. Mit der fertigen Acryl-Pyramide kontrollieren Sie jetzt, ob das Holzgehäuse und das Acryl-Teil zusammenpassen. Korrekturen können in diesem Stadium am Holzgehäuse nämlich noch vorgenommen werden.

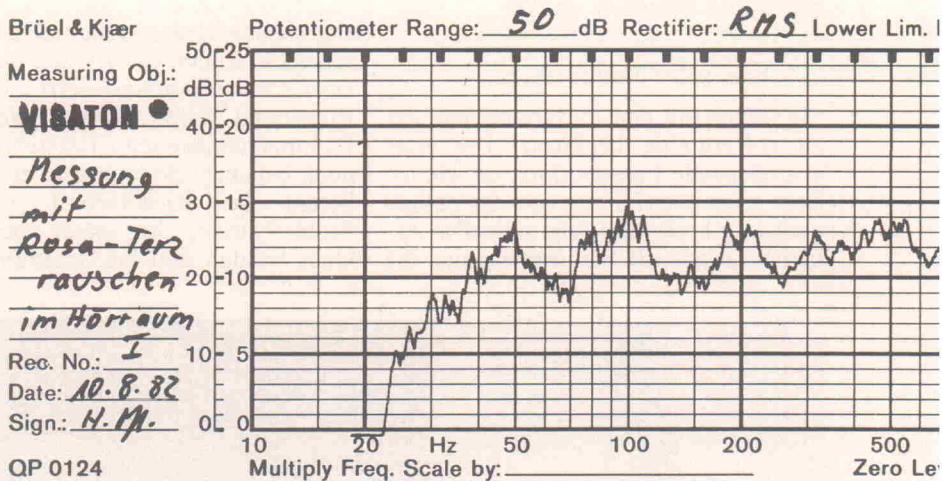
Wenn alles paßt, beginnen Sie mit dem endgültigen Verleimen von zwei Seitenteilen. Dann wird der Deckel eingesetzt und danach die restlichen beiden Seitenteile. Achten Sie hierbei nicht so sehr auf rechtwinklige Montage als auf gutes Zusammenpassen von Holz- und Acryl-Box.

Der nächste Schritt ist das Einpassen der Bodenplatte. Schrägen Sie mit der Raspel die Sägekanten so an, daß die Platte mit der Innenkante des Seitenteils fluchtet (siehe Bild) und verleimen Sie die Bodenplatte.

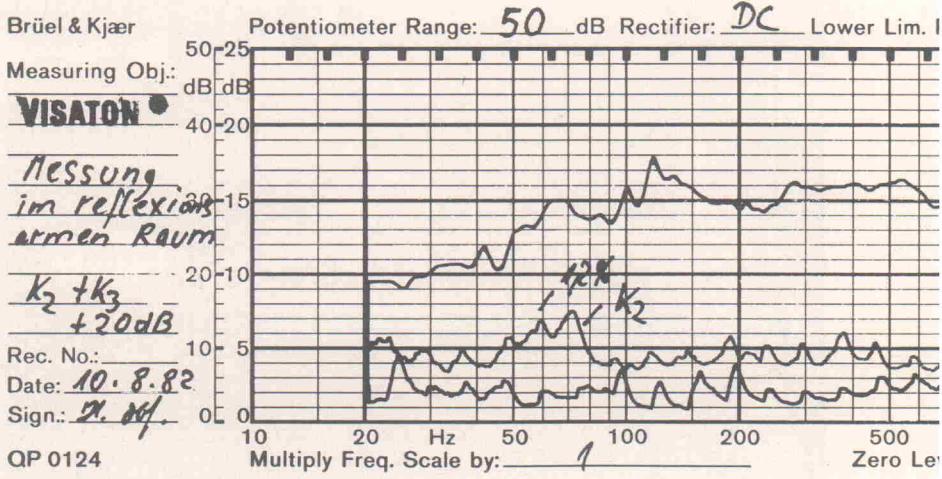
Perfektionisten leimen nun noch eine Kiefern- oder Balsaholzleiste auf die untere Schnittfläche und schleifen diese dann auf das Niveau der Bodenplatte ab.



Frequenzgang einer Ton-Pyramide mit gewobbeltem Sinus.

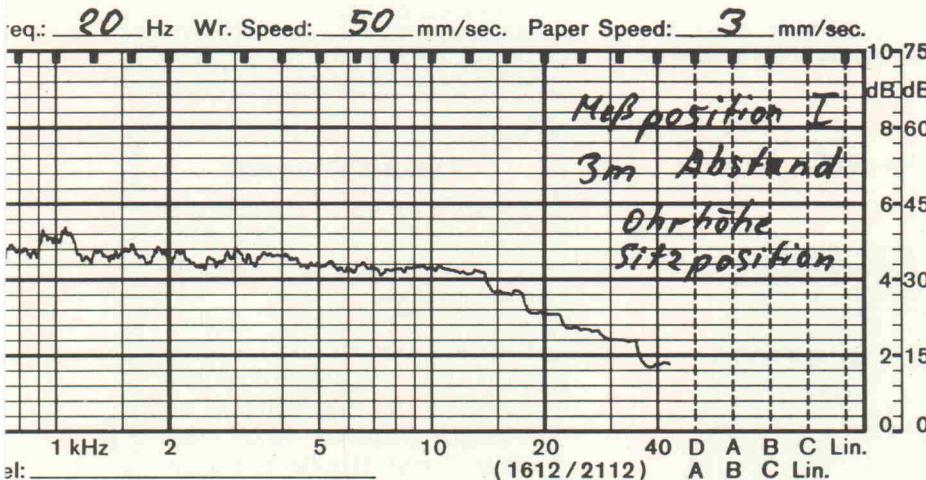
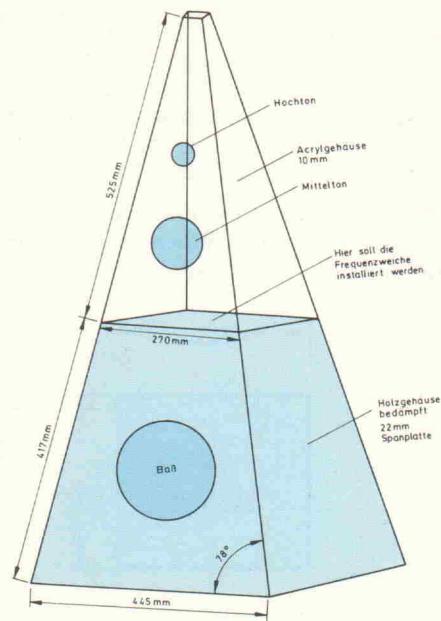
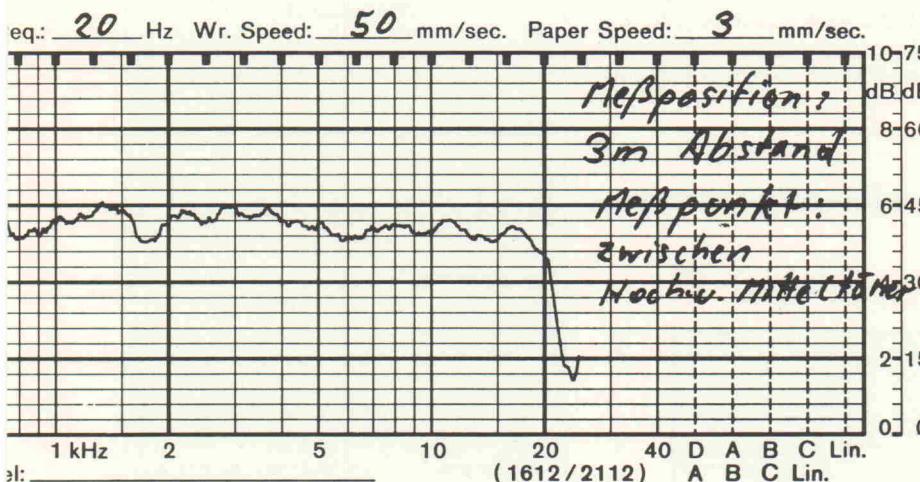


Frequenzgang einer Ton-Pyramide mit Rosa-Terzrauschen.

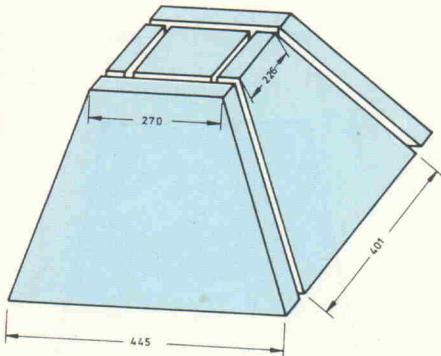


Kirrfaktor einer Ton-Pyramide ( $k_2 + k_3$ ).

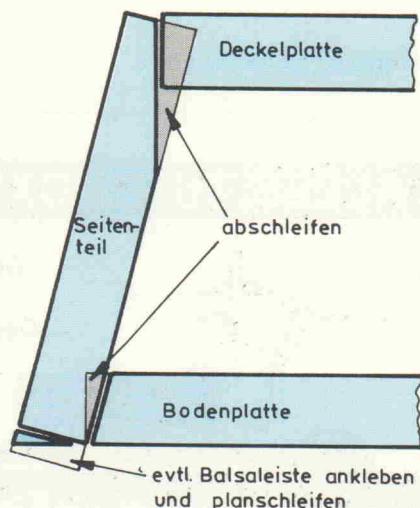
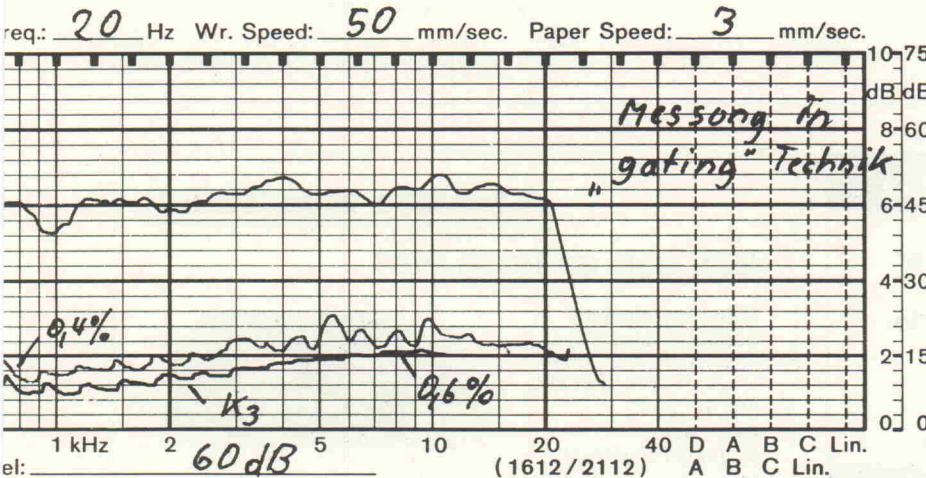
# Bauanleitung: Ton-Pyramiden



Maßskizze einer kompletten Ton-Pyramide.



Aus dieser Skizze ersehen Sie, wie die Seitenteile und der Deckel zusammengesetzt werden. Achten Sie darauf, daß immer zwei *ungleiche* Seiten-teile zusammenstoßen!



Seiten-Schnitt-Zeichnung der Bassbox. Hier sehen Sie, wie Deckel und Bodenplatte eingepaßt werden.

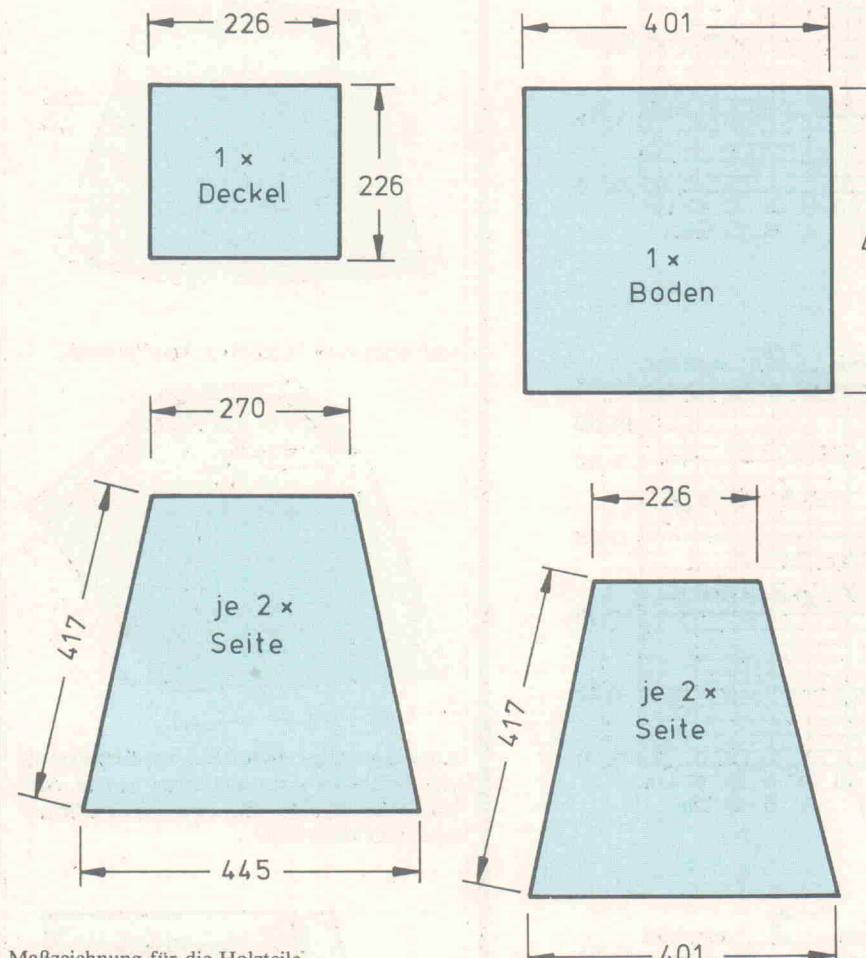
# Bauanleitung: Ton-Pyramiden

Das Loch für den Baßlautsprecher sollte als nächstes ausgesägt werden. Mit Lackspachtel und einem Schwing-schleifer wird die gesamte sichtbare Oberfläche der Box bearbeitet, bis sie 'glatt wie ein Kinder-Popo' ist.

Die das 'Werk' abschließenden matt-schwarzen Lackschichten haben wir mit einer Sprühdose aufgetragen.

Mit den Befestigungsschrauben für die Frequenzweiche verschrauben Sie nun Acryl- und Holzbox. Lautsprecher ein-setzen (Dämpfungsmaterial nicht ver-gessen), verdrahten, anschließen und fertig!

Bernd Störtebek



Maßzeichnung für die Holzteile.

## Stückliste

Gehäuse-Unterteil:	22 mm Spanplatte mit Verstärkungsleisten (nach Zeichnung)
Gehäuse-Oberteil:	10 mm klares Acrylglass (siehe Text)
Tieftöner:	WS 26 S 8 Ohm 25 cm Ø
Mitteltöner:	DMS 15 AW 8 Ohm 5 cm Ø
Professionelles Bändchen:	RHT 13 AW 8 Ohm
Frequenzweiche:	HW 3/200 8 Ohm 12 dB Bei dieser Box wurde auch der Mittelton-Signalweg mit Folien-kondensatoren bestückt.
Belastbarkeit:	130 W Dauerbelastbarkeit 160 W Musikbelastbarkeit
Frequenzbereich:	siehe Diagramm
Klirrfaktor:	siehe Diagramm
Anschlußklemmen:	LK2
Dämpfungs-Watte:	

## Einkaufshinweise

Bausätze für die Acryl-Teile gibt es bei der im Text erwähnten Firma, die Holzteile bei Spanplatten-Zuschneide-Firmen (im Branchen-Telefonbuch nachsehen) und die Visaton-Lautsprecher bei Visaton-Stützpunkt-Händlern. Im Bedarfsfall ist bei Visaton, Postfach 1652, 5657 Haan 1 eine Händlerliste anzufordern. Wir haben für einen Satz Lautsprecher (eine Box) mit Weiche, Anschlußklemme und Watte 320,— DM bezahlt.

## ALLES ZUM BOXENBAU



Autorisierter Peerless Depot-Händler

**Peerless**  
HIGH-FIDELITY

Microcomputer · Electronic-Bauteile



**KEIMES+KÖNIG**  
5100 Aachen  
Hirsgraben 25  
Tel. 0241/20041

5142 Hückelhoven  
Parkstraße 77  
Tel. 02437/8044

5138 Heinsberg  
Petersgasse 2  
Tel. 02452/21721

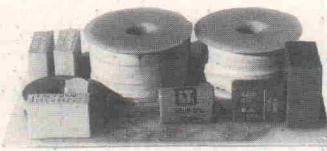
## Tännle Produkt

### Das gab es noch nie!

Frequenzweichen-Bausätze nach Euren speziellen Wünschen. Exklusiv und einmalig nur bei uns.

Das totale Bausatz-Programm.

Mehr über unsere Weichen und Boxen in unserem Katalog '83 gegen 3,50 DM in Briefmarken.



Tännle Hifi-PA

Damenstr. 3 · 7808 Waldkirch · Tel. 07681/3310 ab 16.30

# Das große Spezial-Versandhaus für excellenten Sound!

Wir haben ein Riesen-Angebot von Lautsprecher-Boxen, PA-Zeilen, Verstärkern, Musik-effektgeräten, Mikrofonen, Autoelektronik, Alarmanlagen und sonstigen Elektronikteilen. Außerdem finden Sie

Bauteile für den Hobby-Bastler.

Speziell für den Bau von Lautsprecherboxen verfügen wir über eine Vielzahl von Lautsprecherchassis der Firmen: ITT, Becker, Coral, Dynaudio,

Bell, BEC, RANK, IVC, MATSUSHITA-TECHNICS, sowie viele weitere Zubehörteile, Boxenleergehäuse und Weichen.

Fordern Sie unseren Spezial-Katalog „Hot Line“ kostenlos an!

Postfach 32,  
7570 Baden-Baden



**BÜHLER** elektronik

Auszug aus unserem Top-Angebot:

**TECHNICS, Serie Esoteric-Honeycomb**

Superleichte, bienenwabenartige Flachmembranlautsprecher mit 5 großen Vorteilen: partialschwingungsfrei, große Abstrahlfläche, gleichmäßiger Schalldruck, superdynamisches Verhalten, niedriger Klirrfaktor.



EAS-25 PL 132 S Baßkalotte  
98 dB, 37-3000 Hz, 55 W RMS,  
Korb Ø 250 mm, 5 Ohm

Best.-Nr.: 14043

DM 139,-

**Neuheit aus USA!**

Becker-Lautsprecher mit Polypropylen-membrane. Alle Woofer völlig ohne Partialschwingungen, High Temp. Coil, Temperatur-Schockableitung, verfärbungsfreier, unnachahmlicher Sound.

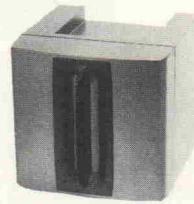


910 A 208  
Korb Ø 254 mm, 92 dB, 22-1500 Hz,  
80 W RMS, 8 Ohm.

Best.-Nr.: 11030

DM 74,50

**MATSUSHITA-TECHNICS Bändchen-Hochtöner**



EAS-10 TH 800 A  
95 dB, 3-125 KHz/20 W RMS, 6 Ohm.

Best.-Nr.: 14045

DM 259,-

**Vom Weltklasse-Hersteller Coral:**

Ausgewählte Hochtöner in Vollgußgehäusen mit Hochtondiffusoren, Membrane-Aluhorn.



H-60  
5000-22000 Hz, 107 dB,  
15 W RMS, Korb Ø 80 mm.

Best.-Nr.: (schwarz) 12067

DM 84,75

## HIFI-BOXEN ZUM HALBEN PREIS?

Wenn Sie Klang + Qualität von MIVOC-Boxen mit ähnlichen Produkten vergleichen, dann werden Sie schnell feststellen, daß Sie für gleiche Güte viel mehr bezahlen müssen. Und wenn Sie unsere bis zur letzten Schraube kompletten Bausätze kaufen, werden Sie an einem Nachmittag, nur mit Schraubendreher + Lötkolben, noch eine Menge Geld für viele zusätzliche Schallplatten sparen. MIVOC-Komplettbausätze sind so günstig, daß selbst Eigenkonstruktionen aus Einzellautsprechern + Spanplatte Gehäusen mehr kosten. Und schlechter klingen. Ganz abgesehen von den überall angebotenen Billigimporten oder ausgemusterten Restposten mit unehrlichen Leistungsangaben. MIVOC-Systeme sind einschließlich Gehäuse computerberechnet und im Labor bis ins Detail optimiert. Hören Sie selbst.

**Der Wolf im Schafspelz.** Paßt mit nur 9 Litern Volumen in jedes Regal, sogar ins Auto. Durch Spezialkonstruktion des Baßsystems (tiefgezogener Polkern) Arbeitsweise in Baßreflex-Technik. Überraschende Bässe + Spritzigkeit. Hoher Wirkungsgrad. 65 Watt. Maße: H x B x T 330 x 210 x 140 mm. Gehäuse Esche, schwarz furniert, mit abnehmbarer Frontbespannung. 38-20 000 Hz. Test ELO 7/82: „Völttreffer.“

**FERTIGVERSION BF 09** ..... DM 148,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 09** ..... DM 99,-

**N** Soviel guten Klang für so wenig Geld können Sie lange suchen: Ganz neues Baßsystem, Riesenmagnet, durch die Baßreflex-Technik sind selbst ganz tiefe Bässe voll da, sehr transparenter, sauberer Klang bis in die höchsten Höhen, mit Akustik-Diffusor, 85 Watt, 33-20 500 Hz, H x B x T 430 x 250 x 200 mm. Esche schwarz furniert, alle Systeme mit Abdeckgitter.

**FERTIGVERSION BF 05** ..... DM 176,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 05** ..... DM 124,-

**Geballte Leistung.** 22-cm-Baß- + Mitteltontsystem mit weißen Membranen + Metall-Abdeckgittern. Seiden-Hochtonkalotte. Durch High-Temperature-Voicecoils jetzt echte 100 Watt. Hochwertige Folienkondensator-Weiche. 30-20 900 Hz. Solides Gehäuse Esche, schwarz furniert. Maße: H x B x T 510 x 300 x 180 mm. Voller Baß und sehr warme, absolut natürliche Wiedergabe. Tolle Preisleistung:

**FERTIGVERSION BF 06** ..... DM 219,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 06** ..... DM 164,-

Das System mit der überlegenen Membrantechnologie aus **POLYPROPYLEN**: 23-cm-Baß, 13,5-cm-Mittelton-, 11-cm-Kalotten-Hochtontsystem. Absolut partialschwingungsfrei. Enorm impulsstreu. Sauberster und kräftiger Tiefton. Besonders verzerrungssarm. In schwerem Spezialgehäuse (H x B x T 465 x 290 x 280 mm), Esche, schwarz furniert, Metall-Abdeckgitter auf allen Systemen. Hochwertige Folienkondensator-Weiche. 28-21 000 Hz. 100 Watt. Diese Box begeistert.

**FERTIGVERSION BF 07** ..... DM 252,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 07** ..... DM 194,-

**Semiprofessionelle Baßreflex-Box.** Bis in den letzten Winkel computeroptimiert. Mehr Baß kann Ihnen keine Box gleicher Größe bieten. Trocken. Sauber. Klar. Populäre Elektronik schwärzt im Test 2/82: „Klarer + harter Baß. Durchsichtig. Prädikat: Empfehlenswert.“ 248-mm-Baß. Schweres Gehäuse Esche, schwarz furniert, wahlweise Kiefer. H x B x T 525 x 310 x 290 mm. Durch High-Temperature-Voicecoils echte 120 Watt. Hochwertige Folienkondensator-Weiche (3-Weg). 27-20 400 Hz.

**FERTIGVERSION BRB 04** ..... DM 269,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 04** ..... DM 199,-

**Das System für audiophile Hörer.** Nur edelste „Zutaten“. Auf 2 Seiten in **FUNKSCHAU 1/83** vorgestellt. 3-Weg-Baßreflex-Technik. Fordern Sie Unterlagen hierzu an. Diese Box schlägt bekannte Produkte, die weit über diesem Preis liegen! 140 Watt, 22-24 000 Hz, H x B x T 580 x 320 x 280 mm. Superschweres 32-mm-Gehäuse.

**FERTIGVERSION BF 10** ..... DM 498,-  
**KOMPLETTBAUSATZ BS 10** ..... DM 398,-

**ERKLÄRUNG:** MIVOC-Komplettbausätze enthalten **alles**: Ausgefräste + furnierte Spezialgehäuse, alle Lautsprechersysteme, ausschließlich hochwertige Folienkondensator-Weichen (fertig aufgebaut und getestet), evtl. fertiger Baßreflex-Kanal, alle benötigten Schrauben, erforderliches Dämm-Material, hochwertiges Verdrahtungs- und Zuleitungskabel, Spezial-Leim, DIN-Stecker, genaue Aufbauanleitung. So passen alle Teile 100 % zueinander. Zum Aufbau benötigen Sie Schraubendreher und Lötkolben + etwas Zeit. Alle Systeme in 4-8 Ohm, an jeden Verstärker anschließbar.

**mivoc**  
AUDIO-SYSTEME - PERFEKTION IM DETAIL



Adresse:  
Wupperstraße 16  
5650 Solingen 1  
Tel. 02122/47267 · 24 Std.  
Telex 8514470 mvks d

Generalvertretung Österreich:  
Target Elektronik  
Alte Landstraße 5  
6820 Frastanz  
Tel. 05522/21529

Wir liefern per Nachnahme oder Vorkasse direkt ins Haus oder über den guten Fachhandel. Alle Teile werden während der Fertigung und vor Versand ständig nach unseren strengen Qualitätsnormen getestet. Daher gewähren wir auf alle Teile 12 Monate Garantie bei ordnungsgemäßer Handhabung.

# Gondor, der Subbaß

K.-H. Fink, R. Erdmann

Der Subwoofer entstand so: Ein Lautsprecherhersteller brachte einen Baßlautsprecher mit zwei Schwingspulen auf den Markt, aus dem der Subwoofer, von uns 'Gondor' genannt, entwickelt wurde. Der damalige Lautsprecher konnte zwar wegen mangelnder Stabilität nicht mehr verwendet werden, doch wurde das Konzept eines über eine zweite Spule gegengekoppelten aktiven Subwoofers beibehalten.

## Warum Subwoofer?

Wohnraum ist heutzutage knapp. Der Subwoofer hilft, diesen zu sparen. Man benötigt große Gehäuse, um einen tiefen Baß abzustrahlen, beim Mittel- und Hochtontbereich kommt man jedoch mit kleinen Gehäusen aus. Da wir gehörmäßig nicht in der Lage sind, Frequenzen unter 100 Hz zu orten, kann man für diesen Bereich einen Subwoofer einsetzen. Im darüberliegenden Bereich wird dann die Abstrahlung von relativ kleinen Satelliten übernommen.

## Der Lautsprecher

Die ursprüngliche Absicht, einen Lautsprecher mit zwei identischen Spulen zu benutzen, konnte nicht verwirklicht werden. Die Firma DYNAUDIO und die Autoren entwickelten schließlich ein geeignetes Chassis auf der Basis des sehr schnellen Baßlautsprecher 30 W 5406, in dem die Steuerspule in die Zwischenräume der aus Runddraht gefertigten Antriebsspule gewickelt wurde. Da die Steuerspule keine Leistungen zu verarbeiten hat, wurde hier nur ein dünner Draht benötigt. Die Membran besteht aus dem Kunststoff MSP. Dieser neue Lautsprechertyp nennt sich 30 W-Gondor.

## Das Gehäuse

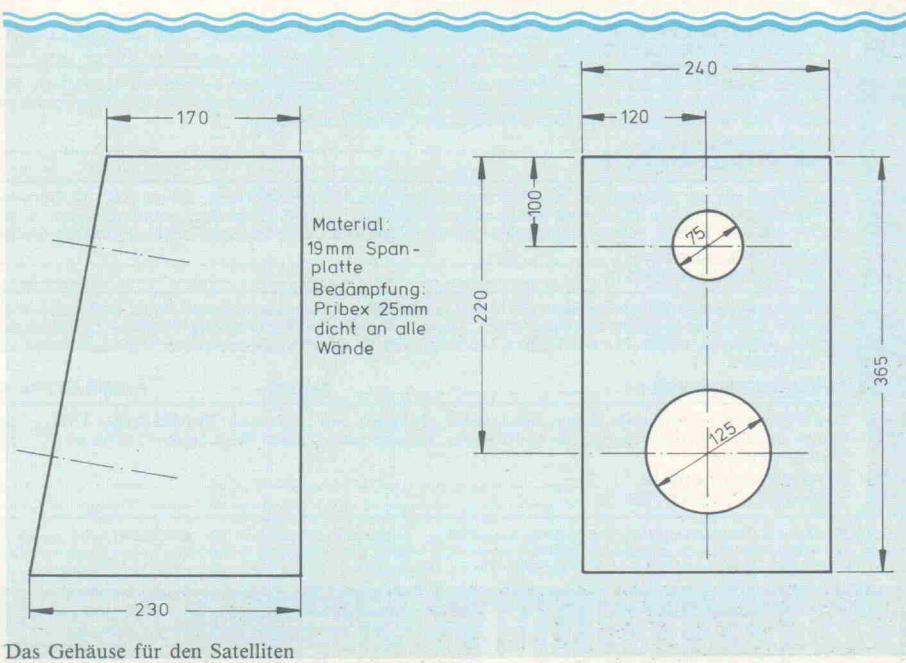
Welche Form das Gehäuse bekommt, ist eigentlich unkritisch. Wie Sie aus der nachfolgenden Schaltungsbeschreibung ersehen können, besteht die Möglichkeit, mit einem oder zwei Chassis zu arbeiten. Bei der Verwendung von zwei Chassis kann eine höhere maximale Lautstärke erzielt werden.



Für zwei Chassis benötigt man ein Gehäusevolumen von etwa 40—60 l, bei einem Chassis reichen 30 l. Die einzige Einschränkung, die gemacht werden muß, ist, daß die beiden Lautsprecher immer symmetrisch betrieben werden. Entweder setzt man sie gemeinsam auf eine Seite oder läßt sie auf zwei gegenüberliegenden Wänden arbeiten. Wir haben bei unserem Mustergehäuse 32 mm Spanplatte verwendet. Das ist noch gerade brauchbar, 38 mm sind besser. Eine Beschichtung der Innenseite mit Spachtelmasse tut der Stabilität sehr gut. Die Bedämpfung ist unkritisch. Die Auskleidung mit 50 mm dicken Pritexmatten reicht aus. Sollte der Baß noch unsauber sein, bedämpft man etwas mehr.

## Die Schaltung

Die untere Grenzfrequenz eines Lautsprechers im Gehäuse hängt bekanntlich vom Gehäusevolumen ab. Um also eine niedrige Grenzfrequenz zu erreichen, muß man große Gehäuse bauen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, durch abgestimmte Gehäusekonstruktionen die Baßabstrahlung zu verbessern, z. B. Baßreflex, Transmission-Line. Wir haben hier einen anderen Weg beschritten, um mit einem vergleichsweise winzigen Gehäuse eine verblüffende Baßwiedergabe zu erreichen. Eine Geschwindigkeitsgegenkopplung der Membran sorgt dafür, daß der Lautsprecher von seinem Gehäuse gar nichts 'merkt'. Dazu haben



## Wie funktioniert's?

Das Eingangssignal wird mit A1 und A3 gepuffert und über die Hochpaßfilter 2ter Ordnung, aufgebaut mit A2 und A4, auf die Ausgänge für die normale Endstufe gegeben. Ferner werden beide Kanäle über A5 summiert und durchlaufen dann Lautstärkeregler und ein Tiefpaßfilter 4ter Ordnung, aufgebaut mit A6 und A7. Dann folgt ein Subsonic-Filter (A8). Dieses ist unbedingt notwendig, da sonst die Schaltung keine untere Grenzfrequenz hätte und jedes Rumpeln vom Plattenspieler voll auf den Lautsprecher gehen würde. Das gefilterte Signal wird in A9 'vorverzerrt', um den Effekt der Geschwindigkeitsgegenkopplung zu kompensieren. A10 bildet mit den dazugehörigen Bauelementen die Summierstufe, wo Eingangssignal, Offsetkompensation und Korrektursignal addiert werden. Anschließend folgt eine ganz gewöhnliche Endstufe. Die-

se besitzt Clipschutzdioden in der Steuerstufe, D7 und D8, die dafür sorgen, daß nach einer Übersteuerung keine Totzeit durch in den Basisstrecken gespeicherte Ladung entsteht. Ferner sind die Transistoren des den Ruhestrom bestimmenden Kreises thermisch gekoppelt. Die Endtransistoren liegen nicht in dem den Ruhestrom bestimmenden Kreis. Durch diese Maßnahme wird eine außergewöhnliche thermische Stabilität erreicht. D9 und D10 haben die Aufgabe, in der Spule des Lautsprechers induzierte Rückschlagspannungen abzuleiten. T15, D12, T16, D13 bilden die stabilisierende Speisung für die Vorstufen und Filter. Integrierte Spannungsregler waren hier wegen der hohen Endstufenspeisesspannung nicht möglich. Das Relais dient dazu, bei abgeschaltetem Subwoofer das Signal ohne Filterung direkt zu den Ausgangsbuchsen durchzulassen. Es wird automatisch geschaltet, wenn die Vorstufenspeisung zusammenbricht.

### Geschwindigkeitsgegenkopplung

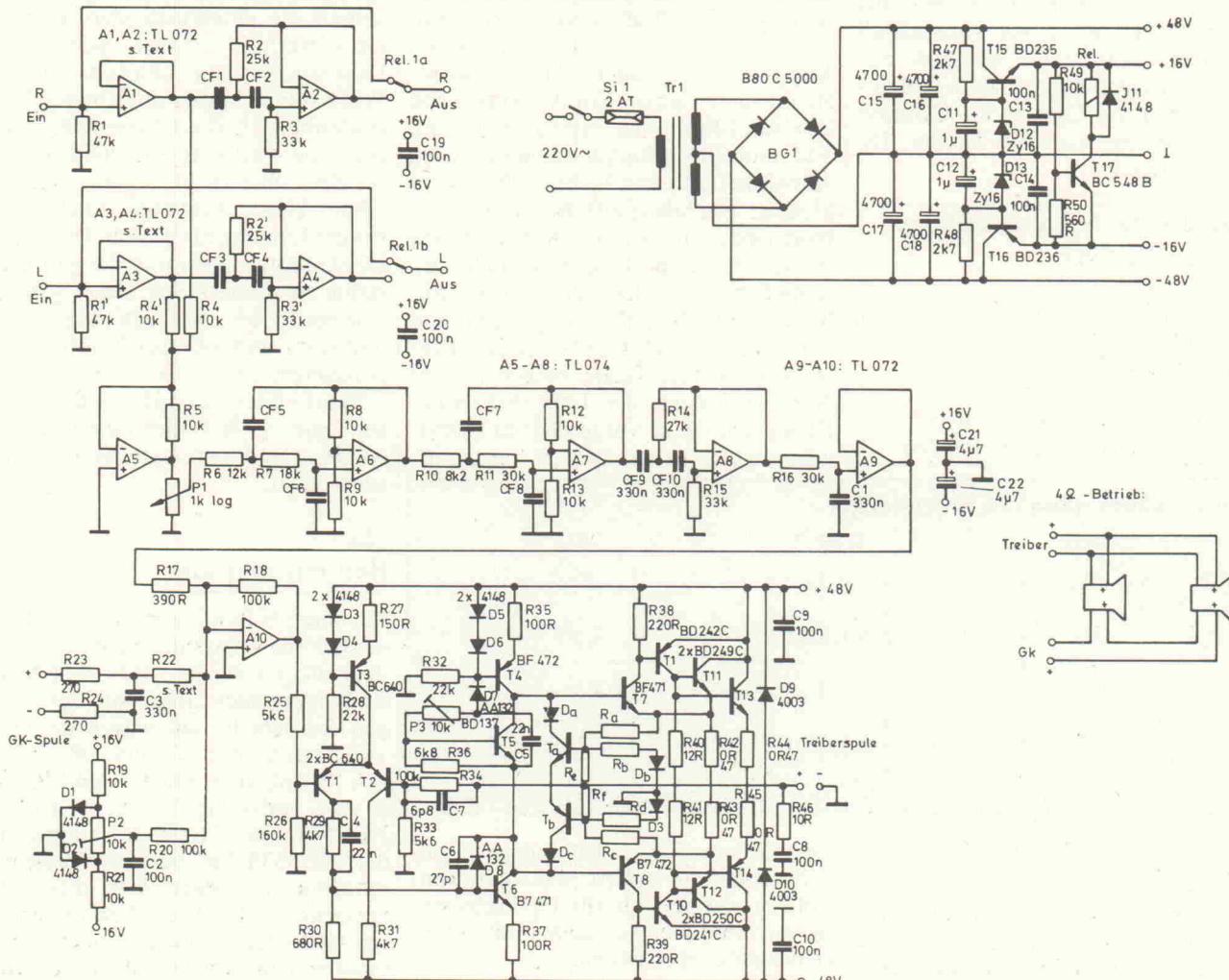
Bei jeder Bewegung der Membran wird in der zweiten Schwingsspule eine Spannung induziert, die proportional zur Geschwindigkeit der Spule im Luftspalt ist.

**U = I v x B ;**  
 I Länge des Drahtes  
 v Geschwindigkeit der Spule  
 B Induktion im Luftspalt

Da wir erreichen wollen, daß die Membran der Eingangsspannung folgt, müssen wir durch Integration aus dem Geschwindigkeitssignal ein Wegsignal machen.

$$s = v dt$$

Dieses können wir dann mit dem Eingangssignal vergleichen und gegebenenfalls nachregeln. Die Membranauslenkung ist dann nur noch von der Eingangsspannung abhängig, aber nicht mehr von den mechanischen Größen des Lautsprechers.



## Das Schaltbild

# Bauanleitung: Gondor, der Subbaß

wir einen Lautsprecher mit doppelter Schwingspule, eine Spule als Antrieb benutzt und das Signal, das in der zweiten Spule induziert wird, gegengekoppelt. Um das zu realisieren, mußte das Gerät natürlich eine eigene Endstufe haben, die etwa 120 Watt an einen Lautsprecher abgibt. Das hört sich zunächst viel an, ist aber bei den tiefen Frequenzen nicht zuviel. Wem es also nicht reicht, der kann einen zweiten Lautsprecher einbauen, dann verdoppelt sich erstens die aktive Membranfläche und zweitens leistet die Endstufe dann etwa 200 Watt. Das reicht, um jeden Nachbarn auf die Palme zu bringen!

## Endstufenschutzschaltung

Im Schaltpunkt und auch auf der Platine ist eine Schutzschaltung für die Endstufen vorgesehen. Diese ist nicht unbedingt notwendig, wenn man das Gerät fest installiert. Läßt man sie weg, so erhöht sich die Impulsfestigkeit der Endstufe, man muß jedoch in Kauf nehmen, daß die Endstufe stirbt, falls man beim Basteln einen Kurzschluß verursacht. Man kann sie auch zunächst aufbauen und vor dem endgültigen Einbau des Gerätes ins Gehäuse totlegen, indem man die Dioden Da und Dc entfernt.

### Bauteile der Schutzschaltung:

Ta	BC 548 B
Tb	BC 558 B
Da, Db,	
Dc, Dd	1 N 4148
Ra, Rc	220 R
Re, Rf	470 R
Rb, Rd	6k8 für 8 Ohm Betrieb 3k3 für 4 Ohm Betrieb

Platine gewählt, um gedrängten Aufbau, minimalen Verdrahtungsaufwand und genügend breite Leiterbahnen zu ermöglichen. Da eine durchkontaktierte Platine zu teuer wäre, müssen also einige Bauteile auch auf der Oberseite festgelötet werden (alle Bauteile, die auf der Unter- und Oberseite der Platine Lötpins besitzen)! Diese sollten zuerst eingebaut werden. Der Gleichtrichter sollte mit etwas Abstand von der Platine montiert werden, da er auch von oben gelötet werden muß. Ebenso sollten die Widerstände R39—R44 etwas höher gesetzt werden, damit im Falle eines Falles nicht gleich die ganze Platine abbrennt. Die frequenzbestimmenden Bauelemente der Weiche werden auf Dillstecker gelötet; auf der Platine sind hier IC-Fassungen vorgesehen. Die Endstufentransistoren werden so montiert, daß ihre Befestigungslöcher alle die gleiche Höhe über der Platine haben. Das erleichtert später die Montage des Kühlkörpers ungemein. Alle Transistoren müssen auf den Kühlkörpern isoliert montiert werden. T4—T8 erhalten einen gemeinsamen Kühlkörper zur thermischen Kopplung, um einen stabilen Ruhestrom zu erreichen. Ein Aluwinkel von 20 x 30 x 100 mm ist hier ausreichend. T15 und T16 erhalten ebenfalls einen Aluwinkel 20 x 30 x 70 mm, aber nicht kleiner! Nachdem alle Bauteile eingebaut sind, wird P2 auf Mittellstellung P3 auf Linksanschlag eingestellt, anschließend wird noch einmal kontrolliert, ob alle Bauteile richtig gepolt und vollständig eingelötet sind. Kleine Fehler können hier fatale Folgen haben! Nun wird noch der Lautstärkeregler P1 an den dafür vorgesehenen Lötnägeln angeschlossen. Zuletzt werden die

steckt, ebenso alle Filterstecker. Dann wird der Netztrafo über zwei Hochlastwiderstände 33 R angeschlossen, die Klemmen für die Gegenkopplungswicklung werden kurzgeschlossen und eingeschaltet. Das Relais muß sofort anziehen. Zuerst wird überprüft, ob alle Speisespannungen vorhanden sind.

## Abgleich und Test

Die Stromaufnahme darf bei abgedrehtem Ruhestrom nicht mehr als 150 mA betragen, sonst liegt irgendwo ein Fehler vor, z. B. falsch gepolte Dioden etc. Nun wird der Ausgang der Endstufe überprüft. Die Ausgangsspannung wird irgendwo zwischen Plus- und Minusspeisung liegen, sie muß mit P2 grob auf 0 Volt abgeglichen werden. Jetzt wird der Ruhestrom mit P3 auf 30—40 mA eingestellt (Spannungsabfall an den Emitterwiderständen : 20 mV). Es sollte noch überprüft werden, ob die Endstufen gleichen Strom ziehen. Sind die Abweichungen hier größer als 20 %, sollten die entsprechenden Transistoren gewechselt werden. Nun wird der Lautsprecher angeschlossen (die 33 R-Widerstände immer noch in den Trafozuleitungen!). Die Offsetspannung am Ausgang wird fein eingestellt und einige Zeit überwacht. Ergibt sich zwischen kalter Endstufe und warmer Endstufe mehr als 1 Volt Drift, so ist IC4 auszutauschen und die ganze Prozedur zu wiederholen. Jetzt wird eine Tonquelle an den Eingängen angeschlossen und überprüft, ob aus den Ausgängen auch etwas herauskommt. Verläuft alles zufriedenstellend, können die 33 R-Widerstände entfernt werden, und der erste Hörtest kann stattfinden.

## Die Bauteileauswahl

Für diese Schaltung müssen erstklassige Bauteile verwendet werden, alles andere rächt sich. R1—R24 sind Metallfilmwiderstände aufgrund des niedrigen Rauschens und wegen geringerer Toleranzen. Als D7 und D8 sind nur AA 132 möglich. Für IC1 und IC2 gibt es zwei mögliche Typen: TL 072 und NE 5538. Der TL 072 ist billiger, und der NE 5538 hat bessere Klangeigenschaften, weswegen man diesen hier vorziehen sollte. Die Filterkondensatoren CF1—CF10 sollten Folienkondensatoren sein, am besten WIMA MKP 10, denn diese haben die besten Klang-

## Anschlußbelegung der Filterstecker

	HP		TP1,2			SS		
1	x	R3	x	x	CF	x	x	R15
	x		x	x	x	x	x	x
	x	CF	x	x	R7, R11	x	x	CF9
	x		x	x	x	x	x	x
x	R2	x	x	CF	x	x	R14	x
x		x	x	x	x	x	x	x
x	CF	x	x	R6, R11	x	x	CF10	x
x		x	x	x	x	x	x	x

## Der Aufbau

Mit Ausnahme des Netzschatzers, der Sicherung und des Netztransformators sind alle Bauteile auf der Platine untergebracht. Es wurde eine doppelseitige

Endstufen auf ihren Kühlkörper montiert, ebenfalls isoliert. Es sollte kontrolliert werden, ob alle (!) Transistoren auch wirklich keinen Schlüß mit einem Kühlkörper haben.

Alle ICs werden in ihre Fassungen ge-

eigenschaften. Wird das Gerät mit einem Lautsprecher betrieben, so ist ein 220 VA-Ringkerntrafo ausreichend, bei zwei Lautsprechern sollte schon ein 330 VA-Trafo eingebaut werden. Wichtig ist nur, daß der Trafo nicht mehr als 2x30 Volt abgibt, weil sonst die Speisespannung zu hoch wird.

## Filterdimensionierung

Wir haben für alle benötigten Filter Besselfilter eingebaut, denn diese haben im Übergangsbereich eine konstante Gruppenlaufzeit und verursachen daher die geringsten Phasenverzerrungen. Im Hörtest haben wir verschiedene Filtertypen gleicher Übernahmefrequenz und Ordnung verglichen, und es hat sich gezeigt, daß Besselfilter hier ausgeglichener und weniger aufdringlich als andere klingen. HP sind Hochpaßfilter 2ter Ordnung für die untere Trennfrequenz der Satelliten. TP1 und TP2 bilden einen Tiefpaßfilter 4ter Ordnung für die obere Grenzfrequenz des Baßwürfels. Wir haben hier ein solch steiles Filter verwendet, um zu verhindern, daß die Baßbox höhere Frequenzen abstrahlt und dann ortbar wird. SS ist ein Filter 2ter Ordnung für die untere Grenzfrequenz. Die Bauteile dieser Filter sind mit einem Computer berechnet und zwar so, daß alle Kondensatoren für eine Übernahmefrequenz gleich sind. Deshalb müssen hier etwas krumme Widerstandswerte eingebaut werden, die aber in der E 24-Reihe vorkommen. Mit den angegebenen Kondensatoren von 100 nF ergibt sich eine Trennfrequenz von 72 Hz. Soll diese geändert werden, so müssen die CF1—CF8 verändert werden. Die Werte lassen sich berechnen nach der Formel:

$$CF = \frac{7200}{FO}; \text{ FO in Hz, CF in nF}$$

CF9 und CF10 sollten nicht verändert werden. Sie sind für die untere Grenzfrequenz zuständig und auf 25 Hz dimensioniert.

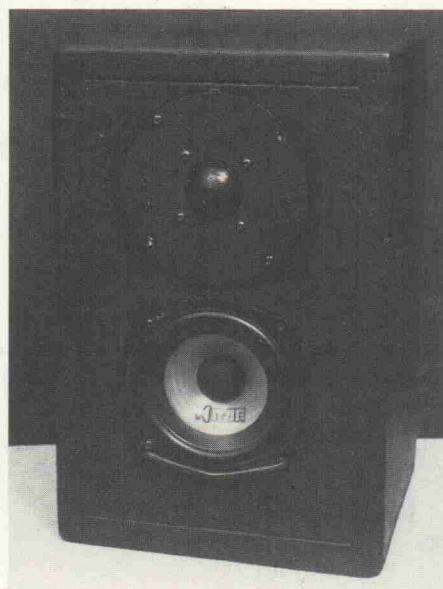
## Das Filter für den Satelliten

Besonderes Kopfzerbrechen bereitete uns die Art der Filter zur Ankopplung der Satelliten. Am Anfang verwendeten wir herkömmliche Butterworthfilter 3. Ordnung, doch beim Abhören fiel der Subwoofer immer aus dem Klangbild. Deshalb wählten wir zur Abtrennung des Subwoofers ein Besselfilter 4. Ordnung. Bei dieser Art Fil-

ter fällt der Schalldruckverlauf schon relativ früh ab. Die Satelliten werden nur mit einem Besselfilter 2. Ordnung abgekoppelt, um das gute dynamische Verhalten nicht zu zerstören. Kritiker werden uns vorwerfen, daß die Summe der Signale am Ausgang der Weiche nicht gleich dem Eingangssignal ist. Das stimmt sogar, aber haben Sie schon einmal einen Lautsprecher gesehen, der so arbeitet, wie man es vorher berechnet hatte? Entscheidend ist wohl das klangliche Ergebnis. Bei der Verwendung verschiedener Satelliten kann es auch notwendig sein, die Trennfrequenz der Satelliten tiefer zu legen. Nur Mut, es kann ja nichts kaputtgehen.

## Die Satelliten

Einen speziellen Satelliten zu empfehlen, ist eigentlich nicht notwendig, da Donar mit jeder guten Box zu betreiben ist. Unser Subwoofer vergrößert eigentlich nur die effektive Membranfläche des Satelliten. Die grundlegenden Eigenschaften des Satelliten bleiben erhalten. Eine ganz besonders gutklingende Kombination ergab sich beim Einsatz eines alten Bekannten. Es war der Harbeth LF 5“, ein kleinerer Bruder des LF8“ aus der TML 250. Der Lautsprecher wird wieder mit der Audaxkalotte HD 12x9 in einem ca. 7 Liter großen Gehäuse betrieben. Als weitere Steigerung kann man weiterhin den Shackmann-Elektrostaten einsetzen und erhält damit eine Kombination, die auch allerhöchsten Ansprüchen genügt.



Der fertige Satellit

## Stückliste

Metallfilmwiderstände	
R1, 1'	47 k
R2, 2'	25 k
R3, 3'	
R15	33 k
R4, 4'	
R5, R8	
R9, R12,	
R13, R19,	
R21	10 k
R6	12 k
R7	18 k
R10	8 k2
R11, R16	30 k
R14	27 k
R17	390 R—470 R
R18, R20,	
R26	100 k
R22	10 k für 8 Ohm Betrieb 18 k für 4 Ohm Betrieb
R23, R24	270 R
R25	5 k6

## Kohleschichtwiderstände

R27	150 R
R28, R32	22 k
R29, R31	4 k7
R30	680 R
R33	5 k6
R34	100 k
R35, R37	100 R
R36	6 k8
R38, R39	220 R
R40, R41	12 R/1 Watt
R42, R43,	
R44, R45	OR47/5 Watt
R46	10R/0,5 Watt
R47, R48	2 k7/0,5 Watt
R49	10 k
R50	560 R

## Kondensatoren

C1, C3	330 n
C2, C8,	
C19, C20,	
C13, C14	100 n
C4, C5	22 n
C6	27 p
C7	6 p8
C9, 10	100 n/100 V
C11, C12	1 μ/35 V
C15, C16,	
C17, C18	4700 μ/63 V
C21, C22	4 μ7/25 V
CF1—CF8	nach Berechnung
CF9, CF10	330 n siehe Text

## Halbleiter

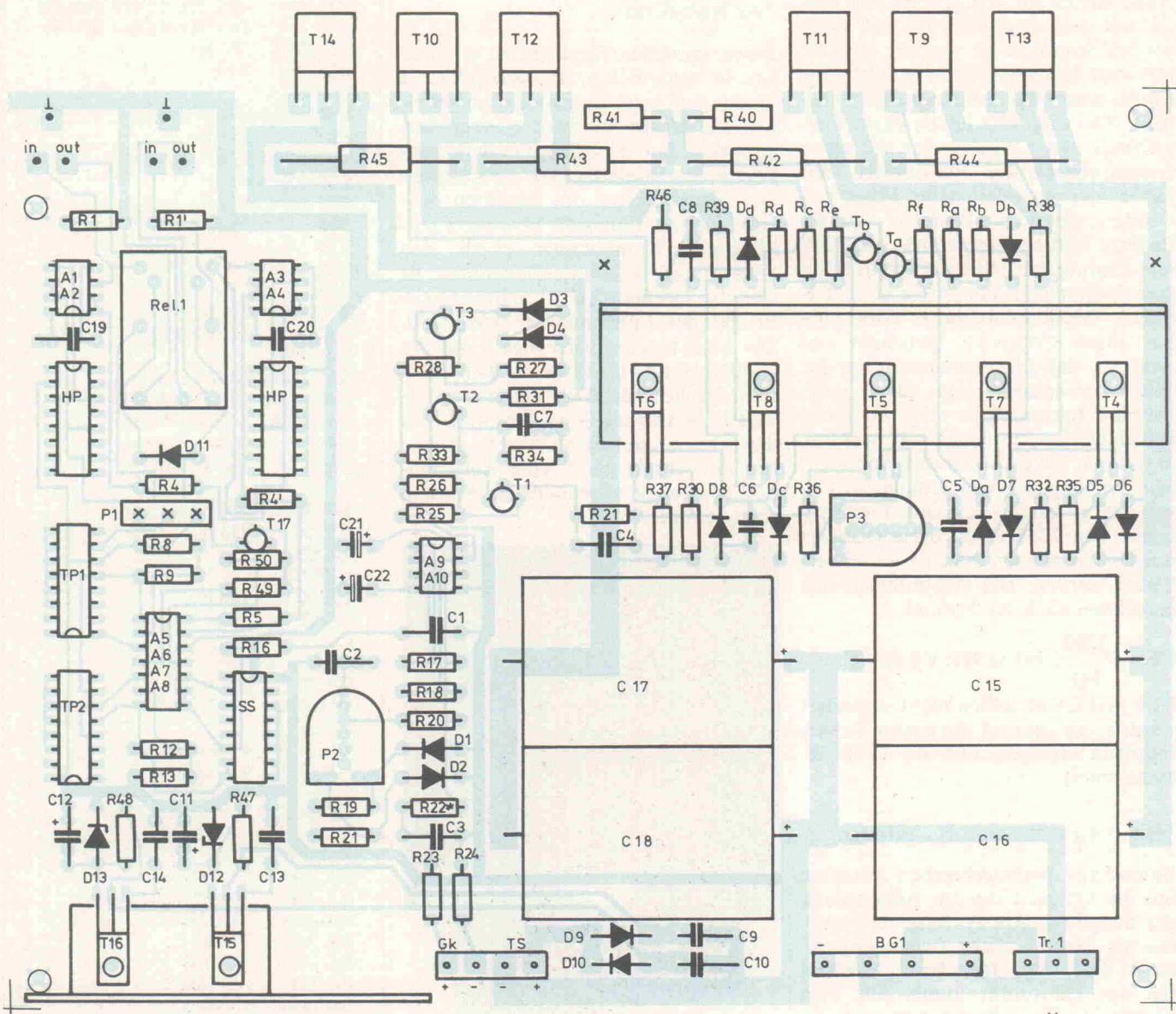
A1, A2	TL 072 siehe Text
A3, A4	TL 072 siehe Text
A5—A8	TL 074
A9, A10	TL 072
D1—D6	IN 4148
D7, D8	AA 132!!!
D9, D10	IN 4003
D11	IN 4148

Weiter auf der nächsten Seite

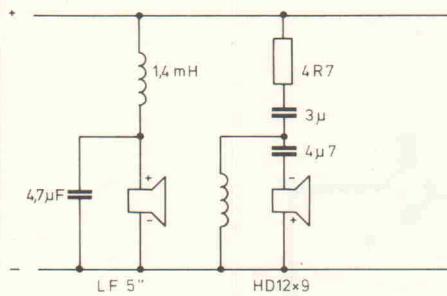
# Bauanleitung: Gondor, der Subbaß

D12, D13	ZY 16		1	Sicherungshalter
T1—T3	BC 640-10		1	Sicherung 2 A träge
T4, T8	BF 472		1	Kühlkörper
T5	BD 137			max. 0,7 K/W
T6, T7	BF 471	P1	1	Al-Winkel
T9	BD 242 C	P2, P3	1	20x30x100x2 mm
T10	BD 241 C			Al-Winkel
T11, T13	BD 249 C	5	20x30x70x2 mm	
T12, T14	BD 250 C	1	Platine doppelseitig	
T15	BD 235	3	160x205 mm	
T16	BD 236	5	Glimmerscheiben	
T17	BC 548 B	2	TO 3 P	
BG1	B80 C5000	1	Glimmerscheiben	
Sonstiges			9	TO 220
Rel1	Kartenrelais 2 x um	4		Isoliernippel
			6	Schrauben
			div.	

Bauteile Endstufenschutzschaltung siehe Text



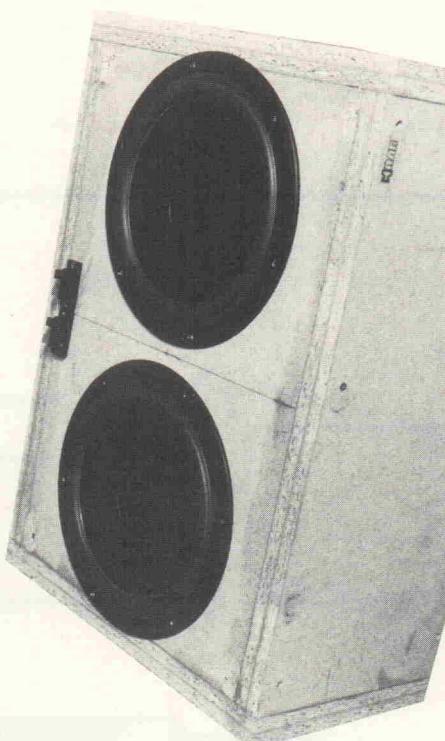
# Bauanleitung: Gondor, der Subbaß



Die Frequenzweiche für die Satelliten

## Die Aufstellung

Die Aufstellung eines Subwoofers und die Ankopplung der Satelliten bedarf einiger Sorgfalt. Der Subwoofer kann nicht überall aufgestellt werden. Eine Ortung von Frequenzen unter 100 Hz durch unser Gehör ist zwar nicht möglich, doch kann sich das menschliche Gehirn eine Rauminformation bilden, wenn die Schallwellen von einer Seite auf das Trommelfell treffen, wie es beim seitlich angeordneten und sich außerhalb des Hörplatzes befindlichen



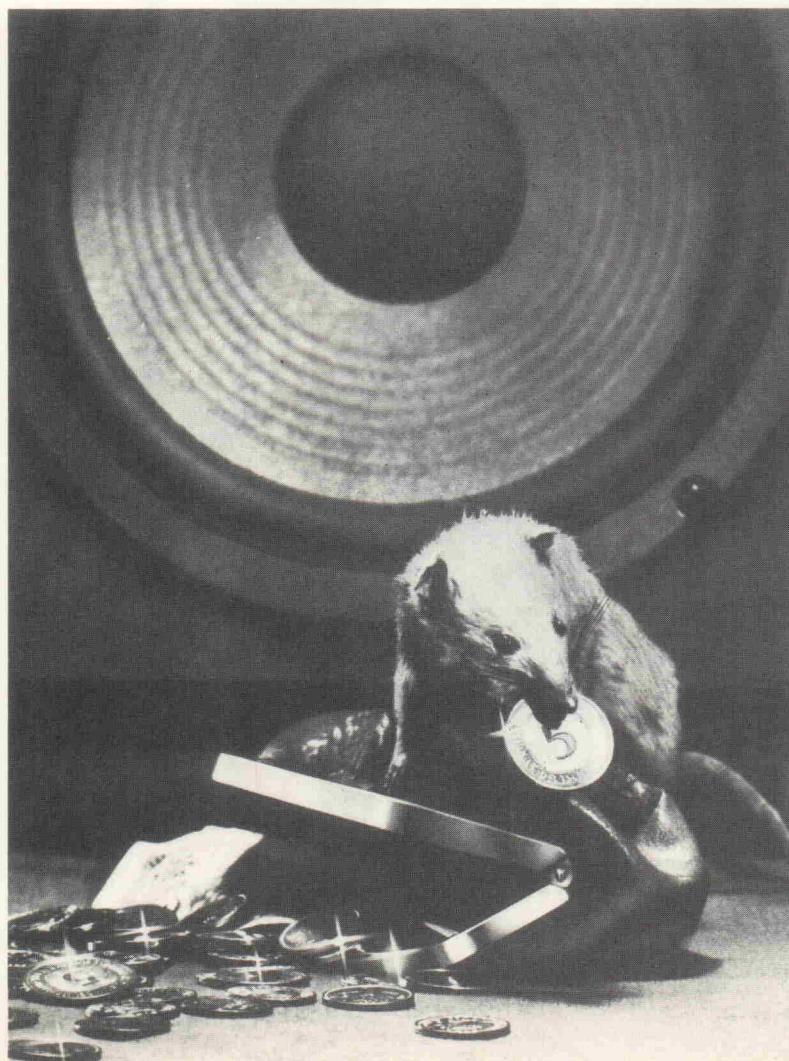
Der Subbaß mit zwei Lautsprechern

Subwoofers der Fall ist. Außerdem wirkt ein solcher Tiefbaß auf unseren Körper als einseitig gerichtete 'Druck'-Information.

Ein Subwoofer sollte immer in der Nähe der Satelliten stehen, am besten zwischen ihnen. Durch die Wahl der Filter fügt sich der Subwoofer harmonisch in das Klangbild des Satelliten ein. Ein wenig sollten Sie schon mit der Aufstellung experimentieren.

## Der Klang

Wir konnten keinen vergleichbaren Subwoofer auf dem Markt finden, der diese Art von Gegenkopplung aufweist. Wir beschränkten uns darauf, verschiedene Satelliten einzusetzen. Es macht Freude, einen Baß zu hören, der so richtig aus der Tiefe kommt. Solche feinen Unterschiede und Dynamikabstufungen hatten wir bisher noch nicht gehört. Man kann also Gondor als eine Bereicherung der nicht besonders breit gestreuten klanglichen Spitzenklasse ansehen.



## HiFi-QUALITÄT MUSS NICHT AM GELDBEUTEL NAGEN!

Durch Eigeninitiative können Sie bis zu 50 % sparen.

Unser Programm reicht vom Autolautsprecher bis zum 300 Watt-Musiker-Boxenbausatz. Dazwischen können wir für jeden Geldbeutel und Geschmack das Passende anbieten. Durch den relativ einfachen Eigenbau ihrer HiFi-Boxen mit dem IEM-Bausatz, bei dem Sie weder Fachkenntnisse noch Spezialwerkzeug benötigen, erhalten Sie durch Ihre Arbeit Spitzenqualität zu einem Bruchteil des herkömmlichen Preises. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß Sie in Form und Farbe Ihre individuellen Vorstellungen optimal verwirklichen können.

Sind Sie interessiert? Dann fordern Sie doch einfach völlig unverbindlich unser kostenloses Informationsmaterial an.

Übrigens: Unter allen Einsendern verlosen wir jeden Monat zwei IEM HiFi Bausätze 110.

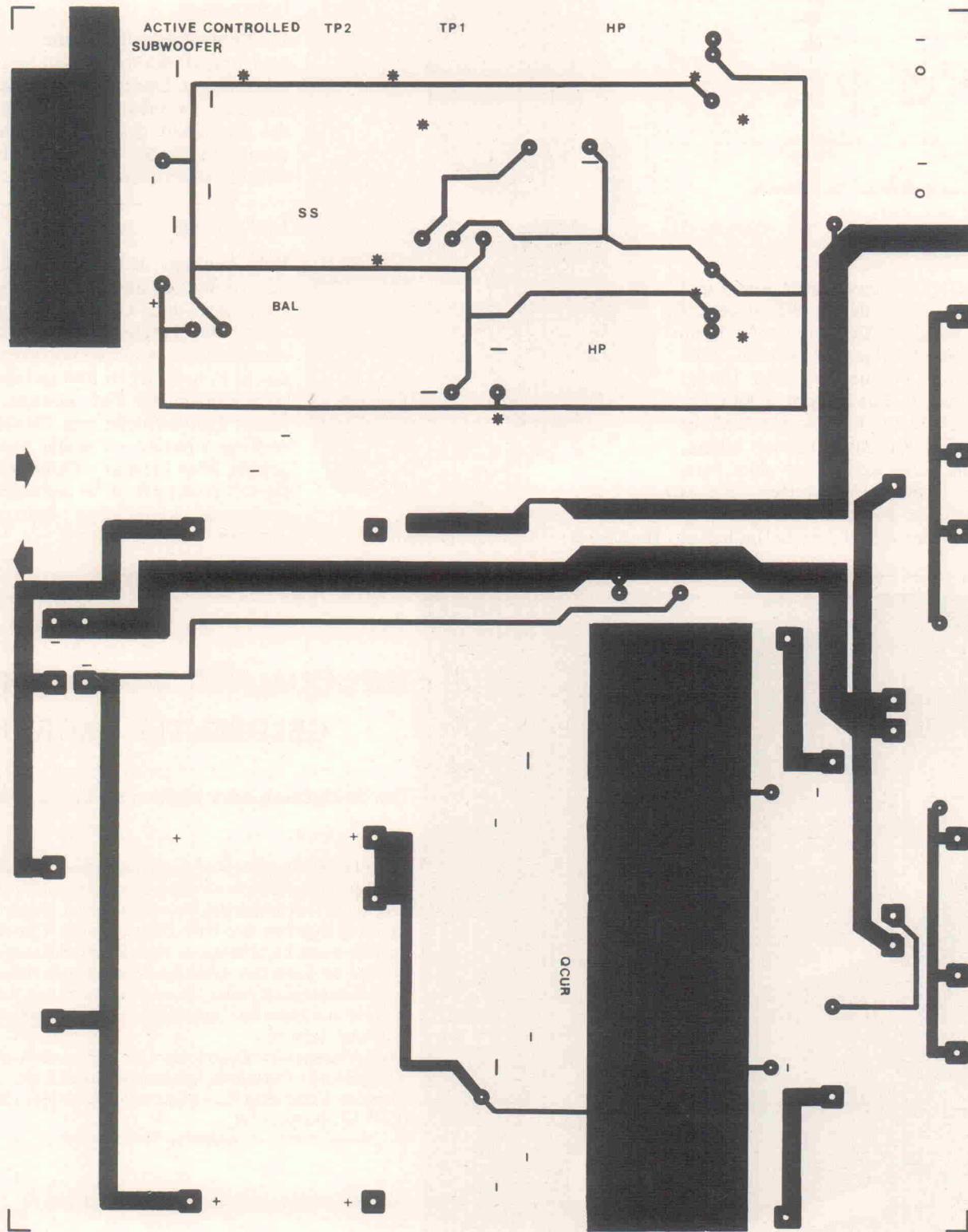
Die Verlosung findet unter Ausschluß des Rechtsweges statt.

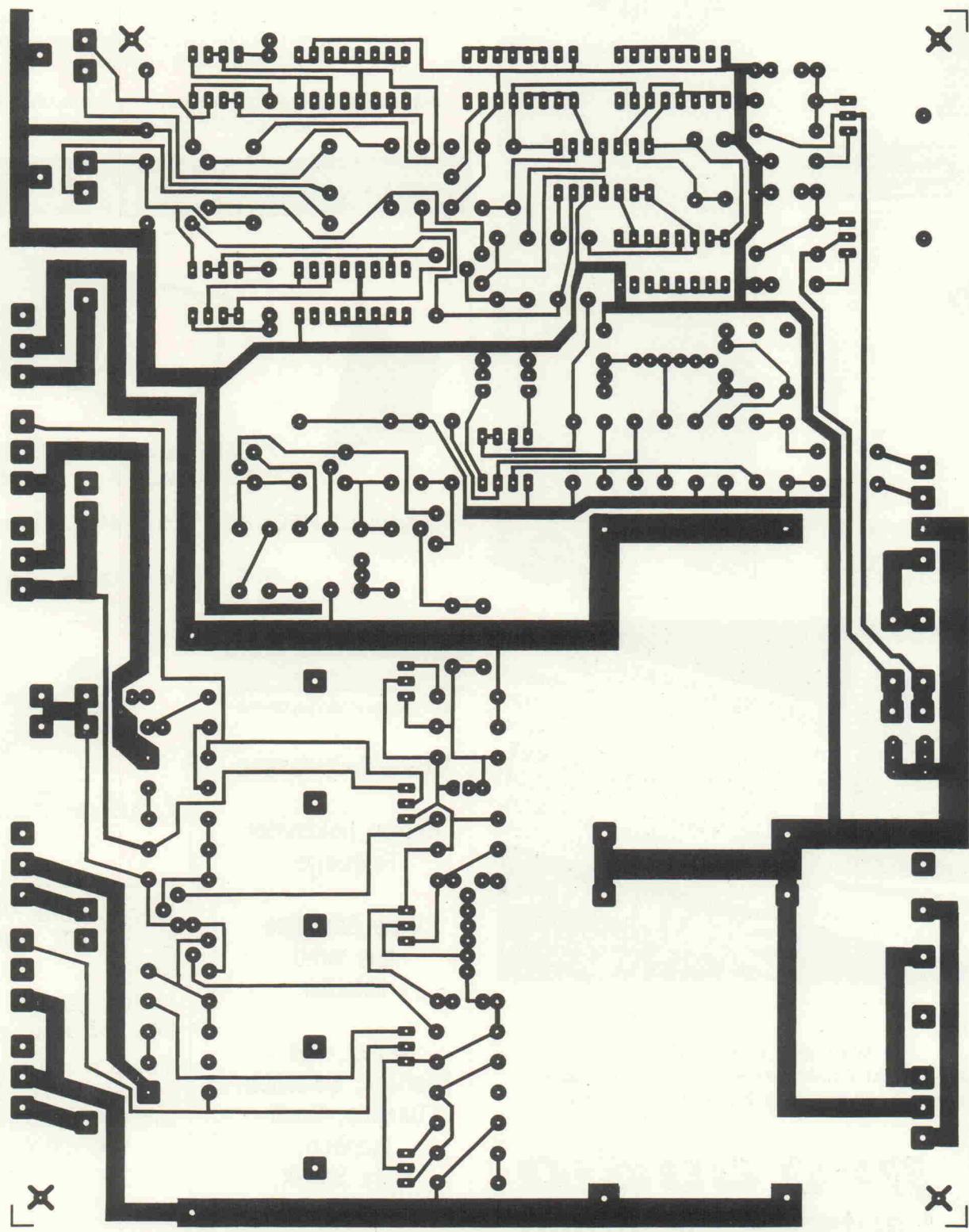
Postkarte genügt, bitte unter Kennwort „EL 04“ an

IEM-Industrie Elektronik GmbH  
Postfach 40  
Hofstetterstraße 20 · 8901 Welden

IEM

# Bauanleitung: Gondor, der Subbaß





HECOMP HiFi Lautsprecher-Bausteine  
 KC25 ... 19,20 TC170 ... 34,80 TC300 ... 82,90  
 KC38 ... 27,70 TC200 ... 36,75 N2 ... 19,40  
 KC56 ... 43,85 TC240 ... 44,70 N3 ... 31,60  
 KC59 ... 30,65 TC260 ... 68,60 N4 ... 46,—  
 Kombinationen  
 KC25 + ... sin 25W 89,—  
 KC25 + KC38 + TC200 + N3 ... 50W 115,—  
 KC25 + KC56 + TC240 + N3 ... 90W 163,—  
 KC25 + KC59 + TC130 + TC300 + N4 ... 110W 222,—  
 KC25 + KC52 + TC200 + 4xTC200  
 + N4 + Kond 10μF/20VAC ... 150W 318,—



ITT-Lorenz „ALTO“!  
 Hi-Fi-Baßreflex-Box 140 W (sin)  
 160W (Max) 3-Weg-8-mm  
 Frequenz: 35 Hz bis 25000  
 Hz/Kalotten HT-Pegelregl. f  
 HT + MT (HxBxT) 560x330x250  
 mm. Nußbaumgehäuse oder  
 Schwarz. Stk. ... DM 268,—



AUTON 65/SDK Autoradio-Kassetten-Kombigerät,  
 Vollstereo, UKW/MW, autom. Scharfzeichnung  
 (AFQ) Stereo/Mono-Sch., arretierb. Schnell-Vorlauf,  
 Autostop.

AUTON 60 (o. SDK) ... 18 Watt DM 108,—  
 AUTON 55 (SDK) ... 18 Watt DM 128,—

WECO	Weg	Watt	Paar
LS-250	1	25	25
LS-260	2	25	25
LS-402	2	40	48
WSE650	3	60	108,—

PIONEER Car Stereo	Auto-Lspr.	Paar
KP 3500/SDK	278,—	TS 107 ... 20W 72,—
KE 1300/SDK	498,—	TS 108 ... 20W 98,—
KE 5000/SDK	568,—	TS 168 ... 40W 158,—
KEX 20	388,—	TS 1600 ... 60W 185,—
KEX 73	928,—	TS 1650 ... 60W 248,—
KP 202G	248,—	TS X-10 ... 10W 310,—
GM 4	148,—	TS Z80 ... 60W
KP 66G + GM 4	398,—	(Auto/Heim) ... 388,—

audio cassetten	Maxell	ab 10 ab 50
AD 90	4,40	4,30
SA 60	4,70	4,60
SA 90	5,70	5,60
SAX 80	5,30	5,20
SA 90	5,90	5,70
MA 80	8,50	8,00
MA 90	12,—	11,—
MA 90	18,—	17,—

Nachnahme, bei Vorkassezahlg. (ec-Scheck)  
 2% Skonto. Preisliste DM 1,20 (Briefmarken)

**hifi mössinger**  
 Wilhelmstr. 87, 7547 Wildbad  
 Telefon (07081) 2545

# vifa

Der Klassiker in der Lautsprecherentwicklung, 1933 - heutige, wegweisende Technologie, überragende Qualität.

Deutschland-Vertrieb:  
 IEV elektronische Bauteile-Verr. GmbH  
 Postfach 1321  
 2865 Osterholz-Scharmbeck  
 Telefon: 05491-1 22380  
 Telex: 247 05 iv

i.e.v.

## LSV LUDWIGSHAFEN Lautsprechershop Hieske

Wir führen alles  
 zum professionellen Lautsprecherbau  
 ● Elektro Voice ● Kef ● Multicel ● Celestion  
 ● Dynaudio ● Visaton ● Hados/zum Selbstbau von  
 Frequenzweichen, Spulen und Folienkondensatoren,  
 Gehäusebaupläne vorhanden.

Bei uns Beratung und Frequenzweichenentwicklung  
 unverbindlich. Wir beraten Sie gern!

6700 Ludwigshafen, Dürkheimer Straße 31, Tel. 0621/673105  
 Ausf. Katalog gegen 4,— DM in Briefmarken.



Kort Elektronik GmbH  
 3251 Ottenstein 05286/407

STANDARD RECORDS DYNAMIK EXPANDER  
 CX Decoder

Hi-Fi Großlautsprecheranlagen

### speaker selection

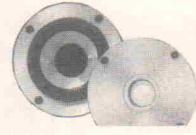
Die Lautsprecherspezialisten

### Eigenentwicklungen

Kopien bekannter  
 Testsieger

Viele Bausätze  
 aus elrad  
 lieferbar

Audax, KEF,  
 Peerless, Celestion,  
 Gamma, Coral,  
 Isophon,  
 Scan Speak,  
 Dynaudio, usw.



Lothar Kaiser

Heco, Siare, Valvo,  
 Seas, ITT, Becker,  
 Coral.

Liste gegen 1,60  
 DM in Briefmarken.

Valvo Hochtöner  
 80/100 W 19,90  
 Siare Mitteltöner  
 80/100 W 19,90

### speaker selection

HiFi-Vertriebs-GmbH, 3500 Kassel  
 Friedenstraße 2, Tel. 0561/22915

Poststraße 24  
 2190 Cuxhaven  
 Tel. (04721) 35652

**UNSER NEUER KATALOG**  
 mit über 150 Lautsprecherchassis,  
 genauen Daten und vielen Bautipps.  
 Viel Zubehör, mit Programmen v.  
 HEKO, VALVO, PIONEER, KEF,  
 PHILIPS, VISATON, MONACOR  
 CELESTION, DYN AUDIO, MUL-  
 TICEL, WHARFEDALE u.a. nur DM 1,50 (Briefmarken)

**STATRONIC**  
 Alle elektronischen Bauteile und HiFi!  
 Postfach 200 277 Abt. RE  
 2000 Hamburg 20  
 (040) 46 40 36

Wir führen fast alles!  
 Mehr als 25 Paar Boxen zum Selbstbau vorführbereit!  
 Machen Sie sich unsere Erfahrungen zunutze!

**pro audio**  
 Lautsprecherstudio

2800 Bremen 1, Am Dobben 125, Telefon 0421/75219, ab 11 Uhr  
 \*\*\*\*\* Katalog gegen 1 DM in Briefmarken \*\*\*\*\*

# Das Podszus Horn

H.-G. Preissler/H. Woita

Zu Beginn unserer Arbeit hatten wir einen Lautsprecher aus dem Podzus-Görlich-System, den TT 200-37.

Schon in den 50er Jahren entwickelt und in mehreren Patentschriften veröffentlicht, wurden seine Vorfahren unter der Markenbezeichnung 'Zellaton' verkauft.

Dr. Podzus erkannte schon damals, daß Hartschaumstoffe mit niedrigem Gewicht ein weitgehend neutrales Medium ohne Eigenschwingungen mit hoher innerer Dämpfung den besten Membranbaustoff für dynamische Lautsprechersysteme darstellen.

Verwendung findet dabei weder Styropor noch Polyurethan, sondern ein leichter Hartschaum mit spezieller Hohlraumstruktur. Die Membran des TT 200-37 wiegt ganze 3,5 Gramm im Gegensatz zu einer gewöhnlichen Papiermembran, deren Gewicht ca. 10—15 Gramm beträgt. Ein weiterer Vorzug: Der Hartschaum ist so steif, daß er weitgehend partialschwingungsfrei arbeitet.

Der Klirrfaktor dieses Systems liegt unter 1 %.

Die Dynamik und der Wirkungsgrad sind hervorragend.

Das erklärt es natürlich, warum diese Lautsprecher in erster Linie in echten Studio-Monitoren wie z. B. beim Rundfunk Verwendung finden. Diesem außergewöhnlichen Lautsprecher-System wollten wir Rechnung tragen und ein ebenbürtiges Gehäuse schaffen.

Bekanntermaßen hat das Gehäuse denselben Einfluß auf den Klang wie der Lautsprecher.

Dabei kamen vier Gehäuse-Systeme in Frage:

## 1. geschlossenes Gehäuse

Es schied aus, da der Lautsprecher keine akustische Aufhängung zuläßt.

## 2. Baßreflex-Gehäuse

Wir fanden den Klirrfaktor vor allem bei der 2. Harmonischen mit ca. 10 % zu hoch für dieses System. Überdies reicht die Tieftonwiedergabe nicht weit genug herab.

## 3. Transmission-Line-Gehäuse

Es schied aus, da die Resonanzfrequenz und die Dämpfung des Lautsprechersystems es nicht zuließen.

## 4. Das Horn

Diese Möglichkeit haben wir aus folgenden Gründen gewählt: Das Horn ermöglicht eine hervorragende Dynamik mit sehr gutem Wirkungsgrad.

Die Tieftonwiedergabe kann bis weit unter die Resonanzfrequenz erfolgen. Der Klirrfaktor des Horns kann bis zu 1 % erreichen, ist also sehr niedrig, so daß der Klirrfaktor des ganzen Systems kaum ansteigt.

Auch beim Horn gibt es Möglichkeiten, den Frequenzverlauf zu beeinflussen, wie Bild 1 zeigt.

Wie ersichtlich, hat das hyperbolische Horn eine Überbetonung der Tiefen, das konische Horn einen zu flachen Verlauf.

Die Wahl fiel daher als bestem Kompromiß auf das Exponential-Horn. Eine weitere Entscheidung war noch zu treffen: entweder ein Back-Loaded-Horn oder ein Front-Loaded-Horn zu bauen.

Bei einem FL-Horn strahlt der Treiber nur ins Horn und nicht direkt, wie es zum Beispiel beim Klipsch-Horn der Fall ist.

Das BL-Horn strahlt den Schall nach vorne direkt ab, und von der Membranrückseite wird der Schall ins Horn geleitet.

Der Hauptunterschied besteht darin, daß das FL-Horn immer und nur einen sehr tiefen Übertragungsbereich aufweist und daher ein Mitteltonhorn erforderlich wird.

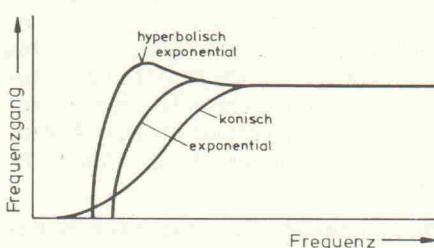
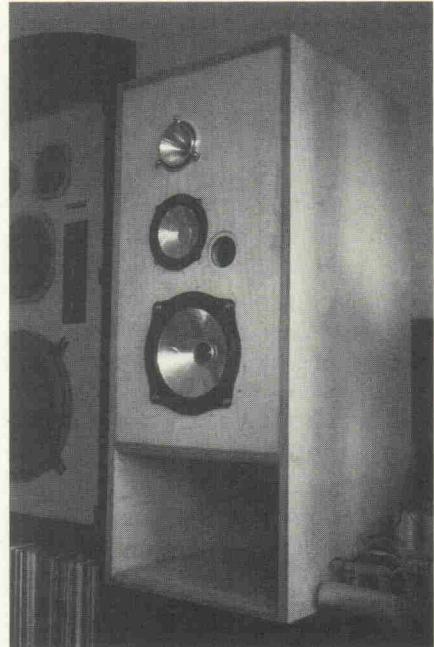


Bild 1. Frequenzverlauf verschiedener Hörner



Die Übergangsfrequenz zum Mitteltöner kann beim BL-Horn dagegen beliebig gewählt werden.

Im extremsten Fall ist es sogar möglich, mit einem einzigen Treiber auszukommen, wie es zum Beispiel Lowther praktiziert.

Aber das kam in unserem Fall nicht in Frage.

Da unser Lautsprecher über einen guten Wirkungsgrad verfügt und sehr gute untere Mitten produziert, entschieden wir uns für ein BL-Horn. Das Horn hat die Aufgabe, den Baßbereich anzuheben und den Klirrfaktor bei den unteren Frequenzen zu dämpfen.

Geschenkt bekommt man dabei eine Erweiterung des Frequenzganges nach unten und eine Bedämpfung des Impedanzanstieges bei der Resonanzfrequenz.

Um die tiefen Frequenzen aus dem Horn im richtigen Punkt von dem direkt abgestrahlten Schall abzutrennen, wurde eine Kompensationskammer benötigt.

Gleichzeitig werden damit Interferenz-Erscheinungen unterbunden. Diese Kompensationskammer ähnelt der Druckkammer in einem Druckkammerlautsprecher.

Hier aber haben wir weitgehend auf eine zusätzliche Beschleunigung der Luft verzichtet, um den Wirkungsgrad des Horns dem direkt abgestrahlten Schallanteil des Lautsprechers anzupassen und den Klirrfaktor geringzuhalten.

Nach all diesen Vorüberlegungen ging es an die Konstruktion des Horns. Ein

# Bauanleitung: Das Podzus Horn

gestrecktes Horn kam nicht in Frage, denn wer hat schon Platz in seiner Wohnung dafür.

Außerdem soll auch fremder Schall, z. B. reflektierter, nicht in das Horn fallen und den Klang verfärbten können. Es muß daher ein gefaltetes Horn sein.

Das Horn kann auch nicht so lang gemacht werden, wie es wünschenswert wäre, die Ausmaße bekäme man in kein Zimmer. Es muß daher vorzeitig abgebrochen werden.

Das wiederum hat selektive Pegelsprünge zur Folge, die dem menschlichen Gehör aber bei tiefen Frequenzen nicht auffallen. Klirren kann da bei weitem schlimmer sein.

Die Pegelsprünge wurden durch die richtige Dimensionierung der Länge, ähnlich einer Transmission-Line-Box, weitgehend aufgefangen. Da die Resonanzfrequenz des Lautsprechers bei 32 Hz liegt, wurde die untere Grenzfrequenz des Horns auf 16 Hz festgelegt. Die obere Grenzfrequenz wurde mit dem Kompensationshohlraum auf 110 Hz begrenzt.

Durch Veränderung des Hohlraums mit Dämmaterial oder einer Verkleinerung des Hohlraums kann die obere Grenzfrequenz verändert werden. Es wurde zunächst ein gestrecktes Horn berechnet und zeichnerisch konstruiert.

Anschließend wurde die Haltung festgelegt.

Es folgte nur eine Faltung, um den Fremdschall unwirksam zu machen, der in das Horn eindringen kann (Reflexionen im Raum). Aber nur eine Faltung, um Reflexionen im Horn selbst so wenig wie möglich aufkommen zu lassen.

In der Konstruktionszeichnung ist die Faltung mit einem Pfeil markiert. Eine weitere Forderung lag in einer Mitteltonkammer und in einer größtmöglichen Nachbausicherheit.

Mit der Faltung des Horns und dem Baumaterial, den Spanplatten oder wesentlich besser Birkensperrholz (weist eine höhere innere Dämpfung auf, das Gehäuse wird verfärbungsärmer) mußten Kompromisse eingegangen werden.

Das Horn besteht aufgrund des Materials aus kurzen konischen Teilstücken. Dort, wo es umgelenkt wurde, setzen wir 'Reflektoren' ein, um die Horncharakteristik möglichst wenig zu beeinflussen.

Dazu waren umfangreiche Berechnungen notwendig.

Man kann sagen, daß ohne den Elektronenrechner die Konstruktion dieses Horns fast unmöglich gewesen wäre, zumindest aber wesentlich länger gedauert hätte.

Durch die Eigenart dieser Konstruktion war es möglich, mit nur einem einzigen Winkel auszukommen, der nicht  $90^\circ$  oder  $45^\circ$  beträgt. Die Rückwand wurde zusätzlich verstellt, um keine Subschwingungen hervorzurufen.

Diese Versteifung wurde in der Berechnung berücksichtigt. Die Mittelton-Kammer bekam eine Ventilationsöffnung, um den Mittelton-Treiber, der ebenfalls ein Podzus-System ist, an den Tieftöner anzupassen.

Der hervorragende Klang kann garantiert werden, wenn man sich an die Bauanleitung hält.

Veränderungen in den Abmessungen haben katastrophale Folgen! Ebenso sind die nachfolgenden Hinweise auf die Bedämpfung und die Weiche dringend zu beachten.

## Aufbau des Gehäuses

Beim Bau einer Exponentialbox ist die Stabilität des Gehäuses von größter Wichtigkeit. In Betracht kommen daher nur sehr feste Materialien wie kreuzschichtweise verleimtes Sperrholz von einer Stärke von 19 mm oder ähnliches. Im vorliegenden Fall haben wir uns für dreizehnschichtiges Birken-Sperrholz entschieden, da es in Hinblick auf Stabilität und innere Dämpfung optimale Werte besitzt.

Die Bauteileliste gibt die genauen Abmessungen der Holzteile an. Beim Aufbau des Gehäuses geht man am besten folgendermaßen vor:

Man legt ein Seitenteil auf den Boden und zeichnet gemäß dem Bauplan zuerst einmal die Lage der einzelnen Holzteile ein. Danach verleimt man die Teile miteinander, wobei darauf geachtet wird, daß alle Fugen absolut dicht sind, da man nach der Fertigstellung im Inneren des Gehäuses nichts mehr korrigieren kann. Als kleine Hilfe leistet ein Tacker gute Dienste, mit dem man die Holzteile bis zum Abbinden des Holzleimes (z. B. Ponal) fixiert.

Die nun zwischen den sogenannten Reflektoren und den dahinterliegenden Ecken entstandenen Hohlräume wer-

den zwecks absoluter Resonanzdämpfung mit trockenem und feinem Sand aufgefüllt. Geeignetes Material findet man als Vogel- oder als Aquariumsand in entsprechenden Geschäften. Als Alternative kann auch gesiebter und trockener Bausand verwendet werden.

Ist dieser Teil abgeschlossen, werden schon jetzt die Lautsprecherkabel in das Gehäuse gelegt und gut befestigt. Um der hervorragenden Güte der verwendeten Lautsprecher Rechnung zu tragen, sollte nur Kabel mit einem Querschnitt von mindestens 2,5 mm verwendet werden. Auch hier gilt die Devise: je dicker desto besser.

Nach nochmaliger Überprüfung wird nun noch das fehlende Seitenteil aufgesetzt, verleimt und mit Schraubzwingen fixiert.

Jetzt kann man daran gehen, die Öffnungen für die Lautsprecherchassis in das Gehäuse zu schneiden.

Die kleine Öffnung neben dem Ausschnitt für den Mitteltöner ist eine Ventilationsöffnung und trägt zu einer dem Baß ebenbürtigen Luftigkeit in



*Bauanleitung: Das Podszus Horn*

der Wiedergabe mittlerer Frequenzen bei.

Die Plazierung dieser Öffnung sowie deren Durchmesser ist nicht sonderlich kritisch. Wir fanden einen von Durchmesser von ca. 50 mm und eine nahe Anbringung am Mitteltonchassis als optimal heraus.

Als nächstes wird vor dem Eintritt in das Exponentialhorn durch den Ausschnitt für den Baßlautsprecher hindurch das kleine Brett mit den Abmessungen 20 x 11 cm eingesetzt, das gemäß der Gehäusebauzeichnung eingebaut wird. Es sorgt als Umwegelement für den Ausgleich von Laufzeitunterschieden von der Rückseite der Baßlautsprechermembran bis zum Eintritt in das Exponentialhorn.

Das Brett (Bild 2) vor der Hornöffnung erzeugt eine Verwirbelungszone, die wie ein Umwegelement wirkt. Damit werden Laufzeitunterschiede, genau wie bei einem Hochtonhorn, ausgeglichen. In Bild 2 wird das deutlich: Die Wege A und B des Schalles sind gleichlang. Der mögliche kürzere Weg

C wird durch das Brett ausgeschlossen. Die Verwirbelungszone schließt längere Laufstrecken für die Wege A und B aus. Das Brett muß vor der Schallwand stehen, um die Horncharakteristik nicht zu beeinflussen.

Das fertige System sollte auf einen ca. 3–5 cm hohen Sockel gestellt werden.

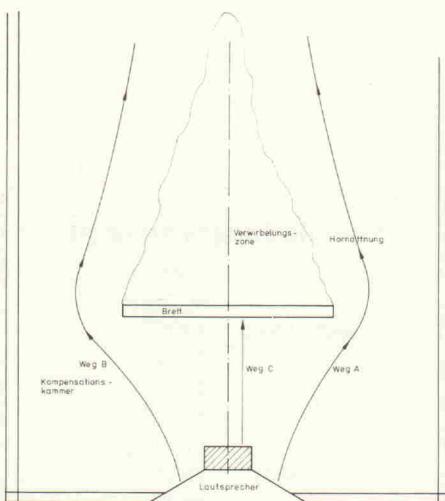


Bild 2. Das Umwegelement

## Stückliste Podszushorn

Material: Birkensperrholz  
19 mm,  
13-schichtig

Anzahl:	Abmessungen:
2	44,1 x 35 cm
1	86,8 x 35 cm
1	52,1 x 35 cm
1	25,3 x 35 cm
1	17,8 x 35 cm
1	33,9 x 35 cm
1	15 x 35 cm
1	13,1 x 35 cm
1	64 x 35 cm
2	90,6 x 44,1 cm
1	20 x 11 cm

**Mit beidseitigen Abschrägungen  
45°:**

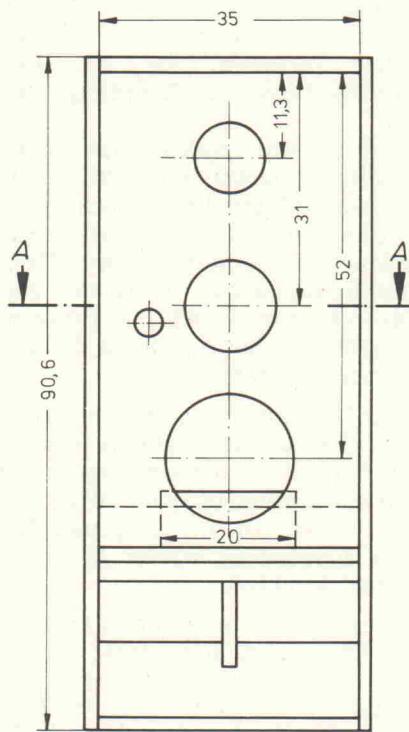
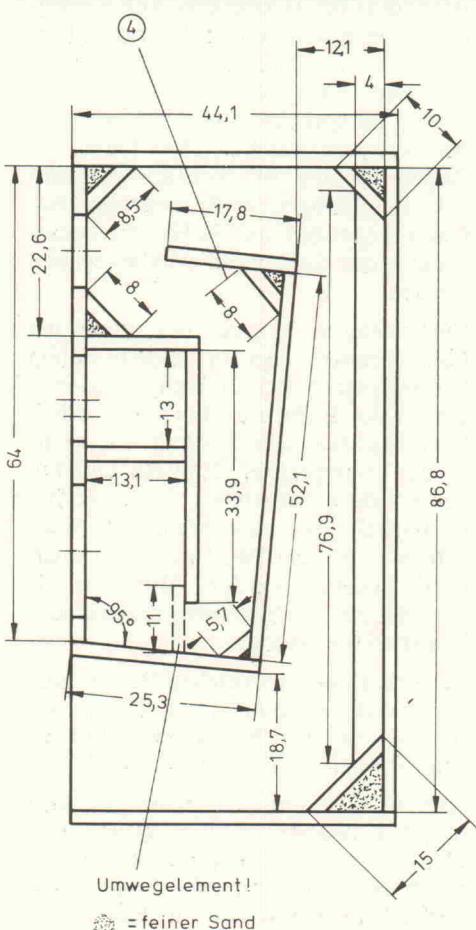
Anzahl:	Abmessungen:
1	15 x 35 cm
1	10 x 35 cm
1	8,5 x 35 cm
2	8 x 35 cm
1	5,7 x 35 cm

Zusätzlich eine 19 mm starke Leiste von 4 cm Breite mit einer Länge von 76,9 cm zum Versteifen der Rückwand.

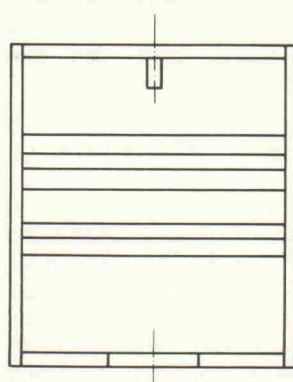
## Die verwendeten Lautsprecher

Schon am Anfang unserer Beschreibung haben wir darauf hingewiesen, daß diese Konstruktion ausschließlich auf die verwendeten Lautsprecherchassis abgestimmt wurde. Ein Austausch einzelner Lautsprecher (Baß-Mitteltöner) hätte katastrophale Folgen.

Als Baßlautsprecher wählten wir das Modell Podszus TT 200/37 Al 8 Ohm.



Schnitt A-A



# Bauanleitung: Das Podszus Horn

Der Mitteltöner ist das Modell Podszus MT 130/25 Al 4 Ohm.

Es muß auf jeden Fall die 4 Ohm-Version Verwendung finden, da sie in bezug auf Wirkungsgrad und Anpassung optimal integriert wurde.

Die Frequenzweiche wurde hierfür speziell angepaßt. Als Hochtöner kommen nur dynamische Hornlautsprecher in Frage, da handelsübliche Kalotten und Bändchenlautsprecher weder über einen genügenden Wirkungsgrad, ein ebenbürtiges Dynamikverhalten noch über eine ausreichende Belastbarkeit verfügen.

Als geeignete Modelle empfehlen sich die Modelle von JBL, Electro Voice, oder Choral.

In unserem Fall haben wir uns für das System Choral H 105 entschieden, da es als Ringgradiatator eine extrem geringe Masse aufweist und hervorragende Ein- und Ausschwingvorgänge produziert, eine hohe Belastbarkeit aufweist und darüber hinaus noch preiswert ist.

In jedem Fall muß bei der Verwendung eines solchen Hochtöners ein Pegelregler (L-Glied) verwendet werden.

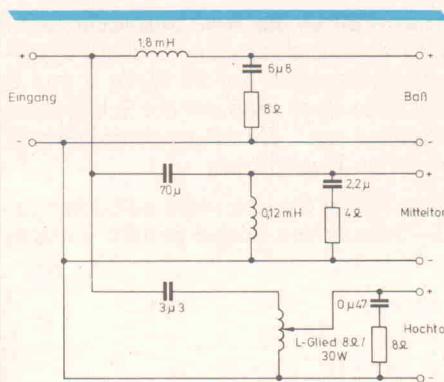
Die Weiche ist — sonst selten angewandt — mit 6 dB/Oktave ausgeführt. Mehrere Versuche mit anderen Flankensteilheiten zeigten kein in sich so homogenes Klangbild und eine solche räumlich gestaffelte Wiedergabe.

Der Einsatz einer Frequenzweiche mit einer geringen Flankensteilheit erfordert jedoch Lautsprecher mit großen linearen Wiedergabebereichen und hohen Belastbarkeiten. Beide Forderungen werden von den verwendeten Chassis mit großer Sicherheit erfüllt.

Um ein konstantes Arbeiten der Weiche sicherzustellen und klangabträgliche Rückwirkungen der Lautsprecherchassis auf die Frequenzweichen auszuschließen, bekam jedes der Chassis eine Impedanzequalisation, die zusätzlich zur Linearisierung des Widerstandsverlaufes über den gesamten Wiedergabebereich beiträgt.

Die Bauteile einer solchen Weiche sollten auf jeden Fall von bester Qualität sein.

Wir empfehlen die Verwendung von Spulen mit großem Drahtdurchmesser und MP- sowie Folienkondensatoren mit geringen Toleranzstreuungen. Die Unterbringung der Bauteile kann teils in der Vorkammer (Baßspule) und teils in der Mitteltonkammer erfolgen.



Die Frequenzweiche

## Bauteile Frequenzweiche

Spulen:	2mH und 0,12mH
Kondensatoren:	1x 70 μ 1x 6 μ 8 1x 3 μ 3 1x 2 μ 2 1x 0 μ 47
Widerstände:	2x 8R 1x 4R
L-Regler:	8R (min. 30 W)

## Bedämpfung

Die Bedämpfung des Mitteltongehäuses stellte sich als besonders schwierig heraus. Als optimal erwies sich nach langen Versuchen das als BAF-Wadding bekannte Dämpfungsmaerial.

Es genügt, den verbleibenden Gehäusehohlraum locker und gleichmäßig mit diesem Material anzufüllen. Andere Dämpfungsstoffe würden wegen größerer innerer Reflexionen Klangverschlechterungen bewirken (vgl. Glas- oder Steinwolle). Das Exponentialgehäuse ist mit Ausnahme der Vorkammer unbedämpft.

In der Vorkammer kommt aus akustischen Gründen der englische Schaumstoff 'Pritex' zur Verwendung. Dieses Material arbeitet in seiner Wirkungsweise selektiv, d.h., daß genau definierte Frequenzen stärker absorbiert werden als andere.

In unserem Fall müssen dies Frequenzen zwischen 200 und 800 Hz sein, die durch Schallreflexionen in der Vorkammer verursacht werden. Aus demselben Grund wird danach noch das gesamte verbleibende Vorkammervolumen locker mit BAF-Wadding ausgelegt. Die Menge des Materials ist durch Abhören zu bestimmen.

Wird der Baßbereich zu stark reproduziert, so wird stärker gedämpft und umgekehrt. Die Feinabstimmung dieser Wiedergabeeinheit verlangt einige Zeit und etwas Fingerspitzengefühl, aber entschädigt hinterher durch ein ungemein lebendiges Klangbild und eine regelrecht frische Klangwiedergabe, wie sie sich mit 'konventionellen' Boxen nicht erreichen läßt.

## Das Klangergebnis

Der Klang ist so, wie man es so von einem Lautsprecher dieser Güte erwartet: durchsichtig, sauber, ausgeglichen und mit viel Dampf im Baßbereich. Man kann unerhört viele Einzelheiten heraus hören, die normalerweise verborgen bleiben.

Aus der Natur der Sache resultiert ein unglaubliches Impulsverhalten im gesamten Wiedergabebereich, das sich gerade bei der Wiedergabe von Einzelinstrumenten besonders bemerkbar macht. Wer einmal einen gezupften Kontrabaß oder ein hart geblasenes Saxophon darüber abgehört hat, muß zweifellos zustimmen.

Besonders die Wiedergabe von Schlag- und Zupfinstrumenten (Gitarre, Percussions, Schlagzeug) profitiert deutlich vom Impulsverhalten der verwendeten Lautsprecher und der Auslegung der Frequenzweiche. Die Tiefe der Baßwiedergabe ist ebenfalls erstaunlich. Bei genügender Raumgröße können Frequenzen um 30 Hz mit beeindruckender Sauberkeit wiedergegeben werden.

Ein weiterer Vorteil des gesamten Lautsprechers liegt in seinem hohen Wirkungsgrad (95 dB/Wm), wodurch eine dicke Endstufe überflüssig wird. Hier zeigt sich sehr deutlich, wie wichtig der Lautsprecher als letztes Glied in der Wiedergabekette ist. Bei einer Belastbarkeit von mindestens 150 Watt (Musik) könnten Pegel von ca. 116 dB wiedergegeben werden. Dies nur als Hinweis auf die Reserven, die in dieser Konstruktion stecken.

Bedenkt man, mit welchen Pegeln normalerweise abgehört wird, ist zu verstehen, mit welcher großen Verzerrungsfreiheit dies geschehen wird.

Alles in allem: ein sehr neutraler Lautsprecher in einem nicht zu großen Gehäuse, der durch Linearität und gleichzeitig sehr gutes Impulsverhalten bei großartiger Auflösung zu überzeugen weiß.

# AUDAX

HiFi Lautsprecher



AUDIO  
PROJEKT

Augustenstr. 82 A 7000 Stuttgart 1  
Tel. 0711/620885 Tx. 722015 apaps

**APS**

Elektrostatische  
Lautsprecher

## VISATON® Lautsprecher: Viel Klang fürs Geld!

Technik und Werkstoffe der VISATON®-Lautsprecher entsprechen dem neuesten Stand und bieten eine gleichbleibend hohe Klangqualität, die durch laufende Kontrolle gemäß den DIN-Normen DIN 45500 und DIN 45573 garantiert wird.

Unser Programm:

- Lautsprecher-Chassis von 1—300 Watt
- Akustiklinsen zur optimalen Schallverteilung
- Frequenzweichen und Kupferspulen
- Bespannstoffe, Schaumfronten, Ziergitter

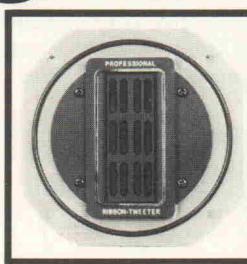
Fürs Auto:

- Formschöne, leistungsstarke Tür-, Heck-Lautsprecher und Zubehör
- Sonstiges sinnvolles Zubehör



### PETER SCHUKAT

Postfach 1652, D-5657 Haan/Rheinl. 1,  
Tel.: (02129) 704649, Telex: 859465 VISAT d  
Vertretung in der Schweiz: Mundwiler-Electronic,  
Soodstraße 53, CH-8134 Adliswil, Tel.: 01/7102222  
Vertretung in Österreich: Ily-electronics, Norbert Hofer,  
Blumengasse 70, A-1170 Wien, Tel.: 0222/451116  
Vertretung in Dänemark: O. B. Carlsen,  
Orstedsgade 19, DK-6400 Sonderborg, Tel.: 04/427045

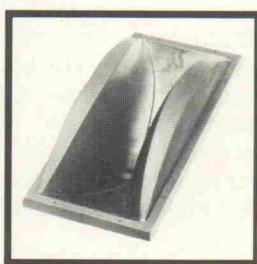


RHT 13 AW. Dynamischer Bändchen-Hochtöner, aufwendiges Schallführungssystem, ultralinearer Frequenzgang, hochmagnetische Strontium-Ferrit-Stäbe.

130/200 W, 2700—42000 Hz.



DR 11.13. Professioneller Mittelhochton-Treiber. Sehr ausgeglichener Frequenzgang. 70/100 W, 8 Ohm. Übertragungsbereich 800—20000 Hz (1000—12000 Hz ±2 dB), mittl. Kennschalldruck 108 dB/1W/1m.



MH 20.46. Mitteltonhorn aus resonanzarmen Hartschaum, schwarz strukturiert, unterer Frequenzbereich 500 Hz. Bauhöhe 220 mm, Einbautiefe 120 mm.

Besuchen Sie uns auf der  
Hobby-tronic '83 in Dortmund  
27. 4. — 1. 5.  
Halle 5, Stand 5072



„Alles über Lautsprecher“ von Hartmut Oberhoff. Das Lautsprecherbuch m. 120 S. Vom Schall, den Lautsprecherarten, Frequenzweichen und mit Bauanleitungen zum Selbstbau von Boxen.

# Die Dynaudio-Pyramide

Bauvorschläge für Lautsprechergehäuse in Pyramidenbauweise existieren eigentlich in genügender Anzahl. Leider beschränken sich die meisten Baupläne auf das einfache Bauprinzip der geschlossenen Lautsprecherbox.

Da aber die Gehäusebauform der Pyramide viele akustische Vorteile besitzt, haben wir ein Gehäuse dieses Typs entwickelt, das auch die hohen Ansprüche der HiFi-Freaks voll erfüllen kann. Durch die beiden inneren Bretter (akustische Spoiler), die einen linearen Antrieb der Passivmembrane bewirken, wird der Nachbau ein kleines bißchen aufwendiger, was aber durch eine präzise und knackige Abstrahlung des unteren Frequenzbereiches gerechtfertigt wird.

## Wo liegen die Besonderheiten dieser Kombination?

Wie bereits erwähnt, zeichnet sich dieses Baukonzept durch die Verwendung einer Passivmembrane aus. Dadurch wird der physikalisch begründete Abfall der Strahlungsintensität des 22 cm-Baßlautsprechers bei tiefen Frequenzen kompensiert. Da in einer Pyramide keine Seitenwand zur anderen parallel ist, treten auch keine stehenden Wellen im Gehäuseinneren auf. Die Partialschwingungen des Gehäuses werden dadurch auf ein Minimum reduziert. Ein weiterer Vorteil der Pyramide ist die sich nach oben verjüngende und geneigte Schallwand. Die Phasenlage der einzelnen Lautsprecher bleibt daher nahezu konstant, und die Kantenreflektionen im Hochtontbereich sind durch die schmale Schallwand vernachlässigbar klein. Eine konstante Phasenlage der Lautsprecher ist ein wichtiges Kriterium bei der räumlichen Reproduktion des Klangbildes.

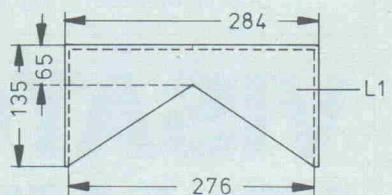
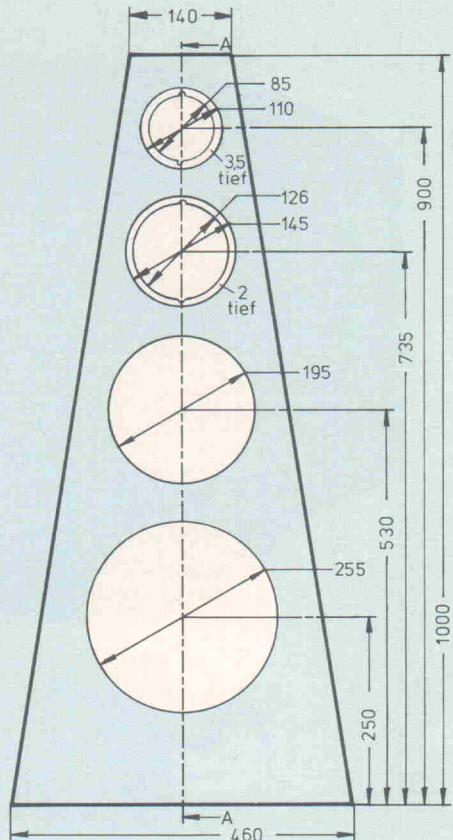
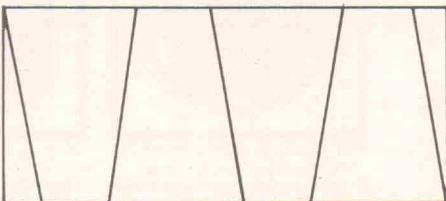
## Akustische Spoiler – das Salz in der Suppe

Die im Gehäuseinneren angebrachten

Bretter L1 und L2 bewirken einen linearen Antrieb der Passivmembrane. Wenn bei einem Musikimpuls sich die Membrane des Baßlautsprechers nach innen bewegt, wird die Schallwelle durch den Spoiler L1 in den hinteren Gehäusepart gelenkt. Eine direkte akustische Kopplung von Baßlautsprecher und Passivmembrane, die einen unlinearen Hub des Passivstrahlers bewirken würde, wird dadurch vermieden. Der Spoiler L2 verteilt den Schalldruck so, daß die Schallwellen die konusförmige Membrane des Passivstrahlers an jeder Stelle zur gleichen Zeit erreichen. So kann die Passivmembrane der Bewegung des Baßlautsprechers exakt folgen.

## Mechanischer Aufbau

Wir haben die Pyramide aus 22 mm dicken Spanplatten aufgebaut. Spanplatten sind wegen ihrer guten inneren Dämpfung und ihrer Unabhängigkeit von Klimaeinflüssen besonders gut zum Bau von Lautsprechergehäusen geeignet. Zudem sind sie in einem guten Baumarkt fertig zugeschnitten zu bekommen. Da die Zuschnitte meistens nur im rechten Winkel erfolgen, ist es sinnvoll und ökonomisch, sich die Seitenteile aus einer rechteckigen 127,2 cm x 100 cm großen Platte nach unten abgebildetem Muster zuzuschneiden.



Die Ausschnitte für die Lautsprecher lassen sich am einfachsten mit einer Stichsäge anfertigen. Perfektionisten, die über eine Oberfräse verfügen, sollten Mittel- und Hochtontlautsprecher versenkt einbauen, um die Kantenreflektionen zu minimieren.

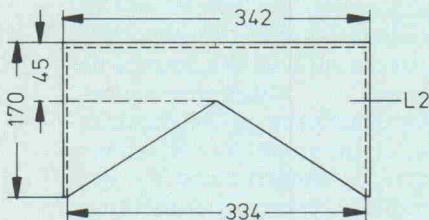
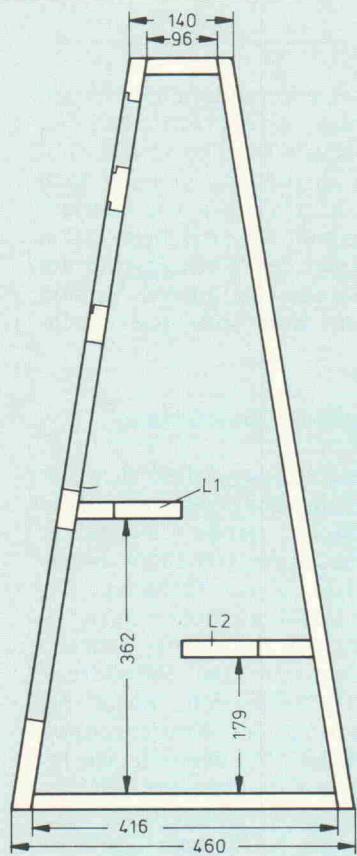
Den Aufbau beginnt man am besten mit der Rückseite. Auf diese werden dann die beiden Seitenteile geleimt. Die Ober- und Unterteile sowie die beiden Spoiler L1 und L2 werden nun mit einem Hobel derart angeschrägt, daß

Hochtöner:	DYNAUDIO D-21
Frequenzbereich:	2000— 40 000 Hz
Nennbel.:	600 W
Resonanz- frequenz:	1200 Hz
Durchmesser:	110 mm
Steigzeit:	10 $\mu$ s



Mitteltöner:	DYNAUDIO D-52
Frequenzbereich:	500—6000 Hz
Nennbel.:	300 W
Resonanz- frequenz:	280 Hz
Durchmesser:	145 mm
Steigzeit:	45 $\mu$ s





sie sich einpassen lassen. Jetzt beginnt man mit den Bedämpfungsmaßnahmen. Sämtliche inneren Holzteile werden ca. 2 mm (siehe Liefernachweis) dick mit Spachtelmasse bestrichen. Diese erhöht das spezifische Gewicht des Holzes und bewirkt meßtechnisch das gleiche, als wenn das Gehäuse aus 44 mm dicken Platten aufgebaut würde. Als nächstes erfolgt das Auskleiden der Wände mit Dämpfungsmaterial. Pritex hat sich hier als außerordentlich wirkungsvoll erwiesen. Die Schallwand und die Spoiler brauchen nicht be-

dämpft zu werden. Hier reicht eine Beschichtung mit Spachtelmasse aus. Weitere Bedämpfungsmaßnahmen sind nicht erforderlich. Zuviel des Guten würde nur nachteilig in Erscheinung treten.

Als letztes wird die Schallwand aufgeleimt. Nach dem Verdrahten der Frequenzweiche lässt sich diese problemlos durch den Ausschnitt für den Passivstrahler im Gehäuseinneren befestigen. Die Lautsprecherchassis werden von vorne in die Schallwand eingesetzt. Die luftdichte und resonanzfreie Abdichtung der Lautsprecherchassis auf der Schallwand wird am einfachsten mit dem Montageleim LX2 der Firma DYNAUDIO erreicht. Kleine Holzscreuben genügen dann zur Fixierung der Chassis.

### Die Lautsprecherbestückung

Für den Antrieb der Passivmembrane ist ein Baßlautsprecher mit harter Membrane, großem Hub und schnellen Anstiegszeiten notwendig. Unsere Wahl fiel auf den 21 W-54 des dänischen Herstellers DYNAUDIO. Mit einer MSP-Kunststoffmembrane, einem extremen Hub von 24 mm und der kurzen Anstiegszeit von 95  $\mu$ s erfüllt er diese Forderungen mit Leichtigkeit.

Die flüssigkeitsgekühlten Hoch- und Mitteltonlautsprecher D-21 und D-52 stammen vom gleichen Hersteller. Sie sind aufeinander abgestimmt und können mit phasenkonstanten 6 dB-Filtern betrieben werden. Dieses sichert den geforderten gleichmäßigen akustischen Phasenverlauf. Wie uns vom Hersteller bestätigt wurde, besitzt diese Kombination eine Nennbelastbarkeit von 160 W. Impulse von 1000 W werden aber auch ohne Beschädigungen der Lautsprecher sauber verarbeitet. Damit sind Schalldruckspitzen bis 128 dB möglich, was diese Kombination für das kommende Digitalzeitalter tauglich macht.

### Die Frequenzweiche

Die Frequenzweiche lässt sich nach dem abgebildeten Schaltplan leicht

# AUDAX

HiFi-Lautsprecher in den besten Boxen der Welt!



Wir bieten Ihnen die große Auswahl an

- Lautsprecherchassis
- kompl. Bausätzen
- Frequenzweichen
- Profi-Luftspulen bis 2,5 mm Ø Draht
- Zubehör
- Lieferung sofort ab Lager —

Unterlagen gegen 3 DM in Briefmarken.

AUDAX-Distributor:



**proraum** GmbH  
Abt. Elektroakustik  
Babbenhausener Str. 57  
4970 Bad Oeynhausen 11  
Tel. 05731/95544  
Telex 9724842 kroe d  
24-Std.-Telefonservice

nachbauen. Sie entspricht der von DYNAUDIO angebotenen Weiche DF 3-160. Für HiFi-Freaks, die den Schallpegel der Mittel- und Hochtöner selber einstellen möchten, lassen sich Pegelregler nach abgebildetem Schaltbild bauen. Dazu werden Festwiderstände mit einem zweipoligen Stufenschalter umgeschaltet. In der Weiche muß der jeweilige Knotenpunkt an R1 oder R3 aufgetrennt werden, und die Anschlüsse müssen mit den entsprechenden Punkten am Pegelregler verbunden werden. Der verwendete Stufenschalter sollte eine Mindestleistung von 5 W aufweisen.

### Die Abstimmung des schwingenden Systems

Die Abstimmung des Systems ist auße-

**Baßlautsprecher:** DYNAUDIO 21 W-54  
Frequenzbereich: 35—5000 Hz  
Nennbel.: 160 W  
Resonanz-  
frequenz: 31 Hz  
Durchmesser: 222 mm  
Steigzeit: 95  $\mu$ s

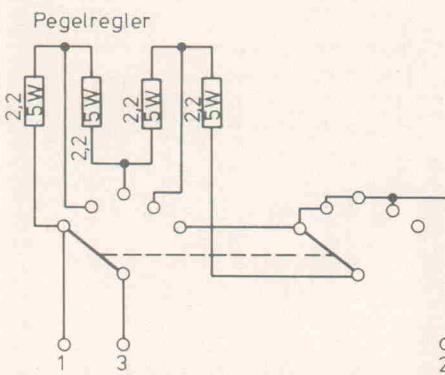


**Passivmembrane:** DYNAUDIO 30 W-SL  
Resonanz-  
frequenz:  
Durchmesser:

durch Gewichte einstellbar  
300 mm



# Bauanleitung: Dynaudio-Pyramide



## Stückliste

### Frequenzweiche

L1 = 2,7 mH  
Innenwiderstand < 0,3 Ω  
L2 = 0,39 mH  
R1 = 10 R  
R2 = 4 R  
C1—C8 = 4 μF  
oder Fertigweiche DYN AUDIO Typ DF 3-160

### Lautsprecher

Alle Chassis DYN AUDIO  
Höchstöner: D-21  
Mitteltöner: D-52  
Baß: 21 W-54  
Passiv: 30 W-SL

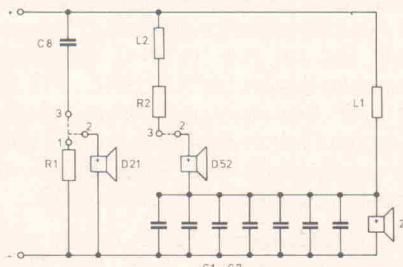
### Zubehör

Dämpfungsmaterial: Pritex oder BAF-Wadding  
Spachtelmasse:  
Klemmenschlüsse, Spanplatten: siehe Text.

## Wie funktioniert's?

### Die geschlossene Lautsprecherbox mit Passivstrahler

In einer geschlossenen Lautsprecherbox stehen ja bekanntlich die von der Rückseite der Membrane abgestrahlten Schallanteile nicht zur Wiedergabe von Musik zur Verfügung, denn sie werden im Gehäuse absorbiert. Anders ist es bei diesem Bauvorschlag. Hier treibt der Schalldruck im Gehäuse eine Membrane ohne eigenen Antrieb an. Was will man damit erreichen? Die Baßabstrahlung von Lautsprechern ist ja bekanntlich vom Gehäusevolumen abhängig. Mit der Passivmembrane wird die Abstrahlung des unteren Baßbereiches verstärkt, und man erreicht bei gleichem Gehäusevolumen höhere Schallpegel.

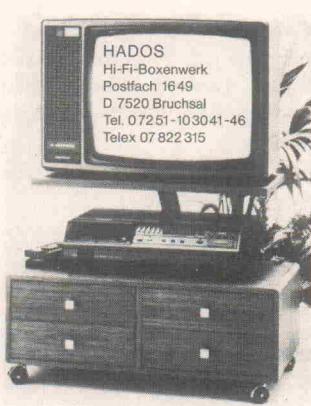


rordentlich einfach. Der verwendete Passivstrahler 30 W-SL besitzt in der Membranmitte ein Metallgewicht, das seine Resonanzfrequenz bestimmt. Mittels einer M4-Gewindeschraube und Unterlegscheiben lässt sich diese Resonanzfrequenz nach unten hin verschieben. Der Bauvorschlag ist so opti-

miert, daß eine Veränderung des Standardgewichtes nicht erforderlich ist. Will man jedoch Töne bis in den Subbaßbereich abstrahlen, so kann man dies durch Anschrauben von Gewichten bis maximal 5 g erreichen. Dabei sinkt allerdings der Wirkungsgrad der Passivmembrane. Bei unserer Version haben wir auf diese Änderung verzichtet.

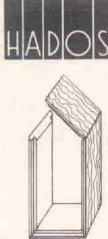
## Die klangliche Beurteilung

Bei unseren Hörtests zeigte sich eindeutig, daß die Box trotz ihres guten Wirkungsgrades große Verstärker liebt. Mit Endstufen von 100 W Sinusleistung zeigte sie ein Verhalten, das guten High-End-Fertigboxen eigen ist. Sie reproduzierte das Klanggeschehen mit viel Dynamik und Schalldruck auch im Tiefbaßbereich. Sogar bei Vollaussteuerung der Kraftendstufen (elrad-MOSFET-PA) blieb die Musikwiedergabe sauber und ohne Schärfe. Erstaunlicherweise veränderte sich das Klangbild auch bei kleinen Lautstärken nicht und blieb so präzise wie bei Vollaussteuerung. Ein Effekt, der für die Qualität dieses Baukonzeptes spricht, ist die ehrliche Wiedergabe des eingegebenen Musikprogrammes. Schallplattenaufnahmen, die durch zuviel Mischen im Studio ihre Räumlichkeit verloren, kommen direkt aus dem Lautsprecher, während Aufnahmen mit einer guten Räumlichkeit sehr differenziert wiedergegeben wurden. Man hatte den Eindruck, direkt im Aufnahmestudio zu sitzen.



## Video-Kassetten-Schränke

**Neu! Prospekte anfordern!**  
**Hi-Fi-Boxen und Racks zum Selberbauen!**  
**Videotheken-Einrichtungs-Systeme**  
**Kassetten-Lagerschränke**



## Achten Sie beim Boxenkauf auf die Lautsprecher!

Das Wichtigste an den Boxen sind die Lautsprecher. Und die von PEERLESS können sich hören lassen. PEERLESS – das bedeutet: über 50 Jahre Grundlagenforschung, Erfahrung und Erfolg. Schon in den dreißiger Jahren gehörte PEERLESS zu den führenden Lautsprecher-Herstellern. "PEERLESS" kommt aus dem Englischen und bedeutet "unvergleichlich". Und das zu Recht! PEERLESS hat in der ganzen Welt einen guten Klang. Höchste Qualität und grundsolide Verarbeitung zeichnen die PEERLESS-Produkte aus. Für die Herstellung von HiFi-Lautsprecherboxen und Studio-Monitorboxen verwenden führende internationale Firmen seit Jahren PEERLESS-Systeme. Aber auch anspruchsvolle Hobbyisten bevorzugen die hochwertigen PEERLESS-Lautsprecher für den Selbstbau oder zur Verbesserung von Lautsprecherboxen.

Fordern Sie Prospektmaterial und das aktuelle Depothändler-Verzeichnis an.

**PEERLESS Elektronik GmbH, Friedenstraße 30, 4000 Düsseldorf Postfach 26 0115, Telefon (02 11) 30 53 44**

### DISCO-POWER-SERIE

Größe weiße Membrane, Sicker graphit, Chromdesign  
Baß 300/354 mm Ø, 180 W\* Nr. Z 70 DM 59,50  
Baß 250/275 mm Ø, 140 W\* Nr. Z 71 DM 39,90  
Baß 200 mm Ø, 120 W\* Nr. Z 72 DM 29,50  
Weiche 3 Weg bis 100 W\* Nr. Z 73 DM 14,80  
Höhen 75 mm Ø, 130 W\* Nr. Z 74 DM 9,95  
Weiche 3 Weg bis 200 W Nr. Z 75 DM 19,80  
Weiche 4 Weg bis 7 Systeme Nr. Z 76 DM 28,80  
210 W Nr. Z 88 DM 39,60

### Baß 30/35 cm . . . . . 59,50

### Baß 25/27,5 cm . . . . . 39,90



**Telef. Auftragsannahme bis 20 Uhr**

### Sichtlautsprecher-Set, 3—7 Systeme, mit Frequenzweiche

Nr.	Baß mm Ø	Mitten- mm Ø	Höhen- mm Ø	Frequenz	Watt*	DM/Set
Z 77	200	130	75	25 Hz—24 kHz	100*	55,—
Z 78	2x200	130	75	22 Hz—23 kHz	140*	78,80
Z 130	250/275	130	75	20 Hz—24 kHz	140*	59,50
Z 131	250/275	2x130	2x75	20 Hz—24 kHz	140*	75,—
Z 132	2x250/275	2x130	3x75	20 Hz—24 kHz	180*	124,—
Z 79	300/350	130	75	18 Hz—23 kHz	140*	79,—
Z 80	300/350	2x130	2x75	18 Hz—24 kHz	180*	99,60
Z 81	2x300/350	2x130	3x75	18 Hz—24 kHz	200*	168,—

\* Angaben max. Leistungsstärke mit vorgesetzter Frequenzweiche und im geschlossenen Gehäuse.

**HiFi-Disco-komplett mit abgestimmten Weichen**

## Lautsprecher-Elektronik-Disco-Katalog kostenlos

**ERICH WILLI MEYER — ELEKTRONIK —**  
6343 Frohnhausen  
Postfach 30 19  
Telefon (0 27 71) 3 1007



## Guter Klang ist kein Geheimnis ...

... entscheidend ist die optimale Kombination von unterschiedlichen Bauteilen und Gehäuse. Wir führen alle bedeutenden Fabrikate, erprobte Bauvorschläge (ohne Fachchinesisch) für jeden Einsatz: Wohnraum, Bühne, Disco. Wir sind nicht nur Lautsprecherversand. In unserem Ladengeschäft beraten wir Sie umfassend und geben Ihnen wertvolle Hinweise für den erfolgreichen Selbstbau. Wir liefern auch Fertigboxen namhafter Hersteller und führen fachgerechte Reparaturen sowie Modifikationen aus. Unsere langjährige Erfahrung und die vorhandenen Testmöglichkeiten stehen auch Ihnen zur Verfügung.

**stereophon** ●●

Lautsprechertechnik GmbH

6000 Frankfurt am Main · Deutschherrnauer 30 · Telefon (06 11) 62 36 29

Versandpreisliste gegen 1 DM in Briefmarken.

### POWER-MOS-FET-Verstärker.....

#### • Professionelle High-End-Verstärker-Module in neuester Power-MOS-Technik von 20-800 W in echtem A- und A/B-Betrieb.

Neueste Power-MOS's. Viel niedrigerer  $R_{ON}$ , Slew rates bis > 400 V/ $\mu$ s, Grenzfr. bis > 2,2 MHz! Extrem phasen- und amplitudenlinear. Kein TIM, SID, Klirr < 0,003 %. Rauschabstand > 120 dB, Eng.-Imp. 30 K, weiter Betr.-Sp.-Bereich. Extreme kurze recovery time! DC-Koppl. und DC-Betrieb möglich. Stabil an allen Lasten, für jede Lautspr.-Imp. Kurzschl. ges., Leerl. fest, thermisch stabil. High-End-Klang mit überragender Dauer- und Überlastfestigkeit. Die 1. Wahl für audiophile Heimkino und „ON THE ROAD“. Auch Industrieinsatz. Alle Verbindungen steckbar. (Eng.-Ausg.-NT-Trafo) Schrauben, stecken, probehören in max. 5 Min. Ideal für Profis (Service). Fertige Kabelsätze, div. Kühlkörper u. Lüfteraggr. erhältlich. Alle MKL-MOS-PRO-Verst. können ohne Zusatzeile in Brücke geschaltet werden! Das universellste MOS-Modul-Programm. Echte Class-A-Verst. 20 / 40 / 80 W, A / B-Verst. mit 100 / 200 / 500 / 800 W. Ruhestrom extrem stabil u. frei wählbar! Kalter und warmer Betrieb (Quasi Class A). Über 3000 MOS-Verst. trugen unseren Namen (MOS 70 / 120 / 200). Die neuen MKL MOS-PRO = Erfahrung + Know-how. Neueste Originale statt alter (bemooster) Kopien. Neue Erkenntnisse statt neuer Sprüche. Unsere Netzteilie liefern 4 Spannungen.  $\pm U_V$  für Vor- und Treiberstufe mit  $2 \times 1000 \mu$ F/63 V, Sieb- u. Entlade-R's. Powerel  $\pm U_B$  mit  $25/400$  A Metallbrücke oder wahlweise 20 000  $\mu$ F/63 V ( $2 \times 10000$ ) = NT 1 DM 39,-,  $-40000 \mu$ F = NT 2 DM 59,-/80 000  $\mu$ F = NT 3 DM 99,-. Neueste Kompaktelkos stehend (Print)  $40 \times 60$  mm, 10 000  $\mu$ F/63 V, 2 Stck. DM 22,-/10 Stck. DM 99,-, MKL-Hochlastringenkertrasgos getränkt. Mit Montagemat. u. Netzkabel. Sofort auf. Gratisinfos anfordern mit Daten, Fakten, Beweisen, Erklärungen, Beispielen, Checklisten u. Empfehlung für Peripherie (Vorverst.).

Typ	Echte Class-A in MOS-Technik			MOS-A/B-Endstufen der absoluten Spitzenklasse			
	MOS A 20	MOS A 40	MOS A 80	MOS-PRO 100	MOS-PRO 200	MOS-PRO 500 (Brücke)	MOS-PRO 800 (Brücke)
Leist. Sin./Mus. (4 $\Omega$ )	20/30 W	40/60 W	80/120 W	100/150 W	200/300 W	500/700 W	800/1000 W
Maße m. Kühlk., LxBxH	190,5 x 100 x 80	390 x 100 x 80	190,5 x 100 x 80	390 x 100 x 80	390 x 100 x 80	390 x 150 x 80	
Preis mit/ohne Kühlk.	109,-/90,-	149,-/130,-	229,-/189,-	109,-/90,-	149,-/130,-	280,-/240,-	395,-/325,-
Trafo Mono	—	TR 40 A 69,-	TR 80 A 89,-	TR 100 69,-	TR 200 79,-	TR 500 119,-	TR 800 auf Anfrage
Stereo	TRS 20 A 69,-	TRS 40 A 79,-	TRS 80 A 119,-	TRS 100 89,-	TRS 200 119,-	—	

**MKL-LS** Lautsprecher-Schutzmodul. DC-Schutz mit Einschaltverzögerung. Sehr zuverlässig. Überwacht 2 Ausgänge (Stereo-Verst. oder Aktivbox). An jedem Verstärker anschließbar (NT).  $U_B$  = 16-60 V. Mit Hochlastrelais. 10 A Umschaltkontakte. Erweiterbar. **DM 33,90**.

**Aktive Frequenzweiche SKF**. Universelles fertiges Modul, symmetrisch. Konstantspannungsfilter, Butterworth-Charakter, 12 dB/Okt. im Sperrbereich. Phasensteuere Übertragung, bestes Rechteck + Impulsverhalten aller Weichensysteme. Frequenzgang 0-700 kHz, Fremdspannungs-Abstand > 110 dB, Ausgangsimpedanz < 100  $\Omega$ , max. Ein-Ausgangsspg. 7  $V_{eff}$ , Betr.-Sp. stabilisiert, 8 schnelle FET-OpAmps, Potis, Metallfilm-Widerst., Trennfrequenz mit nur 3 Kondensatoren programмируем. Keine Spielzeugweiche mit tausend Knöpfen! Module sind beliebig anreihbar. 1 Modul = 2-Weg-System, 2 Module = 3-Weg-System, n-Module = (n+1)-Weg-System. Bitte Trennfrequenzen angeben! Betriebsspg.  $\pm$  15 bis  $\pm$  45 V, Maße 60 x 55 mm. Ein für alle Anwendungsfälle einsetzbares professionelles Modul. **DM 32,90**

Technische Änderungen vorbehalten. Bestellungen bitte schriftlich. Lieferung per Nachnahme lt. unseren Lieferbedingungen.

Entwicklung M. Krauter · Dipl.-Physiker  
Mitglied der Audio Engineering Society

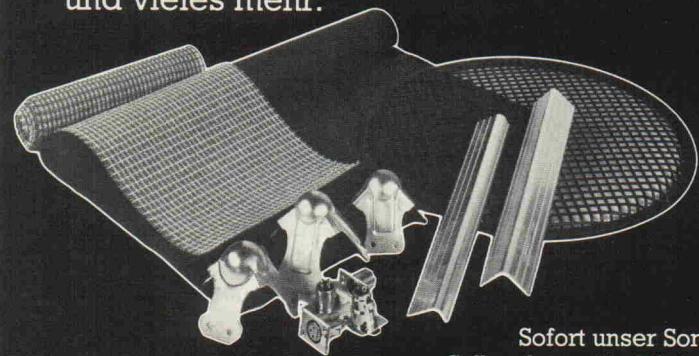
**PROTRONIC** G M Klein  
Postfach · 7531 Neuhausen bei Pforzheim  
Telefon 0 72 34/77 83 · Telex 7 83 478 bauk



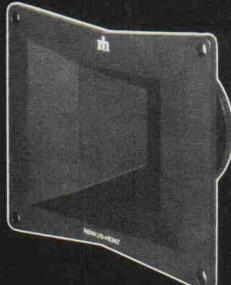
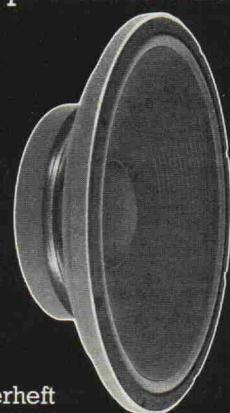
# Musik Produktiv

## Alles für den Boxenbau

Ecken, Griffe, Bespannstoff, Kunstleder in div. Farben, Dämmmaterial, Steckverbinder und vieles mehr.



... hart aufgehängte Lautsprecher, professionelle Hörner & Treiber, JBL, EV Renkus Heinz Celestion etc.



Sofort unser Sonderheft

„Selber bauen“ - Flightcases, Boxen,

Multicores gegen 5,80 DM Schutzgebühr in Briefmarken oder Gesamtkatalog 82/83 (Lichtanlagen, Endstufen, Musikinstrumente) mit über 300 Seiten gegen 4,- DM Schutzgebühr in Briefmarken bestellen.

**Musik Produktiv GmbH · Gildestraße 60 · D-4530 Ibbenbüren · Tel.: 05451-14061-2**

# Zweitverstärker für E-Bassisten

## elrad-Jumbo

### Viel Baß aus einem Schuhkarton

Ch. Persson

Gitarristen finden in jedem Musikladen einen handlichen Übungsverstärker. Doch Bassisten dürfte es schwerfallen, sich mit dem Klang einer solchen Mini-Anlage abzufinden. Damit sie sich nicht ständig mit den -zig Kilo ihrer Bühnenanlage abschleppen müssen, wird hier ein baßtauglicher Zweitverstärker vorgestellt. Er eignet sich auch für Keyboards und — mit kleinen Einschränkungen — für Gitarre. Neben anderen Vorzügen bietet er den eines problemlosen Transports — selbst auf einem Fahrradgepäckträger.

Weil die Gehäusekonstruktion bei einer Baßbox besonders wichtig ist, wird in der Bauanleitung auch der mechanische Teil ausführlich behandelt. Beim Entwurf und bei der Beschreibung sind wir vorsichtshalber von der Vermutung ausgegangen, daß Hobby-Elektroniker und die Musiker unter Ihnen im besonderen zur Holz- und Metallbearbeitung nur eine schwache Neigung haben: Also — ein sehr einfacher Entwurf und eine recht genaue Bauanleitung, so daß der Nachbau ohne Schwierigkeiten vorstatten gehen dürfte.

Wer Understatement mag und Mit-Musiker verblüffen möchte, wird an der hier beschriebenen Version mit 20-cm-Lautsprecher seine Freude haben. Der ganze 'Koffer' ist nicht viel größer als ein Schuhkarton, kann aber mit einem locker gespielten Schlagzeug durchaus mithalten. Natürlich kann man von einem so kleinen Gerät in Sachen Sound und Lautstärke keine Wunder erwarten. Doch eignet sich der elrad-Jumbo nicht nur für Trockenübungen zu Hause, sondern auch zum gemeinsamen Proben in der Gruppe und sogar als vollwertige Baß-'Anlage' im Zusammenspiel mit Bläsern oder Folklore-Instrumenten. Mehrere Prototypen haben sich im Übungskeller einer Rock-Gruppe, bei einem Jazz-Konzert vor über 200 Zuhörern und als Keyboard-Monitor auf einer großen Bühne bewährt. Übrigens kann man natürlich auch einen größeren Lautsprecher (mit höherem Wirkungsgrad) wählen und die Gehäusemaße diesem anpassen.

#### Sound: 'Funky'

Um eine bessere Abstrahlung tiefer Töne zu erreichen, wurde das Gehäuse nach dem Baßreflex-Prinzip konstruiert. Bei einem der Prototypen war ver-

suchsweise eine elektronische Tiefbaß-Anhebung zusätzlich eingebaut. Der auf diese Weise aufpolierte Frequenzgang entsprach aber, wie sich dann zeigte, durchaus nicht den Soundvorstellungen moderner E-Bassisten. Sie lieben es nach dem Vorbild von Stanley Clarke und anderen Virtuosen eher 'funky' — einen weniger baßbetonten, obertonreichen Klang, der die Eigenarten des Instruments und der Spieltechnik gut zur Geltung bringt. Also wurde die Tiefbaß-Anhebung gestrichen und statt dessen eine sehr früh einsetzende Höhen-Anhebung eingebaut. Nun stimmt der Sound, was durch die Tatsache illustriert wird, daß ein Profi-Bassist für eine Studioaufnahme den Jumbo-Prototypen der dort vorhandenen großen Anlage vorzog!

Die Auswahl eines geeigneten Lautsprechers erwies sich als unerwartet schwierig: Seit die HiFi-Welt die Vorteile der geschlossenen Box mit ihrem für unsere Zwecke indiskutablen Wirkungsgrad entdeckt hat, ist die Auswahl an hart aufgehängten 20-cm-Lautsprechern drastisch geschrumpft. Ein Lautsprecher mit weicher Aufhängung kommt aber für eine Baßreflex-Box nicht in Frage. Ein Ausweg bot sich schließlich durch die Verwendung eines Breitbandlautsprechers (mit Hochtonkegel) von Valvo, der relativ preisgünstig und leicht erhältlich ist. Durch frequenzabhängige Gegenkopplung der Endstufe wird einer übermäßigen Höhenwiedergabe entgegengewirkt.

Auch hinsichtlich der Belastbarkeit stellt der Lautsprecher einen akzeptablen Kompromiß dar. Zweifellos könnte man — Beispiele aus der Rubrik HiFi zeigen das ja — in einer Box dieses Formats 100 Watt und mehr Verstärkerleistung 'verbraten'. Doch während die Kosten für den dazu er-

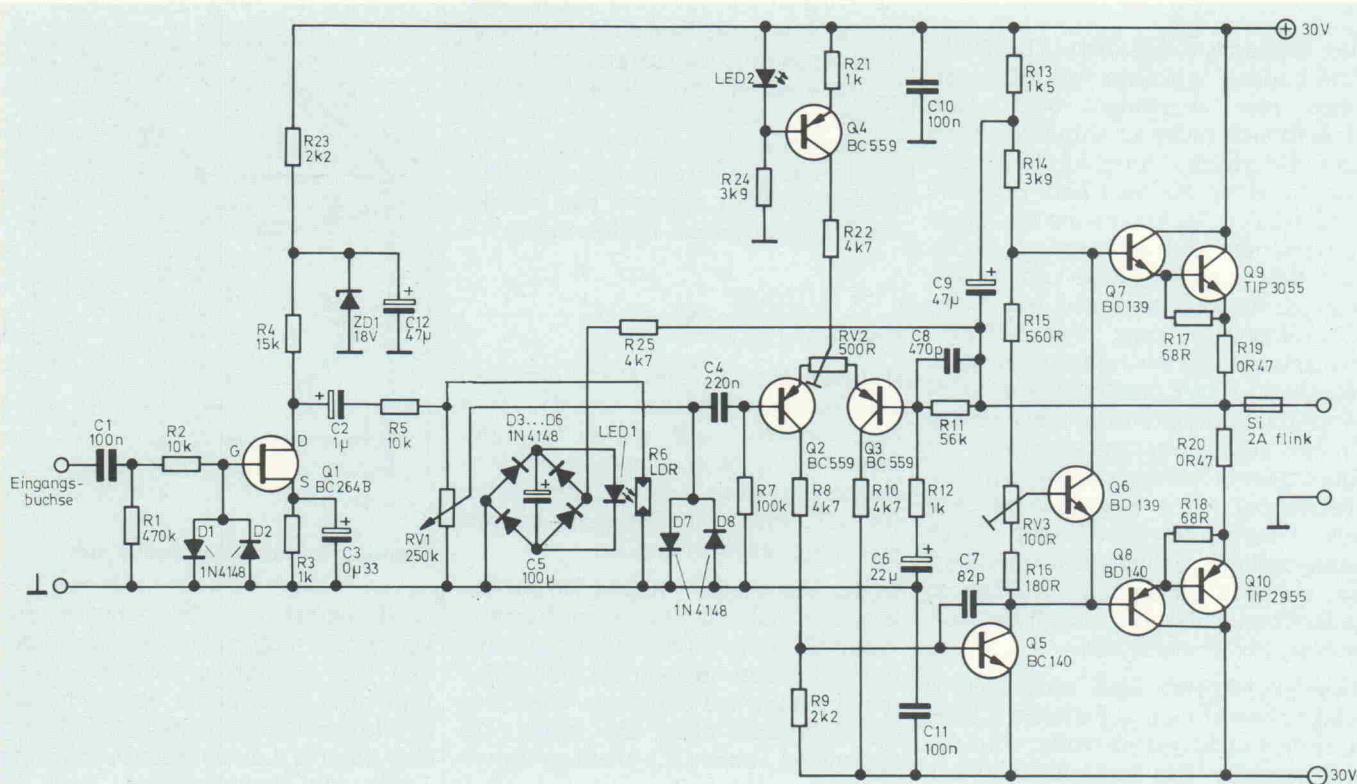


forderlichen Aufwand jenseits einer bestimmten Marge exponentiell ansteigen, steht der akustische Output in logarithmischem Verhältnis zur Verstärkerleistung: Um die Lautstärke zu verdoppeln, muß man die Leistung um den Faktor 10 erhöhen. Ein Zweitverstärker soll aber kein Vermögen kosten. Es ist deshalb sozusagen ein Gebot der Vernunft, sich mit einer geringeren nominellen Ausgangsleistung zufriedenzugeben (sie beträgt beim Jumbo 25 Watt) — und möglichst viel daraus zu machen.

#### Übersteuern erlaubt

Weder Sinus- noch 'True-RMS'-Daten sagen für sich allein sonderlich viel über die Leistungsfähigkeit eines Baßverstärkers aus. Mindestens ebenso bedeutsam ist das Verhalten des Verstärkers bei Übersteuerung. Die vom Pick-Up abgegebene Spannung kann beim scharfen Anschlagen einer Saite — je nach Spieltechnik — auf das 10- bis 20-fache des mittleren Pegels ansteigen. Will man jede Übersteuerung des Verstärkers vermeiden, darf man diesen also nur zu 5 bis 10 % aussteuern. Aufgrund der quadratischen Beziehung von Spannung zu Leistung heißt das schlicht: Als nutzbare mittlere Leistung stehen 0,25 bis 1 Prozent der maximalen Ausgangsleistung zur Verfügung.

Hier liegt eines der Geheimnisse um die Vorliebe vieler Musiker für die gute alte Vakuumröhre: Während übersteuerte Transistorverstärker ein scharf begrenztes Ausgangssignal von unangenehm kratzigem Klang abliefern, bringen Röhrenverstärker eine sanfte Rundung der Spannungsspitzen zustande. Diese 'Soft Distortion' empfinden viele Musiker eher als Bereicherung ihres Instrumenten-Sounds und erwarten folglich — mit Recht — von einem 30-



Das Schaltbild für den Baß-Zweitverstärker 'elrad-Jumbo'

Watt-Röhrenverstärker viel mehr 'Power' als von einer 60-Watt-Transistor-Endstufe.

Da wir uns hier aus Kostengründen dennoch mit einer Transistororschaltung begnügen wollen, ist einige Nachhilfe erforderlich, damit der Verstärker auch bei hoher mittlerer Lautstärke den Anschlag-Peak ohne Krächzen verkraftet: Die beiden Dioden D7 und D8 im Eingang der Endstufe dämpfen ein über großes Eingangssignal und verhindern, zusammen mit einer entsprechenden Einstellung der Wechselspannungsverstärkung, daß die Ausgangstransistoren in die Begrenzung geraten. Da die Flussspannung der Dioden stromabhängig ist, kann man durch einen genügend großen Ausgangswiderstand der vorangehenden Schaltung einen sehr weichen Dämpfungseinsatz erreichen.

Großzügig dimensionierte Siebelkos, eine Leerlaufspannung von fast  $\pm 30$  Volt und die Spannungsaufstockung durch Bootstrapping mittels C9 ermöglichen eine Ausgangsspannung von 50 Volt (Spitze-Spitze) bei kurzen Impulsen. Das entspricht bei Sinusform des Ausgangssignals einer Leistung von 38 Watt, bei Rechteckform sogar 78 Watt an 8 Ohm. Letztere

Rechnung ist übrigens die, nach der manche Hersteller die Musikleistung spezifizieren. Die Dauerleistung kann selbstverständlich nur *unter* der des Netztrafos liegen, der in unserem Fall mit 30 VA recht sparsam und preisgünstig dimensioniert ist.

Zusätzlich zu den Dioden ist deshalb mit dem Fotowiderstand R6 und LED 1 eine Kompressorschaltung aufgebaut, die mit einigen Millisekunden Regelzeit in Aktion tritt. Der LED-Strom wird über R25 direkt vom Verstärkerausgang geliefert, mit D3...D6 zweitwieggleichgerichtet und mit C5 geglättet. (Die Trägheit des Fotowiderstandes und der LED bewirken eine weitere Glättung.) Der unterste Einsatzpunkt der Regelung wird durch die Diodenspannung der Brücke und der LED bestimmt, durch die Dimensionierung von R25 kann der Regelgrad beeinflußt werden. R25 darf aber nicht kleiner als 1k gewählt werden, um die LED nicht zu überlasten.

Diese Maßnahmen erlauben es, mit einem relativ hohen durchschnittlichen Pegel zu 'fahren', ohne daß die Endstufe beim Anschlag-Peak in die Begrenzung gerät, und sind auf einen normalen E-Baß (ohne Vorverstärker) abgestimmt. Wird der Verstärker für

Instrumente mit wesentlich höherem Ausgangspegel benutzt, kann die Verstärkung der Vorstufe durch Verkleinern des Drainwiderstands R4 verringert werden.

## Hochohmiger Eingang

Die Eingangsstufe mit dem FET Q1 erfüllt gleichzeitig mehrere Funktionen. Zum einen kann der Eingangswiderstand fast beliebig hoch gewählt werden. Dies ist wichtig, weil Gitarren- und Baß-Pickups eine hohe Impedanz aufweisen und bei Belastung mit einem zu niedrigen Widerstand einen Teil ihrer Klangcharakteristik einbüßen. Zum zweiten hat eine entsprechende Dimensionierung von C3 die gewünschte Höhenanhebung zur Folge. Mit einer etwas übertriebenen Anhebung ab etwa 1 kHz wird die Möglichkeit eröffnet, die an praktisch jedem Instrument vorhandene — aber zumeist 'brachliegende' — passive Klangregelung sinnvoll zu nutzen und im Sinne des Sparsamkeitsprinzips auf einen Klangregler am Verstärker zu verzichten. Zum dritten liefert der für hohe Frequenzen ohne Gegenkopplung betriebene FET ein paar Prozent Verzerrungen und damit eine durchaus gewünschte Klangfärbung.

# Bauanleitung Bühne & Studio: elrad-Jumbo

## Im Schongang

Die Leistungstransistoren TIP 2955/3055 können weit mehr verkraften, als ihnen hier abverlangt wird. Man braucht sich nicht zu wundern, wenn man die gleiche Ausgangskonfiguration in einer 80-Watt-HiFi-Endstufe wiederfindet. Da es sich um die meistverwendeten Leistungstransistoren dieser Größe handelt, gibt es von der Kostenseite her kein Argument gegen eine 'Überdimensionierung'. Für die Ruhestromeinstellung wird einiger Aufwand getrieben: Ein Extra-Transistor (Q6) sorgt in thermischer Kopplung mit den Treiber- und Ausgangstransistoren für eine exakte Steuerung des Ruhestroms. Gerade bei leisen Baßtönen machen sich Übernahmeverzerrungen durch unangenehmes Schnarren bemerkbar. Ein zu hoch eingestellter Ruhestrom andererseits führt zur unnötigen Aufheizung der Transistoren.

Rippenkühlkörper sind nicht gerade billig; obwohl man auf diesem Gebiet eigentlich nicht sparen sollte, wird das hier gemacht: Ein kräftiges Alublech von wenigstens 2 mm Stärke hat sich in der Praxis auch unter härtesten Bedingungen als ausreichend für die Kühlung der Leistungstransistoren erwiesen. Es bildet zugleich einen Bestandteil des Baßreflex-Kanals, der an der Oberseite der Frontplatte mündet. Durch diese ungewöhnliche Anordnung wird ein Wärmestau im Gehäuse ausgeschlossen, weil die Luftbewegung im Reflexkanal bei starker Auslenkung der Lautsprechermembran einen Ventilationseffekt bewirkt. Wer diese Spar-Lösung suspekt findet, kann natürlich im Gehäuseinneren zusätzliche Kühlkörper anbringen. Für den Fall eines Härtetests der Endstufe mit dem Rechteck-Dauerton eines Signalgenerators ist das vielleicht ratsam.

Bei Aufbau auf der vorgesehenen Platine arbeitete die Endstufe auch ohne Kompensations-Kapazitäten stabil. C7 ist trotzdem als zusätzliche Sicherheit eingesetzt, während C8 für den gewünschten Abfall oberhalb von 6 kHz sorgt, um den Frequenzgang großer Baßlautsprecher mit dem hier benutzten Breitbandsystem nachzuahmen.

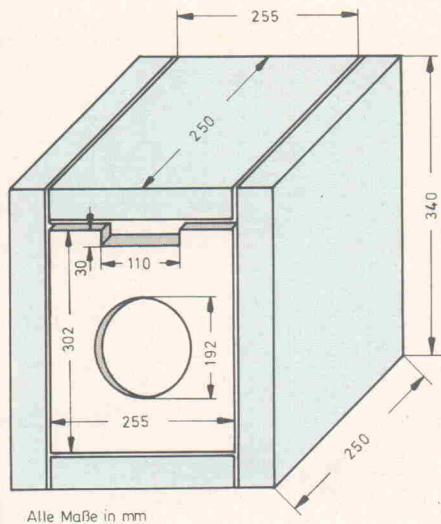
## Der Aufbau

### Gehäuse

Beginnen Sie das Projekt mit dem Bau des Gehäuses. Ohnehin wird das fertig zugeschnittene und gebohrte Kühlblech für die Inbetriebnahme des Verstärkers benötigt. Lediglich die Löcher für die Platinenbefestigung können erst später gebohrt werden.

In der Materialliste finden Sie alle benötigten Teile für die 20-cm-Version. Wenn Sie einen größeren Lautsprecher gewählt haben, müssen Sie die Gehäusemaße natürlich anpassen. Die Höhe des Kühlblechs bleibt aber gleich. Die Spanplatte können Sie in einem Bastelgeschäft zugeschnitten kaufen. Gleicher gilt für die Alubleche. Für die weitere Bearbeitung eignet sich eine kleine Stichsäge oder notfalls eine Laubsäge mit Buntmetallblatt (auf Vorrat kaufen). Das Kühlblech soll an der Unterseite um ca. einen Zentimeter abgewinkelt werden, um die Steifigkeit zu erhöhen und Resonanzschwingungen zu verhindern. Diese Arbeit ist mit Haussmitteln nur schwer zu bewerkstelligen und bei dickem Blech auch nicht unbedingt erforderlich.

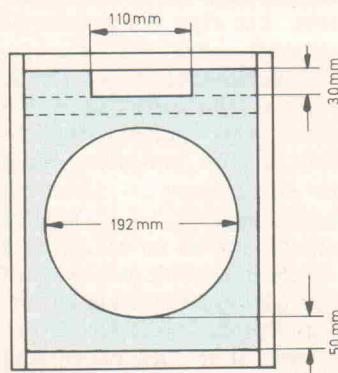
Bevor Sie mit dem Verleimen beginnen, müssen Sie die Öffnungen der Frontplatte mit einer Stichsäge ausschneiden. Wenn Sie einen anderen als den empfohlenen Lautsprechertyp verwenden, messen Sie am besten vorher



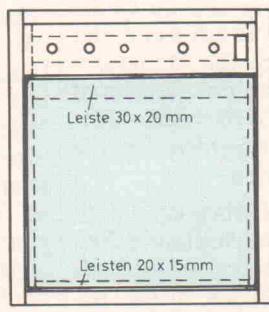
Perspektiv-Zeichnung der 'Jumbo'-Box

noch einmal den Durchmesser aus. Das Loch muß gerade so groß sein, daß jede Berührung zwischen Membran und Frontplatte ausgeschlossen ist. Bohren Sie auch jetzt schon die Löcher für die Lautsprecherbefestigung, Trafo und Netzteilplatine. Auch bei Verwendung von Spanplattenschrauben ist Vorbohren erforderlich.

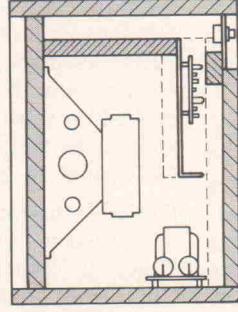
Das Verleimen geht mit schnellabbindendem Holzleim sehr einfach. Wer keine Tischlerwerkstatt besitzt, kommt mit diesem Trick weiter: Zwei oder drei dünne Drahtstifte werden vorher soweit eingeschlagen, daß sie an der gegenüberliegenden Seite gerade hervorschauen. Dann wird der Leim aufgetragen (nicht sparen). Anschließend werden die Teile angepaßt und können mit wenigen Hammerschlägen fixiert werden, ohne zu verrutschen. Beginnen Sie mit dem Anbringen der Leisten an den Seitenwänden. Verleimen Sie dann die Gehäusewände in folgender Reihenfolge: Deckel und Seitenwand,



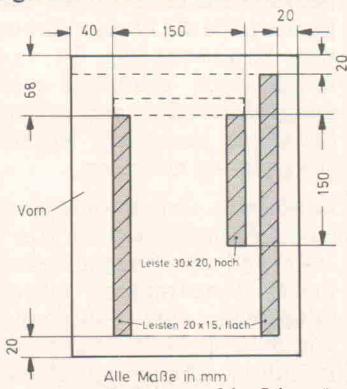
Bemaßung der Frontplatte



Anordnung der Leisten an der Rückwand



Schnitzeichnung der 'Jumbo-Box'

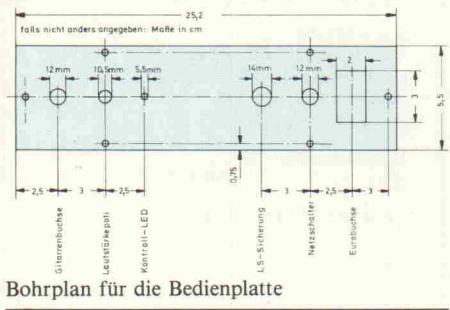


Anordnung der Leisten auf den Seitenwänden. (Achtung! Die Leisten müssen auf den beiden Seitenteilen spiegelbildlich angebracht werden.)

Front, Boden des Reflexkanals, Boden, zweite Seitenwand. Benutzen Sie jeweils eines der noch übrigen Teile, um den rechtwinkligen Zusammenbau zu überprüfen. Zum Schluß werden die schmalen Leisten an Boden und Deckel auf der Rückseite eingepaßt. Unterlegen Sie bei allen geschraubten Teilen Fenster-Dichtgummi.

Die Maße für die Ausschnitte und Bohrungen in der Bedienplatte sind nur Anhaltswerte und richten sich nach den von Ihnen verwendeten Bauteilen. Der Einbau einer Kaltgeräte-Buchse für den Netzanschluß wird dringend empfohlen, obwohl das etwas teurer ist und mehr Arbeit verursacht. Im Probenkeller oder auf der Bühne kann man leicht einmal über ein Netzkabel stolpern und dieses herausreißen! Wenn Sie sich trotzdem für den einfacheren Weg entscheiden, müssen Sie eine sichere Kabeldurchführung mit Knickschutz und eine stabile Zugentlastung einbauen. In diesem Fall muß das Schutzleiterkabel im Innern des Verstärkers mit mehr Spielraum als die beiden anderen Adern angeschlossen werden, damit es im 'Ernstfall' zuletzt abreißt.

Rückwand und Bedienplatte werden mit einem Stück Leiste verbunden, das nicht mit dem übrigen Gehäuse verleimt wird. Es sollte so genau zwischen die schmalen Leisten in der Rückwandöffnung eingepaßt werden, daß es leicht klemmt. Bei einem späteren Öffnen der Box werden dann Rückwand und Bedienplatte zusammen abgenommen.



Die äußere Gestaltung des Gehäuses ist natürlich Geschmacksache. Profi-Design wird etwas teurer als Spanplatte 'Natur' und könnte etwa so aussehen: Überzug aus schwarzem Kunstleder, Frontplattenabdeckung aus Lautsprecherschaumstoff, Tragegriff, verchromte Kofferecken, Linsenkopfschrauben mit Profilscheiben für die Rückwandmontage. In jedem Fall sollten Sie das Gehäuse nach dem Abbin-

den des Leims mit Schleifpapier ein wenig nacharbeiten. Wenn Koffercken verwendet werden, müssen die Gehäusecken vor dem Überziehen entsprechend gerundet werden. Die Bedienplatte erhält nach folgender Methode ein Aussehen 'wie gekauft': Mit mittelgroßem Schleifpapier gleichmäßig aufrauhen, anschließend mehrere Schichten schwarzen Sprühlack auftragen, Beschriften mit weißen Buchstaben zum Aufrubbeln, mit farblosem Sprühlack versiegeln. Verwenden Sie vorsichtshalber nur gleiche Sprühlack-Sorten, sonst kann es unangenehme Überraschungen geben.

## Stückliste Gehäuse

(alle Maße in cm, wenn nicht anders angegeben)

Alublech 4 mm (min. 2 mm) stark  
24 x 16 (Kühlkörper)  
25,2 x 5,5 (Bedienplatte)

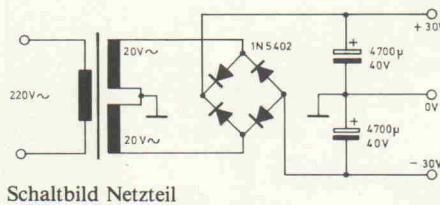
Spanplatte 19 mm  
Front 25,5 x 30,2  
Seiten 25 x 34  
Boden, Deckel 25 x 25,5  
Rückwand 25,2 x 24,5  
Einsatz 25,5 x 15

Leisten  
2 x 1,5: 1,70 lfdm.  
3 x 2: 0,55 lfdm.

Sonstiges  
Schloßschrauben 5 x 30 mm, div. Holzschrauben, Drahtstifte 1,5 x 30 mm, Sprühlack, selbstklebendes Kunstleder, Kofferecken, Tragegriffe, Fenster-Dichtband, Schaumstoff für Lautsprecherabdeckung 25,5 x 30,2, Unterlegsscheiben, Holz-Schnelleim, Gehäusefüße, 'Kletten' für Schaumstoff.

## Netzteil

Trafo und Platine werden erst verdrahtet und dann auf dem Gehäuseboden montiert. Beachten Sie die Polung der Dioden und Elkos. Der Schutzleiter muß mit der Gerätemasse verbunden werden. Verwenden Sie auf der Gleichspannungsseite verschiedenfarbige Kabel für Masse, Plus und Minus, um jede Verwechslungsgefahr auszuschließen.



## Hauptplatine

Wenn Sie sich an den Bestückungsplan

halten, kann eigentlich nichts schiefgehen. Kontrollieren Sie aber vor dem Bestücken die Leiterbahnseite auf mögliche Haarrisse und Verbindungen zwischen benachbarten Leiterbahnen. Es muß eine kurze Drahtbrücke eingesetzt werden. Alle 1/4-Watt-Widerstände sollten die moderne kleine Bauform aufweisen, andernfalls kann es beim Bestücken Platzprobleme geben. Bei allen gepolten Bauelementen kommt es natürlich auf richtige Polung an. Bei den Transistoren haben Sie es mit vier verschiedenen Anschlußbildern zu tun, was aber bei Verwendung der vorgesehenen Platine keine Probleme bereiten dürfte. Die BD-Transistoren werden mit möglichst langen Anschlußbeinen zunächst senkrecht eingelötet, und dann umgeknickt, wie in der Zeichnung gezeigt. Mit den TIP-Transistoren können Sie in gleicher Weise verfahren, wenn die Anschlußbeine lang genug sind. Manche Hersteller fertigen allerdings kurzbeinige Transistoren, die auf der Leiterbahnseite angelötet werden müssen. Alle Verbindungen zur Außenwelt sollten Sie mit Lötnägeln oder -fahnen ausführen, um den Einbau zu erleichtern. LED2 dient auch als Kontrolleuchte, löten Sie deshalb auch hier Anschlußstifte ein.

Wenn die Transistoren eingelötet sind, können Sie die erforderlichen Bohrungen auf dem Kühlblech anzeichnen. Beachten Sie, daß die Transistoren flach auf dem Kühlblech aufliegen müssen und berücksichtigen Sie den erforderlichen Abstand zwischen Platine und Blech, der mit 5-mm-Distanzhülsen hergestellt wird. Die Bohrlöcher für die Transistorbefestigung müssen sorgfältig entgratet werden. Zur Isolierung werden Glimmerscheiben benutzt, für die TIP-Transistoren brauchen Sie zusätzlich Isolierhülsen für die Schrauben. Bevor Sie die Platine montieren, sollten Sie sorgfältig noch einmal den richtigen Sitz aller Bauelemente anhand des Bestückungsplans kontrollieren und die Lötstellen überprüfen. Streichen Sie die Glimmerplättchen beidseitig mit Isolierpaste ein und überprüfen Sie nach der Montage die Isolierung mit dem Ohmmeter.

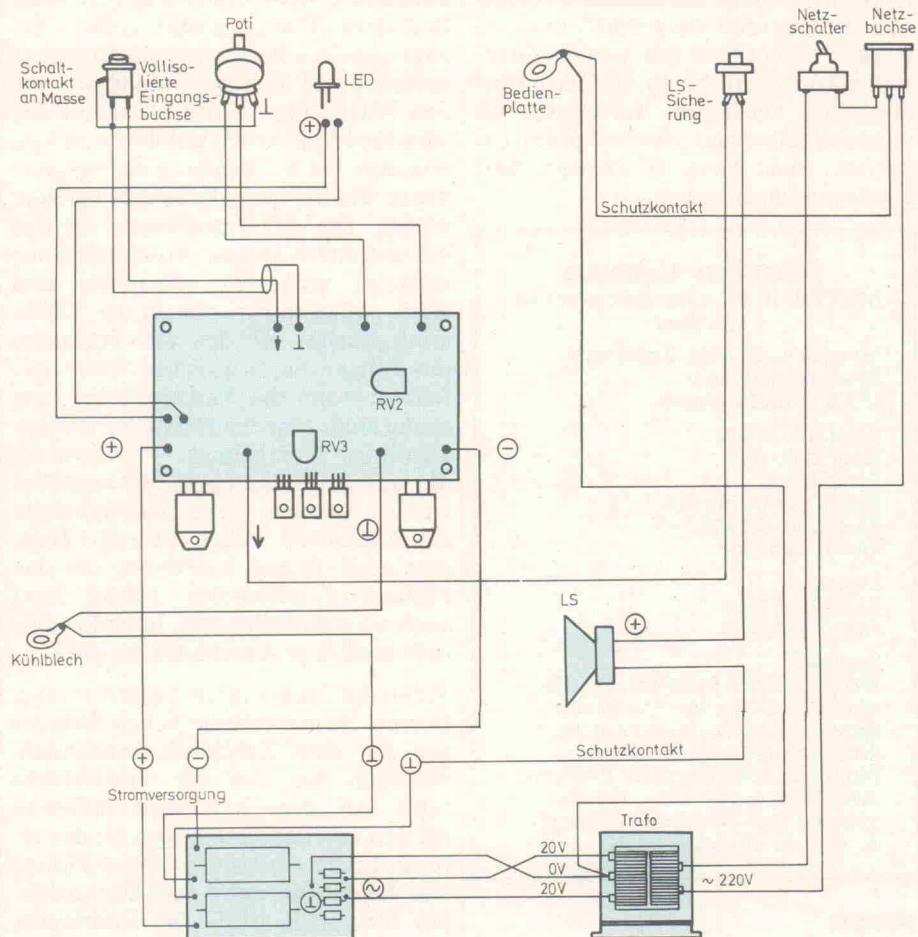
## Verdrahtung

Halten Sie sich genau an den Verdrahtungsplan, dann kann nichts schiefgehen. Für die Verbindung von Eingangsbuchse zum Verstärker wird ein kurzes Stück abgeschirmtes Kabel verwendet. Wenn Sie eine vollisolierte

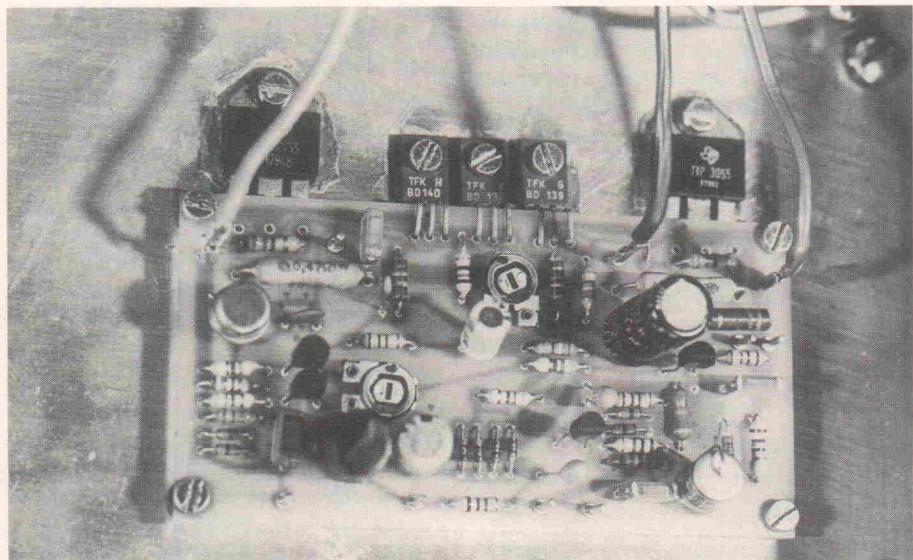
# Bauanleitung Bühne & Studio: elrad-Jumbo

Schaltbuchse verwenden, wie empfohlen, verbinden Sie den Schaltkontakt mit der Masse (Abschirmung). Die Bedienplatte und das Kühlblech werden mittels Lötsen mit der Gerätemasse verbunden. Für die Spannungsversorgung und den Lautsprecher werden Kabel von wenigstens 0,75 mm<sup>2</sup> Quer-

schnitt benutzt. Alle Kabel sollten so kurz wie möglich geführt und eventuell zusätzlich an den Gehäusewänden befestigt werden, damit sie später keine Nebengeräusche verursachen. Machen Sie alle 220-V-Anschlüsse mit Isolierband berührungssicher!



Verdrahtungsplan für den 'elrad-Jumbo'



## Stückliste

Widerstände, 1/4 Watt, Kohleschicht

R1	470k
R2,5	10k
R3,12,21	1k
R4	15k
R7	100k
R8,10,22,25*	4k7

\* (Richtwert)

R9,23	2k2
R11	56k
R14,24	3k9
R15	560R
R16	180R
R17,18	68R
R13	1k5
R19,20	0R47, 1 Watt
R6	LDR 07

Kondensatoren, Folie, 7,5 mm Raster

C1,10,11	100 nF
C4	220 nF
C7	82 pF
C8	470 pF

Elkos, stehend, 5 mm Raster

C2	1 µF, 16 V
C3	0µ33, 16 V
C5	100 µF, 6 V
C6	22 µF, 6 V
C9	47 µF, 63 V
C12	47 µF, 20 V

Halbleiter

D1...D8	1N 4148
ZD1	Z-Diode 18 V, 500 mW
LED1,2	LED, rot
Q1	BC 264 B
Q2,3,4	BC 559 C
Q5	BC 140
Q6,7	BD 139
Q8	BD 140
Q9	TIP 3055
Q10	TIP 2955

Netzteil

Trafo 20-0-20 Volt, 30 VA  
2 Elkos 4700 µF, 40 Volt  
4 Dioden 1 N 5402 o. ä. (3 A)

Lautsprecher

Valvo SB 203 M 8, 20 cm Ø,  
(Bezugsquelle: Fa. Statronic,  
Postfach 200 277-D5  
2000 Hamburg 20)

Potentiometer

RV1 250 K lin

Trimmer, 10 mm, liegend

RV2	500R
RV3	100R

Verschiedenes

Klinkenbuchse 6,3 mm f. isolierten Einbau mit Schaltkontakt (Öffner)

LED-Fassung

Sicherung 2 A, flink

Sicherungshalter (Einbaufassung)

Schalter 1x Ein, 250 V/1A

Kaltgeräte-Netzanslußbuchse

Glimmerplättchen, Isolierscheiben

3,2 mm Ø

Wärmeleitpaste

Lötstäbe, Steckschuhe, Kabel, Platinen, Lötosen, Distanzhülsen 5 mm, Schrauben und Muttern M3

**TOPP****Neuerscheinungen**

**TOPP-Bücher gibt es im Buchhandel und im Elektronik-Fachgeschäft**

Zu Ihrer Information senden wir Ihnen gerne unser Elektronik-Gesamtverzeichnis mit über 100 Büchern.

**frech-verlag** 7000 Stuttgart 31, Turbinenstraße 7

Vergleichen Sie vor dem Bausatzkauf — Anzeige für Anzeige. Es lohnt sich.

**Trinken Sie Champagner aus Pappbechern?**

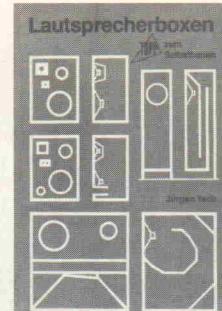
Wohl kaum. Warum sollten Sie also Ihre hochwertigen PEERLESS-Lautsprecher in einer „Kiste“ montieren. Jetzt gibt es endlich eine brillante Lösung: Lautsprecher-Gehäuse-Bausätze von PEERLESS. Zwei Größen, Edelholzfurnier-Ausführung, 20 mm hochverdichtete Spanplatten, exclusivste Verarbeitung. Zusammenbau kinderleicht. Vorbehandeltes Edelholzfurnier einfach beizen. Passend zu jeder Einrichtung. So haben Sie ein wertvolles und wertbeständiges Möbelstück. Das kann sich sehen und hören lassen. Ganz nach Ihrem Geschmack. Nur das Beste für Ihr Geld ... PEERLESS.

Fordern Sie Prospektmaterial und das aktuelle Depothändler-Verzeichnis an.

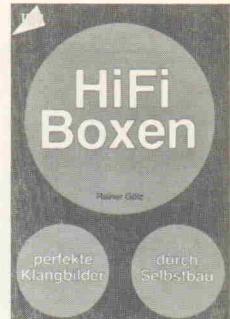
PEERLESS Elektronik GmbH, Friedenstraße 30, 4000 Düsseldorf  
Postfach 26 01 15, Telefon (02 11) 30 53 44



Best.-Nr. 446 · DM 23,-  
Helmuth Lemme  
**Elektro-Gitarren**  
200 Seiten, 107 Fotos,  
81 Zeichnungen, kart.

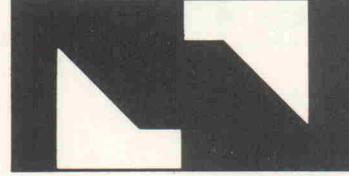


Best.-Nr. 474 · DM 10,80  
Jürgen Tech  
**Lautsprecherboxen**  
64 Seiten, 65 Abb., kart.  
beigelegter Anriß- und  
Zuschneidebogen



Best.-Nr. 476 · DM 10,80  
Rainer Götz  
**HiFi Boxen**  
94 Seiten, 97 Abb., kart.  
Fachwörter-Lexikon  
Daten-Tabellen

## LAUTSPRECHER HUBERT



**WASSERSTR. 172  
4630 BOCHUM 1  
TEL. 0234/ 30 11 66**

**WIR verkaufen Ihnen nicht nur  
Lautsprecher der absoluten Spitzensklasse,  
sondern sagen Ihnen auch, wie Sie diese  
optimal einbauen!**

**LADENVERKAUF & VERSAND**  
Katalog gegen DM 1,10 Rückporto

## Direkt vom Hersteller für Industrie und Handel

- **Frequenzweichen**
- **Frequenzweichen — Bausätze**
- **Frequenzweichen — Einzelkomponenten (R—L—C)**
- **Frequenzweichen — Entwicklungs-Set**

Bitte fordern Sie Unterlagen an.

**Werner Blum — Elektronik**

Postfach 1125 · 8907 Thannhausen · Tel. 08281/2094 · Tx 531228

**cornet 120/3 DM 88,-**

3-Wege-Hi-Fi-Lautsprecherbausatz für mittlere Hi-Fi-Anlagen. 120 Watt Musikbelastbarkeit, 4 oder 8 Ohm, 24 Hz - 21.000 kHz. Volumen 21 Liter.

200 mm Baß mit Gummisicke, Fr. = 28 Hz 380 g Magnet, Spezialschwingspule.

130 mm Mitteltöner mit großem, geschlossenem und bedämpften Gehäuse. Fr. = 280 Hz, 255 g Magnet.

80 mm Hochtonkalotte mit Polyamid Softdome. Fr. = 1 kHz. Akustischer Equalizer für optimale Frequenzgang.

**Frequenzweiche** 12 dB Ausführung, speziell abgestimmt. Mit Folien-Kondensatoren und hochwertigen Spulen bestückt.

**Zubehör:** Ausführliche Bauanleitung, Datenblätter und Meldeprotokolle, Abdeckungen für Baß- und Mitteltöner, Anschlußterminal und Kabel.

**cornet 180/4 DM 198,-**

4-Wege-Hi-Fi-Bausatz für hohe Belastbarkeit. 180 Watt Musikbelastbarkeit, 4 oder 8 Ohm, 20-24.000 Hz. Für geschlossenes 48 Liter-Gehäuse.

300 mm Baß: Mittelturm, mit Gewebeische, 720 Gramm Magnet, 48er Schwingspule auf Alukörper.

120 mm Mitteltönerkalotte mit akustischem Equalizer für optimalen Frequenzgang. Voll gekapselt und bedämpft, Resonanzfrequenz 380 Hz, 380 g-Magnet.

Kalottenhochtoner: 80 mm Polyamid Softdome Kalotte mit Equalizer.

Piezohochtoner, Schalldruck 96 dB, Frequenzbereich bis 40 kHz. Mit 2 Keramikelementen.

**Frequenzweiche:** Hochwertige Weiche für optimale Anpassung, kein Universalschrot, sondern optimale Bemessung für optimalen Sound.

**Zubehör:** Ausführliche Bauanleitung, Datenblätter und Meldeprotokolle, Anschlußterminal und Kabel.

**cornet DISCO DM 198,-**

Optimale 3 Wege-Baßreflexbox für höchste Belastung. 200 Watt Musikbelastbarkeit, Betriebsleistung nur 0,4 Watt für 86 dB Schalldruck. RF = 26 Hz. Optimal berechneter Reflexausgang, kein Röhrl! Nur in 8 Ohm lieferbar.

**Baßbereich:** Vier 160 mm Bässe, mit je 380 Gramm Magnetgewicht, Spezialschwingspulenenträger, Gummisicke.

**Mittelturm:** 120 mm Membranmitteltöner mit geschlossenem, akustisch bedämpftem Gehäuse.

**Hochton:** 2 Plezo-Hochtöner mit doppeltem Keramikschwinger.

**Frequenzweiche:** Spezialweiche, nur mit erlesenen Bauteilen bestückt.

**Zubehör:** Ausführliche Bauanleitung, Datenblätter und Meldeprotokolle, Abdeckungen für die Bässe und den Mitteltöner. Anschlußterminal und Kabel.

## cornet audio

hi fi & pa speaker systeme

Alles für den Weichenbau

Folien-Kondensatoren

1 $\mu$ F 250 V axial	-,20
1 $\mu$ F 250 V 22,5	-,20
2,2 $\mu$ F 100 V axial	-,40
2,2 $\mu$ F 100 V 22,5	-,20
1,5 $\mu$ F 160 V axial	-,30
1,5 $\mu$ F 250 V 22,5	-,30
3,3 $\mu$ F 100 V axial	-,70
3,3 $\mu$ F 250 V axial	-,80
4,7 $\mu$ F 160 V axial	1,20
4,7 $\mu$ F 160 V 27,5	1,20
6,8 $\mu$ F 100 V axial	1,60
6,8 $\mu$ F 63 V 27,5	1,60
10 $\mu$ F 100 V axial	2,40
10 $\mu$ F 100 V 27,5	2,90

Bei Stückzahlen erhebliche Rabatte. Weiter haben wir ca. 50.000 St. Tonfrequenzko. aus Sonderposten am Lager, weiter Drosseln in Luft und Fernausführung. Fordern Sie unsere Sonderliste an.

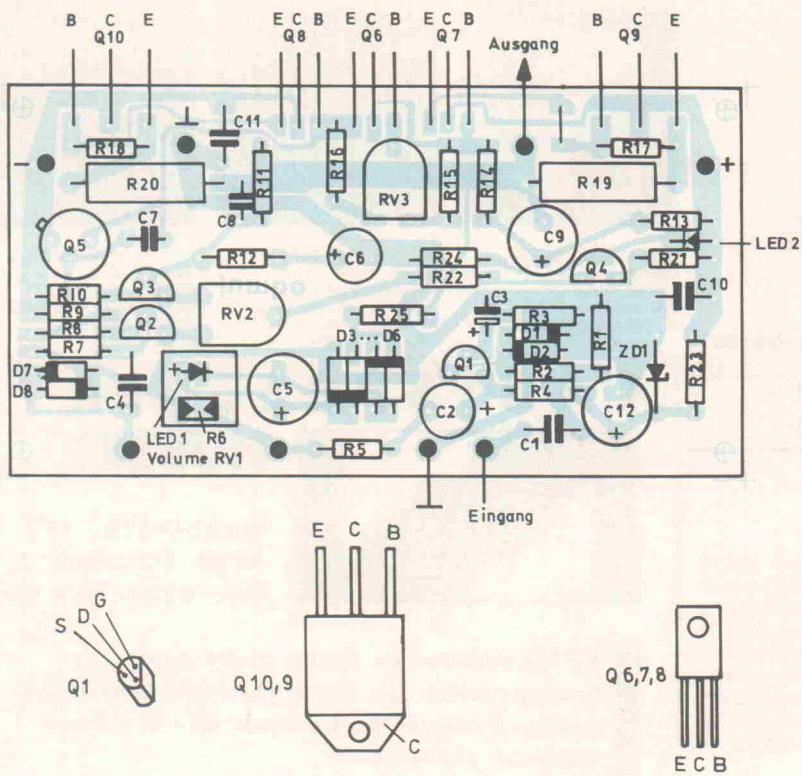


**RH ELECTRONIC EVA SPÄTH**  
Karlstr. 2 · 8900 Augsburg

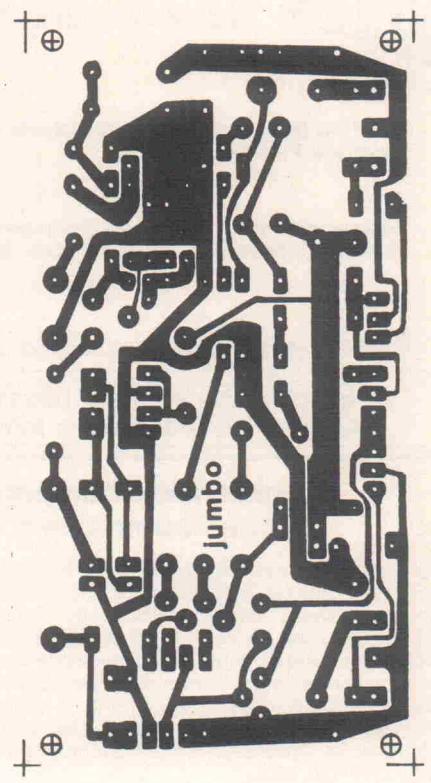
Telefon 08 21/7 10 14 30 · Telex 5 3865

**Versand:** Ab Augsburg, Verpackung frei, per Nachnahme, zzgl. Postgebühren.  
Garantie: Wir garantieren die Lieferung einwandfreier Artikel, defekt gelieferte, nicht eingebauten Teile ersetzen wir, wenn diese innerhalb 14 Tagen nach Posteingang beim Kunden an uns frei zurückgesandt werden.

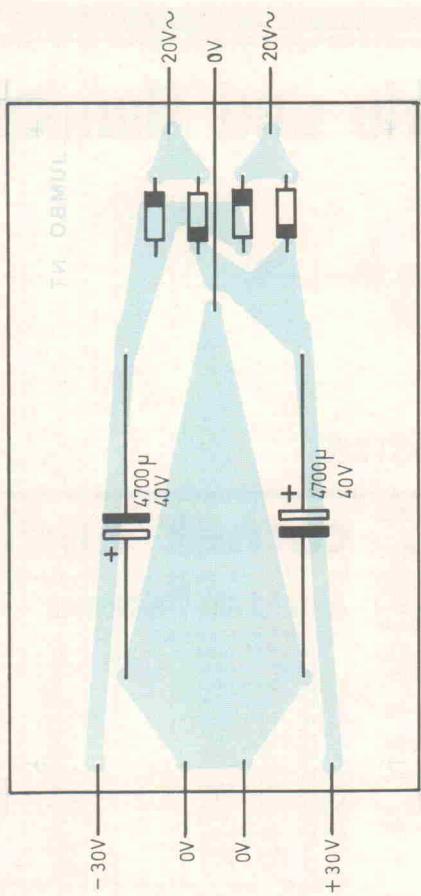
# Bauanleitung Bühne & Studio: elrad-Jumbo



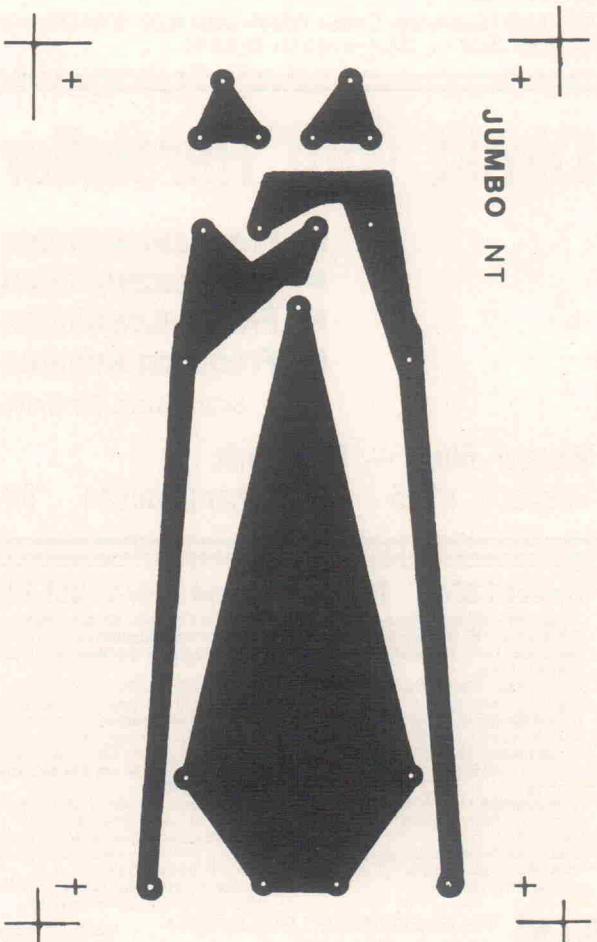
Bestückungsplan Verstärker 'elrad-Jumbo'



Platinen-Layout Verstärker 'elrad-Jumbo'



Bestückungsplan Netzteil 'elrad-Jumbo'



Platinen-Layout Netzteil 'elrad-Jumbo'

# Bauanleitung Bühne & Studio: elrad-Jumbo

## Abgleich

Drehen Sie vor der Inbetriebnahme RV3 ganz nach rechts (der Schleifer zeigt auf C9) und RV2 ganz nach links (der Schleifer zeigt auf den TIP 2955). Lösen Sie die Lautsprecherzuleitung und schalten Sie Ihr Multimeter im höchsten Strommeßbereich in die positive Versorgungsleitung (Plus an den Netzteil, Minus an den Verstärker). Schalten Sie den Verstärker jetzt ein.

Das Meßgerät zeigt einen Strom von rund 28 mA an. Schlägt der Zeiger wesentlich höher aus, schalten Sie unverzüglich ab. Warten Sie einige Minuten, bis die Netzteil-Elkos sich entladen haben, bevor Sie die Platine zur erneuten Überprüfung wieder ausbauen. Zeigt das Instrument nichts an, haben Sie vermutlich LED 2 falsch gepolt. Liegt die Anzeige in der angegebenen Größenordnung, können Sie mit dem Abgleich beginnen: Bringen Sie den Laut-

stärkenregler in Nullstellung. Drehen Sie nun RV3 langsam nach links und beobachten Sie das Meßgerät. Stellen Sie einen Ruhestrom von 50 mA ein und markieren Sie auf der Platine die Schleiferstellung. Verbinden Sie nun die Stromversorgung direkt mit dem Verstärker und messen Sie mit dem Multimeter im Gleichspannungsbereich die Gleichspannung am Lautsprecherausgang. Sie muß sich mit RV 2 bis auf 0 Volt regeln lassen.

## VISATON® für Hi-Fi-Fans.

Für Boxen-Selbstbauer. Für alle, die bis zu 50% sparen möchten, ohne auf Dauerpower verzichten zu wollen (max. 330/400 Watt). Sprechen Sie mit uns.

Sound  
ohne  
Kompromisse

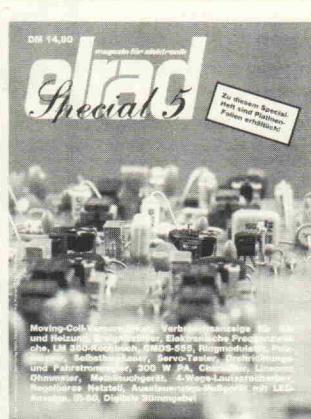


## Pöschmann

Elektronische Bauelemente



S Köln 1 Friesenplatz 13  
Telefon (0221) 231873



## Bauanleitungen,

die beliebtesten aus dem elrad-Jahrgang 1980.  
Inhalt: 300 W PA, Moving-Coil-Vorverstärker,  
Elektronische Frequenzweiche, Widerstand-  
Alarm, Rausch- und Rumpelfilter, Signalverfol-  
ger, Elmerketten-Speicher, Pulsmesser, Ton-  
Burst-Schalter, Digitale Stimmgabel, Aussteuer-  
ungs-Meßgerät mit LED-Anzeige, Metallsuch-  
gerät, Brumm-Einstreuungen, LM 380  
Kochbuch, Ringmodulator, Choralisier, Windge-  
nerator, Laser, Selbstbau-Laser, Kurzzeit-  
Wecker, LED-Skalen, Elchspannungs-Quelle, Li-  
neares Ohmmeter, Regelbares Netzteil, Park-  
zeit-Timer, Schienen-Reiniger, Nebelhorn, Warn-  
blitzlampe, Drehrichtungs- und Fahrstrom-  
regler, CMOS-Zähler und Teller, Servo-Tester,  
CMOS-555, Autovoltmeter mit LED-Skala, Auto-  
Alarmanlage, IR-60... usw.

144 Seiten ..... DM 14,80

### Versandbedingungen:

Die Lieferung der Hefte erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,50 Versandkosten) oder gegen Verrech-  
nungsscheck (+ DM 2,00 Versandkosten).

Die Lieferung der Platinenfolien erfolgt nur ge-  
gen Vorauszahlung auf unser Postscheckkonto  
Hannover, Nr. 9305 100.

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 27 46 · 3000 Hannover 1

## WERSI-ORGELBAUSÄTZE GANZ EINFACH EIN EINFACHES SYSTEM



Das musikalisch außergewöhnliche,  
technisch perfekte, problemlos selbst-  
zubauende, tausendfach bewährte,  
besondere Freizeitvergnügen für die  
ganze Familie:  
Orgeln bauen und spielen.

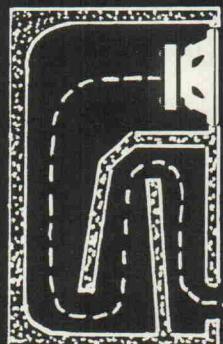


Informationen gratis noch heute anfordern!



**WERSI**

Industriestraße · 5401 Halsenbach · Telefon (06747) 7131



## PERFEKTION KOMMT NICHT VON UNGEFÄHR FREQUENZWEICHEN BESTIMMEN DIE KLANGQUALITÄT

Hochwertige Frequenzweichen sind auf die individuellen Besonderheiten der Lautsprecher, das Gehäusevolumen und das Übertragungsprinzip abgestimmt. Dies garantiert Ihnen den Erfolg im Lautsprecher-Eigenbau.

Unsere Bausätze mit FALCON- und Original-Weichen sind konsequent nach diesem Prinzip aufgebaut. Dies gilt auch für unser Spezial-Aktivweichen-Programm für KEF-, IMF-, AUDAX- und FOCAL-Kombinationen. Damit sind wir gerüstet für die Digitaltechnik der Zukunft.

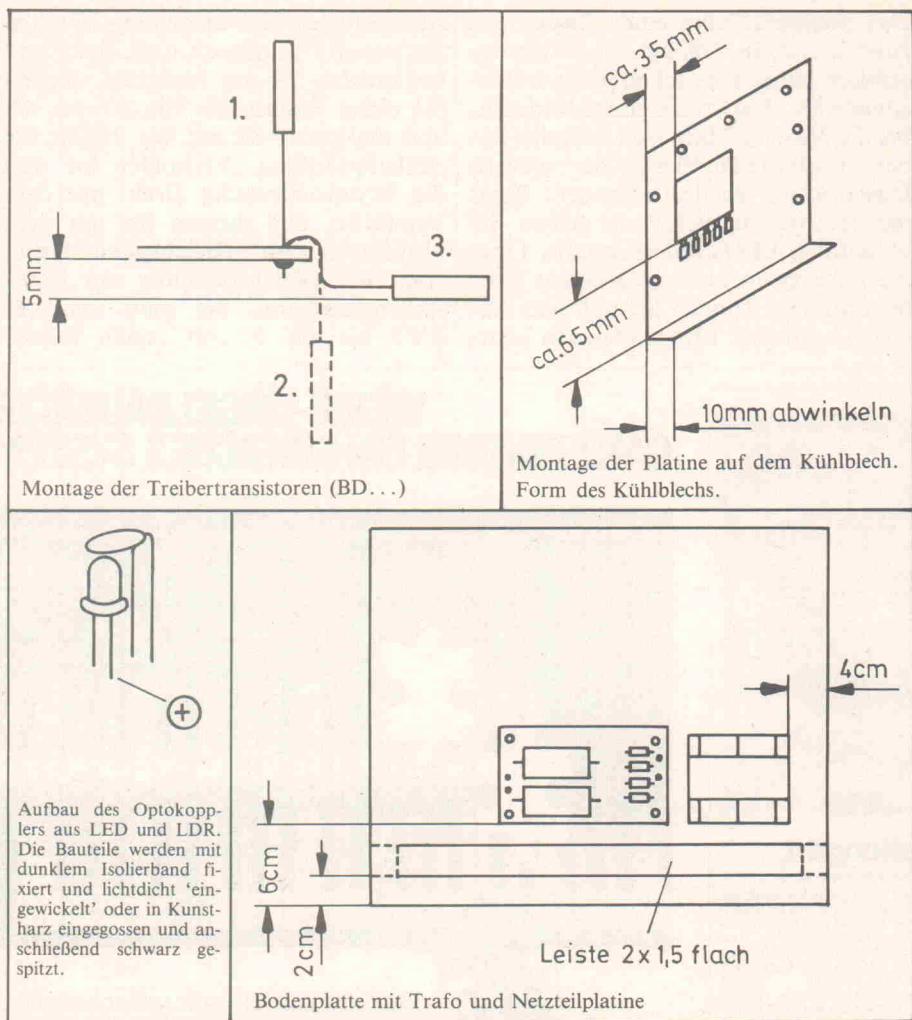
Wollen Sie mehr erfahren? Preisliste geg. DM 1,80 (20 öS) in Bfm., Gesamtkatalog DM 5,-, Broschüre „Lautsprecher-Eigen-  
bau mit Aktivweichen – 6 Bauvorschläge für Elektronik-Laien“ erhalten Sie für DM 10,- (70 öS).

a+o electronics Lautsprecher-Vertrieb  
Postfach 15 62, D-8130 Starnberg

in Österreich: IEK Akustik, Bruckner Str. 2  
A-4490 St. Florian/Linz

★ KEF ★ IMF ★ AUDAX ★ FOCAL ★ CELESTION ★ FALCON ★

# Bauanleitung Bühne & Studio: elrad-Jumbo



Wenn Sie die Spannung auf Null eingestellt haben, überprüfen Sie erneut den Ruhestrom. Schließen Sie jetzt den Lautsprecher und einen Sinusgenerator oder ein Instrument an. Mit einem leisen, weichen Baßton (achten Sie darauf, das Meßinstrument nicht zu überlasten) regeln Sie RV3 nun auf den geringstmöglichen Ruhestrom ein. Die Übernahmeverzerrungen werden bei zu niedriger Einstellung als Schnarren im Lautsprecher hörbar. Drehen Sie RV3 so weit auf, daß das Schnarren gerade verschwindet, aber keinesfalls

über die zuvor markierte 50-mA-Position. Korrigieren Sie danach noch einmal die Ausgangs-Gleichspannung. Sie sollte besser um einige mV positiv sein als negativ. Entfernen Sie das Meßgerät und spielen Sie einige Minuten mit größerer Lautstärke über den Verstärker. Überprüfen Sie dann — bei erwärmten Transistoren — noch einmal den Ruhestrom. Er darf nun etwas größer sein, muß aber langsam auf den eingestellten Wert absinken. Wenn das zutrifft, können Sie jetzt die Rückwand anschrauben.

## Special 6, Bauanleitungen,

die beliebtesten aus dem elrad-Jahrgang 1981.

Inhalt: Audio-Spektrum-Analysator, Drum Synthesizer, Musiknetz-System, AM-Fernsteuerung, Gitarrenverstärker, Brumm-Filter, Schnellader, OpAmp-Tester, TB-Testgenerator, Sustain Fuzz, IC-Thermometer, Rauschgenerator, Drahtschleifenspiel, Kompakt 81-Verstärker, Stereo-Leistungsmesser, Lautsprecherschutz-Schaltung, Vocoder 1, Vocoder 2, FET-Voltmeter, Impuls-Generator, CMOS Logik-Tester, FM-Stereotuner, Elektronisches Stethoskop, Roulette, Oltetrometer, Milli-Ohmmeter, Tongenerator, E90-Lautsprecherbox, 7,5MHz-Oszilloskop, Halb-Intelligentes Tresorschloß, Antennen-Matcher.

144 Seiten ..... DM 14,80

Zu diesem Heft sind Platinenfolien für DM 8,- erhältlich.

### Versandbedingungen:

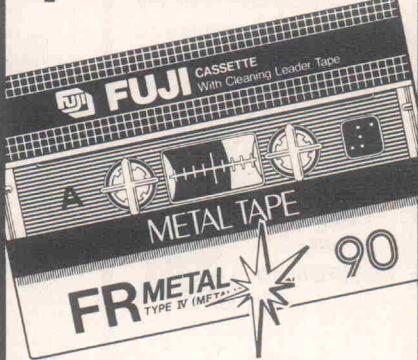
Die Lieferung der Hefte erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,50 Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 2,00 Versandkosten).

Die Lieferung der Platinenfolien erfolgt nur gegen Vorauszahlung auf unser Postscheckkonto Hannover, Nr. 9305-308.

Verlag Heinz Heise GmbH · Postfach 27 46 · 3000 Hannover 1

## Testzitat Stereo 1/83

**„das derzeit beste Reineisenband überhaupt ... Die immense Höhendynamik dieses Bandes sprengt die Skala in unserem Kreisdiagramm ... absolute Spitzenklasse ...“**



Mit der neuen FUJI FR-Metal beginnt endgültig die Eisenzeit für anspruchsvolle HiFi-Freunde. Denn die neue Spitzqualität von FUJI verschafft nicht nur unvergleichliche Hörerlebnisse, sie ist auch preisgünstiger denn je. Wer bisher aus Kostengründen auf die Nutzung der Metallposition verzichtet hat, sollte ruhig mal die Preise im Fachhandel vergleichen. Er wird überrascht sein, wie günstig die FUJI FR-Metal durch rationelle Fertigungsmethoden geworden ist.

## FUJI. Verzaubert Auge und Ohr.

Original FUJI Audio- und Videokassetten kommen von

**all-akustik**

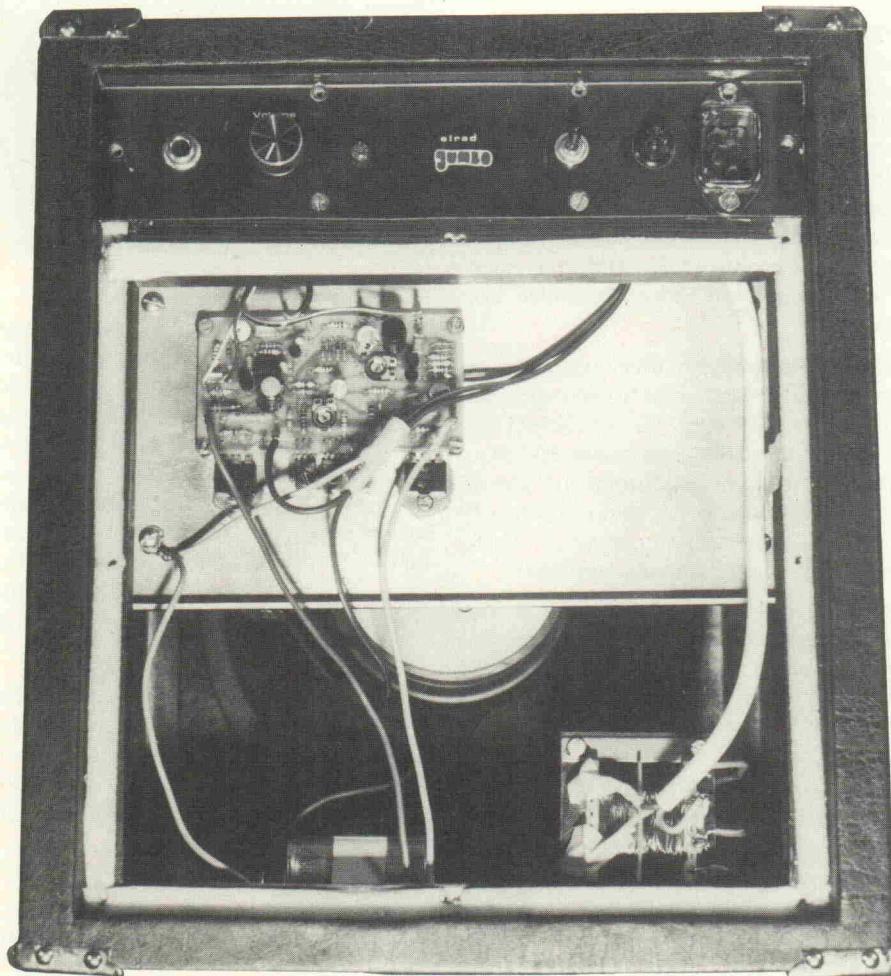
Vertriebs GmbH & Co KG  
Eichsfelder Str. 2 3000 Hannover 21



## Falls nicht . . .

Sie müssen nicht gleich in der Redaktion anrufen, wenn der Verstärker nicht auf Anhieb zufriedenstellend arbeitet. Überprüfen Sie im Problemfall zunächst noch einmal die Bestückung. Wenn Sie sicher sind, alle Bauteile am richtigen Platz und in der richtigen Polung eingesetzt zu haben, gehen Sie nach folgender Liste vor (Lautsprecher nicht anschließen):

- Ausgangsspannung im Ruhezustand weicht stark von Null ab und lässt sich nicht regeln: Ausgangs- und Treibertransistoren auslöten und mit dem Ohmmeter prüfen, evtl. austauschen, Q5 prüfen.
- Ruhestrom zu hoch oder zu klein und nicht regelbar: Q6 überprüfen, R15, 16 und RV3 überprüfen.
- Ruhespannung lässt sich nicht völlig auf Null regeln: Konstantstrom am Kollektor von Q4 gegen Masse messen, dieser muß etwa 1,3 mA betragen. Q2 und Q3 prüfen, falls in Ordnung, vertauscht wieder einbauen. C6 austauschen.
- Starke Verzerrungen auch bei leisen Tönen: Gleichspannungseinstellung des FET prüfen; zwischen Drain und Source sollen wenigstens 3,5 V liegen. Falls zu niedrig, Sourcewiderstand R3 vergrößern (bei FETs können erhebliche Exemplarstreunungen auftreten).
- Zu schwache oder zu starke Kompressorwirkung: R25 verkleinern bzw. vergrößern.
- Peak-Begrenzung nicht ausreichend, Endstufe übersteuert: R11 verkleinern, R4 verkleinern.
- Andere Sound-Wünsche: C3 vergrößern, verkleinern, Widerstand in Reihe schalten. C8 ändern bzw. weglassen.



## Wie funktioniert's?

Der Eingangswiderstand wird praktisch ausschließlich von R1 bestimmt. R2 bildet mit der Gate-Kapazität des FET einen Tiefpaß und unterdrückt Schwingneigung. D1 und D2 dienen zum Schutz der Eingangsstufe. Unterhalb einer Grenzfrequenz  $f_0$  beträgt die Spannungsverstärkung des FET in Sourceschaltung näherungsweise  $S \cdot R4/R3$ , darüber  $S \cdot R4$ . S ist die Steilheit des FET und abhängig von der Gleichspannungseinstellung. Für die Grenzfrequenz gilt

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot C3 \cdot (\frac{1}{S} + R3)}.$$

Um die Steilheit des FET zu ermitteln, müssen weitere Kenndaten bekannt sein, sie läßt sich aber auch aus der Spannungsverstärkung abschätzen.

Die Endstufe besitzt einen Differenzeingang (Q2, Q3), der aus einer Konstantstromquelle gespeist wird (Q4). LED2 dient zum Vorspannen von Q4. Q5 arbeitet auf einen mehrfach geteilten Kollektorwiderstand. R15 und R16 engen den Regelbereich von RV3 ein, um die Ruhestromeinstellung zu erleichtern. Mit RV3 wird die Basis von Q6 so vorgespannt, daß dieser im Bereich des Kennlinien-Knicks arbeitet. Bei Erwärmung sinkt die Basis-Emitter-Schwellspannung, Q6 steuert weiter auf: Die Spannung zwischen den Basen der Treibertransistoren Q7, Q8 wird verringert, und der Ruhestrom sinkt. Der Basisstrom für den Treiber Q7 würde bei hoher positiver Aussteuerung stark absinken, wenn er einfach über einen Kollektorwiderstand von Q5 aus der Plus-Spannungsversorgung bezogen würde. Dies wird hier durch eine Bootstrap-Schaltung verhindert. C9 koppelt einen Teil des Ausgangssignals in den Verbindungspunkt von R13 und R14. Dadurch entsteht hier bei Aussteuerung eine Spannung, die über der positiven Versorgungsspannung liegt.

Die Wechselspannungsverstärkung der Endstufe beträgt

$$V_E = \frac{R11 + R12}{R12}.$$

Die untere Grenzfrequenz wird durch C6 bestimmt, die obere im wesentlichen durch C8.

# 4Wege-Box

**Die Lautsprecher sind immer noch die schwachen Punkte einer HiFi-Kette. Der endgültige Klangeindruck einer Anlage wird im wesentlichen durch sie bestimmt. Die Qualität der anderen HiFi-Komponenten spielt demgegenüber nur eine geringere Rolle.**

**Es ist also von allergrößter Wichtigkeit, die bestmöglichen Lautsprechersysteme einzusetzen.**

Daher kann es sinnvoll sein, bei den übrigen Komponenten zu sparen, um im Endeffekt bei gleichen Gesamtkosten eine höhere Qualität zu erzielen. In den meisten Hi-Fi-Anlagen übertragt aber die Qualität des Tonabnehmers, des Plattenlaufwerks und des Verstärkers bei weitem die der Lautsprecher. Daher kann bei vielen vorhandenen Hi-Fi-Anlagen lediglich durch geeigneten Austausch der Lautsprecherboxen eine wesentliche Qualitätsverbesserung erreicht werden.

Leider werden nicht viele gute Bausätze zum Eigenbau von Lautsprecherboxen angeboten. Mit der hier beschriebenen Bauanleitung wollen wir versuchen, diesen Mangel etwas auszugleichen. Die vorgestellte Lautsprecherbox kann ohne weiteres zu Hause nachgebaut werden und ist qualitativ mit käuflichen Systemen der 1000,- DM-Klasse vergleichbar.

Eins sei von vornherein gesagt: Der Nachbau ist nicht ganz billig; die fertigen Boxen kosten aber dennoch nur einen Teil des Preises kommerzieller Lautsprechereinheiten bei gleicher Qualität.

## Die Auswahl der Lautsprecherchassis

In einer qualitativ hochwertigen Lautsprecherbox müssen gute Lautsprecherchassis verwendet werden. Es ist allerdings nicht immer ganz einfach, die ausgewählten Chassis auch zu besorgen. Daher sollte auch die Lieferbarkeit bei der Lautsprecherauswahl berücksichtigt werden.

Wir wählten aus dem großen Philips-Angebot unsere Lautsprecher aus. Sie bilden die Basis des 4000/1-Lautsprecher-Systems.

Es handelt sich dabei um ein Vierwege-System mit geschlossenem Gehäuse und Frequenzweichen mit 12 dB Abfall/Oktave.

Im ursprünglichen Aufbau wurden Frequenzweichen mit einer Flankensteilheit von 18 dB/Oktave verwendet. Die Berechnung und Ausführung ist allerdings schon recht kompliziert; zudem zeigt die 12 dB-

Version kaum Klangveränderungen gegenüber der 18 dB-Ausführung.

Die Vierwege-Ausführung erlaubt gegenüber einem 3-Wegesystem eine genauere Einstellung des elektroakustischen Übertragungsverhaltens.

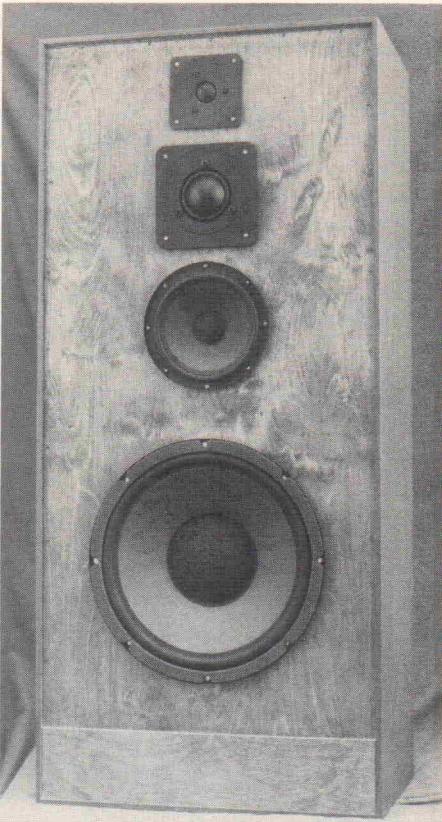
Ein wesentlicher Signalanteil in mittlerer Frequenzlage wird hier von einem zusätzlichen Mitteltöner abgestrahlt. Normalerweise werden diese Signalanteile vom Tieftonsystem mit übernommen. Das ursprüngliche Konzept sah vor, daß dem Tieftöner nur Frequenzen bis 150 Hz zugeführt werden. Ein separates Mitteltonsystem sollte daran anschließend Frequenzen bis 750 Hz abstrahlen. Oberhalb dieser Frequenz wurde ein weiteres Mitteltonsystem vorgesehen.

Das tieffrequente Mitteltonchassis, das bei einer Frequenz von 150 Hz einsetzt, sollte in der Lage sein, noch Signale mit Frequenzen bis herab zu 60 Hz abzustrahlen (ungefähr eine Oktave tiefer), um im Übernahmefrequenzbereich einen nahezu konstanten Frequenzgang für das Gesamtsystem erzeugen zu können. Dementsprechend sollte der Tieftöner noch Frequenzen bis 300 Hz abstrahlen können.

Nach umfangreichen Messungen fiel die Entscheidung für den Tieftonlautsprecher: Es wurde der Typ AD 12250/W8 von Philips ausgewählt. Das ist ein 100 Watt-Chassis mit einer Eigenfrequenz von 26 Hz. Im eingebauten Zustand erhöht sich diese Resonanzfrequenz nur auf ca. 31 Hz! Das ist ein ausgezeichnetes Verhalten.

Bei 350 Hz scheint der Tieftöner jedoch einen starken Einbruch im Frequenzgang aufzuweisen. Für den hier beschriebenen Aufbau spielt dieses Verhalten jedoch keine Rolle.

Für den tiefen Mitteltonlautsprecher wurde der Typ AD 70601/W8 mit einer Eigenfrequenz von 45 Hz ausgewählt. Das ist ebenfalls ein Tieftonlautsprecher, und er besitzt daher auch keine eigene Abdeckung der Lautsprecherrückseite, wie sie bei Mitteltonsystemen üblich ist. Die separate Abdeckung muß beim



Die fertige Lautsprecherbox

Aufbau des Lautsprechergehäuses eingefügt werden. Die im 4000/1-Entwurf gewählte Abdeckung erzeugt eine Resonanzverschiebung auf ungefähr 55 Hz. Das ist ebenfalls ein guter Wert. Der Frequenzbereich von 750 Hz bis 3 kHz wird von einem Mitteltonlautsprecher mit der Bezeichnung AD 02160/SQ8 übernommen. Er besitzt eine 50 mm-Textil-Kalotte, die einen guten Frequenzgang und eine breite Schallstreuung auch bei höheren Frequenzen erzeugt.

Für den Frequenzbereich oberhalb 3 kHz wird ein Hochtontlautsprecher mit der Bezeichnung AD 01610/T8 benutzt. Messungen an einer Vielzahl von Philips-Hochtonern ergaben, daß dieser Typ am besten geeignet ist.

## Der Aufbau

Wenn Sie die Lautsprecherbox nachbauen wollen, beginnen Sie mit dem Zusammen-

bau der Seiten, des Ober- und des Unterteils. Das Bodenstück wird 100 mm über dem Fußboden eingesetzt. Im so entstandenen Hohlräum können z. B. die Frequenzweichen untergebracht werden. Anschließend werden die beiden Holzflächen eingebaut, die den separaten Teilraum für das Mitteltonsystem bilden sollen.

Es ist sehr wichtig, daß die Teilräume für Mitteltoner und Baß vollständig gegeneinander abgedichtet sind. Das gleiche gilt auch gegenüber der Außenluft. Jede Verbindung muß sorgfältig mit Dichtmasse oder Klebstoff behandelt werden.

Für die Verbindung der Lautsprecher untereinander bietet sich 2-adriges Netzkabel mit runder Ummantelung an. Dann können die in der Bodenplatte und in der Mitteltonabdeckung notwendig werdenden Verbindungslöcher so passend gebohrt werden, daß das Kabel gerade noch durchgezogen werden kann und gleichzeitig als Isolierung der Teilräume gegeneinander und nach außen wirkt.

In der Unterseite der Mitteltonabdeckung sind 3 Bohrungen notwendig, um die beiden Mitteltoner und den Hochtoner anschließen zu können.

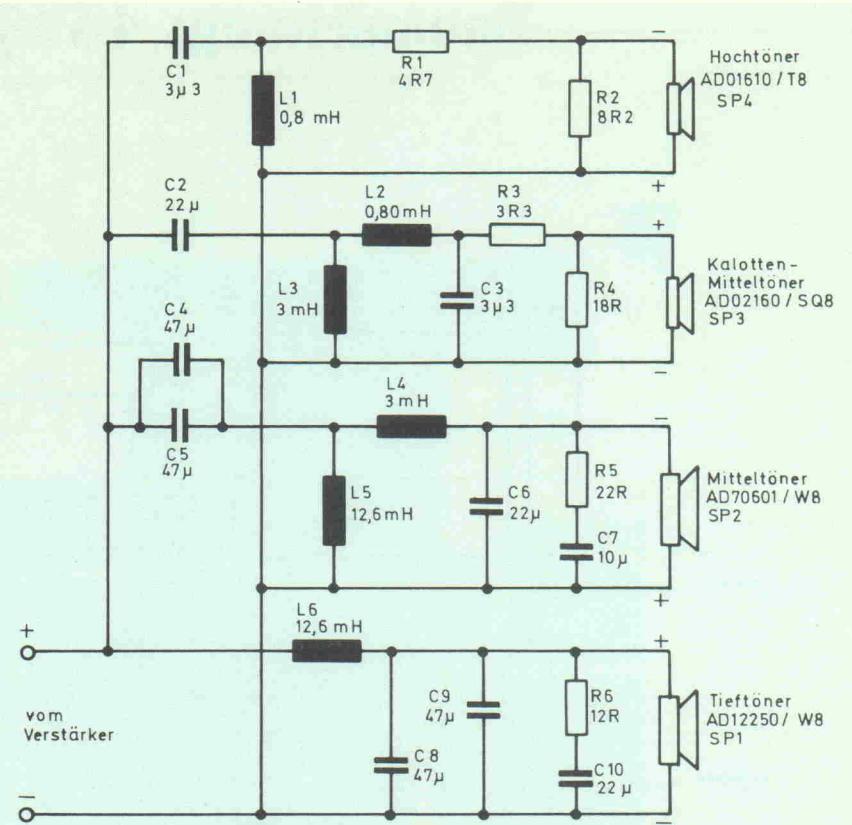
Dazu werden ausreichend lange Netzkettenstücke zurechtgeschnitten und durch die Bohrungen gezogen. Eine zusätzliche Abdichtung erfolgt mit Klebstoff oder Silikonkautschuk. Wenn die Frequenzweiche unter der Box installiert werden soll, müssen Sie vier Löcher in die Bodenplatte bohren. Die entsprechenden Kabel werden wiederum durch die Bohrungen gezogen und diese anschließend abgedichtet. Die Löcher sollten näher an der Hinterwand liegen, damit genügend Platz zur Befestigung der Frequenzweiche bleibt. Die Anschlußbuchse sollte in die Rückwand der Box eingebaut werden.

Eine demontierbare Frontplatte ist nicht notwendig, da die Lautsprechersysteme von außen eingebaut werden können.

Es ist sinnvoll, die Frontplatte vor ihrer Montage an das übrige Gehäuse mit den Lautsprecheröffnungen zu versehen.

Die Bodenplatten der Box und der Mitteltonabdeckung stehen 38 mm gegen die Vorderkanten der Seitenteile und der Deckplatte zurück. Wenn die Frontplatte eingebaut ist, sollte diese noch 19 mm hinter den Vorderkanten der Box zurückstehen. Diese Differenz wird von der Frontabdeckung ausgefüllt.

Dichten Sie alle verbleibenden Undichtigkeiten zwischen Frontplatte und dem übrigen Gehäuse gut ab. Jetzt muß nur



Die Frequenzweiche für das Vierwege-System. Beachten Sie bitte die unterschiedliche Polarität der Lautsprecher!

noch ein kleines Holzbrettchen von 100 mm Höhe unten an der Vorderseite der Box als 'Scheuerleiste' angeleimt werden.

Die Frontabdeckung besteht aus einem Holzrahmen, der sauber in den auf der Vorderseite der Box verbleibenden Rahmen paßt. Über den Holzrahmen wird Lautsprecher-Bespannstoff gespannt, der keine Höhen absorbiert.

Der letzte Schritt vor dem Einbau der Lautsprecher ist die Auskleidung des Baß- und Mitteltonraumes mit 25 mm dicken schallabsorbierenden Platten (Steinwolle, Glaswolle o. ä.). Rück- und Seitenwände, Deck- und Bodenplatten beider Teilräume werden verkleidet. Um das Material sicher befestigen zu können, benutzen Sie Reißzwecken, dünne Nägel und Klebstoff.

Die Hochtonlautsprecher und die geschlossenen Mitteltoner werden mit Dichtgummis geliefert. Sie gewährleisten eine gute Abdichtung der montierten Lautsprecher gegen das Innenvolumen der Box. Zur Abdichtung des offenen Mitteltoners und des Baßlautsprechers verwenden Sie am besten selbstklebendes Dichtband, das in jedem Bastelgeschäft erhältlich ist. Das Dichtband wird um die Lautsprecheröffnungen auf die Vorderseite der Frontplatte geklebt, so daß die eingebauten Systeme gut abgedichtet werden.

Bei der Verdrahtung der Lautsprecher achten Sie auf deren Polarität. Der positive Pol ist auf allen Lautsprechern durch einen roten Punkt gekennzeichnet. Markieren Sie am besten die anderen Verbindungsleitungen, damit Sie genau wissen, an welche Lautsprecher sie angelötet werden müssen.

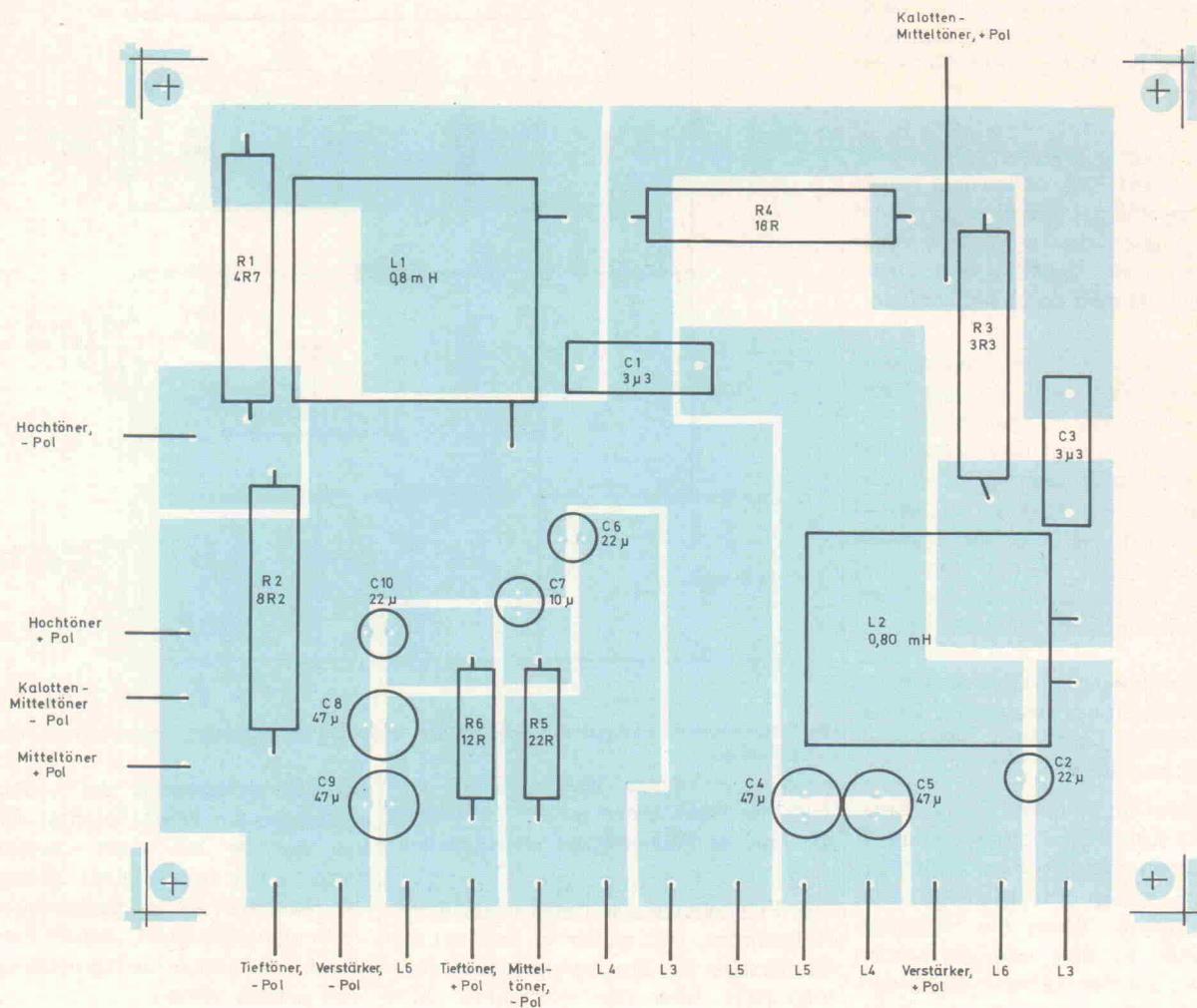
Achten Sie genauestens auf die richtige Verdrahtung! Verwechslungen können zur Zerstörung einzelner Lautsprecher führen. Wenn alle Lautsprecher eingebaut sind, muß die Frequenzweiche bestückt und in die Box eingebaut werden. Soll die Frequenzweiche im Inneren der Box und nicht darunter installiert werden, müssen Sie mit dem Einbau des Tieftöners bis zum Schluß warten.

Wenn alle Lautsprecher eingebaut sind, verbinden Sie die Anschlüsse des Baßsystems kurzzeitig mit einer 1,5 V-Batterie. Dabei beobachten Sie die Membran des Mitteltoners. Bewegt sie sich, ist die Abdichtung des Mitteltonbereiches ungenügend.

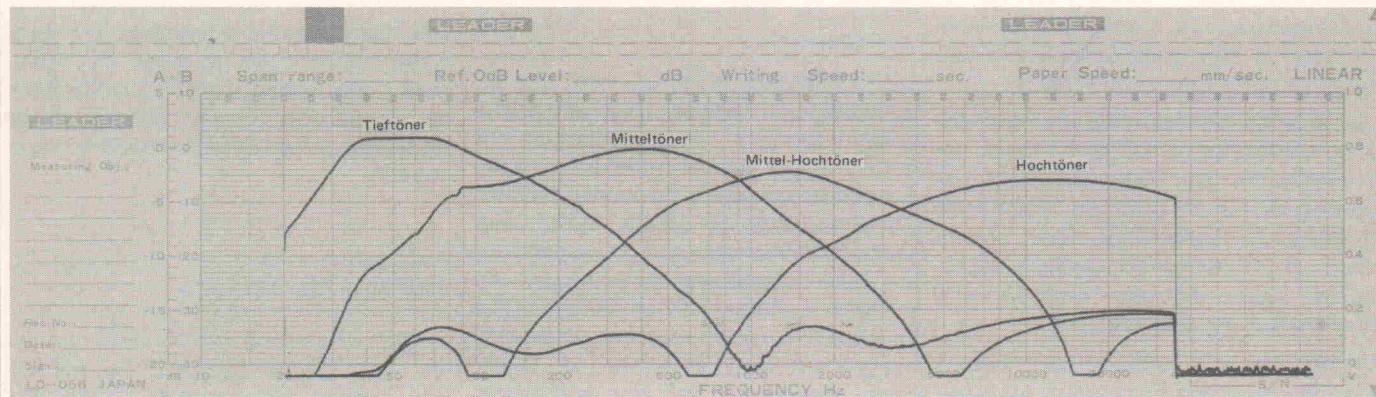
### Aufbau der Weiche

L3, L4, L5 und L6 sind zu groß, um auf der Leiterplatine montiert zu werden. Alle anderen Komponenten finden aber darauf Platz.

# Bauanleitung: 4-Wege-Box

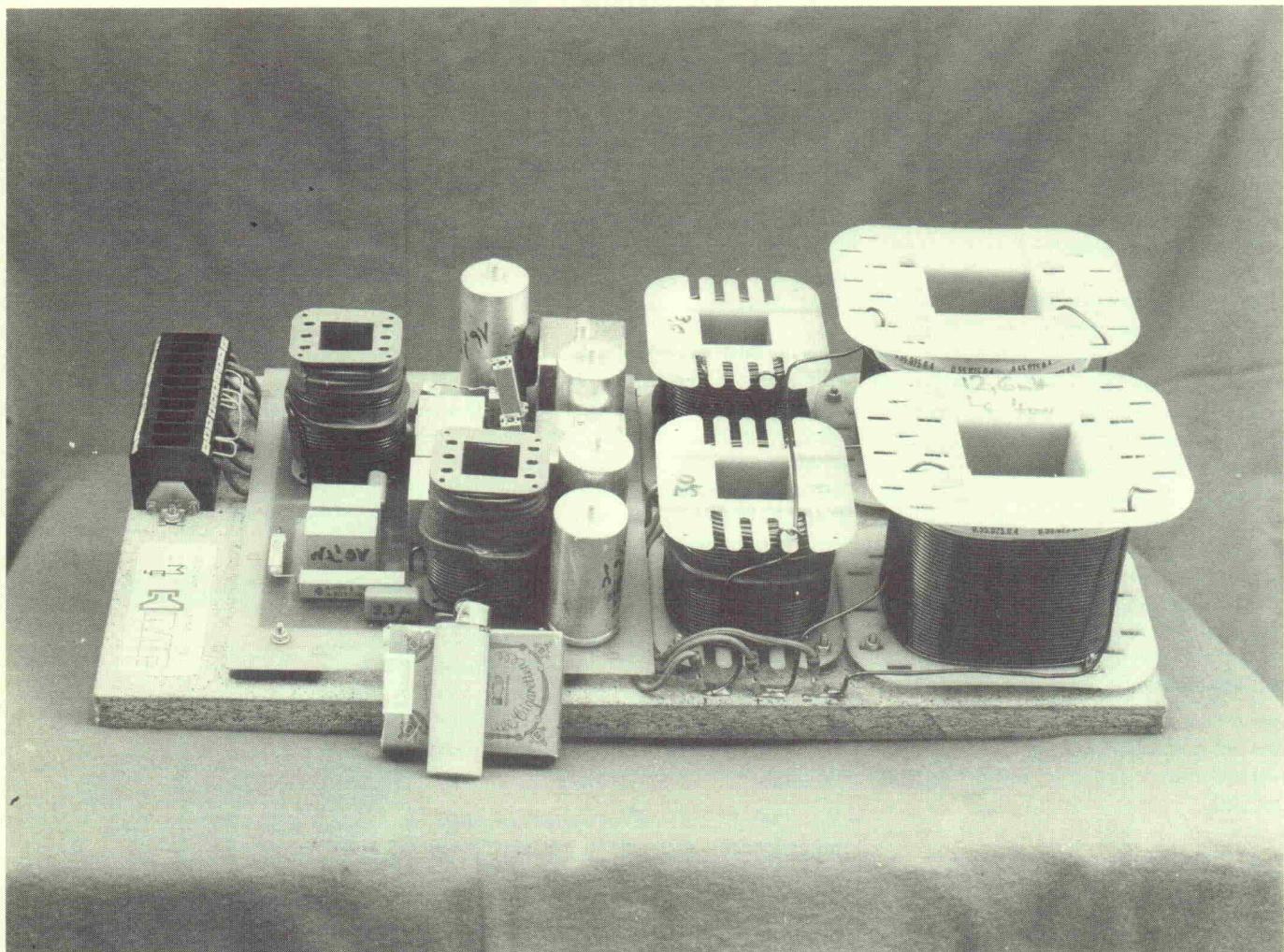


Der Bestückungsplan für die Frequenzweiche.

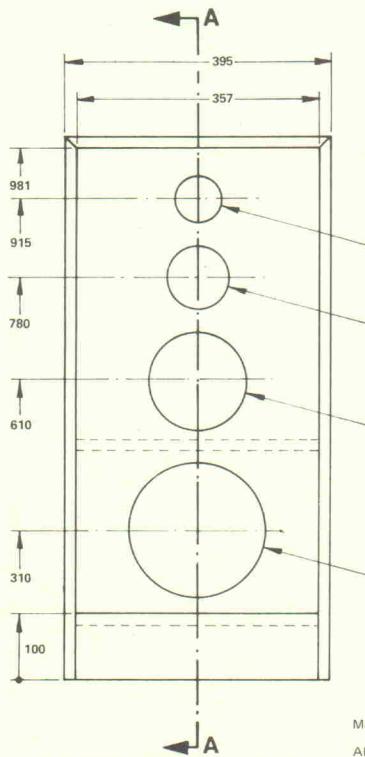


Frequenzgang der Weiche

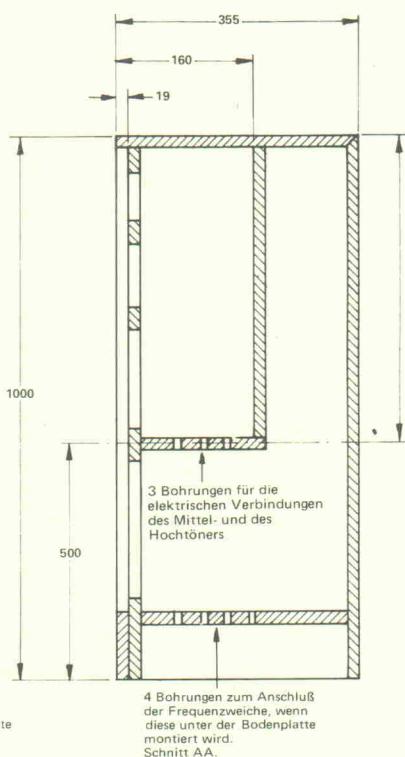
# Bauanleitung: 4-Wege-Box



Eine Luxusversion unserer 4-Wege-Weiche, aufgebaut mit Luftspulen und Papierkondensatoren. Durch den Einsatz von bipolaren Elkos und Spulen mit Ferritkern läßt sich viel Platz und Gewicht sparen.



Material: 19 mm Spanplatte  
Alle Maße in mm.



4 Bohrungen zum Anschluß  
der Frequenzweiche, wenn  
diese unter der Bodenplatte  
montiert wird.  
Schnitt AA.

Beginnen Sie den Aufbau der Frequenzweiche mit der Bestückung der Leiterplatine. Zuerst werden die Kondensatoren eingelötet und anschließend die Widerstände. Sie sollten ca. 10 mm über der Platinenebene liegen, um thermische Beschädigungen der Platine zu vermeiden, da die Widerstände bei hohen Verstärkerausgangsleistungen recht heiß werden können. Die zwei kleineren Spulen L1 und L2 werden auf die Platine geklebt und dann angeschlossen.

Unser Frequenzweichenprototyp ist auf einem Aluminiumblech von 200 mm x 330 mm aufgebaut. Sie brauchen aber nicht unbedingt ein Blech zu verwenden. Wenn Sie jedoch unserem Entwurf folgen, montieren Sie die vier großen Induktivitäten auf der Aluplatte und führen dann die elektrischen Verbindungen zur Leiterplatine aus. Nachdem auch die Lautsprecher an die Frequenzweiche angeschlossen sind, wird die Platine mit 6 Abstandshaltern auf der Aluplatte befestigt. Diese Einheit kann dann an der Unterseite der Bodenplatte des Gehäuses festgeschraubt werden.

Wenn Sie ohne Aluplatte auskommen wollen, schrauben Sie die Platine und die Induktivitäten direkt an die Bodenplatte der Box.

## Inbetriebnahme

Bevor Sie die Lautsprechereinheit an einen Verstärker anschließen, verbinden Sie die Anschlüsse mit einer 1,5 Volt-Batterie (den positiven Lautsprecheranschluß an den positiven Batteriepol). Dann sollte sich die Baß-Membran nach außen bewegen, und die Box sollte einen lauten dumpfen 'Plopp' erzeugen. Wiederholen Sie diesen Test mehrere Male und hören Sie sich jeden Lautsprecher einzeln an. Benutzen Sie keine Batterie mit höherer Spannung, da sonst der Tieftöner zerstört werden kann.

Wenn alles in Ordnung ist, wird die Box an einen Verstärker angeschlossen und die Lautstärke langsam erhöht.

## Eigenschaften

Die Übertragungseigenschaften von Lautsprechern können sehr unterschiedlich angegeben werden. Einige (wenige) Hersteller geben den Schalldruckpegel in 1 m Abstand bei sinusförmiger Aussteuerung und definierter Eingangsleistung und Frequenz an. Die Aussagekraft solcher Angaben kann mit Recht angezweifelt werden.

Ein vernünftiger Weg zur Überprüfung von Lautsprecherboxen ist die Ansteuerung mit 'Rosa'-Rauschen. Dieses Rauschen besitzt konstante Energie pro Oktave innerhalb des gesamten Audiobereiches. Bei dieser Art von Ansteuerung kann die Box mit einer Leistungsaufnahme von 100 W betrieben werden. An den bipolaren Elektrolytkondensatoren in der Frequenzweiche treten dann Spannungen um 50 V auf. Diese Leistung sollte als die maximale Steuerleistung für die Lautsprecherbox betrachtet werden.

Häufig wird die maximale von der Box aufnehmbare Leistung fälschlicherweise so interpretiert, als würden unter diesem Wert liegende Ansteuerungen keine Beschädigungen an den Lautsprechern hervorrufen. Aber bereits ein stark übersteuerter 20 W-Verstärker kann Beschädigungen verursachen.

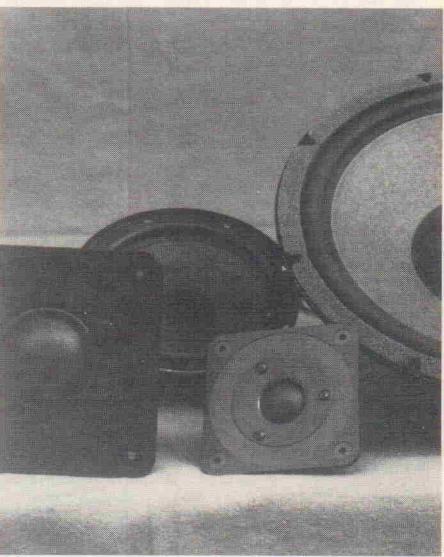
Unsere Ohren sind die besten Indikatoren für den sicheren Betrieb der Lautsprecherbox. Wenn das Schallsignal bei höheren Aussteuerungen verzerrt oder unangenehm klingt, drehen Sie die Lautstärke am Verstärker zurück. In neun von zehn Fällen wird der Verstärker übersteuert und nicht die Lautsprecherbox überlastet.

Das 4000/1-Lautsprechersystem wurde so dimensioniert, daß sich für die häufigsten Aufstellungsbedingungen ein möglichst guter Höreindruck ergibt. Der zum optimalen Höreindruck gehörende Frequenzgang wurde mit Hilfe von Tests bestimmt.

Das Übertragungsverhalten der Weiche ist nicht frequenzunabhängig, sondern wird zu hohen Frequenzen etwas vermindert. Aber erst der individuelle Test zeigt, wie gut die Lautsprecherbox ist. Der Frequenzgang besitzt keine scharfen Übergänge, sondern verändert sich sehr sanft.

Wenn die Box korrekt aufgebaut ist, werden auch stark ausgesteuerte Passagen klar und sauber wiedergegeben.

Viel Spaß mit dem 4000/1 Lautsprecher-System!



## Wie funktioniert's?

Das vom Ausgang eines Leistungsverstärkers gelieferte Eingangssignal der Box wird mit einer Frequenzweiche auf 4 Lautsprecher aufgeteilt.

Das Lautsprechergehäuse besteht aus 2 Teilräumen, einem größeren Baßraum und einem kleineren Mitteltonraum. Die beiden Teilräume sind vollständig gegeneinander abgedichtet, um Rückwirkungen der Teilvolumina aufeinander zu vermeiden. Die beiden weiteren Lautsprecher besitzen eigene, zum System gehörende Abdeckungen.

## Stückliste

### Lautsprecher-Chassis

SP1	Philips AD12250/W8
SP2	Philips AD70601/W8
SP3	Philips AD02160/SQ8
SP4	Philips AD01610/T8

### Spulen

L1, L2	0,8 mH max. DC-Widerstand 0,5 R
L3, L4	3,0 mH max. DC-Widerstand 0,5 B
L5, L6	12,6 mH max. DC-Widerstand 0,7 R

### Kondensatoren

C1	3µ3 Folie
----	-----------

C2 22µ/50 V, Elko, bipolar

C3 3µ3 Folie

C4, C5 47µ/50 V, Elko, bipolar

C6 22µ/50 V, Elko, bipolar

C7 10µ/50 V, Elko, bipolar

C8, C9 47µ/50 V, Elko, bipolar

C10 22µ/50 V, Elko, bipolar

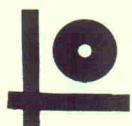
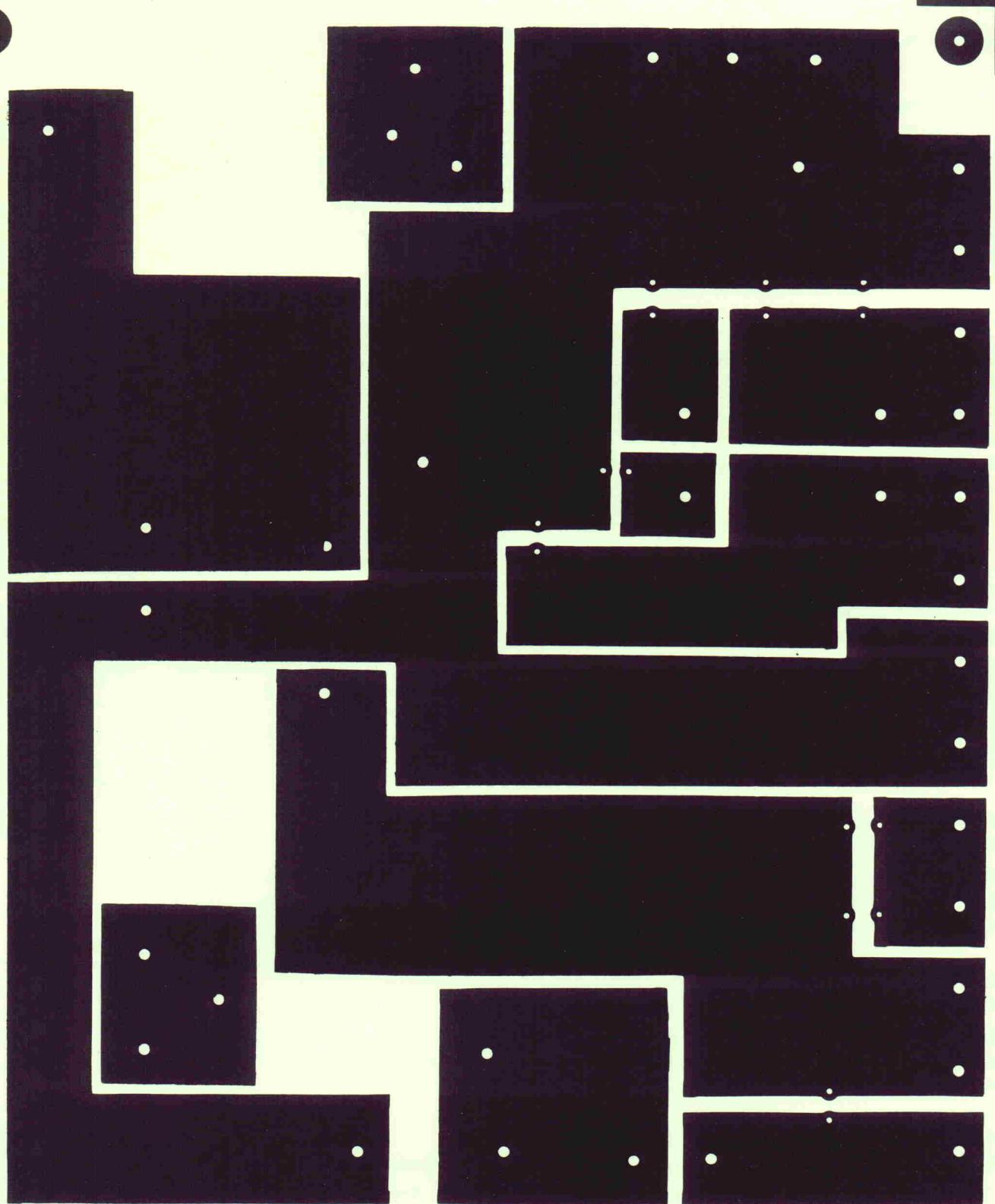
### Widerstände

R1	4R7, 10 W, 5%
R2	8R2, 10 W, 5%
R3	3R3, 10 W, 5%
R4	18R, 10 W, 5%
R5	22R, 5 W, 5%
R6	12R, 5 W, 5%

### Verschiedenes

Platine, Gehäuse, Litze, 2x1 mm Ø

# Bauanleitung: 4-Wege-Box



Das Platinenlayout für die 4-Wege-Box

elrad-extra: Lautsprecher-Selbstbauheft

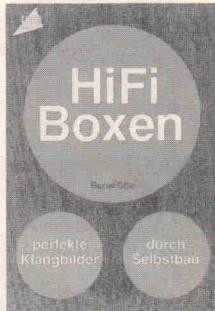


# Empfehlenswerte Bücher

**HiFi-Boxen**, Rainer Götz

Topp-Serie, Frech-Verlag Stuttgart 1981, ISBN 3-7724-0460-X

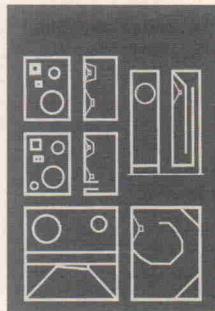
Auf 94 Seiten werden dem Leser neben Grundlagen und Aufbauhinweisen eine ganze Reihe von Bauanleitungen geboten. Dabei sind alle Prinzipien des Boxenbaus berücksichtigt. Für die Newcomer geschlossene und Baßreflexboxen und für die Fortgeschrittenen eine Exponential- und Transmission-Line-Box. Sehr nützlich ist der Anhang mit einem Fachwörter-Lexikon und Tabellen mit Lautsprecherdaten.



**Lautsprecherboxen zum Selbstbau**, Jürgen Tech

Topp-Serie, Frech-Verlag Stuttgart 1981, ISBN 3-7724-0437-5

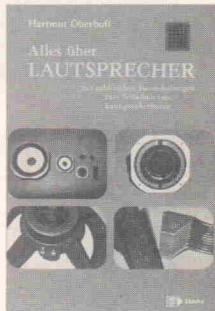
Sehr ausführlich werden dem Leser die Grundlagen vermittelt, dabei wird nicht nur der Lautsprecher berücksichtigt, sondern auch die Raumakustik. Einige Bauanleitungen runden das Buch ab. Sehr nützlich ist ein Zuschneidebogen für eine Exponentialbox. 63 Seiten.



**Alles über Lautsprecher**, Hartmut Oberhoff

Karamanolis Verlag 1982, ISBN 3-922238-23-8

Ein Buch mit ausführlichem Grundlagenteil, auch die Lautsprecher-Meßtechnik findet einen angemessenen Raum. Im praktischen Teil wird die ganze Palette des Boxenbaus beschrieben; so findet besonders der Newcomer wichtige Hinweise zum Aufbau, zur Dämpfung und Finish einer Lautsprecherbox. In den Bauanleitungen sind alle wichtigen Prinzipien vertreten. Ein Anhang mit Tabellen und Formeln rundet das Buch ab. 120 Seiten.



**Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für HiFi**, Hans Herbert Klinger

RPB 105, Franzis Verlag, ISBN 3-7723-1051-6

Rund 130 Seiten Grundlagen lassen dieses Buch zu einem wichtigen Nachschlagewerk werden. Hier findet man wirklich alles, was man zum Thema Lautsprecher wissen sollte. Danach folgen eine ganze Reihe sehr interessanter Bauanleitungen. 158 Seiten.

**Lautsprechergehäuse-Baubuch**, Hans Herbert Klinger

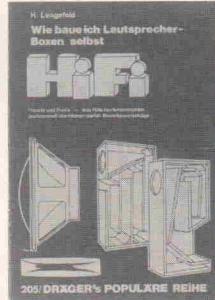
RPB 311, Franzis Verlag, ISBN 3-7723-3113-0

Eine gute Ergänzung zum RPB 105 vom selben Autor. Hier wird nur sehr kurz auf Grundsätzliches eingegangen; dafür findet der Leser aber eine große Zahl von Bauvorschlägen mit Kurzbeschreibung. 144 Seiten.

**Wie bau ich Lautsprecher-Boxen selbst?** H. Lengefeld

Dräger's Populäre Reihe, Radio Dräger GmbH + Co KG, Sophienstraße 21, 7000 Stuttgart 1

Das Buch beginnt mit einem sehr ausführlichen Grundlagenteil. Recht anschaulich wird auch der Gehäuseaufbau beschrieben. Wer selbst gerne experimentiert, findet in einem Tabellenteil wichtige Angaben zur Dimensionierung und zum Aufbau seiner Weiche. Danach geht es in die Praxis, Bauanleitungen in allen Größen und nach allen Prinzipien mit anschaulichen Bauzeichnungen. 188 Seiten.



# Die Gesamtschau moderner Elektronik: zwölfmal im Jahr!

elrad bringt jeden Monat aktuelle Schaltungsentwicklungen innerhalb einer Gesamtschau der modernen Elektronik

Das elrad-Spektrum:  
aktuell  
Bauanleitungen  
Reports  
Tests  
Englisch für Elektroniker  
Laborblätter  
HiFi  
Computing Today  
Buchbesprechungen  
Tech-tips



Bestellen Sie heute noch Ihr Abonnement zum Vorzugspreis!

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 2746  
3000 Hannover 1

Abonnement nur  
**DM 45,—**  
inkl. MwSt. und Versandkosten

**elrad**  
magazin für elektronik

# Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

ACR, München . . . . .	Umschlagseite 2
albs alltronic, Mühlacker . . . . .	28
all-akustik, Hannover . . . . .	91
a + o, Starnberg . . . . .	93
Arlt, Düsseldorf . . . . .	57
Audio Projekt, Stuttgart . . . . .	81
Audio Technik, Herford . . . . .	56
Blum, Thannhausen . . . . .	91
Brose, Detmold . . . . .	48
Bühler, Baden-Baden . . . . .	48, 67
Celestion, Pirmasens . . . . .	61
D + M, Kamen . . . . .	56
Dräger, Stuttgart . . . . .	Umschlagseite 3
DYNAUDIO . . . . .	29
Fink, Duisburg . . . . .	40
Frech-Verlag, Stuttgart . . . . .	91
GDG, Münster . . . . .	33
Goldt, Hannover . . . . .	56
Güls, Aachen . . . . .	61
HADOS, Bruchsal . . . . .	84
harman, Heilbronn . . . . .	27
Hieske, Ludwigshafen . . . . .	76
hifisound, Münster . . . . .	40
Hubert, Bochum . . . . .	91
HW, Hamburg . . . . .	35
IEM, Welden . . . . .	73
IEV, Osterholz-Scharmbeck . . . . .	76
Inter Technik, Kerpen . . . . .	35
Joker HiFi, München . . . . .	40
Kaiser, Cuxhaven . . . . .	76
Keimes + König, Aachen . . . . .	66
Kort, Ottenstein . . . . .	76
LSV, Hamburg . . . . .	40
Magnat, Köln . . . . .	35
membran, Berlin . . . . .	61
Meyer, Frohnhausen . . . . .	14, 84
mivoc, Solingen . . . . .	67
mössinger, Wildbad . . . . .	76
Musik Produktiv, Ibbenbüren . . . . .	85
Orbid Sound, Balingen . . . . .	2
Peerless, Düsseldorf . . . . .	84, 91
Pöschmann, Köln . . . . .	93
proaudio, Bremen . . . . .	76
proraum, Bad Oeynhausen . . . . .	29, 83
PROTRONIC, Neuhausen . . . . .	85
RAE, Aachen . . . . .	2, 8
Scan-Speak, Bergisch-Gladbach . . . . .	29
Scope, Hamburg . . . . .	Umschlagseite 4
Späth, Augsburg . . . . .	91
Speaker Selektion, Kassel . . . . .	76
Schukat, Haan . . . . .	81
Statronic, Hamburg . . . . .	76
Stereophon, Frankfurt . . . . .	85
Tänkle, Waldkirch . . . . .	66
Wersi, Halsenbach . . . . .	93

## Impressum:

elrad  
Magazin für Elektronik  
Verlag Heinz Heise GmbH  
Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61  
Postanschrift: Postfach 2746  
3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 5 35 20

Postscheckamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308  
Kreissparkasse Hannover,  
Konto-Nr. 000-019968 (BLZ 250 502 99)

**Herausgeber:** Christian Heise

**Redaktion:** Werner Wendland

## Anzeigen:

Anzeigenleiter: Wolfgang Penseler,  
Disposition: G. Donner

## Redaktion, Anzeigenverwaltung,

## Abonnementsverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 2746  
3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 5 35 20

Layout und Herstellung: Wolfgang Ulber

**Satz und Druck:** Hahn-Druckerei,  
Im Moore 17, 3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 71 70 01

## Vertrieb:

Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 57 07  
D-6200 Wiesbaden  
Ruf (06121) \*27 72

## Schweiz:

Vertretung für Redaktion, Anzeigen und  
Vertrieb:  
Electronic-Service  
Tivoli  
Postfach  
CH-8954 Spreitenbach  
Tel. 056/7118 33

## Österreich:

Vertrieb:  
Pressegroßvertrieb Salzburg Ges.m.b.H.  
& Co. KG.  
A-5081 Salzburg-Anif  
Niederalm 300, Telefon (06246) 37 21  
Telex 06-2759

## Verantwortlich:

Textteil: Werner Wendland  
Anzeigenteil: Wolfgang Penseler,  
beide Hannover

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen bei Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Sämtliche Veröffentlichungen in elrad erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patent-schutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany  
© Copyright 1983 by Verlag Heinz Heise GmbH

**ISSN 0724-1135**

**Titelfoto:** Fotocentrum Hannover, Manfred Zimmermann

# RADIO DRÄGER STUTTGART

## DER INBEGRIFF FÜR BESSEREN SOUND

FÜHRENDE IN AUSWAHL, QUALITÄT  
UND PREIS. UMFASSENDE BERATUNG



### Diese Auswahl läßt keine Wünsche offen:

von den bedeutenderen MARKEN-CHASSIS der High-End Klasse bis zu den kostengünstigsten Modellen. Dazuhin das gesamte Gehäuse- und Markenzubehör.

SONDERABTEILUNG FÜR CAR - STEREO. Spezial-Lautsprecher vom Sub-Mini Modell bis zur wasser-dichten Flughafenbeschallung in den Tropen. So bieten wir Ihnen die optimale Lösung zu günstigen Preisen.

### Wir zeigen Ihnen, wie man's macht!:

Unsere Mitarbeiter sind selbst Lautsprecher-Freak's und begeisterte Boxenbauer ... also nicht die sonst übliche Schmalzpurberatung nach Katalog, sondern fundiertes Wissen aus der Praxis.

\*\* So garantieren wir dem Anfänger ebenso den richtigen Einstieg und noch mehr Spaß am erfolgreichen Boxenbau, wie dem Fortgeschrittenen und Voltprofi immer die neuesten Trends und Technologien. Unsre leistungsfähiges Akustik-Labor und eigene Entwicklungsabteilung schaffen hier ideale Voraussetzungen für einen Vollservice der neuen Maßstäbe setzt.

Und wenn Ihre neuen Ideen irgendwann noch besser als die alten sind? ... dann bietet Ihnen unsere bekannte Warenbüro für die bei uns gekauften Lautsprecher höchste Wiederverkaufswerte. So können Sie unbeschwert weiterbauen!

Vorführungen \* Seminare \* Workshop  
VALVO JBL WHARFEDALE RCF ... SPEAKER von A-Z ...



H. Lengefeld

### Wie baue ich Lautsprecher-Boxen selbst

Es wurde schon viel über Lautsprecher geschrieben. Dieses brandneue Fachbuch aber ist wirklich einzigartig. Verständlich im Stil, zeigt es sowohl für den Anfänger wie für den Profi die ganze Vielfalt der Möglichkeiten auf. Ausführlich, umfangreich und mit maßstabsgerechten Bauplänen wie kein Lautsprecherbuch zuvor, bietet dieses Handbuch der Lautsprechertechnik eine schrittweise Einführung für alle Boxenbauer bis hin zur professionellen Ausnutzung der neuesten Erkenntnisse.

Die physikalischen Grundlagen, Fachbegriffe, Definitionen, Formeln werden hier ebenso ausführlich erklärt, wie die enorme Fülle wertvoller Hinweise, Ideen und Tips aus der langjährigen Praxis des renommierten Autors H. Lengefeld.

Vor jedem Lautsprecherkauf sollten Sie unbedingt dieses fundierte Handbuch gelesen haben. Mit diesem Wissen sparen Sie bis zu 70% beim Selbstbau Ihrer Boxen, können Ihre vorhandenen Boxen endlich professionell optimieren und sind (auch beim Fertigboxenkauf) nicht mehr auf die oberflächlichen Ausführungen eines Verkäufers angewiesen, der eben nur seine paar Hersteller kennt und diese verkaufen muss.

EINFÜHRUNGS-  
PREIS nur 18.80,-  
ab 1.7.83 DM 26.90

DRÄGER'S POPULÄRE REIHE  
H. Lengefeld 190 Seiten  
mit vielen Abbildungen, Tabellen  
und ca. 90 Seiten m. Bauvor-  
schlägen und Stücklisten.



... Wir liefern auch an den ELECTRONIC- und Fachbuchhandel!  
VERTRIEB: RADIO DRÄGER und hobby electronic Stuttgart

...besonders preiswerte  
BEZUGSQUELLEN:

HERSTELLER FIRMEN	Chassis	Gehäuse	Chassis	Gehäuse	HERSTELLER FIRMEN	Chassis	Gehäuse	Chassis	Gehäuse
ALTEC	X	X	X	X	JORDAN WATTS	X	X	X	X
AUDAX	X	X	X	X	KEF	X	X	X	X
BECKER	X	X	X	X	KLIPSCH	O	O	X	X
BEYMA	X	X	X	X	LOWTHER	X	X	X	X
CELESTION	X	X	X	X	MAGNAT	X	X	X	X
COLES	X	X	X	X	MOTOROLA/Piezo	X	X	X	X
CORAL	X	X	X	X	MULTICELL	X	X	X	X
DECCA	X	O	X	O	PEERLESS	X	X	X	X
DYNAMIC	X	X	X	X	PODSZUS	X	O	X	O
DYNAUDIO	X	X	X	X	PIONEER	X	X	X	X
ELECTRO-VOICE	X	X	X	X	RANK	X	X	X	X
FANE and H+H	X	O	X	O	RCF	X	O	X	O
FOCAL	X	X	X	X	RENKUS-HEINZ	X	O	X	O
FOSTEX	X	O	X	O	RICHARD ALLEN	X	X	X	X
GAUSS	X	O	X	O	SCAN-SPEAK	X	X	X	X
GOODMAN'S	X	O	X	O	SEAS/VIVA	X	O	X	O
HADOS	O	X	O	X	SHACKMAN	X	O	X	O
HARBETH	X	X	X	X	SIBE - SIARE	X	O	X	O
HECO	X	X	X	X	TANNOY	X	O	X	O
ISOPHON	X	X	X	X	TECHNICS	X	X	X	X
ITT	X	X	X	X	VALVO	X	X	X	X
JBL	X	X	X	X	VISATON	X	X	X	X
JVC	X	X	X	X	WHARFEDALE	X	X	X	X

BEI UNS MARKENCHASSIS MIT 12 MONATEN GARANTIE!!!

immer die günstigsten  
Tagespreise per Telefon:

0711-640 70 21

... mit uns können Sie reden!  
DURCH GROSSEINKÄUFEN GARANTIERTIE TIEFPREISE!!!

## DURCH RIESIGE STÜCKZAHLEN UNGLAUBLICH GÜNSTIGE PREISE

UNSERE DIREKTIMPORTE  
aus Europa und Übersee garantieren Ihnen das Neueste und Aktuellste zu besonders günstigen  
WELTMARKTPREISEN

## DAZUHIN EXTREM SCHNELL

und nicht weiter von Ihnen entfernt als Ihr nächster Briefkasten. Unser 24-Stunden Schnellversandwickelt Ihre Aufträge rund um die Uhr unbürokratisch und außerst flexibel mit unglaublicher Schnelligkeit ab. So halten wir die Kosten extrem niedrig und Sie sparen viel Geld.

## PREIS & LEISTUNG & VOLLSERVICE HiFi - PA - DISCO \* AUTO - HiFi \*

### ALLES AUS EINER HAND



hobby electronic exclusive Nr. 1 präsentiert:

Die hochkarätigsten Markenchassis und Bauteile zu besonders günstigen Preisen.



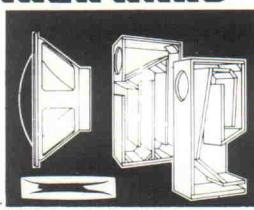
hobby electronic professional Nr. 2 bietet:

Hochwertigste Chassis bekannter Boxenhersteller zu sensationell günstigen Preisen in Industrieverpackung.



hobby electronic low-cost Nr. 3 garantiert:

Außenordentlich günstige internationale Low-Cost-Classis & Zubehör und außerdem Traumhaft preiswerte Sonderposten.



\*\*\*Eine einmalige Auswahl vom EXKLUSIVSTEN MARKEN-PRODUKT bis hin zu den GÜNSTIGSTEN LOW-COST-MODELL-LEN. Dazu das gesamte Zubehör und weit über 100 HOLZBAUSATZE in modernster Technologie.

## Reklamationen sind teuer QUALITÄTSKONTROLLE IST BESSER

Perfektes Preis/Leistungsverhältnis durch eigene Qualitätssicherung. Jedes Stück läuft nach Eingang durch unsere Qualitätskontrollen. Das schafft Vertrauen und garantiert die Sicherheit beim Kauf. \*\*\* Unsere Entwicklungsabteilung

entwickelt die Summe aller Vorteile BOXEN & WEICHENBAU für unsere Kunden. Computerberchtechniken für Bassreflex,

Tunnel, Weichen & Holmer, erstklassige

Baupläne und Anleitungen. Dazuhin

ist unser brillantes know-how die eingebauten Erfolgs-

garantie für jeden begeistersten Boxenbauer!

**RIESENAUSWAHL  
per Telefon**

**0711-  
640 70 21**

**7 STUTTGART 1**

**Rosengartenstr. 38**

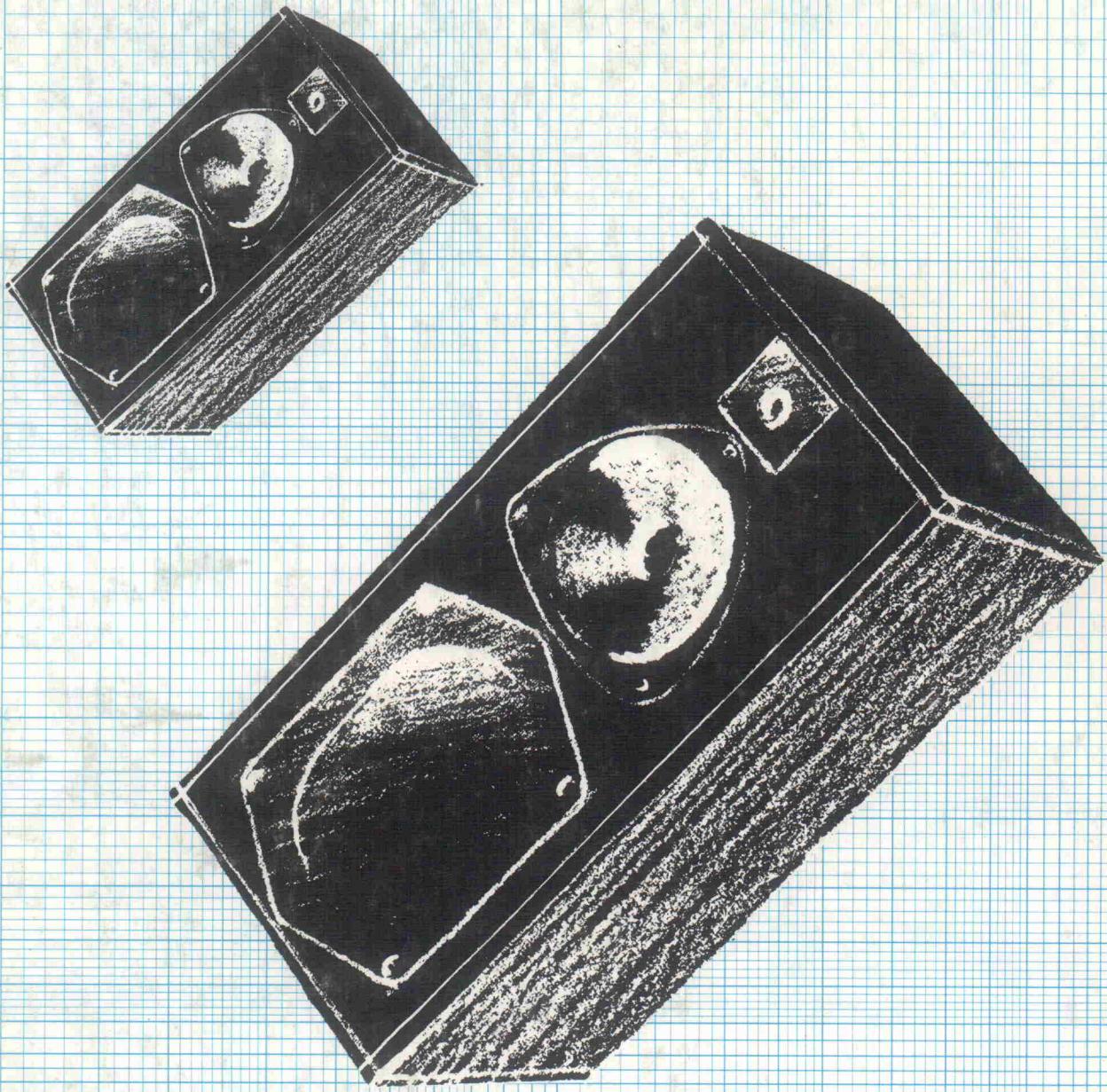
**hobby  
ELECTRONIC**

**Nr. 1**

**hobby electronic exclusiv**

**Telex 7-21806**

**DIREKTIMPORTE  
AUS EUROPÄ & ÜBERSEE**



## Katalog anfordern!

Radio Elektronik Arlt  
Karl-Marx-Straße 27  
**1000 Berlin 44**  
Membran  
Polnnow + Hoseit  
Silbersteinstraße 62  
**1000 Berlin 44**  
Lautsprecherteufel  
Trabener Straße 76 A  
**1000 Berlin 33**  
Gebr. Baderle  
Spitalerstraße 7  
**2000 Hamburg 1**  
Balue Electronic  
Burchardplatz 1  
**2000 Hamburg 1**  
LSV Lautsprecher-  
Spez.-Versand  
Stückenstraße 74  
**2000 Hamburg 76**  
L&S Schauflandt GmbH  
Nedderfeld 98  
**2000 Hamburg 54**

Statronic  
Eppendorfer Weg 244  
**2000 Hamburg 20**  
Hört-sich-gut-an GmbH  
Sophienblatt 52  
**2300 Kiel 1**  
Proaudio GmbH  
Am Dobben 125  
**2800 Bremen**  
Radio Länge  
Reuterstraße 9  
**3000 Hannover 1**  
Speaker Selection  
Friedensstraße 2  
**3500 Kassel**  
Arlt Elektronik GmbH  
Am Wehrbahn 75  
**4000 Düsseldorf 1**  
Hi-Fi-Sound  
Inh. H. Morava  
Jüdefelder Straße 35  
**4400 Münster**

Hifi-Stübchen Janékis  
Finkenstraße 52  
**4400 Münster**  
M. Hubert  
Lautsprecher  
Wasserstraße 172  
**4630 Bochum**  
K+K Elektronik oHG  
Erwitter Straße 4  
**4780 Lippstadt**  
RAE GmbH  
Adalbertsteinweg 253  
**5100 Aachen**  
Witte v. d. Heyden GmbH  
Hirschgraben 7-11  
**5100 Aachen**  
Arlt Elektronik  
Münchner Straße 4  
**6000 Frankfurt/Main**  
Stereophil  
Hanisch GmbH  
Deutschherrenufer 29  
**6000 Frankfurt 70**

Günter Damde  
Elektronik  
Wallerfanger Straße 5  
**6630 Saarbrücken**  
Blacksmith Schwarz/  
Schoe  
Richard-Wagner-Str. 78  
**6750 Kaiserslautern**  
Radio Dräger  
Sophienstraße 21  
**7000 Stuttgart**  
NF-Laden  
Vertriebs-GmbH  
Sedanstraße 32  
**8000 München 80**  
Radio Rum GmbH  
Bayerstraße 25  
**8000 München 2**  
A+D Oberhage  
Perchastraße 11A  
**8130 Starnberg**

# KEF

# selbst bauen