

**Verlag Heinz Heise GmbH
- Redaktion elrad -**

Bissendorfer Straße 8
3000 Hannover 61

HiFi Borden

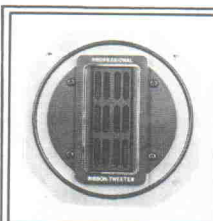
selbstgemacht

- Focal 300 DB
- Celestion Vantage 120
- Peerless G 22 L
- MB-'Röhre'
- Vifa Korrekt
- Eton 3
- Electro-Voice Kit 2
- Magnat Compound
- Fostex Studio-System I
- Dynaudio Axis 5
- JBL 4430 Replica
- Seas/Sipe S 80 TML
- Visaton Mini
- scan-speak Bjørn II
- I.E.M. 140
- HIGH-END plus PLUS



VISATON®

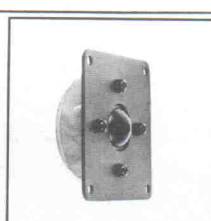
HiFi individuell



RHT 13 AW: Dynamischer Bändchen-Hochtöner mit Alu-Frontplatte, ultraneutraler Frequenzgang, aufwendiges Schallführungssystem, Strontium-Ferritmagnete, 130/200 W, 2700-42000 Hz, 115 x 115 mm



DMS 15 AW: HiFi-Mittelton-Kalotte mit Alu-Sichtleiste und Alu-Schwingspulenträger, 120/180 W, 350-15000 Hz, 140 x 140 mm



DTW 95 FFL: HiFi-Kalotten-Hochtöner mit Ferrofluidfüllung, Alu-Schwingspulenträger und getränkter Gewebekalotte, 60/90 W über Frequenzweiche 12 dB ab mindestens 3000 Hz, 1200-30000 Hz, 80 x 80 mm



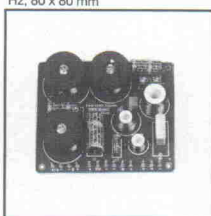
WSP 13 S: Kompakt-Tiefenlautsprecher in HiFi-Qualität mit Polypropylen-Membran, große Partialschwingungsfreiheit, sehr breitbandig einsetzbar, 45/55 W, 30-6000 Hz, 131 mm Ø



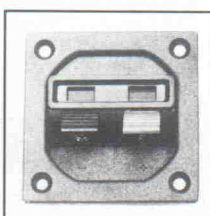
WS 40: Professioneller HiFi-Tiefenlautsprecher mit Alu-Sichtleiste und Alu-Schwingspulenträger, 220/350 W, 18-4000 Hz, 405 mm Ø



FR 31: Orchesterlautsprecher mit Hochtongel, besonders hoher Wirkungsgrad, 60/80 W, 40-17000 Hz, 300 mm Ø



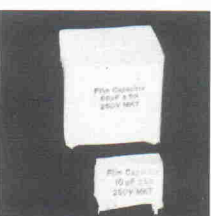
HW 4/150 NG: HiFi-4-Wege-Weiche, 16 dB, Übergangsfrequenzen 240 + 1200 + 7000 Hz, 200/280 W, wahlweise 4 oder 8 Ohm



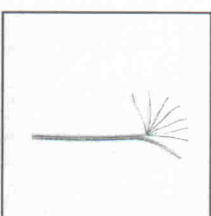
PT 57 NG: Luftdichte Anschluß-einheit mit versenkt angebrachten Klemmen, für Lautsprecherkabel bis 10 mm², 2-polig



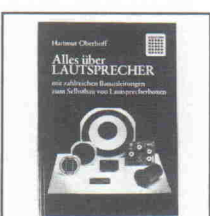
LR-Kupferspulen: Auf Ferrit-Rollenkern mit 65 mm Ø, Drahtstärke 1,3 mm Ø, Belastbarkeit 300 W, extrem geringe Innenwiderstände, z. B. LR 10 mH 0,46 Ohm



MKT Folienkondensatoren: 250 V Gleichspannungsfestigkeit, hochbelastbar, an 8 Ohm bis zu 800 W, Werte 1,0/1,5/2,2/3,3/4,7/6,8/10/22/33/47/68 µF



Lautsprecherkabel: bestehend aus 2 hochflexiblen Litzen mit je 511 Kupferdrähten, Widerstand kleiner als 0,003 Ohm pro m, dicke, transparente Ummantelung, 2 x 4 mm²



„Alles über Lautsprecher“ von Harmut Oberhoff, 2. überarbeitete Auflage, 136 S. über Schall, Lautsprecherarten, Kombinationen, Frequenzweichen, Bauanleitungen zum Selbstbau von Boxen

Unser Programm:

- Chassis bis 380 Watt für HiFi, PA, Instrumente, Auto und Ela
- Zubehör: Frequenzweichen, Spulen, Kondensatoren, Akustiklinsen, Bespannstoffe, Schaumfronten, Ziergitter, Dämpfungsmaterial, Lautsprecherbuch

Erhältlich im Elektronik-Fachhandel.
Fachhändlernachweis durch VISATON.



Bundesrepublik Deutschland und Niederlande:

VISATON – Peter Schukat
Postfach 16 52, D-5657 Haan/Rheinl. 1
Tel. (0 21 29) 5 52-0, Telex 8 59 465 visat d

Auslands-Vertretungen:

Belgien: Ets. Velleman, Legen Heirweg, B-9751 Gavere (Asper), Tel. (0 91) 84 36 11/12
Dänemark: O. B. Carlsen, Ørstedsgade 19, DK-6400 Sønderborg, Tel. (04) 42 70 45
Frankreich: SELFCO, 31, Rue du Fosse des Treize, F-67 00 Strasbourg, Tel. (0 88) 22 08 88
Italien: Mircom S. R. L., Via Laurentina 50, I-00142 Roma, Tel. (06) 5 42 40 33
Österreich: Karl Tautscher, Schleifen 49, A-9400 Wolfsberg, Tel. (0 43 52) 25 96
Schweden: HiFi-Connection, Slättgardsvägen 1, S-12610 Hägersten, Tel. (08) 97 54 94
Schweiz: Mundwiler Electronic AG, Soodstr. 53, CH-8134 Adliswil, Tel. (01) 7 10 22 22

HiFiBoxen

selbstgemacht

Inhalt

Kaufen oder bauen S. 2



- Aufsteiger – IEM 140
- Black und Beautiful – Dynaudio
- Friedensangebot – Visaton
- Britannisch – Eton
- Korrekt – Vifa
- Replika – JBL
- Breitmaul – Fostex
- Prinzipienreiter –
- High-End plus Plus
- Der Lautsprecher, das unbekannte Wesen
- Furnier
- Lack
- Anwärmer – Peerless
- Pyramidal – Scanspeak
- Klassisch – Celestion
- Ausdruck – Focal
- Doppeltes Lottchen – Magnat
- Marmor – Electro Voice
- Hören mit Eiche – S 80 TML
- Platinen-Layout
- Kanalarbeiter-MB
- Bezugsquellen
- Impressum

Black und Beautiful

Unsere „schwarze Schönheit“ von Dynaudio ist ein 5-Wege-System, das sich durch besondere Klangneutralität auszeichnet. Das Baßgehäuse wurde als Doppelkammer-Konstruktion mit Sandfüllung aufgebaut.

Ausdruck

Neuartige Wege geht die Firma Focal bei der Gestaltung ihrer Hochtön-Kalotten: Invers ist „in“!



Seite 5
Seite 10
Seite 16
Seite 22
Seite 28
Seite 33
Seite 38

Seite 42

Seite 48

Seite 63

Seite 68

Seite 71

Seite 76

Seite 80

Seite 84

Seite 88

Seite 92

Seite 97

Seite 103

Seite 106

Seite 110

Seite 112



Friedensangebot

Unsere „kleinste“ mit Lautsprechern von Visaton besticht durch das familienfreundliche Regal-Format und die trotz des kleinen Volumens von 7 l erfreulich kräftige Baßwiedergabe.



Kanalarbeiter

Die ganz „andere“ Box: Das Gehäuse besteht aus einem PVC-Abwasserrohr von 30 cm Durchmesser und der Baß strahlt nach oben!

Wie oft standen Sie schon vor der Lautsprecherwand Ihres HiFi-Händlers – Vorzüge und Nachteile der einzelnen Boxen mit den Ohren gegeneinander abwägend – um dann nach kurzem Höhenflug auf den Boden eines geräumten Bankkontos zurückplumpsend zu erkennen, daß diese Boxen wohl für Rockefeller's Erben, nicht aber für Sie gebaut worden sind?

Wenn wir voraussetzen, daß Sie technisch interessiert sind, dann gelang Ihnen sicher ab und zu ein Blick hinter die Kulisse – sprich Schallwand – einer solchen Box, und Sie haben festgestellt, daß auch High(Preis)-Ender aus Spanplatten, Furnier, Leim und einer Handvoll Spulen und Kondensatoren aufgebaut sind. Sie haben sich dann berechtigterweise gefragt, ob ein Preis von 3000,- DM für eine solche Holzkiste nicht etwas übertrieben ist.

Wir können Sie beruhigen: Er ist es nicht! Weil nämlich das, was mit geöffneter Schallwand vor Ihnen liegt, nicht

Ein perfekt abgestimmtes Lautsprecher-System kann nicht billig sein.

nur eine schlichte Holzkiste mit ein paar Lautsprecher-Chassis ist, sondern sehr viel mehr: Ein perfekt abgestimmtes Energiewandler-System, bei dem buchstäblich *alles* auf's genaueste ausgesucht, durchgemessen und überprüft worden ist. Vom Papiermaterial der Lautsprecher-Membran über die Festigkeit der Spanplatten bis zum Abstand der Lautsprecher zueinander, von den elektrischen Werten der Weichenbauteile über die Weichenschaltung selbst bis zu den Eigenschaften des Bespannstoffs vorn auf der Schallwand – alles ist berechnet oder mit Sachverstand und viel Erfahrung empirisch ermittelt.

Das Ergebnis ist ein Wandler-System, das mit größtmöglicher Genauigkeit – nämlich mit „High-Fidelity“ – ein gespeichertes Musik-Ereignis in Ihrem Wohnzimmer reproduziert.

Wie Sie aus dieser noch nicht einmal vollständigen Aufzählung entnehmen können, steckt ein Teil des Preises von fertigen Boxen in der Entwicklung – dem „Know-How“, wie man auf Neu-Deutsch sagt. Der andere – größere – Teil wird gefressen von der Qualitätsüberwachung der laufenden Serie (schließlich sollen zwei gleiche Boxen auch gleich klingen) und von der vielen



Kaufen oder k

spezialisierten Handarbeit, die auch bei rationellen Fertigungsmethoden nicht zu umgehen ist.

Und Geräte, die einen solch hohen Fertigungsaufwand bei relativ kleinen Stückzahlen erfordern, müssen zwangsläufig teuer sein.

Kann ein Heimwerker eine fertige Industrie-Box kopieren?

Ihr nächster Gedanke könnte nun sein: Gelänge es, die vor mir liegende Box genau zu kopieren, könnte ich da nicht eine Menge Geld sparen und eine genauso gute Box produzieren wie die

Originalversion? Sie haben uns ertappt – schauen Sie einmal auf Seite 33 nach! In der Tat, die Idee ist richtig. Sie ist aber nur in wenigen Fällen realisierbar, da entweder die Lautsprecherchassis nicht erhältlich sind oder die Frequenzweichen mit Plastikmasse vergossen ist, da entweder Spanplatten mit einer speziellen Biegesteifigkeit nicht käuflich sind oder ein Reflexrohr mit bestimmtem Durchmesser extra angefertigt werden müßte.

Kurzum – irgend ein Teil der Originalbox ist nicht beschaffbar. Und wenn ein Teil der ganzen Box geändert wird, dann wird auch der Nachbau anders klingen als das Original.



bauen?

Für den „Durchblicker“ sind diese Probleme natürlich lösbar; wenn der ein Lautsprecherchassis mit einem bestimmten Q_{ts} -Wert nicht von der Firma X bekommt, dann nimmt er es eben von der Firma Y. Aber solcher Durchblick ist nicht angeboren sondern hart ersägt, erlötet und ermessen. Was machen aber die anderen, die schlicht und einfach „nur“ mit Holz, Lack und LötKolben umgehen können?

Nun, es gibt hochkarätige Boxen-Entwickler die ihr Wissen und ihre Tricks nicht vor den Augen der Mitmenschen hinter Vergußmasse verbergen; es gibt Chassishersteller, die sich durch die zusätzliche Belieferung des Hobby-Mark-

tes einen neuen Geschäftszweig erobern wollen, und es gibt namhafte Hi-Fi-Hersteller, die in den Archiven ihrer Entwicklungsabteilungen wahre Per-

In den Archiven der Entwicklungsabteilungen liegen wahre Perlen von Boxenkonstruktionen...

len von Boxenkonstruktionen fertig durchentwickelt liegen haben, und die nur deswegen nicht das Licht der Serienproduktion erblickten, weil hier und da ein Stützbrettchen zuviel oder die Weichenbauteile zu eng toleriert und daher zu teuer erschienen (Vergessen wir nicht, daß in der industriellen Serienproduktion um jede Unterlegscheibe, um jede Klebestelle und vor allen Dingen um jede Arbeitsminuten gefeilscht wird).

Das Rezept scheint also relativ einfach zu sein: Man nehme eine durchentwickelte und optimierte BV (in der Industrie heißt die Bauanleitung der Entwicklungsabteilung für die Fertigungsabteilung nämlich nicht Bauanleitung, sondern Bauvorschrift), Sorge dafür, daß alle Komponenten käuflich zu erwerben sind und entschärfe den Fertigungsablauf so, daß der in der Serie nötige Maschineneinsatz auf für den Heimwerker nachvollziehbare Handarbeit umgesetzt wird. Nach diesem Muster könnte die „dezentrale Serienfertigung“ in einigen tausend Hobbykellern anlaufen.

Die dezentrale Serienfertigung kann anlaufen

Schnelle Denker werden nun aber einzuwenden haben, daß hierbei das anfangs erwähnte Problem der Entwicklungskosten nicht gelöst werden kann. In der Industrie werden diese Kosten einfach den reinen Fertigungskosten hinzuaddiert und bilden so eine Kalkulationsgrundlage. Auf dem qualifizierten Hobbymarkt haben aber Boxen-Entwickler, Chassishersteller und Hi-Fi-Produzenten nur die Möglichkeit, ihre Entwicklungskosten über die Chassis-Preise wieder hereinzuholen.

Das ist auch der Grund dafür, warum gute Lautsprecher-Chassis beim Fachhändler etwas mehr kosten müssen als bei einigen schwarzen Schafen in der Boxen-Branche, die über einen grauen Markt einkaufen und deren Billig-Angebote manchmal nur den äußeren Anschein des Originals erwecken.

Kurzum – wenn Sie sich also an die Bauanleitungen von namhaften Fir-

men oder Entwicklern halten, dürften auch Sie in der Lage sein, eine Box in Industriequalität herzustellen. Und

Software kaufen – Hardware bauen!

um die in der Überschrift gestellte Frage nun zu beantworten: Sowohl als auch – nämlich kaufen *und* bauen! Kaufen Sie die Software – die Entwicklung, und verlegen Sie das, was in der Industrie Geld kostet – die Handarbeit – in Ihren Hobbyraum.

Bevor Sie jedoch zu Hammer, Säge und LötKolben greifen, möchten wir denjenigen, die noch nie eine Box gebaut haben, einige Hinweise mit auf den Weg durch dieses Heft geben.

Modifikationen? Nein, danke!

Verändern Sie an den Dimensionierungen in den Bauanleitungen nichts – weder die Maße noch die Materialangaben – außer wenn im Text ausdrücklich auf solche Möglichkeiten hingewiesen wird! Ihre eigene Kreativität findet im Bereich der äußeren Gestaltung ein ausreichendes Betätigungsfeld.

Versuchen Sie bitte auch nicht, eine Boxenkonstruktion, die Ihnen besonders vorteilhaft erscheint, mit anderen als den in der Stückliste vorgesehenen Lautsprechern zu bestücken. Ein solches Vorgehen ist mit 95%-iger Sicherheit von Mißerfolg gekrönt (die restlichen 5% wären dem Zufall zuzuschreiben!).

Ein weiteres aufklärendes Wort ist angebracht, wenn es die Frage nach „der besten Box“ zu entscheiden gilt, bzw. welche denn nun zu bauen sei. „Die“ beste Box für alle gibt es nicht; es gibt nur die für den jeweiligen Benutzer optimale Auswahl. Gehen Sie dabei genauso vor, wie Sie es in einem Hi-Fi-Geschäft tun würden. Beantworten Sie sich folgende Fragen in der genannten Reihenfolge:

- Wie groß dürfen die Boxen sein? – Kann ich die gewünschte Box aufstellen?
- Kann ich diese Box bezahlen?
- Höre ich vorwiegend klassische oder Pop-Musik? Ist die Box dafür geeignet?

Wenn Sie diesen Fragenkatalog durchgegangen sind, werden höchstens eine oder zwei Konstruktionen zur Auswahl übriggeblieben sein.

Und der nächste Schritt ist der Weg zum Fachhändler.

MB-LAUTSPRECHERBAUSÄTZE

HiFi-Qualität Made in Germany. Mit Gewebe-, Supranyl- und Titankalotten. Hier unsere drei Top-Bausätze mit der Titan-Hochtonkalotte MCD 25 M.

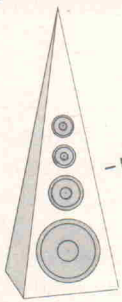
FISCHER & WIEGLEPP

Lautsprechertechnik · NF-Elektronik
Generalvertretung
für MB-Lautsprechersysteme
Bundesrepublik Deutschland u. West-Berlin
Schulstraße 85 · Tel. 06 21/85 77 77

6800 MANNHEIM 24

MB-CHASSISPROGRAMM,
BAUSÄTZE, TECHNISCHE DATEN,
Händlerachweis, gegen DM 3,—
in Briefmarken.

4



— Neu: Alle Chassis paarweise
selektiert m. Frequenzschieb

Audax Pro 13 BEX
145,—

Focal 300 DB
329,—

Dynaudio Axis 5
898,—

Alle Bausätze incl. Weichenkit in Super-Qualität

Preisliste kostenlos!



Limburger Str. 20 5000 Köln 1
Tel.: 0221/215036 14⁰⁰ — 18³⁰



Video-Möbel
Selbstbauboxen
D 752 BRUCHSAL
Tel. 072 51-10 30 41



Video-Kassetten Lagerung
in der Wohnung
Komplette
Videotheken-Einrichtungen
Compact-Disk Präsentation + Lagerung

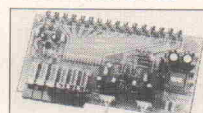
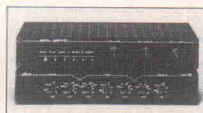
MOS fidelity New!

Das Schaltungskonzept, welches klanglich und technisch neue Maßstäbe setzt. Unsere neuen Endstufenmodule in MOS-Technik mit integr. Lautsprecherschalteneinheit (Einschaltverzögerung, +DC-Schutz, Leistungsbegrenzung, Sofortabfall) haben sich in allen Anwendungsbereichen bestens bewährt. Höchste Betriebssicherheit und ein dynamisches, transparentes Klangbild machen sie zur idealen Endstufe für Hi-End-, Studio- u. PA-Betrieb. Hörproben und -vergleiche in unserem Tonstudio an versch. Lautsprechern und Endstufen überzeugen selbst die kritischsten Hörer, denn erst der Vergleich beweist unsere Qualität. Wußten Sie schon, daß wir Produkte der ALPSELECTRIC verarbeiten? Kurzdaten: Slew rate: 420 V/μs (ohne Filter); 155 V/μs (mit Filter); 87 V/μs (8 ΩmF); 71 V/μs (4 ΩmF); S/N > 113 dB; Klirr < 0,0015 %; TIM nicht meßbar; Eingang 20 kΩ/775 mV für 240 W an 4 Ω; Leistungsbandbreite 3 Hz-225 kHz

Die High-End-Alternative mit hörbar besserem Klang. Wir fordern auf zum Hörvergleich — testen Sie uns!

MOS 100N 112 W sin; Ub + — 45 V DM 119,— (106,— o. Kühlk.)
MOS 200N 223 W sin; Ub + — 52 V DM 157,— (142,— o. Kühlk.)
MOS 300N 309 W sin; Ub + — 58 V DM 188,— (168,— o. Kühlk.)
MOS 600N-Brücke 715 W sin; Ub + — 58 V DM 385,— (340,— o. K.)
LS-3 Lautsprecherschalteneinheit f. 4 Lautsprecher; Netzteil f. 220 V; anschlussfertiges Modul 100 x 70 mm; DM 44,50
CLASSIC MC-1 Moving Coil Vorverst.; Fertiggerät im Geh., DM 59,—
UWE-5 Akt. Universal-Weichenmod. f. 3-Weg-Mono/2-Weg-Stereo; wahlw. 6/12/18 dB u. phasenstarr; IC-Steckmodultechnik; sp.-stabil; 4 Pegelregler; Fertigmodul 100 x 70 mm; DM 58,—
NEU VAR-5 Voll variable 2/3-Weg-Weiche; erweiter. u. opt. VAR-3; umschaltbar: 2/3-Weg — 6/12 dB — mit/ohne phasenstarr — Subsonic 18 dB/20 Hz; 3 Pegel-/4 Frequenzpoti (0,2-2/2-20 kHz); 4 vergoldete Chinchbuchsen; Frontpl. mit geeichter Skala in dB u. Hz; stab. Netzteil 220 V; anschlussf. Modul 290 x 140 mm; DM 158,—

NEU PAM-5 Stereo Vorverst. m. akt./pass. RIAA-Verst. u. 4 Zeitkonst.; 5 Eing. u. Tasten gesch. (PH-TU-AUX-TP 1-TP 2-COPY); Hinterbandkontr.; Lautst. und Balance; Linearverst. m. 4fach-Pegelsteller (— 12 bis + 6 dB); 16 vergoldete Chinchbuchsen; stab. Netzteil 220 V m. Einschaltverz.; anschlussf. Modul 290 x 140 mm; DM 198,—
Mit ALPS-High Grade-Potis (Gleichlauf < 1 dB bis — 70 dB DM 249,—
NEU Gehäusesätze aus 1,5 mm-Stahlblech; schwarz einbrennlack, bedr. und vollst. gebohrt; kpl. Einbaubeh. für PAM-5 DM 125,40; für VAR-5 DM 119,70; für MOS 100-300 DM 142,50; 10 mm-Acrylglasgehäuse f. PAM-5 DM 197,—
Kpl. Netzteile von 10 000 μF/63 V (DM 34,—) bis 140 000 μF/63 V (DM 222,—) und 100 000 μF/80 V (DM 204,—) m. Schraub-/Lötlötkos Fertigung '84; in allen Gr. lieferb. Ringkerntrafo; vakuumgetränkt; VDE-Schutzwicklung für Mono- u. Stereo 150 VA DM 64,—; 280 VA DM 75,—; 400 VA DM 85,—; 750 VA DM 124,—
In Vorbereitung: 4stuf. MC/MM-Vorverstärker, kompromißlose High-End-Ausführung.



Ausführliche Infos gratis — Techn. Änderungen vorbehalten —
Nur gegen Nachnahme oder Vorauskasse
albs-Alitronic G. Schmidt
Postf. 1130, 7136 Ütisheim, Tel. 070 41/27 47, Telex 7263 738 albs

scanaudio



scan-speak



Zwei Namen, die man
sich beim Lautsprecherkauf
unbedingt merken sollte.

Hören können Sie beides nur beim qualifizierten Fach- bzw.
High-End-Händler. Den Händler in Ihrer Nähe erfahren Sie bei
scanspeak Lautsprecher-Vertrieb GmbH, Postfach 30 04 66, 5060 Bergisch-Gladbach 1



Aufsteiger



Das Entwicklungsziel bei dieser 3-Wege-Kombination war eine möglichst günstige Verbindung zwischen den Vorteilen einer Regalbox (geringe Abmessungen) und den Vorteilen einer Baßreflex-Konzeption (größerer Schalldruck im Baßbereich).

Die Bestückung besteht aus einer Soft-Dome-Hochtonkalotte, einem Konusmitteltöner und einem großen Baßlautsprecher, bei denen hohe Ansprüche an die Belastbarkeit,

Wiedergabequalität und Baßvolumen

gestellt wurden.

Entwickelt wurde die Box in den Labors der Firma Westra Electronic GmbH. Die von uns hier vorgestellte 3-Wege-Kombination trägt die Bezeichnung 140/3 und kann in ein geschlossenes oder auch in ein Baßreflex-Gehäuse eingebaut werden.

Abstrahlung durch den Lautsprecherchassiseinbau von vorne optimiert.

Als Baß wird ein Lautsprecher mit Schaumstoffsicke, einer gerippten Membran zur Vermeidung von Partialschwingungen und 265 mm Membrandurchmesser verwendet. Ein starker Magnet, ein 38 mm Polkern, die Alu-Schwingspule und hochflexible Silberlitzen verhelfen dem Baßlautsprecher zu hoher Belastbarkeit und hohem

Pegel. Ebenso bestimmen die thermisch und mechanisch hochbelastbaren Verklebungen der entscheidenden Lautsprecherteile die Güte des Chassis.

Als Mitteltöner findet ein 105 mm großer geschlossener Konus-Lautsprecher Verwendung. Optimiert wurde dieses Chassis durch die Behandlung des Membranrandes, mit der man eine Glättung des Frequenzganges erreicht. Auch bei diesem Mitteltöner ist wegen der wünschenswerten hohen Belastbarkeit eine Alu-Schwingspule verwendet worden.

Um die hohen Töne optimal und frei abstrahlen zu können, setzten die Entwickler eine 25 mm Soft-Dome-Kalotte ein. Das Kunststoff-Frontteil ist im Schallführungsbereich hornförmig ausgebildet, um den Schallpegel zu verstärken, nicht aber vollständig zu bündeln.

Der Schallkegel ist hierbei breiter als bei Konus-Hochtonlautsprechern; es

Wir haben bei der Auswahl der Lautsprecherchassis darauf geachtet, daß der Preis für Chassis und Weiche nicht über 150,- DM je Box liegt. Wenn man das Gehäuse also nicht gerade in Marmor ausführt, sondern hübsch bei „Spanplatte einfach“ bleibt, sollte der Gesamtpreis einer Box nicht über 200,- DM sein. Aber wenn Sie – wie wir – auf die Idee verfallen sollten, ein Acrylgehäuse zu bauen, müssen Sie mit wesentlich höheren Kosten rechnen.

Die Lautsprecherchassis

Um einen guten Gesamtklang der einzelnen Lautsprecherchassis zusammen in der Box zu erhalten, wurden die Lautsprecher möglichst nahe beieinander angeordnet. Dadurch werden die Übergänge von einer Schallquelle zur anderen leichter und Interferenzen vermieden. Ebenso wurde eine gute

sind geringere Massen zu bewegen und kürzere Einschwingzeiten zu erwarten.

Für wen?

Welches Gehäusematerial Sie auch wählen, in der Standardversion (Spanplatte) ist die Box für diejenigen HiFi-Freunde gedacht, die ihre Einsteiger-Kompakt-Anlage klanglich aufwerten wollen. Meistens werden zu solchen Anlagen vom Händler Boxen geliefert, die – sagen wir es mal vorsichtig – nicht ganz dem Qualitätsstandard von Verstärker, Plattenspieler und Tuner entsprechen. Mit anderen Worten: An den Boxen wird bei Paketpreisen am ehesten gespart – da merkt man's nämlich nicht sofort.

6

Vor dem Bau

Bevor Sie jedoch zu Säge und Hammer greifen, sollten Sie einen Boxen-Vergleichstest *bei sich zu Hause* veranstalten. Von Freunden, Bekannten oder auch hilfsbereiten Händlern leiht man sich dazu zwei bis drei hochwertige (also teure) Boxenpaare und schließt diese an die eigene HiFi-Ausrüstung an. Ergeben sich beim Hörvergleich deutliche Unterschiede, so lohnt sich der finanzielle Aufwand, der mit einem Boxen-Neubau verbunden ist.

Hören sich die teuren Boxen jedoch genauso an wie die eigenen billigen, dann ist der klangliche Schwachpunkt in der restlichen HiFi-Anlage zu suchen, und man sollte das Geld lieber in ein neues Magnet-System, einen anderen Ver-

stärker oder einen besseren Vorverstärker investieren.

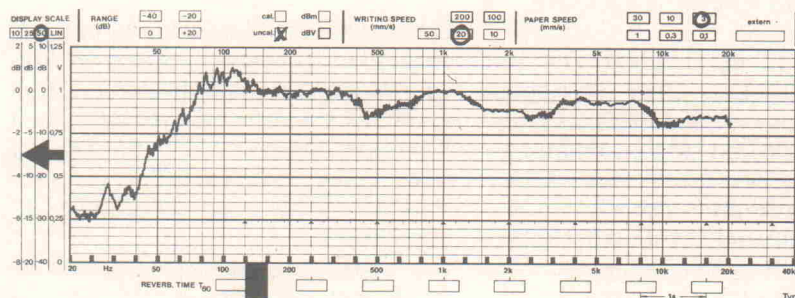
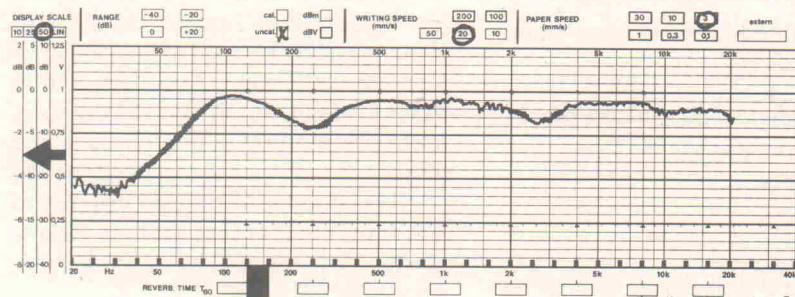
Das fehlende Stichsägeblatt

Wenn also der Bau beschlossene Sache ist, können Sie mit dem Materialeinkauf beginnen. Nehmen Sie dazu die Stückliste und die Gehäuseskizze mit in den Baumarkt. Denken Sie dabei auch an evtl. noch fehlendes Werkzeug: Nichts ist ärgerlicher, als am Sonntagvormittag festzustellen, daß das letzte Stichsägeblatt vom „Sohnemann“ abgebrochen worden ist!

Prüfen Sie vor Baubeginn, daß alle Teile und Werkzeuge vorhanden sind. Stecken Sie ein Gehäuse probehalber (ohne Leim) zusammen. Grobe Ungenauigkeiten und Sägefehler lassen sich jetzt noch erkennen und vielleicht korrigieren. Wenn die Stoßkanten mit Leim eingestrichen sind, ist es dafür zu spät. Halten Sie sich beim Bau des Gehäuses an unsere Bilder, schlimme Pannen sollte es dann eigentlich nicht geben. Und hüten Sie sich vor einem zu frühen „Boxentest“: Die Lautsprecher dürfen erst belastet werden, wenn die Box luftdicht verschraubt ist, anderenfalls könnten es die letzten Töne gewesen sein, die Sie von den Lautsprechern gehört haben!

Technische Daten

Prinzip	geschlossenes Gehäuse oder Baßreflex, 3-Wege
Belastbarkeit (DIN)	90 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	89 dB (1 W, 1 m)
Übergangsfrequenzen	1,2 kHz/6,5 kHz
Volumen (innen)	ca. 24 l
Außenmaße	Breite 320 mm Höhe 480 mm Tiefe 240 mm
Entwickler	Westra Electronic



Auf diesen beiden Bildseiten finden Sie detaillierte und genaue Hinweise, wie das geschlossene Gehäuse für die J. E. M. 140 sinnvoll zusammengebaut wird. Wenn Sie in der richtigen Reihenfolge und sauber arbeiten, dürften Sie auch dann keine Probleme haben, wenn Sie zum ersten Mal im Leben mit Holz und Kaltleim arbeiten. Seien Sie vorsichtig mit elektrischen Geräten wie z. B. Bohrmaschine oder Stichsäge. Sie können sich Verletzungen beibringen, die mit Pflaster und Jodtinktur nicht mehr zu „reparieren“ sind!

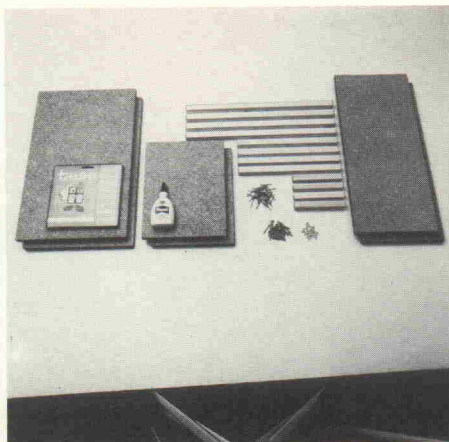


Bild 1. Einzelteile für eine Box

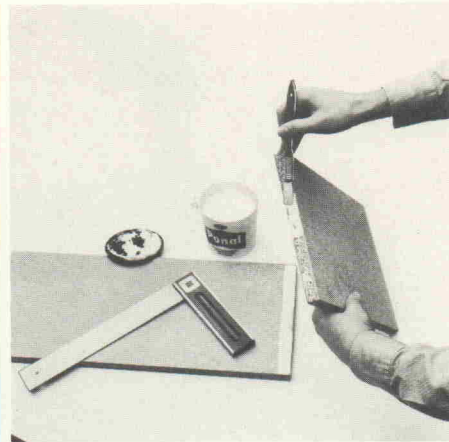


Bild 2. Klebestellen mit Leim einstreichen

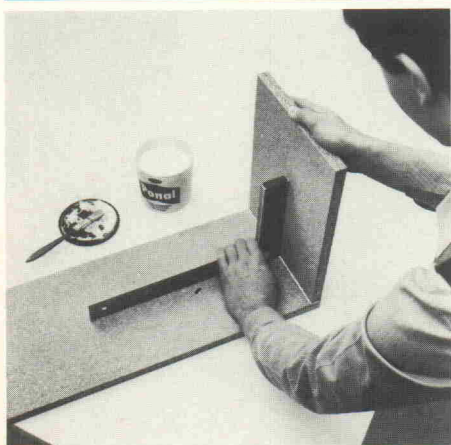


Bild 3. ... ausrichten

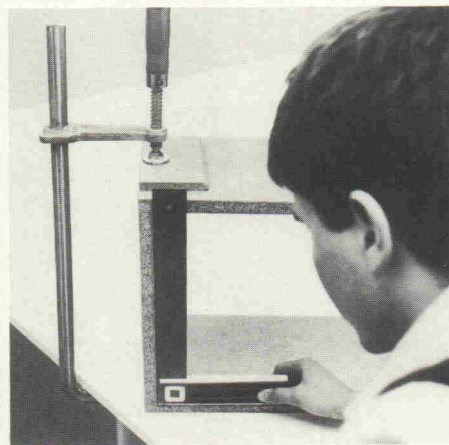


Bild 4. ... und festspannen

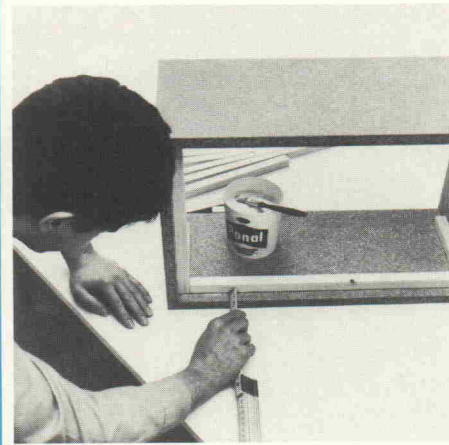


Bild 5. Die Auflage-Leisten werden eingepaßt



Bild 6. ... und eingeleimt.

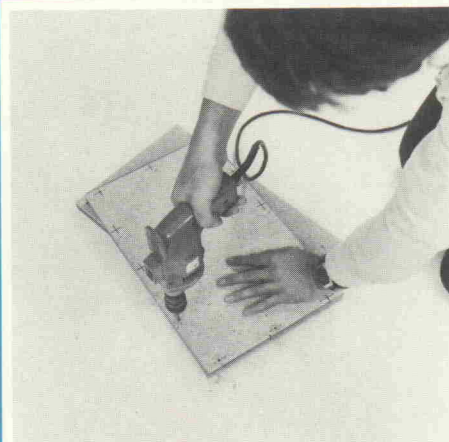


Bild 7. Rückwand bohren und ...

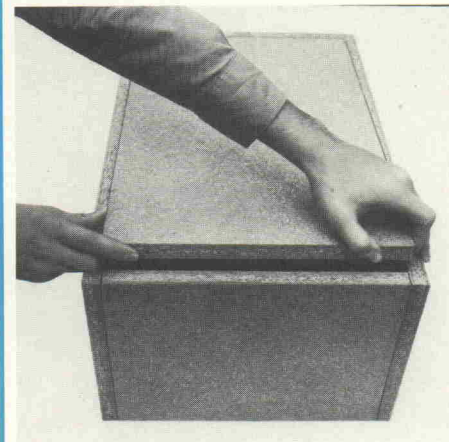


Bild 8. ... einpassen

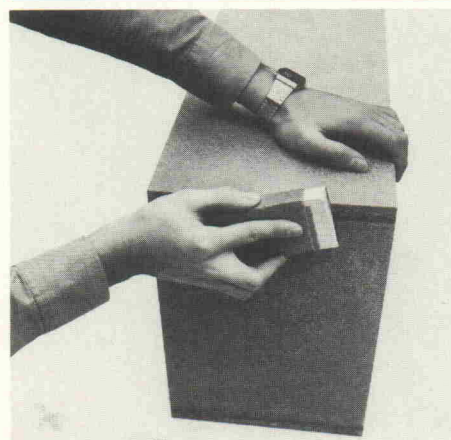


Bild 9. Gehäuse verschleifen

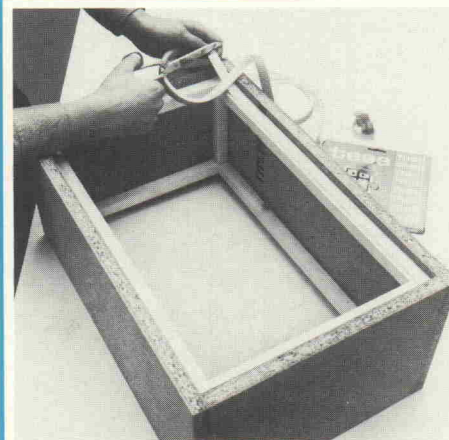


Bild 10. Dichtband einlegen

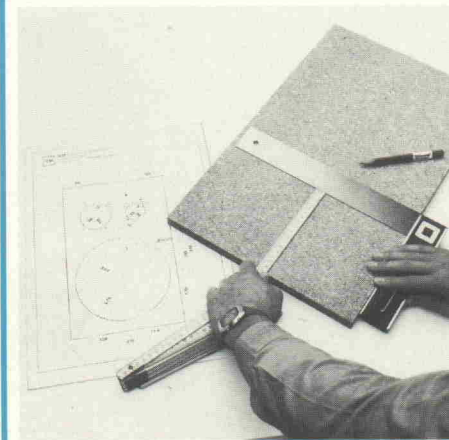


Bild 11. Mittelpunkte der Chassis anzeichnen

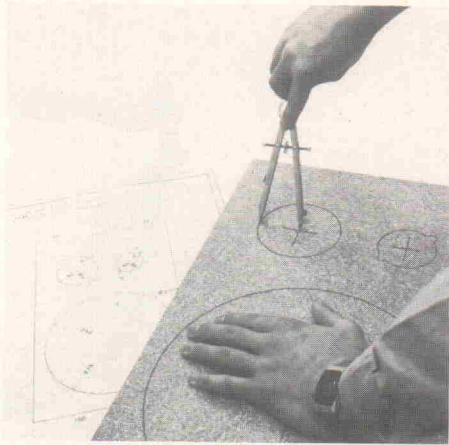


Bild 12. Lautsprecherlöcher markieren und ...

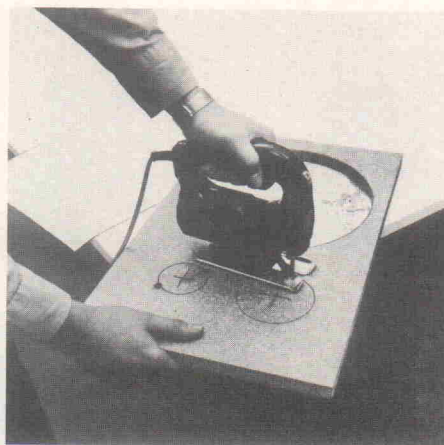


Bild 13. ... aussägen

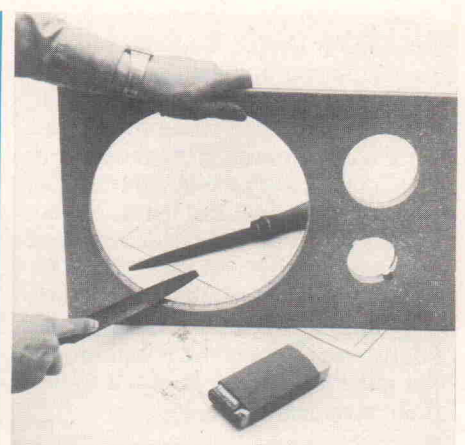


Bild 14. Schnittkanten säubern

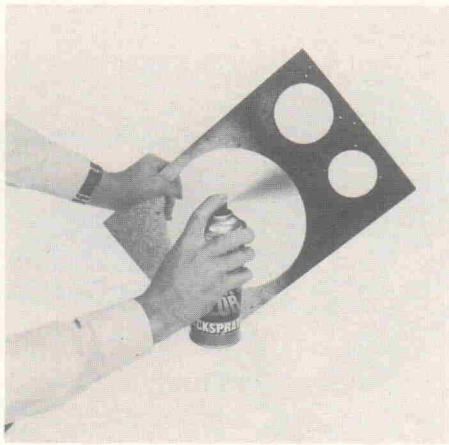


Bild 15. Die Schallwand wird schwarz gespritzt.

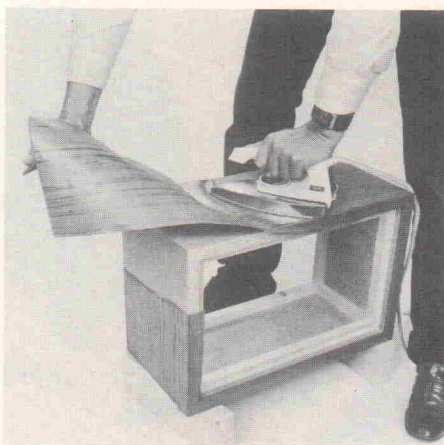


Bild 16. Oberflächenveredelung



Bild 17. Abdeckrahmen bespannen



Bild 18. Lautsprecher festschrauben



Bild 19. Schallwand einsetzen

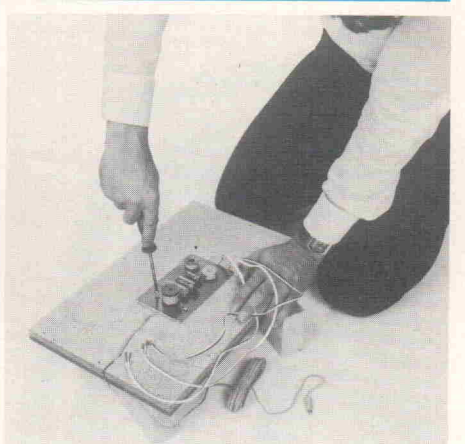


Bild 20. Weiche an Rückwand schrauben



Bild 21. Weiche mit Lautsprechern verbinden

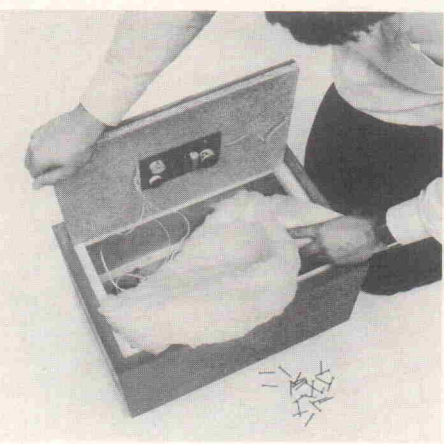


Bild 22. Dämmstoff einlegen



Bild 23. Rückwand festschrauben – fertig!

Stückliste (pro Box)

Holz- und Gehäuseteile

(Anmerkung: Die Maße in Klammern gelten für das Baßreflex-Gehäuse)

Schallwand	436 x 276 x 22 mm	1 Stück
Rückwand	(408 x 276 x 22 mm)	1 Stück
Seitenteile	435 x 275 x 22 mm	1 Stück
Deckel/Boden	480 x 240 x 22 mm	2 Stück
Baßreflex-Tunnel	276 x 240 x 22 mm	2 Stück
Leisten 20 x 20 mm	396 mm	4 Stück
	(396 mm)	2 Stück
	276 mm	4 Stück
	(276 mm)	3 Stück
	146 mm	4 Stück
	(146 mm)	2 Stück
	366 mm	2 Stück

Zylinderkopfschrauben M 4 x 30	12 Stück
Unterlegscheiben 4,3 ϕ	16 Stück
Holzschrauben/Spanplattenschrauben 3,5 x 35	24 Stück
Tesamoll 9 x 3 mm	4,4 m
Leim (Ponal o. ä.), Bügelfurnier, Selbstklebefolie, Farbe nach Wahl, Dämmmaterial (Pritex o. ä.)	

Chassis

Tieftöner	Westra SW-250-1312
Mitteltöner	Westra SM-100-303
Hochtöner	Westra ODT-25/4

Weiche

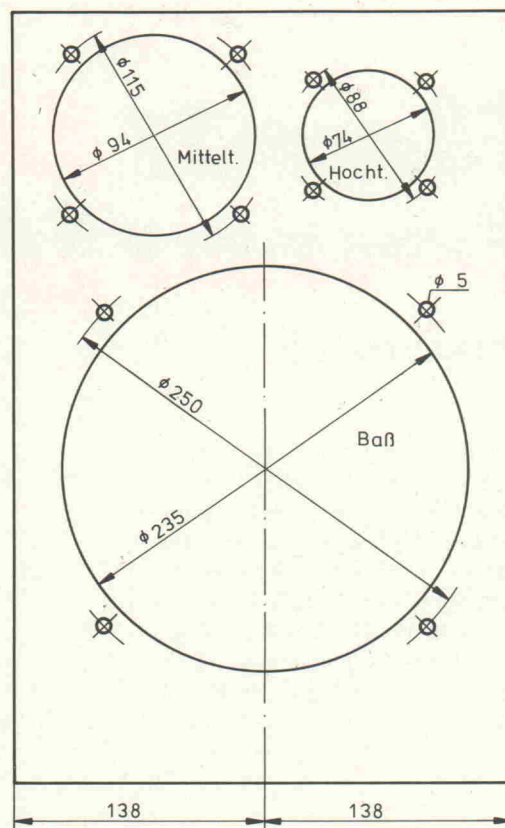
Kondensatoren

C1	15 μ /100 V Folie oder MKT
C2	4 μ 7/100 V Folie oder MKT
C3	2 μ 2/100 V Folie oder MKT

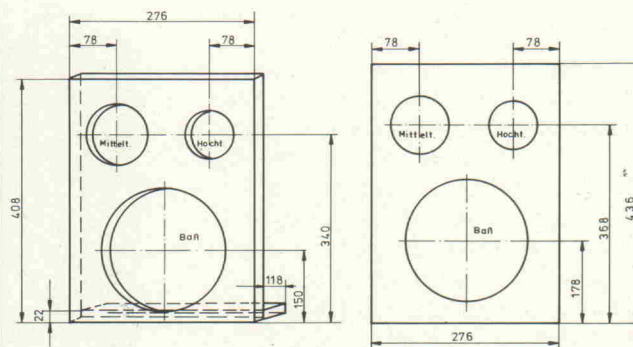
Spulen

L1	3,0 mH
L2	0,25 mH
L3	0,4 mH

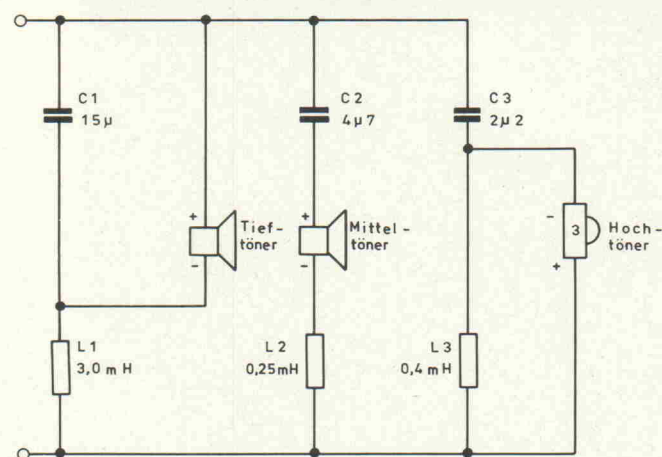
Platine, Befestigungsschrauben



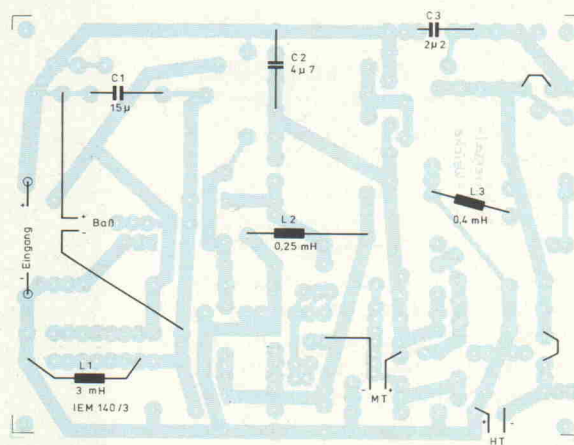
Bohrplan für die Frontplatte.



Die Maße der Schallwand (links Reflexgehäuse, rechts geschlossene Box).



Weichenschaltbild für die JEM 140/3.



Bestückungsplan für die JEM 140/3.

Black & Beautiful

Dynaudio-Axis 5

10 Unser Nachbarland Dänemark ist dafür bekannt, daß dort auf dem HiFi-Sektor – und insbesondere im Bereich des Lautsprecherbaus – viele erfahrene Hersteller beheimatet sind. Einer der Chassis-Hersteller, der alle Einzelteile in eigener Regie herstellt, ist die Firma DYNAUDIO ApS aus Skanderborg. Dem Boxenbauer ist dieser Name ein Begriff für Qualität (er weiß aber auch, daß diese Qualität immer ihren Preis hat).

In den vergangenen Monaten hat Dynaudio erfolgreich einige neue Lautsprecher-Chassis entwickeln und anbieten können. Hier wird nun ein Bauvorschlag vorgestellt, in dem diese Lautsprecher verwendet werden. Basierend auf dem neuen Dynaudio 30 W-100 wurde eine 5-Wege-Lautsprecherbox konzipiert, die nicht nur dem Wunsch vieler Selbstbauer entspricht, sondern auch den Stand des technisch Machbaren im Selbstbau voll ausschöpft.

Neue Chassis

Der 30 W-100 besitzt eine Schwing-spule mit 10 cm (!) Durchmesser, in deren Inneren sich der Antriebs-magnet befindet. Die mechanische Aufhängung ist so abgestimmt, daß das verwendete Gehäuse ein Volumen von ca. 120 Litern besitzen sollte. Bei diesem Volumen bietet sich die Bauform einer schlanken Säule an, die wenig Standfläche benötigt und es zuläßt, die Lautsprecher-Chassis in der optimalen Abstrahlhöhe einzubauen. Damit bei so hohen Gehäusewänden nicht die üblichen Schwingungen auftreten, ist eine neue Bauform verwendet worden.



Gehäuse mit den Abmessungen der AXIS 5 werden aufgrund ihrer großen Wandflächen leicht zum Schwingen angeregt. In der Praxis rückt man die-

Doppelte Kammern

sen Schwingungen mit besonderen Verstreubungen und Gewichtsplatten in Form von Bitumen zu Leibe. Dies ist aber für die Axis 5 noch nicht gut genug. Mit einer aufwendigen, aber leicht nachzubauenden Konstruktion konnte allen möglichen Schwingungen der Garaus gemacht werden.

Der Gehäuseaufbau besteht aus Konstruktionsprinzipien, die z. T. in der Akustik seit langem verwendet werden, im Lautsprecherbau bisher aber selten beachtet wurden. Da ist z. B. das Doppelkammersystem. Der 30 W-100 benötigt zur Tiefbaßwiedergabe ein Volumen von 120 Litern. Bei höheren Frequenzen von ca. 200 Hz ist aber ein Volumen von ca. 40 Litern von Vorteil. Das System strahlt über ein 46 Liter großes Gehäuse in eine zweite Kammer mit 78 Litern Inhalt. Getrennt sind diese beiden Kammern durch vier Variovents mit besonderer Abstimmung. Die tiefen Frequenzen können diese Variovents sozusagen ungehindert passieren.

Dem Baßlautsprecher stehen also im Tiefbaßbereich 124 Liter Volumen zur Verfügung. Im Frequenzbereich über 100 Hz nimmt der akustische Widerstand der Variovents zu. Das Volumen reduziert sich dadurch auf 46 Liter. Im

Bereich von 100 bis über 300 Hz haben wir somit ein Gehäusevolumen, welches für diese Frequenzen optimaler ausgelegt ist als das große 124-Liter-Gehäuse, das für den Bereich unterhalb von 100 Hz unbedingt notwendig ist.

Bei der Schwingungsdämmung im Gehäuse gibt es zwei Probleme zu bekämpfen. Eines davon ist der Schall, der in das Gehäuse abgestrahlt wird. Dieser Schall muß im Gehäuse bleiben

und darf nicht nach außen dringen. Das erreicht man am besten mit zwei Gehäusewänden, zwischen denen sich ein Vakuum oder einfach nur Luft befindet. Man denke da an die Isolierglasscheiben beim Wohnungsbau, die

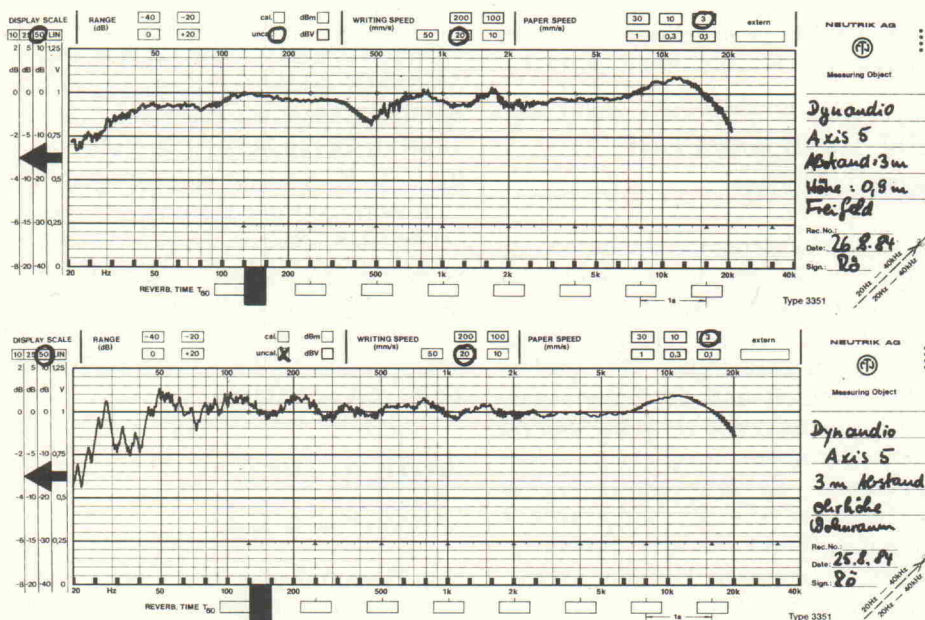
Schwingungsdämmung der unteren Baßkammer

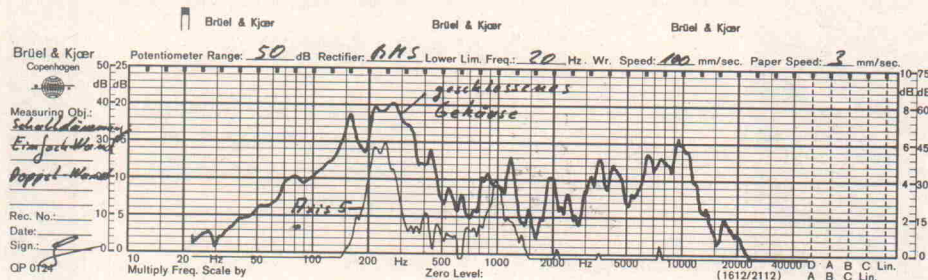
ja bekanntlich hervorragende Schalldämmungseigenschaften besitzen. Bei der mit Luft gefüllten Doppelwand liegen die Dämm-Eigenschaften im Frequenzbereich von über 1 kHz hervorragend niedrig. Unterhalb dieser Frequenzen können jedoch Resonanzerscheinungen auftreten, die die hervorragenden Dämmungseigenschaften stark beeinträchtigen.

Im Frequenzdiagramm ist ein Vergleich mit einer 59 cm hohen geschlossenen Box und der immerhin 120 cm hohen AXIS 5 mit Luftfüllung in der unteren Baßkammer zu sehen. Gemessen wurden die Gehäuseschwingungen der Seitenwände mit einem angeklebten Beschleunigungsaufnehmer. Deutlich sieht man die Dämmwirkung im oberen Frequenzbereich (mehr als 30 dB Gewinn). Bei 200 Hz und bei 1000 Hz bilden sich zwischen den Gehäusewänden Resonanzen. Diese sind

Technische Daten

Prinzip	geschlossenes Gehäuse; Doppelkammer durch 4 Variovents bedämpft; 5-Wege
Belastbarkeit (DIN)	450 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	88 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	300 Hz/1,2 kHz/ 4,5 kHz/12 kHz
Volumen (innen)	120 l
Außenmaße	Breite 400 mm Höhe 1300 mm Tiefe 500 mm
Entwickler	Dynaudio





Meßdiagramm der Gehäuseschwingungen, aufgenommen mit einem Beschleunigungsaufnehmer.

allerdings immer noch um 10 dB geringer als diejenigen der bedeutend kleineren Box, die aufgrund ihrer geringen Abmessungen eigentlich weniger Gehäuseschwingungen als die AXIS 5 haben dürfte. Wenn wir uns nun dem zweiten Problem der Gehäusedämmung zuwenden, können wir die bisher schon rezeptablen Dämmeigenschaften der AXIS 5 noch weiter verbessern.

Das zweite Problem ist der große Druck, den ein Baßlautsprecher auf das Gehäuse ausübt, wenn er sich z. B. nach innen bewegt. Der Lautsprecher komprimiert die im Gehäuse eingeschlossene Luft so sehr, daß die Gehäusewände anfangen mitzuschwingen.

Je schwerer die Gehäusewände nun sind, desto schwerer ist es auch für den Lautsprecher, diese Wände zum Schwingen zu bringen. Deshalb werden bei guten Gehäusen die verwendeten Holzplatten so dick wie möglich ausgelegt und zusätzlich mit Gewichten (z. B. Antidöhnplatten aus dem Automobilbau) beschwert.

Da bei der AXIS 5 die untere Baßkammer als Doppelwandgehäuse ausgeführt werden soll, liegt die Möglichkeit nahe, den Raum zwischen den Gehäusewänden mit feinem Sand aufzufüllen. Die Masse der unteren Baßkammer wird dann so groß, daß sie schon fast mit Betonmauern zu vergleichen ist. Allerdings geht bei einer Sandfüllung der Dämmeffekt durch Reflektion wie bei der oben beschriebenen Luftfüllung etwas zurück. Die Gehäuseschwingungen bleiben allerdings so niedrig, daß man sie trotzdem vernachlässigen kann. Das Resultat ist ein absolut schwingungsarmes Gehäuse.

Ein weiterer Vorteil des Doppelwandgehäuses ist die Möglichkeit, die Rückwand hinter dem Baßlautsprecher geneigt einzubauen. Bei einer geraden Rückwand würde der Schall direkt auf die Membrane reflektiert werden, was zu erhöhten Verzerrungen führen könnte (stehende Wellen).

Beim oberen Gehäuse ist eine Doppelwandkonstruktion nicht notwendig, da die vielen Variovents den Luftdruck stark dämpfen. Das schräg eingesetzte Holzteil „h“ versteift das Gehäuse und vermeidet stehende Wellen. Die zwei Variovents auf der Rückseite der oberen Baßkammer bedämpfen die restlichen Schwingungen aperiodisch.

Das Mittel-Hochtongehäuse

Das Mittel-Hochtongehäuse nimmt die Lautsprecher der Typen 17 M-75, D-54, D-28 und D-21 auf. Gleichzeitig bildet es das nötige Volumen für den Tief-Mitteltöner 17 M-75. Die Bedämpfung dieses Gehäuses mit Steinwolle ist einfach. Im oberen Teil (hinter dem D-21 und dem D-28) wird die Steinwolle dicht und fest eingelegt, während der untere Teil (hinter dem D-54 und dem 17 M-75) locker gefüllt wird. Die um 45° abgeschrägten Seitenteile des Mitteltongehäuses verhindern Kantenreflexionen und gewährleisten so einen großen Abstrahlwinkel. Alle Dynaudio-Kalotten sind in der Phase exakt aufeinander abgestimmt und benötigen daher keinen räumlichen Tiefenversatz. Lediglich zur Anpassung des 30 W-100 wird das Mitteltongehäuse um nur 15 mm nach hinten versetzt.

Die Lautsprecherbestückung

Wie anfangs bereits erwähnt, ist die AXIS 5 für die Verwendung des Dynaudio 30 W-100 konzipiert worden. Mit diesem Chassis harmonisiert der 17 M-75 ausgezeichnet. Die großen Schwingspulen und die innenliegenden Magnetsysteme als gemeinsames Konstruktionsmerkmal lassen ein harmonisches Zusammenspiel beider Lautsprecher zu – ohne einen großen Bauteileaufwand in der Frequenzweiche zu erfordern. Die Übernahmefrequenz liegt bei 300 Hz (mit der bei

Dynaudio üblichen Flankensteilheit von 6 dB pro Oktave). Auf diese Art und Weise treten keine Phasen- und Impulsfehler auf, die den wichtigen Tief-Mitteltonbereich verfärbten könnten. Die Abstrahlung der Frequenzen oberhalb von 1500 Hz übernimmt die für ihre Präzision in der räumlichen Darstellung bekannte und bewährte Kombination aus D-54, D-28 und D-21.

5-Wege-Frequenzweiche

Fünf Lautsprecher-Chassis so miteinander zu betreiben, daß das akustische Ergebnis eine Einheit bildet, daß also die Musik nur aus einer punktförmigen Quelle heraus zu entstehen scheint, bedarf einer Entwicklung, die sich aus theoretischen Betrachtungen, praktischen Messungen und ausgiebigen Hörerfahrungen zusammensetzt. Die theoretischen Betrachtungen lassen bekanntlicherweise nur die Verwendung von 6 dB-Filtern zu, was durch die praktischen Erfahrungen erhärtet wird.

Der Aufbau der Frequenzweiche sollte streng nach dem aufgeführten Schaltbild erfolgen. Kleine Kompromisse bei der Bauteileauswahl sind nicht zulässig; sie machen sich bei einer Box dieser Güteklasse als katastrophale Klangverschlechterung bemerkbar. Die Bauteile sollten also nicht nur dem angegebenen Wert genau entsprechen, sondern auch höchste Qualität aufweisen. Als Drosselspule für den Baßlautsprecher darf nur eine Luftspule mit 2 mm² Drahtquerschnitt in Erwägung gezogen werden. Sie ist verantwortlich für die Stärke des „Drucks“ bei den tiefen Frequenzen. Alle Kondensatoren, die in Reihenschaltung mit den Lautsprecher-Chassis liegen, sollten Polyesterfilmausführungen sein. Die erforderliche Spannungsfestigkeit dieser Kondensatoren beträgt 100 Volt.

Beim 30 W-100 und beim 17 M-75 ist eine Korrektur der Schwingspulenimpedanz durchgeführt worden. Der hier verwendete Kondensator darf ein Tonfrequenz-Elko sein, da er keinen Einfluß auf das Signal hat. Die Verkabelung von Weiche und Chassis sollte mit 4 mm² Kabel erfolgen.

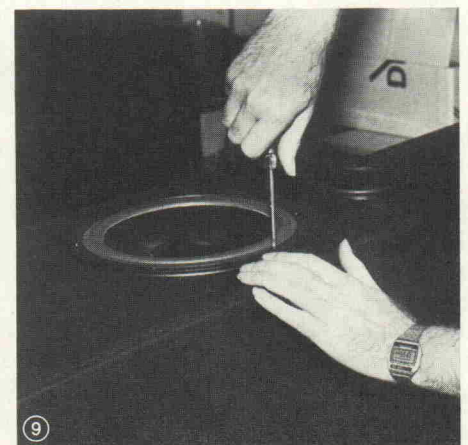
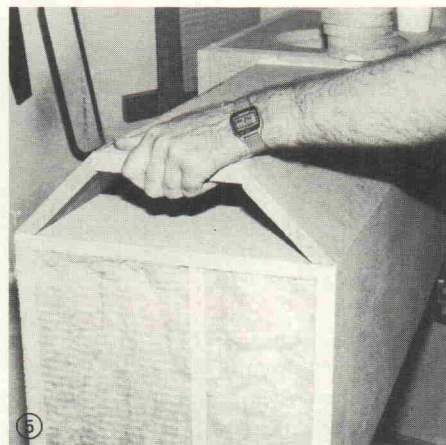
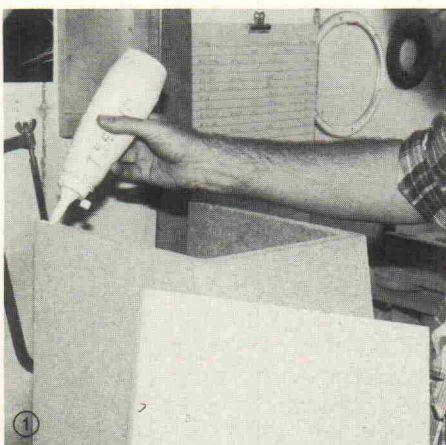
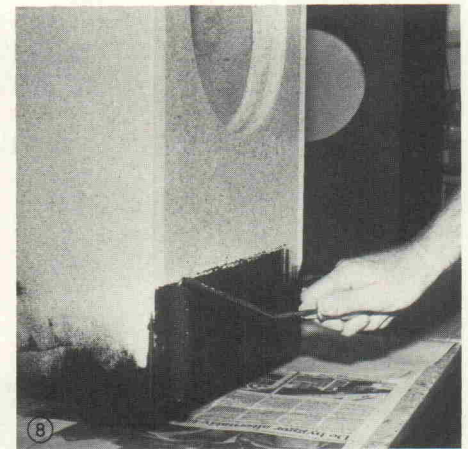
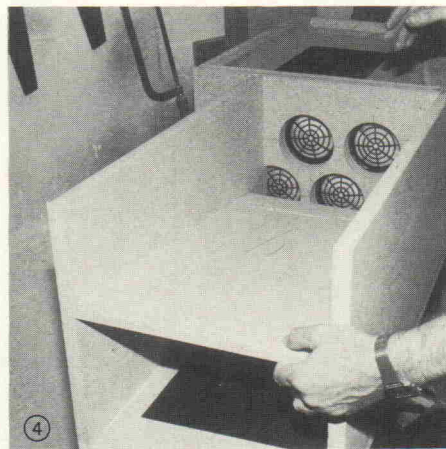
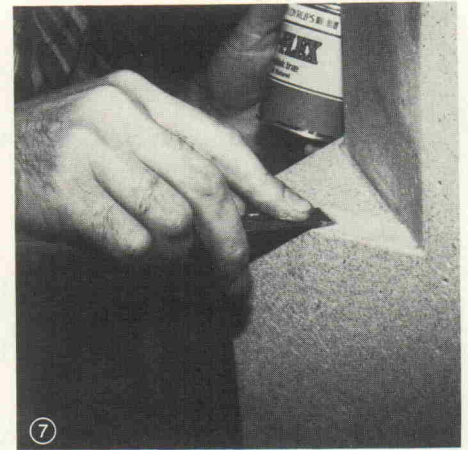
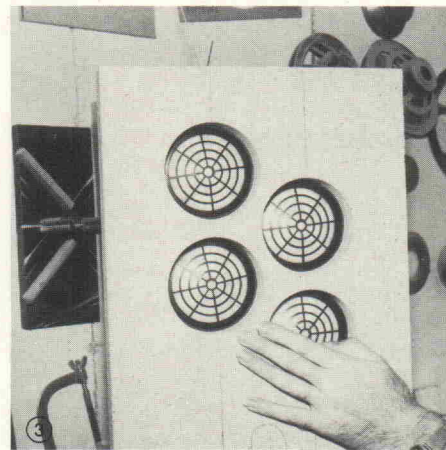
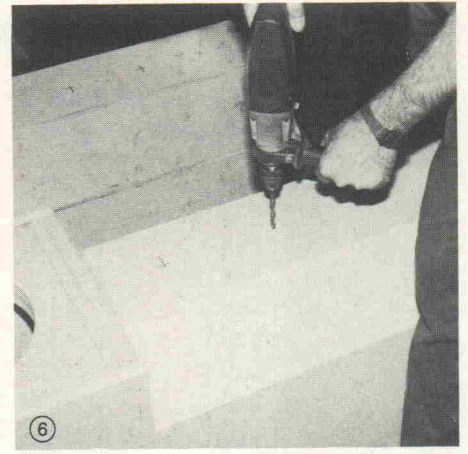
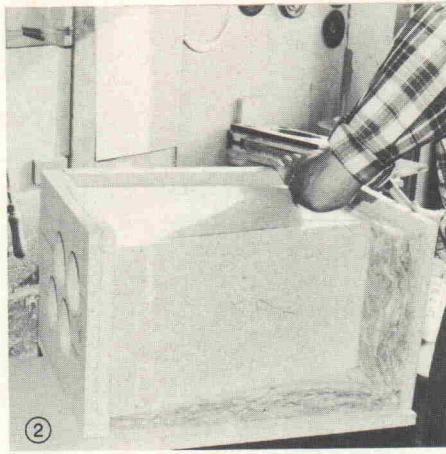
Aufbau und Dämmmaterial

Der Zuschnitt aller benötigten Teile geht aus den Maßzeichnungen und der

Zuschnitt-Tabelle hervor. Einfacher als es auf den ersten Blick erscheint, ist der Aufbau. Soweit wie möglich werden nur Zuschnitte mit üblichen 90° Gehrungsschnitten verwendet: Das kann sogar jeder Baumarkt. Man muß nur aufpassen, daß beim Zuschnitt die nötige Sorgfalt aufgebracht wird. Gehrungswinkel an den Teilen „n“ können mit üblichen Handkreissägen in ausreichender Präzision geschnitten werden. Die Gehrungswinkel an den Teilen „h“ und „l“ lassen sich notfalls sogar mit einem Handhobel anfertigen.

Beim Zusammenbau beginnen wir mit dem Teil „k“. Dieses wird flach auf den Boden gelegt und mit den Teilen „c“ und „d“ verleimt. Als nächstes wird das Teil „l“ eingepaßt und verleimt (Bild 1). Nach Abschluß dieser Arbeiten und Abbinden des Leimes können die Seitenteile „a“ und die Bodenplatte „b“ angesetzt und verleimt werden (Bild 2). Jetzt müssen die Zwischenräume der Doppelkammer mit feinem, trockenem Sand (z. B. Aquariumsand) gefüllt werden. Dabei ist es wichtig, daß die Zwischenräume restlos gefüllt werden. Um auf den Photos überhaupt einen „Einblick“ zu ermöglichen, haben wir unseren Prototyp nicht mit Sand, sondern mit Steinwolle gefüllt. Die Rückwand „m“ kann als nächstes aufgesetzt werden. Mit diesen Arbeiten ist der erste Bauabschnitt beendet.

Bevor wir den nächsten Arbeitszyklus beginnen, müssen die vier inneren Variovents ihrer Aufgabe angepaßt werden. Ein Variovent besteht aus zwei ineinandergepreßten Kunststoffteilen, zwischen denen eine spezielle Mineralwolle eingeklemmt ist. Zum Umbau lösen wir die beiden Kunststoffteile und entfernen die Mineralwolle. Aus einer ca. 2 cm dicken, weißen Polyesterdämmatte schneiden wir nun die



Stückliste (pro Box)

Holz und Gehäuseteile

Material Spanplatte

Teil a	2 Stück	500 x 1278 x 22 mm
Teil b	1 Stück	356 x 434 x 22 mm
Teil c	1 Stück	300 x 300 x 19 mm
Teil d	2 Stück	399 x 510 x 19 mm
Teil e	1 Stück	356 x 478 x 44 mm
Teil f	1 Stück	659 x 180 x 19 mm
Teil g	1 Stück	500 x 400 x 22 mm
Teil h	1 Stück	334 x 585 x 19 mm
Teil i	1 Stück	356 x 659 x 19 mm
Teil k	1 Stück	356 x 575 x 44 mm
Teil l	1 Stück	525 x 300 x 19 mm
Teil m	1 Stück	1278 x 356 x 22 mm
Teil n	2 Stück	659 x 155 x 19 mm

Zubehör

Variovent 6 Stück, Sand, Anschlußklemme, Schrauben

Weiche

Spulen

L1	2,7 mH/Luftspule, CuL 2 mm ϕ
L2	0,7 mH/Luftspule, CuL 1 mm ϕ
L3	0,4 mH/Luftspule, CuL 1 mm ϕ

Kondensatoren

C1	32 μ /100 V Tonfrequenz-Elko
C2	70 μ /100 V Polyesterfilm
C3	8 μ 2/100 V Polyesterfilm
C4	4 μ 7/100 V Polyesterfilm
C5	1 μ /100 V Polyesterfilm
C6	15 μ /100 V Tonfrequenz-Elko

Widerstände (Draht/11 W)

R1,2	6 R8
R3	5 R6
R4	15 R
R5	1 R2
R6	15 R
R7	10 R

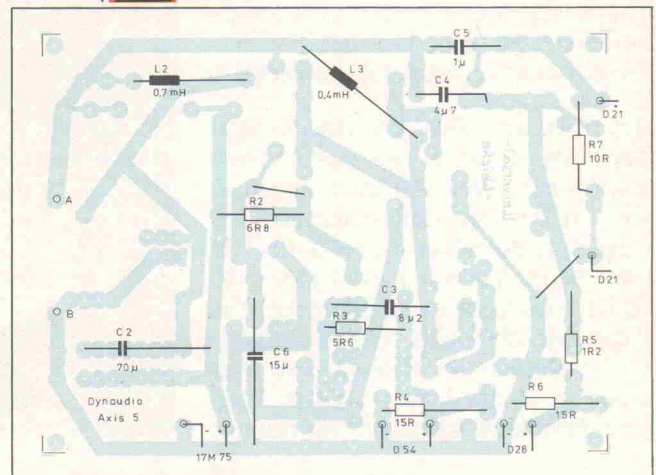
Lautsprecher (alle Dynaudio)

Tieftöner	30 W-100
Tief-Mitteltöner	17 M-75
Mitteltöner	D 54
Mittel-Hochtöner	D 28
Hochtöner	D 21

neuen Füllungen der Variovents aus. Danach werden beide Kunststoffteile mit der neuen runden Polyesterscheibe wieder zusammengesetzt und auf Rasterung 2 zusammengedrückt. Damit sind die vier Variovents ihrem Verwendungszweck angepaßt und können in das Teil „e“ eingeleimt werden (Bild 3). Alle weiteren Bauabschnitte sind äußerst einfach. Die Teile „h“ und „i“ werden in das Gehäuse eingesetzt und verleimt (Bild 4). Von oben wird Steinwolle auf allen Holzflächen (auch auf Teil „h“) befestigt. Dann folgt der Deckel „g“ und die Mitteltonschallwand „f“. Den Abschluß bilden die beiden Abschrägungen „n“ (Bild 5).

Mit der üblichen Sorgfalt werden nun die Löcher für die Mittel-Hochtonchassis angebohrt und ausgesägt (Bild 6). Die fertigen Rohbauten werden verschliffen, gespachtelt (Bild 7) und gestrichen (Bild 8).

Durch die Öffnungen des Mitteltongehäuses kann nun der Frequenzweichenteil für die Mittel-Hochtöner an das Brett „i“ geschraubt und das Dämmmaterial eingefügt werden. Die Chassis lassen sich von vorne einsetzen und mit dem Montageleim LX 2 abdichten.



Der Bestückungsplan für die Frequenzweiche. Beachten Sie, daß sich die Teile L1, R1 und C1 nicht auf der Platine befinden, sondern frei verdrahtet werden.

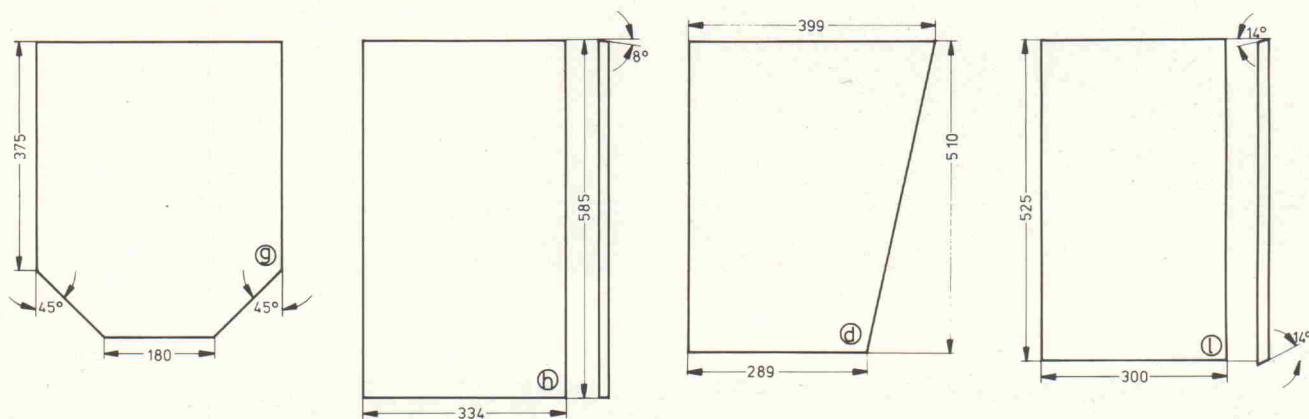
Wie klingt's?

Die Dynaudio-Entwickler haben von jeher den Lautsprecher als Neutrum betrachtet. Er soll nicht Anlagen- oder Aufnahmeschwächen kompensieren, soll nicht durch beeindruckende Resonanzen oder angenehme Verzerrungen subjektiven Maßstäben entspre-

chen, sondern das ausführen, was ihm vom Verstärker zugeführt wird. Unsere Hörvergleiche haben ergeben, daß die Box für klassische und Pop-Musik gleichermaßen geeignet ist.

Die AXIS 5 ist daher ein Lautsprecher, der überall dort Freunde finden wird, wo man sich an originaler Musik und nicht an Klangphilosophie orientiert.

Durch die Öffnung des Baßlautsprechers werden nun die Wände der unteren Gehäusekammer mit Steinwolle ausgekleidet. Die Weichenbauteile für den Baßlautsprecher lassen sich auf Teil „c“ schrauben und anschließend verdrahten. Der Baßlautsprecher wird eingesetzt (Bild 9), und der Bau der AXIS 5 ist beendet.



Technical drawing of a 4-hole plate (a) showing dimensions and labels. The plate has a width of 356 and a height of 478. The distance between the centers of the holes is 113. The hole diameter is 110. The plate is labeled (a) and (f).



Wer kennt ihn nicht, den alten Kampf zwischen dem HiFi-Enthusiasten mit seinem Wunsch nach vollendeter Musikwiedergabe und dem (der) Hausherren(-herrin), der (die) sich nicht das traute Heim mit zwei Kisten von den Ausmaßen eines Gefrierschranks verschandeln will? Tatsächlich wird es in kleineren Räumen mit weniger als 20 m² schwierig, solche Lautsprecher-Giganten unterzubringen. Von akustisch günstiger oder gar optimaler Aufstellung kann dann natürlich nicht mehr die Rede sein. Die im folgenden beschriebene Lautsprecherkombination soll den Kompromiß, der zwischen Klang und Hausseggen geschlossen werden muß, so akzeptabel wie nur möglich halten.

Friedensangebot

Mini-Regalboxen — HiFi aus 7 l Gehäusevolumen

Natürlich kann und darf nicht verschwiegen werden, daß Gehäusevolumen auf der einen Seite sowie maximal erzeugbarer Schalldruck und Tiefbaßwiedergabe auf der anderen Seite in direktem Zusammenhang stehen. Wer also abgrundtiefe Bässe und immense Schalldrücke von Miniboxen erwartet, den muß man enttäuschen. Die Grundforderung, die wir bezüglich der Baßwiedergabe an

unser Projekt stellten, war die Erfüllung der in DIN 45 500 festgelegten Mindestanforderungen an HiFi-Lautsprecher. Nach DIN darf der Schalldruck bei 50 Hz gegenüber dem mittleren Kennschalldruck um maximal 8 dB abfallen.

Die Chassis

Der für dieses Projekt ausgewählte

Polypropylenmitteltieftöner WSP 13 S von Visaton erfüllt diese Forderung bei Einbau in ein Gehäuse von nur 7 l Nettovolumen. Der dabei erzeugte mittlere Kennschalldruck beträgt 86 dB/W/m, der maximale Schalldruck (bei 50 W) liegt bei 102 dB. Diese Werte dürften bei den oben diskutierten Raumgrößen praxisgerecht und mehr als ausreichend sein. An dieser Stelle sei davor gewarnt, der Physik durch aktive

Anhebung ein Schnippchen schlagen zur wollen. Der Tieftöner muß dann zwangsläufig einen viel zu großen Hub machen, was erstens in Bezug auf die Betriebssicherheit und den Klirrfaktor ungünstig ist, zweitens aber in unserem Fall noch extreme Intermodulation nach sich zieht: Werden gleichzeitig zwei Töne von 50 Hz und 2 kHz übertragen, wandert bei starker aktiver Baßanhebung der Entstehungsort des 2 kHz-Signals ständig um den Miximalhub des Mitteltieftöners vor und zurück. Daß dieser Vorgang nicht gerade zur Durchsichtigkeit des Klangbildes beiträgt, bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung.

Den Hochtonbereich übernimmt die 25 mm-Kalotte DTW 95 FFL, die durch Füllung des Luftspaltes mit Ferrofluid ebenfalls sehr breitbandig arbeitet.

2-Weg-Probleme ...

Die Resonanzfrequenz des Hochtöners ist überhaupt eines der Hauptprobleme bei Zweigegekombinationen. Da beide Chassis einen extrem großen Teilbereich des Audiospektrums übertragen müssen, ergibt sich zwangsläufig, daß der übliche Abstand von Übergangsfrequenz und Resonanzfrequenz von mindestens einer Oktave nicht eingehalten werden kann. In unserem Falle liegt die Übergangsfrequenz bei 2,3 kHz, die Resonanzfrequenz des Hochtöners jedoch bei 1,5 kHz. Da dynamische Lautsprecher in der Nähe der Resonanzfrequenz ihr Hubmaximum und damit auch ihr Klirrmaximum erreichen, bietet sich

der Ferrofluid-befüllte Luftspalt besonders an, denn diese Bauart ist gegenüber normalen Kalottenhochtönern in diesem Bereich besonders verzerrungsarm.

Ein weiteres Problem stellt die Impedanzüberhöhung bei Resonanz dar. Unmittelbar in der Nähe der Übergangsfrequenz stellen sich große Impedanzschwankungen ein, die eine genaue Anpassung an eine passive Frequenzweiche unmöglich machen. Wird z. B. eine Weiche für eine Übergangsfrequenz von 2,3 kHz und eine Impedanz von 8 Ohm bemessen und die Impedanz beträgt bei 1,5 kHz ca. 30 Ohm, so ist klar, daß weder Amplitudenfrequenzgang noch Flankensteil-

heit den vorausgerechneten Verlauf nehmen.

... und die Lösung

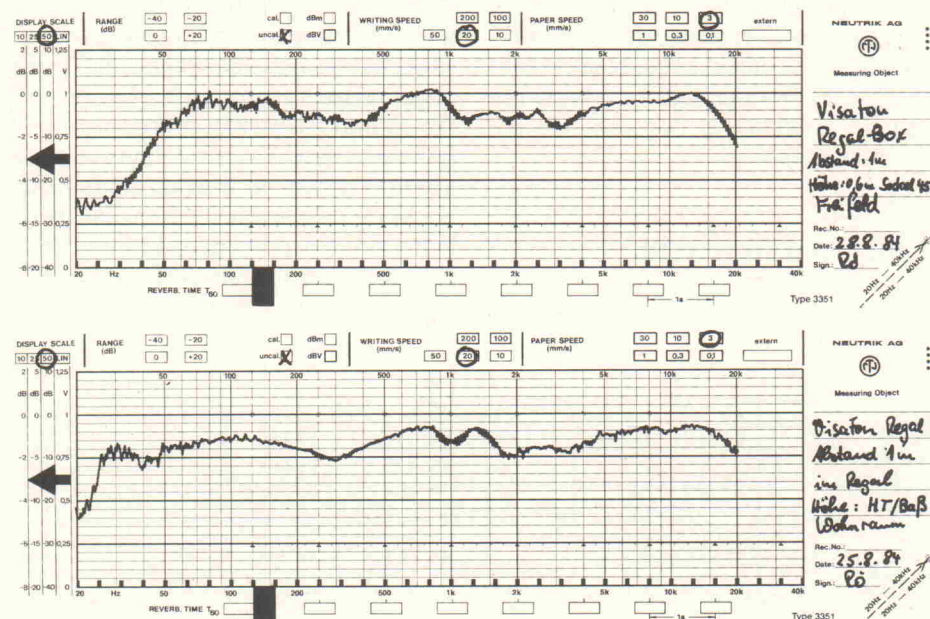
Obwohl das Impedanzmaximum der DTW 95 FFL nur relativ gering ausgeprägt ist, es liegt bei ca. 13 Ohm, wurde zusätzlich noch die gesamte Resonanzüberhöhung durch ein Parallelfilternetzwerk kompensiert. Dieses Kompensationsnetzwerk bilden im Schaltbild (Abb. 1) R3 und R4, C3 und C4 sowie L3. Durch dieses Netzwerk wird der Impedanzverlauf fast vollständig linear.

Für den Tieftöner wurde lediglich ein RC-Glied vorgesehen, das die Schwingspuleninduktivität ausgleicht. Im Bereich der Übergangsfrequenz kann daher auch der Tieftöner als rein ohmsche Last betrachtet werden. Um den erforderlichen Widerstandswert im RC-Glied aus Standardbauteilen zu erhalten, müssen je ein 3,3 Ohm- und ein 0,68 Ohm-Widerstand in Reihe geschaltet werden.

Die Wichtigkeit eines ausgeglichenen Phasenverlaufs insbesondere für die räumliche Abbildung eines Klanggeschehens und dessen Detailauflösung dürfte allgemein bekannt sein. Von Bedeutung ist diesbezüglich aber weniger der elektrische, sondern vielmehr der akustische Phasenverlauf. Um die Box auch diesbezüglich zu optimieren, wurden die akustischen Zentren beider Chassis exakt übereinander montiert.

Technische Daten

Prinzip	geschlossenes Gehäuse, 2-Wege,
Belastbarkeit (DIN)	45 W
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	86 dB/W/m
Übergangsfrequenz	2,3 kHz
Volumen (innen)	7 l
Außenmaße	Breite 200 mm Höhe 320 mm Tiefe 240 mm
Entwickler	Visaton



Dies wurde durch Versetzung der Montage-Ebenen um 44 mm erreicht. Bitte achten Sie auf die Einhaltung dieses Maßes. Wenn die Chassis in die Frontplatte versenkt eingebaut werden, müssen die Gehäusemaße entsprechend geändert werden. Um Nahreflexionen zu vermeiden, sollte die Fläche zwischen den Montageebenen um 35° geneigt sein (Abb. 2).

Bei korrektem Einbau nach Abb. 2 ergibt sich bei der Übergangsfrequenz eine akustische Phasendifferenz von 90° . Um dies auszugleichen, wird eines der Chassis mit einem Filter 2. Ordnung angekoppelt, das zweite über ein Filter 1. Ordnung. Für Letzteres bietet sich der Mitteltief-töner an. Ihm ist es eher zuzumuten, Frequenzen über 2,3 kHz zu übertragen als umgekehrt eine kleine 25 mm-Kalotte noch bis unter 2 kHz zu beanspruchen. Im Bereich um 1 ... 2,5 kHz hat der verwendete Mitteltief-töner eine leichte Überhöhung, die ebenfalls noch von der Frequenzweiche „glattgebügelt“ werden muß. Daher ist der Wert der Reihendrossel scheinbar etwas groß geraten.

Die Weiche

Der ganze in den obigen Abschnitten beschriebene Aufwand lohnt sich natürlich nur bei Verwendung hochwertigster Frequenzweichenbauteile. In unserem Musteraufbau verwendeten wir nur Luftspulen mit großen Drahtquerschnitten und Folienkondensatoren. Die verwendeten Widerstände sollten aus Gründen der Betriebssicherheit eine Belastbarkeit von 11 W aufweisen. Die verwendete Anschlußklemme PT 57 NG ermöglicht den Anschluß von Kabeln bis zu einem Querschnitt von 10 mm^2 . Auch hier wäre sicher das falsche Ende beim Sparen. Ebenfalls nicht sparen sollte man am Dämpfungsmaterial; obwohl das Nettovolumen nur 7 l beträgt, wurden pro Box ein Beutel verwendet, der normalerweise für 20 l ausreichend ist.

L - Pad

Da der Wirkungsgrad des Kalottenhochtöners DTW 95 FFL wesentlich höher ist als der des Mitteltief-töners, wurde die 8 Ohm-Version des Kalottenhochtöners eingesetzt. Dies reduziert einmal den Schalldruck und erhöht zum Zweiten die Belastbarkeit und damit die Betriebssicherheit der Minibox. Insbesondere in schallharten

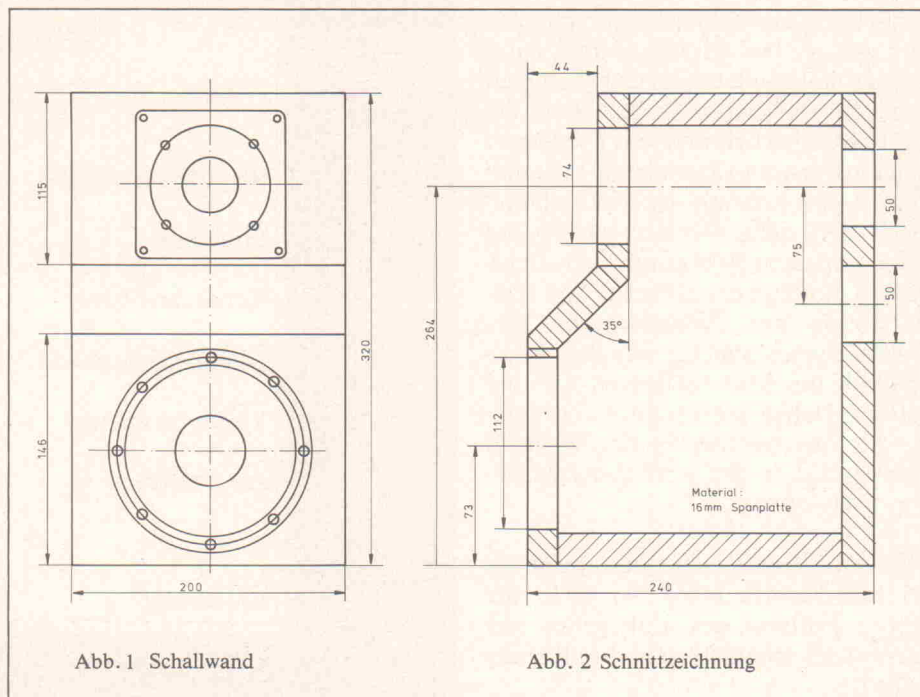
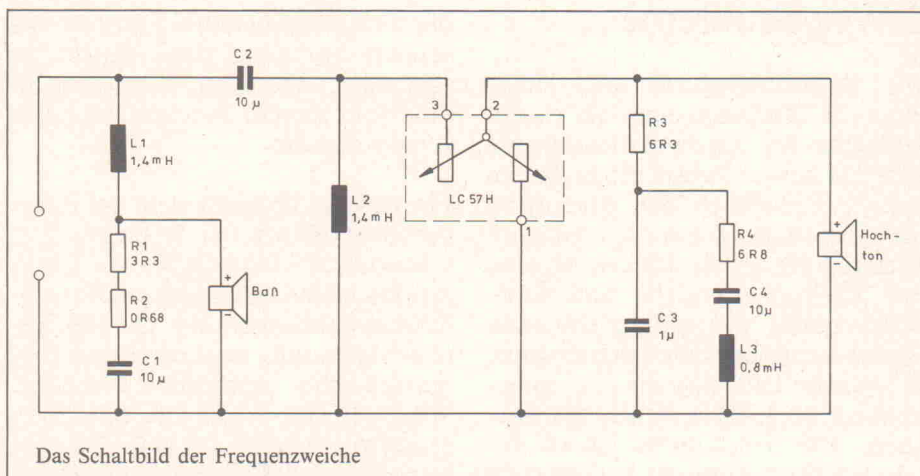


Abb. 1 Schallwand

Abb. 2 Schnittzeichnung



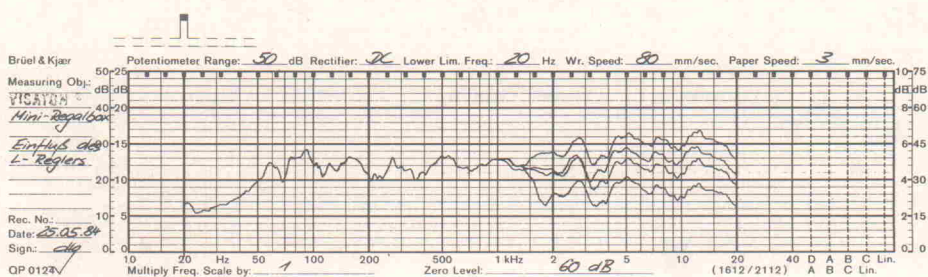
Das Schaltbild der Frequenzweiche

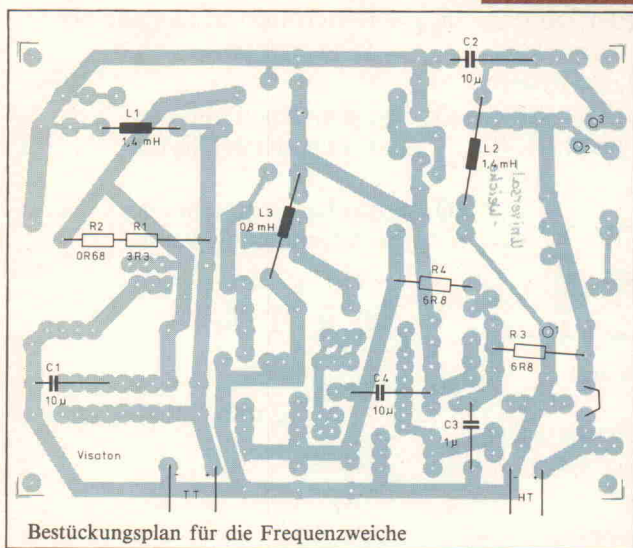
Räumen kann der Mittelhochtonbereich trotzdem noch zu laut wirken. Aus diesem Grund wurde in die Frequenzweiche noch ein L-Regler vom Typ LC 57 H eingefügt. Er erlaubt die genaue Anpassung der Box an die Raumakustik.

Die Aufstellung

Damit wären wir auch schon beim

Klang unserer Minis. Die Boxen sind als Regallautsprecher konzipiert worden. Der Einbau in eine Regalwand sorgt dafür, daß die Bässe, die sonst kugelförmig abgestrahlt werden, in Hörrichtung gerichtet und daher angehoben werden. Dem richtigen Einbau kommt daher besondere Bedeutung zu. Man sollte darauf achten, daß möglichst keine Kante oder Fläche der Regalwand über die Vorderfront der Minis herausragt. Nahreflexionen und





Beugungen, die die Durchsichtigkeit des Klangbildes beeinträchtigen, wären sonst die Folge. Der Hörabstand sollte etwas größer als die Basisbreite (der Abstand zwischen beiden Boxen) sein.

Die Stellung der L-Regler hängt in starkem Maße von der Raumakustik (Einrichtung!), der Hörposition gegenüber dem Aufstellungsort ab. Zur Abstimmung eignet sich am besten eine Frauenstimme. Wir benutzen dazu Fridas CD „Something's Going on“, in der sie in Phil Collins' „You Know What I Mean“ nur von einer Harfe und später von einer Streichergruppe begleitet wird. Die Stimme muß sauber und prägnant im Raum stehen ohne scharf zu werden und darf im Gesamtklangbild nicht zu sehr dominieren, so daß die Instrumente untergehen.

Der erste Höreindruck liefert ein eher helles Klangbild, das durch einen quantitativ nicht zu starken, aber für die Größe der Box ungewöhnlich tiefen und vor allem sauberen Baß überrascht. Beim näheren Hinhören fällt jedoch die eigentliche Stärke der Box auf; das Klanggeschehen wird ungemein analytisch wiedergegeben und löst sich von der Box. Eine Räumlichkeit wird nicht nur in der Breite, sondern auch in der Tiefe produziert, ohne daß dabei Deutlichkeit verloren gehen würde. Auch nach längerem Hören klingen die Boxen nicht lästig. Es sind nur sehr geringe Verfärbungen auszumachen. Modest Mussorgsky und Maurice Ravel wären sicherlich überrascht, wie gut man die „Bilder einer Ausstellung“ auch in einer kleinen Mietwohnung – wenn auch mit etwas eingeschränkter Dynamik – nachempfinden kann; den beiden Meistern, Sir Georg Solti und den Vätern der CD sei Dank. Mark

Knopfler von den Dire Straits würde sich sicher freuen, wie gut auch seine jüngeren Fans mit schmalen Geldbeutel und in beengten räumlichen Verhältnissen seinen Soundvorstellungen bei „Love Over Gold“ folgen können. Wann entdecken Sie gemeinsam mit dem (der) Hausherrn (-herrin), daß bei Lou Reeds „Walk On The Wild Side“ der Frauenchor nur durch Wegnahme des künstlichen Halls scheinbar näher kommt?

L-Regler

Um Lautsprecherboxen der Raumakustik anzupassen, kann man entweder auf die aktiven Klangregler im Vorverstärker zurückzugreifen oder in die Box passive L-Regler einbauen.

Während die aktiven Klangregler im Vorverstärker auch die Möglichkeit der Pegelanhebung beinhalten, können mit L-Reglern nur Absenkungen vorgenommen werden. Im Gegensatz zu den aktiven Klangreglern geht die Klangeinstellung bei den L-Reglern jedoch ohne Phasenänderung vonstatten. Auch Gefahren für die Betriebssicherheit, insbesondere für die Hochtöner, erwachsen aus deren Benutzung nicht, im Gegensatz ihrem aktiven Pendant.

Stückliste

Chassis (Visaton)
Mitteltieftöner
Kalottenhochtöner

WSP 13 S, 4 Ohm
DTW 95 FFL, 8 Ohm

Zubehör
L-Regler
Anschlußklemme
Dämmmaterial

LC 75 H
PT 57 NG
1 Beutel

Weiche
Widerstände

R1
R2
R3
R4

3 R3/11 W
0 R68/11 W
6 R8/11 W
6 R8/11 W

Kondensatoren

C1, C2, C4
C3

10 µ/250 V MKT
1 µ/250 V MKT

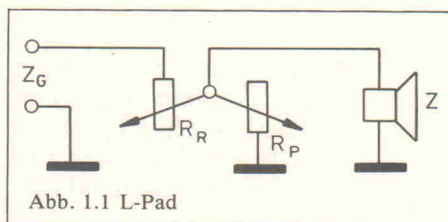
Spulen

L1, L2
L3

1,4 mH
0,8 mH

Als L-Regler, im englischen Sprachraum L-Pad genannt, lassen sich jedoch keine x-beliebigen Potentiometer benutzen. Im Zusammenspiel mit der zu regelnden Last würde sich die Impedanz am Eingang des Potentiometers in Abhängigkeit zur eingestellten Absenkung laufend ändern. Eine korrekte Auslegung einer vorgeschalteten passiven Frequenzweiche wäre in diesem Falle z. B. unmöglich.

Die Wirkung „echter“ L-Regler beruht auf der Tatsache, daß zur Regelung zwei separate, aber mechanisch miteinander gekoppelte Potis herangezogen werden, wobei diese so bemessen sind, daß die Impedanz der einen Schleiferbahn parallelgeschaltet zur Last plus Widerstandswert der zweiten Schleiferbahn über den gesamten Regelbereich praktisch konstant gehalten wird (Abb. 1.1).



Die durch die „Reihenschleiferbahn“ eintretende Verschlechterung des Dämpfungsfaktors wird durch den mit

wachsendem Reihenwiderstand sinkenden „Parallelschleiferbahn“-Widerstand praktisch vollständig kompensiert.

Glättung des Impedanzverlaufs

Physikalisch betrachtet, stellt ein dynamischer Lautsprecher ein Feder-Masse-System dar, das durch Zuführung elektrischer Energie zu Schwingungen angeregt wird. Wie bei jedem Feder-Masse-System gibt es eine Resonanzfrequenz, bei der das System mit extrem geringer Energiezufuhr schwingt. Diese sehr geringe, von außen zuzuführende Energie, drückt sich in der Impedanzkurve als deutliche Spitze aus (Abb. 2.1).

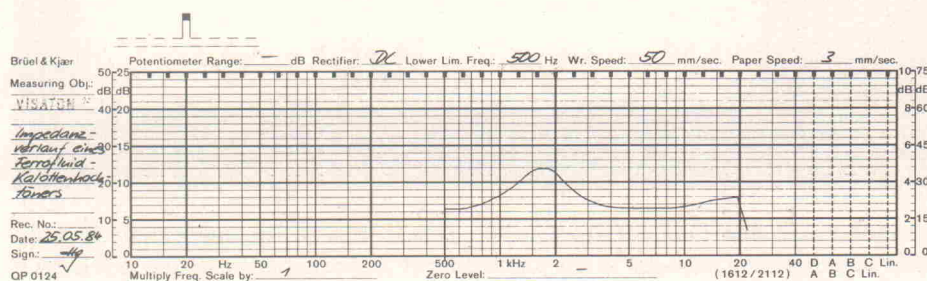


Abb. 2.1 Impedanzverlauf des nicht-kompensierten Hochtöners

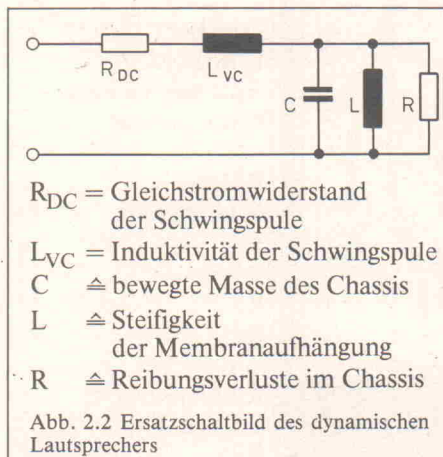
Dieser prinzipbedingte Impedanzanstieg bringt jedoch eine Reihe von Problemen mit sich:

- Der ansteuernde Endverstärker hat es mit einer sich mit der Frequenz nach Betrag und Phase ändernden Last zu tun.
- Vorgeschaltete passive Filter können ohne erheblichen Aufwand nur für eine – nach Betrag und Phase – konstante Last berechnet werden. Sie können in der Nähe der Resonanzfrequenz nicht mehr wie vorgesehen arbeiten. Durch die sehr hohe Impedanz wird der Spannungsabfall am Chassis unzulässig hoch. Die Dämpfung des Pegels bei der Resonanzfrequenz beträgt nur einen Bruchteil des berechneten Wertes.

Die obengenannte Tatsache hat wiederum zur Folge, daß aufgrund des Hubmaximums in der Nähe der Resonanzfrequenz auch Betriebssicherheit und Klirrvverhalten des Systems ungünstig beeinflusst werden.

Elektrisch wirken sich diese mechanischen Eigenschaften des Lautsprechers im Impedanzverlauf wie ein Parallelschwingkreis aus. Die bewegte

Masse stellt eine Kapazität dar, die Steifigkeit der Aufhängung eine Induktivität und die im Feder-Masse-System entstehenden Reibungsverluste einen ohmschen Widerstand (Abb. 2.2).



R_{DC} = Gleichstromwiderstand der Schwingspule

Q_e = elektrische Güte des verwendeten Chassis

Q_M = mechanische Güte der verwendeten Chassis

$$C_1 = \frac{1}{Q_e R_{DC} 2 \pi f_0}$$

$$L_1 = Q_e R_{DC} \frac{1}{2 \pi f_0}$$

$$R_1 = \frac{Q_e R_{DC}}{Q_m}$$

Bei der Auslegung von R_1 muß der Gleichstromwiderstand der verwendeten Induktivität L_1 abgezogen werden, da dieser ja ebenfalls als ohmscher Widerstand wirksam wird.

Die Kompensation der Resonanzüberhöhung von Tieftönern ist im Regelfall nicht erforderlich, da diese meist so tief liegt, daß sie in der Praxis keinerlei Einfluß auf die Auslegung der Frequenzweiche hat.

Außerdem würden dazu so große Kapazitäten und Induktivitäten benötigt, daß man ernsthafte Zweifel an einer vernünftigen Preis-Nutzen-Relation hegen müßte.

Die Schwingspuleninduktivität

Wesentlich einfacher als der Einfluß der Resonanzfrequenz läßt sich die zweite impedanzändernde Größe – die Schwingspuleninduktivität – ausgleichen. Lediglich ein RC-Glied, das parallel zum Lautsprecherchassis den Anstieg der Impedanz zu den höheren Frequenzen hin verhindert, ist erforderlich. Der Widerstand entspricht dabei dem Gleichstromwiderstand der Lautsprecherschwingspule und die Kapazität errechnet sich aus:

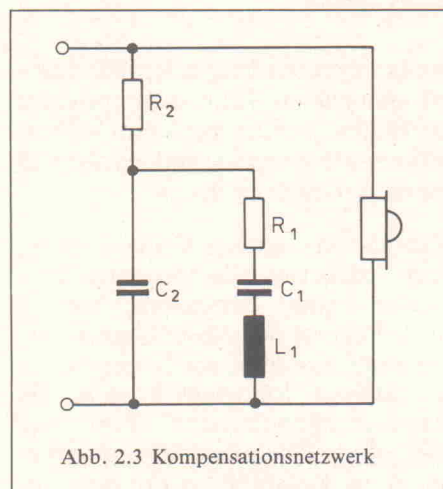
L = Induktivität der Schwingspule des verwendeten Chassis

R_{DC} = Gleichstromwiderstand der Schwingspule des verwendeten Chassis

$$R_2 = R_{DC}$$

$$C_2 = \frac{L}{R_{DC}^2}$$

Hiermit bietet sich auch der Ansatz für die Lösung der o. g. Probleme: wo ein Schwingkreis ein Impedanzmaximum hervorruft, muß es einen zweiten geben, der dieses Maximum kompensiert! Die Werte für die einzelnen Komponenten des „Kompensations-schwingkreises“ errechnen sich aus folgenden Formeln (Abb. 2.3):



f_0 = Resonanzfrequenz des verwendeten Chassis

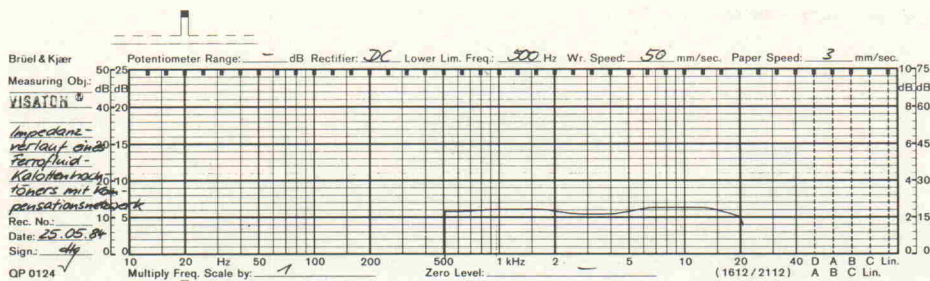


Abb. 2.4 Hochtöner mit Kompensationsnetzwerk

Der Erfolg dieser Bemühungen läßt sich leicht aus Abb. 2.4 ersehen. Gegenüber dem ursprünglichen Verlauf schwankt die Impedanz über den gesamten Arbeitsbereich des Chassis und weit darüber hinaus nur noch unwesentlich.

Laufzeit-Entzerrung und akustische Phasenkorrektur

Für jeden Teilbereich des Audiospektrums gibt es unter den dynamischen Lautsprechern spezialisierte Varianten dieses Prinzips, die sich nicht nur in der Größe, sondern auch in ihrem mechanischen Aufbau unterscheiden. Alle dynamischen Chassis (unserer Erfahrung nach übrigens auch Flachmembran-Chassis) haben jedoch gemeinsam, daß der Schall im Chassis in der Nähe der oberen Polplatte „entsteht“.

Wenn man nun z. B. einen Kalottenhochtöner und einen Konustieftöner in eine ebene Frontplatte einbaut, hat das zur Folge, daß die Höhen das Ohr „zu früh“ erreichen (Abb. 3.1). Akustisch wirkt sich das vor allem als Undurchsichtigkeit und mangelnde Detailauflösung aus. Auch das „Herüberbringen“ der äußerst komplexen Räumlichkeit des Aufnahmeortes ist stark eingeschränkt. Um bei diesem Problem Abhilfe zu schaffen, sind ein UKW-Tuner, ein Testgehäuse und etwas Geduld notwendig. Das Tieftonchassis wird in das Gehäuse eingebaut und beide Chassis werden Polplatte über Polplatte positioniert und an die Frequenzweiche angeschlossen. Anschließend gibt man UKW-Rauschen auf diese Kombination (leise bitte, der Hochtöner wird es Ihnen danken!) und polt den Hochtöner um. Jetzt wird man feststellen, daß das Rauschen bei einer Polarität diffus-räumlich klingt, bei der anderen entsteht es gut ortbar zwischen beiden Chassis und erscheint

etwas lauter. Letztgenannte Polarität ist die richtige. Beide Chassis arbeiten jetzt bei der Übergangsfrequenz gleichphasig. Ändert sich beim Umpolen nichts oder nur sehr wenig, kann das daran liegen, daß die Differenz der Phasenlage bei der Übergangsfrequenz etwa 90° beträgt. Hier hilft dann ein kleiner Trick: Man ändert die Filterordnung eines Passes an der Übergangsfrequenz: z. B. wird der Tieftöner über einen 6 dB/Okt- statt über einen 12 dB/Okt-Tiefpass angesteuert, der Hochtöner läuft aber weiterhin über ein 12 dB/Okt-Filter. Nach dieser künstlichen Phasenverschiebung wird dann nach o. g. Prozedur die richtige Polarität ermittelt.

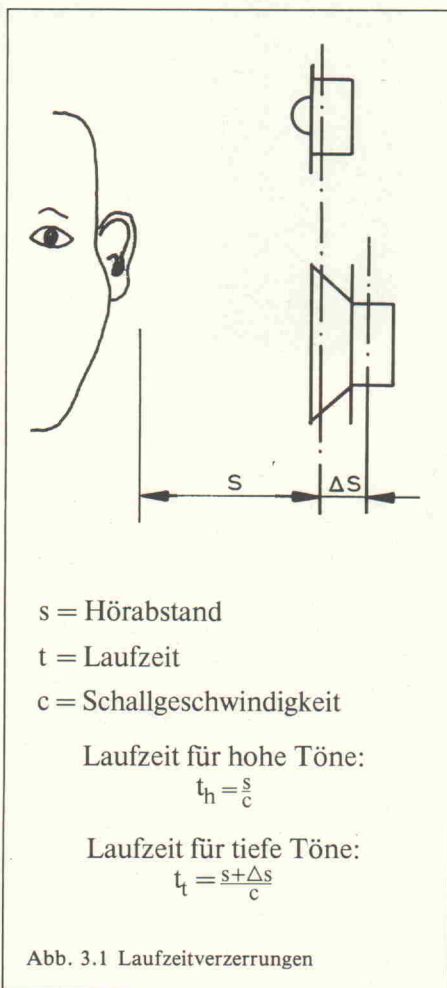


Abb. 3.1 Laufzeitverzerrungen

Zur Feinabstimmung wird der Hochtöner jetzt vorsichtig vor und zurück verschoben und man kann feststellen, daß sich die Ortbarkeit des Rauschens ähnlich wie die Bildschärfe bei einer Kamera durch Verschieben der Linsen noch verbessern läßt (Abb. 3.2). Ist der optimale Punkt gefunden, wird die Differenz zwischen den Montageebenen der beiden Chassis ermittelt und das endgültige Gehäuse entsprechend konzipiert.



Abb. 3.2 Versuchsanordnung zur Ermittlung des Chassis-Versatzes

Die oben erläuterte Methode läßt sich natürlich auch mit Mehrwegeboxen durchführen. Dabei sollte man jedoch beachten, daß auch der Einbau in ein Gehäuse den akustischen Phasengang beeinflusst und daher alle nach hinten offenen Chassis (also z. B. Tieftöner) in „ihr“ Volumen eingebaut werden müssen.

Bei Mehrwegeboxen geht man einfacherweise so vor, daß man – vom Tieftöner ausgehend – immer zwei benachbarte Frequenzbänder nach der oben beschriebenen Methode „behandelt“, also zunächst den Tieftöner gegenüber dem Mitteltöner; dann wird der Tieftöner abgeklemmt und der Mitteltieftöner gegenüber dem Mitteltöner geprüft, usw.

Dem aufmerksamen Leser wird sicher nicht entgangen sein, daß die oben beschriebene Methode nicht nur eine reine Laufzeitentzerrung ist, sondern darüber hinaus auch noch den Einfluß des chassisinternen Phasenverlaufes und den der Frequenzweiche berücksichtigt. Diese „Über-Alles-Kompensation“ reduziert akustische Phasensprünge an der Übergangsfrequenz bei sorgfältiger Arbeitsweise auf max. 45°.



Eton 3

Das englische Städtchen Eton ist bekannt durch sein Elite-Internat, dessen Besuch für jeden Angehörigen des Hochadels zur Tradition gehört. Und das seit einigen hundert Jahren. Nun ja, englische Tradition!



Eine andere, von uns nichtadligen Elektronikern besser zu verstehende englische Tradition hat der Lautsprecher- und Boxenbau auf der Insel:

Unaufdringlich und zurückhaltend im Klang, vornehm im Äußeren. Von Eton — der deutschen Vertriebsfirma für den englischen Chassishersteller „Electro-Acoustic-Industries LTD“ in London — stammen auch die in dieser Bauanleitung für die Box „Eton 3“ verwendeten Lautsprecherchassis. Das vornehme Äußere ist geblieben, der englische „Sound“ ist jedoch dem kontinentalen Geschmack etwas angepaßt worden.

Die Entwicklung der Eton 3 verfolgte gleichzeitig eine ganze Reihe von Wünschen:

- tiefreichende, impulsfeste Baßwiedergabe mit einem nur 200 mm großen Cobex-Chassis
- Vermeidung des oft anzutreffenden überbetonten Baßverhaltens, das sich u. a. aus einer zu hohen Güte (QTS) der Baßeigenresonanz ergibt
- detaillierte, verfärbungsfreie Mitteltonwiedergabe mit einem 10 cm Cobex-Chassis
- natürliche Wiedergabe der hohen Frequenzanteile ohne „künstlich“ aufgesetzte Höhen

- guter Wirkungsgrad
- hohe Maximallautstärke auch für größere Abhörräume
- hohe Belastbarkeit
- Abstimmung auf deutsche Hörgewohnheiten
- Eignung für Popmusik und Klassik

Chassis-Auswahl und Beschreibung

Um diese Ziele zu erreichen, kam nur ein 3-Weg-System in Frage, bei dem jedem Chassis sein optimaler Arbeitsbereich zugeteilt werden kann. Dies soll auf keinen Fall eine Absage an klassische 2-Weg-Systeme bedeuten — speziell englische Firmen bieten in diesem Bereich ganz hervorragende Produkte an. Auch in Anbetracht der Verwendung von Cobex-Membranen lag der Schluß eigentlich nahe, nur 2-Wege zu konzipieren. Warum also 3-Wege?

Das hängt zum einen Teil mit dem verwendeten Gehäuse zusammen, zum anderen war von ausschlaggebender Bedeutung, daß der geforderte Schall-

druck nur mit einem geeigneten Mittel-
system erzielt werden kann.

Die Auswahl der schließlich eingesetzten Lautsprecher war trotz vieler Hörproben und intensiver Arbeit im Labor recht schwierig, da verständlicherweise schon in dieser Anfangsphase „die Geister“ unterschiedlicher Auffassung waren. Etliche Testaufbauten haben dann für alle Beteiligten „eine Linie“ erkennen lassen.

Die Wahl für den Mitteltöner fiel auf den Eton Typ HFBM 156/B, ein 4 Zoll (10 cm) - Cobex - Lautsprecher mit 90 mm-Magneten. Damit ist eine impuls-schnelle Wiedergabe auf jeden Fall gesichert. Dieses Chassis mit 25 mm-Aluminiumschwingspule läßt sich auch als kleiner „Minisuperbaß“ einsetzen, liegt also resonanzmäßig günstig. Das Membranmaterial ist aus einem Kunststoff gefertigt, der die Markenbezeichnung „Cobex“ trägt. Cobex dämpft Partialschwingungen noch schneller als das bekanntere Polypropylen. Thermische Probleme (Kleber etc.) gibt es mit diesem Kunststoff nicht. Bei der Wiedergabe unterscheidet sich Cobex von Polypropylen durch mehr Detailreichtum – ein nicht unwesentlicher Punkt. Der Frequenzgang ist relativ ausgeglichen, wenn man von einer etwas ansteigenden Tendenz im Baßbereich absieht. Diese wird aber durch den großen Magneten (Dämpfung) verursacht. Eine Kompensation durch das verwendete Netzwerk in der Weiche war ohne Probleme möglich.

Für den Baßbereich kam nur ein 8 Zoll-Lautsprecher in Betracht. Wir haben uns für den Cobex-Typ HFB 20/147 entschieden, dessen Membranmasse relativ gering ist. Damit ist eine ausreichende Schnelligkeit gegeben, und mit der Ankopplung an den superschnellen Mitteltöner HFBM 10/156 B sind beide eine ideale Paarung.

Als beeindruckend gelten die Daten der Eton Kalotte HFDT/161, die in der Ferrofluidversion zur Anwendung

kommt. Dadurch werden Probleme mit der Eigenresonanz etc. schon im Ansatz behoben, und die Belastbarkeit wird höher. Weiter ist darauf hinzuweisen, daß sich durch eine tiefere Übernahmefrequenz zum Hochtöner auch eine bessere Abstrahlcharakteristik ergibt.

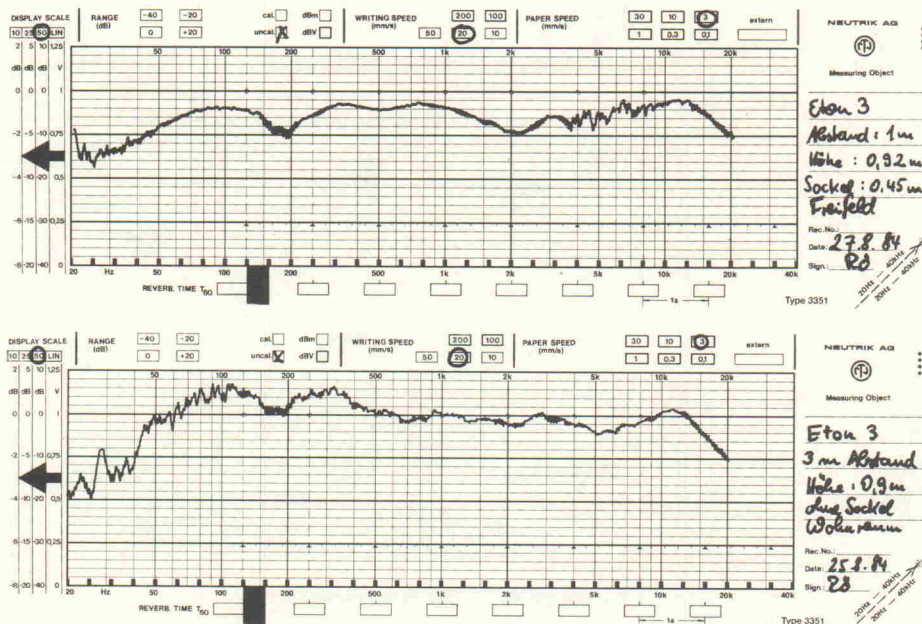
Gehäuse

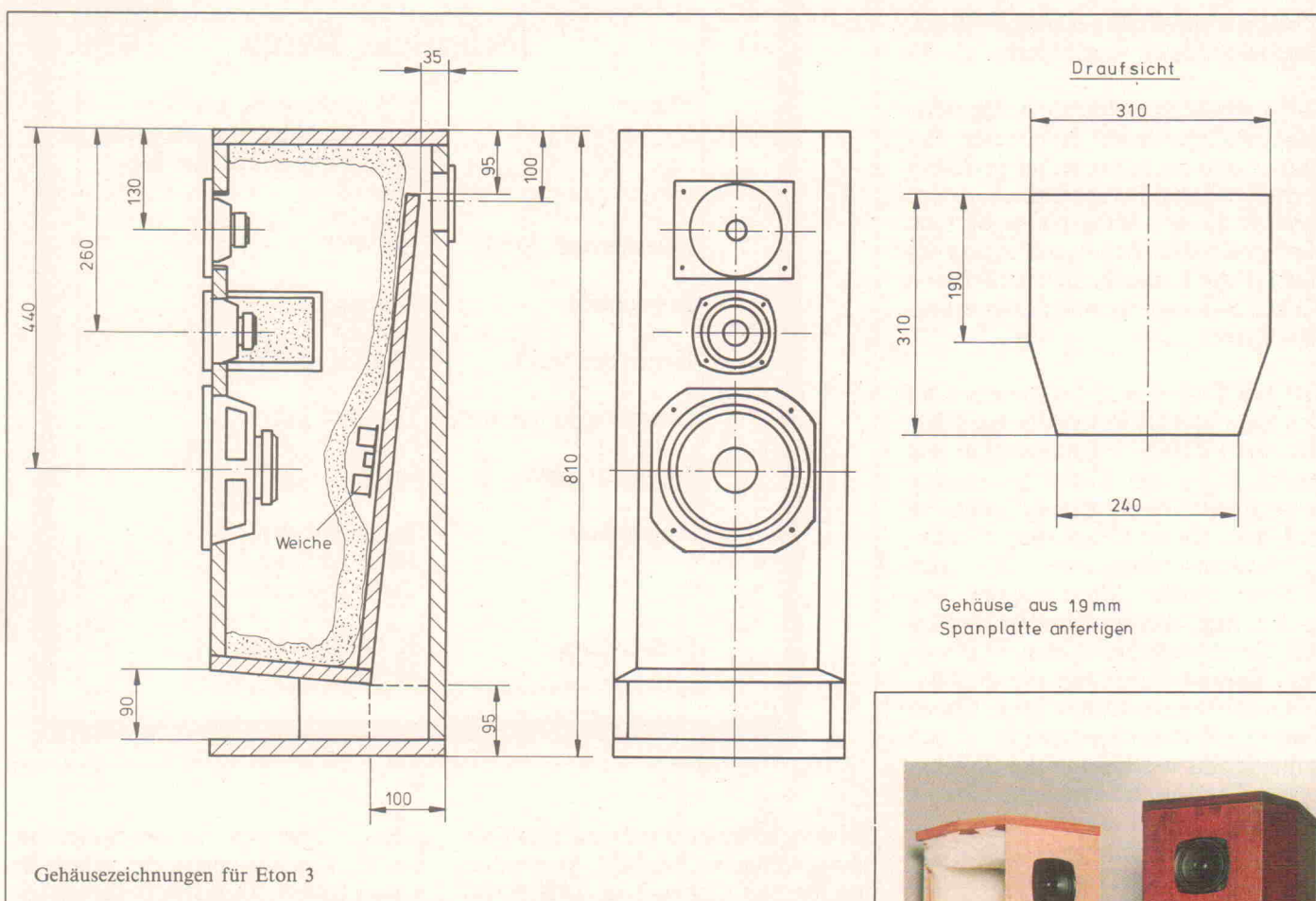
Da die verwendeten Chassis sehr hochwertig sind, lohnt sich eine aufwendige Gehäusekonstruktion. Wir haben uns für ein – im Prinzip – geschlossenes Gehäuse mit angekoppelter Hornkehle entschieden. Das Gehäusevolumen ist auf die kritische Güte von 0,5 berechnet (QTS), was bekanntlich zu einem guten Baßimpulsverhalten führt. Das im Tiefbaßbereich über einen Tiefpaß angekoppelte Horn verstärkt die Baßwiedergabe je nach Dämpfung erheblich. Damit kann eine impulsfeste Baßwiedergabe erwartet werden. Aufgrund der Beschaffenheit des Horns ist allerdings darauf zu achten, daß kein Mitteltonanteil rückwärtig abgestrahlt wird, denn das führt zu starken Klangverfärbungen! Aus diesem Grund wird eine Abkopplung des Baßbereiches bei schon 150 Hz mit 12 dB/Oktave dringend notwendig. Aber keine Angst, das Mitteltonchassis verträgt das ohne Probleme.



Technische Daten

Prinzip	3-Wege-System, geschlossenes Gehäuse mit angesetzter Hornkehle für den Baßbereich
Belastbarkeit (DIN)	150 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	90 dB (1 m, 1 W)
Übergangsfrequenzen	150 Hz/4,3 kHz
Volumen (innen)	ca. 55 l
Außenmaße	Breite 310 mm Höhe 810 mm Tiefe 310 mm
Entwicklung	R. Gibbelmeyer W+S





Als Gehäuse für den Mitteltöner kommt eine verstärkte Papprohre (130 mm \varnothing) zum Einsatz, da ein eigenständiges Gehäuse vom Volumen her zu Problemen mit dem Hornansatz ge-

führt hätte. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, wurde die Box so schlank wie möglich gehalten. Das ist wegen der Verwendung eines 8 Zoll-Baßlautsprechers möglich und bietet in Ver-



Stückliste

Lautsprecher (alle von Eton)

Baß	HFB 20/147
Mitteltöner	HFBM 10/156 B
Hochtöner	HFDT/161 FF

Weiche

Spulen

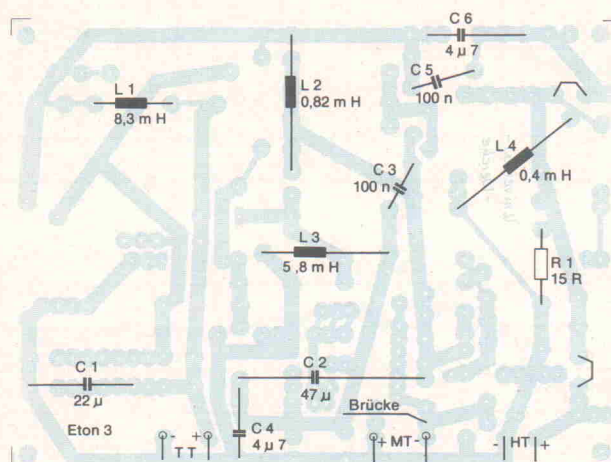
L1	8,3 mH
L2	0,82 mH
L3	5,8 mH
L4	0,4 mH

Kondensatoren

C1	22 μ /100 V Folie
C2	47 μ /100 V Folie
C3	0,1 μ /100 V MKS
C4	4 μ 7/100 V Folie
C5	0,1 μ /100 V MKS
C6	4 μ 7/100 V Folie

Widerstand

R1	15 R 5 W
----	----------



Bestückungsplan für die Frequenzweiche

Selbstbausysteme für Anspruchsvolle

Wir bieten an:

- Audax
- Dynaudio
- ARC
- Magnat

Verstärker
systeme

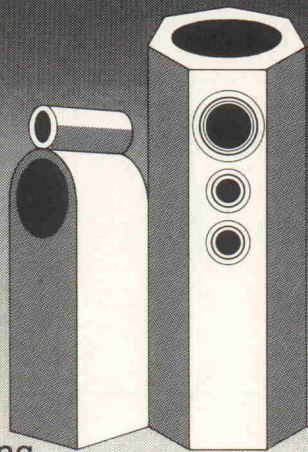
Nytech

Optimaler

Service

und Fachberatung.

Katalog gegen 5-DM-Schein



LAUTSPRECHER HUBERT



Wasserstraße 172

4630 Bochum 1 · Tel. (02 34) 30 11 66

IN VIELEN RUNDFUNK- UND TONSTUDIOS SORGT CELESTION FÜR DEN BESTEN KLANG.

25

Warum sollen nicht auch Sie die Möglichkeit haben, Ihre Musik mit den dort 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.

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 _____ el

Straße _____

PLZ/Ort _____

CELESTION
INTERNATIONAL



Damit Ihnen der Unterschied zwischen Kühl-Box und Live-Box zu Ohren kommt.

JBL LIVE- AUSSCHNITT

Die neue TLX-Serie mit echter Live-Atmosphäre kommt von JBL. Schicken Sie uns noch heute Ihren Live-Ausschnitt. Wir sagen Ihnen, wo ein JBL-Hörtest für Sie vorbereitet ist. Und mit etwas Glück überraschen wir Sie mit der audiophilen Rarität „Gallery“.

Name _____

Straße _____

PLZ/Ort _____

Post ab an Harman Deutschland, Hunderstr. 1, 7100 Heilbronn.

Unter allen Einsendern dieses Coupons verlosen wir 25 HighEnd-Schallplatten „JBL-Gallery“. Einsendeschluß: 3 Wochen nach Erscheinen dieses Heftes. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

JBL. Weil Musik nur Spaß macht, wenn sie echt ist.

JBL



NEU: TLX-Serie

bindung mit der Abschrägung der Seitenwände eine differenziertere Abbildung (Staffelung) des Klanggeschehens. Als weiterer Vorteil ergibt sich für den Innenraum eine Verminderung von „stehenden Wellen“, da weniger parallele Wände vorhanden sind. Das wirkt sich zwar nicht auf den Tiefbaß, aber ganz sicher auf Bereiche oberhalb 80-100 Hz aus. Die Anordnung von Mittel- und Hochtöner wird somit auf einer Achse möglich und ist auf den idealen Bereich der Ohrhöhe abgestimmt. Ein Standfuß sollte wegen der Tiefbaßabstrahlung jedoch nicht fehlen (siehe „Aufstellung“).

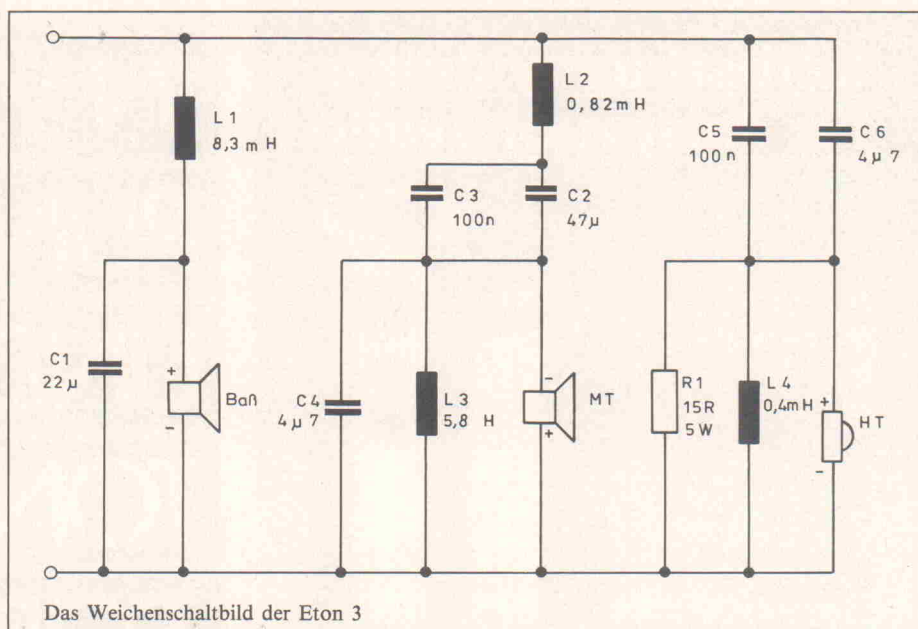
Zur Bedämpfung werden Polyester-Wattmatten mit ca. 5 cm Stärke verwendet. Dieses Material ist unkritisch und hat sich in der Branche schon vielfach bewährt. Im Inneren der Box werden die Seitenwände, die rückwärtige Wand zum Horn, Boden und Deckel bedämpft. Das Horn darf generell nicht bedämpft werden. Bei ungünstiger Aufstellung und zu starker Baßwiedergabe ist es zu empfehlen, in die untere Austrittsöffnung eine Lage (ca. 25 x 25 cm) Polyesterwatte einzubringen. Das bewirkt eine Bedämpfung des Wirkungsgrades, also der Lautstärke. Das Mitteltongehäuse wird lose mit kleinen Polyesterwattestücken ausgefüllt.

Die Frequenzweiche

Für die Eton 3 haben wir ein Netzwerk konzipiert, das so einfach wie möglich arbeitet. Es entstand eine Weiche mit Flankensteilheiten von 12 dB pro Oktave. Alle anderen Möglichkeiten haben wir während der Entwicklungsphase erprobt und verworfen, wobei auch eine 6 dB-Version aufgrund der speziellen Baßcharakteristik (Gehäuseprinzip) nicht einzusetzen war.

Die Übernahmefrequenz zwischen Baß- und Mittelton wurde auf 150 Hz/12 dB festgelegt. Nur bei dieser tiefen Trennung ist es gewährleistet, daß die Hornkehle keinen Mitteltonanteil mit abstrahlt (Klangverfärbungen).

Der Mitteltöner wurde mit einem 12 dB-Bandpaß angekoppelt, dessen Eckfrequenzen bei ca. 150 Hz und 4300 Hz liegen. Eine Übertragung des gesamten Sprachbereiches, der ja von entscheidender Wichtigkeit ist, wird somit von nur einem Lautsprecher übernommen.



Die Hochtonkalotte wird bei 4300 Hz mit 12 dB/Oktave angekoppelt und nicht entzerrt. Parallel zum Hochtöner liegt ein 15 Ohm-Widerstand, der für eine Angleichung des Pegels sorgt. Ein in Reihe geschalteter Widerstand würde dagegen nur eine partielle Absenkung des Pegels – verbunden mit weit schlechterer Impulswiedergabe – bedeuten. Die den größeren Kondensatoren gleichgeschalteten 0,1 µF-Kondensatoren verbessern die Güte dieser Kapazitäten. Die Phase des Mitteltöners ist gedreht, d. h., das Chassis wird verpolt angeschlossen.

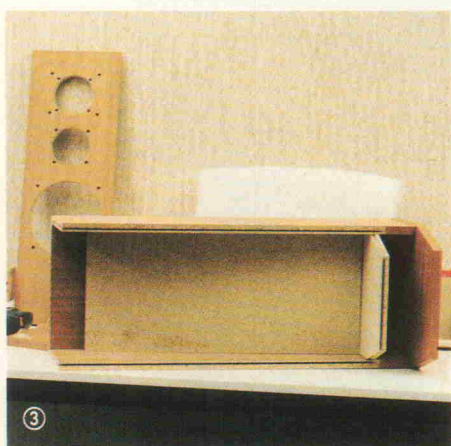
Gehäuse-Aufbau

Aus gutem Grund möchten wir den mit der Holzbearbeitung nicht so vertrauten Leser davor warnen, dieses Gehäuse aus einer größeren Spanplatte mit Fuchsschwanz und Holzraspel selbst bauen zu wollen. Auch der Baumarkt „um die Ecke“ wäre mit dem Zuschnitt überfordert. Aus diesem Grunde haben wir auch auf den Abdruck der einzelnen Plattenmaße verzichtet, Sie sollten daher entweder mit unserer Zeichnung zum Tischler gehen oder auf den fertigen Holzbausatz des Eton-Importeurs zurückgreifen (auf den sich auch unsere Zusammenbau-Anleitung bezieht). Selbst mit diesem sehr gut vorbereiteten Bausatz könnten sich bei einigen – mehr mit dem Lötkolben vertrauten – Elektronikern doch ein paar Probleme ergeben. Setzen Sie daher alle Teile erst „trocken“ zusammen, damit Sie ein Gefühl dafür bekommen, welches Teil an welchen Platz gehört. Leimen Sie

dann im Deckel, im Boden und in den Seitenteilen die ovalen Dübelplättchen ein.

Nun legen Sie die Bodenplatte vor sich auf die Werkbank und streichen die Stoßkanten von Bodenplatte, Rückwand und einer Seitenwand mit Leim ein und setzen diese Teile zusammen (Bild 1). Legen Sie das Gehäuse auf die Seitenwand und verleimen Sie die Seitenwand mit den beiden Hornkehlenteilen (Bild 2). Jetzt wird die zweite Seitenwand an den Klebeflächen mit Holzleim eingestrichen und mit dem Gehäuse verbunden (Bild 3). Stellen Sie das Gehäuse wieder senkrecht und schieben Sie die Federn zwischen Rückwand und Seitenteilen unter ständiger Zugabe von Leim in die Nuten ein (Bild 4). Jetzt setzen Sie *ohne* Leim provisorisch den Deckel auf und warten auf das Abbinden des Leims (Bild 5). Diese eben beschriebenen Arbeiten müssen so schnell wie möglich in einem „Rutsch“ erledigt werden, und Sie





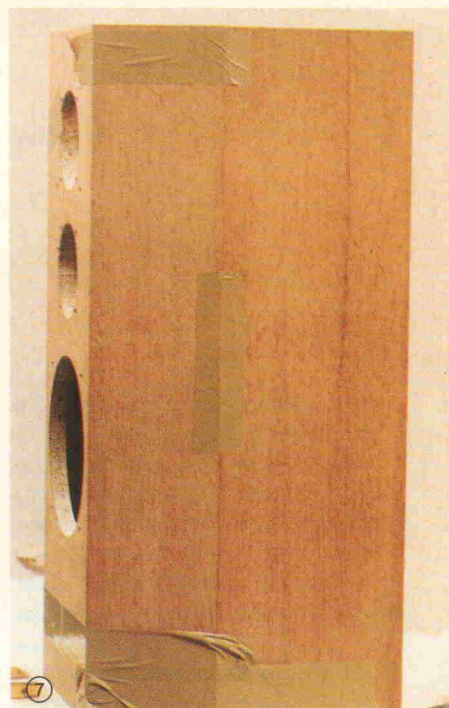
sollten dazu auch keinen Holzleim verwenden, der einen Zusatz wie „Express“, „Rapid“ oder etwas ähnliches auf dem Etikett trägt.

Zur Sicherheit sollten Sie jetzt alle Leimfugen, an die man noch herankommt, mit einer zusätzlichen Leimraupe versehen.

Wenn alles trocken ist, geht's in die „nächste Runde“. Setzen Sie in das untere, kleine Hornkehlenbrett die Federn mit ausreichend Leim ein und bestreichen Sie alle Klebeflächen der Seitenschrägen und der Schallwand (außer den Klebeflächen am Deckel) damit. Verbinden Sie nun die drei Platten mit dem Gehäuse (Bild 6). Die vier restlichen langen Federn werden wieder unter ständiger Leimzugabe eingeschoben. Achten Sie bitte schon hier darauf, daß die schrägen Klebefugen zwischen den einzelnen Platten ohne Luft bzw. Verschiebungen zueinander passen. Fixieren Sie die Fugen durch breites Klebeband (Bild 7). Jetzt wird Leim auf die Klebeflächen für den Deckel aufgetragen, der Deckel aufgesetzt und – fertig ist der Rohbau.

Nun übertragen Sie die Maße der Lautsprecherlöcher aus der Zeichnung auf die Schallwand und sägen diese Durchbrüche aus. Die Befestigungslöcher werden gebohrt, die Lautsprecherchassis provisorisch eingesetzt und die Einschlagmuttern von hinten befestigt (Bild 8). Die Box ist jetzt bereit für alle Holzveredelungs-Arbeiten.

Danach legen Sie das Dämmmaterial wie in der Zeichnung angegeben ein, befestigen die Weichenplatine auf der Rückwand, löten die Verbindungsleitungen zwischen der Weiche und den Chassis ein, schrauben die Lautsprecher endgültig fest, und das Werk ist vollbracht.



Aufstellungsempfehlung

Dieser Lautsprecher ist für eine Aufstellung auf dem Fußboden geeignet, ohne daß dadurch eine zu starke Überbetonung des Baßbereiches auftritt. Empfohlen wird eine Platzierung auf einem 15-20 cm hohen Sockel, wobei ein Abstand von 50 cm zur Wand eingehalten werden sollte.

Die sich ergebende optimale Hörzone ist relativ groß und liegt zentral zur Mittelachse zwischen Mittel- und Hochtonchassis. Der optimale Hörabstand ist gleich dem Abstand zwischen den beiden Lautsprechern.

Kleine Lautsprecherboxen mit High-End-Qualitäten sind in den Regalen der Audiobranche nicht gerade häufig anzutreffen. Erfreulicherweise zeigen inzwischen zwar immer mehr Hersteller die Einsicht, daß High-End nicht gleichzeitig auch monströs bedeuten muß — die Preise für diese Entwicklungen werden jedoch meist beiden Attributen gerecht: Der Selbstbau drängt sich geradezu auf.

Korrekt

Unsere Box mit dem Namen „Korrekt“ arbeitet mit zwei Lautsprechern in einem optimierten Baßreflexgehäuse. Um sowohl im Baßbereich als auch im wichtigen Mitteltonbereich ein sauberes Abstrahlverhalten zu gewährleisten, kommt ein 17-cm-Baßchassis Typ Vifa 17 WP 150 mit einer Polymermembrane zum Einsatz. Dieses Material, eine Weiterentwicklung von Polypropylen, ist sehr steif und trotzdem leicht – dank der hohen inneren Dämpfung wird der Mitteltonbereich verfärbungsfrei wiedergegeben. Damit die 25-mm-Schwingspule, die für eine saubere Mittonwiedergabe nötig ist, eine hohe Belastbarkeit aufweist, mußte ein neuer Schwingspulenkleber entwickelt werden, der die hohen Temperaturen bei lauter Musik schadlos übersteht. Versuche mit einer 1000 W Endstufe der Firma Accuphase haben gezeigt, daß die Box Impulse bis zur Leistungsgrenze des Verstärkers verarbeitet.



Ein angenehmer Nebeneffekt ist der hohe Wirkungsgrad, der es gestattet, auch schon mit kleinen Verstärkern ab 20 Watt sehr gut Musik zu hören.

Die extrem hohe Anstiegsgeschwindigkeit des Baßchassis erfordert einen Hochtöner mit entsprechend guten Eigenschaften. Hier kann nur ein Kalottenhochtöner mit geringer Membranmasse und bester Impulswiedergabe in Frage kommen. Ein Bändchenhochtöner schied nach einigen Versuchen klar aus. Sein Klirrfaktor war um ca. 50% höher als der einer Kalotte. Außerdem war die Abstrahlung so gebündelt, daß bei richtiger Pegelanpassung das Klangbild immer zu dünn erschien.

Typen

Die 19-mm-Polymerkalotte H 195 der Firma Vifa erwies sich als beste Lösung. Dieser Hochtöner verarbeitet Frequenzen bis 30 kHz noch sauber und kann trotzdem schon ab 3500 Hz eingesetzt werden. Eine magnetische Flüssigkeit im Luftspalt verbessert das Impulsverhalten und erhöht die Belastbarkeit.

Die Frequenzweiche kompensiert den natürlichen Frequenzgang des Baßlautsprechers. Die Kombination 2,2 mH und 6,8 µF stellt ein angenähertes Bessel-Filter mit sehr gutem Einschwingverhalten dar. Der Hochtöner

mit einer 12 dB-Butterworth-Beschaltung wird gegenphasig angeschlossen, damit es nicht zu Auslöschungen im Bereich der Übergangsfrequenz kommt.

Die Pegelanpassung wurde so gewählt, daß am Hörplatz ein ausgeglichener Frequenzgang erzielt wird, bei 1 m Abstand ergibt sich ein leichter Anstieg im Hochtonbereich.

Dicke Spulen müssen nicht sein

Alle Induktivitäten sind als Luftspulen ausgeführt, wobei es wichtig ist, die genauen ohmschen Widerstände einzuhalten. Die oft gepriesenen kiloschweren Spulen aus fingerdickem Draht würden die Baßwiedergabe nur verschlechtern. Die in der Weiche verwendeten Kapazitäten werden aus Folienkondensatoren gebildet, die ja bekanntlich bessere Eigenschaften aufweisen als MP-Kondensatoren.

Die Gehäusegröße errechnet sich aus den Parametern des Baßtreibers und sollte 28 Liter betragen. Dabei muß die Abstimmungsfrequenz auf der Eigenresonanz des Baßchassis liegen (B4), so daß die fertige Box ohne Abfall sehr tiefe Frequenzen abgeben kann.

Um einen hohen Wirkungsgrad der Abstrahlung zu erzielen, ist ein Durchmesser des Baßreflexrohres von 70 mm nötig. Da solch eine Abstimmung aber ein langes Rohr benötigt, kommt es in diesem Rohr zu Resonanzen, ähnlich denen bei einer Transmissionline. Diese Resonanzen liegen im wichtigen und kritischen Bereich zwischen 1 kHz und 2 kHz. Während man bei Transmissionlines versucht, im Bereich des Druckknotens die Geschwindigkeit zu reduzieren, muß man hier den Druck im Bereich seines Maximums abbauen, will man nicht die Funktion des eigentlichen Resonators gefährden.

Abflußrohre mit Reflexen

Das Rohr selbst besteht aus zwei 87°-Normbögen von 70 mm-Abflußrohren, wie sie in jedem Baumarkt erhältlich sind. Das gerade Stück in der Mitte wird auf 19 cm abgeschnitten, auf halber Länge rundherum mit zehn 8 mm-Löchern versehen und so zusammengesteckt wie es die Zeichnung zeigt. Da das Rohr durch den gesamten Innenraum verläuft, werden stehende Wellen wirkungsvoll vermieden.

Die zusätzliche Verstrebung zwischen den Seitenwänden verhindert Resonanzen und sorgt für mechanische Stabilität.

Das Gehäuse läßt sich leicht aufbauen, da es nur aus geraden Platten besteht. Die Front ist schmal, was für eine gute räumliche Wiedergabe wichtig ist, und erscheint dabei auch noch sehr unauffällig.

Den Zuschnitt der 22-mm-Platten nach der Stückliste fertigt Ihnen jeder Schreiner für wenig Geld.

Technische Daten

Prinzip:	2-Weg-Baßreflex mit angeschnittenem Resonator
Belastbarkeit:	100 W (DIN)
Impedanz:	8 Ohm
Übergangsfrequenz:	3500 Hz
Bedämpfung:	BAF-Wadding, locker gefüllt
Volumen (innen)	28 l
Außenmaße	Breite 256 mm Höhe 466 mm Tiefe 386 mm
Konstruktion:	K.-H. Fink, H. Schmitt

Die Chassis müssen in der Schallwand versenkt werden. Wer keine Oberfräse zur Verfügung hat, läßt sich die Frontplatte in 19 mm Stärke anfertigen und besorgt sich eine 3-mm-Sperrholzplatte gleicher Größe. Man zeichnet auf beide Platten die Mittelpunkte der

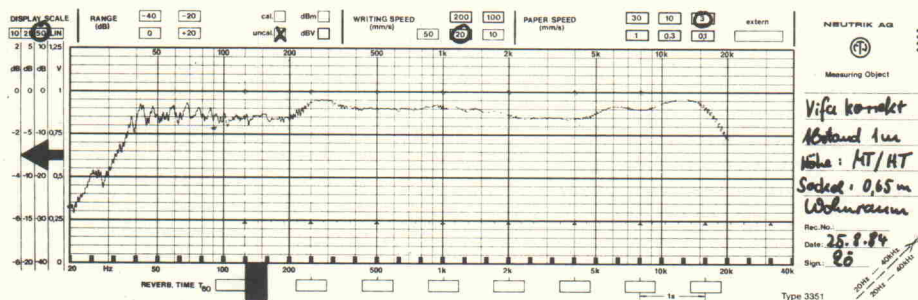
Das Gehäuse

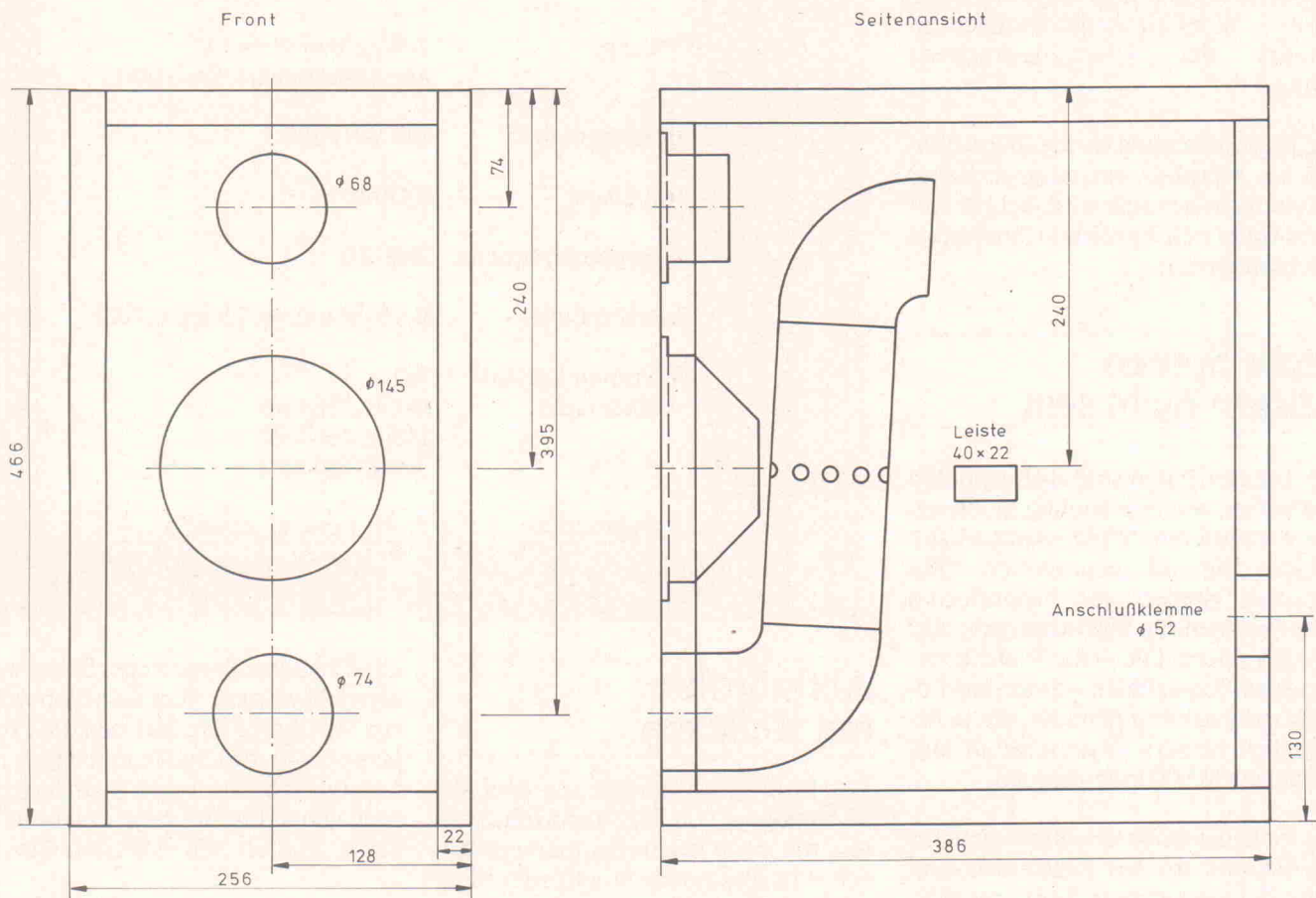
Chassis auf und sägt bei der 19-mm-Platte den Einbaudurchmesser der Chassis aus, während man bei der Sperrholzplatte den Außendurchmesser aussägt. Leimt man jetzt die beiden Platten aufeinander, so hat man die gewünschten Versenkungen.

Den Zusammenbau beginnt man am besten, indem man auf eine Seitenwand Front, Rückwand sowie Boden und Deckel aufleimt. Danach wird die Verstrebung eingesetzt und die zweite Seitenwand aufgelegt.

Die fertige Weiche – man kann sie auf einer Platine oder einem Holzbrett aufbauen – setzt man am besten hinter den Baßlautsprecher auf die Rückwand. Das Kabel zur Verdrahtung von Weiche und Chassis sollte eine Stärke von 4 mm haben.

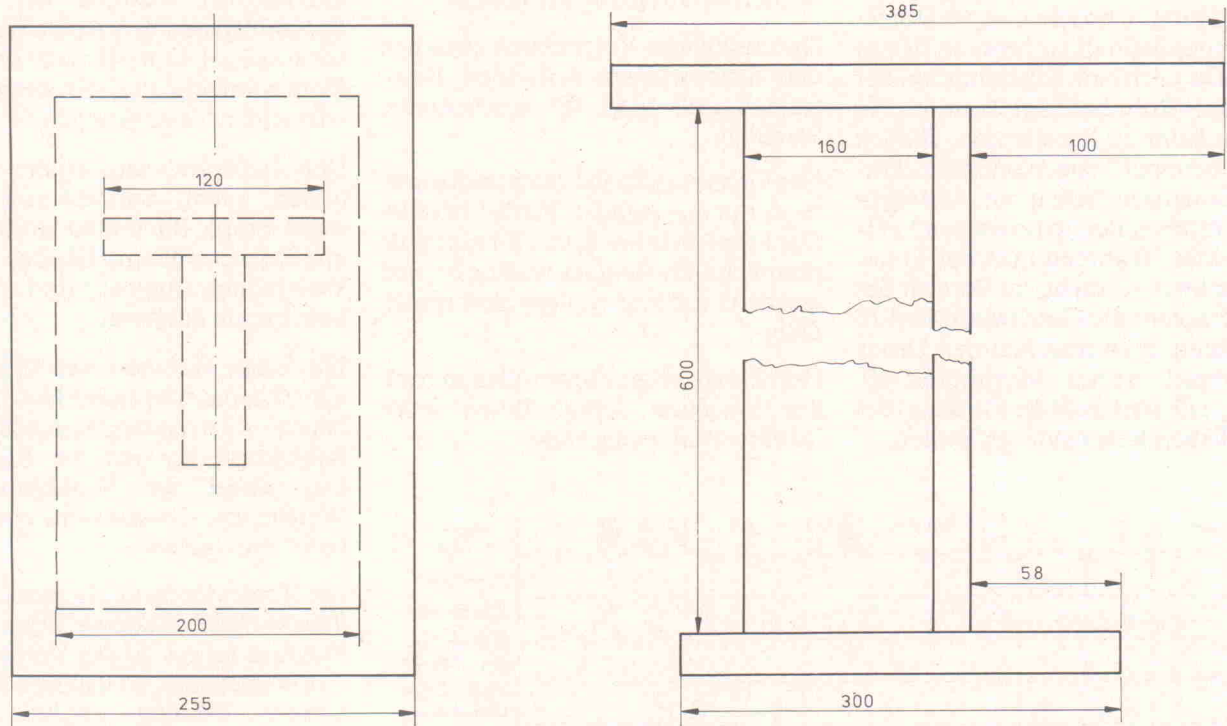
Die Bedämpfung des Innenraumes erfolgt mit BAF-Wadding. Dazu wird das Material auf ein großes Volumen auseinandergezupft, so daß sich eine sehr lockere Füllung ergibt. Danach können die Chassis mit Spanplatten-schrauben eingesetzt werden. Als Dichtstreifen zwischen Chassisrand





Die Gehäusezeichnungen: Front- und Seitenansicht (oben)

Der Standfuß: Ansicht von oben und von der Seite (unten)



Stückliste (pro Box)

Holz und Gehäuseteile

alle Platten 22-mm-Spanplatte

Seitenwände 2 St. 386 x 466 mm

Front und Rückwand 2 St. 212 x 422 mm

Deckel 2 St. 212 x 386 mm

Fußplatte 1 St. 200 x 300 mm

Stellplatte 1 St. 385 x 255 mm

Ständerbrett 1 St. 120 x 600 mm

Ständerbrett 1 St. 160 x 600 mm

Chassis

Tieftöner

17 WP 150

Vifa,
blaue Serie

Hochtöner

H 195

Weiche

Spulen

L1

2,2 mH/0,27 R ETM-Rollenkern

L2

0,40 mH/0,9 R ETM-Luftspule

Kondensatoren

C1

6,8 μ F/100 V Folie

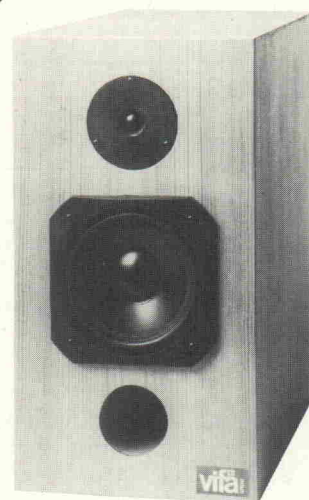
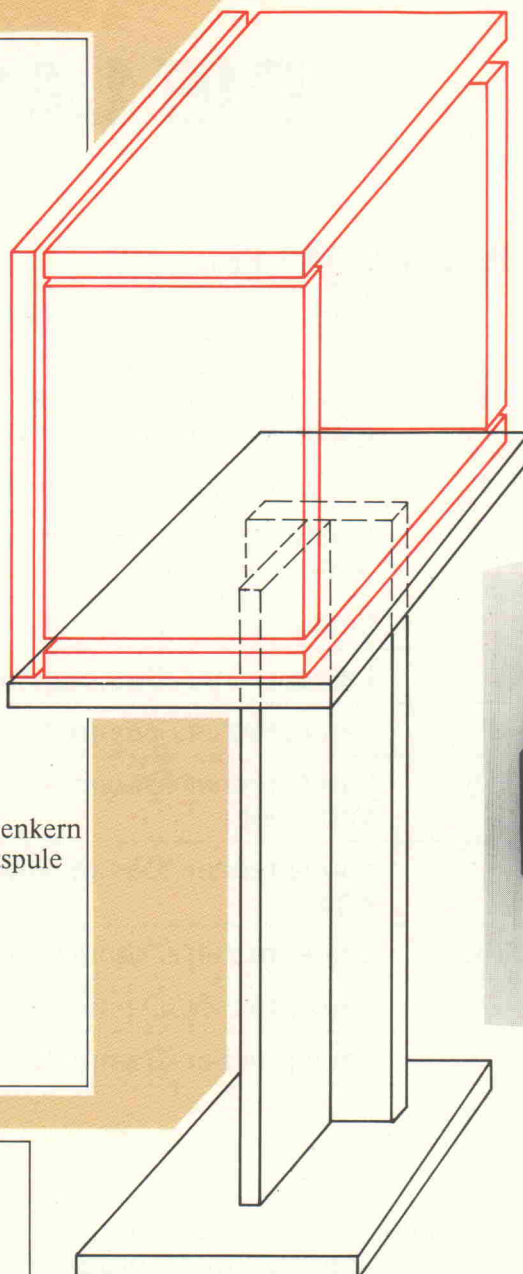
C2

2,2 μ F/100 V Folie

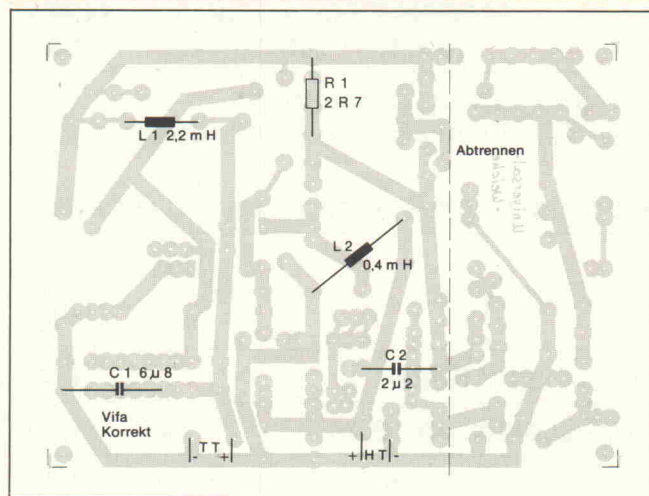
Widerstand

R1

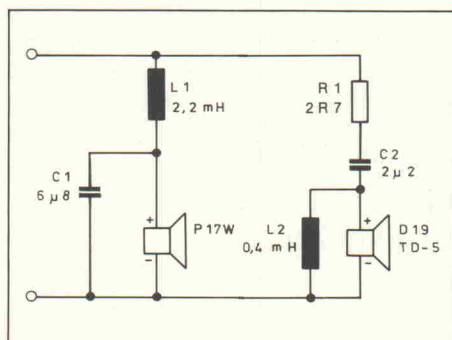
2,7 R/5 W Draht



31



Links sehen Sie den Bestückungsplan und das Schaltbild für die Frequenzweiche, oben eine Perspektivzeichnung für die Box.



und Holz kann zum Beispiel „Tesa-dauerdicht“ verwendet werden.

Der Oberflächenbehandlung des Gehäuses sind keine Grenzen gesetzt: ob Bügelfurnier, Kunststoffolie, Stoff, Kork oder Lack – alles ist möglich ...

Aufstellen und Hören

Die Boxen sollten möglichst frei aufgestellt werden. Der als Bauvorschlag zu

verstehende Standfuß gewährt den richtigen Bodenabstand von etwa 60 cm.

Eine klangliche Beschreibung durch Worte ist problematisch und soll daher besser unterbleiben. Jedoch hat ein Vergleich mit Boxen ähnlicher Bauart, die alle zwischen 1000 und 1500 D-Mark liegen, gezeigt, daß die „Korrekt“ in diesem Kreis bestens aufgehoben ist und sogar manchen Modellen überlegen war.

Der hohe Wirkungsgrad und die trickreiche Baßabstimmung macht die „Korrekt“ zu einem idealen Lautsprecher für alle, die trotz kleiner Abmessungen nicht auf höchste Wiedergabetreue verzichten möchten.

DIE LAUTSPRECHER HITPARADE

LAUTSPRECHERBAUSÄTZE

WÄHLEN SIE IHREN PERSÖNLICHEN BOXENSTAR

FOCAL 300 DB *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme mit Fertigweiche	299,- 348,-
Celestion Vantage 120 *)	Lautsprecher / Anschlußklemme / Zierringe / Montage-material / Original-Weiche	398,-
PEERLESS G 22 L *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme	198,-
Vifa Korrekt *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme fertiges Baßreflexrohr	192,-
Eton 3	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme	299,-
Electro-Voice Kit 2	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / EV-Regler AT38	619,-
Magnat Compound *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme	358,-
DYNAUDIO Axis 5 *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme Variovent	758,-
JBL Monitor 4430	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme Regler	1999,-
SEAS Sipe S 80 TML *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußregler	?
VISATON Mini *)	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußklemme	111,-
I.E.M. 140	Lautsprecher / Dämmmaterial / Weichenkit / Anschlußregler	119,-
HIGH-END plus PLUS *)	STAX-Elektrostat ESTA 4 MAGNAT Plasma MP 02 MAGNAT MMTL 1200	1398,- 1498,- 365,-

*) Diese Kombinationen können Sie in unserem Studio in Duisburg probenhören.
Alle Weichenkits bestehen nur aus hochwertigen ETM Spulen und ETM Folienkondensatoren.

ZUBEHÖR

UNSER ZUBEHÖR VERLEIHT IHREN BOXEN EIN PROFESSIONELLES FINISH.

Dämmmaterial	PRITEX 50 mm genoppt BAF-WADDING 1,4 m breit, 5 cm dick BAILEY-Wolle	qm lfd. m 1 kg	29,- 19,50 27,-
Anschlußklemmen	quadratische Ausführung bis 4 mm ² Kabel		1,95
Lautsprecherkabel	2 x 4 mm ² durchsichtig, Top-Qualität, ab 10 m	m	1,95
Einschlagmuttern	4 mm und 6 mm	4 mm 10 Stück 6 mm 10 Stück	4,30 5,30
Nüppie's	Bespannrahmenhalter: Männlein und Weiblein	10 Stück	6,50
Bespannstoff	hochelastisch, gut zu verarbeiten, Breite 1,60 m	m	18,-
Lautsprecherfüße	zur Entkoppelung vom Fußboden, selbstklebend	8 Stück	25,-

Neben unseren Bausätzen führen wir weiterhin hochwertige Hifi-Elektronik.
Fordern Sie die Unterlagen und Preislisten gegen DM 2,— in Briefmarken an.

Unsere Öffnungszeiten:

Mo - Fr. 10.00 - 13.00 Uhr / 15.00 - 18.30 Uhr, Sa. 10.00 - 14.00 Uhr.

Sie finden uns direkt im Herzen Duisburgs am Hauptbahnhof.

klein aber fein

4100 Duisburg 1, Tonhallenstraße 49, Telefon (0203) 298 98

Replika



JBL-Monitor 4430

Dipl. Ing. R. Wagner

Aufgabe einer Studiobox ist es, unabhängig von den räumlichen Gegebenheiten ein lineares Klangbild über den gesamten Hörbereich zu reproduzieren. Umso mehr muß es verwundern, daß JBL dies mit einem Zweiweg-System zu verwirklichen suchte und es war Anreiz genug, uns zwecks Nachbau mit diesem Monitor auseinanderzusetzen. Die anfängliche Skepsis erwies sich jedoch nach eingehenden Hörvergleichen als vollkommen unbegründet. In der nachfolgenden Anleitung beschreiben wir nun den Selbstbau der JBL 4430-Replika.

In der Musikübertragung hat die Lautsprecherbox nach wie vor die schwierigste Aufgabe zu erfüllen: die Umwandlung von elektrischen Signalen in Schallwellen. Im Bereich der Elektronik treten bei Verwendung hochwertiger Komponenten nur noch selten hörbare Klangverfälschungen auf. So gelang es der Industrie innerhalb der letzten 20 Jahre, komplexe elektronische Schaltungen auf kleinstem Raum unterzubringen. Diese Entwicklung kann aber leider nicht auf den Bau von Lautsprecherboxen übertragen werden.

Daß aus physikalischen Gründen bei der Miniaturisierung von Lautsprecherboxen keine Fortschritte zu erwarten sind, bedeutet keineswegs, daß die Entwicklung im Lautsprecherbau stillsteht. Viele bemerkenswerte Entwicklungen auf diesem Gebiet wurden von der „James B. Lansing Sound Incorporation“ hervorgebracht; JBL hat in den letzten Jahrzehnten schon mehrfach neue Wege im Lautsprecherbau aufgezeigt.

Der JBL-Monitor 4430 ist als Zweiwegsystem ausgeführt, was bei Studiomonitoren sehr ungewöhnlich ist. Konnte JBL mit nur zwei Chassis den besonders hohen Ansprüchen an einen Studiomonitor gerecht werden?

Hochtönendes Horn

Durch die Entwicklung eines neuen Horns ist es JBL gelungen, die Nachteile zu umgehen, die bei der Zusammenschaltung von mehreren verschiedenen Lautsprechern auftreten. So weist das Bi-Radial-Horn über den gesamten Frequenzbereich einen sehr linearen Phasengang auf. Zusätzlich wird durch die kurze Hornlänge bei der Anordnung der Chassis im Gehäuse eine Phasenkorrektur möglich, die sich auf das gesamte Phasenverhalten positiv auswirkt. Die Verzerrungen in der Frequenzweiche sind durch das Zweiweg-System auf ein Minimum begrenzt, da hierbei kein Bandpaß benötigt wird. Die Verwendung hochwertigster Spulen und Kondensatoren ist bei diesem Studiomonitor der Spitzenklasse selbstverständlich, auch weil dadurch die Leistungsverluste in den Bauteilen bei der hohen Übernahmefrequenz von 1000 Hz niedrig gehalten werden können. Des weiteren zeichnet sich das Bi-Radial-Horn durch ein gutes Rundstrahlverhalten über $100^\circ \times 100^\circ$ aus.

Der Baßtreiber 2235 H überzeugt nicht nur durch seine exzellente Baßwiedergabe, sondern auch durch die verfärbungsfreie Wiedergabe bis hin zur Übernahmefrequenz.

Die Aufstellung der JBL 4430-Replika ist durch ihr Rundstrahlverhalten nicht an die Hörachse gebunden, was sowohl eine Anordnung in erhöhter Position als auch einen größeren Bewegungsspielraum des Hörers ermöglicht.

Überlegungen zum Gehäuse

34

Das Gehäuse soll – auch wenn es für viele Leser eine Binsenweisheit ist – so stabil wie möglich aufgebaut werden. Der Original-JBL-Monitor 4430 ist aus hochverdichteter 25 mm-Spanplatte und Echtholzleisten 40 x 50 mm hergestellt. Diese Holzarten und -stärken sollten unbedingt eingehalten werden, um die gleiche Güte zu erzielen. Es könnte aber, wenn das vom Gewicht her realisierbar ist, auch eine 38 mm-Spanplatte verwendet werden, die den trockenen Baß nochmals verbessern kann. (Wer dreimal im Jahr umzuziehen pflegt, sollte sowieso eine weniger „gewichtige“ Box bauen.)

Alle Maße in unserer Bauanleitung sind auf 25 mm ausgearbeitet, bei der Verwendung von 38 mm-Spanplatte müssen allerdings die entsprechenden Maße zugegeben werden (Innenmaße sind ausschlaggebend).

JBL baut den Original-Monitor 4430 mit einem Nettovolumen von 140 Litern; wir gaben ca. 10 Liter dazu, da wir die Wände mit Bitumenplatten versehen wollten, um die Eigenresonanz des Gehäuses auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Stabilisatoren des Gehäuses haben wir nach unseren Erkenntnissen angebracht und haben auch beide Versionen (mit und ohne Bitumenplatten) gemessen. Die Meßergebnisse waren bis auf 1 dB bei der Bitumenausführung bei 80 Hz gleich, allerdings ergab sich beim Abhören der bitumenbeschichteten Ausführung ein noch trockenerer Baß.

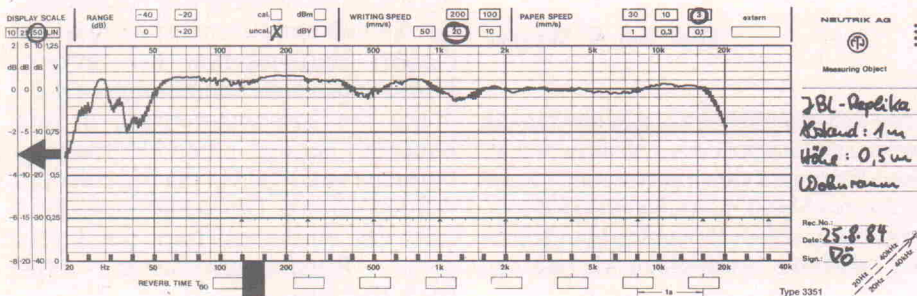
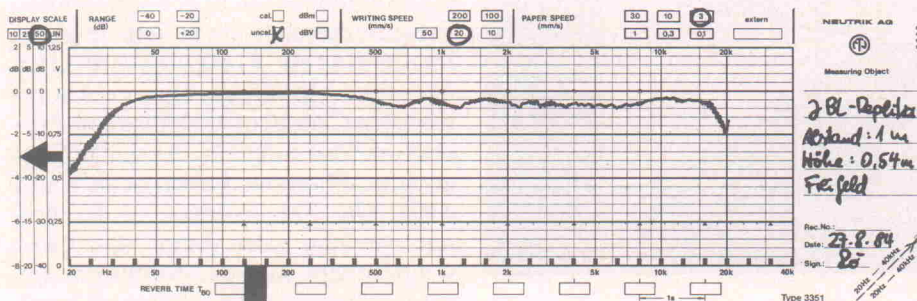
Technische Daten

Prinzip:	2-Wege-Baßreflex, Mittel-Hochton-Horn
Belastbarkeit (DIN):	400 W
Impedanz:	8 Ohm
Kennschalldruck:	96 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenz:	1000 Hz
Volumen (innen):	ca. 150 l
Außenmaße:	Breite 560 mm Höhe 920 mm Tiefe 441 mm
Entwickler:	JBL/Lengefeld-Elektroakustik

Zuschneiden will gekonnt sein

Der Zuschnitt muß bei jeder Box exakt durchgeführt werden, egal ob Billigbox oder Studiomonitor. Empfehlenswert ist es, damit einen Tischler zu beauftragen oder den gut vorbereiteten Gehäusebausatz zu verwenden.

Eines Heimwerkers Handkreissäge dürfte kaum zum Bau ausreichen, da selbst bei guter Führung noch Toleranzen von mindestens 1 mm entstehen können, die beim exakten Zusammenbau hinderlich und auch mit Leim nur schwer ausgleichbar sind.



Schön soll es sein ...

Bei furnierter Ausführung werden alle später sichtbaren Schnittkanten mit Umleimer versehen, welche mit einem Bügeleisen „angebügelt“ werden. Danach werden die überstehenden Kanten mit einer Feile entfernt.

Nach dem Furnieren müssen alle Teile geschliffen werden, um das überstehende Furnier und das Flächenfurnier zu glätten. Man kann diesen Arbeitsgang mit einem Schwingschleifer, aber besser noch von Hand mit Schmirgelpapier in Faserrichtung durchführen.

Um das Gehäuse trotz 25 mm Spanplatte noch stabiler herzustellen, ver-

wendeten wir Fichtenleisten 40x50 mm, die nach Abbildung angebracht werden sollten. Die Maße für die Anordnung sind teilweise nicht in der Zeichnung eingetragen, da es nicht auf den „mm“ ankommt und nur zur Unübersichtlichkeit der Zeichnung beitragen würde.

... aber stabil auch!

Auf den zugesägten Spanplatten werden also als erstes diese Fichtenleisten mit Schrauben und Leim befestigt. Dann nimmt man die Stichsäge zur Hand und sägt alle Ausschnitte in Schallwand und Rückwand ein (Bild 1).

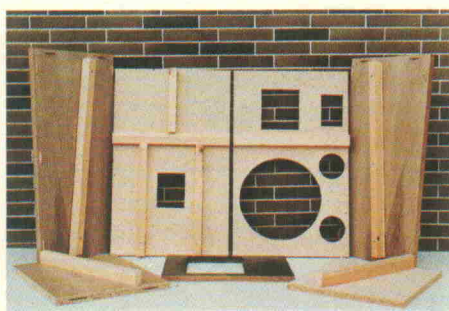


Bild 1. Die Einzelteile für eine Box

Die Frontplatte und die linke Seitenwand werden provisorisch zusammengesteckt und in der Fichtenleiste die Aussparungen für die Reflexrohre ausgestemmt (Bild 2). Als nächstes bohren Sie die Löcher für die Dübel-Verzapfungen. Diese müssen sehr präzise angebracht werden, denn sie bestimmen die Paßgenauigkeit der Bretter zueinander. Es gibt dafür im Heimwerkerbedarfs-Handel von verschiedenen Firmen sehr nützliche Vorrichtungen, die diese Arbeit stark erleichtern. Nun können Sie die Holzdübel in die Seitenteile einleimen und das ganze Gehäuse provisorisch zusammenstecken. Paßungenauigkeiten fallen dabei sofort auf und werden beseitigt.

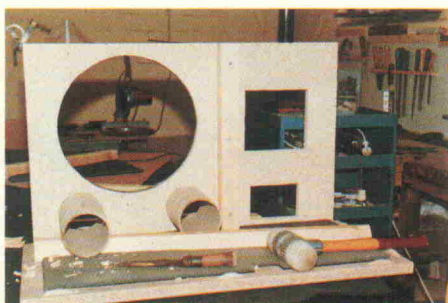


Bild 2. Die Reflexrohre werden angelegt ...



Bild 3. ... und die Aussparungen ausgestemmt

Beim Holzbausatz entfällt übrigens die Dübelbohrerei, weil dort schon Schlitzlöcher für Hartholzplättchen eingefräst sind – eine der Dübeltechnik ebenbürtige Verbindungsart (siehe Bild 1).

Vor dem Leim der Lack

Bevor die Box mit Leim zusammengefügt wird, erfolgt die Oberflächenbehandlung mit Lack. Diese etwas ungewöhnliche Reihenfolge hat den Vorteil, daß der beim Pressen einer Leimfuge immer austretende Kaltleim nicht in das Furnier einziehen kann. Trotzdem sollte der „ausgequetschte“ Leim sofort mit einem feuchten Lappen abgewischt werden; die dabei entstehenden matten Lackstellen werden später mit Möbelpolitur leicht beseitigt.

Logischerweise müssen Sie vor dem Auftrag der ersten Grundierung bei dieser Reihenfolge von Arbeitsschritten alle Klebeflächen mit Tesakrepp abkleben und beim späteren Zusammenleimen des Gehäuses recht vorsichtig zu Werke gehen, um die schon fertige Lackoberfläche nicht wieder zu beschädigen.

Die einzelnen Arbeitsgänge zur Oberflächenveredelung finden Sie in einem gesonderten Beitrag in diesem Heft.

Leim, Dübel und Schraubzwingen

Wenn die letzte Lackschicht trocken ist, sollten Sie die einzelnen Bretter nochmals 24 Stunden liegen lassen, denn bei dem jetzt folgenden Zusam-

menleimen muß Druck ausgeübt werden – sowohl durch die Schraubzwingen als auch durch den einen oder anderen leichten Hammerschlag, falls das nötig sein sollte. Obwohl Sie dabei immer Holz- und Textilzwischenlagen verwenden sollten, nimmt doch eine noch weiche Lackschicht jeden Druck sofort übel.

Das linke Seitenteil mit den Aussparungen für die Reflextunnel wird flach auf die Werkbank gelegt und die Holzplatten in der Reihenfolge Rückseite, Deckel, Schallwand, Boden mit Leim aufgesetzt. Dann wird die noch fehlen-

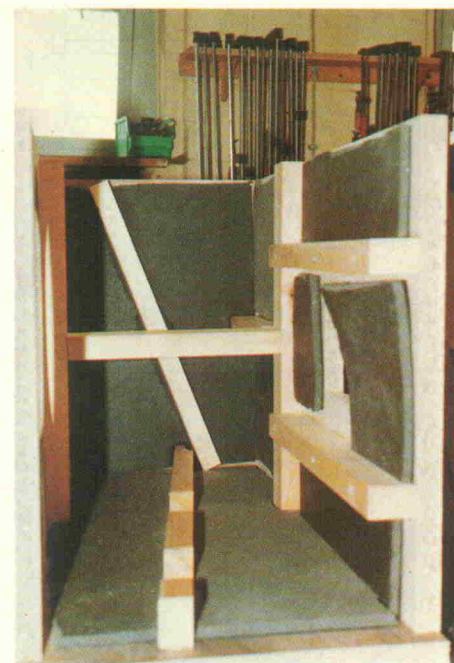


Bild 4. Innenansicht ohne Deckel und Seitenwand

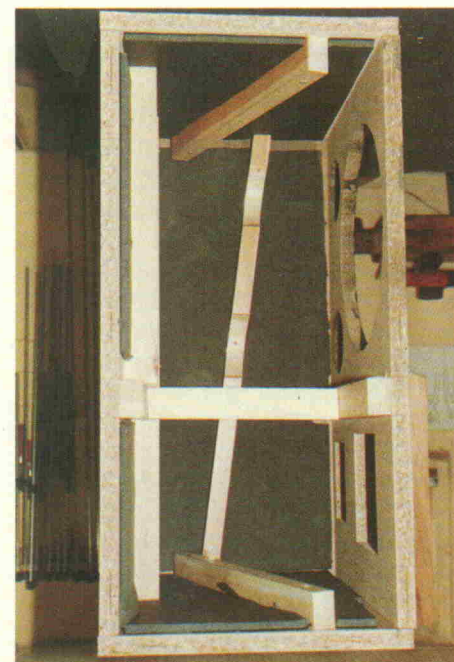
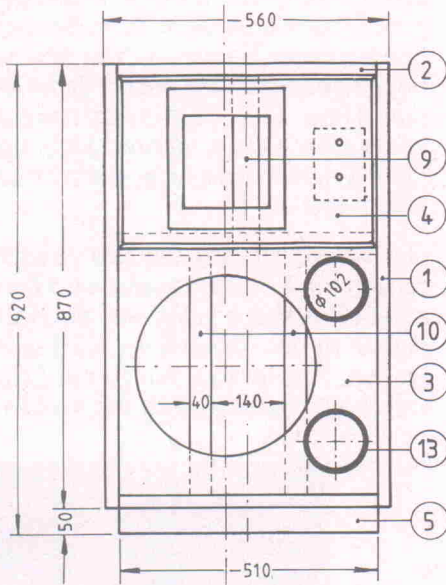
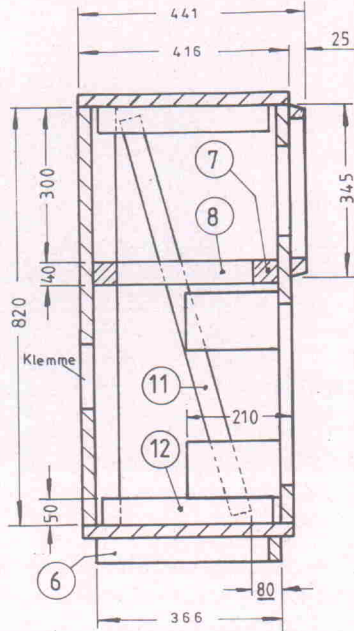


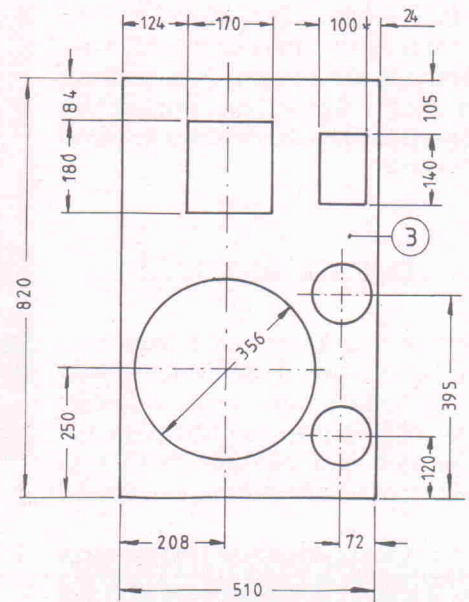
Bild 5. Innenansicht ohne Seitenwand



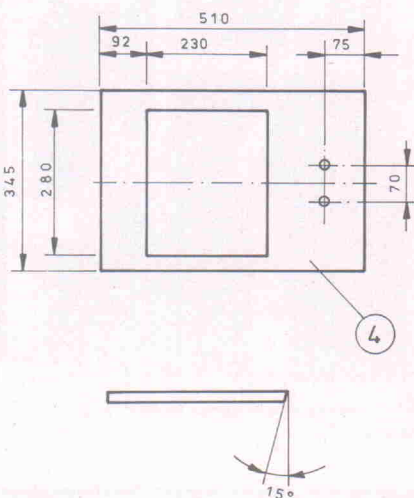
Frontansicht



Seitenansicht



Bemaßung der Schallwand



Bemaßung der Phasenkorrekturplatte

Der Endspurt

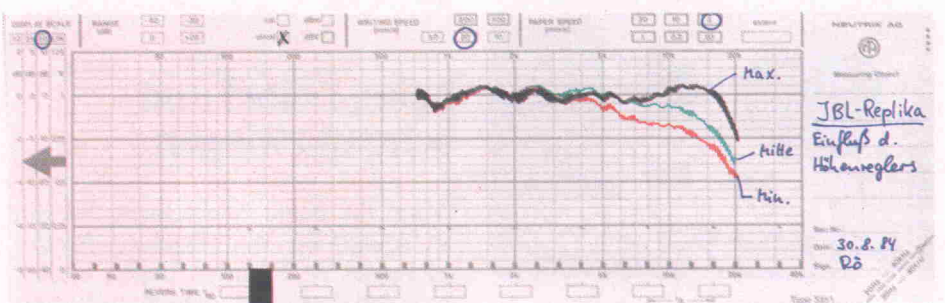
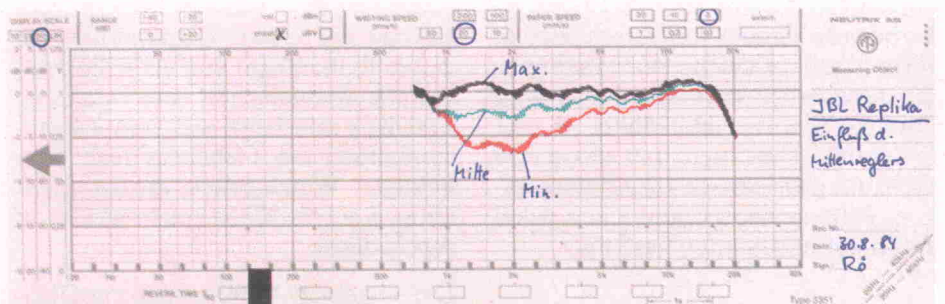
Die Weiche wird nach Stückliste und Bestückungsplan aufgebaut und an der Rückwand verschraubt. Längere, dicke Anschlußdrähte zu den Lautsprechern und der Anschlußklemme an der Rückwand ersparen Ihnen eine unbequeme „Fummelei“ mit dem Lötkolben kopfüber in der Box hängend. Bevor die Lautsprecher-Chassis eingeschraubt werden, muß noch eine Lage Polyesterwatte an der Rückwand fest-

geheftet werden. Damit ist die Box fertiggestellt.

Die Frequenzweiche der JBL 4430-Replika

Die angegebenen Kondensatoren müssen gegebenenfalls aus Normwerten, z. B. aus der E 12-Reihe zusammengesaltet werden. Alle Kondensatoren im μF -Bereich sind hochwertige Folientypen. Bei den 10 nF-Konden-

de Seitenwand ohne Leim vorsichtig aufgelegt und soweit angedrückt, daß alle Platten in der richtigen Position abbinden können. Nach dem Aushärten des Leims setzen Sie die innere Versteifungsleiste (Teil 8) ein, schneiden die Bitumenplatten zu und kleben diese mit einem geeigneten Kleber an die dafür vorgesehenen Stellen (siehe auch Bild 5). Beim nun folgenden Einsetzen der Reflexrohre sollten nicht nur Klebeverbindungen mit der Schallwand entstehen, sondern die Rohre auch mit der seitlichen Versteifungsleiste verbunden werden. Nun können Sie die noch fehlende Seitenwand und danach die Phasenkorrekturplatte (Teil 4) einleimen und die Box ist im Rohbau fertig.



Stückliste

Holz- und Gehäuseteile

Material: Spanplatte 25 mm, möglichst hochverdichtet

Teil 1	2 Stück	870 x 416 mm
Teil 2	2 Stück	510 x 416 mm
Teil 3	2 Stück	820 x 510 mm
Teil 4	1 Stück	345 x 510 mm
Teil 5	1 Stück	50 x 510 mm
Teil 6	2 Stück	50 x 366 mm

Fichtenleisten 50 x 40 mm

Teil 7	2 Stück	510 mm
Teil 8	1 Stück	266 mm
Teil 9	1 Stück	300 mm
Teil 10	2 Stück	480 mm
Teil 11	2 Stück	800 mm
Teil 12	2 Stück	500 mm

Reflexrohr

Teil 13 2 Rohre 210 mm lang, 102 mm Innen \varnothing

Gehäusebausatz: Lengefeld Elektroakustik
6440 Bebra/Asmushausen
Asmusstr. 24

Dämmmaterial

Polyesterwatte ca. 560 x 920 x 50 mm

Weiche

Spulen

L1	2,7 mH/0R5/Glockenkern
L2	1,5 mH/0R5/Glockenkern
L3	40 μ H Luftspule

Kondensatoren

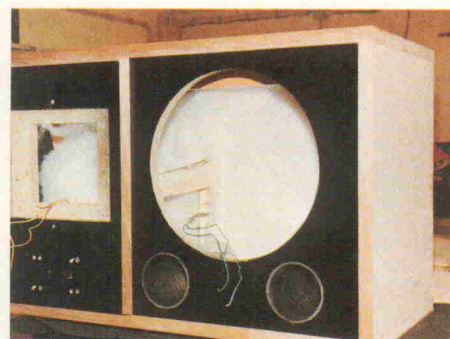
C1	12 μ /100 V Folie
C2, C3, C6	
C8	10 nF/100 V Styroflex
C4	14 μ /100 V Folie
C5	5 μ 6/100 V Folie
C7	2 μ /100 V Folie

Widerstände

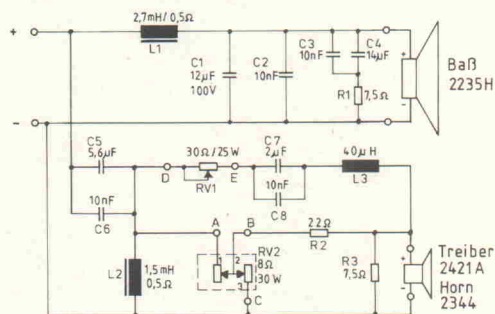
R1	7 R 5/10 W
R2	22 R/5 W
R3	7 R 5/5 W
RV1	Drahtpoti 30 R/25 W
RV2	L-Pad 8 R/30 W

Chassis (alle JBL)

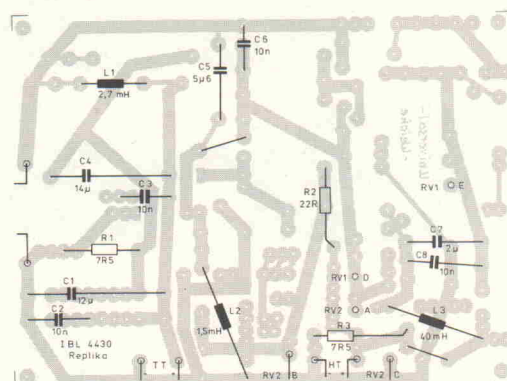
Baß	2235 H
Mittel-Hochtöner	2421 A
Horn	2344



Die fertige Box vor dem Einbau der Lautsprecher



Das Schaltbild der JBL-Replika



Der Bestückungsplan



satoren empfiehlt es sich, Styroflexypen einzusetzen.

Unsere etwas trickreiche Weichenschaltung ermöglicht die getrennte Regelung von Mitten- und Hochtonbe-

reich und damit Anpassung der Box an die Raumakustik bzw. an Hörgewohnheiten. Welche Frequenzgänge mit den Reglern RV1 und RV2 einstellbar sind, sehen Sie an den Schalldruckdiagrammen.



H. J. Fackler

BreitMaul

In diesem Zusammenhang sei wieder einmal darauf hingewiesen, daß ein großer und leistungskräftiger Verstärker *allein* noch keine Gefahr für die angeschlossenen Lautsprecher darstellt. Viel häufiger ist nämlich zu beobachten, daß Hoch- und Mitteltonsysteme durch Clipping (Übersteuerung und harte Begrenzung) von kleinen Endstufen zerstört werden, obwohl die angegebene Belastbarkeit der Box doch ein ganzes Stück über der Verstärkerleistung gelegen hat.

Zurück zu unserem Problem: Gesucht ist ein System, das hohe Klangqualität mit hohem Schalldruck und live-ähnlicher Dynamik vereint. Prinzipiell kann es darauf nur eine Antwort geben: Hornsysteme.

Mit Hornlautsprechern verbinden sich Begriffe wie Dynamik, Trockenheit, Wirkungsgrad, Präzision, Schnellig-

Für Abhörzwecke mit annähernd Originallautstärke – wie es im Studiobereich erforderlich ist – oder für alle Anwendungsfälle, bei denen neben hoher Klangqualität auch ein hoher Schalldruck gewünscht wird, stößt man mit konventionell gebauten Lautsprecher-Boxen schnell an die Grenzen der Systembelastbarkeit.

Ein weiterer Nachteil dieser Systeme ist die unbefriedigende Dynamik, die so gar nichts von dem Live-Charakter vermitteln kann, der von live-gespielten Instrumenten nun einmal ausgeht. Halten wir uns vor Augen (sprich Ohr): Um den Schalldruck um 3 dB zu erhöhen, was einer gerade wahrnehmbaren Lautstärke-Anhebung entspricht, müssen wir die Verstärkerleistung bereits *verdoppeln*. Um den Schalldruck jedoch um 10 dB zu erhöhen, was einer akustisch wahrgenommenen Verdoppelung der Lautstärke entspricht, ist die *sage und schreibe 10-fache Verstärkerleistung* nötig!

keit und Live-Charakter. Das dabei angewendete Prinzip ist so alt wie die Menschheit. Wahrscheinlich hat schon der erste Höhlenmensch die Hände als Schallverstärker zu einem Trichter vor dem Mund geformt, um seinen Stammeskollegen Warnungen zuzurufen. Immer wieder setzte der Mensch das Hornprinzip als einfachste Form der Verstärkung von Schallereignissen ein. Man denke dabei an eine Fanfare – damit kann ein einzelner Mann ohne Mühe einen ohrenbetäubenden Lärm verursachen!

Von Opas Grammophon . . .

Auch in der Entwicklungsgeschichte der Schallaufnahme und -wiedergabe haben Hornsysteme von Anfang an

eine wesentliche Rolle gespielt. Opas Grammophon zum Beispiel kam ohne Mikrofon und Lautsprecher bei Aufnahme und Wiedergabe mit einem Horntrichter ohne jede zusätzliche Verstärkung aus.

Wie das Beispiel zeigt, werden durch das Horn auch kleinste akustische Energiemengen wirksam in Schall umgesetzt. Daraus erklärt sich unter anderem die ausgezeichnete Impulsdynamik, die bereits mit geringer Verstärkerleistung erreicht wird. Für kräftige Impulse muß die Membran eines Hornlautsprechers nämlich weitaus geringere Auslenkungen durchführen, als es ohne Horn-Vorsatz notwendig wäre. Als Folge davon werden Verzerrungen und Intermodulationen um den Faktor 10 verringert, auch Impuls-Spitzen werden sauber verarbeitet, und das Klangbild wird transparent und lebendig. Der optimale Lautsprecher also? Warum baut dann nicht alle Welt Hornlautsprecher?

... zur modernen HiFi-Box!

Nun, tatsächlich werden auch heute noch eine ganze Anzahl von Konstruktionen gebaut, die auf diesem Prinzip basieren. Im allgemeinen scheuen die Hersteller von Serienboxen aber den hohen konstruktiven und damit kostenträchtigen Aufwand und suchen ihr Glück lieber in regalfreundlichen und einfach herzustellenden Kompaktboxen.

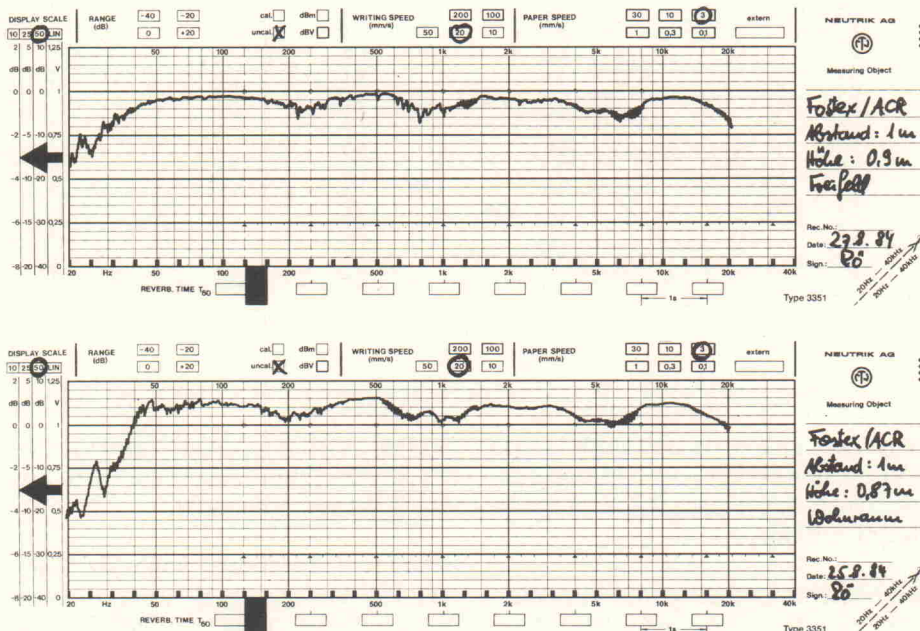
Damit ist schon der zweite Grund genannt: die Größe.

Der tiefste noch zu übertragende Ton wird nämlich von der Länge und Öffnungsfläche des Horns bestimmt. Unterhalb dieser Grenzfrequenz nimmt der Schalldruck rasch ab. Legt man z. B. für den Baßbereich als untere Grenzfrequenz 50 Hz fest (was etwa eine Oktave über der unteren Hörgrenze liegt), so errechnet sich bereits eine Mundfläche von ca. 4 Quadratmetern! Bei Verwendung eines 20cm Baß-Lautsprechers müßte dieses Horn außerdem 2,65 m lang sein!

Gehäuse in solchen Dimensionen sind in der Praxis wohl in keinem Wohnraum ohne massiven Protest der Familienmitglieder unterzubringen. Deshalb wurden bei der folgenden Konstruktion nur der Mittel- und Hochtonbereich jeweils als Hornsystem ausgeführt. Im Baßbereich wurde auf die bewährte Baßreflexkonstruktion zurückgegriffen. Das für den Baßlautsprecher nötige Gehäuse ist zwar mit 130 l Nettovolumen auch nicht gerade als Kompaktbox anzusehen, dennoch sind die Dimensionen dem Zweck entsprechend vertretbar.

Technische Daten

Prinzip	3-Wege, Baßreflex, Mittelton-Horn, Hochton-Horn
Belastbarkeit (DIN)	200 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	95 db (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	900 Hz/6 kHz
Volumen (innen)	ca. 130 l
Außenmaße	Breite 488 mm Höhe 1075 mm Tiefe 405 mm
Entwickler	ACR, Schweiz

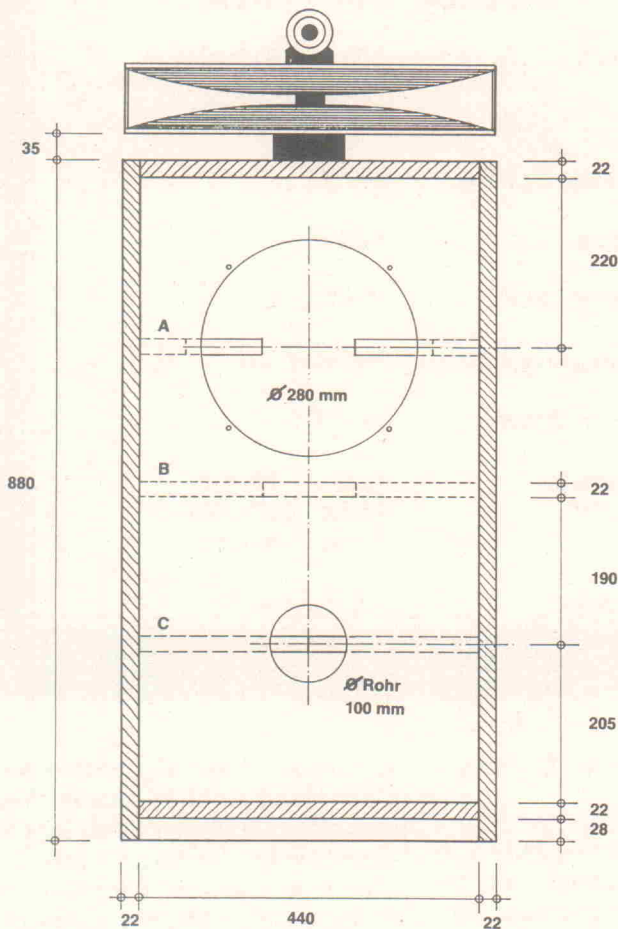


Lautsprecher-Auswahl

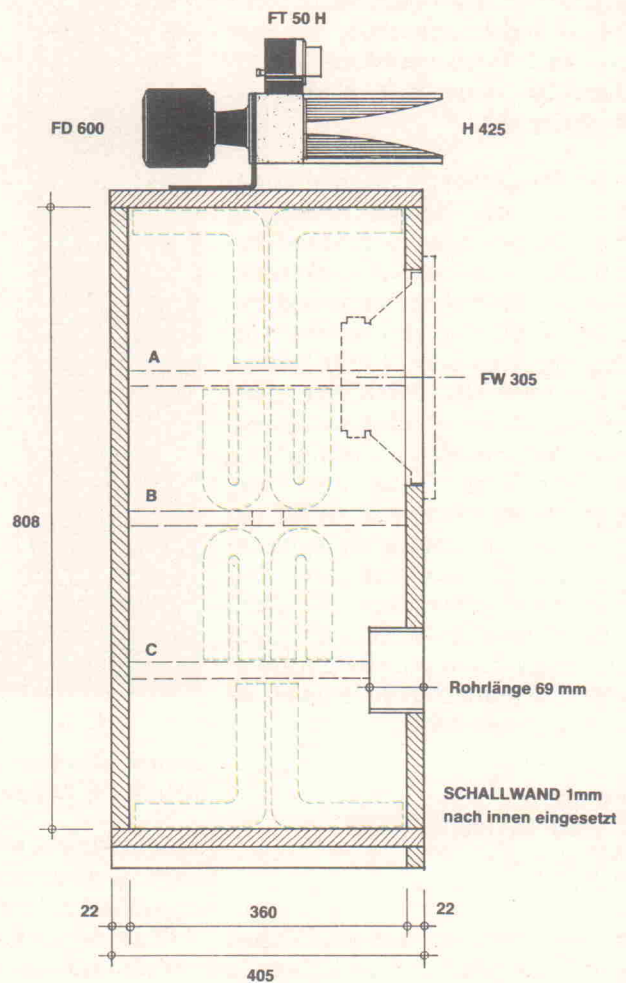
Unser Bauvorschlag ist auf folgende Lautsprecher-Chassis abgestimmt:

- Baß Fostex FW 305, 30 cm
- Mittelton Fostex FD 600 mit Holz horn H 425 und Adapter HA 20
- Hochton Fostex FT 50 H

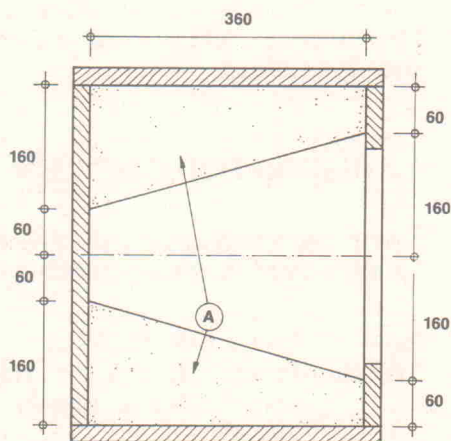
Das Gehäuse für den Baß wird aus 22 mm starker Spanplatte aufgebaut, ebenfalls die Versteifungsplatten A, B, und C. Auf sorgfältige, maßgerechte Zuschnitte und stabile Verleimung brauchen wir sicher nicht extra hinzuweisen. Damit die Versteifungsplatten ihre Aufgabe sinnvoll erfüllen können, sind sie an allen angrenzenden Flächen



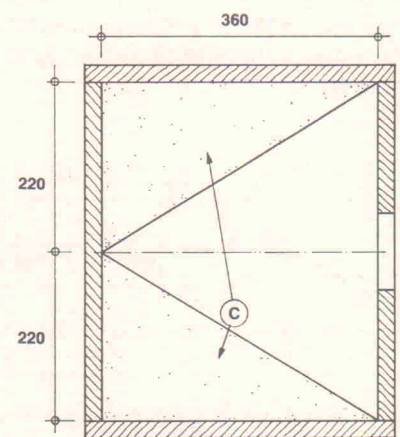
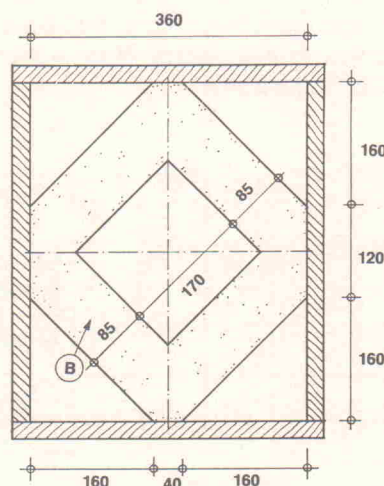
Vorderansicht



Seitenansicht



Verstärkungsplatten A, B und C



zusätzlich zur Verleimung mehrfach zu verschrauben. Der Baßlautsprecher sollte mit Einschlagmuttern und Gewindeschrauben M 6 befestigt werden, um bei voller Impulsbeschleunigung ein Ausreißen der sonst üblichen Holzschrauben zu vermeiden. Bei Verwen-

dung der angegebenen Reflexröhre (PVC, Innendurchmesser 100 mm) erreicht man eine lineare Baßwiedergabe bis unter 30 Hz.

Die Mitteltoneinheit wird sinnvollerweise mit einem Metallwinkel oben auf

das Baßgehäuse montiert. Der Hochtöner besitzt einen Sockel und wird auf das Holzhorn aufgesetzt.

Besondere Beachtung sollte der Frequenzweiche geschenkt werden. Weil die Übergangsfrequenzen bei 900 und

Stückliste

Holz und Gehäuseteile

Material Spanplatte 22 mm

Frontplatte	808 x 440 mm
Rückwand	808 x 440 mm
Deckel	440 x 405 mm
Boden	440 x 405 mm
Seitenteile (2 Stück)	880 x 405 mm
Fußblende	440 x 28 mm
Versteifung A	360 x 220 mm
Versteifung B	360 x 440 mm
Versteifung C	360 x 220 mm
Reflexrohr	100 mm ϕ , 69 mm lang
Dämmmaterial	Acryl-Watte ca. 400-500 g
Holzbausatz erhältlich bei allen ACR-Händlern	

Lautsprecher (alle Fostex)

Baß	FW 305
Mittelontreiber	FD 600
Mitteltön-Holzhorn	H 425
Hochtöner	FT 50 H

Weiche

Spulen

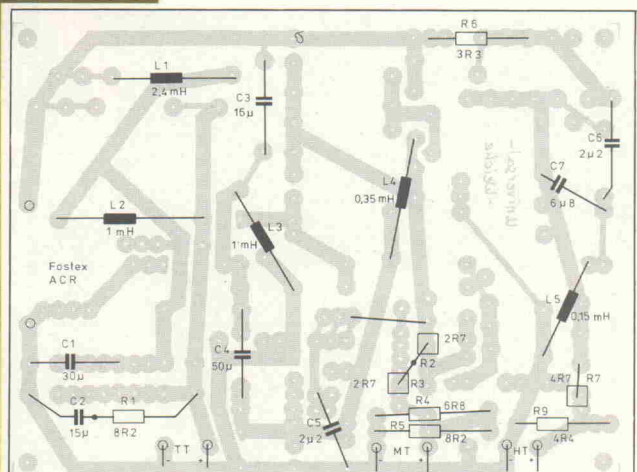
L1	2,4 mH
L2	1,0 mH
L3	1 mH
L4	0,35 mH
L5	0,15 mH

Kondensatoren (alle Folie/100 V)

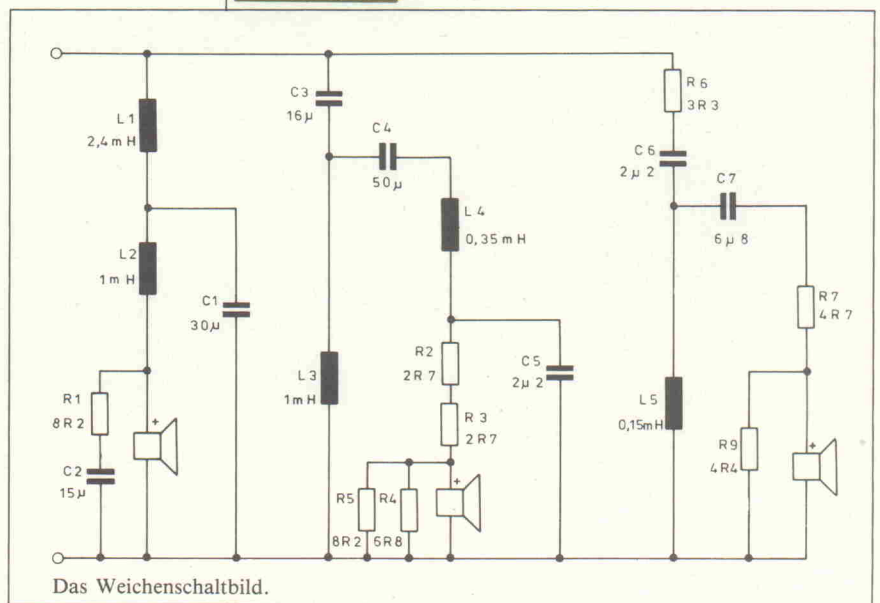
C1	30 μ
C2	15 μ
C3	16 μ
C4	50 μ
C5	2 μ 2
C6	2 μ 2
C7	6 μ 8

Widerstände (Draht/10 W)

R1	8 R2
R2, R3	2 R7
R4	6 R8
R5	8 R2
R6	3 R3
R7	4 R7
R9	4 R4



Der Bestückungsplan für die Fostex/ACR Studio-System I.



Das Weichenschaltbild.

6000 Hz mit 18 dB Flankensteilheit gewählt wurden, sind unbedingt engtolen-

Eine Weiche mit 18 dB/Okt

rierte, wenn möglich ausgemessene Bauteile zu verwenden. Der Gleichstromwiderstand der beiden Baß-Spulen sollte zusammengerechnet 0,8 Ohm nicht übersteigen, deshalb ist auf

entsprechende Drahtstärke zu achten. Für die Kondensatoren im Signalweg wählt man Folien- oder MP-Ausführungen. Die Lastwiderstände müssen 10 Watt-Typen sein, für variable Anpassungen können auch L-Regler verwendet werden. Daß auch die Drahtquerschnitte der verwendeten Leitungen innerhalb und außerhalb der Box größer als 2,5 mm² gewählt werden sollten, versteht sich bei einer solchen Kombination sicherlich von selbst.





High End plus Plus

Prinzipienreiter

High End, das ist der Begriff für HiFi in Vollendung. Eine Bauanleitung mit diesem Anspruch scheint ein Widerspruch in sich zu sein, denn in den Köpfen einiger Leute haftet dem Selbstbau immer noch der Ruch des Unprofessionellen an. Daß diese Meinung falsch ist, beweisen wir (nicht nur) mit der vorliegenden Bauanleitung. Wir haben hier – ohne Rücksicht auf den Preis – die zur Zeit besten Schallwandler zu einer Kombination vereinigt. Doch vorweg eine Warnung: Diese Box ist sündhaft teuer, unheimlich schwierig zu bauen, unförmig groß, aber auch traumhaft gut in ihren klanglichen Eigenschaften.

Es hat lange gedauert, bis die Superbox fertig war, viele Hörsitzungen und Vergleiche, viele Mustergehäuse waren nötig (vom vielen Kaffee ganz zu schweigen), damit sie so wurde, wie sie nun vor Ihnen steht: die Referenz unseres HiFi-Labors.

Doch fangen wir – im wahrsten Sinne des Wortes – ganz unten an. Hier näm-

lich, im unteren Teil der Box, finden wir den einzigen „normalen“ Lautsprecher. Warum? Nun, es scheint so zu

Dynamische Tiefen

sein, daß im Baßbereich die Eigenschaften des dynamischen Lautsprechers nicht zu überbieten sind. Die Wahl ist auf ein 30 cm-Chassis von Magnat gefallen. Dieser Baß MM TL 1200

erwies sich bei den zahlreichen Versuchen als die klanglich beste Lösung, zumal die Parameter so günstig liegen, um ein Gehäuse von annehmbarer Größe bei gleichzeitig besten Tiefbaßeigenschaften einsetzen zu können. Wie alle Magnat-Chassis hat auch dieses – es wird übrigens in der Spitzenbox von Magnat verwendet – eine Flachdraht-Schwingspule, die eine saubere und schnelle Impulswiedergabe er-

möglichst und dabei gleichzeitig eine enorme Belastbarkeit aufweist.

Motional-Feed-Back

Um das Ein- und Ausschwingverhalten zu optimieren, haben wir eine Schaltung eingesetzt, die im Dezember 1972 von unseren Kollegen der Zeitschrift *Elektör* veröffentlicht wurde. In diesem Beitrag ging es darum, den Schalldruckverlauf von preiswerten Baßlautsprechern im unteren Bereich zu linearisieren, d. h. zu verbessern.

In unserer Anwendung nutzen wir jedoch einen „Nebeneffekt“ der Schaltung. Das Stichwort heißt „MFB“ (*Motional Feed-Back*) oder auch „Membranführung durch deren eigene Bewegung“.

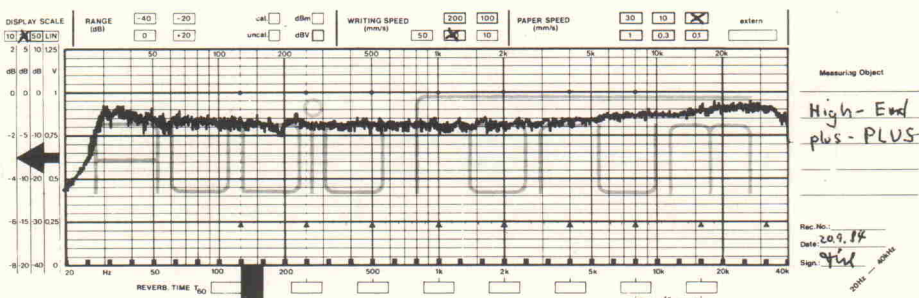
Wie geht das?

Der von der Signalspannung durch den Lautsprecher und den Sensorwiderstand R_s getriebene Strom verursacht einen Spannungsabfall an R_s . Diese Spannung liegt mit der Steuerspannung am Eingang des Verstärkers in Phase und verursacht – wenn sie zu groß ist – ein Mitkoppeln (Schwingen) des ganzen Systems. Man sollte daher – wie es auch in der Abgleichanweisung beschrieben ist – tunlichst die Mitkopplungsspannung unter dieser Schwelle halten.

Wenn jedoch bei einem kurzen, starken Impuls die Steuerspannung ruckartig von einem hohen Wert auf Null zurückgeht, ist die Membran des Lautsprechers in einer Bewegung begriffen, die – bedingt durch die Masse der Membran – nicht auch sofort auf Null zurückgehen kann (Massenträgheit).

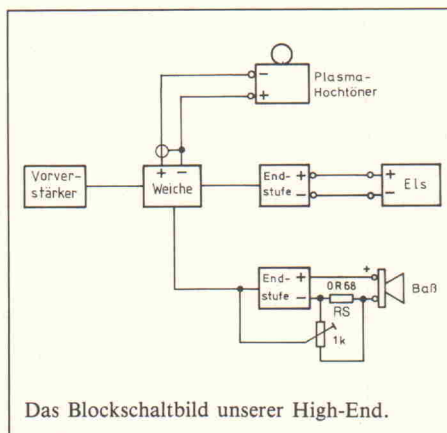
Mit anderen Worten: Die Membran beginnt ein „Eigenleben“, das nicht von einer Signalspannung hervorgerufen worden ist. Hierbei sind alle klassischen Generator-Voraussetzungen erfüllt: Kraftfeld, Bewegung und Leiter-schleife sind vorhanden, und die Ge-

setze der Elektrotechnik bescheren uns eine Gegen-EMK (*Elektro-Motorische-Kraft*), die ihrem Ursprung entgegengesetzt gerichtet – also negativ ist. Diese negative Spannung liegt am Verstärkereingang und verursacht daher am Ausgang der Endstufe einen Strom, der der „falschen“ Bewegung der Membran entgegenwirkt. Ergebnis: Jede Eigenbewegung der Membran wird stark



Technische Daten

Prinzip	Baßreflex mit MFB, Mittelton-Elektrostat, Plasma-Hochtöner
Belastbarkeit	Baß/Mitteltöner je 150 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	85 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	300 Hz/4,5 kHz
Volumen (Baß)	ca. 70 l
Außenmaße	Breite 500 mm Tiefe 500 mm Höhe 1100 mm
Entwickler	Fink/Schmitt/Oberesch



Das Blockschaltbild unserer High-End.

bedämpft. Sie können das einfach nachprüfen, indem Sie bei eingeschaltetem Verstärker einmal versuchen, die Membran vorsichtig mit den Fingern einzudrücken: Sie wird „knallhart“ stehen. Der gleiche Versuch bei ausgeschaltetem Verstärker zeigt aber, daß sich die Membran leicht bewegen läßt.

MFB-Bedingungen

Damit dieses Verfahren sicher funktioniert, sind jedoch einige wichtige Voraussetzungen zu erfüllen:

- Die verwendete Endstufe selbst muß absolut stabil sein und darf über der Frequenz keinen Phasengang haben.
- Eingang und Ausgang der Endstufe müssen „in Phase“ sein, d. h. dürfen keine Phasendrehung aufweisen.
- Nach dem Einpegeln der MFB-Spannung darf an den Pegelstellern der Endstufe nicht mehr gedreht werden (z. B. zum Zwecke der Lautstärke-Korrektur).
- Gute Entkopplung zwischen Steuerungssignal und MFB-Signal, d. h., der Pegel-einsteller im Verstärker bzw. in der Frequenzweiche vor der Endstufe darf den Pegel der MFB-Spannung nicht verändern.
- Kurze Leitungen zwischen Lautsprecher und Endstufe.
- Begrenzung der zu verarbeitenden Frequenzen nach oben bis ca. 400 Hz.

Mit anderen Worten gesagt: Dieses MFB-Konzept funktioniert nur, wenn der Baßkanal „aktiv“ betrieben wird.

Das Gehäuse

Das Baß-Gehäuse hat ein Nettovolumen von 70 Litern und ermöglicht eine untere Grenzfrequenz von 30 Hz bei gutem Ein- und Ausschwingverhalten. Es besteht aus 40-mm-Spanplatten, um unerwünschte Gehäuseresonanzen zu unterdrücken. Beim Festlegen der Gehäusemaße wurde der richtige Abstand des Lautsprecher-Chassis vom Boden bereits mit berücksichtigt, so daß kein zusätzlicher Sockel benötigt wird. Um eine unausgewogene Baßwiedergabe zu vermeiden, sollte es daher genügen, alle Innenwände mit Pritex auszukleiden und den Innenraum locker mit Schafwolle zu füllen (200–300 g).

Den wichtigen Mitteltonbereich übernimmt ab 350 Hz ein Elektrostat von

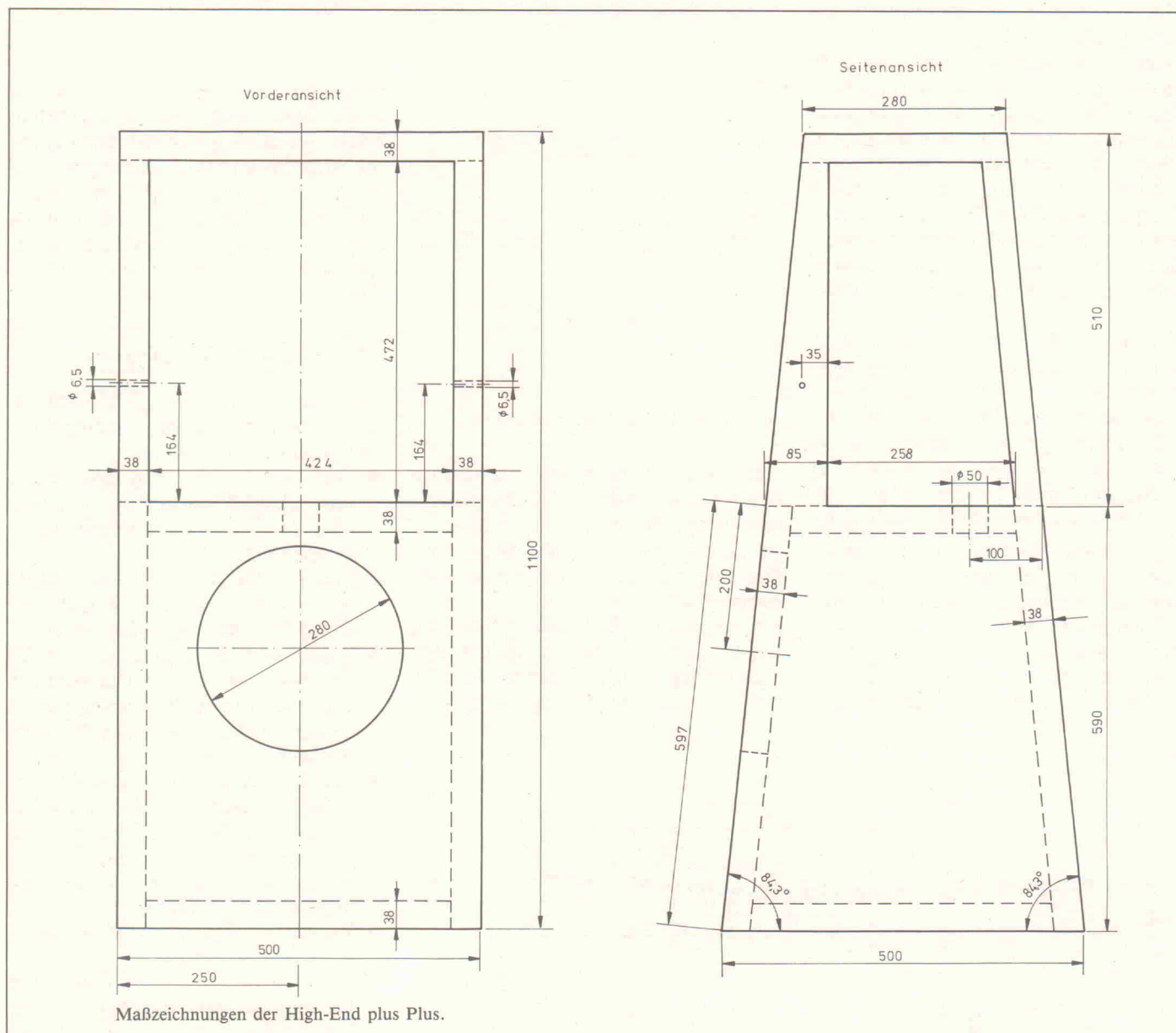
Elektrostatische Mitten

Stax. Diese japanische High-End-Firma ist bekannt für ihre außergewöhnlichen Elektrostaten, und seit einigen Monaten gibt es das Modell ESTA 4, das nur 50 x 50 cm groß und daher für unser Projekt bestens geeignet ist.

Im Inneren dieses Lautsprechers befinden sich mehrere Schallwandler-Elemente, die – ähnlich wie beim Quad ESC 63 – untereinander zeitverzögert, also in der Mitte beginnend, angesteuert werden und so eine zylinderförmige Welle abstrahlen. Wie alle Elektrostaten ist auch der Stax Esta 4 ein Dipolstrahler, d. h., er strahlt sowohl nach vorn als auch nach hinten ab.

Die nötige hohe Polarisationsspannung gewinnt der Stax-Elektrostat aus dem Nf-Signal; eine eigene „Steckdose“ ist also nicht nötig. Er wird auf einem Rahmen über dem Baßteil befestigt. Im Gehäuse des Esta 4 sind zu diesem Zweck schon zwei Muffen eingelassen. Der Schallstrahler kann in diesem Gestell gekippt und damit optimal auf den Hörplatz ausgerichtet werden. Die Vorzüge von Elektrostaten im Mitteltonbereich sind ja hinlänglich bekannt, haben sie doch eine superleichte Membran und einen ganzflächigen Antrieb. Die ansonsten bei diesen Wandler-Typen anzutreffende starke Bündelung wird beim Esta 4 aufgrund der zeitverzögerten Ansteuerung stark gemindert.

Im Hochtonbereich kommt dann der wohl zur Zeit beste Hochtöner zum Einsatz – der Plasmahochtöner von



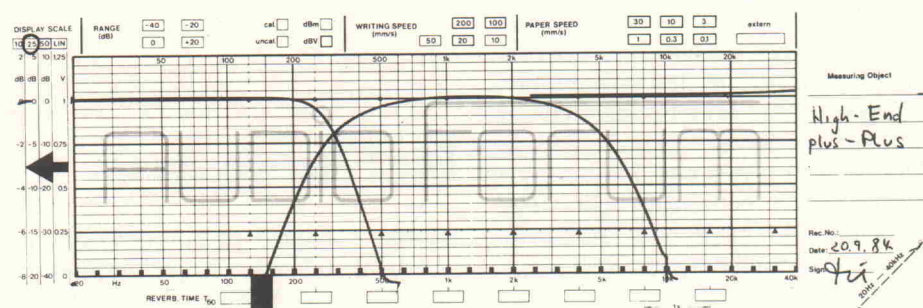
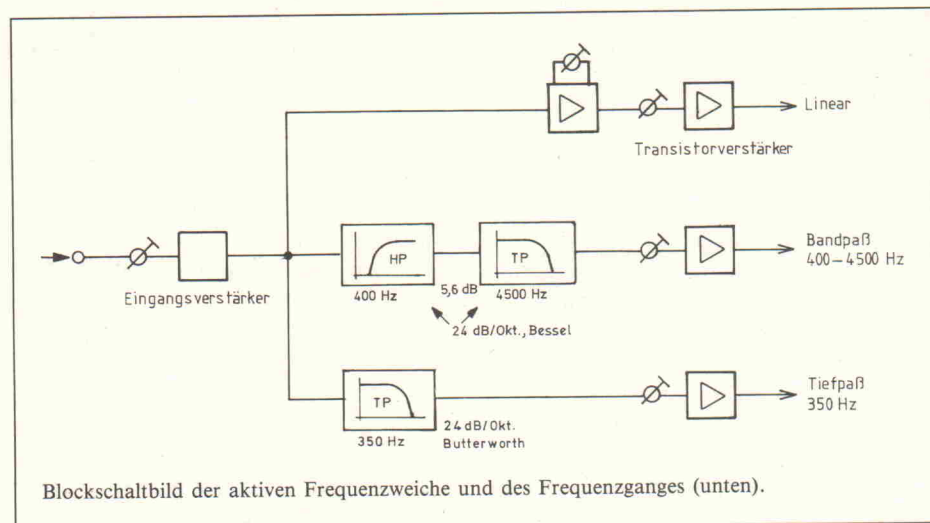
Plas(ma)tische Höhen

Aufmerksame Leser werden festgestellt haben, daß unsere „High-End“ ein Rundumstrahler ist. Alle Chassis sind so gewählt, daß sie ein fast perfektes Rundumstrahlverhalten aufweisen.

Frequenzweiche

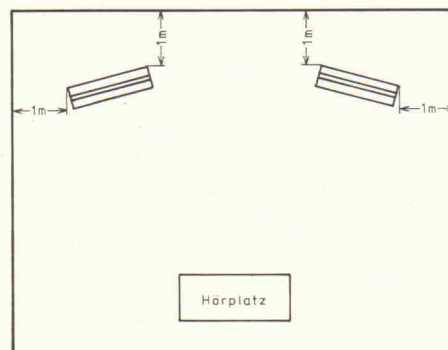
Den Holzaufbau näher zu beschreiben, ersparen wir uns, da erfahrene Gehäusebauer selbst wissen, was zu tun ist und unerfahrene Leser sich am besten nach einem guten Schreiner umsehen.

Wenn alles mechanisch zusammengebaut ist, kommt aber erst die eigentliche Arbeit – die Abstimmung. Achten Sie auf die richtige Polung der Laut-



Vorbereitungen zum Abgleich

Die Endstufen müssen von ausgewählter Qualität sein. Unsere Boxen wurden im Mittel- und Baßbereich von insgesamt 4 Stax DA 10001 angetrieben.



Anordnung der Lautsprecher.

Auch die Platzierung im Hör-Raum ist nicht ganz einfach. Die Boxen sollten mindestens einen Meter von jeglichen Zimmerwänden entfernt stehen, um eine gute räumliche Staffelung zu erzielen. Je nach Bedarf wird die Box in Richtung zum Hörplatz gedreht.

Einstimmen

Nach dem Einschalten aller Komponenten drehen Sie die Lautstärke des Mittel- und Hochtonkanals auf der Weichenplatine auf Minimum (P5/P4). Der Pegelregler *in* der Baß-Endstufe wird so eingestellt, daß bei Nennpegel am Eingang der Endstufe (meistens 1 V) die Nennleistung am Ausgang erzielt wird. Beide Nennwerte sind vom jeweiligen Verstärker-Typ abhängig und müssen aus den technischen Daten ermittelt werden. Nun drehen Sie den Schleifer des MFB-Potis vom Masseanschluß her langsam auf, bis die Membran zu schwingen anfängt und dann soweit zurück, bis dieser Effekt wieder verschwindet. Schalten Sie nun Musik auf den Baßkanal und lauschen Sie auf ungewöhnliche und hallige Nebengeräusche. In diesem Fall sollte das

Bei dem nun folgenden Pegelabgleich der drei Weichenkanäle (Baß-, Mittel- und Hochton) leistet ein Pegelschreiber (z. B. von Neutrik) oder ein Oktav- bzw. Terz-Analysator gute Dienste. Wenn Sie keins dieser Geräte beschaffen können (buy, steal or borrow – wie die Engländer sagen) tun es auch Ihr Ohr und eine genau bekannte Plattenaufnahme. Beginnen Sie jeweils mit dem Mitteltonkanal (P4); dieser wird auf maximale Lautstärke gedreht. Der Tieftonkanal (P3) und der Hochtonkanal (P5) werden so eingestellt, daß sich ein ausgewogener Klangeindruck bzw. ein Schalldruck gleicher Amplitude – bezogen auf den Mitteltonbereich – ergibt. Achten Sie aber darauf, daß der Pegelregler am Ionenhohtöner selbst auf Maximum gedreht ist. Die so gefundenen Reglerstellungen fixieren Sie mit einem Tröpfchen Sicherungslack. Bei unseren Prototypen und mit den erwähnten Endstufen fanden wir folgende Einstellung: P4 auf Maximum, P3 und P5 auf 12 Uhr (also Mitte). P2 sollte auf Maximum stehen. P1 dient dazu, die Übersteuerungsgrenze der Endstufen mit dem 0 dB-Wert auf der Pegelanzeige am Vorverstärker zu „synchronisieren“.

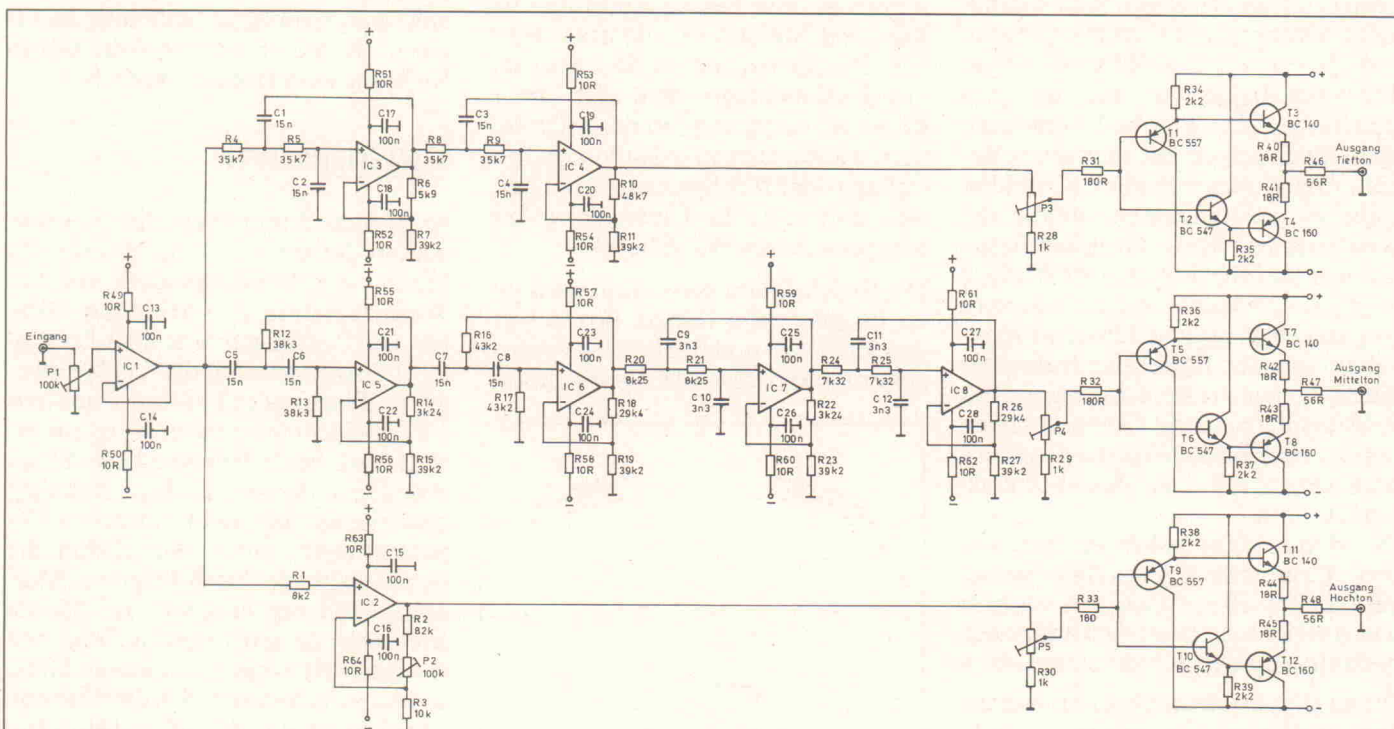
Aktive Frequenzweiche

Tiefpaß	Butterworth-Filter 4. Ordnung
Bandpaß	Bessel-Filter 4. Ordnung
Flankensteilheit	24 dB/Okt
Eckfrequenzen	300 Hz/350 Hz/4,5 kHz
Eingangsspannung	min. 0,5 V für 1 V am Baßausgang
Ausgangsspannungen bei 1 V am Eingang	Baß: 200 mV... 2 V Mittelton: 400 mV... 4 V Linear: 900 mV... 10 V

Die Filterschaltung

Unsere High-End-Frequenzweiche teilt das vom Vorverstärker kommende Signal in zwei Frequenzbereiche auf: Tiefton- und Mittelton-Bereich. Das dritte Frequenzband – der Hochtonbereich – wird nicht gefiltert, weil eine entsprechende Schaltung im Ionenhochtöner selbst vorhanden ist. Da jedoch der MP-02 von Magnat eigentlich dafür vorgesehen ist, direkt an den Ausgang eines Leistungsverstärkers ange-

geschlossen zu werden und daher eine ausreichend hohe Spannungsversorgung benötigt (ca. 10 V), haben wir eine frequenzlineare Verstärkerstufe vorgesehen, die den Signalpegel in dieser Höhe verarbeiten kann. Sie besteht aus dem IC 2, das als nicht-invertierender Spannungsverstärker geschaltet ist und einem Impedanzwandler, der mit P 5 beginnt und mit R 48 endet. Diese Stufe arbeitet im A-Betrieb und hat eine Ausgangsimpedanz von $< 60 \text{ Ohm}$. Ein solcher Wert scheint auf den ersten Blick recht hoch zu sein, reicht aber in der



Die Schaltung der aktiven Frequenzweiche.

Praxis auch für längere Leitungen aus und bietet den Vorteil der völligen Sicherheit gegen Leitungskurzschlüsse. Unter Verzicht auf diese Sicherheitsmaßnahme kann man die Ausgangsimpedanz durch kleinere Werte für R 48 vermindern.

Das Tiefpaßfilter für den Baßkanal zeigt im Frequenzgang eine Butterworth-Charakteristik und ist als Filter 4. Ordnung ausgelegt, es senkt also die Amplitude oberhalb 400 Hz mit einer Steilheit von 24 dB/Okt ab (IC 3 und IC 4).

Das Bandpaßfilter für den Mitteltonbereich ist auf eine Bessel-Charakteristik hin dimensioniert und besteht aus einem Tiefpaß (IC 7 und IC 8) sowie ei-

nem Hochpaß (IC 5 und IC 6). Die Flankensteilheit beträgt 24 dB/Okt. Alle drei Filterzüge sind auf der Platine gleichartig aufgebaut, so daß sich durch eine entsprechende Bestückung jede gewünschte Filterkurve realisieren läßt. Alle frequenzbestimmenden Bauteile wurden mit viel Platz rundherum angeordnet und können über Lötösen auf der Platine befestigt werden. Dadurch ist es leicht möglich, auch „krumme“ Werte durch Parallel- und Serienschaltung zusammenzusetzen, und eigene Experimente oder Änderungen sind problemlos möglich.

Jeder Kanal verfügt über einen Impedanzwandler am Ausgang, wie er schon im Zusammenhang mit dem

Hochtonkanal beschrieben wurde. Die Ausgangsspannungen sind mit den zugehörigen Pegelstellern (P 3/P 4/P 5) in einem Bereich von 20 dB veränderbar.

Um unsere Weiche möglichst an jeden Vorverstärker anschließen zu können, besteht die Eingangsschaltung aus einem Spannungsfolger (IC 1) mit Pegelanpassung über P 1. Die Eingangsimpedanz beträgt etwa 100 k. Da die gesamte Schaltung gleichstromgekoppelt ist, empfiehlt sich eine Kontrolle der Über-Alles-Offset-Spannung am Ausgang eines jeden Filters, bevor die Weiche an die Endstufen angeschlossen wird.

Damit wären wir auch schon bei der Frage der Bauteile angelangt. Verwenden Sie bei den Widerständen nur Metallfilm-Typen aus der E 96-Reihe mit 1% Toleranz und bei den Kondensatoren nur Styroflex- oder Polypropylen-Typen mit einer Genauigkeit, die mindestens 2,5% betragen muß. Bauteile unbekannter Herkunft aus der Bastelkiste haben in dieser Weiche nichts zu suchen!

Das Netzteil ist relativ unkritisch. Es sollte jedoch eine gut gesiebte und vor allen Dingen rauschspannungsfreie Betriebsspannung von ± 15 V bei einem Strom von 100 mA pro Zweig bereitstellen.

Wer mit Übergangsfrequenzen und Filtercharakteristiken selbst experimentieren will, dem sei das Buch „Aktiv-Filter-Kochbuch“ von Don Lancaster empfohlen. Es ist 1982 im IWT-Verlag, Vaterstetten erschienen.

Das Platinenlayout der aktiven Frequenzweiche kann mit einem selbstadressierten, freigegebenen DIN-A 4-Umschlag beim Verlag angefordert werden.

Stückliste, Frequenzweiche

Widerstände 1/8 W, 5%

R 1	8 k 2
R 2	82 k
R 3	10 k
R 28-30	1 k
R 31-33	180 R
R 34-39	2 k 2
R 40-45	18 R
R 46-48	56 R
R 49-64	10 R

Widerstände 1/8 W, 1%, Metallschicht

R 4,5	35 k 7
R 6	5 k 9
R 14,22	3 k 24
R 7,11,15,19,23,27	39 k 2
R 8,9	35 k 7
R 10	48 k 7
R 18,26	29 k 4
R 12,13	38 k 3
R 16,17	43 k 2
R 20,21	8 k 25
R 24,25	7 k 32

Kondensatoren

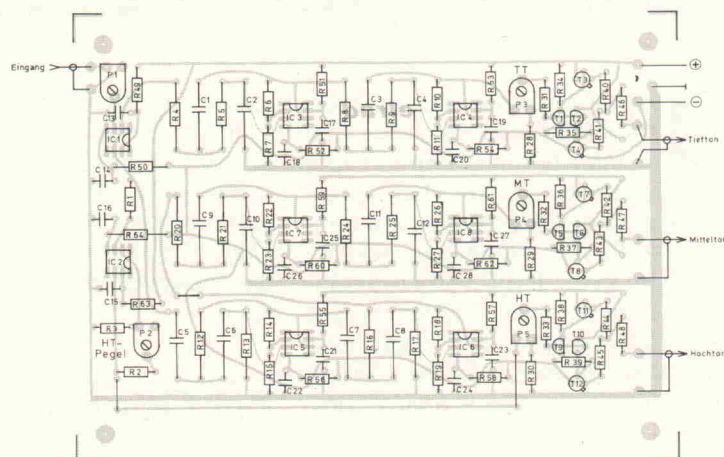
C 1-8	15 n, 1% Styroflex
C 9-12	3 n3, 1% Styroflex
C 13-28	100 n, MKT

Trimpotis, Miniatur, liegend

P 1,2	100 k
P 3-5	10 k

Halbleiter

IC 1-8	NE 5534 AN
T 1,5,9	BC 557
T 2,6,10	BC 547
T 3,7,11	BC 140
T 4,8,12	BC 160

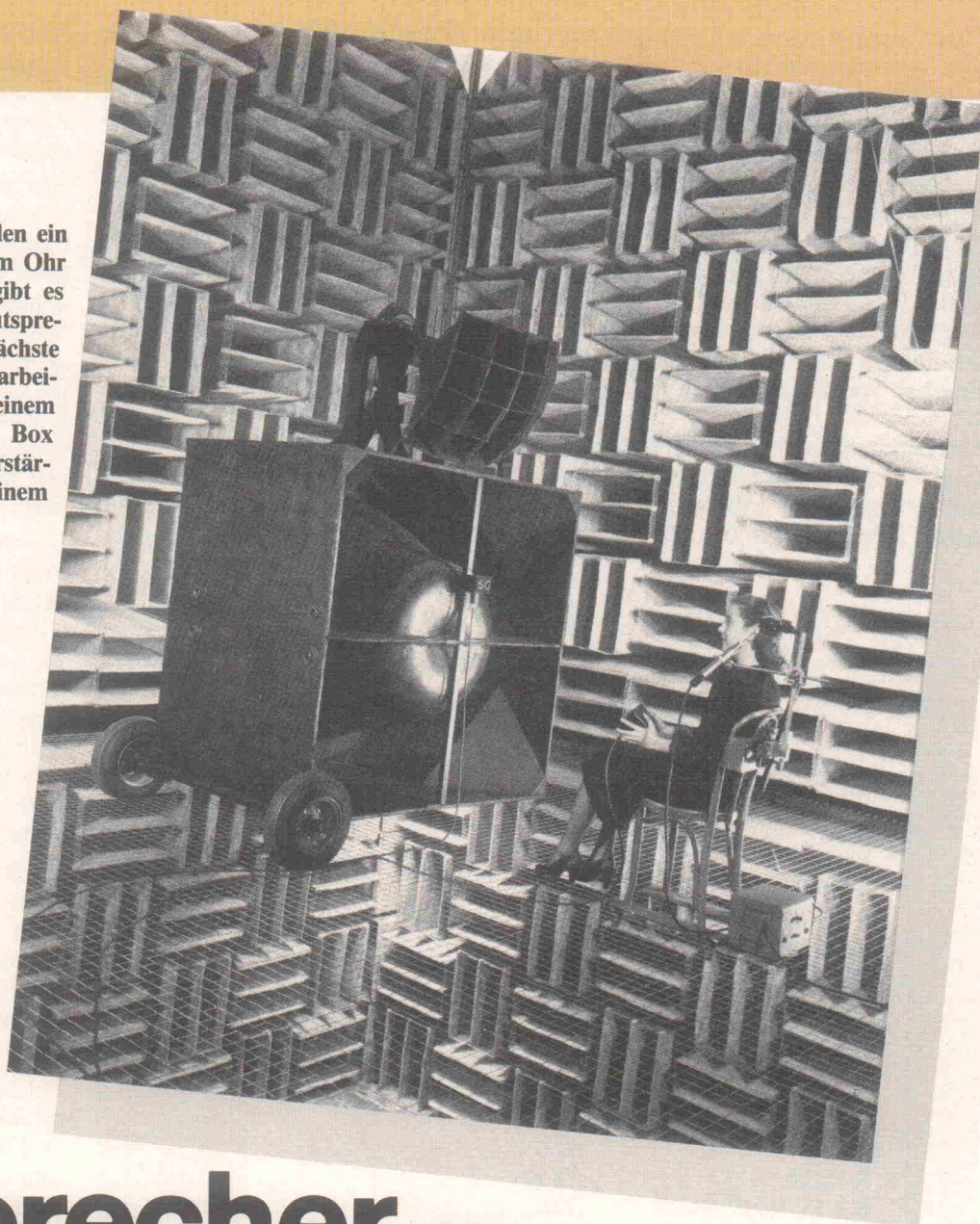


Bestückungsplan der aktiven Frequenzweiche.

H. Schmitt, K. H. Fink

Auf dem abenteuerlichen Weg, den ein NF-Signal vom Mikrofon bis zum Ohr des HiFi-Genießers zurücklegt, gibt es eine gefährliche Klippe — die Lautsprecherbox. Sie ist meistens das schwächste Glied in dieser langen Signalverarbeitungskette. Daher sollte hinter einem Mittelklasseverstärker eine gute Box „hängen“, hinter einem guten Verstärker eine sehr gute Box, hinter einem Spitzenverstärker eine...?

48



Der Lautsprecher – das unbekannte Wesen

Die Preise solcher Lautsprecherkombinationen haben schon so manchen zu Hammer und Leim greifen lassen. Wer bei seinen Heimwerkeraktivitäten dabei auf Bausätze namhafter Hersteller zurückgreift, wird in der Regel recht ordentliche Ergebnisse erhalten. Doch es geht auch ohne Bausatz: Man nagle eine Kiste, säge passende Löcher hinein und ... fertig ist der Lautsprechersarg.

Das Kriterium für die Konstruktion eigener Lautsprecherboxen sind nicht die Maße der Schrankwand, in der sie

später untergebracht werden sollen. Lautsprecher-Chassis und Lautsprecher-Gehäuse bilden eine untrennbare Einheit – die Gehäusedaten hängen also von den Chassiseigenschaften ab. Daher ist es unumgänglich, zunächst das ausgewählte Chassis zu untersuchen.

Zur Geschichte

Fast immer wird es sich beim Baß- und Mitteltonsystem um einen dynamischen Lautsprecher handeln, dessen

Prinzip schon 1925 von den beiden Amerikanern Kellog und Rice erfunden wurde. Dieser – damals als „hornlos“ bezeichnete – Lautsprecher sollte die gebräuchlichen Grammophon-Schalldosen ablösen. Er arbeitete nach dem elektrodynamischen Prinzip. Da der Permanentmagnet technisch noch nicht genutzt wurde, sorgte ein Elektromagnet für das notwendige magnetische Feld.

Nur wenige Tage nach Kellog und Rice stand der Engländer Voigt enttäuscht vor den Türen des Patentamtes. Sein

vom Prinzip her gleicher, aber wesentlich fortschrittlicherer Lautsprecher wurde nicht als eigenständige Erfindung anerkannt. Voigt erhielt allerdings später u. a. ein Patent auf eine Leichtmetallmembran. Sein Lautsprecher wird sogar heute noch, inzwischen mit Pappkonus und Ferritmagnet, von der Firma Lowther gefertigt.

Schon damals teilte sich die Zunft der Boxenbauer in zwei Lager. Einige – wie Voigt und Klipsch – koppelten ihre Lautsprecher an Hörner an. Andere – wie Kellogg und Rice – gingen soweit, bis zu 56 Lautsprecher mit jeweils 20 cm Durchmesser in ein Gehäuse einzubauen.

Solche Konstruktionen waren natürlich nur für professionelle Anwendungen vorgesehen. Die immer zahlreicher werdenden privaten „Audiofans“ verlangten kompaktere Lösungen. So entstanden Voigts Viertelwellenleitung (ein Vorläufer der Transmissionline), Boxen ohne Rückwand und auch erstmals geschlossene Boxen, die aber weitgehend baßfrei waren: Die Treiber waren noch zu schlecht.

In den dreißiger Jahren bemerkte der Amerikaner Thuras, daß sich die Baßwiedergabe einer geschlossenen Box verbesserte, wenn man das Gehäuse mit einer Öffnung bestimmter Größe versah. Die auf Resonanzfrequenz des

Systems abgestimmte Baßreflex-Box war erfunden.

Es folgte eine wahre Flut von exotischen Bauvorschlägen, doch führte die allgemeine Unkenntnis der theoretischen Zusammenhänge meist zu katastrophalen Ergebnissen.

Erst in den fünfziger Jahren fand Nowak, daß Lautsprecher und Gehäuse zusammen ein berechenbares Filter bilden. Er konnte aber noch keine brauchbare mathematische Lösung anbieten.

Der Holländer de Boer interpretierte 1961 die Lautsprecher-Gehäuse-Einheit als ein Filter vierter Ordnung nach Bessel, Butterworth oder Tschebyscheff. Diese Theorie wurde 10 Jahre später von dem Australier Thiele aufgegriffen und erweitert. Er wollte alle wichtigen Lautsprecherparameter von einer Impedanzmessung ableiten. Sein Landsmann Small setzte dieses Verfahren in die Praxis um. Er beschrieb das geschlossene Gehäuse als ein Filter zweiter Ordnung und stellte die entsprechenden Berechnungsgrundlagen auf. Durch seine Arbeit ist es möglich geworden, Gehäuseberechnungen mit vertretbarem Aufwand zu erstellen.

Die Theorie

Eine anschauliche Methode zur Be-

schreibung eines Lautsprecher-Gehäuse-Systems ist die Überführung seines akustischen Verhaltens in das Verhalten einer äquivalenten elektrischen Schaltung (Bild 1). Diese Ersatzschaltung hat die Charakteristik eines Bandpasses vierter Ordnung, der bei entsprechender Bedämpfung in einen Hochpaß zweiter Ordnung übergeht: Der Frequenzgang fällt also unterhalb der Grenzfrequenz mit 12 dB pro Oktave ab. Ein solches Filter läßt sich in seinen Übertragungseigenschaften ausreichend durch den Q-Faktor beschreiben. Die verschiedenen Filtertypen weisen spezifische Vor- und Nachteile auf: Das Besselfilter ($Q = 1/\sqrt{3}$) bewirkt einen relativ frühen Baßabfall bei sehr gutem Impuls- und Phasenverhalten. Beim Tschebyscheff-Filter ($Q > 1,1$) gibt es einen Amplitudenanstieg im Bereich der unteren Grenzfrequenz, es zeigt jedoch ein schlechtes Phasen- und Impulsverhalten. Das Butterworth-Filter ($Q = 1/\sqrt{2}$) stellt einen günstigen Kompromiß zwischen beiden dar (Bild 2).

Die wichtigsten Parameter

1. Der Q-Faktor (Q_{TS})

Der Q_{TS} -Faktor (hier steht T für total und S für speaker) ist eine dimensionslose Größe, die angibt, wie stark ein Lautsprecher auf seinem Resonanz-

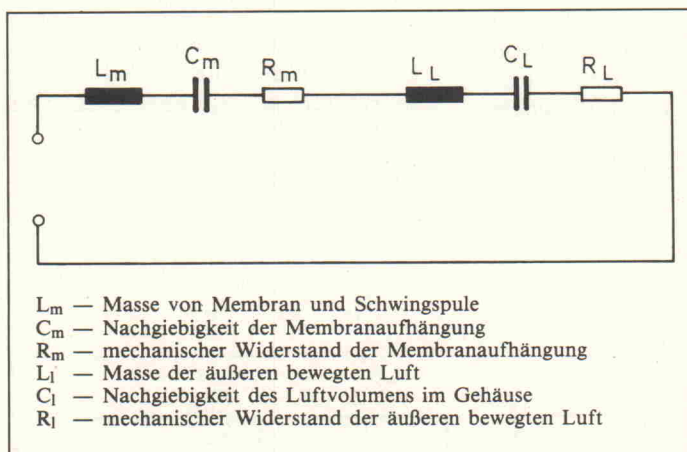


Bild 1. Elektrisches Äquivalent einer geschlossenen Box

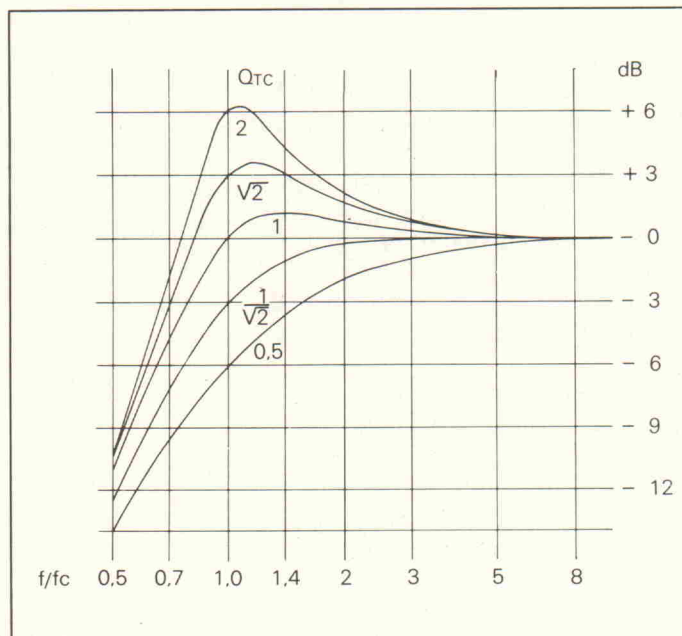


Bild 2. Abhängigkeit des Frequenzgangs vom Q-Faktor der Box

punkt bedämpft ist. Die mathematische Beziehung lautet:

$20 \cdot \log Q_{TS}$ = Dämpfung in dB gegenüber dem Bezugspegel.

Ein Beispiel soll das verdeutlichen:

$Q_{TS} = 0,38 \quad f_s = 25 \text{ Hz}$

$20 \cdot \log 0,38 = -8,4 \text{ dB}$.

Das bedeutet, daß dieser Lautsprecher auf seiner Resonanzfrequenz von 25 Hz um 8,4 dB gegen den Bezugspegel bedämpft ist. Je kleiner also Q_{TS} , desto größer die Resonanzdämpfung. Q_{TS} setzt sich aus dem elektrischen Anteil Q_{ES} und dem mechanischen Anteil Q_{MS} zusammen.

Die Beziehung lautet:

$$Q_{TS} = \frac{Q_{ES} \cdot Q_{MS}}{Q_{ES} + Q_{MS}}$$

Man erkennt, daß Q_{ES} als der grundsätzlich kleinere Wert die hauptsächlich bestimmende Größe für Q_{TS} ist. Q_{ES} resultiert aus der magnetischen Flußdichte im Luftspalt des Magnetsystems, der gesamten bewegten Masse des schwingenden Systems, dem Gleichstrom-Widerstand der Schwingspule und der Länge des Schwingspulendrahtes im Luftspalt. Q_{MS} repräsentiert dagegen die mechanischen Anteile der Resonanzdämpfung. Hieraus wird einmal mehr ersichtlich, daß es der riesige Magnet allein nicht ausmacht, wie das System auf Impulse antwortet. Die Magnetgröße allein sagt ohne die Kenntnis der anderen bestimmenden Größen nichts aus. Erst das richtige Zusammenspiel aller Parameter macht den ‚perfekten‘ Lautsprecher für den jeweiligen Anwendungsfall aus. Gebräuchliche Q_{TS} -Werte für Lautsprecher liegen zwischen 0,2 und 0,65. Niedrigere Werte sind unpraktisch, da sie ohne aktive Entzerrung keine Tiefbaßwiedergabe ermöglichen. Größere Werte für Q_{TS} führen zu riesigen Gehäusen, um eine brauchbare Bedämpfung der Resonanz zu erreichen.

2. Die Resonanzfrequenz (f_s)

Die Resonanzfrequenz ergibt sich aus der gesamten bewegten Masse des Schwingsystems und der Nachgiebigkeit seiner Aufhängung. Sie ist die Frequenz, bei der das System am leichtesten zu Schwingungen anzuregen ist. Gleichzeitig ist sie die Frequenz, auf der das System nach Abschalten des Si-

gnals immer ausschwingt. Gebräuchliche Baßlautsprecher für HiFi-Anwendung haben Resonanzfrequenzen zwischen ca. 18 und etwa 60 Hz, wobei Abweichungen nach oben und unten für spezielle Anwendungen durchaus möglich sind.

3. Das äquivalente Aufhängungsvolumen (V_{AS})

Die Nachgiebigkeit der Membraneinspannung läßt sich in Verbindung mit der Membranfläche durch ein äquivalentes Luftvolumen beschreiben. Hat ein Lautsprecher z. B. ein V_{AS} von 160 Litern, so hat seine Membranaufhängung dieselbe Federsteife wie ein eingeschlossenes Volumen von 160 Litern Luft, auf dem eine Scheibe mit einer Fläche gleich der Membranfläche ruht. Hätte diese Scheibe auch noch dieselbe Masse wie die Membran, so würde sich bei periodischer Anregung auch dieselbe Resonanzfrequenz einstellen.

Dies zur Veranschaulichung der Zusammenhänge.

Die Messungen

Die vorgenannten drei Werte – Q_{TS} , f_s , V_{AS} – finden sich in den Datenblättern guter Lautsprecherhersteller. Sollten diese Angaben nicht vorhanden sein, so lassen sie sich mit relativ geringem Aufwand messen.

Notwendig ist ein guter Sinusgenerator, der bis 10 Hz herab arbeitet und dessen Frequenzanzeige genau ist oder über einen Frequenzzähler kontrolliert wird. Der Generator betreibt einen Lautsprecher-Endverstärker. Ein gutes NF-Millivoltmeter ist ebenfalls wichtig. Einen Bauvorschlag dafür brachte elrad 2/83. Normale Vielfachinstrumente arbeiten meist nicht genau genug.

Zum Einbau der zu messenden Laut-

sprecher sollte ein Testgehäuse mit entsprechenden Schallwänden vorhanden sein. Das Volumen kann zwischen 10 und 20 Litern betragen.

Außerdem werden gebraucht:

1 Widerstand R_V 1k Ω /5W

1 Widerstand R_N ca. 50 Ω /2W

(Der Wert von 50 Ω kann über- oder unterschritten werden. Er muß nur genau bekannt sein.)

Bild 3 zeigt den Meßaufbau.

Der Widerstand R_N wird an die Klemmen X, Y angeschlossen, der Generator liefert 100 Hz Sinusspannung, das NF-Voltmeter steht im 100- oder 200-mV-Bereich. Der Pegel des Generators wird so eingestellt, daß die Anzeige des Voltmeters dem Wert von R_N genau entspricht. Wird nun die Frequenz des Generators zwischen 10 und 200 Hz variiert, muß die Anzeige konstant bleiben. Der Pegel am Generator darf jetzt nicht mehr verändert werden: Die Anordnung ist nun kalibriert. R_N wird entfernt; die Messung kann beginnen.

Zuerst wird das Chassis im nicht eingebauten Zustand gemessen. Dabei sollte es so freistehend wie möglich befestigt werden.

- Der Gleichstromwiderstand der Schwingspule wird mit einem Ohm-Meter bestimmt und der Wert als R_E notiert.
- Der Lautsprecher wird an die Klemmen X, Y angeschlossen.
- Bei langsamer Frequenzänderung wird der maximale Ausschlag des Voltmeters als R_M abgelesen. Die zugehörige Frequenz ist f_s .
- Daraus folgt:

$$r_0 = \frac{R_M}{R_E}$$

$$R_I = R_E \cdot \sqrt{r_0}$$

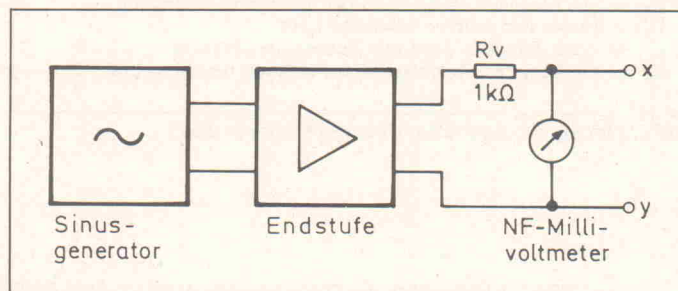


Bild 3. Meßaufbau

e) Nun sind die beiden Stellen f_1 und f_2 oberhalb und unterhalb von f_s auf der Frequenzskala zu suchen, bei denen auf dem Millivoltmeter der Zahlenwert von R_1 erscheint (Bild 4).

f) Kontrollrechnung: $f_s = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$
Wenn dieser Wert um weniger als 1 Hz vom gemessenen f_s abweicht, war die Messung genau.

g) Der Q_{TS} -Faktor kann jetzt bestimmt werden:

$$Q_{MS} = \frac{f_s \cdot \sqrt{r_0}}{f_2 - f_1}$$

$$Q_{ES} = \frac{Q_{MS}}{r_0 - 1}$$

$$Q_{TS} = \frac{Q_{MS} \cdot Q_{ES}}{Q_{MS} + Q_{ES}}$$

h) Das gleiche Meßverfahren (Punkte b . . . f) wird noch einmal durchgeführt – jetzt bei eingebautem Lautsprecher. Das Chassis wird dabei mit der Membran nach innen auf die Schallwand gesetzt, damit sich das Volumen der Testbox nicht verringert. Man erhält so die Resonanzfrequenz f_c des eingebauten Lautsprechers.

i) Aus den bisherigen Meßergebnissen läßt sich der V_{AS} -Wert errechnen (V_B ist das Volumen des Testgehäuses):

$$V_{AS} = V_B \cdot \left(\frac{f_c^2}{f_s^2} - 1 \right)$$

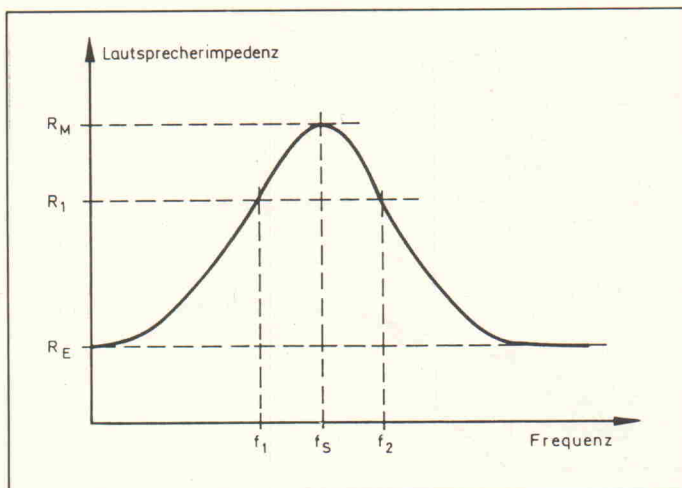


Bild 4. Typische Impedanzkurve eines Lautsprechers

Die Gehäuseformen

1. Die geschlossene Box

Aus den vorangegangenen Messungen sind die Systemdaten bekannt:

f_s – Resonanzfrequenz

Q_{TS} – Q-Faktor des Systems

V_{AS} – Nachgiebigkeitsvolumen

Der Q-Faktor Q_{TG} des zu berechnenden Gehäuses ist noch festzulegen. Aus bereits genannten Gründen ist der Wert $1/\sqrt{2} = 0,707$ günstig (Butterworth-Filter). Werte bis 0,9 können eingesetzt werden. Das Gehäuse wird dann kleiner, der Baß etwas unsauberer.

Das Gehäusevolumen V_G der neuen Box ergibt sich aus:

$$V_G = \frac{V_{AS}}{\frac{Q_{TG}^2}{Q_{TS}^2} - 1}$$

Da geschlossene Gehäuse in der Regel durch Füllmaterial virtuell vergrößert werden, kann man vom errechneten Volumen V_G etwa 10% abziehen.

Beispiel

Zur Verdeutlichung des Rechenganges sei ein Beispiel angeführt. Es handelt sich um ein 20-cm-System für den Einsatz in geschlossenen Boxen. Die Chassisparameter sind:

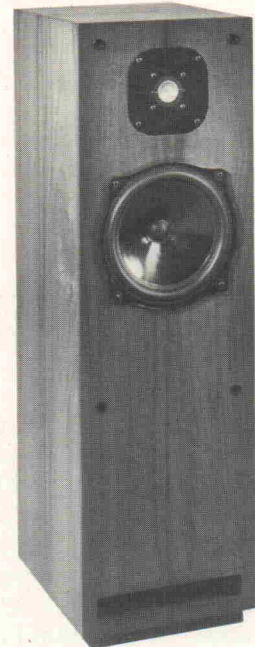
$$V_{AS} = 80 \text{ l}$$

$$Q_{TS} = 0,37$$

$$f_s = 30 \text{ Hz}$$

FOCAL KIT 300 DB

Hören Sie diesen Bausatz und andere aus dem FOCAL-Kitprogramm bei den unten aufgeführten Händlern:



Händlerverzeichnis

Auditorium 23 (069/46 52 02)
6000 FFM, Gabelsberger Str. 23
AUDIOPHIL (089/7 25 66 24)
8000 München, Implerstr. 14
HiFi Sound (02 51/4 78 28)
4400 Münster, Jüdefelderstraße 35
A + O (081 51/1 43 21)
8130 Starnberg, Perchastr. 11a
AB Sound (02 21/21 50 36)
5000 Köln, Limburger Str. 20
FINK (02 03/2 98 98)
4100 Duisburg, Tonhallenstr. 49
Art + Audio (0 40/45 95 91)
2000 Hamburg, Grindelhof 35
Goldt (05 11/33 26 15)
3000 Hannover, Kl. Pfahlstr. 15
Speaker Selection (05 61/2 29 15)
3500 Kassel
MUDRA (05 51/4 57 57)
3400 Göttingen, Goetheallee 6
HAAS (02 71/24 87)
5900 Siegen, Löhrstr. 42
Heinkelmann (0 76 21/4 66 69)
7850 Lörrach, Mozartstr. 14
Top Audio (0 23 61/6 27 25)
4350 Recklingh., Bochumer Str. 193
FOCAL Versand + Vorführstudio
(0 62 32/7 55 99), 6720 Speyer
Karmeliterstr. 18
MUSIK + DESIGN Q3,9 (06 21/1 32 30)
6800 Mannheim
RAE (02 41/50 50 17)
5100 Aachen, Adalbertsteinweg 253

Kitkatalog m. 8 Bauvorschlägen geg.
5,— beim

FOCAL-Vertrieb Deutschland
Karlsruher Str. 51, (0 62 21/37 36 37)
6900 Heidelberg

Der Q-Faktor sei auch hier wieder $Q_{TG} = 0,707$. Mit diesen Werten wird das Gehäusevolumen:

$$V_G = \frac{V_{AS}}{\frac{Q_{TG}^2}{Q_{TS}^2} - 1}$$

$$= \frac{80 \text{ l}}{\frac{(0,707)^2}{(0,37)^2} - 1} = 30,18 \text{ l}$$

Bei 10% Abzug ergibt sich mit 27 Litern eine vernünftige Gehäusegröße für eine Regalbox.

Geschlossene Gehäuse werden heute von einigen Leuten schief angesehen – völlig zu Unrecht. Top-Hersteller wie z. B. KEF, Bowers & Wilkins, Cabasse, Infinity, Magnat, Canton, Dynamic Pearl, usw. wenden dieses Prinzip mit Erfolg an. Jeder Kenner weiß diese Boxen zu schätzen. Es kommt nur darauf an, wie man es macht!

2. Die Baßreflexbox

Nachdem wir mit den Parametern der Lautsprecher und deren Beziehung zueinander einigermaßen vertraut sind, wenden wir uns dem Lieblingskind des Hobby-Entwicklers, der Baßreflexbox, zu. Dieses Kapitel ist etwas ausführlicher als das vorherige gehalten, damit die Geschädigten einiger Abstimmmethoden endlich zu einer gut und sauber klingenden Reflexbox kommen. Denn durch Nonsens-Abstimmungen wie „Kamelhöcker-Methode“, „Kerzentrück“ und ähnlich eigentümliche Dinge ist viel schlechtes Licht auf ein an sich sehr gutes Prinzip gefallen. Wie wir schon aus dem vorangegangenen Kapitel wissen, ist ein Lautsprecher ein Filter zweiter Ordnung. Der Einbau in ein geschlossenes Gehäuse ändert daran nichts. Durch die zusätzliche Luftpolstersteife im Gehäuse werden lediglich die Parameter des Systems verschoben. Leider resultiert daraus auch eine Verschiebung der Resonanzfrequenz zu höheren Werten hin, wodurch die Abstrahlung eines echten Tiefbasses eingeschränkt ist. Da die Rückseite der Membran die gleiche Energie abstrahlt wie ihre Vorderseite, müßte eine Addition der bei-

den Schallquellen einen Gewinn an Schalldruck im Baßbereich bringen. Diese richtige Überlegung führte zur Baßreflexbox. Die Schwierigkeit besteht nur darin, die von der Membranrückseite abgestrahlte Energie im richtigen Frequenzbereich phasenrichtig durch eine Öffnung aus dem Gehäuse herauszuführen. Durch die Öffnung im Gehäuse erhalten wir ein selbständig schwingendes System, das (im Gegensatz zur geschlossenen Box) für sich betrachtet schon ein Filter zweiter Ordnung darstellt. In Verbindung mit dem Lautsprecher ergibt sich dann ein Hochpaßfilter vierter Ordnung.

Die Fragen, die sich nun stellen, sind: Wie läßt sich das alles mit Vorteil nutzen?

Ist das Verhalten eines solchen Systems berechenbar?

Nach diesen grundsätzlichen Überlegungen wenden wir uns zunächst einem Modell der Baßreflexbox zu (Bild 5). Das System besteht aus dem Gehäuse, zwei Hauptöffnungen und einigen Nebenöffnungen. Letztere stellen die Verluste des Systems dar, wie Undichtigkeiten, mitschwingende Gehäusewände, durchlässige Membraneinspannungen und Strömungsverluste durch Turbulenzen und Reibung; sie werden bei den folgenden Berechnungen zum Verlustfaktor Q_L zusammengefaßt. Wir wollen zunächst jedoch vom theoretischen, verlustfreien Idealzustand ausgehen und uns allmählich an den Praxisfall annähern. Betrachten wir also nur die beiden Hauptöffnungen. Die erste Öffnung nimmt den Lautsprecher auf, die zweite stellt die Reflexöffnung dar.

Wie erklären sich nun die Vorgänge im System? Sie können sich das Prinzip sehr leicht durch ein Analogmodell vor Augen führen (Bild 6).

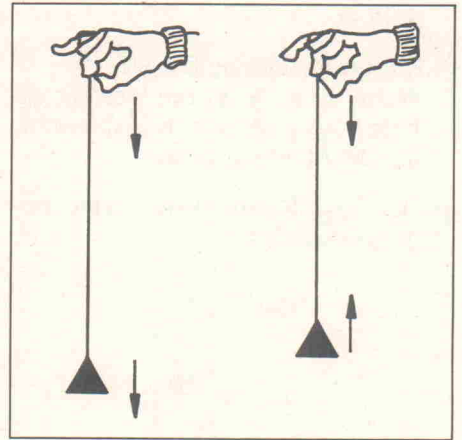


Bild 6. Mechanisches Schwingungsmodell.

Nehmen Sie ein Gummiband, an dessen einem Ende Sie ein Gewicht befestigt haben, und versetzen Sie dieses Gebilde mit der Hand in vertikale Schwingungen. Ihre Hand ist der Lautsprecher, das Gummiband die Luft im Boxenhohlraum und das Gewicht die Masse der Luft in der Öffnung. Sie werden bemerken, daß bei einer bestimmten Geschwindigkeit (Frequenz) Ihrer Bewegung die Hand sich nach unten bewegt, während sich das Gewicht bereits wieder auf seiner Reise nach oben befindet.

Dies ist die Resonanzstelle. An diesem Punkt arbeiten Hand und Gewicht mit Gummiband um 90° phasenverschoben. Gleichzeitig tritt an dieser Stelle der Effekt auf, daß minimale Bewegungen der Hand zu maximalen Ausschlägen des Gewichts führen. Andererseits

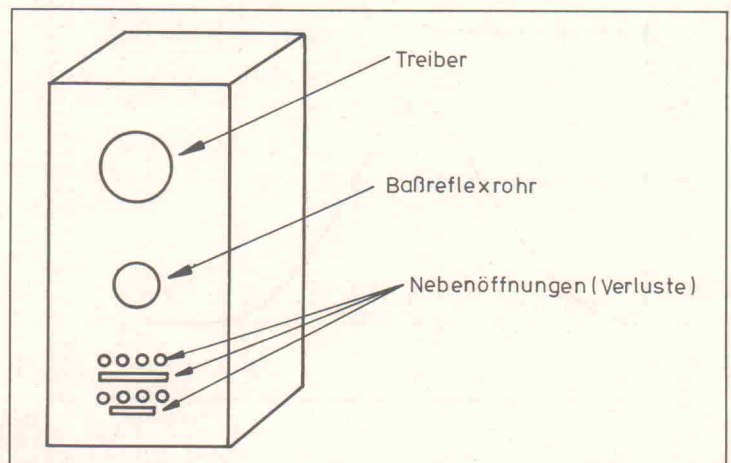


Bild 5. Modell einer Baßreflexbox.

werden Sie auch feststellen, daß bei schneller werdenden Bewegungen der Hand die Ausschläge des Gewichts immer geringer werden, bis ab einer bestimmten Frequenz die Bewegungen der Hand vollständig vom Gummiband aufgefangen werden und das Gewicht sich nicht mehr bewegt.

Ein weiterer Effekt ist zu beobachten, wenn die Frequenz vom Resonanzpunkt aus verringert wird. Dann verliert das Gummiband bei sehr langsamen Bewegungen zunehmend an Elastizität, bis es wie ein festes Seil das Gewicht im Gleichtakt mit der Hand auf- und abbewegt. Diese Vorgänge lassen sich ohne Probleme auf die Baßreflexbox übertragen. Der aus der Reflexöffnung abgestrahlte Anteil ändert frequenzabhängig seine Phasenlage zur Vorderseite der Membran, und zwar mit steigender Frequenz von 180° (Auslöschung) über 90° (Addition) bis 0° (System schwingt nicht mehr; Verhalten wie eine geschlossene Box). Auf dem 90°-Punkt liegt die Resonanz (f_B) des Gehäuses. Hierbei wird der Hauptanteil des Schalls von der Reflexöffnung abgestrahlt, und die Bewegung der Membran ist gering. Daraus resultiert eine der Verbesserungen gegenüber der geschlossenen Box. Geringere Auslenkungen sind gleichbedeutend mit geringeren Verzerrungen. Hinzu kommt die Tatsache, daß die höhere Schalleistung im Baßbereich (bis zu 6 dB mehr Wirkungsgrad im theoretischen Idealfall) Verstärkerleistung einspart. Doch ohne Nachteile ist das Reflexprinzip nicht. Es ist zwar möglich, im Baßbereich mehr Schalldruck zu erzeugen, der Abfall im

Frequenzgang ist aber durch die Filterfunktion vierter Ordnung ab einem bestimmten Punkt wesentlich steiler. Zudem besitzt die Membran unterhalb von f_B praktisch keinen Strahlungswiderstand mehr, so daß verwellte Schallplatten beängstigende Membranhübe erzeugen.

Lassen Sie uns jetzt aber zur praktischen Verwertung all dieser Überlegungen kommen.

Zur Berechnung einer Baßreflexbox benötigen wir die folgenden Parameter:

$$f_S, f_B, V_{AS}, V_B, Q_{TS}, Q_L$$

Während f_S , V_{AS} , V_B und Q_{TS} schon aus dem vorigen Kapitel bekannt sind, sind f_B und Q_L neu.

Bei f_B handelt es sich um die Resonanz, die aus der Nachgiebigkeit der Gehäuseluft und der Masse der Luft in der Reflexöffnung entsteht.

Q_L ist der Verlustfaktor des Systems, dessen Handhabung im weiteren Verlauf beschrieben wird.

Wir führen jetzt zur Vereinfachung den Ausdruck „h“ ein, der das Verhältnis von f_B zu f_S beschreibt:

$$h = \frac{f_B}{f_S}$$

Das Gesamtverhalten des Reflexsystems läßt sich in eine elektrische Analogie überführen (Bild 7). Hier erkennt

Fostex

sagt mehr als tausend Worte



Professionelle Einzel-Lautsprecher für HiFi- und Studio-Monitore



Radial-Holzhörner für verformungsfreie Mitteltonwiedergabe bei Hornkonstruktionen ab DM 190,-



Magnetostaten ab 150 Hz, 800 Hz und 3,5 kHz für lupenreine Auflösung im Mittel- und Hochtonbereich

Aktive und passive Netzwerke nach Maß



Systeme mit aufhängungslosem Super-Baß und Magnetostaten, GZ 1001 DM 2.490,- / GZ 2001 DM 4.450,-



Pyramidsysteme von 45 bis 120 cm Höhe, auch Einzelgehäuse lieferbar ab DM 120,-



Exponential-Hornsysteme mit beeindruckender Dynamik über den gesamten Frequenzbereich

Exklusiv bei ACR

Ob Fertig-Lautsprecher oder Bausatz-System – wenn Sie Qualität schätzen und das Besondere lieben, werden Sie diese Systeme in die engere Wahl ziehen müssen! Gelegenheit dazu haben Sie bei einer Hörprobe in einem unserer Spezial-Lautsprecher-Shops:

D-2900 OLDENBURG, Ziegelhofstr. 97, Tel. 0441/776220
D-4000 DÜSSELDORF 1, Steinstraße 26, Tel. 0211/328170
D-5000 KÖLN 1, Unter Goldschmied 6, Tel. 0221/2402088
D-6000 FRANKFURT/M. 1, Gr. Friedbergerstr. 40-42, Tel. 0611/284972
D-6600 SAARBRÜCKEN, Nauwieserstr. 22, Tel. 0681/398834
D-8000 MÜNCHEN 40, Ainmillerstr. 2, Tel. 089/336530

CH-1227 GENÈVE-CAROUGE, 8 Rue du Pont-Neuf, Tel. 022/425353
CH-4057 BASEL, Feldbergstr. 2, Tel. 061/266171
CH-8005 ZÜRICH, Heinrichstr. 248, Tel. 01/421222
CH-8621 WETZIKON, Zürcherstr. 30, Tel. 01/932873

Generalvertrieb für den deutschsprachigen Raum:

ACR AG., Heinrichstr. 248, CH-8005 ZÜRICH, Tel. 01/421222, Telex 58310 acr ch

Infos nur gegen DM 3,- in Briefmarken.

- R_E = DC Widerstand der Schwingspule
- R_g = Ausgangswiderstand des Verstärkers
- e_g = Leerlaufausgangsspannung des Verstärkers
- R_{ES} = elektrischer Widerstand, resultierend aus Treiberaufhängungsverlusten

- C_{MES} = elektr. Kapazität durch Treibermasse
- L_{CES} = Induktivität durch Treibernachgiebigkeit
- L_{CEB} = Gehäusenachgiebigkeit
- R_{EL} = Leckwiderstand des Gehäuses
- C_{MEP} = Luftmasse im Tunnel

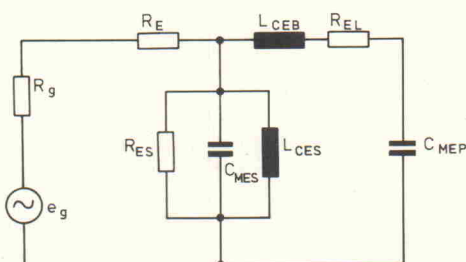


Bild 7. Elektrisches Ersatzschaltbild einer Baßreflexbox.

man ganz deutlich, daß das Netzwerk sich wie ein Hochpaß vierter Ordnung verhält.

Wir wollen uns hier aber nicht mit der komplizierten Vierpoltheorie aufhalten und überführen das Ganze in eine handliche Betragsformel:

$$\text{Pegel (dB)} = 20 \log \frac{\omega^4}{((\omega^4 - C\omega^2 + A)^2 + (B\omega - D\omega^3)^2)^{0.5}}$$

ω ist die normierte Kreisfrequenz; A, B, C und D sind die Pole des Filters. So sind zum Beispiel bei einem Butterworthfilter die Beträge:

$$\begin{aligned} A &= 1 \\ B &= 2,6131 \\ C &= 3,4142 \\ D &= 2,6131. \end{aligned}$$

Wie aber läßt sich mit dieser Formel der Frequenzgang einer Baßreflexbox berechnen?

Dazu muß definiert werden, welche Lautsprecher- und Gehäuseparameter für die einzelnen Filterpole bestimmend sind:

$$\begin{aligned} A &= h^2 \\ B &= \frac{h^2}{Q_{TS}} + \frac{h}{Q_L} \\ C &= 1 + h^2 + \frac{h}{Q_{TS} \cdot Q_L} + \alpha \\ D &= \frac{1}{Q_{TS}} + \frac{h}{Q_L}, \end{aligned}$$

wobei α das Verhältnis von V_{AS} zu V_B darstellt.

$$\alpha = \frac{V_{AS}}{V_B}$$

Hier taucht erstmals der schon erwähnte Parameter Q_L auf. Dazu später mehr.

Wir können jetzt durch das Einsetzen willkürlicher Werte für Q_{TS} , Q_L , h und α in die Formel verschiedene Frequenzgänge simulieren, die alle Hochpässe vierter Ordnung sind. Der Pegel wird dabei \pm dB bezogen auf 0 dB angegeben.

Wer diese Berechnungen einmal durchgeführt hat, dem wird schnell klar, warum in der Vergangenheit so viel Unsinn über Reflexboxen geschrieben wurde. Die ganze Rechnerei

ist nämlich so kompliziert und umfangreich, daß sie erst im Computerzeitalter mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden konnte.

Die in einigen „Fachbüchern“ vorgeschlagene Methode, eine Box über die Impedanzkurve abzustimmen (Kamelhöckermethode), gehört in die Nostalgie-Ecke. Es ist schlimm genug, daß von einigen professionellen Lautsprecherentwicklern auch im sogenannten „HIGH-END“-Bereich noch immer diese antiquierte Methode der Baßreflexabstimmung benutzt wird. Hier liegt die große Chance des Hobby-Konstrukteurs, die Nase vorn zu haben.

Nach häufigem Simulieren von Frequenzgängen mittels willkürlich gewählter Parameter erkennt man schnell, daß man öfter zu verbogenen als zu geraden Frequenzgängen kommt. Da aber im HiFi-Bereich ein möglichst gerader Frequenzgang mit guter Impulsantwort erwünscht ist, wird erkennbar, daß offensichtlich nur eine kleinere Anzahl möglicher Parameter-Kombinationen in Frage kommt.

Hier liegt der Schwerpunkt der Arbeiten der Australier Thiele und Small. Beide haben einige der sinnvollsten Parameter-Kombinationen aufgezeigt, und mit Hilfe der sogenannten Alignments lassen sich mit Reflexboxen alle Filterfunktionen von Bessel über Butterworth bis Tschebyscheff nachvoll-

ziehen. Small hat außerdem die praktisch immer auftretenden Verluste mit in seine Berechnungen einbezogen und sie zu einem Gesamtverlustfaktor Q_L zusammengefaßt. Dessen Wert liegt in der Regel zwischen 3 und 20. Die gebräuchlichsten Werte sind 5, 7 und 10, wobei kleine Werte für hohe Verluste stehen und umgekehrt.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß eine kleine Box geringere Verluste hat als eine große. Ausgehend von diesen Fakten konnte man die günstigsten Alignments tabellarisch zusammenfassen.

Verschiedene Filter

Wir haben schon die Filterpole der Butterworthfunktion vierter Ordnung kennengelernt und auch deren Betragsfrequenzgang dargestellt. Eine kurze Rechnung zeigt uns, daß die Werte für Lautsprecher- und Gehäuseparameter einzigartig sind. Das heißt, es gibt nur einen Parametersatz, der, bezogen auf Q_L , die Voraussetzungen für ein Butterworthalignment erfüllt. Bei einer idealen, verlustfreien Box wären $Q_{TS} = 0,383$, $h = 1$ und $\alpha = \sqrt{2}$.

Da nur wenige Lautsprecher einen Q_{TS} von exakt 0,383 aufweisen, sind von Thiele und Small noch andere Filterfunktionen in ihren Tabellen angeführt worden. Die Alignments mit kleineren Q_{TS} als die für B 4 werden als Q_{B3} bezeichnet, die mit größeren Q_{TS} als C 4. Q_{B3} bedeutet, daß sich das Filter quasi

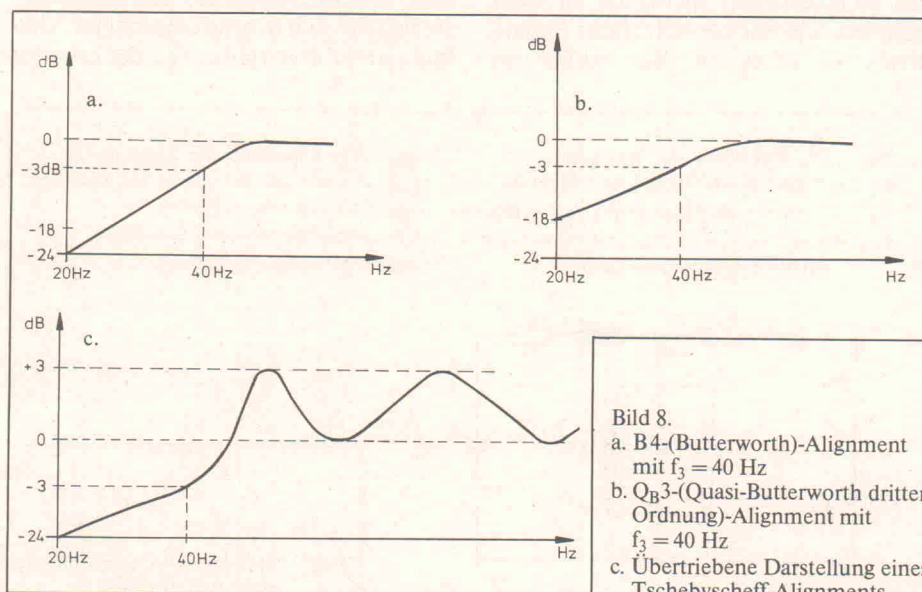


Bild 8.

- a. B 4-(Butterworth)-Alignment mit $f_3 = 40$ Hz
- b. Q_{B3} -(Quasi-Butterworth dritter Ordnung)-Alignment mit $f_3 = 40$ Hz
- c. Übertriebene Darstellung eines Tschebyscheff-Alignments

wie eine Butterworthfunktion dritter Ordnung verhält (flacherer Abfall bei gestiegener unterer Grenzfrequenz), obwohl es sich mathematisch betrachtet immer noch um ein Filter vierter Ordnung handelt. C 4 kennzeichnet eine Tschebyscheff-Funktion vierter Ordnung. Hierbei handelt es sich, im Gegensatz zur geschlossenen Box, um ein Filter mit „equal ripple“. Das heißt, daß der Frequenzgang um einen bestimmten Betrag oberhalb der Bezugssachse schwankt.

C 4-Funktionen weisen also mit steigendem Q_{TS} größere Welligkeiten im Übertragungsbereich auf, wobei auch die Impulsverarbeitung mit steigender

Welligkeit immer schlechter wird. Die einzelnen Frequenzgänge sind in Bild 8 dargestellt.

Wie können wir aber einen passenden Parametersatz für ein gegebenes Lautsprecherchassis finden? Betrachten Sie dazu die Tabellen in Bild 9, 10 und 11. Grundlage der dort aufgelisteten Alignments ist der Verlustfaktor Q_L . Dieser ist bei einer bestehenden Box meßbar, bei einer Neukonstruktion muß er jedoch geschätzt werden. Realistisch sind Q_L -Werte zwischen 5 und 10. Dabei ist 7 ein mittlerer Wert und gilt für Boxen mittleren Volumens (ca. 40 – 100 Liter). Bei kleineren Regalboxen kann ein Q_L von 10 angenommen

werden. Q_L -Werte um 5 bleiben sehr großen Boxen vorbehalten.

Rechnen wir jetzt alles an einem praktischen Beispiel durch. Gegeben ist ein 25 cm-Baßlautsprecher mit folgenden Parametern:

$$f_s = 25 \text{ Hz}$$

$$Q_{TS} = 0,27$$

$$V_{AS} = 160 \text{ Liter.}$$

Aus den Tabellen ersehen wir, daß α um 3,7 liegt.

$$\text{Boxvolumen } V_B = \frac{V_{AS}}{\alpha} = \text{ca. } 43 \text{ Liter}$$

Wir haben also einen Q_L von 7 zu erwarten.

Jetzt gehen wir in die passende Tabelle

Q_{TS}	h	α	f_3/f_s	Ripple (dB)
.2000	2.0014	7.5746	2.5914	
.2100	1.9080	6.7702	2.4566	
.2200	1.8232	6.0730	2.3332	
.2300	1.7459	5.4646	2.2198	
.2400	1.6751	4.9306	2.1151	
.2500	1.6101	4.4594	2.0180	
.2600	1.5502	4.0415	1.9276	
.2700	1.4948	3.6691	1.8430	
.2800	1.4434	3.3358	1.7637	
.2900	1.3957	3.0364	1.6889	
.3000	1.3512	2.7663	1.6183	
.3100	1.3097	2.5220	1.5514	
.3200	1.2708	2.3001	1.4877	
.3300	1.2344	2.0980	1.4269	
.3400	1.2003	1.9134	1.3687	
.3500	1.1681	1.7444	1.3129	
.3600	1.1378	1.5893	1.2592	
.3700	1.1093	1.4464	1.2074	
.3800	1.0823	1.3147	1.1576	
.3900	1.0568	1.1929	1.1095	
.4000	1.0326	1.0801	1.0632	
.4100	1.0095	.9757	1.0190	-
.4200	.9877	.8785	.9767	-
.4300	.9652	.7920	.9377	-
.4400	.9425	.7154	.9016	-
.4500	.9200	.6480	.8684	-
.4600	.8979	.5888	.8379	.01
.4700	.8766	.5370	.8100	.01
.4800	.8560	.4915	.7844	.02
.4900	.8364	.4516	.7609	.03
.5000	.8178	.4166	.7395	.04
.5100	.8002	.3857	.7198	.06
.5200	.7836	.3583	.7017	.08
.5300	.7680	.3340	.6852	.11
.5400	.7533	.3122	.6699	.13
.5500	.7394	.2927	.6558	.16
.5600	.7263	.2752	.6428	.20
.5700	.7140	.2592	.6307	.23
.5800	.7024	.2447	.6195	.27
.5900	.6915	.2314	.6091	.31
.6000	.6811	.2192	.5994	.35
.6100	.6713	.2080	.5903	.40
.6200	.6620	.1975	.5818	.44
.6300	.6531	.1878	.5738	.49
.6400	.6447	.1787	.5663	.54
.6500	.6367	.1701	.5592	.59

Bild 9. Small-Alignments für $Q_L = 5$

Q_{TS}	h	α	f_3/f_s	Ripple (dB)
.2000	1.9393	7.7775	2.5289	
.2100	1.8494	6.9524	2.3968	
.2200	1.7678	6.2372	2.2759	
.2300	1.6935	5.6132	2.1647	
.2400	1.6254	5.0655	2.0620	
.2500	1.5629	4.5822	1.9667	
.2600	1.5054	4.1535	1.8778	
.2700	1.4522	3.7714	1.7946	
.2800	1.4029	3.4295	1.7165	
.2900	1.3571	3.1223	1.6429	
.3000	1.3145	2.8452	1.5732	
.3100	1.2748	2.5944	1.5070	
.3200	1.2376	2.3667	1.4439	
.3300	1.2028	2.1594	1.3836	
.3400	1.1702	1.9699	1.3258	
.3500	1.1395	1.7964	1.2702	
.3600	1.1106	1.6371	1.2167	
.3700	1.0834	1.4905	1.1651	
.3800	1.0578	1.3552	1.1153	
.3900	1.0335	1.2300	1.0674	
.4000	1.0103	1.1146	1.0215	
.4100	.9886	1.0070	.9777	-
.4200	.9662	.9113	.9373	-
.4300	.9436	.8266	.9001	-
.4400	.9212	.7521	.8660	-
.4500	.8992	.6868	.8348	.01
.4600	.8780	.6297	.8064	.01
.4700	.8578	.5798	.7804	.02
.4800	.8385	.5361	.7567	.03
.4900	.8203	.4978	.7351	.05
.5000	.8031	.4642	.7155	.07
.5100	.7870	.4345	.6975	.09
.5200	.7719	.4083	.6810	.12
.5300	.7578	.3849	.6659	.15
.5400	.7445	.3640	.6520	.19
.5500	.7321	.3453	.6393	.23
.5600	.7205	.3284	.6275	.27
.5700	.7096	.3131	.6166	.31
.5800	.6993	.2992	.6065	.36
.5900	.6896	.2865	.5971	.41
.6000	.6805	.2749	.5883	.46
.6100	.6719	.2641	.5802	.51
.6200	.6638	.2542	.5726	.57
.6300	.6561	.2449	.5654	.63
.6400	.6488	.2363	.5587	.68
.6500	.6418	.2283	.5524	.74

Bild 10. Small-Alignments für $Q_L = 7$

Q_{TS}	h	α	f_3/f_s	Ripple (dB)
.2000	1.8960	7.9232	2.4845	
.2100	1.8085	7.0834	2.3543	
.2200	1.7292	6.3554	2.2351	
.2300	1.6569	5.7202	2.1255	
.2400	1.5908	5.1627	2.0241	
.2500	1.5301	4.6706	1.9299	
.2600	1.4742	4.2342	1.8421	
.2700	1.4225	3.8452	1.7599	
.2800	1.3747	3.4971	1.6826	
.2900	1.3303	3.1843	1.6097	
.3000	1.2890	2.9022	1.5406	
.3100	1.2505	2.6469	1.4748	
.3200	1.2146	2.4150	1.4121	
.3300	1.1809	2.2038	1.3521	
.3400	1.1493	2.0109	1.2945	
.3500	1.1197	1.8342	1.2390	
.3600	1.0918	1.6719	1.1855	
.3700	1.0656	1.5225	1.1339	
.3800	1.0409	1.3846	1.0841	
.3900	1.0175	1.2571	1.0363	
.4000	.9954	1.1390	.9907	-
.4100	.9732	1.0325	.9482	-
.4200	.9507	.9381	.9092	-
.4300	.9282	.8550	.8736	-
.4400	.9062	.7822	.8410	.01
.4500	.8848	.7187	.8114	.01
.4600	.8644	.6632	.7844	.02
.4700	.8451	.6148	.7600	.03
.4800	.8269	.5725	.7377	.05
.4900	.8097	.5355	.7175	.07
.5000	.7937	.5029	.6991	.10
.5100	.7787	.4742	.6823	.13
.5200	.7648	.4487	.6670	.16
.5300	.7517	.4261	.6529	.20
.5400	.7396	.4059	.6401	.24
.5500	.7282	.3877	.6282	.29
.5600	.7176	.3714	.6173	.34
.5700	.7077	.3565	.6072	.39
.5800	.6983	.3431	.5979	.44
.5900	.6896	.3308	.5892	.50
.6000	.6814	.3195	.5812	.55
.6100	.6736	.3092	.5737	.61
.6200	.6663	.2996	.5667	.68
.6300	.6594	.2907	.5601	.74
.6400	.6529	.2825	.5540	.80
.6500	.6467	.2748	.5482	.87

Bild 11. Small-Alignments für $Q_L = 10$

für $Q_L = 7$ (Bild 10) und suchen den korrekten Parametersatz für $Q_{TS} = 0,27$.

Wir finden:

$$\begin{aligned} h &= 1,4522 \\ \alpha &= 3,7714 \\ f_3/f_S &= 1,7946. \end{aligned}$$

Nun folgt:

$$V_B = \frac{V_{AS}}{\alpha} = \frac{160}{3,7714} = 42,43 \text{ Liter.}$$

Die Tuningfrequenz des Gehäuses errechnet sich wie folgt:

$$f_B = f_S \cdot h = 25 \cdot 1,4522 = 36,31 \text{ Hz.}$$

Der -3 dB -Punkt des Frequenzgangs ergibt sich aus der Beziehung:

$$f_3 = (f_3/f_S) f_S = 1,7946 \cdot 25 = 44,87 \text{ Hz.}$$

Sie haben jetzt alle Daten für Ihre Box zusammen. Es muß nur die passende Tunnelgröße für f_B gefunden werden. Die Formel lautet:

$$L_V = \frac{C^2}{4\pi} \cdot \frac{R^2}{f_B^2 \cdot V_B} - K \cdot R$$

Hierbei ist L_V die Länge des Rohres oder Tunnels. Bei nur einem Loch in der Schallwand ist es die Schallwandstärke.

C ist die Schallgeschwindigkeit in Luft $= 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

R ist der Radius des Tunnels. Bei rechteckigen Tunneln errechnet sich der Radius zu

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}},$$

wobei A die Fläche des Tunnels ist. Alle Angaben in den Formeln beziehen sich auf die Größen m , m^2 und m^3 . Der Term $K \cdot R$ ist die abzuziehende Längenkorrektur des Tunnels, die den Korrekturfaktor K enthält. Man kann davon ausgehen, daß ein Reflaxtunnel eine von drei möglichen Ausführungen ist.

1. ein einfaches Loch in der Wand (Bild 12)
2. ein Rohr oder Tunnel, einseitig bündig (Bild 13)
3. ein Rohr oder Tunnel, beidseitig freistehend (Bild 14).

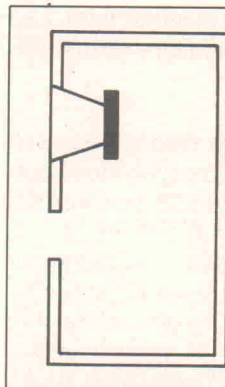


Bild 12. Wandloch als Reflaxtunnel.

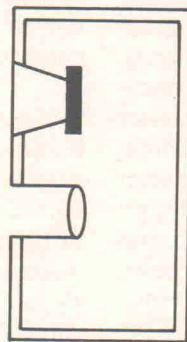


Bild 13. Einseitig bündiges Rohr als Reflaxtunnel.

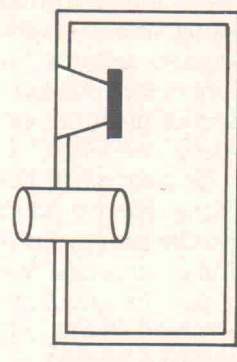


Bild 14. Beidseitig freistehendes Rohr als Reflaxtunnel.

Die Werte für K betragen:

$$\begin{aligned} \text{Fall 1} &= 1,7 \\ \text{Fall 2} &= 1,463 \\ \text{Fall 3} &= 1,266 \end{aligned}$$

Ein weiterer wichtiger Punkt muß jetzt angesprochen werden, die Vermeidung von Strömungsgeräuschen im Tunnel.

Damit solche deutlich hörbaren Geräusche nicht entstehen, darf die Strömungsgeschwindigkeit der Tunnel Luft höchstens 10% der Schallgeschwindigkeit betragen, oder anders ausgedrückt, die höchstzulässige Strömungsgeschwindigkeit ist das 0,1fache der Schallgeschwindigkeit $= \text{MACH } 0,1$.

MACH wird im weiteren Verlauf als M_N normiert. Thiele empfahl sogar, nur 5% der Schallgeschwindigkeit als Strömungsgeschwindigkeit zuzulassen. Daraus folgt, daß $M_N = 0,05 \dots 0,1$ betragen sollte.

Die Formel zur Berechnung des Mindestradius des Tunnels ist:

$$R = \sqrt{\frac{0,008838 \cdot \sqrt{W_A}}{f_B \cdot M_N}}$$

Der Tunnelradius wird in Metern angegeben. W_A ist die maximal abgestrahlte Schallenergie in akustischen Watt für eine Membranseite.

W_A ergibt sich durch die Beziehung:

$$W_A = \frac{9,52 \cdot 10^{-7} \cdot f_S^3 \cdot V_{AS} \cdot W_E}{Q_{ES}}$$

wobei W_E die maximal zugeführte Verstärkerleistung, sprich maximale Belastbarkeit des Lautsprechers in elektrischen Watt ist. Q_{ES} ist der elektrische Q-Faktor. Alle anderen Parameter sind bekannt. Wir rechnen das

wiederum an einem Beispiel durch. Unser Lautsprecher hat

$$Q_{ES} = 0,29$$

$$f_S = 25 \text{ Hz}$$

$$V_{AS} = 160 \text{ Liter}$$

$$f_B = 36,31 \text{ Hz}$$

Wir lassen $M_N = 0,1$ zu. W_E sei 100 Watt.

Als erstes wird die maximale akustische Ausgangsleistung für die Membranrückseite ermittelt:

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{9,52 \cdot 10^{-7} \cdot f_S^3 \cdot V_{AS} \cdot W_E}{Q_{ES}} \\ &= \frac{9,52 \cdot 10^{-7} \cdot 25^3 \cdot 0,16 \cdot 100}{0,29} \\ &= 0,82 \text{ akustische Watt.} \end{aligned}$$

Weiter geht es mit:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{\frac{0,008838 \cdot \sqrt{W_A}}{f_B \cdot M_N}} \\ &= \sqrt{\frac{0,008838 \cdot \sqrt{0,82}}{36,31 \cdot 0,1}} = 0,0469 \text{ m} \\ &= 4,69 \text{ cm} \end{aligned}$$

Der Reflaxtunnel muß also in unserem Fall einen Mindestdurchmesser von $2 \cdot 4,69 = 9,38 \text{ cm}$ haben.

Zum Schluß noch etwas Wichtiges. Um die Genauigkeit des Alignments zu steigern, kann man die Frequenzweiche in die Berechnung einbeziehen. Der ohmsche Widerstand der Baßspule verändert nämlich den Q_{ES} eines Lautsprechers.

Q_{TS} setzt sich wie folgt zusammen

$$Q_{TS} = \frac{Q_{MS} \cdot Q_{ES}}{Q_{MS} + Q_{ES}}$$

Q_{MS} ist der mechanische Q-Faktor des Lautsprechers. Unser Lautsprecher im Beispiel hat einen $Q_{MS} = 3,3$ und einen $Q_{ES} = 0,29$.

Bei einem Q_{TS} von 0,27 sieht man, daß der Wert Q_{ES} der maßgebende von beiden ist.

Bei der Berechnung von Q_{ES} taucht der Gleichstromwiderstand der Schwing-spule auf. Der Widerstand von unserer Baßspule addiert sich zu dem Gleichstromwiderstand und ändert so Q_{ES} .

$$Q_{ESN} = \frac{R_E + R_x}{R_E} \cdot Q_{ES} = 0,36$$

$$Q_{TSN} = \frac{Q_{ESN} \cdot Q_{MS}}{Q_{ESN} + Q_{MS}} = 0,33$$

Q_{ESN} ist der geänderte Q_{ES} -Wert, Q_{TSN} der neue Q_{TS} -Wert; R_E ist der Gleichstromwiderstand, in unserem Beispiel 5,5 Ohm. Bei einer Weiche dritter Ordnung kann der Widerstand der Baßspule R_x ca. 1,5 Ohm betragen. Nach unserer Formel kämen wir auf einen geänderten Wert für Q_{TS} von 0,33. Gehen wir jetzt wieder in die Tabelle, ermitteln wir folgende Werte:

Gehäusevolumen $V_B = 74,1 \text{ l}$
 Abstimmfrequenz $f_B = 30 \text{ Hz}$
 $-3 \text{ dB-Punkt } f_3 = 35 \text{ Hz}$

Wie man sieht, ist die Abweichung erheblich und nicht zu vernachlässigen. Auf die gleiche Art und Weise kann man natürlich auch die Anschlußkabel in die Berechnung einbeziehen.

Hierzu noch einige Anmerkungen.

Seit einiger Zeit führen Lautsprecherhändler, die etwas auf sich halten, Frequenzweicheninduktivitäten von wahrhaft monströsen Ausmaßen, sogenannte verlustarme Luftspulen. Die Autoren kennen so manche Mini-Box, die auf diese Weise den Platz einer ausgewachsenen Standbox benötigt. Die Vorteile dieser Aufrüstung lassen sich an einer Hand abzählen:

- leichte Gewinne in der Kupfer-industrie
- etwas schwerere Gewinne in der Tasche des Händlers
- ein höherer Kostenaufwand bei der Weiche als bei den Lautsprechern
- ein niedrigerer Q_{TSN} -Wert und
- weniger Baß.

Der Zusammenhang wird in Bild 15 verdeutlicht.

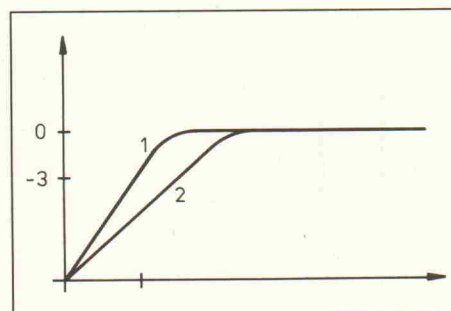


Bild 15. Einfluß der Spulenausführung auf den Frequenzgang.
 1 - Kurve mit korrekter Weiche
 2 - Kurve mit „Low Loss“-Weiche und folglich zu niedrigem Q_{TS}

Die Konstrukteure von Bauvorschlägen haben ja schließlich schon die Verluste der Weiche mit einberechnet. Durch Verwendung „verlustarmer“ Spulen wird das Alignment des Lautsprechers verändert. Das Ergebnis: Der Tieftonbereich fällt früher ab, als es bei Verwendung der richtigen Weiche der Fall gewesen wäre.

Der erfahrene Entwickler nutzt die Möglichkeit, wenigstens einen Lautsprecherparameter so zu ändern, wie er es braucht. Es gibt doch schließlich eine Reihe von Lautsprecher-Chassis, die, ausgerüstet mit Riesenmagneten und Super- Q_{TS} -Werten, leider gar nicht mehr in der Lage sind, Baß abzu-strahlen. Ein bekannter englischer Entwickler, Mr. Jordan, sagte einmal zu diesem Thema: „Ein großer Magnet ist die teuerste Methode, Baßwiedergabe zu verhindern.“

Nachdem wir jetzt wissen, wie man Baßreflex-Systeme korrekt abstimmt, wollen wir uns zwei besonders ausgefeilten Neuentwicklungen des Resonatorprinzips zuwenden.

1. Der TL-Resonator

Während ihrer langjährigen Entwicklungstätigkeit standen die Autoren immer wieder vor dem Problem der richtigen Bedämpfung von Baßreflexboxen. Die besondere Schwierigkeit lag darin, daß in verschiedenen Abhörräumen unterschiedliche Bedämpfungen erforderlich waren. Auf den ersten Blick scheint dieses Problem nicht gravierend zu sein. Es stellte sich aber in Versuchsreihen mit verschiedenen

**UNSERE
LAUTSPRECHER-BAUSÄTZE
SIND SPITZE!**

*Jetzt besonders
günstig
durch Eigenbau*

IMF-TRANSMISSION-LINE-Boxen besonders preisgünstig durch Eigenbau!
 Beispiel: Professional Monitor DM 1665,- pro Paar incl. Zubehör (NP ca. 8000,-)
 SACM DM 1695,- (NP 10.000,-)

mit Neuheiten von FOCAL, IMF, KEF
 SEAS, VIFA, (gg. DM 5,- in Brfm.)

KATALOG 84/85

**IMF
FOCAL
CELESTION
AUDAX
KEF**

Detaillierte Info gg. Bfm.
 DM 1.80 (oS 20,- sfr. 2.-)
**LAUTSPRECHER-VERTRIEB
OBERHAGE**
 Pf. 1562, Perchastr. 11a, D-8130 Starnberg
 in Österreich: IEK-AKUSTIK
 Bruckner Str. 2, A-4490 St. Florian/Linz

Eine gute Nachricht für Profis und solche die es werden wollen: Boxenbau ist Vertrauenssache!

Jede Box hat eigene Klangeigenschaften. Vertrauen Sie deshalb nur Ihren Ohren und hören Sie unsere Bausätze probe, wie viele dies mit Begeisterung tun.

Kaufen Sie nicht die Katze im Sack. Selbst der weiteste Weg lohnt sich, denn wir beraten gerne und ohne Kaufzwang.

Gute Beratung ist die halbe Box gebaut. Damit Ihnen kein "Hertz" verlorengeht, kommen Sie zu uns

PROFISOUND Die Nr. 1 im Lautsprecherbau

Postfach 25 02 34 · Dürkheimer Straße 31
 6700 Ludwigshafen · Telefon 06 21/67 31 05

Info's über alle Bausätze (auch die elrad-Bausätze, der von uns vertretenen Firmen) können Sie gegen DM 10,- in Schein erhalten. Info's enthalten Pläne, Daten, Klangeindrücke, Dämpfungs- und Aufbauanleitungen.

Nichts macht den Boxenbauer so zufrieden wie eine Entscheidung, die ihn keine Kompromisse gekostet hat.

Boxen heraus, daß dadurch das Alignment stark verändert wurde. Außerdem wurde erkannt, daß die Probleme bei kleineren Boxen unter ca. 40 Litern nicht so groß waren. Das führte zu folgenden Überlegungen: Die Membranrückseite wird im Idealfall, ähnlich wie bei der Transmissionsline, durch eine gegenphasig rücklaufende Welle bedämpft. Das heißt, daß die zurückschwingende Membran im Gehäuse auf einen gerade ankommenden Druckbauch läuft. Bewegt sich die Membran nach außen, läuft auch der Druckbauch gerade weg, so daß sich die Membran von einer zusätzlichen Luftverdünnung weg bewegt. Dieser Zustand ist die ideale Bedämpfung im Resonanzbereich.

Nach vielen Versuchen und Computersimulationen von mathematischen Modellen kristallisierte sich heraus, wo das Problem lag. Es zeigte sich, daß ab einer bestimmten Gehäusegröße die rückläufige Welle regelrecht in der Box verpuffte und somit zur Bedämpfung der Membran nicht mehr zur Verfügung stand. Das Problem lag also in der üblichen Anordnung des Reflextunnels, bei der dieser freistehend in das Gehäuse hineinragt. Es galt also, eine Tunnelanordnung zu finden, bei der unabhängig von der Gehäusegröße eine intensive Verkopplung der Membranrückseite mit der schon erwähnten rückläufigen Welle stattfindet. Aber es galt noch ein weiteres Problem zu lösen. Im Bereich sehr tiefer Frequenzen ist es vorteilhaft, die bewegte Masse zu erhöhen, um Ausschwingvorgänge in den subsonischen Bereich zu verschieben und damit unhörbar zu machen. Durch die größere Masseträgheit würden auch die Membranhübe bei verwellten Schallplatten reduziert.

Nach vielen Überlegungen und weiteren Computersimulationen konnten wir alle Probleme durch eine völlig neuartige Anordnung des Reflextunnels auf einmal lösen.

Die Anordnung zeigt Bild 16.

Wie man sieht, arbeitet die Membran nicht mehr ausschließlich auf den Gehäusehohlraum, sondern sie befindet sich jetzt auf der Nahtstelle zwischen Hohlraumfeder und Tunnelmasse. Es ist beim Betrachten des Prinzips sofort erkennbar, daß die gewünschte inten-

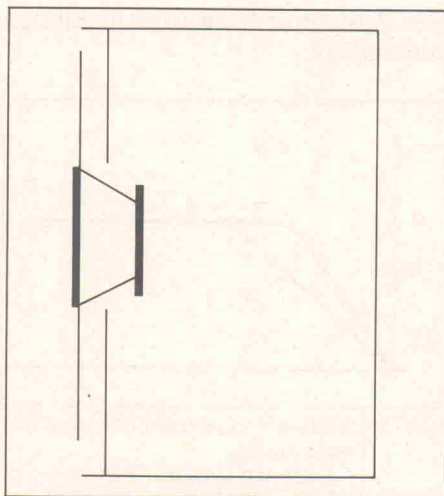


Bild 16. Prinzip eines TL-Resonators. Die Tunnel gehen über die gesamte Boxenbreite.

sive Verkopplung der Tunnelmasse mit der Membranrückseite nicht mehr behindert wird. Die aus der Anordnung nach Bild 16 resultierenden Vorteile sind folgende:

1. Ausnutzen der Strömungsvorgänge zur direkten Membranbedämpfung. Dieser Zustand ist dem einer Transmissionsline sehr ähnlich. Daher der Name TL-Resonator (Transmissionsline-Resonator).
2. Direktes Ankoppeln der Tunnelluftmasse verschiebt die Ausschwingvorgänge in den subsonischen Bereich und macht sie damit unhörbar.
3. Es ist möglich, den Gehäusehohlraum stärker zu bedämpfen als bei herkömmlicher Anordnung, ohne die Resonatorfunktion stark zu beeinträchtigen. Dadurch läßt sich die Box problemlos auf die verschiedensten Hörräume abstimmen.
4. Durch die symmetrische Belastung der Membran werden Taumelbewegungen vermieden.
5. Die Anordnung der Tunnelausgänge an den jeweiligen Endpunkten bei der Schallwand bewirkt durch eine virtuelle Membranflächenvergrößerung einen erhöhten Strahlungswiderstand, was dem Wirkungsgrad und dem Impulsverhalten zugute kommt.

Die Dimensionierung von Gehäusevolumen (V_B), Gehäuseresonanz (f_B) und Tunnellänge (L_V) geschieht nach dem bereits beschriebenen Verfahren.

Dabei muß allerdings beachtet werden, daß zur Berechnung der Tunnellängen die Flächen der Tunnel addiert werden müssen.

$$R = \sqrt{\frac{A_1 + A_2}{\pi}}$$

Der Korrekturfaktor (K) für die Längenformel (L_V) ist 1,4.

Das Ergebnis für L_V gilt dann für jeden der beiden Kanäle. Das heißt, wenn das Ergebnis $L_V = 15$ cm ist, muß sowohl der obere als auch der untere Tunnel 15 cm lang sein.

Während unserer Versuchsreihen stellte sich heraus, daß sich der TL-Resonator auch mit nur einem Tunnel aufbauen läßt (Bild 17).

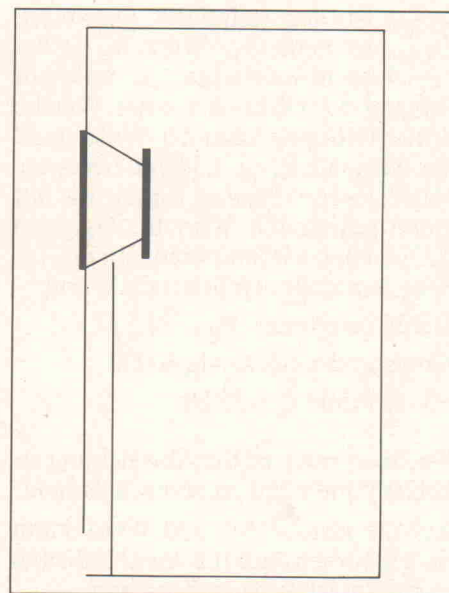


Bild 17. Prinzip eines TL-Resonators mit nur einem Tunnel.

Dieses Verfahren ist nicht ganz so ideal. Die Vorteile gegenüber den herkömmlichen Bauweisen bleiben jedoch erhalten, wenn auch in etwas geminderter Form. Die Dimensionierungsregeln gelten entsprechend.

2. Der aufgeschnittene Resonator

Bei intensiver Beschäftigung mit dem Baßreflexprinzip entdeckt man einen in einigen Fällen unangenehmen Nebeneffekt des Reflexkanals. Er verhält sich wie eine Transmissionsline. Das heißt, der Tunnel geht als beidseitig offenes Rohr bei der Frequenz auf Resonanz, deren halbe Wellenlänge der effektiven Länge des Kanals entspricht,

und ebenso bei allen geradzahligen Harmonischen dieser Frequenz:

$$f_{ov} = \frac{C}{2 \cdot L_v}$$

wobei f_{ov} die Resonanzfrequenz des Reflexkanals, C die Schallgeschwindigkeit in m/s und L_v die Tunnellänge in m ist.

Rechnen wir einmal ein Beispiel mit einem Kanal von 20 cm effektiver Länge durch:

$$f_{ov} = \frac{344}{2 \cdot 0,2} = 860 \text{ Hz}$$

Sofort erkennt man, daß sich bei üblichen Tunnellängen der Effekt eigentlich nur bei 2-Weg-Systemen nachteilig bemerkbar macht. Bei 3-Weg-Systemen liegt in den allermeisten Fällen nämlich die Trennfrequenz des Baßlautsprechers tief genug, um diese Resonanz nicht mehr anzuregen. Bei 2-Weg-Systemen aber ist der Effekt recht kräftig und macht sich durch einen Einbruch vor und eine Überhöhung hinter der Resonanzfrequenz im Frequenz-

gang bemerkbar. Einbruch und Überhöhung resultieren aus einem Phasensprung, der bei solchen Resonanzspitzen immer auftritt. Der Höreindruck einer solchen Kombination ist entsprechend. Man kann natürlich den Frequenzgang über die Frequenzweiche oder durch Equalizer begradigen.

Die nachteiligen Auswirkungen des Phasensprungs beseitigt man damit allerdings nicht. Sollte das etwa mit ein Grund dafür sein, daß es bei den beliebten 2-Weg-Regalboxen so erstaunlich wenig Baßreflexausführungen gibt? Es ist selbstverständlich möglich, den Tunnel so kurz zu machen – etwa 4 cm oder darunter –, daß auch hier die Resonanzstelle jenseits der Trennfrequenz liegt und damit nicht mehr angeregt wird. Das führt allerdings zu sehr kleinen Kanalfächen und damit zu neuen Problemen mit Strömungsgeräuschen im Reflextunnel. Ein aussichtsloses Problem also? Nein!

Durch unsere langjährige Erfahrung mit Transmissionlines und natürlich

durch intensives Nachdenken kamen wir zu einer ebenso einfachen wie wirkungsvollen Lösung:

Der Reflextunnel wird exakt auf seiner halben Länge aufgeschnitten oder auf-gebohrt! (Siehe Bild 18)

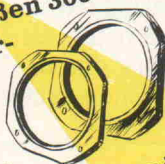
Wieso funktioniert das?

Geht eine beidseitig offene Röhre auf Resonanz, so befindet sich an den beiden offenen Enden jeweils ein Maximum der Schallschnelle und exakt in ihrer Mitte ein Maximum des Schalldrucks. Wird nun in der Mitte der Druckaufbau verhindert, können die einzelnen Maxima nicht mehr entstehen. Somit kann auch die unerwünschte Resonanz nicht mehr auftreten. Und genau das wird durch das Aufbohren des Tunnels erreicht. Frequenzgangmessungen zeigen anschließend, daß der Frequenzgang glatt ist. Wie immer fällt natürlich auch in diese Euphorie ein kleiner Wermutstropfen. Die Resonanzfrequenz f_B des Gehäuses verschiebt sich um den Faktor $\sqrt{2}$

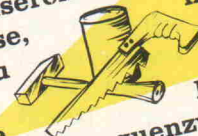
IEM

Weil wir wollen, daß Sie Preisen genießen können, geben Ihnen Gelegenheit, zu sparen. Unser Angebot bis zur großen 300 Watt-Box. Subwooferblenden mit

die Fertigeres Werkzeug benötigen, Ungeübte einfach. Eine Besonderheit ist, daß Sie bei uns Lautsprechersysteme an die fertig verdrahtete Frequenzweiche Bausätze bieten außerdem den Vorteil, daß Sie Hand haben. Mehr erfahren Sie in unserem kostenlosen und unverbindlichen Informationsmaterial.



erstklassige HiFi-Qualität zu erschwinglichen bieten wir Ihnen unsere Boxenbausätze an und durch Ihre Eigeninitiative bis zu 50% reicht vom kleinen Autolautsprecher Daneben führen wir auch Boxen in Zier- und Baßreflextechnik, sowie passende Zier- und Gitter. Alle unsere Boxen sind in aufwendigen akustischen Labors entwickelt und im Vergleich Spitzenboxen getestet. Da Sie bei unseren IEM-Bausätzen für noch beson- deres Werkzeug benötigen, Ungeübte einfach. Eine Besonderheit ist, daß Sie bei uns Lautsprechersysteme an die fertig verdrahtete Frequenzweiche Bausätze bieten außerdem den Vorteil, daß Sie Hand haben. Mehr erfahren Sie in unserem kostenlosen und unverbindlichen Informationsmaterial.



IEM Industrie Elektronik GmbH, Postfach 40, 8901 Welden.

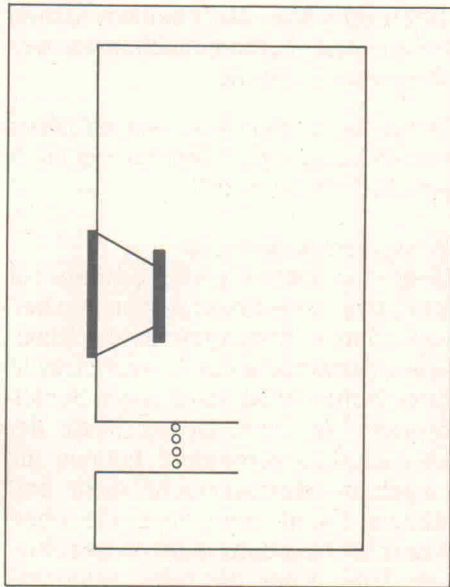


Bild 18. Prinzip des aufgeschnittenen Resonators.

nach oben. Damit stimmt ja unser Alignment nicht mehr. Dem können wir aber ganz einfach dadurch begegnen, indem wir f_B um den Faktor $1/\sqrt{2}$, also 0,707, tiefer ansetzen.

Ein Beispiel soll das verdeutlichen. Wir haben in unserer Tabelle ein passendes Alignment für $f_B = 50$ Hz gefunden.

Dann multiplizieren wir f_B mit 0,707 und bekommen $f_B \text{ neu} = 35,35$ Hz. Wir rechnen jetzt mit unverändertem V_B die Tunnellänge für 35,35 Hz aus. Wenn wir jetzt dieses Rohr aufbohren und in die Box einsetzen, erhalten wir eine Box mit $f_B = 50$ Hz. So einfach ist das. Die kleinen zusätzlichen Arbeiten werden mit einer deutlichen Verbesserung im Mitteltonbereich belohnt.

Wer große Boxen liebt, wer einen großen Hörraum besitzt, wer auf einen Partner (oder Partnerin) keine Rücksicht nehmen muß, wer gerne bastelt und probiert und wer den ständigen Zweifel liebt, ob jetzt wohl endlich alles optimal ist, dem sei das nächste Kapitel ans Herz gelegt.

3. Die Transmissionline

Transmissionline kommt aus dem Englischen und bedeutet soviel wie Laufzeitleitung. Eine (akustische) Transmissionline besteht aus einer langen Schallführung (line) mit einem offenen und einem durch einen Lautsprecher abgeschlossenen Ende (Bild 19).

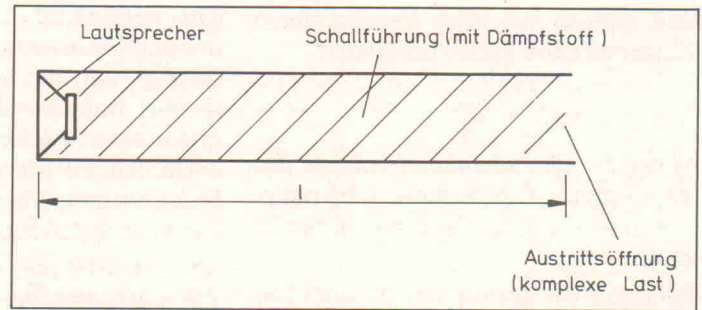


Bild 19. Schematische Darstellung einer Laufzeitleitung (Transmissionline).

Die Schwingungen der Lautsprechermembran erzeugen vor und hinter dem Lautsprecher Druckschwankungen, die sich als Schallwelle einmal nach vorn in den Raum und zum anderen nach hinten in die Line fortpflanzen. Die in die Line abgestrahlte Welle trifft nach einer gewissen Laufzeit (t), die durch die Linelänge (l) und die Schallgeschwindigkeit in der Line (C_M) gegeben ist, an der Austrittsöffnung ein.

$$t = \frac{l}{C_M}$$

C_M hat je nach Linebedämpfung die Größe 280–344 m/s.

An dieser Austrittsöffnung passieren nun zwei für die Funktion der Line wesentliche Dinge:

Ein Teil der Schallenergie wird in den Raum abgestrahlt. Der Rest wird mit einem Phasensprung in die Line zurückreflektiert.

Das Verhältnis von abgestrahlter zu reflektierter Energie wird bestimmt durch die komplexe Last der Austrittsöffnung, die ihrerseits von den geometrischen Verhältnissen am Ausgang abhängt. Die in den Raum abgestrahlte Welle überlagert sich mit der von der Membranvorderseite direkt abgestrahlten Welle. Dadurch kommt es, bedingt durch die frequenzabhängige Phasenlage am Ausgang, zu Additionen

und Subtraktionen im Frequenzgang.

Die reflektierte Welle trifft nach ihrer Rücklaufzeit auf die Rückseite der Membran. Bei bestimmten Frequenzen stimmt die gesamte Laufzeit dieser Welle (Hin- und Rücklauf + Phasensprung bei der Reflektion) mit einem ganzzahligen Vielfachen der Schwingungsdauer des Lautsprechers überein. Dabei trifft z. B. ein zurückkommender Druckbauch auf den gerade vom Lautsprecher produzierten Druckbauch. Der Lautsprecher muß also gegen eine zusätzliche Kraft arbeiten. Er wird dadurch sehr gut bedämpft. Deshalb wird in den allermeisten Fällen die Länge der Line so abgestimmt, daß die Resonanzfrequenz des Lautsprechers mit einem solchen Vorgang zusammenfällt. Für einen Phasensprung von 180° bei der Reflektion liegen diese Vorgänge an den Punkten, wo die Linelänge $= 1/4, 3/4, 5/4, 7/4, \dots$ usw. der Wellenlänge ist. Die Impedanz der Line ist bei diesen Frequenzen sehr hoch. Daher wird an diesen Stellen maximale Energie an die Line abgegeben. Andererseits tritt an den Punkten, wo die Linelänge gleich $1/2, 1, 3/2, 2, \dots$ usw. der Wellenlänge ist, der gegenteilige Effekt auf. Das heißt, die Impedanz der Line ist gering und die Bedämpfung des Lautsprechers schlecht (Bild 20).

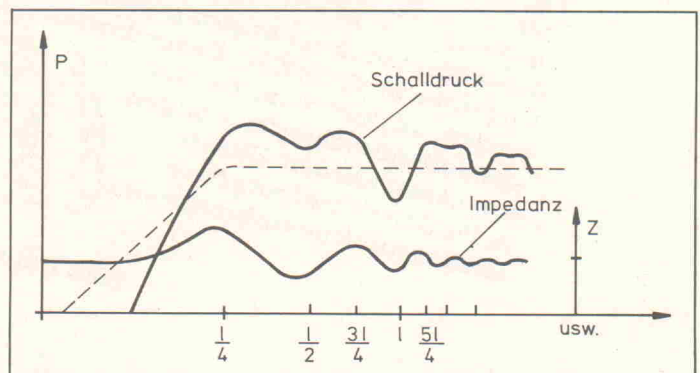


Bild 20. Schalldruck und Dämpfung einer Transmissionline-Box.

Daraus resultiert, daß die Schalldruckkurve durch die frequenzabhängige Energieabgabe und Phasenlage an der Austrittsöffnung sehr wellig verläuft. An der theoretischen Darstellung der Transmissionline erkennt man, wie vielschichtig die Probleme bei der Konstruktion sind, zumal im Rahmen dieses Artikels bei weitem nicht alle auftretenden Effekte behandelt werden können.

Für die die Praxis kann man jedoch einige Regeln aufstellen:

1. Die zu erwartende untere Grenzfrequenz liegt etwa bei

$$f_G = \frac{C_M}{4l}$$

Wobei l die effektive Länge der Line ist (Baulänge + Längenkorrektur). Die Längenkorrektur ist wiederum abhängig von den geometrischen Verhältnissen an der Austrittsöffnung.

2. Um zusätzliche Resonanzen in der Line zu vermeiden, sollte diese möglichst wenig Knickstellen aufweisen.
3. Die Welligkeit des Frequenzgangs läßt sich durch verschiedene Maßnahmen mildern:

A) Man läßt die Transmissionline nur im Tiefbaßbereich laufen und beschneidet den Lautsprecher elektrisch bei spätestens $3f_G$, was in aller Regel zu einem 4-Weg-System führt.

B) Die Line wird oberhalb $3f_G$ mechanisch über eine Vorkammer

abgekoppelt. Da Transmissionlines in der Regel gefaltet sind, läßt sich ihre Impedanz nicht richtig errechnen. Die Größe der Vorkammer ist aber von dieser Impedanz abhängig. Daher läßt sich für die Vorkammer keine allgemein gültige Dimensionierungsregel angeben.

Außerdem ist zu bedenken, daß je nach Größe der Vorkammer eine solche Konstruktion einer Baßreflexbox ähnlicher ist als einer echten Transmissionline, was zu weiteren Problemen mit Resonanzen führt.

- C) Bedämpfen der Line. Dies führt zu einer Verbreiterung und Abschwächung der Resonanzstellen und gewährleistet auch bei den Frequenzen $2f_G, 4f_G, \dots$ usw. eine ausreichende Bedämpfung. Da nach Art und Dichte des Dämmstoffs die Schallgeschwindigkeit C_M variiert, ist die Länge der Line entsprechend anzupassen. Außerdem ist in der Praxis eine Bedämpfung bei sehr tiefen Frequenzen kaum möglich.

- D) Die eleganteste Lösung ist wohl das von der Firma „T + A Elektroakustik“ entwickelte „TMR“-Prinzip (TMR = Transmissionline-Multi-Resonator).

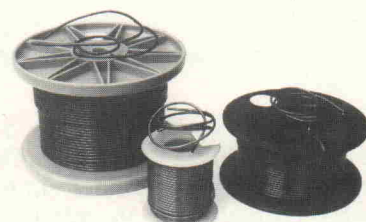
Hier arbeitet der Lautsprecher auf ein System aus mehreren Lines, die so auf die längste Line abgestimmt sind, daß deren Einbrüche im Frequenzgang ausgeglichen werden. Hierbei wird

nicht nur der Frequenzgang linearisiert, sondern auch ein sehr gutes Impulsverhalten erzielt. Frequenzgang und Impedanz sind in Bild 21 dargestellt.

Noch ein Wort zur Dimensionierung der Linelänge. Das Abstimmen der Länge auf f_0 des Lautsprechers ist nicht immer richtig. Es kommt nämlich durch die auch hier vorhandene Luftpolstersteife zu einer Erhöhung der Resonanzfrequenz im Einbauszustand, was wiederum von der Querschnittsfläche der Line abhängig ist.

Wir können also sagen, daß das Motto für Transmissionline-Konstrukteure lautet:

Probieren, Probieren, Probieren, . . .



Handgewickelte Luftdrosseln mit CU-Lackdraht 1,6 mm $\phi = 2,0$ mm² Fläche und 1,9 mm $\phi = 2,8$ mm² Fläche auf optimalen Kunststoffspulen mit äußerst verlustarmer Wicklungsdichte. Für Tiefmitteltöner empfehlen wir 1,9 mm ϕ CU. Wir liefern nach Ihren Angaben jeden Wert von 0,1 bis 15 mH. Preisfragen und Bestellungen nehmen wir gerne telefonisch entgegen.



hifisound
lautsprechervertrieb
saerbeck + morava

4400 münster · jüdefelderstraße 35 · tel. 0251/4 78 28

CORNET HiFi-Lautsprecher

Hervorragende Qualität zu günstigem Preis.

Typ	Imped.	Nennlastbarkeit	Gehäuse	FRES	Gewicht	Preis/St.
mm	45500	W/F	in Ltr.	in Hz	in Gramm	
B 77	4	15	25/40	1	115	410 16,-
B 100	4	25	40/60	2	80	500 16,-
B 160	4+8	50	60/80	8	36	1030 24,-
BX 160	4	35	50/70	8	70	580 18,-
B 200	4+6+8	60	80/100	15	28	1120 29,-
BX 200	4+8	70	100/130	15	40	1190 24,-
B 250	4+8	100	120/150	25	30	1500 38,-
B 250	4+8	100	120/150	25	25	1850 68,-
BX 250	4+8	70	100/120	25	30	650 28,-
B 300	4+8	120	150/180	30	30	2600 99,-

BX = Sonderangebote erster Qualität.

HiFi Membranmitteltöner, geschlossen, bedämpft

Typ	Imped.	Nennlastbarkeit	Gewicht	Preis/St.
mm	45500	W/F	in Gramm	
MM 100	4+8	40/1000	90/2500	850 12,-
MM 125	4+8	80/1200	120/2800	850 24,-

HiFi Kalottenmitteltöner

Typ	Imped.	Nennlastbarkeit	Gewicht	Preis/St.
mm	45500	W/F	in Gramm	
MK 38	4+8	50/1000 Hz	100/2000 Hz	950 740 39,-
MK 38 S	4+8	80/800 Hz	100/1500 Hz	380 1250 49,-

HiFi Membranhochtöner

Nennlastbarkeit 45573

mm	45500	W/F	Trenn	12 dB
HM 66	4+8	50/2000 Hz		
HM 77	4+8	50/2000 Hz		

HiFi Kalottenhoch

HiFi Kalottenhochtöner

Nennlastbarkeit 45573

80/3	3-Wege-Komb. mit 160 m mit Alu-Kalotten. Exklusiv 80-Watt-Musikleistung, 4 Holzgehäuse.
124,3	Über 200 verkaufte Baus 100-mm-Mitteltöner und 2

BAUSÄTZE hier unsere Top-Renner

Typ	Imped.	Nennlastbarkeit	FRES	Gewicht	Preis/St.
mm	45500	W/F	in Hz	in Gramm	
89/3	3-Weg-Kombi	mit 160 mm Baß und je 2 Mittel- und Hochtöner mit Alu-Kalotten. Exklusive Weiche. Für Verstärker 4-8 Ohm. 80-Watt-Musikleistung. 45-19000 Hz. Top-Bauvorschrift. Echtholzgehäuse. je Box 48,-			
124.3	Über 200 verkaufte Bausätze im August. 200-mm-Spaltzentr. 100-mm-Mitteltöner und 77-mm-Superhochtöner. Exklusive Weiche, ausführender Bauvorschrift. 4 oder 8 Ohm lieferbar. 120 W Musik. 38-21000 Hz. je Box 59,-				

Folienkondensatoren

Wert μ F	Volt DC	Typ	RM mm	Preis/St.	Top-Preis
1,0	100	MKT	15	—,90	—,40
1,0	250	MKT	22,5	1,40	—,50
1,0	250	MKP	27,5	2,40	—,70
1,0	400	MKT	ax	1,40	—,50
1,2	250	MKP	37,5	2,70	—,70
1,5	63	MKL	ax	4,70	—,70

Wert μ F	Volt DC	Typ	RM mm	Preis/St.	Top-Preis
1,5	160	MKT	22,5	—,90	—,50
2,2	100	MKT	ax	1,80	—,90
2,2	250	MKL	ax	11,80	1,50
2,2	100	MKT	22,5	1,80	—
2,2	250	MKT	27,5	2,20	—
3,3	63	MKL	ax	7,80	1,90
3,3	100	MKT	22,5	2,40	1,50
3,3	160	MKT	ax	2,60	—
3,3	250	MKT	27,5	2,60	—
4,7	100	MKT	27,5	2,90	1,70
4,7	160	MKT	27,5	3,30	1,90
4,7	180	MKT	ax	3,60	2,10
4,7	250	MKT	27,5	3,90	—
6,8	100	MKT	27,5	3,60	1,10
6,8	100	MKT	ax	3,80	1,90
6,8	250	MKT	27,5	5,20	—
10	100	MKT	27,5	5,90	—
10	250	MKT	27,5	6,80	4,80
15	100	MKT	ax	7,90	5,20
22	100	MKT	ax	8,40	5,90
22	250	MKT	5%	9,80	—
33	100	MKT	ax	11,40	8,90
33	250	MKT	5%	16,80	—
47	100	MKT	ax	14,80	12,-
47	250	MKT	5%	22,-	—
68	100	MKT	ax	22,-	16,-
68	250	MKT	5%	28,-	—
100	100	MKT	ax	28,-	—

cornet audio

hi fi & pa speaker systems

TÖNFREQUENZELKO mit großer Oberfläche

Wert μ F	Volt DC	Typ	Ausf.	Preis/St.	sol. Vorr.
10	40	ETF	stehend	—,40	—
15	63	ETF	axial	—,60	—
15	63	EGAU	axial	1,20	—
16	63	EGAU	axial	1,20	—
22	40	EGT	axial	—,90	—
22	63	EGT	axial	1,10	—
22	100	EGT	axial	1,50	—
22	100	EGT	stehend	1,-	—
33	40	EGT	axial	1,10	—
33	63	EGT	axial	1,40	—
33	100	EGT	axial	1,90	—
47	40	ETF	axial	—,90	—
47	63	ETF	axial	1,20	—
47	100	ETF	axial	1,90	—
62	63	EC	axial	—,80	—
68	63	EC	axial	1,80	—
68	100	ETF	axial	2,40	—
79	63	EC	axial	1,20	—
82	63	EC	axial	1,20	—
100	63	EGT	axial	2,60	—

Coronet Audio Lautsprecherladen

Eva Späth und Wolfgang Hänsel
Karlst. 2 (Eingang Obstmarkt)
8900 Augsburg · Ruf: 08 21/3 98 30 · Telex: 53 865

Alle Artikel ab Lager. Versand per Nachnahme zzgl. Kosten. Sonderangebote solange Vorrat. Ständig Vorführung (CD) in unserem Lautsprecherladen, aktuelle Sonderangebote. Sind VISATON-Stützpunkthändler.

Für Industrie und Handel: Wir entwickeln und fertigen: Boxen, Kit's, Weichen, Industrieelektronik. Hervorragende Referenzen, exklusive und kreative Ausführung.

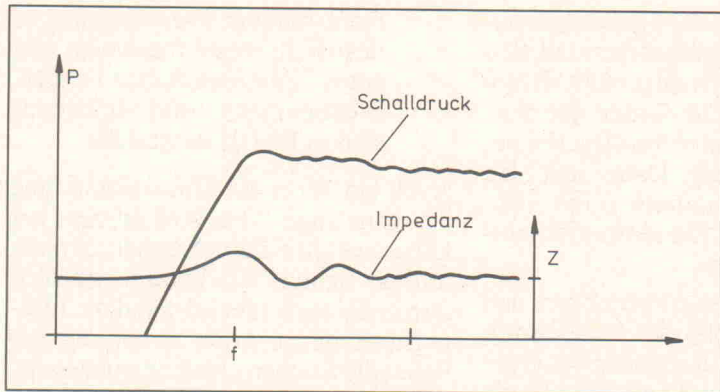


Bild 21. Schalldruck und Dämpfung eines Transmission-Multi-Resonators.

62 Zum Schluß möchten wir noch allen Entwicklern von Transmissionlines ein Bibelwort ans Herz legen:

„Viele fühlen sich berufen, doch wenige sind auserwählt.“

Wer Platz sparen muß, aber dennoch auf eine ausreichende Baßwiedergabe nicht verzichten will, sollte sich das folgende Kapitel gut durchlesen.

4. Die Compoundbox

Compound kommt aus dem Englischen und heißt soviel wie „zusammengesetzt“.

Der grundsätzliche Aufbau des Systems ist aus Bild 22 ersichtlich. Die beiden Lautsprecher, die über ein bestimmtes Luftvolumen V_1 miteinander verbunden sind, verhalten sich ins-

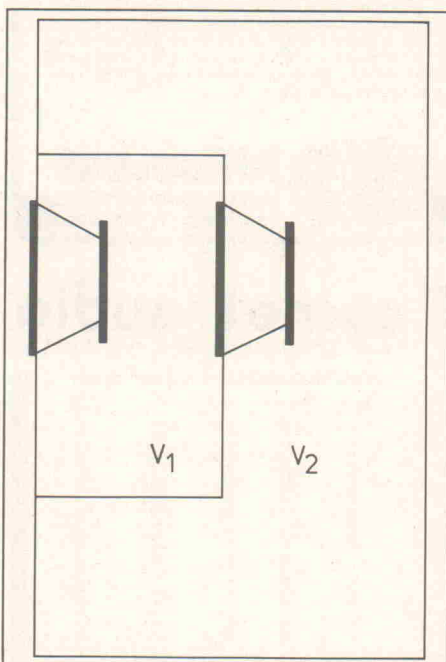


Bild 22. Schematische Darstellung des Compoundprinzips. Andere Bauformen sind durchaus möglich.

gesamt wie ein Lautsprecher mit neuen Parametern. Bei 2 Lautsprechern desselben Typs bleiben alle Parameter grundsätzlich erhalten, nur der V_{AS} -

ressant wird es erst, wenn man auf diese Weise verschiedene Lautsprecher miteinander verbindet. Dann ändern sich nämlich alle Parameter, und es entsteht ein völlig neuer Lautsprecher. Damit kann man sich einen Lautsprecher mit den Parametern zusammenstellen, den man für ein gegebenes Gehäuse unbedingt braucht, aber nirgends bekommt. Den möglichen Kombinationen sind da keine Grenzen gesetzt.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei der Anordnung nach Bild 23. Hierbei werden Unlinearitäten der Membranbewegung weitestgehend ausgeschaltet. Der hintere Lautsprecher muß natürlich verpolt angeschlossen werden.

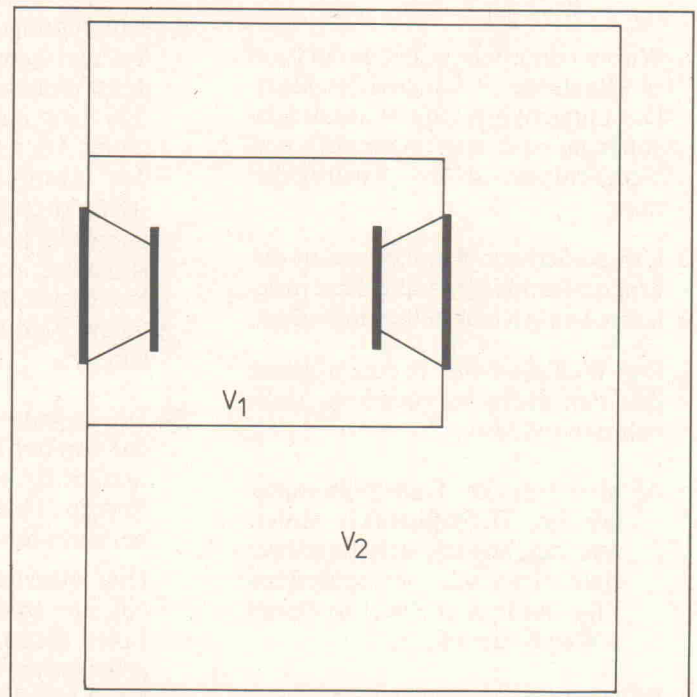


Bild 23. Compound-Anordnung zur Linearisierung der Membranauslenkung.

Wert sinkt um die Hälfte. Das hat zur Folge, daß das hintere Gehäusevolumen V_2 nur noch halb so groß sein muß wie bei einem Lautsprecher.

Es muß allerdings bedacht werden, daß V_1 eine gewisse Masse hat und somit die bewegte Masse M_{MD} um einen bestimmten Betrag erhöht, was eine Herabsetzung von f_0 der Lautsprecher zur Folge hat. Inwieweit die eingeschlossene Luft V_1 die Masse erhöht, ist unter anderem von der Gestaltung der ersten Kammer abhängig und liegt in der Größenordnung von $1/3 - 2/3$ der Gesamtmasse der eingeschlossenen Luft (1,18 g pro Liter). Richtig inte-

Wie baut man aber ein solches System? Das einfachste ist, zwei Lautsprecher in eine Kammer einzubauen und nach der eingangs beschriebenen Methode den neuen Parametersatz auszumessen, das Ganze dann wie einen Lautsprecher zu betrachten und ein Alignment in der schon beschriebenen Art und Weise zu errechnen. Man wird feststellen, daß man dabei immer zu verhältnismäßig kleinen Gehäusen mit tief hinreichender Baßwiedergabe kommt. Das funktioniert sowohl bei geschlossenen als auch bei Baßreflexboxen. Wie man sieht, ist ein Compound-System ein nicht zu verachtendes Prinzip nicht nur für Platzsparer.

Furnier



63

P. Röbbke

Hier sehen Sie alle nötigen Utensilien, mit denen Sie aus einem unansehnlichen Spanplattengehäuse ein Möbelstück zaubern können. Zum Aufbügeln des Furniers sollten Sie aber nicht Omas „Schwergewicht“ mit Brikettheizung verwenden, sondern einen Bügelautomaten mit einstellbarer Temperatur. Der Zeitaufwand für die abgebildete Box (Vifa Korrekt) betrug ca. 6 Stunden, aufgeteilt auf drei Tage.

Die einfachste, aber auch teuerste Möglichkeit, ein „Holz“-Gehäuse herzustellen, ist zweifellos die, daß man sich die in den Zeichnungen angegebenen Spanplatten nicht in „Natur“, sondern furniert zusägen läßt. Bei diesem Verfahren müssen jedoch die sichtbaren Sägekanten später mit Furnierumleimern versehen (d. h. bebügelt) werden. Das bedeutet, daß man sich die Konstruktionszeichnung der Box vorher sehr genau ansehen sollte, damit man jeweils für die Stärke des Umleimers Zugaben oder Abzüge in den Plattenmaßen einrechnen kann.

Gehen wir also davon aus, daß der fertige Boxen-Rohbau vor uns steht. Die provisorisch eingebauten und geteste-

ten Lautsprecher mit der zugehörigen Weiche werden wieder herausgeschraubt und an einem staubsicheren Platz gelagert.

Das Bügeleisen ist angewärmt (Heizstufe Leinen), der „Blaumann“ angezogen?

Dann kann's losgehen!

Die Box wird allseitig geschliffen und entstaubt (Bild 1). Es dürfen keine mit der Hand fühlbaren Übergänge an den Klebefugen vorhanden sein. Größere Paßungenauigkeiten werden vor dem Schleifen mit einer Holzraspel „eingebnet“.

Die Box wird auf die Furnierbahn gestellt und das Furnier mit 10 mm Über-

maß nach allen Seiten zugeschnitten. Machen Sie sich aber vorher einen Plan, in welcher Richtung die Maserung verlaufen soll (Bild 2). Nach jedem Schnitt versehen Sie das Furnierstück und die zugehörige Spanplatte mit einem Zeichen, damit später nicht „das falsche Stück an die richtige Stelle“ gebügelt wird. Wenn eine Furnierbahn zu schmal für eine Fläche ist, schneiden Sie zwei Bahnen in gleicher Länge zu (Bild 3).

Gut gebügelt ist halb furniert

Nun wird die erste Bahn aufgebügelt. Beginnen Sie unbedingt mit der Rückwand oder der Standfläche. Hier kön-

nen Sie sich mit Material und Werkzeug vertraut machen, und ein Verarbeitungsfehler verschwindet später diskret „nach hinten“. Beginnen Sie mit dem Bügeln nicht irgendwo in der Mitte, sondern an einer Kante und arbeiten Sie sich streifenweise quer zur Maserung bis zur gegenüberliegenden Kante vor (Bild 4). Die Temperatur des Bügeleisens sollte jetzt so reguliert werden, daß eine Dunkelfärbung des Holzes gerade eben noch nicht auftritt. Falls so ein Mißgeschick aber doch passieren sollte und die Verfärbung nicht allzu tief oder dunkel ist, kann sie vor der Grundierung noch weggeschliffen werden. Wenn jedoch Qualmwolken aufsteigen und der Abdruck der Bügelfläche im Holz zu sehen ist, sollten Sie das Furnierstück durch nochmaliges Erwärmen wieder abziehen und durch ein neues ersetzen.

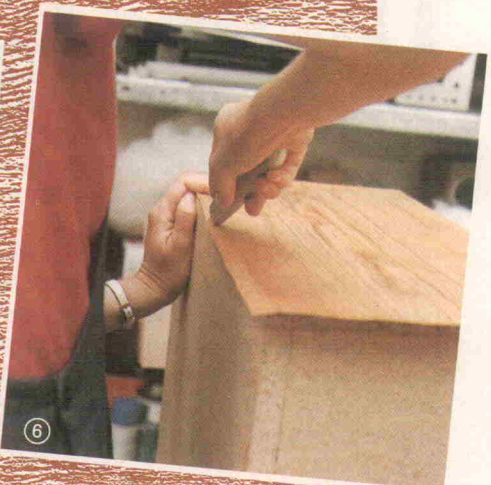
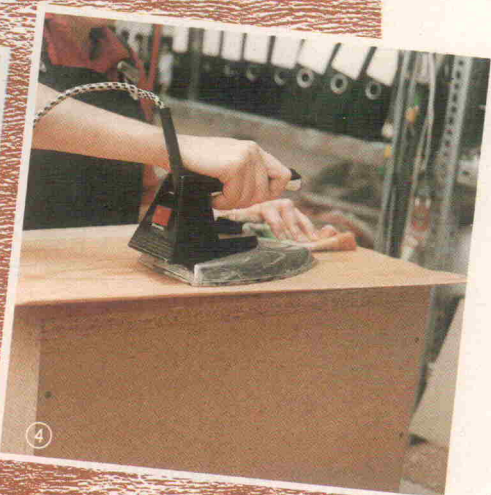
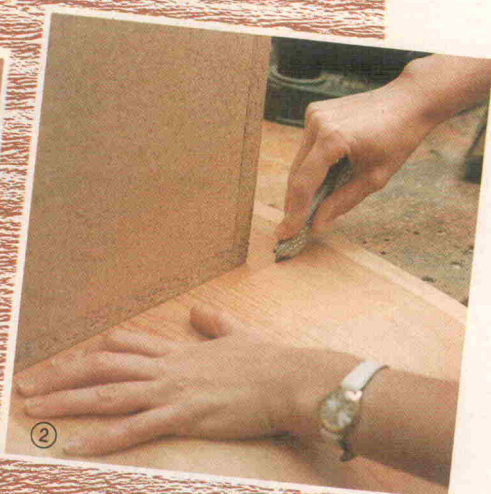
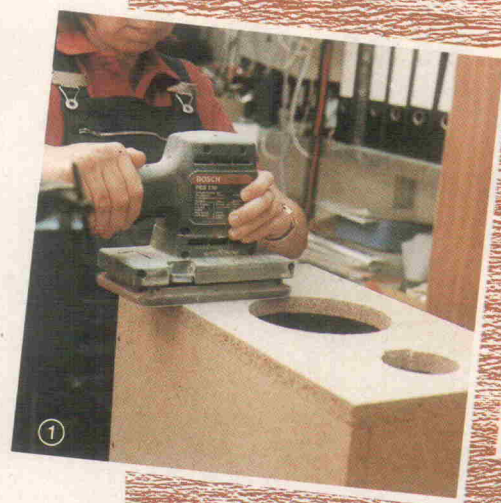
Wenn Sie also das Bügeleisen mit leichtem Druck und hübsch langsam über das Furnier schieben, erwärmt sich die rückseitige Heiß-Klebeschicht und wird flüssig. Durch kräftiges Anreiben der erwärmten Stellen mit einem nichtfusselnden Tuch (siehe auch Bild 11) überträgt sich der Kleber auf die Spanplatte, erkaltet dort und hält die Furnierschicht fest.

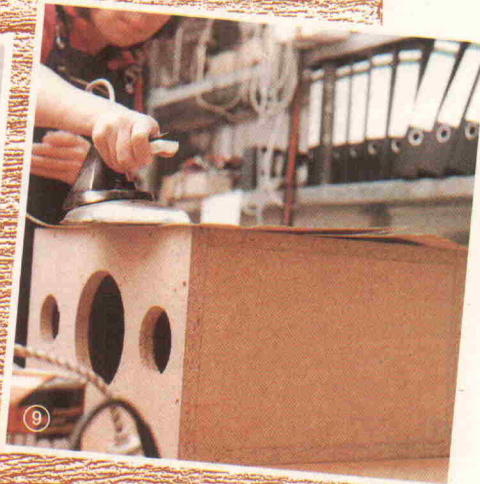
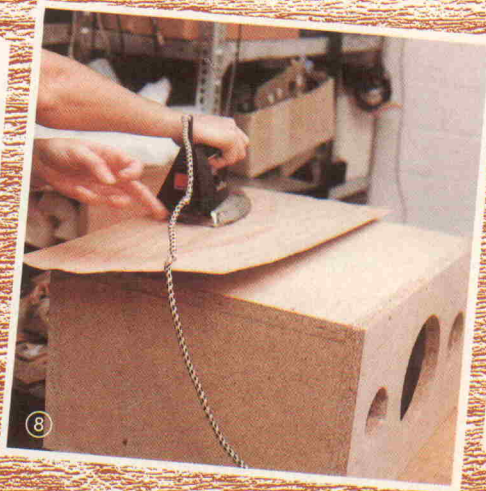
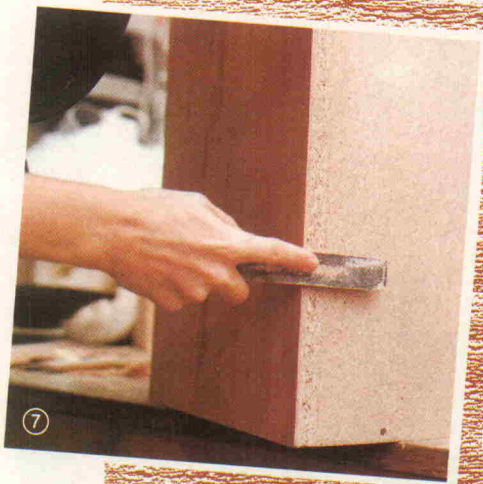
Sobald die ganze Furnierauflage gut klebt (keine „Beulen“ mehr!), werden die überstehenden Reste grob abgetrennt (Bild 5). Für den Feinschnitt (Bild 6) benötigen Sie ein scharfes Messer, Geduld und Gefühl. Führen Sie die Messerschneide an der unteren Holzoberfläche entlang. Versuchen Sie nicht, zu viel Furnier auf einmal „wegzuspalten“; je schmaler der Span ist, den Sie abschneiden, desto genauer schließt das Furnier später an der Kante ab. Seien Sie besonders vorsichtig an den Stellen, an denen die Maserung in das Furnier hineinläuft – dort spaltet es sich besonders leicht!

Der nächste Schritt ist der Feinschliff der Furnierkanten. Gute Dienste leistet hier eine Holzleiste, die mit Sandpapier beklebt ist. In Bild 7 sehen Sie ein schon etwas betagtes Exemplar dieser Gattung.

Erst, wenn eine Fläche vollständig verschliffen ist, darf die nächste angebügelt werden.

Sie sehen in Bild 8, daß hier die Furnierbahn schmaler als die zu bebügelnde Fläche ist. Wir haben daher zwei gleich lange Bahnen zugeschnitten. Die erste





wird auf der einen Längsseite flächig festgeheftet, die zweite auf der anderen (Bild 9). In der Mitte überlappen sich beide Bahnen, sind aber noch nicht angebügelt.

Mit dem scharfen Messer und einem Lineal ziehen Sie jetzt einen Schnitt durch beide Furnierhälften (Bild 10). Dieser Schnitt braucht nicht unbedingt gerade zu sein, denn der Übergang von einer Furnierbahn zur anderen ist nahtlos. Nun werden beide Hälften angebügelt (Bild 11).

Wenn Sie sich nach diesem Verfahren einmal um das ganze Gehäuse herumgearbeitet haben, folgt der Endschliff mit 180-er Sandpapier (Bild 12).

Vorher werden aber sämtliche Durchbrüche im Gehäuse ausgearbeitet. Das geht am besten mit dem Sägeblatt einer Metallbügelsäge. Es läßt sich sehr gut an den Sägekanten der Lautsprecherlöcher entlangführen. Lediglich bei sehr kleinen Löchern (z. B. für die Anschlußdose) sollte das Sägeblatt einer Puck-Säge verwendet werden. Es ist schmaler, biegt sich eher durch, paßt sich aber auch besser kleinen Krümmungsradien an.

Das geschliffene Gehäuse wird sorgfältig mit einem Handfeger entstaubt, ebenso der Arbeitstisch (Bild 13).

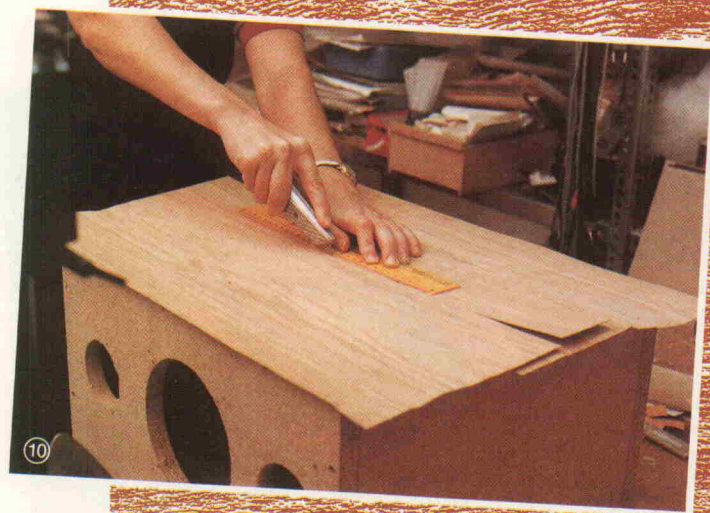
Nun folgt die Oberflächenversiegelung. Sie können sich hierbei – je nach Weltanschauung – für Chemie- oder

Naturprodukte entscheiden. Erstere sind etwas leichter zu verarbeiten, letz-

Oberfläche: Chemie oder Natur?

tere riechen gut, machen kein schlechtes Gewissen, erfordern aber ein gewisses Maß an Mehrarbeit und sind vielleicht nicht ganz einfach zu beschaffen.

Da wir bei der Herstellung der Bilder für diesen Beitrag erheblich in Zeitdruck waren, haben wir uns für die Chemie entschieden. Die Arbeitsgänge für die verschiedenen Naturmaterialien sind aber die gleichen, so daß Sie sich auch bei der Verwendung von z. B. Bienenwachs an unseren Bildern orientieren können.



Für welches Material Sie sich auch entscheiden, verwenden Sie – wie schon im Lack-Artikel erwähnt – nur Produkte eines Herstellers. In Zweifelsfällen sollten Sie sich in einem Maler-Fachgeschäft oder von einem Tischler beraten lassen. Der etwas höhere Preis in diesen Geschäften kompensiert bei weitem den Ärger, den Sie durch eine Unverträglichkeit zwischen z. B. Lack-Lösungsmittel und Furnierkleber hätten.

Wenn Sie also Box und Arbeitsraum gründlich entstaubt haben, tragen Sie die erste Lackschicht auf. Gehen Sie dabei mit dem Lack sparsam um, so daß keine „Teiche“ und keine „Nasen“ entstehen. Der Lack wird gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt und sollte relativ schnell einziehen (Bild 14). Auch hier gibt es einen Profi-Trick: Der vorletzte Pinselstrich geht quer zur Maserung (Bild 15), der letzte führt immer in Längsrichtung. Wenn Sie diese Regel nicht beachten, sieht das Ergebnis so aus, wie in Bild 16 gezeigt: Die feinen Streifen quer zur Maserung sind später nicht mehr zu beseitigen.

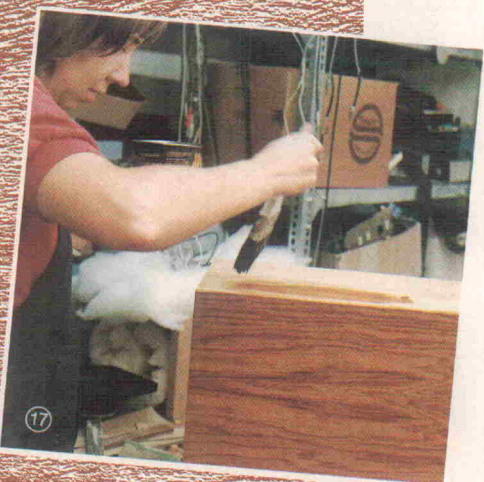
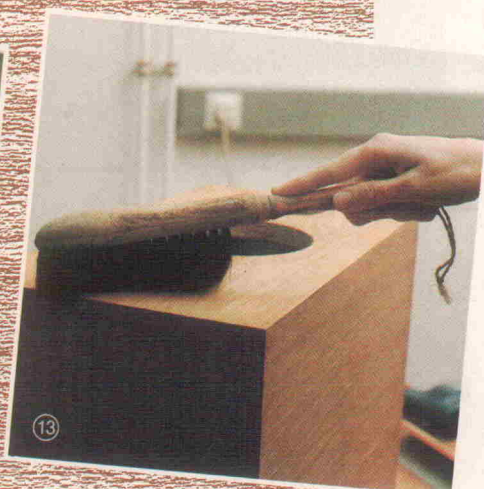
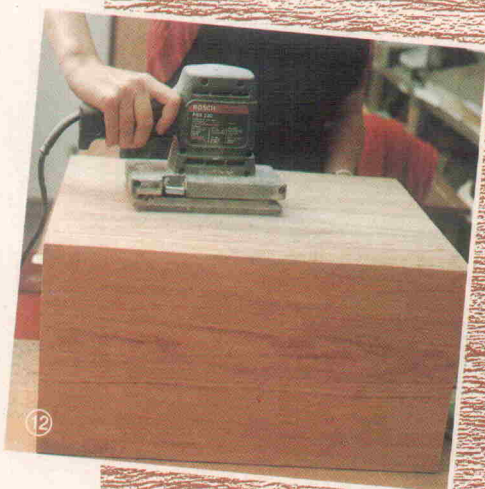
Nun wird eine nach der anderen Fläche lackiert (Bild 17) und die Box über Nacht an einem staubfreien Ort zum Trocknen aufgestellt.

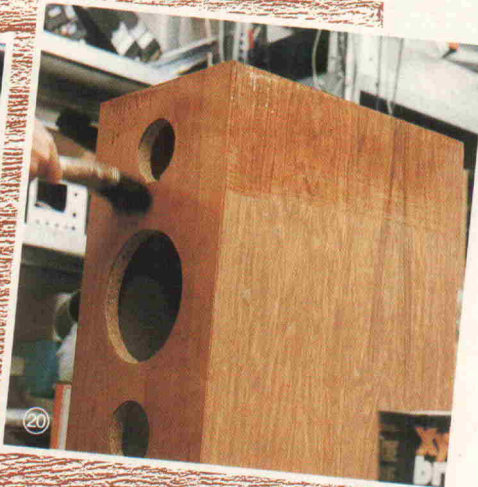
Am nächsten Abend staubt's wieder, wenn Sie mit 220-er Sandpapier das Gehäuse allseitig leicht überschleifen (Bild 18). Bitte verwenden Sie dafür aber keinen Schwingschleifer oder Schleifklotz, denn eine gewisse Welligkeit der Holzoberfläche läßt sich nie ganz vermeiden, und mit einer geraden, großflächigen Schleifpapierauflage werden die „Täler“ im Holz beim Schleifen ausgespart. Es dreht sich bei diesem Zwischenschliff auch nicht darum, noch wesentlich Material abzutragen, sondern nur darum, die Oberflächenrauigkeit zu glätten.

Nach diesem Zwischenschliff wird wieder sorgfältig entstaubt und die zweite und letzte Lackschicht aufgetragen. Sollten Sie dabei einige „Nasen“ produziert haben (Bild 19), so verstreichen Sie sie sofort auf der Fläche (Bild 20). Und wie schon erwähnt – der letzte Pinselstrich geht immer in Richtung der Maserung! Die Box ist nun fertig, und die Lautsprecher können wieder eingebaut werden.

Giftfreie Alternativen

Wer auch in seinem privaten Bereich dazu beitragen will, daß umweltzerstö-





rende Substanzen gar nicht erst in den Wirtschaftskreislauf gelangen, der sollte zu giftfreien Mitteln für die Oberflächenveredelung greifen. Giftfrei in diesem Sinne heißt nicht nur, daß in den Lack- bzw. Wachsschichten selbst keine Gifte enthalten sind, sondern daß auch bei der Produktion solcher Materialien keine Gifte als Industriemüll entstehen.

Es gibt drei Gruppen von schützenden Holzüberzügen (Öl, Wachs und Lack), die wir hier kurz vorstellen und deren Verarbeitungsweise wir beschreiben möchten.

Öl

Öl – z. B. Leinöl oder Teaköl – wird aus organischen Grundstoffen hergestellt und einfach mit dem Pinsel auf die zu schützende Oberfläche aufgetragen. Der Auftrag sollte so reichlich sein, daß ein durchgehender Ölfilm entsteht. Wenn die ganze Fläche benetzt ist, wischen Sie das überflüssige Öl mit einem saugenden, nichtfusselnden Tuch ab und wiederholen den Vorgang nach einer Trockenzeit von 24 Stunden. Sie sollten diesen Vorgang so lange fortsetzen, bis das Holz erkennbar „gesättigt“ ist. Die Oberfläche ist dann wisch- und wasserfest. Flecken, Kratzer und Bierglasränder lassen sich leicht mit einem kleinen Lappen und einem Tropfen Öl beseitigen.

Übrigens – den seidigen Glanz einer mit Öl behandelten Teakholzfläche erreichen Sie mit keiner anderen Technik!

Wachs

Mittel aus dieser Gruppe bestehen fast immer aus Bienenwachs mit Zusatzstoffen. Es gibt sie in flüssiger Form (Lösungsmittel: Orangen-Terpentin-Öl) oder fest wie Bohnerwachs. Die flüssige Variante wird mit dem Pinsel aufgetragen, die feste mit einem Tuchballen. Bei beiden Stoffen ist eine Vorbehandlung – wie beim Öl beschrieben – nötig; das Öl ist sozusagen die Grundierung für das Wachs. Auch die Wachsschicht sollte wieder 24 Stunden einziehen. Am nächsten Tag kann die Oberflächenbeschaffenheit durch unterschiedlich intensives Polieren von „matt“ über „seidenmatt“ bis „hochglänzend“ eingestellt werden. Mit einem zweimaligen Wachsaufrag und durch gründliches Polieren können Sie die Holzporen vollständig schließen.

Auch eine Wachsoberfläche ist wasser- und durchlässig und zusätzlich temperaturfest – zumindest, solange Sie kein kochendes Wasser über die Box schütten. Eine solche Behandlung verträgt aber auch kein Kunststofflack!

Lack

Dieses meist als Schellack bezeichnete Naturprodukt wird aus einer besonderen Sorte von Blattläusen hergestellt. Das Lösungsmittel ist Alkohol. Durch Zusätze von Bienenwachs und fossilen Harzen konnte die von Natur aus hochglänzende Lackoberfläche von „matt“ bis „seidenmatt“ eingestellt werden. Ebenso konnte erreicht werden, daß dieser eigentlich sehr harte und spröde Lack – falls gewünscht – in

Richtung zäh bis elastisch auf trocknet. Wie Kunstharzlack wird auch Schellack mit dem Pinsel aufgetragen. Dieses „Borstentier“ sollte sehr weich und der Lackauftrag sehr dünn sein. Rechnen Sie mit 4–6 Lackschichten, bis sich eine vernünftige Oberfläche ergibt. Vor jeder Lackierung muß leicht mit der Hand geschliffen werden. Und auch hier: Staub ist der Feind aller Oberflächenbehandlungen – deshalb peinliche Sauberkeit auf Box und Werkbank!

Die Schellack-Oberfläche ist wasserfest, aber nicht temperaturbeständig: Wenn Sie einen heißen Topf auf der Box abstellen wollen, müssen Sie mit einem grauen Fleck rechnen, der sich ohne aufwendige Restaurierung nicht mehr entfernen läßt.

Wenn Sie sich für die giftfreie Oberflächenveredelung entschieden haben, könnten Sie bei der Beschaffung der nötigen Materialien Schwierigkeiten bekommen. Deshalb finden Sie unten eine Liste der uns bekannten Firmen, die solche Produkte herstellen. Auf Anfrage sollten Sie von diesen Firmen einen Bezugsquellennachweis erhalten.

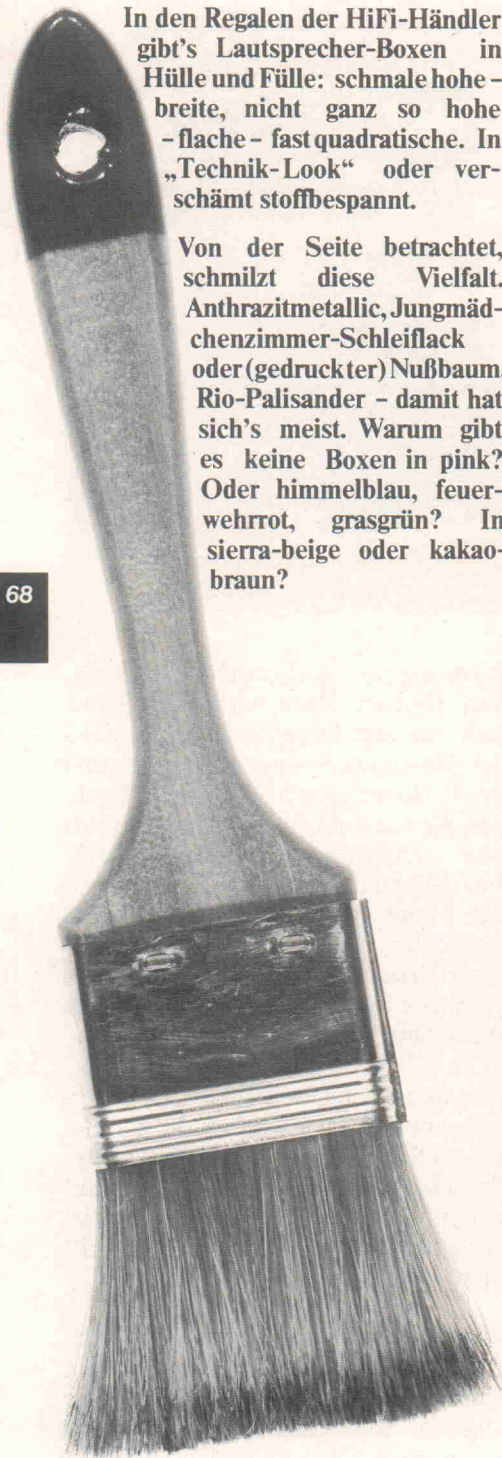
Bezugsquellen-Nachweis über

Livos Pflanzenchemie
3123 Bodenteich

Aglais Becksche Farbwerke
Stuttgart

Biofa Naturfarben
7325 Boll

Auro Naturfarben
Braunschweig



In den Regalen der HiFi-Händler gibt's Lautsprecher-Boxen in Hülle und Fülle: schmale hohe - breite, nicht ganz so hohe - flache - fast quadratische. In „Technik-Look“ oder verschämt stoffbespannt.

Von der Seite betrachtet, schmilzt diese Vielfalt. Anthrazitmetallic, Jungmädchenzimmer-Schleiflack oder (gedruckter) Nußbaum, Rio-Palisander - damit hat sich's meist. Warum gibt es keine Boxen in pink? Oder himmelblau, feuerwehrröt, grasgrün? In sierra-beige oder kakao-braun?

68



Lack

Wer den Weg des Selbstbaus gewählt hat, der kann sich nicht nur für einen bestimmten „Sound“ entscheiden, sondern außerdem für ein ganz auf seine persönlichen Vorstellungen abgestimmtes Design. Wie oft paßte die fertige Traum-Box aus dem Laden zur eigenen Wohnzimmereinrichtung wie eine Palme zum Nordpol?

Mit der Selbstgebauten kann das nicht passieren. Und die beim Eigenbau gesparten „Märker“ lassen sich hervorragend in LPs investieren.

Damit aber der Ferrarirote Eigenbau auch so aussieht (nämlich wie ein Ferrari nach der Schlußinspektion im Werk) braucht man ein paar Tricks - und die verraten wir hier!

Der Stoff, aus dem die Boxen sind, heißt Spanplatte.

Das ist ein beinahe ideales Baumaterial: Es verzieht sich nicht, „arbeitet“ nicht, zeigt auch nach langer Zeit keine Risse. Es läßt sich ohne großen Aufwand verarbeiten – sogar von einem linkshändigen Laien – wenn er im Baumarkt sägen läßt. Auch akustisch bietet das aus Holzspänen und Bindemittel zusammengebackene Material nur Vorteile: Da schwingt und „resoniert“ nichts mit – man hört die Lautsprecher – sonst nichts.

Spanplatten-Boxen werden simpel zusammengenagelt und geleimt. Wer seine Selbstbau-Lautsprecher vererben oder auch als Sitzmöbel nutzen will, der kann die aneinanderstoßenden Bretter auch dübeln und verschrauben.



Beim Zusägen der Bretter ist zwar höchste Präzision gefragt, aber mit Heimwerker-Werkzeugen ist selten eine Genauigkeit von $< \pm 0,5$ mm zu erzielen. Denn beim Sägen fliegt hier und da ein Span weg, brechen Teilchen heraus. Die Stirnflächen, die Schnittkanten – sie sind rau und unansehnlich. Wir ebnen sie so gut wie möglich ein – mit der Raspel, mit mittlerem Schleifpapier auf einem Klotz.

Und dann pinseln wir den Kasten gründlich mit Holzgrund ein. Das ist gut gegen Schimmel, gegen Algen und Bläue und was sonst noch an Mikroorganismen gefräßig lauert, unsere Box zu zerstören.



Bei diesem ersten Arbeitsgang bekommen wir meist gleich einen gehörigen Schreck: Die Oberfläche der Spanplatte wirft Blasen, schäumt gar, ist überhaupt nicht sauber zu bekommen. Hier lernen wir für die weiteren Arbeitsgänge: Vor jedem Schritt gründlich entstauben! Staub ist überall – und Staub ist der ärgste Feind jeder Lackierung. Hier sei noch eine Bemerkung gestattet: Mit dem Vorsatz, unsere Box nach ureigenen Vorstellungen zu lackieren, haben wir uns auf ein paar Abende festgelegt. Wenn das Ergebnis gut sein soll, wenn sich unser Arbeitsaufwand lohnen soll, dann kann keineswegs „gehudelt“ werden!

Auch bei der Auswahl der Beschichtungsmaterialien ist ein wenig Sorgfalt angebracht. Sie sollten sich für ein Lacksystem eines Herstellers entscheiden. Dann sind Sie sicher, daß alles zusammenpaßt, alles ideal aufeinander abgestimmt ist, daß beispielsweise der erwähnte Holzgrund nicht nur seine Pflicht gegenüber den zahllosen gierigen Spanplattenfressern tut, sondern auch noch den besseren Halt aller nachfolgenden Schichten garantiert. Es ist uns nämlich schon passiert, daß der Schlußlack des Herstellers X den Vorlack und die Spachtelmasse des Herstellers Y zu wahrhaft heftiger Blasenbildung und interessanten Kräuselmustern „angeregt“ hat.

Am nächsten Abend ist der Holzgrund trocken.

Wir haben uns inzwischen einen Japan-Spachtel besorgt – eine Stahlklinge mit einer absolut geraden, scharfen Kante. Wir wählen eine mittlere Breite.

Das Verfüllen der Löcher, Risse und Unebenheiten durch Spachtelmasse erfolgt mit nicht allzu starkem Druck. Die Spachtelklinge soll sich gerade so eben durchbiegen – die Klinge wird grundsätzlich gezogen. Der Kunstharz-Lackspachtel hat eine cremige Kon-



sistenz. Wir nehmen jeweils ein etwa walnußgroßes Stück aus der Dose (mit einem schmalen Spachtel) und ziehen es auf die zu glättenden Stellen auf. Ein Teil der Japanspachtel-Klinge orientiert sich dabei stets an einem makellosen Teil der Spanplatten-Oberfläche, nutzt diesen gewissermaßen als „Anschlag“ oder Führung.

Der größeren Schönheit wegen glätten wir nicht nur die Oberflächen so makellos wie möglich, wir ebnen auch die Schnittkanten der Lautsprecherlöcher ein. Mit dem Japan-Spachtel macht das vor allem in den engen Hochtöner-Öffnungen Schwierigkeiten. Ein Rundhölzchen – notfalls aus dem Vogelkäfig – oder der modellierende Finger wirken hier wahre Wunder.

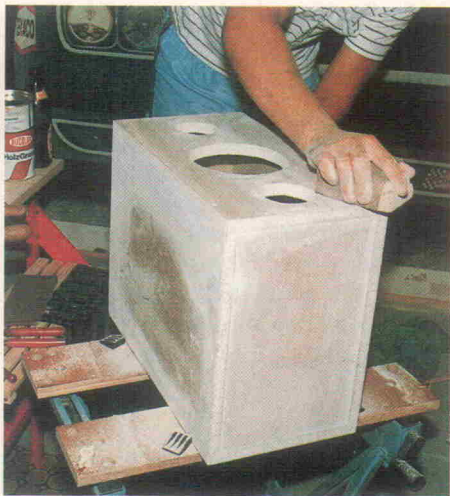


Wir lernen bei dieser Arbeit wieder etwas „für's Leben“: Daß wir nämlich bei jedem Schritt stets die Unter- oder Rückseite der Box als erstes behandeln. Hier kann „geübt“ werden; wir können sogar die Kiste – spätere Frontseite nach oben – direkt nach dem Spachteln oder nach einem Anstrich auf zwei Kanthölzer stellen. Dann sind die übrigen Seiten frei zugänglich. Die Fehlerstellen, die von den Kantholz-Unterlagen hervorgerufen werden, bessern wir (wenn überhaupt) zum Schluß aus.

Nach einem allerletzten prüfenden Blick verschließen wir die Dose mit dem Lackspachtel und überlassen die nun scheckige Kiste für einen weiteren Tag der lösungsmittel-geschwängerten Luft im Hobbyraum. Am nächsten Tag geht es ans Schleifen.

Der Lackspachtel ist gründlich durchgetrocknet.

Er läßt sich mit Körnung 60 bis 100 hervorragend bearbeiten. Wir benutzen einen Schleifklotz und achten darauf, daß zugesetztes Schleifpapier gewechselt wird. Wir entdecken vielleicht, daß allzu tiefe Nagellöcher oder Risse in einer Schnittkante über Nacht wieder leicht eingesunken sind. Wir grämen uns nicht darüber – das wird später behoben.



Nach dem Schleifen präsentiert sich die Box nun in einem ganz anderen Bild: Die Kanten sind ausgesprochen profiliert. Ein Unterschied zwischen Spanplatten-Oberfläche und der Schnittkante eines anstoßenden Brettes ist nicht mehr auszumachen. Wir schleifen (mit um den Finger gewickeltem Papier) natürlich auch die Lautsprecher-Ausschnitte.

Dann geht es ans Groß-Reinemachen, denn (wie schon gesagt): Staub ist der ärgste Feind der Lackierung. Wir saugen den Hobbyraum aus und wischen die Box mit einem weichen Lappen ab, den wir mit dem Kunstharz-Verdünner (des gleichen Herstellers!) sanft getränkt, also nur leicht angefeuchtet haben. Dabei üben wir keinen allzu starken Druck aus. Den Verdünner brauchen wir übrigens auch für die Reinigung der Werkzeuge und zur Regulierung der Verstreichbarkeit der nun als nächstes anzuwendenden Materialien. Als erstes streichen wir mit Vorlack. Der ist strahlend weiß, wird mit einem nicht haarenden Pinsel aufgetragen und hin-und-her, kreuz-und-quer ausgestrichen. Nicht zuviel auf einmal nehmen! Man hat schnell heraus, wie



eine einwandfreie Oberfläche hergestellt werden kann! Der Pinsel wird dabei zügig und ohne großen Druck gezogen – in einem Winkel von 60 Grad oder weniger.



Wenn die Box fertig ist, kommt der Pinsel in eine Blechdose mit Verdünner. Die nächste Nacht bricht herein.

Das Licht des neuen Tages (oder einer ordentlichen Arbeitslampe) enthüllt uns am folgenden Abend, daß Nagellöcher noch als kleine Dellen sichtbar sind oder daß ein Riß, ein herausgebrochener Span immer noch erkennbar ist. Jetzt ist die letzte Korrektur mit dem Lackspachtel fällig. Vorher aber schleifen wir den ausgehärteten Vorlack leicht an – alle Seiten der Box und auch die Kanten der Lautsprecher-Öffnungen. Wieder wird der Staub beseitigt – mit dem getränkten Lappen.

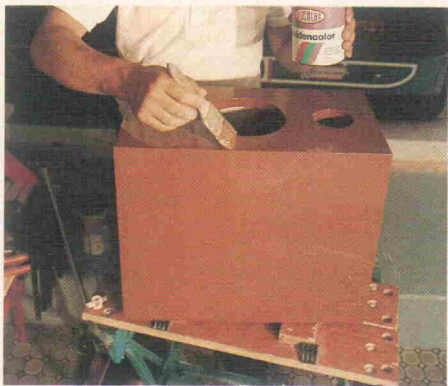


Dann wird zum ersten Male lackiert

Zum ersten Anstrich mischen wir dem nußbraunen Lack einen Schuß weißen Vorlack bei. Das ist so ein echter und rechter Profi-Trick: Wir sehen dann später bei der Endlackierung genau, was wir schon beschichtet haben – und was nicht!



Der leicht aufgehellte Lack wird genauso wie der Vorlack aufgetragen: Nicht zuviel auf einmal und in Kreuzgängen – längs und quer. Bei diesen Arbeiten haben wir übrigens stets einen Lappen und den Kunstharz-Verdünner parat. Sollte nämlich – was sogar geschickten Leuten passiert – ein Tropfen Lack danebengehen, so ist er schnell getilgt.



Und dann wird es Abend und Morgen: der letzte Tag... Man kann sich sicher nicht eines Gefühls der Befriedigung erwehren, wenn der Pinsel zum ersten Strich der Endlackierung eingetaucht und sorgfältig am Büchsenrand abgestrichen wird. Bahn für Bahn, hin und her – dann kreuz und quer wird Seite für Seite lackiert. Sollte Lack an den Kanten auf eine bereits fertige Boxenseite überlaufen, so verstreichen wir diese „Nase“ mit sanftem Pinselstrich. Schließlich ist das Kunstwerk fertig und hält auch dem kritischsten Blick stand.

Anwärmer



Peerless G 22 L

Es ist eine unter HiFi-Kennern weit verbreitete Binsenweisheit, daß teure Lautsprecherboxen (meistens) auch gut sind. Die umgekehrte Schlußfolgerung, daß preiswerte Lautsprecher notwendigerweise schlecht sein müssen, ist zwar naheliegend — aber falsch. Man bedenke: Allen Lautsprecherentwicklungen liegt ein Kompromiß zugrunde zwischen dem, was der Perfektionist haben will und dem, was im Rahmen vorgegebener Grenzen (z. B. den Kosten oder Gehäuseabmessungen) realisierbar ist. Unabhängig davon werden jedoch gute und schlechte Ausführungen angeboten, solche, die ihren „Preis wert“ sind und solche, bei denen das nicht der Fall ist.

71

Die 3-Wege-Box, die wir in dieser Bauanleitung vorstellen, ist ursprünglich einmal als 2-Wege-Konzept geplant gewesen. Im Laufe der Entwicklung, mit eingehender Hörerprobung durch verschiedene Personen mit verschiedenen Hörgewohnheiten, hat sich jedoch herausgestellt, daß ein 3-Wege-Konzept den individuellen Wünschen der Benutzer einfach besser anpaßbar ist als ein zwar gutes, aber eng an die technischen Grenzen „gequetschtes“ 2-Wege-System.

3-Wege sind variabler

Durch einfaches Ändern der zwei Widerstände in der Weiche läßt sich die

hier vorgestellte Version auf die Hörgewohnheiten und die akustischen Gegebenheiten in der Wohnung des Benutzers einstellen.

Überlegungen zum Baßlautsprecher

Der Tieftöner hat die Bezeichnung KO 825 WFY-S. Er zeigt einen sehr sanft zu hohen Frequenzen hin abfallenden Frequenzgang, so daß er innerhalb eines großen Frequenzbereichs eingesetzt werden kann.

Obwohl der Lautsprecher sehr preisgünstig ist, klingen die Bässe doch sauber. Das wird durch die Schaumstoff-sicke erreicht, deren Rückseite mit ei-

ner Beschichtung versehen ist und durch eine 14 mm lange Schwingspule, die in ihren Endstellungen auf beiden Seiten die Polplatte um 4 mm überragt. Der Frequenzgang am Band-Ende weist keine Resonanzen auf, weil ein spezielles, weiches Membranmaterial verwendet wird. Es besteht aus Papier und ist mit einer dämpfenden Plastikemulsion getränkt.

Dieser Membrantyp bricht mit der Forderung nach einer ideal steifen, kolbenförmig arbeitenden Membran ohne Eigenresonanzen.

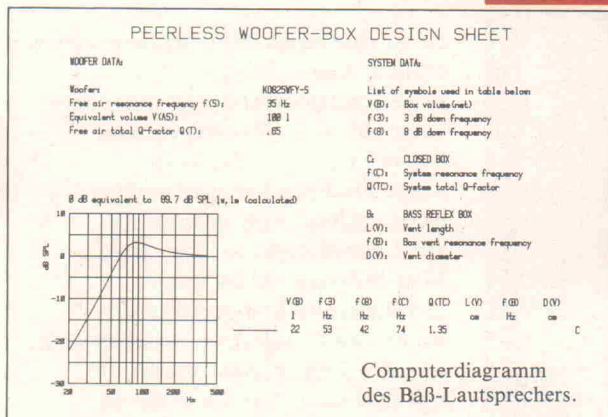
Alle realen Membranen zeigen nämlich Frequenzen, bei denen sie ausgeprägte Biegeschwingungen ausführen und den Frequenzgang ungünstig beeinflussen. Auch an aufwendig kon-

struierten, steifen Membranen tritt dieser Effekt auf, so daß es daher billiger ist, die Membran weicher (sprich:

Jede Membran kann (auf)brechen

preiswerter) auszuführen und dann stärker zu bedämpfen. Auf diese Weise läßt sich der nutzbare Frequenzbereich auch bei Verwendung eines „weichen“ Membran-Materials zu hohen Frequenzen hin erweitern.

72



Technische Daten

Prinzip	geschlossenes Gehäuse, 3-Weg-System
Belastbarkeit (DIN)	100 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	88 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	1,4 kHz/3,2 kHz
Volumen (innen)	231
Außenmaße	Breite 280 mm Höhe 520 mm Tiefe 250 mm
Entwickler	Peerless/Erdmann

Die Größe des Magneten und die Güte Q der mechanischen Resonanz weisen darauf hin, daß der Lautsprecher für den Betrieb in geschlossenen Gehäusen vorgesehen ist.

Das mit Hilfe eines Computers gezeichnete Datenblatt zeigt den Frequenzgang des Lautsprechers in einer 22 Liter-Box (geschlossen, mit üblicher Bedämpfung im Inneren). Die leichte Überhöhung im Baßbereich führt zu einer gewissen Betonung tiefer Fre-

quenzen, wegen der langen Schwingensule jedoch nicht zu einer verfälschten Wiedergabe. Nach DIN liegt die untere Grenzfrequenz bei 42 Hz. Für das angegebene Volumen der Box ist das ein sehr guter Wert.

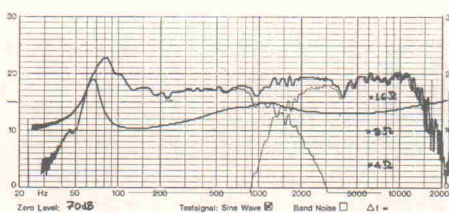
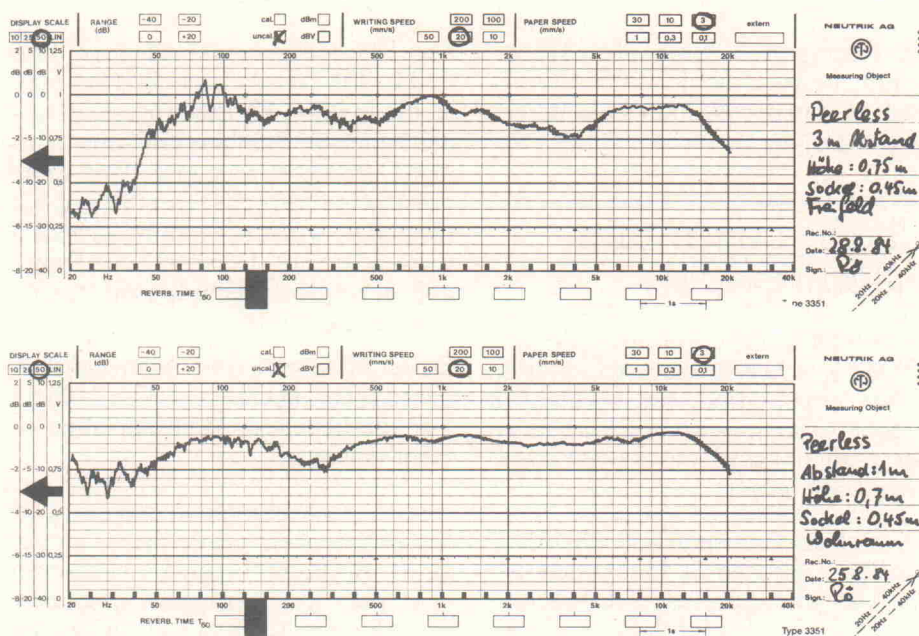
Der Hochtöner

Als Hochtöner wird der neue Kalotten-Hochtöner LR 10 von Peerless verwendet. Die Kalotte wird wie beim Tieftö-

ner durch Imprägnierung mit einer Plastikemulsion versteift und bedämpft. Durch diese Maßnahme läßt sich wiederum ein gerader Frequenzgang erzielen. Im Bereich um 10 kHz tritt eine ganz leichte Überhöhung auf. In diesem Frequenzbereich beginnt die Richtcharakteristik der Kalotte von der des Kugelstrahlers abzuweichen, was aber die Ausprägung des Stereoeffekts nur verstärkt.

Zwei oder drei, das ist die Frage

Wenn man nun die beschriebenen



Frequenzdiagramm der 2-Weg-Version.

Lautsprecher mit einer passenden Weiche zusammen in ein 231-Gehäuse einbaut, so erhält man eine recht gute Box. Auf dem Frequenzdiagramm dieser 2-Wege-Version sieht man, daß sich die Übertragungsbereiche beider Lautsprecher schön und deutlich überlappen.

Auch eine durch Biegeschwingungen des Tieftöners hervorgerufene gestörte Abstrahlung höherer Frequenzen ist nicht zu befürchten.

Nun stellt sich die Frage, warum überhaupt Dreiweg-Systeme aufgebaut werden, wenn bereits Zweiweg-Boxen mit allen Wiedergabeproblemen fertig werden. Tatsächlich gehen viele renommierte Hersteller zu einer verstärkten Produktion von Zweiweg-Boxen über. Sie investieren lieber etwas mehr in zwei gute Lautsprecher, als sich mit den Problemen herumzuschlagen, die beim Betrieb dreier Schallstrahler auftreten. In diesem Zusammenhang sind Probleme mit Interferenzen, zusätzlichen Baßresonanzen in kritischen Frequenzbereichen und dem zusätzlich nötigen Bandpaß-Filter für den Mitteltonbereich zu nennen.

Bei – im Sinne des Wortes – billigen Dreiweg-Systemen bedeutet das in vielen Fällen, halbe Lösungen anzubieten, die nur äußerlich der Nachfrage am Markt entsprechen.

In unserer Dreiwegbox dagegen verwenden wir den Mitteltöner KU 45 MRF zur Abstrahlung der mittleren Frequenzlagen. Dieser Lautsprecher hat innerhalb der Box ein eigenes kleines Gehäuse, das aus der Styroporverpackung besteht, mit der das Chassis geliefert wird. Das Volumen des „Töpfchens“ beträgt 0,6 l und wird zur Dämpfung mit Watte lose gefüllt.

In der Dreiweg-Version erfolgt die Bandbegrenzung für den Tieftöner bei etwas niedrigeren Frequenzen, der Einsatz des Hochtöners bei etwas höheren, und das dabei entstehende „Loch“ füllt dann der Mitteltöner aus. Der Arbeitsfrequenzbereich des Mitteltöners ist also eng umgrenzt. Auf diese Weise bleiben die vorhin erwähnten Probleme bei preiswerten Dreiwegboxen minimal.

3-Wege, weil...

Einen wesentlichen und unserer Meinung nach entscheidenden Vorteil besitzt der Dreiwegentwurf jedoch gegenüber dem mit nur zwei Lautsprechern: Man kann die für das menschliche Gehör sehr wichtige Mitteltonabstrahlung der Box durch Variation zweier Widerstände in der Frequenzweiche an das subjektive Hörempfinden anpassen. Das gleiche gilt auch für die Anpassung der Box an vorgegebene akustische Raumeigenschaften.

Die beiden Widerstände mit den Werten von 6 R 8 und 1 R legen die Pegel des mittel- und hochfrequenten Bereichs fest. Sie können innerhalb weiter Grenzen variiert werden.

Stückliste

Holz und Gehäuseteile

Material Spanplatte 19 mm

Deckel/Boden	2 Stück 280 x 240 mm
Seitenteile	2 Stück 444 x 240 mm
Frontplatte	1 Stück 242 x 444 mm
Rückwand	1 Stück 242 x 444 mm

Lautsprecher (alle von Peerless)

Baß	KO 825 WFY-S
Mitteltöner	KU 45 MRF
Hochtöner	LR 10

Weiche

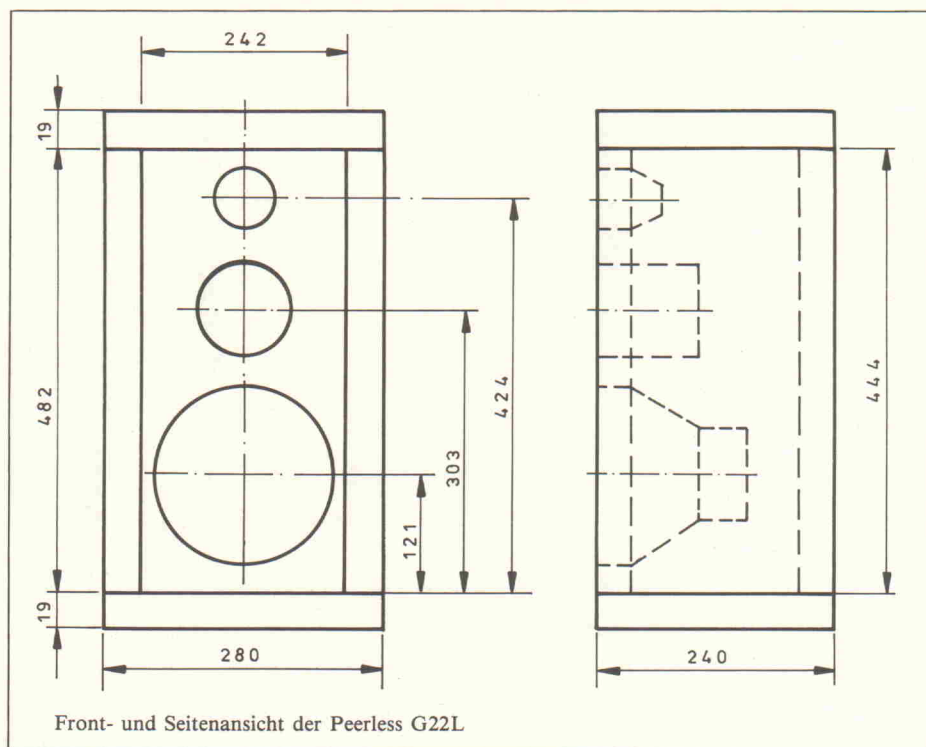
Spulen	
L 1	2,5 mH Glockenkern
L 2	0,9 mH Glockenkern
L 3	0,9 mH Glockenkern
L 4	0,22 mH Luftspule

Kondensatoren

C 1	16µ/100 V Folie
C 2	10µ/100 V Folie
C 3	4µ7/100 V Folie
C 4	3µ9/100 V Folie
C 5	4µ7/100 V Folie

Widerstände

R 1	6 R 8/10 W
R 2	1 R/10 W



Wer richtig stellt, hört gut!

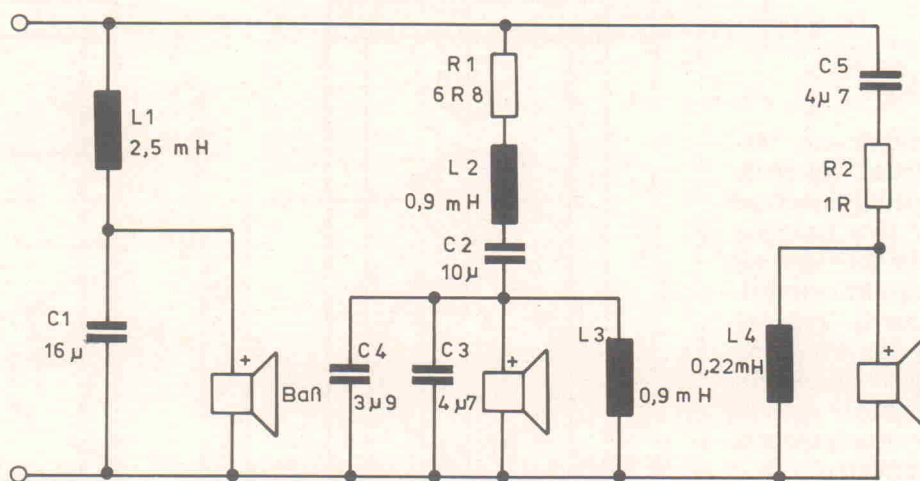
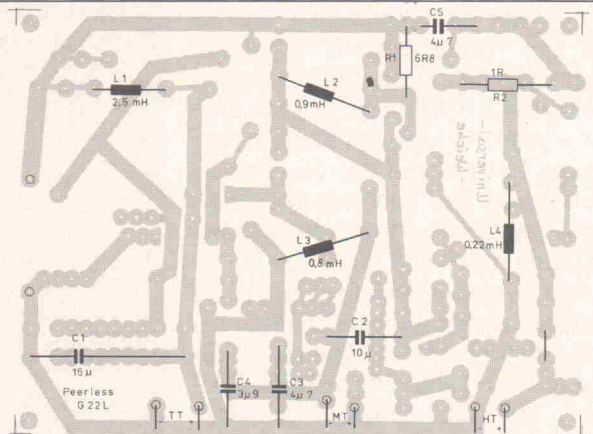
Die Box sollte senkrecht aufgestellt werden, denn die horizontale Anordnung im Bücherregal ist nicht zu empfehlen. Den besten Höreindruck erhalten Sie, wenn die Boxen auf einer flachen Konsole oder einem Podest dicht über dem Boden aufgestellt werden. Stereoboxen sollten einen Abstand von 3–4 m voneinander haben, symmetrisch zum Hörer angeordnet sein und so gedreht werden, daß ihre Hauptachsen sich vor diesem Platz schneiden. Nach Möglichkeit sollten die Podeste so ausgeführt werden, daß die Lautsprechergehäuse leicht nach hinten angekippt werden können.

Wenn Sie sich nach diesen Hinweisen richten, dann erhalten Sie einen großen Hörbereich mit guter stereophoner Wiedergabe.

Das Ankippen der Boxen vermindert Interferenzen zwischen den Lautsprechern und ihren „Spiegel“-Quellen (das sind die ersten und damit stärksten Reflektionen am Boden). Bezogen auf den Hörpunkt kommen die akustischen Zentren der Lautsprecher (Schwingspulen) durch die Schräglage etwas besser in eine akustische Ebene. Dadurch verbessern sich die Schallverteilung und der Stereoeindruck.



Der Bestückungsplan für die Frequenzweiche der Peerless G22L



Das Weichenschaltbild

Edle Hölzer oder Spanplatte?

Beim Aufbau der Gehäuse gibt es mehrere Wahlmöglichkeiten. Leute mit ständiger „Ebbe“ in der Bastelkasse kaufen nur die Lautsprecher, die Einzelteile für die Weiche und die Spanplatten für das Gehäuse. Leute, die etwas mehr Geld zur Verfügung haben, verwenden statt der einfachen Spanplatte das von Peerless zu diesem Lautsprechersatz angebotene Gehäuse GB36.

Dieser Holzbausatz ist derart gut vorbereitet und sieht nachher so „edel“ aus, daß wir einfach nicht widerstehen konnten.

Zugegeben – er ist teuer, aber man erhält auch ein wirklich professionell aussehendes Gehäuse, dem niemand später die Marke „Eigenbau“ ansehen wird. Auf den nebenstehenden Bildern haben wir die Stationen des Zusammenbaus festgehalten.

Das Bodenbrett wird auf die Werkbank gelegt; die breite Kante zeigt dabei nach vorn. In die Nuten für die Rückwand und die beiden Seitenwände wird Leim gegeben und die Rückwand eingesetzt (Bild 1). In die beiden Rückwand-Nuten der Seitenwände Leim drücken! Die Seitenwände werden nun eingesetzt (Bild 2 und 3) und bis zum Abbinden so stehen gelassen. Die raffinierte Verbindungstechnik dieses Bausatzes zeigt Bild 4. In der Zwischenzeit sägen Sie die Lautsprecher-Öffnungen aus und kleben das Töpfchen für den Mitteltöner mit Weißleim oder einem Styropor-Kleber von hinten auf die Schallwand, wie es Bild 5 zeigt. Es folgt der Einbau der Schallwand selbst (Bild 6) und das Aufsetzen des Deckels (Bild 7). Nun können Sie die Weiche auf der Rückwand festschrauben, die Lautsprecher mit der Weiche verbinden und die Lautsprecher durch Unterlegen eines Dichtgummis (Tesamoll o. ä.) mit der Schallwand verschrauben. Vor dem Einbau des Tieftöners müssen zwei Matten Dämmmaterial (Polyester-Watte) in der Größe der Schallwand auseinandergezupft in die Box eingelegt werden.

Da die Edelholz-Oberfläche des Bausatzes schon grundiert ist, brauchen Sie nur noch vorsichtig zwischenzuschleifen (220-er Papier) und die Box mit einem Schlußlack zu streichen. Der Abdeckrahmen wird mit Bspannstoff bezogen und das Kunstwerk ist fertig.





Pyramidal

scan-speak bjørn II

Es gibt so viele Bauvorschläge für Boxenbauer, daß die Qual der Wahl nach wie vor beim Verbraucher bleibt. In vielen Fällen baut man dann etwas nach, was sich nur unwesentlich vom Gewohnten unterscheidet: Schuhkartons und Särge, rechteckig oder quadratisch. Obwohl doch vieles gegen diese Gehäuseform spricht. Scanaudio, die Vertriebsfirma des dänischen Herstellers scan-speak, kultiviert dagegen schon seit längerem das Pyramidengehäuse.

Welchen Ansprüchen müssen HiFi-Lautsprecher-Boxen heute gerecht werden?

Sie sollten klangneutral sein und dem neuesten Stand der Technik entsprechen. Durch die Pyramidenform werden die stehenden Wellen im Gehäuse weitgehend reduziert, Gehäuse-resonanzen dadurch unterdrückt. Der zweite erwähnenswerte Vorteil des Pyramidengehäuses ist die Neigung der Frontplatte. Durch entsprechende Ge-

häusemaße kann erreicht werden, daß die Schwingspulen der Lautsprecher in einer Ebene liegen. Das bedeutet, daß die abgestrahlten Signale aller eingebauten Lautsprecher im Bereich der Übergangsfrequenzen phasengleich beim Hörer ankommen. Durch die Pyramidenform hat die Lautsprecherbox ein besseres Rundstrahlverhalten und ist unproblematisch in der Platzierung im Hörraum. Das Design ist eine Frage des Geschmacks, über den wir hier nicht streiten wollen. Wer also ein un-

gewöhnliches Äußeres, verbunden mit neutralem, unaufdringlichen Klang bevorzugt, der ist mit bjørn II gut beraten.

Das Gehäuse

Wenn Sie bei einem Tischler die Gehäuseteile bestellen, werden Sie außer dem Zuschnitt-Preis keine Probleme haben. Bei Baumärkten mit Holz-Zuschnitt könnten Sie allerdings ein Kopfschütteln sehen, wenn Sie mit

dem Schnittmusterbogen am Tresen stehen. Viele dieser Märkte sind nur auf rechteckige Bretter eingerichtet. Aber das ist kein Grund zum Verzweifeln, denn wenn Sie halbwegs mit einer Handkreissäge umgehen können, besorgen Sie sich die Seitenplatten im Ganzen (520 x 1300 mm) und sägen die Einzelteile selbst.

Bevor Sie jedoch auf diesen Platten den Schnittmusterbogen 2a anreißen, sollten Sie an einem Restholz die Schnittbreite Ihres Sägeblattes bestimmen und dieses Maß beim Anreißen berücksichtigen.

Aus den beiden Seitenplatten sägen wir also die Rückenteile, Frontteile und die Seitenteile der Pyramiden. Boden- und Kopfplatten haben wir uns im Baumarkt oder Holzmarkt maßgenau zuschneiden lassen. Jetzt haben wir alle benötigten Holzteile fertig und können uns mit dem Zusammenbau befassen.

Montage der Pyramide

Wir setzen jetzt die Seiten-, Rück- und Frontwände zu einer Pyramide zusammen. Mit Hilfe von Schraubzwingen verleimen wir die Box, die dabei auf einer Arbeitsplatte liegt (siehe Zeichnung 2b).

Bei dieser Arbeitsweise läßt sich das Gehäuse sehr genau verleimen. Zum Kleben verwenden wir handelsüblichen Holzweißleim, um eine hohe Festigkeit zu erzielen. Selbstverständlich kann man die Seitenteile auch verschrauben, was aber wegen der Mehr-

arbeit beim Spachteln später nur zu empfehlen ist, wenn man absolut an keine Schraubzwingen herankommt. Die Trockenzeit beim Verleimen für jede Seite beträgt ca. 2-3 Stunden bei normaler Zimmertemperatur.

Nach dem Trockenvorgang bearbeiten wir die oberen Kanten der Pyramide mit einer Holzraspel, bis die Kopfplatte plan zum Aufliegen kommt und verleimt werden kann. Auch hier muß die Trockenzeit wieder eingehalten werden. Alle Kanten werden jetzt zur Fläche hin beigeschliffen und mit Holzspachtel verfügt. Dann passen wir die Bodenplatte ein und verleimen

diese. Eventuelle Fugen an den Kanten der Bodenplatte werden mit Holzspachtel gefüllt. Mit einer Stichsäge sägen wir nun die Öffnungen für die Lautsprecher ins Gehäuse. Jetzt ist der Rohling fertig.

Das Gehäuse kann mit verschiedenen Materialien beklebt, furniert oder lackiert werden.

Die Lautsprecherchassis

Folgende Merkmale zeichnen die Chassis aus:

Baß: Resonanzarmer Magnesium-Korb, Alnico-Magnet, Hexagonal Coil, Schwingspule auf Alu-Köcher. Dieser Baß ist extrem langhubig und hat eine Resonanzfrequenz von 33 Hz.

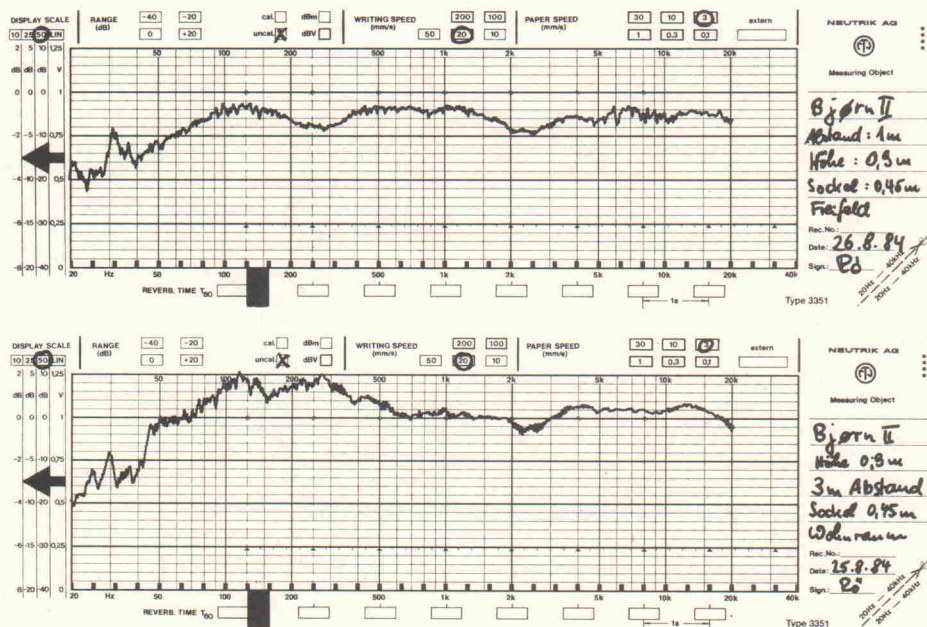
Mittelton: 39 mm-Textilkalotte, Alnico-Magnet, hohe Belastbarkeit, Schwingspule auf Alu-Köcher gewickelt.

Hochton: 20 mm-Textilkalotte, Schwingspule auf Alu-Köcher gewickelt, geringe bewegte Masse (150 mg), Steigzeit unter 10 μ , thermisch hoch belastbar.

Flow Resistance: Luftwiderstand. Bewirkt kontrolliertes Ein- und Ausschwingen des Basses und unterstützt die Baßwiedergabe bis hinunter zur Resonanzfrequenz.

Technische Daten

Prinzip	geschlossenes Pyramiden-Gehäuse mit Flow Resistance, 3-Wege
Belastbarkeit (DIN)	90 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	90 dB
Übergangsfrequenzen	960 Hz/4000 Hz
Volumen (innen)	ca. 23 l
Außenmaße	Breite 300 mm Höhe 550 mm Tiefe 300 mm
Entwickler	B. Grube



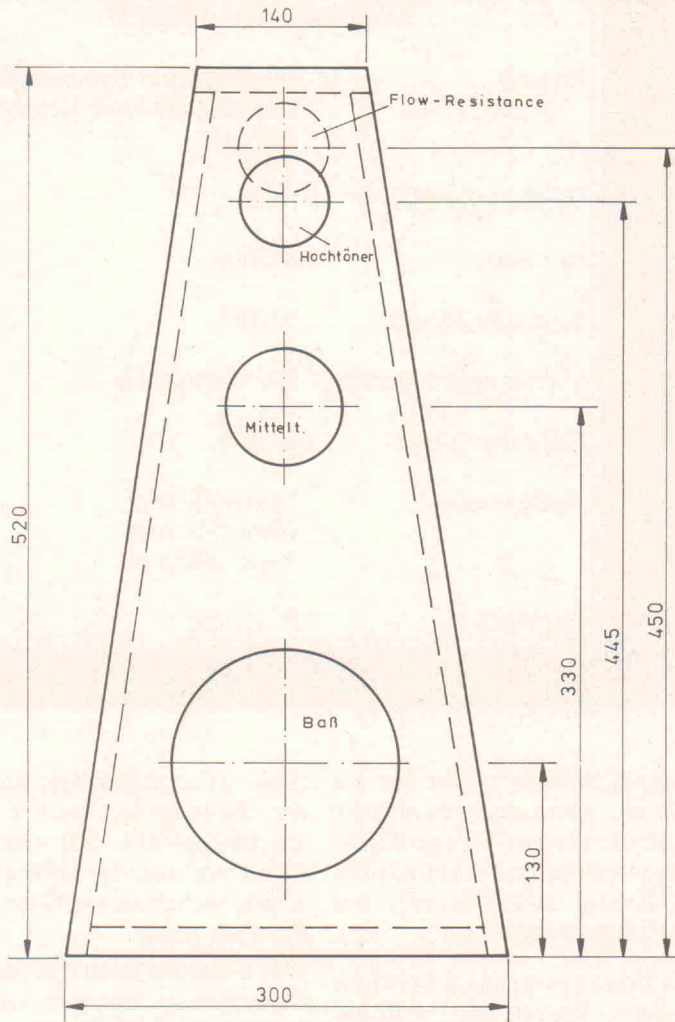


Bild 1. Maßzeichnung für Bjørn II

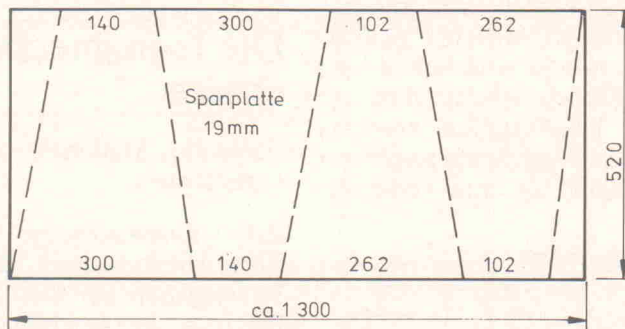


Bild 2a. Schnittmusterbogen für Seitenteile

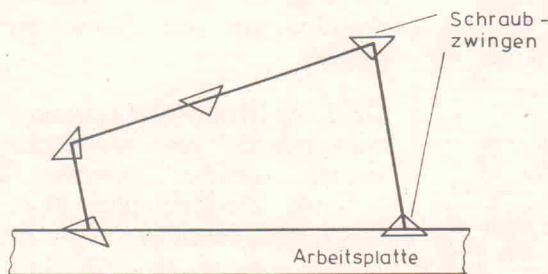


Bild 2b. Anordnung der Schraubzwingen

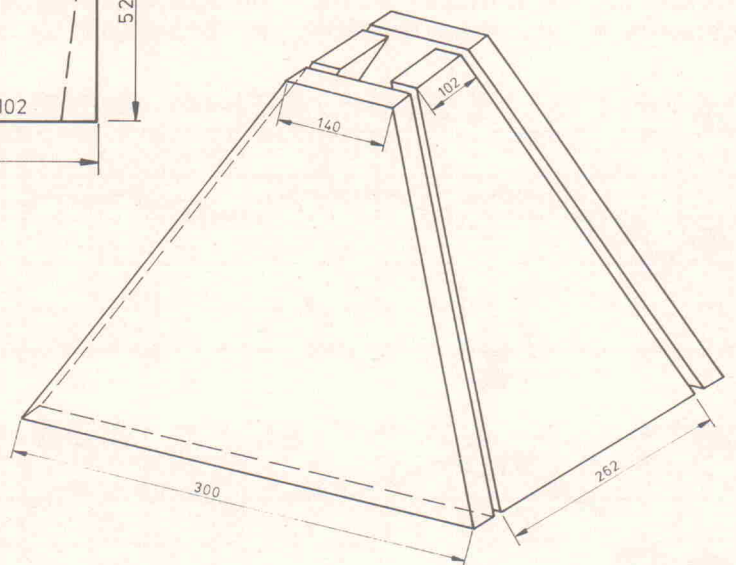


Bild 3. So werden die Platten zusammengesetzt

Frequenzweiche

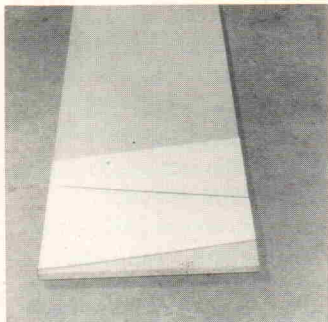
Die Weiche für Bjørn II wurde im Mittelton- und Hochton-Bereich für eine Flankensteilheit von 12dB/Okt dimensioniert. Der Tiefpas für den Baßlautsprecher hat jedoch nur eine Flankensteilheit von 6 dB/Okt. Es sollten nur Folienkondensatoren und Luftspulen bester Qualität verwendet werden. Die bestückte Platine wird innen auf der Bodenplatte festgeschraubt.

Bedämpfung

Zur Bedämpfung der Gehäuserückwand und der Bodenplatte nahmen wir 10 mm Noppenschäumstoff, welcher eingeklebt wird. Zur Bedämpfung verwendeten wir „Scanaudio Polystrol-Watte DII“. Das Gehäuse wird locker ausgedämmt. Zum Flow Resistance hin muß ein Weg frei bleiben.

Verkabelung

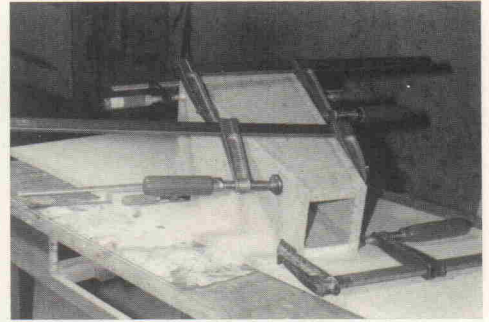
Bei der Verkabelung verwendeten wir Lautsprecherkabel 2,5 mm², für den Anschluß handelsübliche Lautsprecheranschlußplatten für den gleichen Kabelquerschnitt.



Schnittmusterbogen



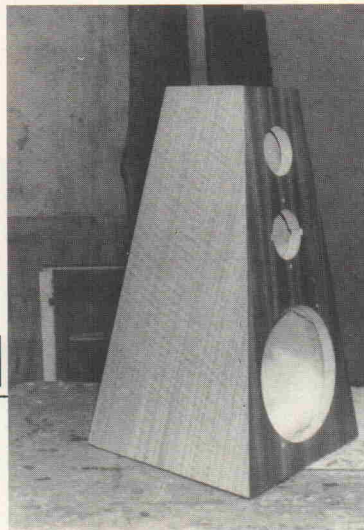
Die Schraubzwingen ...



... werden angesetzt.



Der fertige Rohling



Dämmmaterial einlegen ...



... Chassis einbauen!

Stückliste (je Box)

Holz und Gehäuseteile

Material: 19 mm Spanplatte

Seitenplatten	520 x 1300 mm
Bodenplatte	280 x 280 mm
Deckplatte	145 x 145 mm

Weiche

Widerstände

R1	2 R2/5 W
R2	10 R/5 W
R3	1 R8/5 W
R4	8 R2/5 W

Kondensatoren

C1	2 μ 2 MKT
C2	3 μ 3 MKT
C3	20 μ MKT
C4	8 μ MKT
C5	15 μ MKT

Spulen

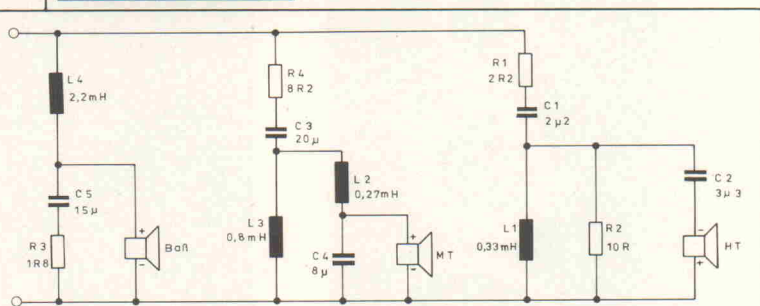
L1	0,33 mH
L2	0,27 mH
L3	0,8 mH
L4	2,2 mH

Lautsprecher

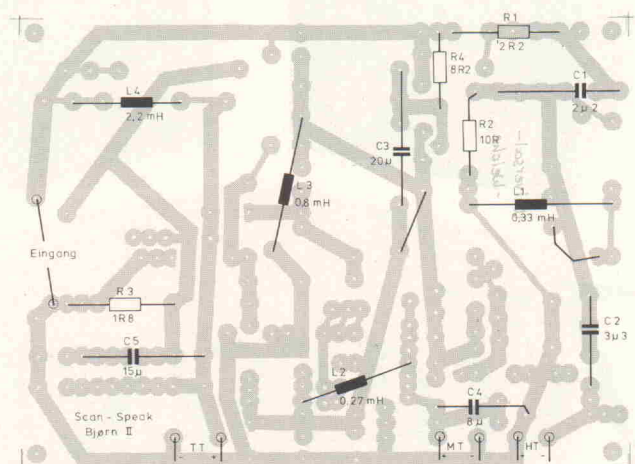
Hochtöner	SA 2008
Mitteltöner	SA 3914
Tieftöner	SA 2108
alle Lautsprecher	von scan-speak

Zubehör

Dämmmaterial, Anschlußplatte,
Flow Resistance, \varnothing 100 mm aktive Fläche



Das Weichenschaltbild für die Björn II



Der Bestückungsplan

Ein Elektroniker, der die alten Zeiten der Beatles im Star-Club in Hamburg noch mitgemacht hat, verbindet mit dem Sound der Rock-Musik jener Jahre Namen wie Marshall oder Vox. Daß in diesen Verstärkeranlagen fast immer Celestion-Lautsprecher verwendet wurden, wissen jedoch nur die Eingeweihten. Nun – die Zeiten haben sich geändert: Die Beatles sind Legende und bei Celestion setzte sich die Erkenntnis durch, daß es außer Musikern auch noch andere Leute gibt, die gute Lautsprecher zu schätzen wissen.

Seit 1970 entwickelte man also Chassis für den HiFi-Bereich und seltsamerweise ergab es sich, daß die damit gebauten Boxen oft ihre eindeutigen Stärken im Bereich der klassischen Musik zeigten. So auch die hier von uns beschriebene Box Vantage 120.

Diese Box ist ein 3-Weg-System mit Passivmembran. Letztere wird von Celestion etwas vernebelnd „pneumatisch gekoppelter Baßstrahler ABR“ (Auxillary-Bass-Radiator) genannt.

Die neuen Lautsprecherchassis wurden mit einem Laser-Interferometer entwickelt und lassen daher ein sauberes Klangbild erwarten.

Im Hochtonbereich wird der neue Superhochtöner HF 2006 eingesetzt (My-larkalotte mit 19 mm-Schwingspule). Der Mitteltöner besitzt eine beschichtete Faser-Konusmembran.

Das 215 mm-Baß-System hat eine ebenfalls neu entwickelte, speziell geformte Membran aus Vinyl-Homo-Polymer (VHP) mit einer extrem hitzebeständigen 38 mm-Schwingspule und besonderer Randeinspannung.

Die Passiv-Membran, auf der Rückseite der Box eingebaut, ermöglicht große Tiefbaßleistungen, obwohl das Gehäuse einen relativ kompakten Eindruck vermittelt. Damit ist die Vantage 120 auch für kleinere Räume geeignet.

Den Aufbau der Gehäuse beginnt man mit dem – je nach gewählter Holzart unterschiedlich – kostenintensiven Besuch eines Baumarktes. Für unsere Prototypen haben wir 13fach verleimtes finnisches Birkenesperrholz von 18 mm Dicke verwendet. Auf dieses Material sind auch die Zeichnung und Stückliste abgestimmt. Falls Sie Holz

Klassisch..

Celestion Vantage 120

mit einer anderen Dicke nehmen, müssen Sie die Maße der Holzplatten entsprechend ändern.

Am Anfang war das Holz

Als erstes werden in die Front- und Rückwand die Ausschnitte für die Lautsprecher gesägt und die Versenkungen eingefräst. Die Versenkungen einzufräsen ist Spezialistenarbeit und sollte nur von jemandem selbstgemacht werden, der mit solchen „fingerfressenden“ Maschinen vertraut ist. Zehn Mark beim Tischler sind besser angelegt als zehntausend Mark im Krankenhaus.

Die zweite – weniger unfallträchtige – Methode zur Herstellung der Schallwand besteht im Zusammenleimen einer 10 mm-Platte und einer 8 mm-Platte, wobei die dickere Platte die kleinen und die dünnere die großen Ausschnitte bekommt.

Achten Sie beim Zuschneiden der Gehäuseteile auf die Laufrichtung der Holzmaserung, falls diese später in die äußere Gestaltung der Box einbezogen werden soll. Nun werden die Lautsprecher eingepaßt und die Bohrungen und Einschlagmuttern für die Lautsprecherbefestigung angebracht. Nachdem die Schraubenlöcher in die Holzleisten gebohrt sind, kann der eigentliche Zusammenbau beginnen.

Legen Sie eine Seitenwand flach auf den Arbeitstisch, und zwar so, daß die spätere Außenwand unten liegt. Leimen und schrauben Sie je zwei Holzlei-

sten a und b so an, daß die provisorisch angelegten Deckel-, Boden- und Frontplatten bündig mit den Sägekanten der

Der Zusammenbau beginnt

Seitenwand abschließen. Die Rückwand dagegen schließt nicht bündig ab, sondern wird um 20 mm nach innen versetzt.

Die zweite Seitenwand wird in der gleichen Weise vorbereitet. Deckel und Boden verbinden Sie nun mit den Seitenteilen. Den dabei austretenden Leim sollten Sie sofort feucht abwischen und – bitte schön – die Schrau-

ben von *innen* eindrehen. Im gleichen Arbeitsgang – also bevor die letzte Klebung anzieht – setzen Sie die Schallwand von vorn ein und verleimen und verschrauben diese mit dem Gehäuse. Verwenden Sie für diese Arbeiten keinen Expreß-Kleber, denn dabei ist die sogenannte „Offenzeit“ zu kurz; d. h., Sie müßten sehr, sehr schnell arbeiten.

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Mittelton-Gehäuse eingepaßt. Setzen Sie dafür die vier Brettchen so zusammen, daß sich ein quadratisches (also nicht rechteckiges!) Rohr ergibt. Die Stoßkanten müssen luftdicht verleimt werden. Nach dem Abbinden des Klebers setzen Sie das Rohr provisorisch ins Gehäuse und kontrollieren die Paßgenauigkeit. Die Rohr-Enden müssen auf Schallwand und Rückwand plan aufliegen.

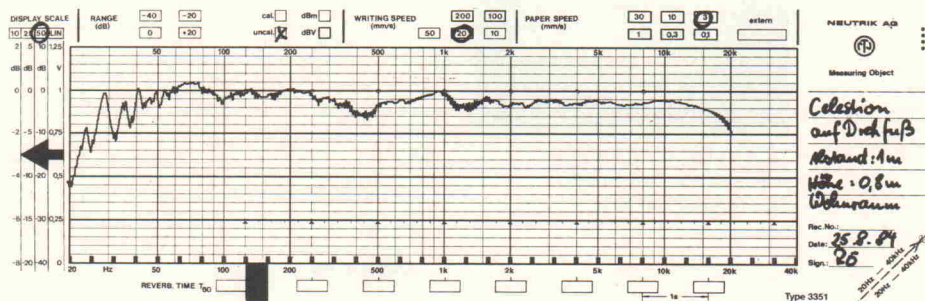
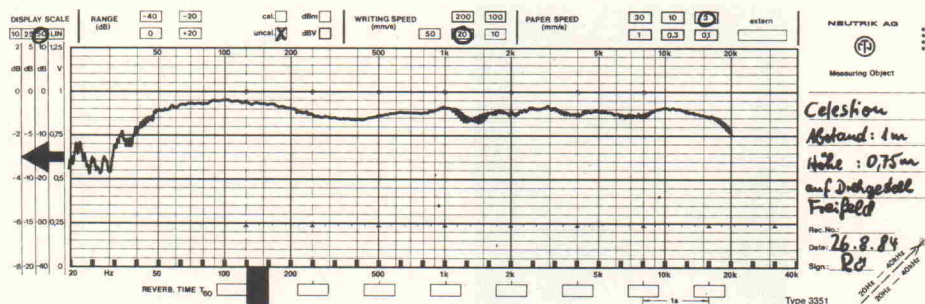
Wenn alles paßt, wird das Rohr symmetrisch zum Mittelton-Loch von hinten auf die Schallwand geklebt. Achten Sie auch hier auf eine luftdichte Verbindung.

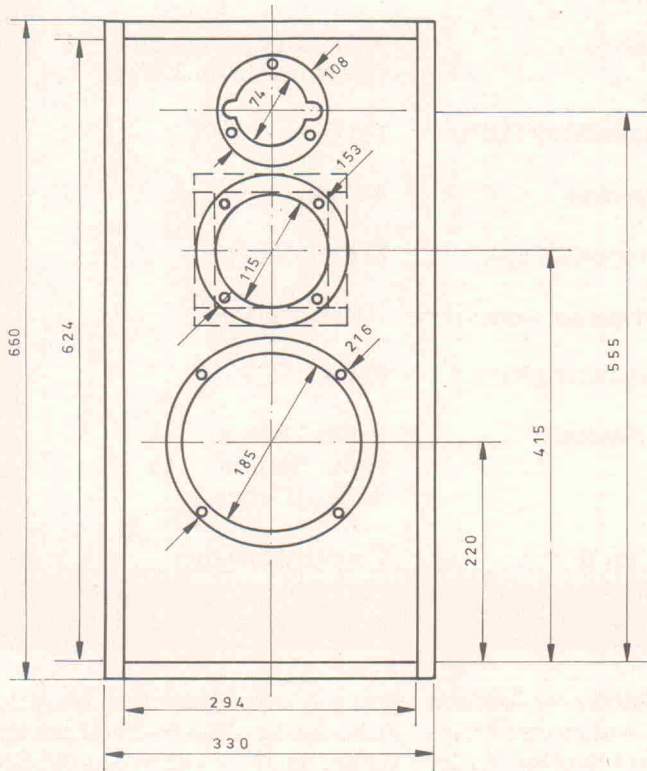
Wer richtig dämmt, hört besser

Da das Einlegen des Dämmmaterials bei geschlossener Rückwand durch die Lautsprecherlöcher nicht ganz einfach ist, sollte dieser Schritt jetzt erledigt werden. Richten Sie sich dabei bitte nach unserer Zeichnung.

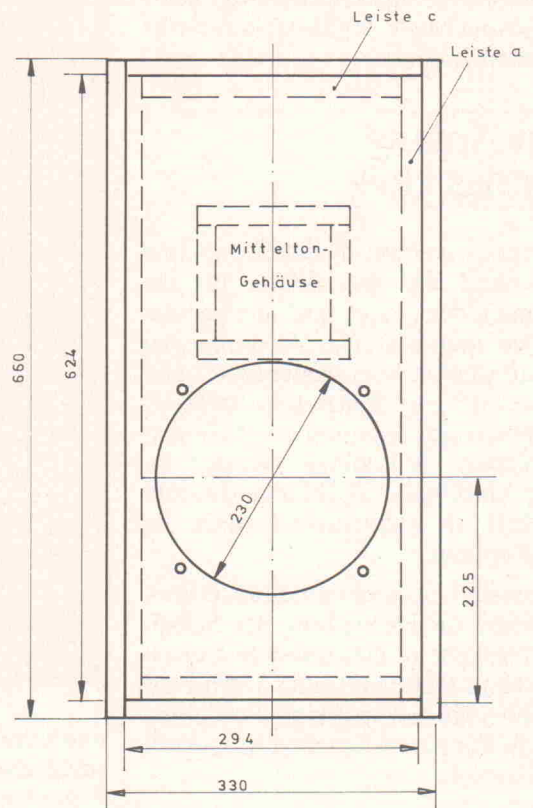
Technische Daten

Prinzip	Baßreflex-Gehäuse mit Passivmembran, 3-Wege
Belastbarkeit (DIN)	120 W
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	87 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	700 Hz/4 kHz
Volumen (innen)	42 l
Außenmaße	Breite 330 mm Höhe 660 mm Tiefe 330 mm
Entwickler	Celestion/Stauber

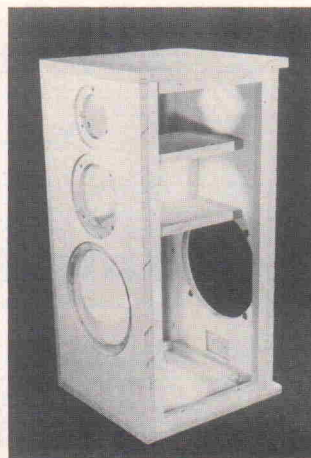
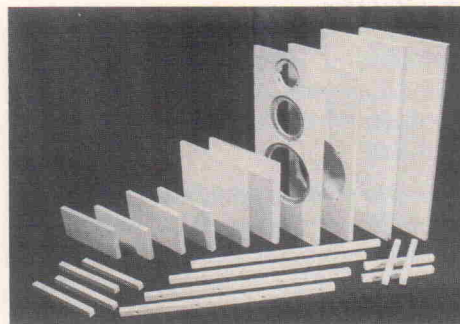




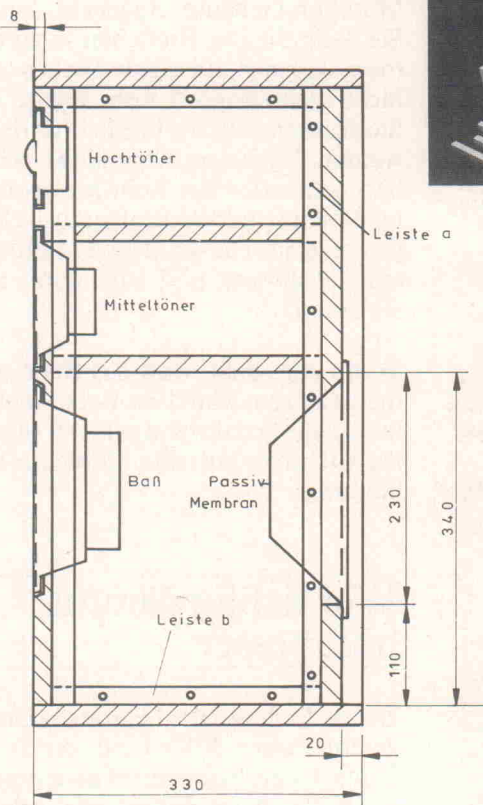
Ansicht der Schallwand



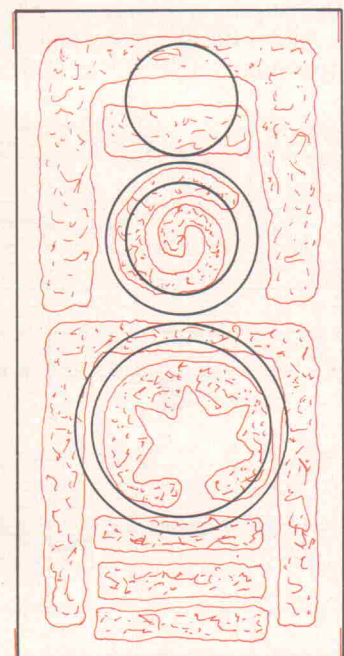
Ansicht der Rückwand



Oben sehen Sie die Einzelteile der Box, unten ein fast fertiges Gehäuse.



Schnittzeichnung



Dämmplan

- Ein Stück Dämmmaterial 850 x 270 mm und ein Stück 150 x 270 mm in das obere Teil des Gehäuses einlegen.
- Ein Stück Dämmmaterial 750 x 270 mm U-förmig in die Baßkammer einlegen.
- Drei Stücke Dämmmaterial 250 x 270 mm unten einlegen.
- Ein Stück Dämmmaterial 750 x 270 mm um den Baß legen. Auf Bewegungsfreiheit von Baß und Passiv-Membran achten. Dämmmaterial eventuell am Gehäuse etwas anheften.
- Mitteltongehäuse mit einem Stück Dämmmaterial 600 x 270 mm füllen.

Jetzt kann die Rückwand eingesetzt

werden. Hier sei es übrigens erlaubt, die Schrauben von außen einzudrehen, weil die Rückwand einer Box normalerweise nicht sichtbar ist. Tragen Sie reichlich Leim auf die Leisten auf, denn die Abdichtung muß wiederum perfekt sein.

Damit ist der „Rohbau“ fertiggestellt, und Sie sollten sich nunmehr Gedanken über die optische Verschönerung der Holzoberfläche machen. Sie finden dazu in diesem Heft einen Beitrag, der sich mit den verschiedenen Methoden der „Veredelung“ befaßt.

Stückliste

Holz und Gehäuseteile

(alle Platten 18 mm finnisches Birkensterrholz, 13fach verleimt)

Schallwand	624 x 294 mm
Rückwand	624 x 294 mm
Seitenteile (2 Stück)	660 x 330 mm
Oberteil	294 x 330 mm
Unterteil	294 x 330 mm
Mitteltongehäuse	150 x 274 mm
	114 x 274 mm } je 2 Stück

Holzleisten 20 x 20 mm	a 4 Stück 624 mm
	b 4 Stück 234 mm
	c 4 Stück 254 mm

Dämmmaterial BAF Wadding 30 mm	1 Stück 850 x 270 mm
	1 Stück 150 x 270 mm
	1 Stück 600 x 270 mm
	2 Stück 750 x 270 mm
	3 Stück 250 x 270 mm

Spax-Schrauben, Einschlagmuttern, Schrauben M 4 x 25, Anschlußklemmen, Holzleim

Lautsprecher

Baß	B 2007 (Celestion)
Mitteltöner	MF 1501 (Celestion)
Hochtöner	HF 2006 (Celestion)
Passivmembran	ABR 2501 (Celestion)

Zubehör

Zierring für Mitteltöner, Baß

Weiche

Spulen

L1	2,2 mH
L2	3,3 mH
L3	1,2 mH
L4	0,2 mH

Kondensatoren

C1	72 µ/100 V Folie
C2	12 µ/100 V Folie
C3	6 µ/100 V Folie
C4	4 µ/100 V Folie

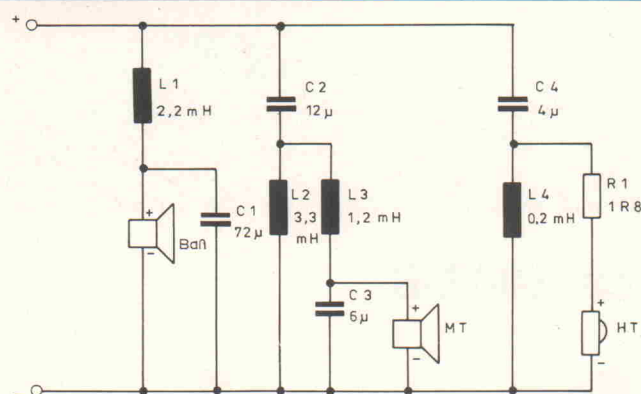
Widerstand

R1	1 R 8/7 W
----	-----------

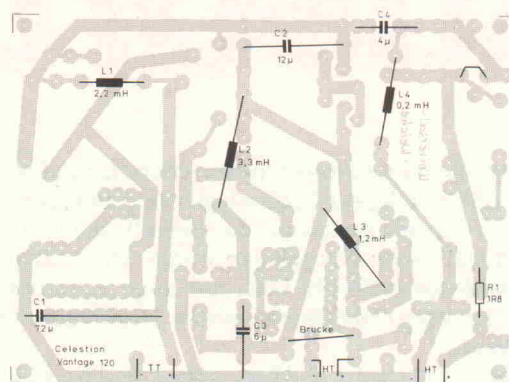
Dem Ende entgegen

Wenn Sie die Holzreste und Lackspritzer von der Arbeitsplatte und den Schleifstaub vom LötKolben entfernt haben, geht es an die endgültige Fertigstellung der Box. Die Weiche wird nach Stückliste, Bestückungsplan und Weichenschaltbild aufgebaut und kontrolliert. Ein günstiger Platz für den Einbau ins Gehäuse ist die Bodenplatte. Achten Sie beim Anschließen der Lautsprecher-Chassis auf die richtige Polarität (rot = plus, schwarz = minus).

Als letztes werden die Lautsprecher im Gehäuse festgeschraubt (Zier-Ringe nicht vergessen) und die Box kann an den Verstärker angeschlossen werden.



Die Weichenschaltung und ...



... der Bestückungsplan für die Vantage 120



Focal 300 DB

Ausdruck

M. Zoller

In dieser Bauanleitung wird ein Lautsprechersatz von Focal verwendet, einer französischen Firma, die durch neue Technologien im Lautsprecherbau Maßstäbe gesetzt hat. Beim Gehäuse handelt es sich um eine Baßreflexkonstruktion, die nach aktuellen Erkenntnissen mathematisch optimiert wurde. Der Lautsprechersatz besteht aus dem 20 cm-Baßmitteltöner 8N401 DBE mit zwei Schwingspulen und der Hochtontkalotte T 120 mit inverser Glasfibernembran. Die Frequenzweiche ist speziell auf dieses Kit abgestimmt.

Jacques Mahul, Entwickler und Eigentümer der Firma FOCAL, ist durch viele Artikel in der französischen Fachpresse (z. B. „L' Audiophile“) über Lautsprecherkonstruktion und Gehäusemodifikation eine – in der „Scene“ – bekannte Persönlichkeit.

Der Baßmitteltöner überträgt den gesamten Grundtonbereich von ca. 30 Hz – 3,5 kHz. Um ein gutes Abstrahlverhalten bei exakter Impulswiedergabe zu ermöglichen, verwendet Focal ein

Das Baß-Chassis

neuartiges Membranmaterial mit der Bezeichnung Neoflex. Es ist leichter als Bextrene oder Polypropylen, bietet aber trotzdem die mechanische Steifigkeit solcher Membranen und produziert durch eine Dämpfungsbeschichtung mit Plastiflex ein verfärbungsarmes Klangbild. Ein Schwingspulenträger mit 25 mm Durchmesser ist mit zwei konzentrisch übereinandergewickelten Schwingspulen, die beide auf Anschlußklemmen herausgeführt sind, fest an den Konus geklebt. Der Magnetdurchmesser beträgt 100 mm.

Die inverse Fiberglaskalotte

Mahul hat dem Verfasser dieser Bauanleitung in einem langen Gespräch in Paris die Entwicklungsphilosophie seiner Hochtöner erläutert.

Er geht von der Forderung aus, daß ein Hochtöner eine konstante akustische Energie bis ca. 15 kHz über einen großen Abstrahlbereich reproduzieren muß. Seine Kalotten übertragen auch außerhalb der Hör-Achse einen Frequenzgang bis über 15 kHz (auch bei -45°). Verantwortlich dafür ist eine inverse (nach innen gewölbte) 30 mm-Kalotte aus geflochtenem Fiberglas, die durch eine leichte 20 mm-Kupferschwingspule mittig angetrieben wird. So kann sich die Kalotte, wenn sie bei hoher Beschleunigung nach vorn getrieben wird, nicht mehr verbiegen. Partialschwingungen sind nahezu eliminiert und werden durch eine Spezialbeschichtung restlos bedämpft. Eine weiche Aufhängung erlaubt die tiefe Resonanzfrequenz von ca. 600 Hz und entkoppelt die schwingende Kalotte vom Flansch, um parasitäres Mitschwingen in diesem Teil zu vermeiden. Aus dem gleichen Grund hat Mahul den Flansch aus resonanzarmem Plastikmaterial gefertigt und diesen fest mit dem 1,3 kg schweren 96 mm-Magneten verklebt. Das exzellente Verhältnis von bewegter Masse (280 mg) zu Magnetkraft (über 1,7 Tesla) erlaubt einen Schalldruck von 92 dB und ein unübertroffenes Impulsverhalten!

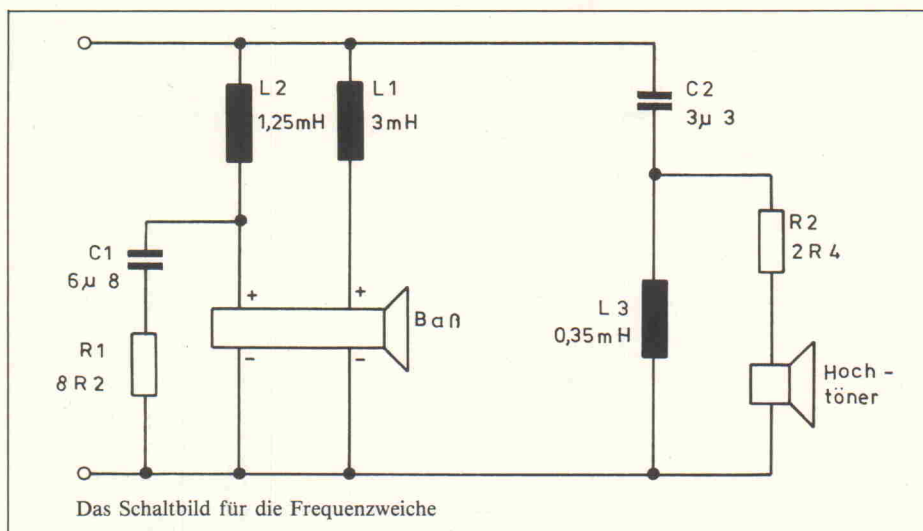
„Elektrisch“ betrachtet handelt es sich um eine 3-Weg-Weiche mit zwei Tiefpässen 1. Ordnung (6 dB) und einem Hochpass 2. Ordnung (12 dB). Parallel zur 1,25 mH – Spule liegt ein RC-Glied zur Kompensation des Impedanzanstiegs der Baßmittelton-Schwingspule.

Die Frequenzweiche

Der Aufbau der Weiche macht deutlich, was Mahul mit den zwei Schwingspulen im Baß bezweckt. Über eine Spule läuft der gesamte Frequenzbereich bis 3,5 kHz, über die zweite addiert er den Bereich bis ca. 300 Hz dazu, um den Schalldruck im Tiefbaß zu erhöhen. Diese Lösung funktioniert einwandfrei und hat schon im Kit 250 DB (Elrad-Extra 1) zu hervorragenden Ergebnissen geführt. Es ist damit möglich, einen linearen Frequenzverlauf mit 6 dB-Filtern zu erhalten, wie man ihn sonst nur durch komplizierte, pha-

Technische Daten

Prinzip	Baßreflex-Gehäuse, „3 auf 2“-Weg-System
Belastbarkeit (DIN)	70 W
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	91 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen	300 Hz 3,5 kHz
Volumen (innen)	40 l
Außenmaße	Breite 260 mm Höhe 840 mm Tiefe 310 mm
Entwickler	J. Mahul (Focal)



sendrehende Equalizerweichen erzeugt. Die Bauteile unserer Weiche sind niederohmige Luftdrosseln und verlustarme Folienkondensatoren.

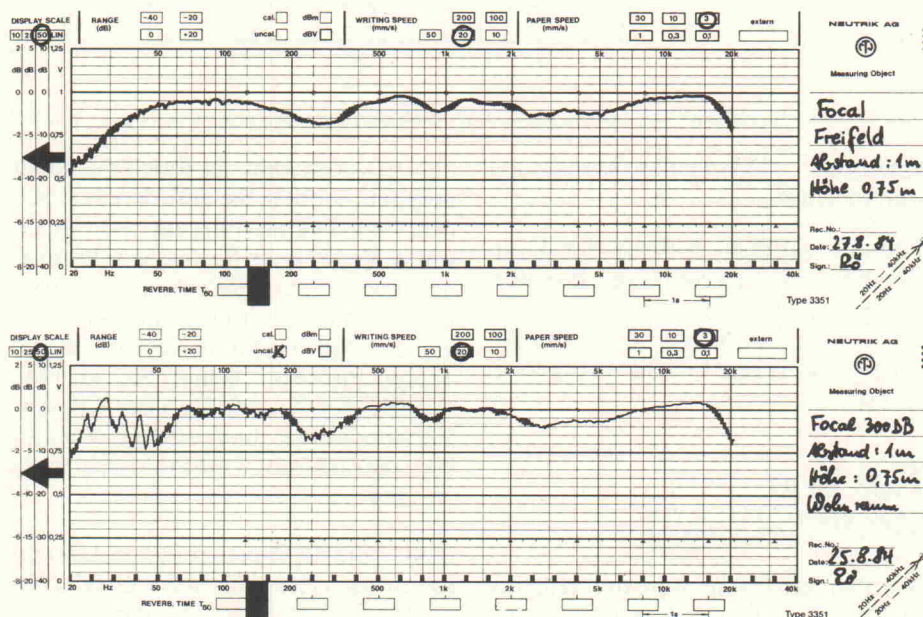
Der Zusammenbau

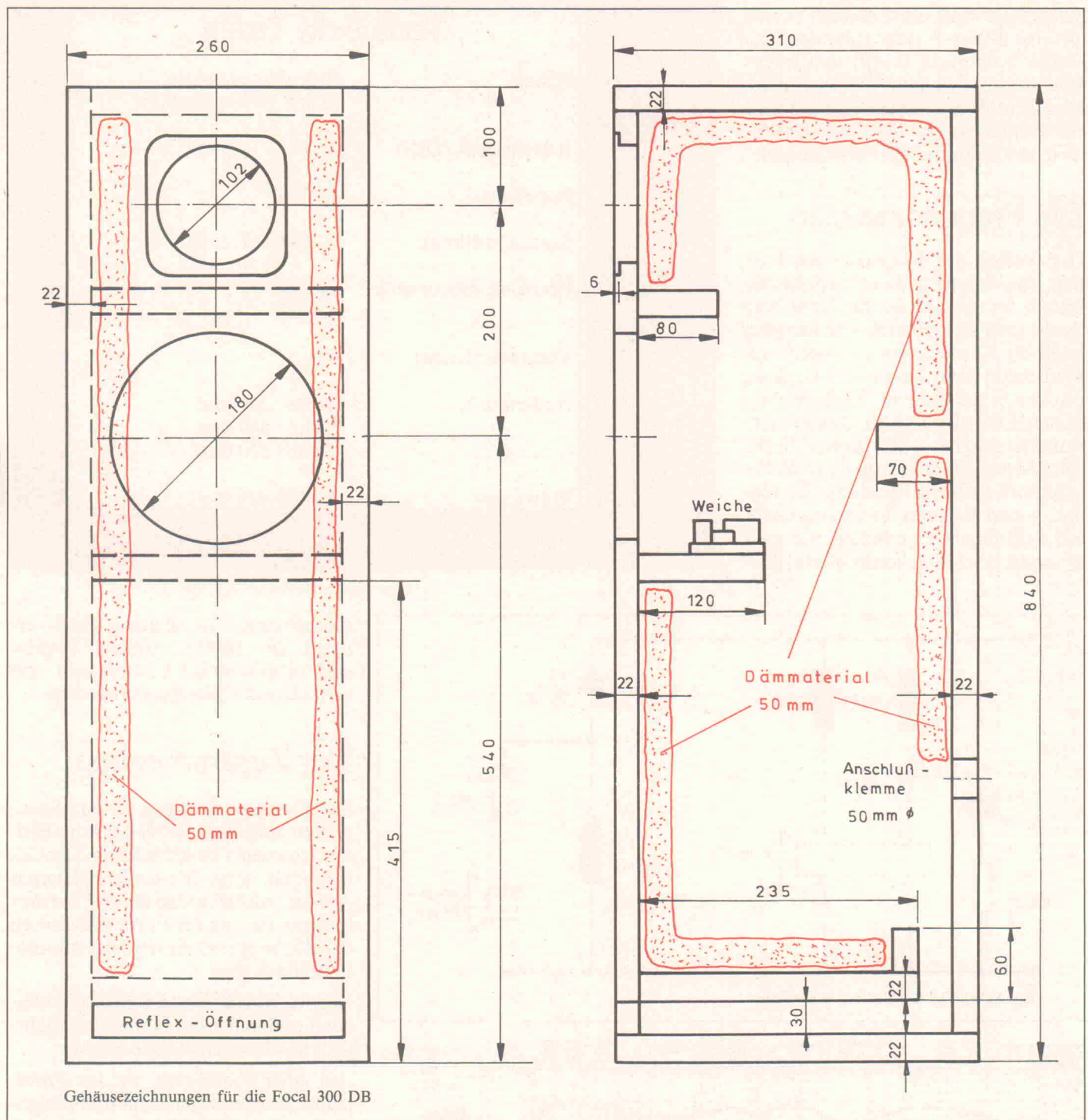
Das Gehäuse wird aus 22 mm-Spanplatten aufgebaut, die Sie sich im Baumarkt zusägen lassen können. Der Gehäuseplan zeigt den unkomplizierten Aufbau. Auffällig sind die drei Verstrebungen, zwei an der Front und eine an der Rückwand sowie der abgestimmte Baßreflex-tunnel.

Der Aufbau der Box erfolgt in der üblichen und in diesem Heft schon mehrfach beschriebenen Reihenfolge.

Auf einer Seitenwand werden Frontplatte, Deckel, Rückwand und Bodenplatte mit weißem Holzleim aufgesetzt und bis zum Abbinden mit Schraubzwingen festgespannt. Sägen Sie nun die Öffnungen für die Lautsprecherchassis und für die Anschlußklemme heraus. Nachdem die drei Verstrebungen eingeleimt worden sind, setzen Sie die Teile für den Reflex-tunnel ein. Es folgt die Bedämpfung der Innenwände. Gehen Sie dabei nach unserer Gehäusezeichnung vor, und verwenden Sie als Material Pritex, Baf-Wadding oder Steinwollmatten mit jeweils 50 mm Dicke. Die Öffnung des Baßtunnels darf dabei nicht verstopft werden!

Setzen Sie nun die Lautsprecher und die Weiche provisorisch ein und ma-





chen Sie mit leiser Musik eine erste Funktionsprobe. Wenn alles in Ordnung ist, schrauben Sie die Lautsprecher wieder heraus. Besondere Aufmerksamkeit bei allen Lötarbeiten verlangt hier der Hochtöner, da die Anschlußpins nicht zu lange erhitzt werden dürfen (max. 2 sec!). Ferner sollten die Verbindungsleitungen zwischen den Lautsprechern und der Weiche so lang sein, daß man mit den Komponenten noch hantieren kann, ohne jedesmal die Drähte ablöten zu müssen.

Nun wird die fehlende Seitenwand aufgeleimt und der Boxen-Rohbau in die

Abteilung Oberflächen-Veredelung weitergeleitet.

Beim endgültigen Einbau der Lautsprecherchassis in die fertige Box dürfen keinesfalls die Dichtstreifen aus Tesamoll (oder ähnlichem Material) zwischen Chassis und Gehäuse vergessen werden.

Tips und Modifikationen

Wenn möglich, bauen sie den Hochtöner versenkt ein, um Kantenreflektio-

nen zu vermeiden. Ist Ihnen das nicht möglich, kleben Sie um den Flansch des T120 5-6mm Filz auf die Schallwand. Verwenden Sie als Anschlußkabel Litze mit mindestens 2,5 mm² Querschnitt. Die roten Markierungen auf den Anschlußpins der Chassis bedeuten Plus-Pol. Achten Sie auf phasenrichtiges Anschließen der Chassis. Verwenden Sie hochwertige Verstärker, die gut mit 4 Ohm-Lasten fertig werden.

Stellen Sie die Boxen möglichst frei im Raum auf, keinesfalls in Ecken oder Nischen. Drehen Sie die Gehäuse etwas

Stückliste

Holz und Gehäuseteile

Material Spanplatte 22 mm

Seitenteile	2 Stück 840 x 310 mm
Deckel/Boden	2 Stück 216 x 310 mm
Schallwand	1 Stück 766 x 216 mm
Rückwand	1 Stück 796 x 216 mm
Reflex tunnel	1 Stück 235 x 216 mm
Reflex tunnel	1 Stück 38 x 216 mm
Versteifungen	1 Stück 216 x 80 mm
	1 Stück 216 x 120 mm
	1 Stück 216 x 70 mm

Lautsprecher

Baß	8 N 401 DBE (Focal)
Hochtöner	T 120 (Focal)

Zubehör

Anschlußklemme rund, Ø 50 mm
Dämmmaterial nach Zeichnung 50 mm dick

Weiche

Spulen

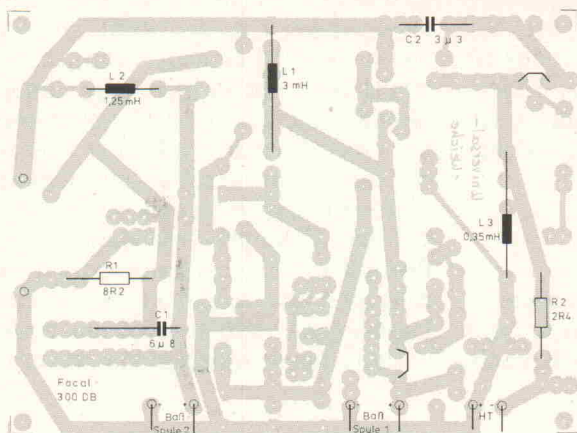
L1	3 mH Luftspule
L2	1,25 mH Luftspule
L3	0,35 mH

Kondensatoren

C1	6µ8/100 V Folie
C2	3µ3/100 V Folie

Widerstände

R1	8 R2/12,5 W
R2	2 R4/12,5 W



Der Bestückungsplan für die Frequenzweiche

Klang und Aufstellungshinweise

nach innen, so daß der Kreuzungspunkt von zwei gedachten Senkrechten auf der linken und rechten Schallwand einen Meter vor Ihnen liegt. Die Basisbreite zwischen den Boxen soll etwa 2/3 des Hörabstands betragen. Völlig unterschätzt wird von den meisten Hi-Fi-Freaks die Akustik des Abhör- raums! Deshalb haben wir den 300 DB sehr hell (hochtonstark) abgestimmt. Ist Ihr Raum schallhart, d. h. wenig möbliert, hallig, oder der Tonabnehmer des Plattenspielers klingt sehr hell, so können Sie den Widerstand vor dem Hochtöner in der Weiche stufenweise erhöhen (statt 2,4 Ohm auf 3,9 oder 4,7).

HOCHWERTIGE LAUTSPRECHER BAUSÄTZE

SCHELLVERSAND



Gesamtkatalog: Lautsprecher, Baupläne, Zubehör

gegen 5-DM-Schein (oder 5-DM-Stück auf ein Stück Karton kleben und in Umschlag stecken) anfordern bei

pro audio HiFi-BAUSÄTZE

Am Dobben 125 E · 2800 Bremen 1
Telefon 04 21 / 7 80 19

LAUTSPRECHERBAUSÄTZE VORFÜHRBEREIT:
BREMEN, Am Dobben 125, Tel. 04 21 / 7 80 19
HAMBURG, Poolstraße 32, Tel. 040 / 35 26 49
KASSEL, Friedrich-Ebert-Straße 137,
Tel. 05 61 / 77 06 66

AUSFÜHRLICHE BAUPLANE

Kurzkatalog mit Preisliste gegen 80 Pf in Briefmarken

HÖRT HÖRT!

Mehr hören — für weniger Geld!

Z. B.	
AES Insider	1550,—
AUDAX Pro 13 Bex	149,—
ETON 3	298,—
DYNAUDIO Axis 5	988,—
FOCAL 300 DB	298,—
MAGNAT Compound a. A.	
PODSZUS 3-Weg	698,—

Bausatz enthält Chassis und hochwertigen Weichenkit!

Info gegen DM 2,— Rückporto!
Lieferung auch per Nachnahme.

WENN AUGEN OHREN MACHEN:



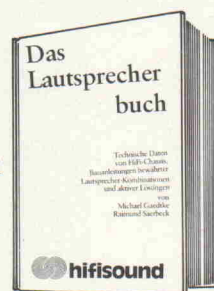
AUDIO ELECTRONIC SYSTEMS

Aschaffenburg Straße 22 · 6453 Seligenstadt · ☎ (061 82) 266 77
Geöffnet Mo—Fr.: 10—13 u. 15—18.30, Sa. 10—14 Uhr

AES liefert Boxen und Bausätze von:

AES · AUDAX
CELESTION
DYNAUDIO
ETON
ELEKTRO VOICE
HARBETH
ISOPHON
KEF · IVC
LOWTHER
MAGNAT
MULTICELL
PEERLESS
PODSZUS, RAE
SCANSPEAK
SEAS
SHACKMAN
TECHNICS
WARFEDALE
VISATON u.v.a.

Das unentbehrliche Nachschlagewerk für den Lautsprecher-Prof!



180 Seiten LS-Daten und -Parameter, 105 Seiten Bauanleitungen für 30 Passiv-Kombinationen, 40 Seiten Subwoofer- und Aktivlösungen.
Gegen 20,— DM-Schein oder Überweisung auf das Postscheckkonto Dtmld Nr. 1622 17-461.

Stützpunkthändler für: Audax, Celestion, Coral, Dynaudio, Eton, Focal, Kef, Lowther, Scanspeak, Seas, Vifa, Warfedale



hifisound
lautsprechervertrieb
saerbeck + morava

4400 münster · jüdefelderstraße 35 · tel. 0251/4 78 28

Trotz der Bauhöhe von fast einem Meter ist dieser Bauvorschlag von Magnat eher ein Tiefstapler, verbirgt er doch in seinem Inneren etwas, das Werbefachleute lieber auf der Frontplatte sehen würden: ein zweites Baßchassis.

Die hier vorgestellte Version verdankt ihr Entstehen einer Wette von zwei Lautsprecherentwicklern, von denen einer behauptete, Tiefbaß in vernünftigem – also wohnlichen – Gehäuse könne man nur in einer Transmissionline realisieren.

Nun, der Transmissionline-Verfechter hat seine Wette verloren; die Box von Magnat kann 30 Hz noch mühelos abstrahlen – und das mit unvergleichbar geringem Aufwand.

88

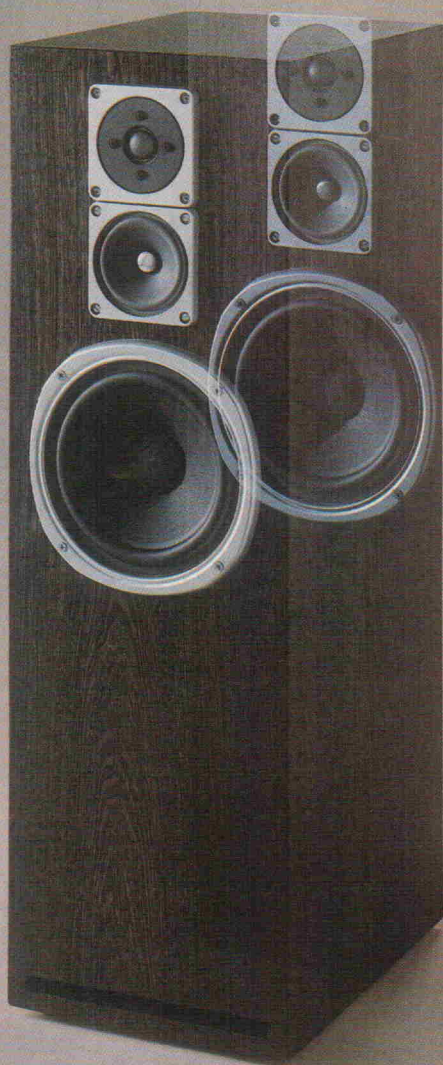
Magnat-Compound

Eine der besten Gehäuselösungen im Baßbereich ist das Baßreflexprinzip. Es reduziert die Membranbewegungen im Tiefenbereich und zeichnet sich durch ein dynamisches, anspringendes Klangbild aus.

Das Prinzip

Will man aber sehr tiefe Frequenzen abstrahlen, wird das Gehäuse sehr schnell unhandlich und groß. Betrachtet man die Lautsprecherparameter des verwendeten Chassis MMTL 20 und rechnet ein B-4 Gehäuse damit, so erreicht man theoretisch eine untere Grenzfrequenz von 25 Hz, allerdings bei einem Gehäusevolumen von ca. 90 l. Setzt man allerdings zwei Chassis hintereinander in die Box, so reduziert sich das Volumen der geschlossenen Box auf 45 l. Die beiden akustisch wie elektrisch hintereinander geschalteten Lautsprecher bilden jetzt ein neues Chassis mit veränderten Parametern.

Doppeltes Lottchen



Für Leute, die es ganz genau wissen wollen, verweisen wir auf den Artikel „Der Lautsprecher – das unbekannte Wesen“ in diesem Heft.

Zur Baßreflexabstimmung wurde das TL-Resonator-Prinzip herangezogen, das nicht – wie üblich – mit einem Rohr arbeitet, sondern einen schmalen Schlitz parallel zur Schallwand zur Baßabstrahlung benutzt.

Dieses Prinzip verbessert Ein- und Ausschwingvorgänge und reduziert den Klirrfaktor durch intensive Kopplung von Chassis und Resonator.

Der hier eingesetzte angeschnittene Resonator wird nötig, wenn der Reflexkanal sehr lang ist.

Bei nicht angeschnittenem Resonator kommt es zu einer $\lambda/2$ -Resonanz, ähnlich wie bei einer Transmissionlinie, die zu Verfärbungen im Mitteltonbereich führt.

Die Löcher in der Resonatorwand bauen den Druck am Druckbauch dieser Resonanz ab und vermeiden so Klangverfärbungen. Die Länge des Kanals muß allerdings bei diesem Verfahren um einen bestimmten Betrag verlängert werden, um die Abstimmungsfrequenz einzuhalten.

Die Chassis

Die beiden Baßchassis vom Typ MMTL 20 haben eine Impedanz von 4 Ohm, in der Box werden sie hintereinander geschaltet und man kommt somit auf 8 Ohm. Die Übergangsfrequenz zum Mitteltöner kann dank der gut bedämpften Membran auf 800 Hz gelegt werden. Der 12 cm-Konusmitteltöner MMTL 19 mit fest angebaute Gehäuse arbeitet bis 3,5 kHz. Der Hochtöner MHTL 18, eine 25-mm-Gewebekalotte, überträgt bis 23 kHz.

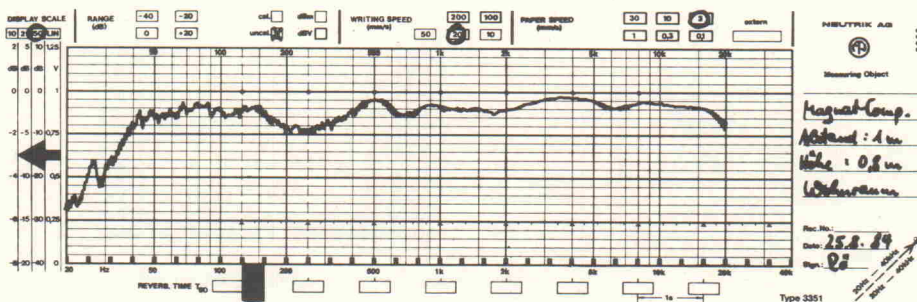
Die Weiche entzerrt die Impedanzverläufe und begrenzt die Arbeitsbereiche der Chassis unter Berücksichtigung der günstigen Einsatzbedingungen aller Chassis. Die Weichenbauteile stammen alle vom Edelhersteller ETM. Die in der Stückliste angegebenen Spezifikationen sind unbedingt einzuhalten, um die genaue Abstimmung beim Nachbau zu erhalten.

Der Aufbau

Als Material für das Gehäuse brauchen Sie 19 mm Spanplatte, die Sie anhand der Stückliste bei Ihrem Tischler oder preisgünstiger im Baumarkt bekommen.

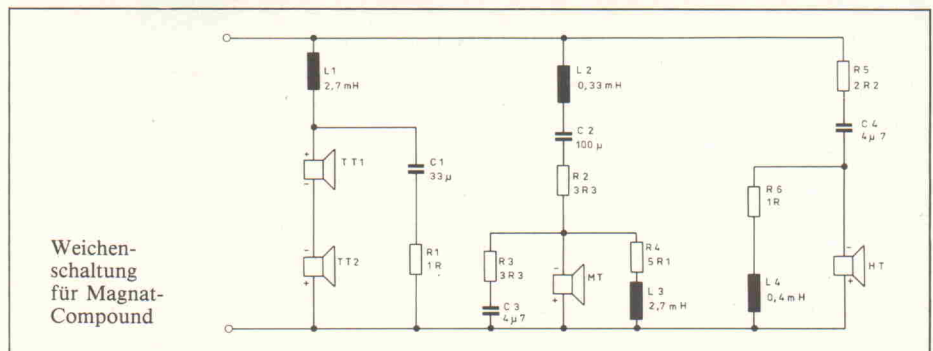
Zuerst werden in die Frontwand und in die Innenfrontwand die Ausschnitte für die Chassis gesägt. Dann werden Frontwand, Deckel, Boden und Innengehäuse auf einer Seitenwand stehend verleimt. Nachdem der Leim „angezogen“ hat, wird der Resonator befestigt.

Um ihn auf den richtigen Abstand von 15 mm zu bekommen, nimmt man sich Holzstücke in der richtigen Dicke als Abstandshalter, die man nach dem Austrocknen des Leims wieder entfernt. Zuletzt wird die noch fehlende zweite Seitenwand aufgesetzt. Da die Rückwand abnehmbar bleiben soll,



Technische Daten

Prinzip	Compound-System mit Baßreflex-Abstimmung durch angeschnittenen TL-Resonator, 3-Wege
Belastbarkeit (DIN)	80 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	88 db (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenzen:	800 Hz/5 kHz
Volumen (innen)	ca. 52 l + 21 l
Außenmaße:	Breite 290 mm Höhe 918 mm Tiefe 390 mm
Entwickler	K. H. Fink, J. Smulder



müssen Leisten von 20x20 mm als Auflage auf die Seitenwände und Ober- teile aufgeleimt werden.

Die beiden Treiber werden Magnet an Magnet eingebaut; es ist wichtig, beim Verdrahten die Chassis so anzuschließen, daß die Membranen gleichphasig arbeiten.

Die Weiche findet ihren Platz im Zwischenraum der beiden Treiber. Die Chassis werden mit Spanplatten-schrauben befestigt, als Dichtung dient Tesa „Dauerdicht“.

Die Bedämpfung

Der Raum zwischen den beiden Treibern wird mit ca. 100 g locker gezupfter Baileywolle gefüllt. Diese unversponnene, gekämmte Shetland-Wolle wurde vom legendären englischen Lautsprecher-Konstrukteur A. Bailey als Bedämpfungsmaterial in den HiFi-Markt eingeführt. Das Naturprodukt hat nach Ansicht einiger Lautsprecher-Experten hinsichtlich der akustischen Eigenschaften Vorzüge gegenüber ähnlichen Kunststoff-Produkten (Am Rande sei aber noch die – als Spaß zu verstehende – Bemerkung erlaubt, daß die Farbe der Wolle keinen Einfluß auf die akustische Wirkung hat!).

Der noch verbleibende Hauptraum der Box wird ganz locker mit BAF-Wadding bedämpft. Die Matten werden dazu auseinandergerissen. Mit der Bedämpfung sollte man ein wenig experimentieren, bis man in seinem Hörraum die richtige Abstimmung gefunden hat.

Stückliste (pro Box)

Holz und Gehäuseteile

Alle Platten Spanplatte 19 mm

Rückwand	880 x 252 mm
Front	865 x 252 mm
Seitenwände	918 x 390 mm, 2 Stück
Deckel	252 x 390 mm, 2 Stück
Resonator	252 x 300 mm
Innenbrett	252 x 200 mm
Innenschallwand	252 x 461 mm
Leisten	20 x 20 3 lfd. Meter

Chassis

Baß	Magnat MMTL 20 (2 Stück)
Mitteltöner	Magnat MMTL 19
Hochtöner	Magnat MHTL 18

Zubehör

Bedämpfung	100 g Bailywolle
	1,2 x 0,3 m BAF-Wadding
Anschlußklemme, Leim, Spanplattenschrauben	

Weiche

Spulen

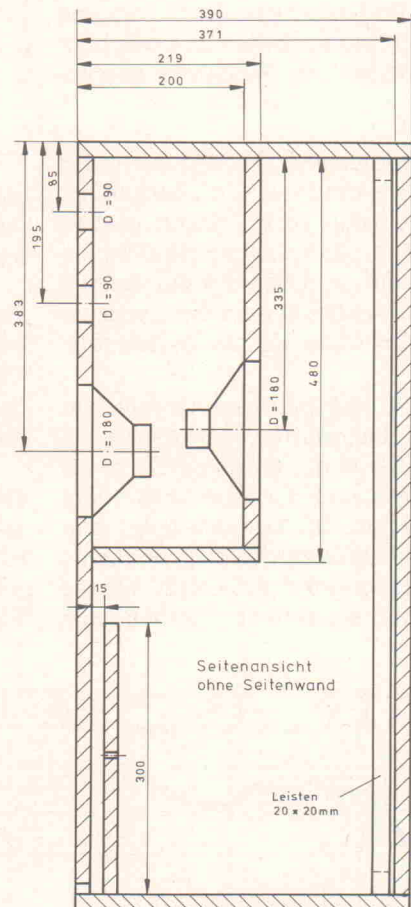
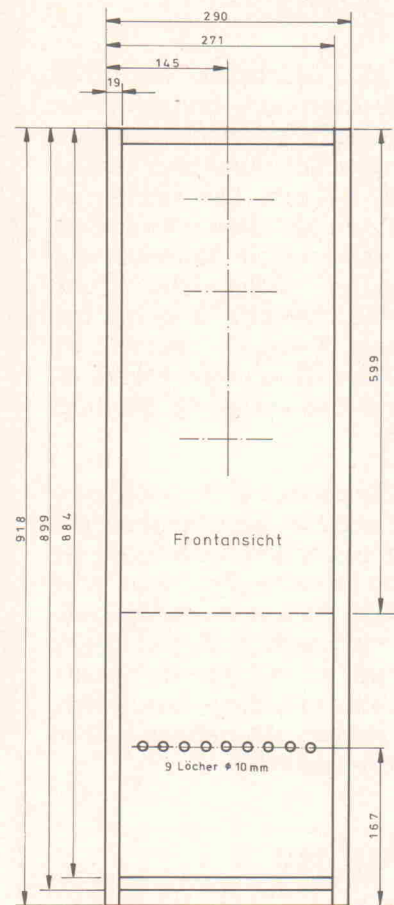
L1	2,7 mH ETM Glockenkern, CuL 1 mm ϕ /0,26 Ohm
L2	0,33 mH ETMLuftspule, CuL 1 mm ϕ /0,27 Ohm
L3	2,7 mH ETMLuftspule, CuL 0,5 mm ϕ /2,9 Ohm
L4	0,4 mH ETMLuftspule, CuL 0,5 mm ϕ /0,87 Ohm

Kondensatoren

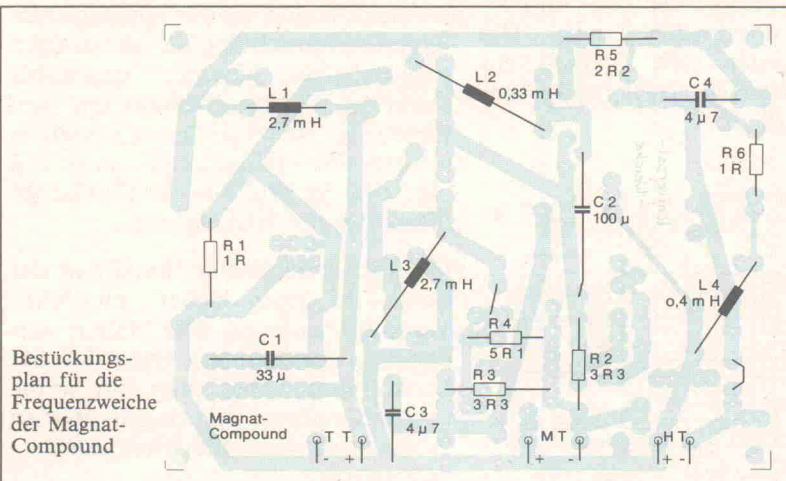
C1	33 μ F, 100 V Folie
C2	100 μ F, 100 V Folie
C3	4 μ 7, 100 V Folie
C4	4 μ 7, 100 V Folie

Widerstände

R1, R6	1 R/ 5 Watt
R2, R3	3 R3/ 5 Watt
R4	5 R1/ 5 Watt
R5	2 R2/ 5 Watt

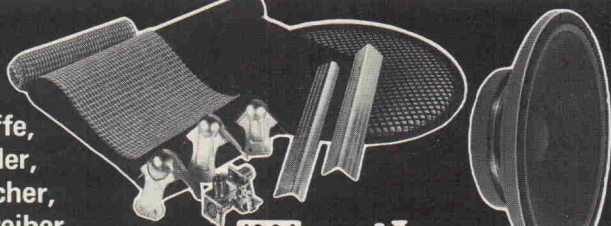


Gehäusezeichnungen für Magnat-Compound



Alles für den Boxenbau

Kunstleder in div. Farben,
Ecken, Griffe, Bespannstoffe,
Dämmmaterial, Steckverbinder,
hart aufgehängte Lautsprecher,
professionelle Hörner & Treiber,
Celestion, JBL, EV, Renkus Heinz
und vieles mehr.

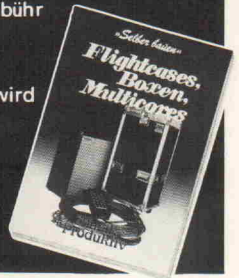


Musik Produktiv

Musik Produktiv GmbH · Gildestraße 60 · D-4530 Ibbenbüren · Tel.: 05451-14061-2

Sofort unser Sonderheft "Selber bauen" -
Flightcases, Boxen, Multicores - gegen
5,80 DM Schutzgebühr
in Briefmarken
bestellen.

Die Schutzgebühr wird
bei Bestellung von
Fittingsmaterial
verrechnet.



POWER-MOS-FET-Verstärker

Neueste Power-MOS-T's. Viel niedrigerer $R_{DS(on)}$, Slew rates bis $> 400 V/\mu s$.
Grenzfr. bis $> 22 MHz$! Extrem phasen- und amplitudenlinear. Kein TIM,
SID, Klirr $< 0,003\%$. Rauschabstand $> 120 dB$. Eing.-Imp. 30 K, weiter
Betr.-Sp.-Bereich. Extrem kurze recovery time! DC-Koppl. und DC-Betrieb
möglich. Stabil an allen Lasten, für jede Lautspr.-Imp. Kurzschl. ges.,
Leert. fest, thermisch stabil. High-End-Klang mit überragender Dauer- und
Überlastfestigkeit. Die 1. Wahl fürs audiophile Heimlabor und „ON THE
ROAD“. Auch Industrieinsatz. Alle Verbindungen steckbar. (Eing.-Ausg.-
NT-Trafo) Schrauben, stecken, probieren in max. 5 Min. Ideal für Profis
(Service). Fertige Kabelsätze, div. Kühlkörper u. Lüfteraggr. erhältlich. Alle
MKL-MOS-PRO-Verst. ohne Zusatzteile in Brücke schaltbar! Das uni-

verselle 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! (Quasi Class A). Über 3000 MOS-Verst. trugen unseren Namen
(MOS 70 / 120 / 200). Die neuen MKL MOS-PRO = Erfahrung + Know-how.
Unsere Netzteile liefern 4 Spannungen. $\pm U_V$ für Vor- und Treiberstufe
mit $2 \times 1000 \mu F/63 V$, Sieb- und Entlade-R's. Powerteil $\pm U_B$ mit 25/400 A
Metallbrücke u. wahlweise 20 000 $\mu F/63 V$ ($2 \times 10 000$) = **NT 1 DM 49,-** /
40 000 μF = **NT 2 DM 79,-** / 80 000 μF = **NT 3 DM 139,-**. Neueste Kompakt-
elkos stehend (Print) 40 x 60 mm, 10 000 $\mu F/63 V$: 2 Stck. **DM 22,-**
10 Stck. **DM 99,-**. MKL-Hochlastringkerntrafos. Mit Montagemat. u. Netz-
kabel. Sofort ausf. Gratisinfos anfordern mit Daten, Fakten, Beweisen,
Erklärungen, Beispielen, Checklisten u. Empfehlung für Peripherie.
Technische Änderungen vorbehalten. Bestellung bitte schriftlich.
Lieferung per Nachnahme lt. unseren Lieferbedingungen.

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 Ω)	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	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.	119,-/99,-	159,-/139,-	249,-/209,-	119,-/99,-	159,-/139,-	299,-/259,-	469,-/399,-
Trafo Mono	—	TR 40 A 69,-	TR 80 A 89,-	TR 100 69,-	TR 200 79,-	TR 500 139,-	TR 800 220,-
Stereo	TRS 20 A 69,-	TRS 40 A 89,-	TRS 80 A 139,-	TRS 100 89,-	TRS 200 139,-	—	—

Professionelle High-End-Verstärker-Module
in neuester Power-MOS-Technik von 20-800 W
in echtem A- und A/B-Betrieb.

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. 10/16 A Umschaltkontakte. Erweiterbar. **DM 33,90.**

Aktive Allpaß-Frequenzweiche AFW1 mit 24 dB/Okt.
Butterworth 4. Ord. Opt. Lösung f. Linear Phase Aktivboxen durch Allpaß-Char. Unhörb. Laufzeitverzerr., extrem konst. Amplituden u. Phasengang. Kein „ringing“, exzell. Impulsverh., unerreichte räuml. Auflösung u. Tiefenstaffelung. Trennfreq. variabel. Analog-Lösung! Frequ.-prop. Spannung zur einf. Einstellung (Voltmeter): $1 mV \Delta 1$ bzw. 10 Hz. Ideale Entkopplung d. aufwendigen Netzteil. Rauscharme schnelle FET-OpAmps. Pegelregler, verlustarme C's, Subsonic-Filter. Baßanhebung mögl. Beliebige anreihbar d. Stecken! Ausführl. Beschreibung v. Theorie u. Praxis. DC-700 kHz, Klirr $< 0,008\%$, Rausch. A-bew. $-108 dBV$ (126 dB/10 V), max. U_{Aus} 10 V, R_{in} 100 k Ω , R_{Aus} $< 100 \Omega$. $U_B \pm 15$ bis $\pm 35 V$. Maße: 80 x 80 mm. 1 Modul = 2-Weg-System, 2 Module = 3-Weg-System usw. Typ angeben: **AFW-SW** 28-375 Hz, **AFW-TT** 270 Hz-3,8 kHz, **AFW-HT** 600 Hz-8 kHz. Fertiges Modul je **DM 49,80**

Entwicklung M. Krauter · Dipl.-Physiker · Mitglied Audio Engineering Society

PROTRONIC G M Klein

Postfach · 7531 Neuhausen b. Pforzheim
Tel. (07234) 7783 · Telex 783478 baukh



LENGEFELD ELEKTROAKUSTIK

HIGH END SPEAKER ZU HIFI-PREISEN!



Jetzt auch zum SELBSTBAUEN. Original-Baupläne und
-Weichen! Ein Plus für den Geldbeutel!

NEUE Bausätze im Programm! STRAIGHTLINE B, C, D,
E und F. (Foto) STRAIGHTLINE „A“ Aktiv (ab 1. 3. 85
lieferbar).

JBL Studiomonitor 4430 Replica — Titelseite dieses
Heftes mit ausführlichem Bericht, ab sofort lieferbar.

Baupläne: HiFi 10,— DM. PA-Studio-Disco und Aktiv ab
20,— DM, Lautsprecherbaubuch von H. LENGEFELD
26,80 DM.

Fertigboxen auf Anfrage in allen Furnier- und Beizarten!

HIGH END KOMPONENTEN:

Vorverstärker: (MD, MC, Kopfhörerverstärker), End-
stufenmodule: (Class A, VMOS, Class B) aktive Weiche
und elektronischer Subwoofer ab 1. 1. 85.

Überzeugen Sie sich selbst, Sie werden in diesen Preis-
klassen nichts Vergleichbares finden.

Vorführung, Beratung, Prospekte und Preise können Sie bei uns oder einer unserer Filialen in Ihrer Nähe erhalten oder anfordern bei:

Lengefeld Elektroakustik Generalvertretung · Asmusstr. 24 · 6440 Bebra/Asmushausen · Tel. 0 66 23/35 79 oder 0 66 22/75 32

Händleranfragen erwünscht

BERLIN
Mathias Bähr
Juliusstraße 17
1000 Berlin 44
Tel. 0 30/6 25 74 43
ab 17 Uhr

Bei HAMBURG
Frank von Thun
Johannisstraße 7
2350 Neumünster
Tel. 0 43 21/4 48 27

Bei WUPPERTAL
Roland Katterwe
Eschenweg 13
5272 Wipperführt
Tel. 0 22 67/59 07

Bei FRANKFURT
Michael Krämer
Strackgasse 14
6277 Bad Camberg
Tel. 0 64 34/44 18

Bei SCHWEINFURT
Harald Engel
Bauvereinstraße 12
8722 Sennfeld
Tel. 0 97 21/6 94 87

Prospekte gegen frankierten (1,60 DM) DIN-A 5-Rückumschlag oder 2,— DM in Briefmarken erhältlich.



MARMOR

Diejenigen unter unseren Lesern, die selbst aktiv Musik machen oder die regelmäßige Besucher von Pop-Konzerten und Discotheken sind, werden den Namen Electro-Voice (oder auch EV) schon kennen, weil dieses Firmenzeichen recht häufig auf den Lautsprecher-membranen der dort verwendeten Boxen prangt.

Daß nun mit diesen professionellen Lautsprecherchassis auch hervorragende Boxen für den Heimgebrauch zu konstruieren sind, wußten wir schon lange,

nur war's für den Hobby-Elektroniker bisher ein Problem, die benötigten Chassis, Gehäusevorschläge und Weichenschaltungen zu bekommen.

Electro-Voice Kit II

Unser Wunsch nach einer Bauanleitung mit EV-Chassis hat nun direkt dazu geführt, daß sich der deutsche Importeur mit diesem Problem auseinandersetzen mußte. Das Ergebnis war, daß man gleich „Nägel mit Köpfen“ gemacht hat, und es gibt nun nicht nur einen Bausatz von Elektro-Voice, sondern gleich fünf.

Bei dem hier vorgestellten Modell Kit II handelt es sich um die Kombination des Hochtöners ST 350 B mit dem Tief-

Mitteltöner EVI 10 – dem Profi-Musiker werden diese beiden Komponenten keine Unbekannten sein.

Warum aber nun gerade ein 2-Weg-System?

Zunächst erscheint es wichtig, ein Vorurteil gegenüber Zweiwege-Systemen aus der Welt zu schaffen.

Es kursiert das Gerücht, erst Drei- und Mehrwegeboxen lieferten die auf die Tonquelle gebannte Klangbrillanz und Dynamik, die das Klangbild durchsichtig und lebendig erscheinen lassen. Dabei sind diese Eigenschaften einfacher mit Zweiwege-Systemen zu verwirklichen. Durch den relativ einfachen Aufbau der Frequenzweiche wird es gleichzeitig einfacher, das Phasen- und Impulsverhalten der Systeme sauber abzustimmen. Die im Kit II verwendeten Komponenten strahlen Höhen, Mitten und Tiefen auch bei extremen Lautstärken sauber, offen und klar ab. Werden zudem noch digital aufgezeichnete Tonquellen verwendet, wird ein verblüffend lebendiges Klangbild erreicht.

Electro-Voice-Produkte sind bekannt für ihren hohen Wirkungsgrad. So ist es nicht verwunderlich, daß mit diesen Boxen in relativ kompakten Ausmaßen sogar kleinere Discoteken beschallt werden können. Wir wollen jedoch nicht verschweigen, daß eine 40 l-Box nun mal kein Gigant im Tiefbaß-Bereich sein kann, so daß in einigen

Fällen ein zusätzlicher Subwoofer von Nutzen sein könnte.

Was wird an Material benötigt?

Als Basis für die hier besprochene Box dient ein Gehäuse mit einem Nettovolumen von 40 l. Für die insgesamt sechs Außenwände werden Spanplatten von 22 mm Stärke benötigt. Die Maße sind den Zeichnungen zu entnehmen.

Zusätzlich brauchen Sie ca. 2 m Vierkantholz mit einer Stärke von ca. 16 mm sowie ca. 6 mm dickes Spanholz für die Baßreflexöffnung und ein 310 mm langes winkeliges Dreikant-

holz zur Stabilisierung des Baßreflex-tunnels.

Dämmmaterial, Schrauben, Leim und Dichtungsmasse (evtl. Silikon) in ausreichender Menge und Anzahl sind ebenso notwendig wie Schraubenzieher, Schraubzwingen, Winkeleisen, Lötkolben, Bleistift, Lineal und Zirkel.

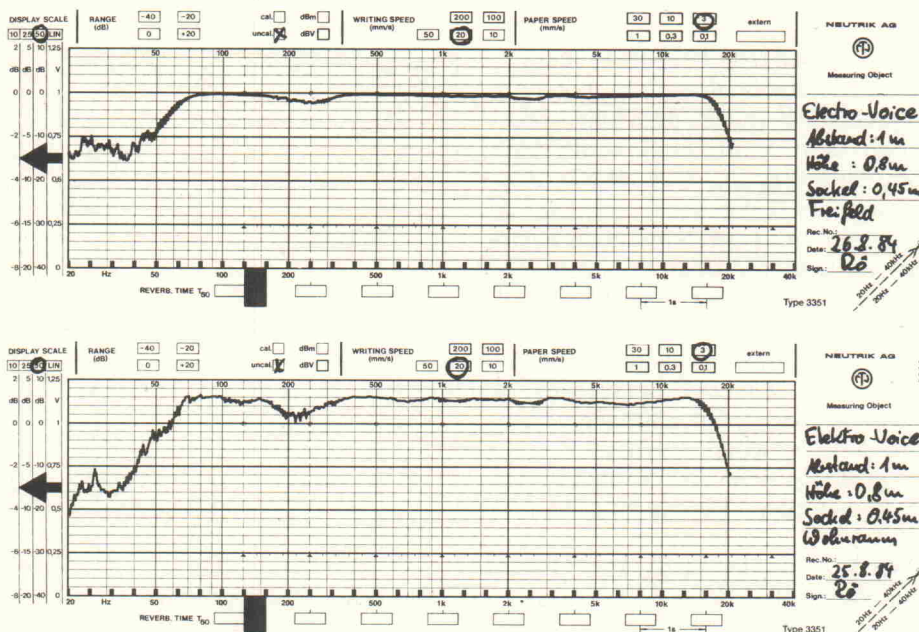
Ist das benötigte Material vorhanden, kann der Zusammenbau losgehen.

Was ist zu tun?

Der erste Arbeitsschritt ist die Präparierung der Frontplatte für den Einbau der Lautsprecher-Chassis. Die Aussparungen für die beiden Komponenten müssen ausgesägt werden. Der jeweilige Mittelpunkt der Lautsprecher sollte auf der mittleren senkrechten Achse der Frontplatte gelagert sein. Die Aussparung für den Hochtöner (122 x 100 mm H x B) ist etwa 36 mm unterhalb der Oberkante der Frontplatte vorzusehen. Die Aussparung für das Tief-Mittelton-Chassis ist mit einem Durchmesser von 230 mm auszusägen. Der Abstand zwischen Unterkante Hochtöner und Oberkante Tiefmittelton-Chassis beträgt ca. 39 mm. Ferner ist auf der Rückwand noch eine Aussparung für die Klemmanschlüsse einzuplanen. Die Ausschnitte der Lautsprecheröffnungen sowie alle anderen Kanten sollten sauber abgeschliffen werden, damit die einzelnen Komponenten exakt eingepaßt werden können. Damit sind Front- und Rückwand für den späteren Zusammenbau vorbereitet.

Technische Daten

Prinzip	Baßreflex-Gehäuse mit Hochtöner-Horn, 2-Wege
Belastbarkeit (DIN)	150 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	94 dB (1 W; 1 m)
Übergangsfrequenz	4 kHz
Volumen (innen)	ca. 40 l
Außenmaße	Breite 354 mm Höhe 522 mm Tiefe 302 mm
Entwickler	Electro-Voice



Der nächste Schritt besteht aus der Montage der Frequenzweiche auf der Innenseite der Rückwand. Die einzelnen Bauteile der Weiche sind auf einer Platine angeordnet. Durch Anschrauben der Frequenzweiche besteht jederzeit die Möglichkeit eines Austausches.

Die Kanten der Rückwand, der Seitenwände und der Boden- sowie Deckenplatte werden mit Holzleim bestrichen, anschließend unter Zuhilfenahme von Schraubzwingen zusammengepreßt, und zwar so, daß sie vollkommen fugenfrei kleben. Aus dem 16mm-Kanthalz werden nun entsprechend lange Einzelstücke gesägt, die, an den Innenkasten des zusammengefügtten Gehäuses angebracht, als zusätzliche Abdichtung dienen (statt dessen kann auch Silikon Verwendung finden).

Zur Bedämpfung des Gehäuses werden die Wände mit Steinwolle ausgelegt und mit doppelseitigem Klebeband befestigt. Die benötigte Steinwolle ist in Fachhandelsgeschäften oder Baumärkten erhältlich, sie sollte ca. 4 cm stark sein.

Die Bedämpfung des Gehäuses ist ein wichtiger Faktor beim Boxenbau. Grund für diese Maßnahme ist die Absicht, die Eigenresonanzen des Gehäuses und der Komponenten auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Wir empfehlen, hierbei die Deckenplatte, die Rückwand und eine Seitenwand mit Steinwolle zu versehen.

Für die am Boden befindliche Baßreflexöffnung muß nun noch eine zusätzliche Platte zurecht gesägt werden, die – wie auf der Zeichnung zu sehen ist – am besten mit einem Dreikantholz von innen an der Unterkante der Frontplatte befestigt wird. Hierzu verwendet man 6 mm Spanplatte.

Sind die Kanthölzer in den inneren Ecken des Gehäuses angebracht, wird als letztes Teil die Frontplatte eingeleimt. Zur weiteren Stabilisierung kann das Gehäuse zusätzlich verschraubt werden. Damit ist das Rohgehäuse fertiggestellt.

Gehäuse-Alternativen

Wem das hier vorgestellte Gehäuse nicht stabil genug erscheint, der hat noch die Möglichkeit, auf ein Kunststein-Marmor-Gehäuse auszuweichen. Auf dem Bild am Anfang dieses

Artikels sehen Sie den ersten Prototyp davon. Das Material ist eine Art Beton mit Kunstharzbinder; die äußere Erscheinung, das akustische Verhalten und das Gewicht ist jedoch von Marmor fast nicht zu unterscheiden. Das ganze Gehäuse wird „am Stück“ gefertigt, so daß jegliche Nachbearbeitung entfällt. Selbst die Muttern für die Lautsprecherbefestigung sind schon eingegossen.

Das Verfahren wurde an der Universität Darmstadt entwickelt und ist jetzt zur Serienreife gelangt. Einen Bezugsquellennachweis finden Sie in der Stückliste.

Montage der Lautsprecher

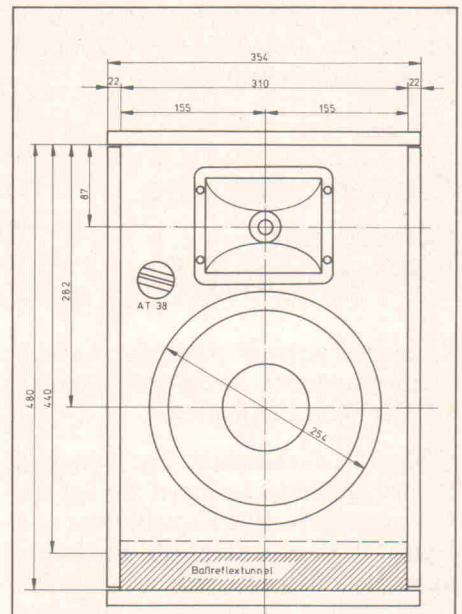
Jetzt können die Lautsprecher eingesetzt und verdrahtet werden.

Abschließend werden Hochtöner und Tief-Mitteltonchassis sowie die Anschlußklemmen an der Gehäuserückwand mit der Frequenzweiche verbunden. Sind sämtliche Kontakte hergestellt, können die Komponenten auf der Frontplatte verschraubt werden. Es empfiehlt sich, auf dem Chassisrand ein wenig Dichtungsmasse zu verteilen, damit die Lautsprecher absolut dicht und resonanzfrei eingebaut sind. Im Prinzip ist die Box nun fertiggestellt und für den Verstärker anschlussbereit.

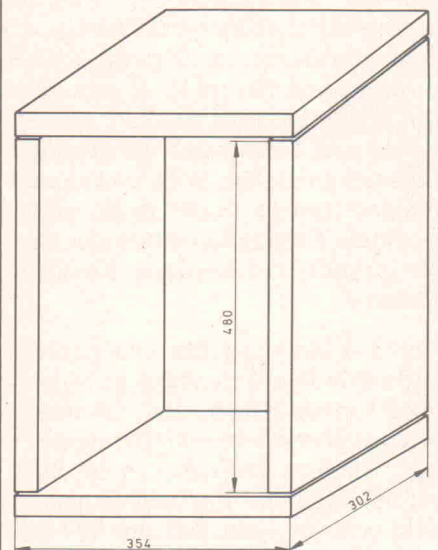
Wie kann die (Holz) Box optisch aufgewertet werden?

Natürlich soll jede HiFi-Box nicht nur ein unverfärbtes Klangbild abliefern, sondern auch optisch der Umgebung – sprich dem Wohnraum – angepaßt sein. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, das Rohgehäuse entweder zu furnieren, mit Furnierimitat zu bekleben, zu lackieren oder zu beizen. Besonders aufwendig ist dabei das Furnieren, da hier besonders sauber gearbeitet werden muß. Einfacher ist es, das Gehäuse zu lackieren. Bei diesem Arbeitsgang sollte auf gleichmäßige Farbverteilung geachtet werden. Zudem empfiehlt es sich, die Frontplatte vor dem endgültigen Einbau zu lackieren.

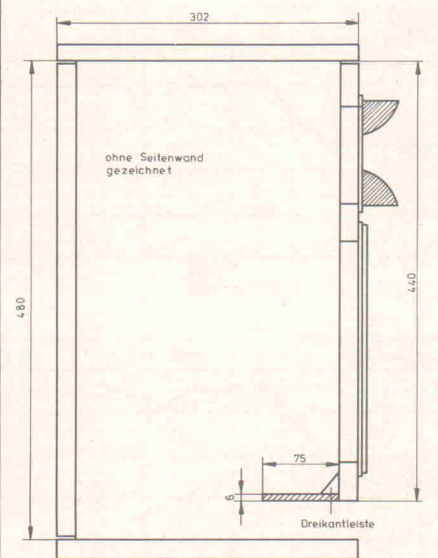
Zusätzlich zu der farblichen Gestaltung kann nun noch ein Bespannrahmen angefertigt werden. Dazu benötigt



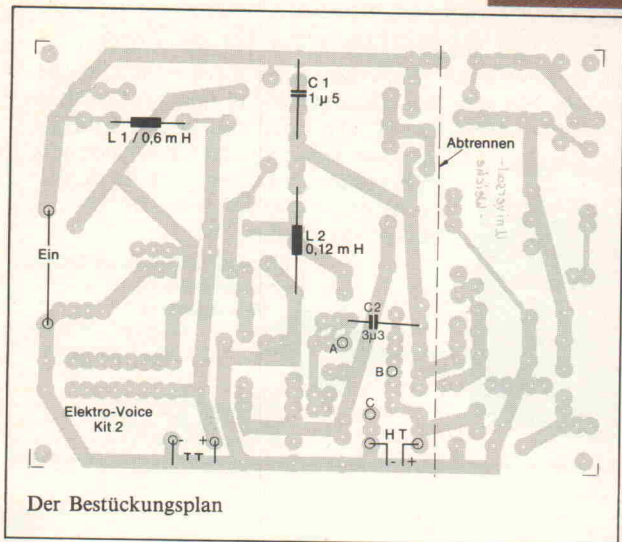
Frontplatte



Perspektivansicht ohne Frontplatte



Seitenansicht ohne Seitenplatte



man Vierkant-Holzleisten beliebiger Stärke und einen farblich passenden Bespannungsstoff. Die Leisten müssen den Gehäusemaßen entsprechend zugeschnitten werden. Die einzelnen Stücke werden zu einem Rahmen zusammengeklebt. Der Bespannungsstoff wird mit einem Bürohefter an den Rückseiten der Leisten festgeklammert. Um den Rahmen an der Frontplatte der Box befestigen zu können, werden am Rahmen selbst und an der Frontplatte sogenannte Klettverschlüsse angeklebt. Somit ist es möglich, den Frontrahmen jederzeit ohne Schwierigkeiten abzunehmen und wieder anzubringen. Wichtig ist, daß der Bespannungsstoff möglichst schalldurchlässig ist, denn prinzipiell kann jede Frontbespannung dem Hochtoner ein gewisses Maß an Wirksamkeit nehmen.

Bei sauberer Arbeit und mit ein wenig Geschick und Geduld sind die Electro-Voice-Boxen in relativ kurzer Zeit fertiggestellt. Das „Sound-Festival“ kann beginnen.

Stückliste

Holz und Gehäuseteile
siehe Zeichnungen

Kunststeingehäuse von
Fa. Polymertechnik
Heideweg 6
6424 Hochwaldhausen

Lautsprecher

Tiefmitteltöner
Hochtöner

EVI 10/ (Electro-Voice)
ST 350 B (Electro-Voice)

Zubehör

L-Regler

AT 38 (8 Ohm)

Weiche

Kondensatoren

C1

1 μ5/100 V MKT

C2

3 μ3/100 V MKT

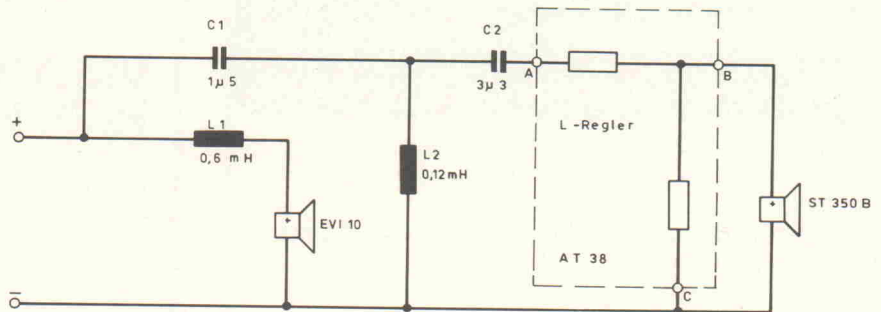
Spulen

L1

0,6 mH

L2

0,12 mH



Schaltbild für die Electro-Voice Weiche

NEU

SOFT-METAL-DOME

Weichmetallkalotte
ab 1800 Hz – 35000 Hz

Der von Magnat neu entwickelte SOFT-METAL-DOME aus Spezial-Alu-Legierung hat Flachdrahtantrieb. Der SOFT-METAL-DOME garantiert gleichphasigen Antrieb der gesamten Membranfläche bis in die höchsten Frequenzen.



patent pending

Dieser Superhochtöner ist auch in der Magnat All Ribbon 6 eingebaut. Die All Ribbon 6 wurde überlegener TESTSIEGER im internationalen Vergleichstest. **stereoplay** September '84

Zitat **stereoplay**:

„Das größte Verdienst an diesem Erfolg dürfte die neue Aluminiumkalotte haben.“



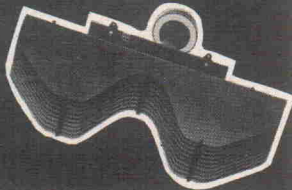
MAGNAT ELECTRONIC GMBH & CO. KG
UNTERBUSCHWEG · 5000 KÖLN 50

Electro-Voice® DYNAUDIO
AUDIO-CONNECTION
HARMAN/kardon
SEAS VISATON® Audax Magnat
Lowther JBL isophon



Bitte kostenlose
Open Air
Info anfordern

Auf über 100 qm Verkaufsfläche
ist alles zu hören
und zu erwerben was zum
**LAUTSPRECHERBOXEN
SELBERBAUEN**
benötigt wird.



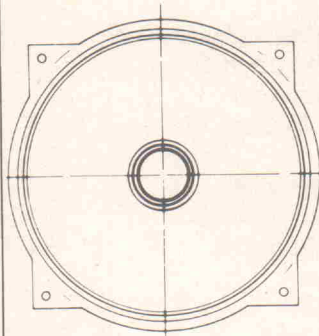
BILLIGER

da eigene Anfertigung!

Open Air

Rentzelstr. 34 · 2000 Hamburg 13
Tel.: 040/44 58 10
beim TV-Turm

LAUTSPRECHER LADEN



CHASSIS, BAUSÄTZE,
FREQUENZWEICHEN -
BAUTEILE, ZUBEHÖR,
AKTIVMODUL
BERATUNG

UNTERLAGEN GEGEN 1,-DM

Dipl. Ing. FH Ronald Schwarz
c/o BLACKSMITH
Richard - Wagner - Str. 78
6750 Kaiserslautern
Tel.: 0631 16007

Es ist schade um Ihre Zeit

...wenn Sie beim Boxen-Selbstbau nicht Spitzen-Lautsprecher verwenden. Höchste Qualität erzielen Sie nur mit Qualitäts-Lautsprechern. Bestehen Sie also beim Kauf auf PEERLESS-Speaker. Denn Qualität zahlt sich aus. PEERLESS: oft kopiert - nie erreicht! Kostenlose Unterlagen und Depot-händler-Verzeichnis von:



PEERLESS Elektronik GmbH
Friedenstraße 30
4000 Düsseldorf
Postfach 260115
Tel. (02 11) 30 53 44



Audax
Celestion
Dynaudio
Eaton
Electro-Voice
Magnat
Seas
Sipe
Scan-speak
Vifa
Visaton

S 80

Transmission-Line

Bausatz 380,- DM
Gehäuse, roh ... 220,- DM

Dipl.-Ing. Leo Kirchner
Wendenstr. 53
3300 Braunschweig
Telefon (05 31) 4 64 12

HiFi Manufaktur

SPITZENCHASSIS und BAUSÄTZE

von FOSTEX, KEF, AUDAX, SCAN-SPEAK, FOCAL, PEERLESS, ELEKTRO VOICE, CELESTION, SEAS, MULTICEL

ACR-Gesamtprogramm: Eckhorn-Bausätze, Back-loaded Horn Kits, Radial-Holzhörner, Sechskant-Pyramiden.

Sämtl. Zubehör zum Boxenbau, Baupläne und günstige Paketangebote.

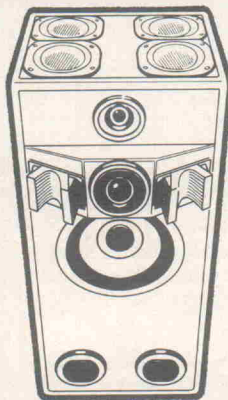
Sachkundige Beratung.

Umfangreiche Unterlagen gegen 5-DM-Schein.



Lautsprecher-Versand
G. Damde
Wallerfanger Straße 5
6630 Saarbrücken

ACR-Vorführstudio
Nauwieserstraße 22
6600 Saarbrücken 3
Tel. (06 81) 39 88 34



Audax, Altec, APS-Elektrostat, Beyma, Celestion, coral, Dynaudio, Electro Voice, eton, Fane, Goodmans, hados, heco, hm, isophon, JBL, KEF, Lowther, Magnat, MB, Multicel, Motorola, Peerless, Pioneer, RCF, seas, sipe, scan speak, Tannoy, Technics, Thor, Valvo, Vifa, Visaton, Wharfedale.

Katalog und Preislisten kostenlos.

J & M elektroakustik
Postfach 20 24, 2160 Stade

Das gesamte Know-how u. Material für den Bau anspruchsvoller Lautsprecher.

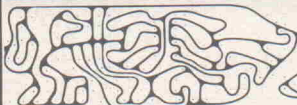
VISATON® für Hi-Fi-Fans.

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



5 Köln 1 Friesenplatz 13
Telefon (02 21) 231673

Kaiser electronics

Poststr. 24
2190 Cuxhaven
Tel. (0 47 21) 3 56 52

**Lautsprecher
für Selbstbau**

AUDAX

eton
Jamo

seas

SIARE

WHD

Katalog gegen 5,- DM

Hören mit Eiche

Seas/Sipe S 80 Transmissionline



So einen Lautsprecher baut man am besten selbst und spart auf diese Weise die Arbeitskosten für das aufwendige Gehäuse, das die Industrie auch in Handarbeit erstellen muß.

Wie man zu einem Bauplan kommt

Man nehme sich den ersten der ca. 20 Bauvorschläge für ein TML-Gehäuse, lasse sich das Holz zuschneiden und setze in das fertige Gehäuse den angegebenen Lautsprecher. Meistens ist das Klangergebnis nicht befriedigend und wird auch durch unterschiedliche Bedämpfung nicht besser. Dies ist aber nicht so schlimm, da es ja weitere Bauvorschläge gibt. Nach dem Bau des dritten Gehäuses ist der Einsatz von Meßgeräten angebracht, damit die Unterschie-

Das tiefe Grummeln einer großen Orgel, wiedergegeben über eine Transmissionline im eigenen Wohnzimmer, ist ein echtes Erlebnis.

de zwischen den Gehusekonstruktionen auch meßtechnisch erfaßt werden können. Das Messen bewährt sich auch während der nächsten drei Jahre, in denen noch mehrere Bauvorschläge getestet werden. Wenn man jetzt noch immer keine fertige Lautsprecher-Box stehen hat, so hat man doch immerhin die Erkenntnis gewonnen, daß das Transmissionline-Rohr resonanzfrei und nur für Frequenzen im Bereich der Resonanzfrequenz durchlässig sein sollte. Dies kann durch starkes Bedämpfen des Ganges erreicht werden, wobei allerdings der Wirkungsgrad des Lautsprechers kleiner wird.

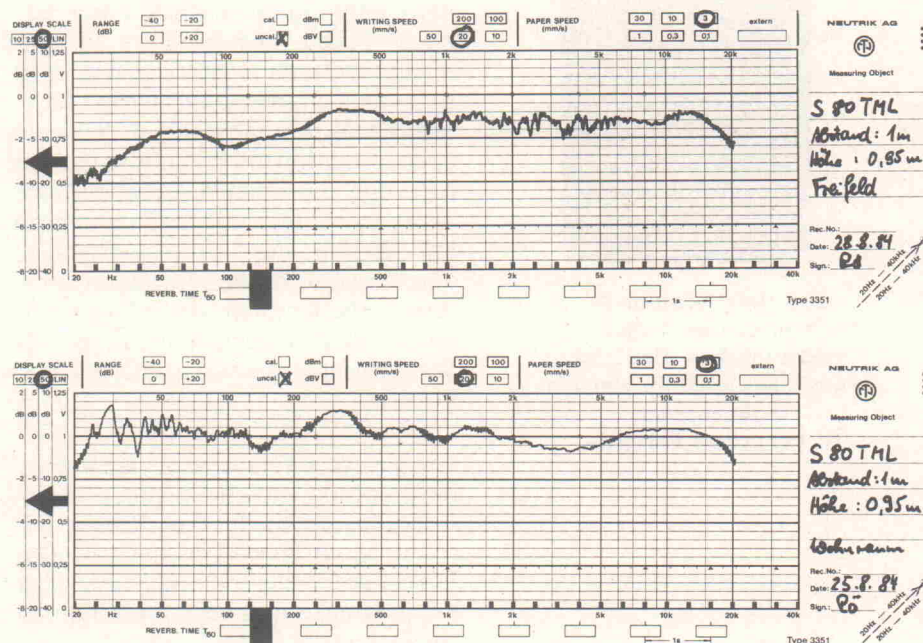
Der gleiche Effekt wird bei schwacher Bedämpfung durch folgende Konstruktionsmerkmale des Rohres erreicht: Das Rohr wird in ungleich lange Teilgnge geteilt, und es soll möglichst wenig Knicke und keinen konstanten Querschnitt besitzen.

Einfach gefaltet, daher wirkungsvoll: das S 80-Gehäuse

Nach Auswertung der Erkenntnisse wurde folgendes Gehäuse entwickelt: Der Tieftöner ist oben im Gehäuse angeordnet, womit vermieden wird, daß störende Resonanzen durch Bodennähe verstärkt werden.

Das Rohr beginnt so hinter dem Tieftöner oben und teilt mit nur einer Biegung das Gehäuse in einen vorderen und einen hinteren Teil. Die Austrittsöffnung befindet sich auf der Oberseite des Gehäuses. Die Art des Übergangs vom vorderen zum hinteren Teil des Gehäuses hat einen großen Einfluß auf den Frequenzgang. Dieser ist am ausgeglicheneren, wenn der Übergang als akustischer Tiefpass ausgebildet wird. Zusätzlich sorgt ein schräges Brett (unten im Gehäuse) für ein leichtes Umleiten des Luftstromes. Gleichzeitig werden durch diese Maßnahme die beiden Teilrohre unterschiedlich lang.

Damit das Gehäuse den vom Tieftöner erzeugten starken Druck aushält und nicht in klangverfälschende Eigenschwingungen verfällt, werden die Frontseite, die Platte zwischen den Rohren und die Rückseite durch zwei Stützplatten verbunden. Die Wände werden dabei so unterteilt, daß ihre schmalen Teilflächen nicht mehr zu Schwingungen angeregt werden können.



Technische Daten

Prinzip	Transmissionline, 3-Wege
Belastbarkeit (DIN)	80 W
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck (1W, 1m)	86 dB
Übergangsfrequenzen	550 Hz/5 kHz
Außenmaße	Breite 350 mm Höhe 1200 mm Tiefe 380 mm
Entwickler	Dipl. Ing. Kirchner, Braunschweig

Die Lautsprecher-Bestückung

Für unseren Gehäusevorschlag ist der Sipe-Tieftöner AS 250/80 optimal. Der starke Magnet und die silikonbeschichtete Membran gewährleisten gute Impulswiedergabe. Durch den linearen Hub von 18 mm und durch die hohe Impulsbelastbarkeit kann der maximale Schalldruck einfache Gebäudekonstruktionen erzittern lassen.

Für einen sauberen Mitteltonbereich sorgt der Seas-Konusmitteltöner 11 F-M, der sich durch einen Druckgußkorb

sowie eine beschichtete Membran auszeichnet. Ein passendes Kunststoffgehäuse schirmt ihn gegen das Baßrohr ab.

Brillante Höhen erzeugt der Seas-Kalottenhochtöner 202. Seine leichte 19-mm-Kunststoffkalotte kann den elektrischen Signalen exakt folgen.

Die Weiche und der Phasenausgleich

Die drei Lautsprecher erhalten ihre elektrischen Signale von der Frequenzweiche, die ihnen ihre Aufgabenbereiche Hoch-, Mittel- und Tiefton zuteilt. An das entstehende akustische Signal wird die Forderung gestellt, daß alle Frequenzen gleich laut wiedergegeben werden und keine zeitliche Verschiebung zwischen ihnen besteht. Die Verschiebung erzeugt einen Phasenfehler, der eine räumliche Auflösung des Klangbildes verhindert. Als eine recht gute Weiche hat sich folgende Konstruktion bewährt, bei der das Phasenverhalten der Lautsprecher berücksichtigt wird:

Der Tieftöner wird von einem Tiefpaß mit einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave (Bauteile L_1 und C_1) angesteuert. Ein Equalizerglied, bestehend aus C_2 und R_1 , ist parallel zum Tieftöner geschaltet, um die Induktion der Schwingspule zu kompensieren. Hierdurch bleibt die Flankensteilheit des Tiefpasses erhalten, der Impedanzfre-

quenzgang wird ausgeglichener und das Phasenverhalten des Lautsprechers unkritischer.

Ein Bandpaß mit 6 dB/Oktave, bestehend aus L_2 und C_4 , steuert den Mitteltöner an. Auch hier sorgt ein Equalizerglied (C_3 , R_2) für die oben genannten Vorzüge.

Der Spannungsteiler (R_3 , R_4) paßt den Wirkungsgrad des Mitteltöners an den des Tieftöners an und ist so dimensioniert, daß der Gesamtwiderstand $R_3 + R_4 \parallel R_L = 8 \text{ Ohm}$ beträgt.

Der Hochtöner wird mit dem 12 dB/Oktave-Hochpaß C_5 , L_3 und dem Spannungsteiler R_5 , R_6 angekoppelt.

Eine phasenlineare Wiedergabe erhält man aber erst durch den Phasenausgleich, wobei die Lautsprecher von der Schallwand versetzt angeordnet werden. Der Abstand zwischen den Montageebenen kann nur mit speziellen Meßmethoden sowie durch umfangreiche Hörtests ermittelt werden. So entstand folgende Anordnung: Der Hochtöner befindet sich direkt auf der Schallwand. Der Mitteltöner wird durch sein Gehäuse 2,5 mm und der Tieftöner durch einen Zwischenring 10 mm nach vorn versetzt.

Der Weg zum Erfolg: die Bauanleitung

Wie unschwer zu erraten ist, wird mit dem Bau des Gehäuses begonnen. Hierbei wird eine 22 mm starke Spanplatte verwendet, wobei die besser verleimte Ausführung mit der Bezeichnung V 100 zu empfehlen ist. Die Holzplatten werden mit reichlich Weißleim verleimt und bis zum Abbinden des Leims mit Schraubzwingen oder Spanplattenschrauben zusammengehalten. Nach Rücksprache mit einem geübten Holzwurm wird folgende Reihenfolge empfohlen:

Zuerst wird eine Seitenwand mit der Front-, Rück-, Deck- und Bodenplatte verleimt. Aus der mittleren Platte wird der akustische Tiefpaß mit der Stichsäge ausgeschnitten und die Platte mit der hinteren Versteifungsplatte verleimt. Diese Einheit wird mit der schrägliegenden Bodenplatte ins Gehäuse geleimt. Hiernach wird die vordere Stützplatte in Gehäuse gesetzt. Das Gehäuse wird dann mit der zweiten Seitenwand geschlossen.

Vor der Oberflächenbehandlung werden die Öffnungen für die Lautspre-

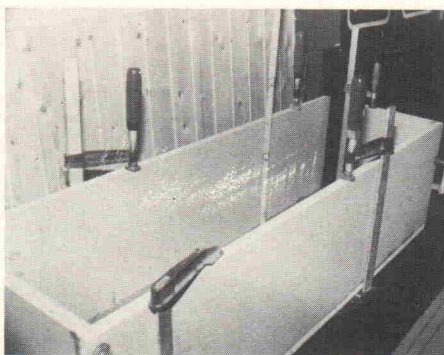


Bild 1. Auf einer Seitenwand alle Außenwände aufbauen und ...

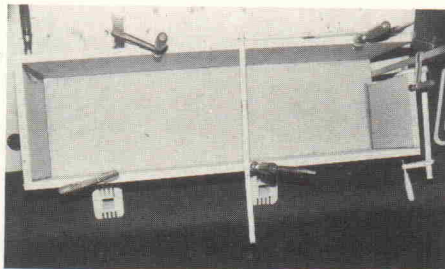


Bild 2. ... trocknen lassen.

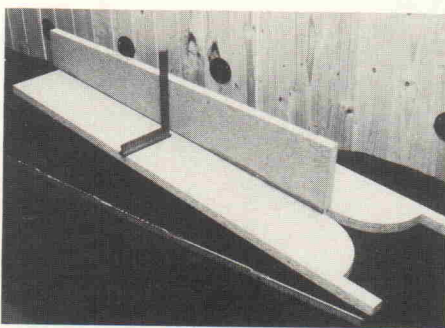


Bild 3. Tiefpaß und Stützwand verbinden.

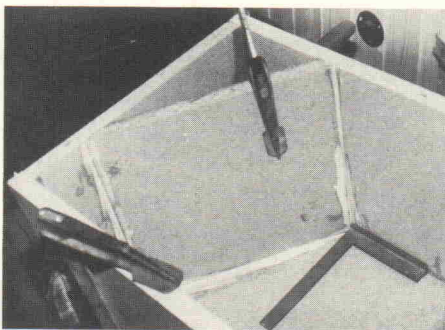


Bild 4. Umlenkplatte einleimen.

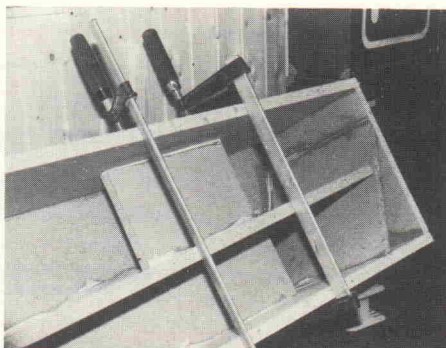


Bild 5. Tiefpaß und vordere Stützplatte einsetzen und ...

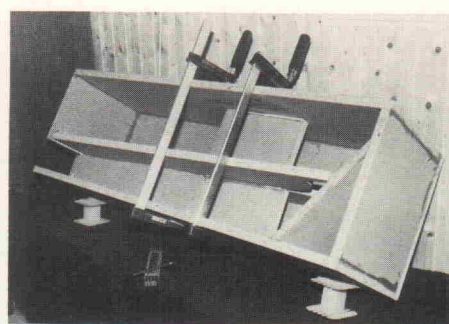


Bild 6. ... abbinden lassen.

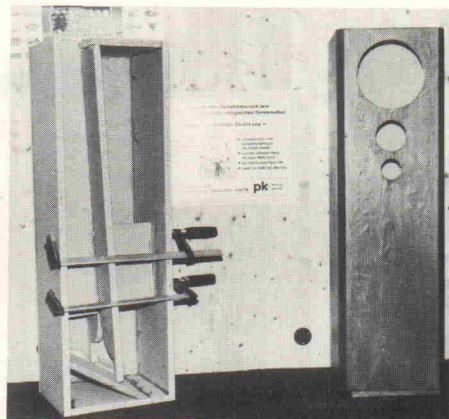
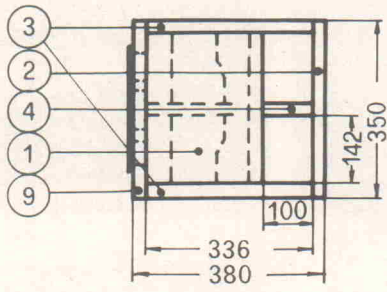
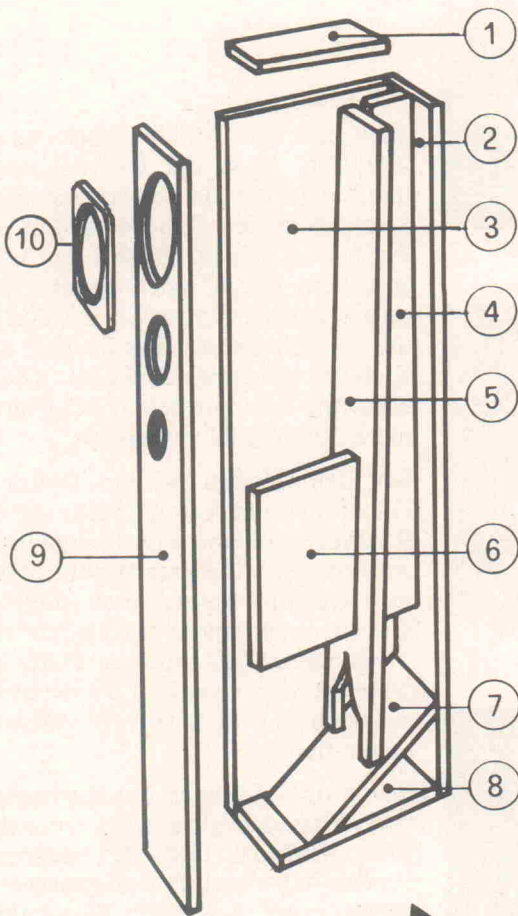
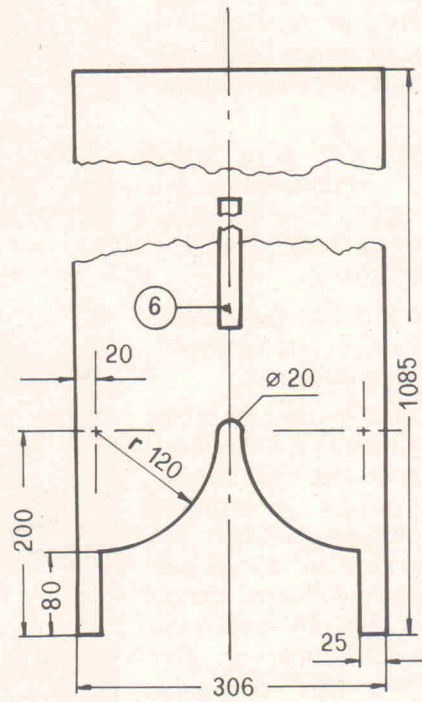
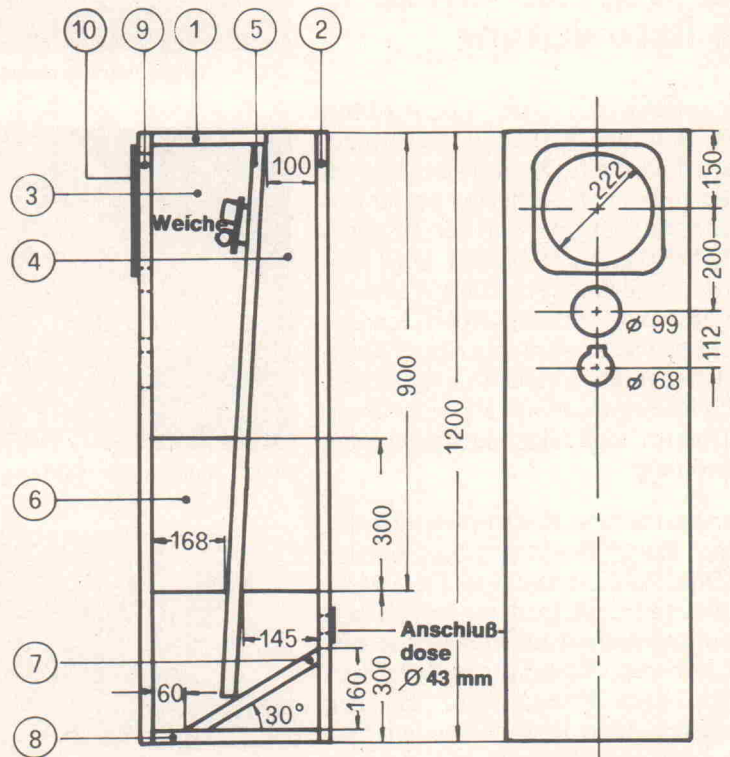


Bild 7. Die Seitenplatte kann nun befestigt werden.

cher und die Anschlußdose ausgeschnitten. Nach der Oberflächenbehandlung folgt die Bestückung. Beim Verdrahten der Bauteile ist auf den Pluspol zu achten, der bei den Lautsprechern durch einen roten Punkt oder ein + - Zeichen am Chassis und bei der Anschlußdose durch die rote Klemme gekennzeichnet ist. Dieser wird mit dem geriffelten oder farblich markierten Draht verbunden.

Vor dem Einbau werden Tieftöner, Hochtöner und Anschlußdose auf der Rückseite mit einem Dichtstreifen abgeklebt. Der Mitteltöner wird direkt auf sein Gehäuse gesetzt und montiert. Die Frequenzweiche wird hinter den Tieftöner auf die mittlere Platte geschraubt, wobei zwei auf ihre Rückseite geklebte Dichtstreifen als Abstandhalter dienen.

Bevor der Tieftöner mit untergelegtem Phasenausgleichsring montiert wird, wird das Gehäuse bedämpft. Hierbei haben sich Polyesterfasermatten mit einer Dichte von 300 g/m² als optimal erweisen. (Die Verfechter der Naturwolle mögen es verzeihen.) Das Material wird nach dem Zuschneiden flauschig gezupft. Ein 36 x 100 cm großes Stück wird in der Mitte in einer Länge von 60 cm eingeschnitten und

**Ansicht A****Ansicht A****Ansicht B****Teil 5**
Detailansicht**Ansicht B****Teil 9**

locker in die vordere Röhre bis über die Öffnung des Tiefpasses gelegt. Ein 32 x 50 cm großes Stück kommt hinter den Tieftöner.

Hier kann die Tieftonwiedergabe durch ein oder zwei weitere Stücke der

Raumakustik angepaßt werden. Für das hintere Rohr werden vier Stücke von 22 x 100 cm zugeschnitten und (je zwei übereinandergelegt) in das Rohr geschoben, bis sie mit der Austrittsöffnung abschließen.

Stückliste (Holz)

Teil	Bezeichnung	Stück	Zuschnitt (mm)	Material
1	Deckplatte	1	306 x 236	SP 22
2	Rückwand	1	1200 x 350	SP 22
3	Seitenwand	2	1200 x 336	SP 22
4	hintere Versteifung	1	900 x 145	SP 22
5	mittlere Platte (mit akustischem Tiefpaß)	1	306 x 1085	SP 22
6	vordere Versteifung	1	300 x 183	SP 22
7	Schrägboden	1	306 x 310	SP 22
8	Bodenplatte	1	306 x 336	SP 22
9	Frontplatte	1	1200 x 350	SP 22
10	Phasenausgleichsring	1	252 x 252	SP 10

Stückliste

Chassis

Tieftöner	AS 250/80 (Sipe)
Mitteltöner	11 F-M (Seas)
Hochtöner	202 (Seas)

Zubehör

Anschlußklemme
Dämmmaterial

Weiche

Widerstände

R1	5 R6
R2	8 R2
R3	1 R5
R4	27 R
R5	2 R7
R6	15 R

Kondensatoren (alle Folie)

C1	22µ
C2	33µ
C3	8µ2
C4	25µ
C5	2µ7

Spulen

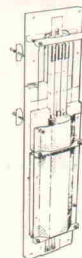
L1	3,9 mH, Ferritdrossel, R ₁ = 0 R33
L2	0,56 mH
L3	0,33 mH

Bändchen-Spezialitäten

I Stratec SLC II

Mittel-Hochton, 400 - 20 000 Hz,
100 W, 87 dB **798,-**

Broschüre gegen
2,- DM in Briefmarken
anfordern



II Jordanow

ohne Horn, 5 - 40 KHz,
100 W, 88 dB

158,-

III Technics

TH 200, 3 - 50 KHz, 92 dB **59,50**
TH 400, 3 - 85 KHz, 94 dB **86,50**
TH 800, 4 - 125 KHz, 95 dB **269,50**

hifisound

Exclusiv:

Eton-Kalotte

1-lagige Schwingspule, 2,5 - 20 KHz,
89 dB, 100 W, extrem kurze Anstiegszeit
(ideal für alle Kef- und Focal-Kombina-
tionen) **Stück 59,-**

Coral

Professional-Programm

z. B. H 70 Hochtonhorn, 2,5 - 25 KHz,
107 dB/1 W/1 m **288,-**
H 100, 7 - 30 KHz, 110 dB **458,-**

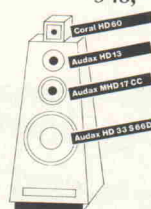
Focal

Kit 250 DB MK II, incl. FW **198,-**
Kit 300 DB, incl. FW **348,-**

Audax

»Dynamic«

200 W, 28 - 40 000 Hz,
incl. handgefertigter
Super-Frequenzweiche
Stück **948,-**



Kef »Transmissionline«

nach Rogers mit Celestion HF 1300 und
HF 2000 incl. FW **498,-**
passender Gehäusebausatz **248,-**

Dynaudio »Axis 5«

mit neuem TT 30 W 100 incl. FW **998,-**

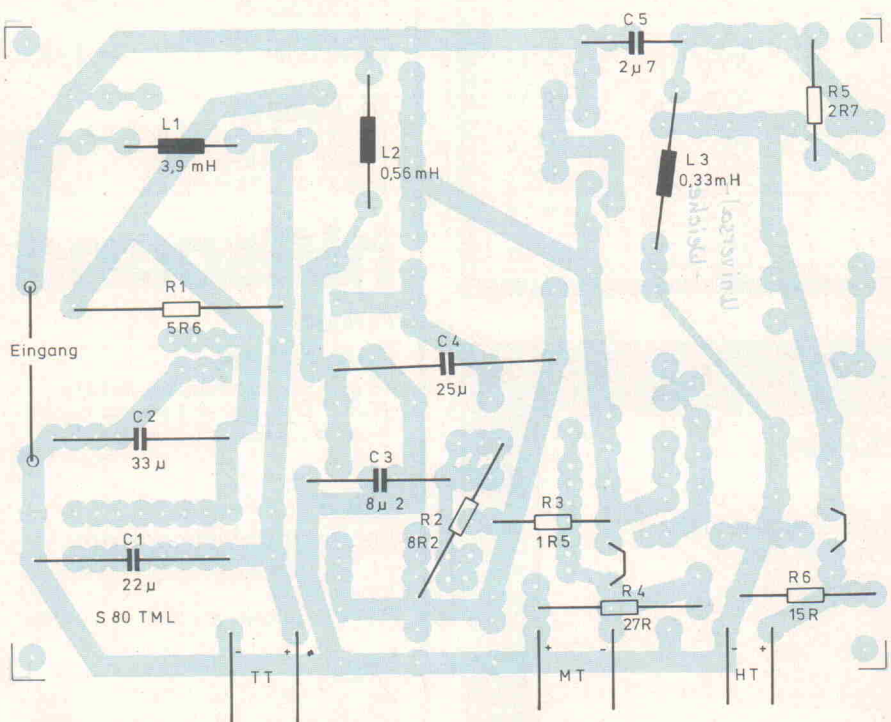
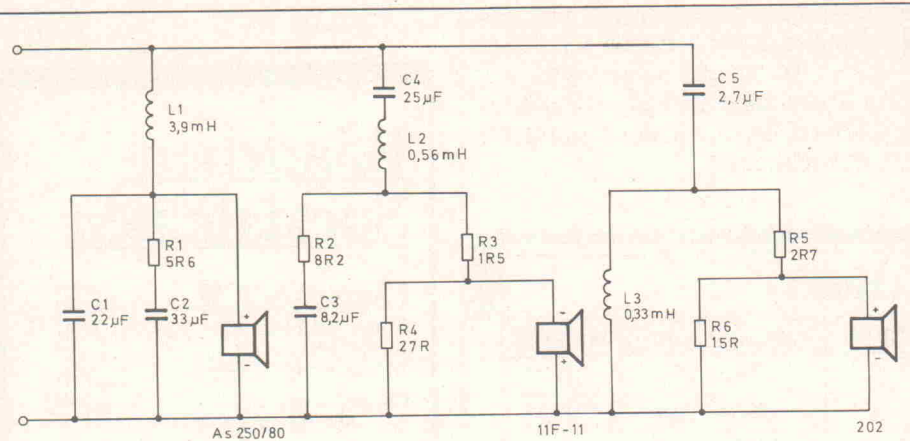
Alle Bausätze incl. Fertigfrequenz-
weiche und ausführlichem Bauplan

Preisliste kostenlos · ab 200 DM
versandkostenfrei · bei Vorkasse 3%
Skonto



hifisound
lautsprechertrieb
saerbeck + morava

4400 münster · jüdefelderstraße 35 · tel. 0251/4 78 28



Schaltbild der Weiche und Bestückungsplan für S 80 TML.

Geheimrezept gegen Klangenttäuschungen!

ambly schreibt: „Im direkten Vergleich schlagen Beyer-Dörfler-Konstruktionen vergleichbare Lautsprecher mit bekannten und berühmten Namen um Längen.“

Diese Lautsprecher sind klanglich und preislich ohne Beispiel: Bestückt mit bestmöglicher Technik. Kompromisslos auf Klangqualität hin optimiert. Mit sagenhaftem Wirkungsgrad, perfektem Impuls- und Phasenverhalten. Und dazu mit Preisen, die sich jeder leisten kann. – Wie ist das möglich?

Die Boxen gibt es nicht im Handel. Vertriebskosten und Handelsspannen entfallen komplett. Infolge des Gegenwerts werden diese Lautsprecher aber zehntausendfach weiterempfohlen. Seit Jahren gewähren wir außerdem ein halbjähriges Rückgaberecht auf jede Box.

Das Programm: 10 Grundmodelle für Spitzen-HiFi, Autoboxen, Säulensysteme, Discher (neu), Ausführungen für Tonstudios, Diskotheken, Musiker etc. Jeweils im Bausatz oder fertig. 5 Gehäuseentwürfe für jeden Wohnstil. Schon ab DM 110,- zu haben!

OrbiSound
M. Beyer-Dörfler
Breitenhof 1 E
7460 Balingen 14 (Frommen)
☎ (0 74 33) 31 02

Gern informieren wir Sie ausführlich...

OrbiSound-Vorforschungstudios außerdem in: 7250 Leonberg/Ellingen, Wilhelmstraße 39/1, ☎ (0 71 52) 437 32
6463 Freigericht-Neuses, Waldstraße 8, ☎ (0 60 55) 78 87 · 5560 Traben-Trarbach (Woll), im Spinnfeld 7, ☎ (0 65 41) 15 70

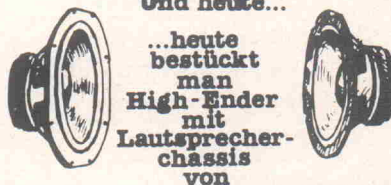
OHM's HEITERE HÖRWELT DER HIGH-ENDER



So mag er sich zu Großvaters Zeiten gezeigt haben.



Und heute...



...heute bestückt man High-End mit Lautsprecherchassis von

CORAL und VOLT

ACOUSTIC DESIGN
Jürgen Thiele Wißfeldstr. 35
5309 Meckenheim 02225/13248
Udo Wohlgemuth Förderstr. 14
4630 Bochum 0234/77 00 67

ART & ADIO
H.-J. Lüschen Grindelhof 35
2 Hamburg 13 040/45 95 91

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

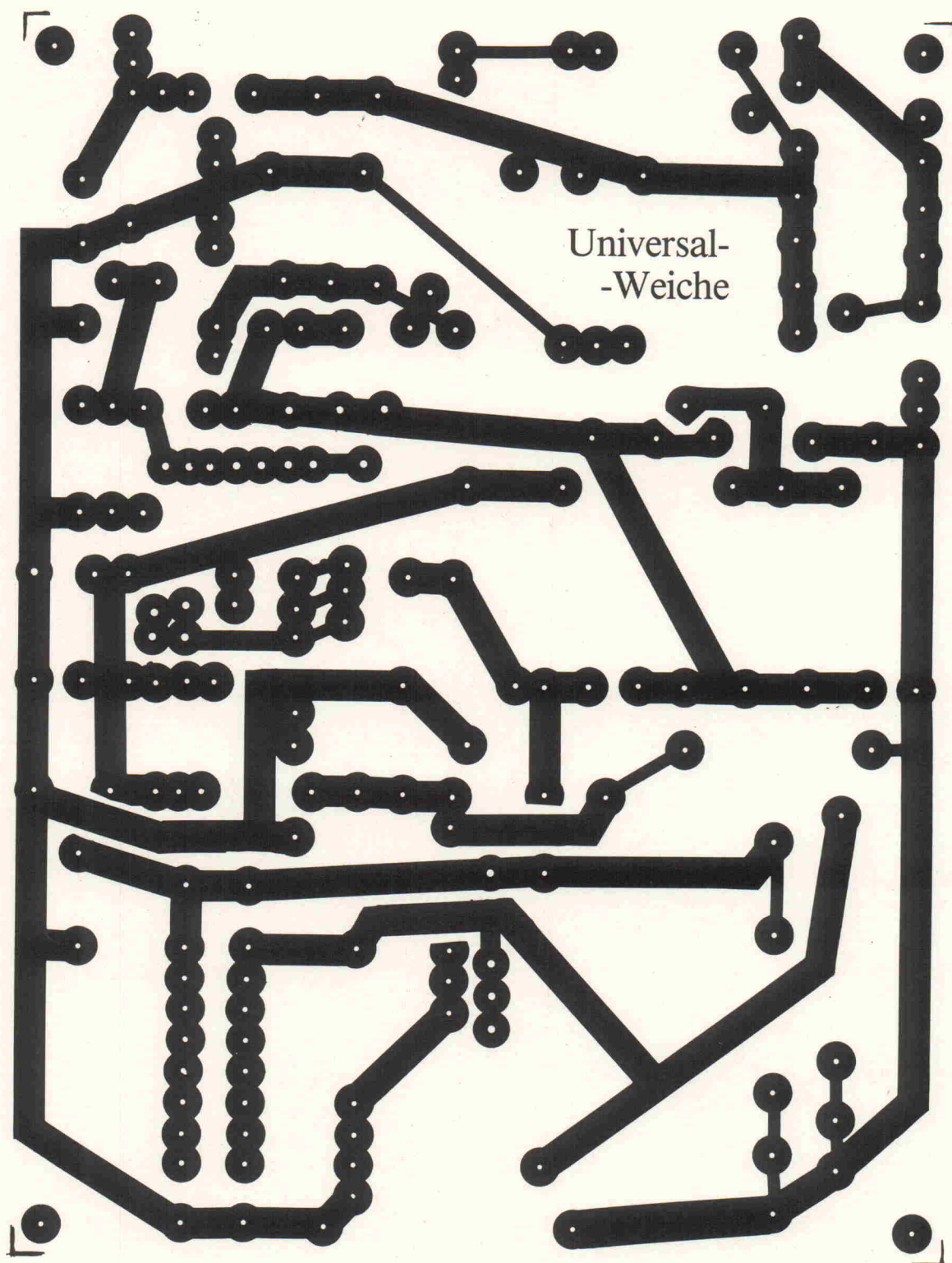
— Lieferung sofort ab Lager —

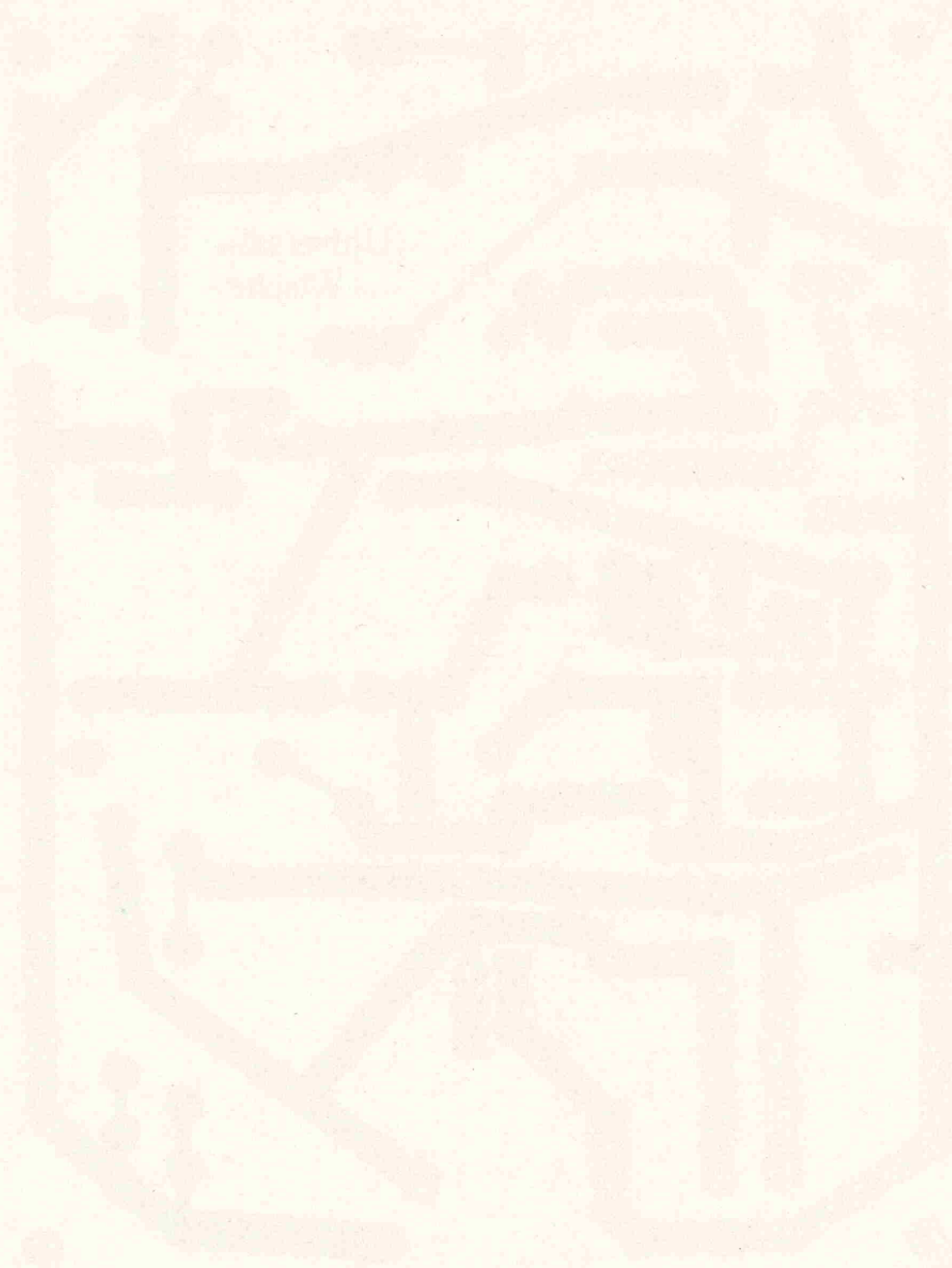
Unterlagen gegen 3 DM in Briefmarken.

AUDAX-Vertrieb für Deutschland:



proraum GmbH
Abt. Elektroakustik
Postfach 10 10 03
4970 Bad Oeynhausen 1
Tel. 057 31/9 55 44
Telex 9 724 842 kro d
24-Std.-Telefonservice





JOKER. HI-FI-SPEAKERS

Die Firma für Lautsprecher.

Riesenauswahl

AUDAX — BEYMA — CELESTION — DYNAUDIO — ETON — E. VOICE FOCAL — HECO — IMF — KEF — LOWTHER — MAGNAT — MB — SEAS — STRATHEARN — SIPE — VIFA — VISATON — WHARFEDALE
alles in allem über 300 Typen

+ günstige Preise z. B.

AUDAX PRO 13 BEX. DM 135
DYNAUDIO AXIS 5... DM 999
FOCAL 300 DB..... DM 350
VIFA KORREKT..... DM 188
und über 100 andere Bausätze
von DM 80 bis DM 2200

+ außerdem
Fachkundige Beratung
Vorführmöglichkeit
Ausführliche Bauvorschläge
Aktivboxen-Programm
Gehäusebausätze
Alles nötige Zubehör
Schnellversand ab Lager
Ständig Sonderangebote



Sedanstr. 32, Postfach 80 09 65, 8000 München 80, Tel. (089) 4 48 02 64

SUPER-SOUND ZUM WAHNSINNSPREIS

Spitzen-Hi-Fi-Lautsprecherboxen zum absoluten Superpreis durch Einkauf direkt ab Werk



SAKAI HX 707, 300 W

180 W sinus, 20—30 000 Hz, 8 Ohm, 4 Wege, 5 Systeme, Baßreflex, Bestückung CD-fest, 1 x 280 mm TT, 1 x 210 mm TT, 1 x 125 mm MT, 2 x 100 mm HT mit Alukalotte, Gehäuse schwarz, 800 x 360 x 310 mm, abnehmbare Frontbespannung.

5 Jahre Garantie!

Spitzenqualität aus Dänemark.

Spitzenpreis..... nur **299,90**
(648,— unser Preis bisher)



SAKAI HX 606, 200 W

120 W sinus, 20—25 000 Hz, 8 Ohm, 3 Wege, 4 Systeme, Baßreflex, Bestückung: CD-fest, 1 x 280 mm TT, 1 x 125 mm MT, 2 x 100 mm HT mit Alukalotte, Gehäuse schwarz, 550 x 310 x 240 mm, abnehmbare Frontbespannung

5 Jahre Garantie!

Spitzenqualität aus Dänemark.

Superpreis..... nur **199,90**
(448,— unser Preis bisher)



SAKAI HX 505, 130 W

85 W sinus, 25—25 000 Hz, 3 Wege, Baßreflex, 8 Ohm, Bestückung: CD-fest, 1 x 210 mm TT, 1 x 130 mm MT, 1 x 100 mm HT, Gehäuse schwarz, 520 x 300 x 210 mm, abnehmbare Frontbespannung.

5 Jahre Garantie!

Spitzenqualität aus Dänemark.

Sensationspreis..... nur **99,90**
(248,— unser Preis bisher)

Alle Artikel originalverp. mit voller Garantie. Preis inklusive 14 % MwSt., unfrei per Nachnahme.

Marantz CD 73.....
Marantz 3250 B, Vorverstärker in Esotec Bauweise, MC-Eingang, regelbare Loudness, etc. Spitzenklasse. (998,—)..... nur **399,—**

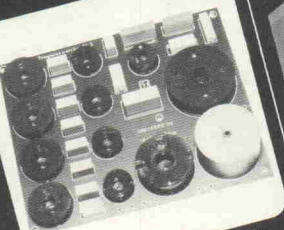
Superpreis auf Anfrage

Marantz Verstärker PM 230, 2 x 80 Watt (DIN) (398,—) ... 250,—
Marantz Plattensp., TT 130, Riemens, HA (248,—) 178,—
Akai Plattensp., APQ 310, Direct-Drive, Quartz, Vollautomat, Memomatic, (448,—) 350,—
Pioneer Digitaltuner, Suchlauf, Stationen 298,—

Hi-Fi STUDIO „K“

Postfach 10 06 34, Weserstr. 36, 4970 Bad Oeynhausen 9—13 + 14—17 Uhr, Tel. 057 31/2 77 95

Die Profi-Reihe von Intertechnik. Spitzenprodukte für HiFi-Kenner.



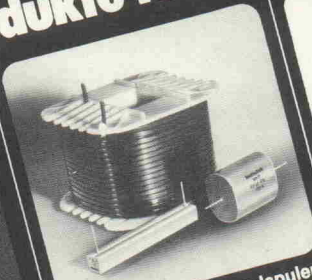
Frequenzweichen, mit Luftspulen und Folienkondensatoren hoher Güte. Kundenspezifische Anfertigung.

Selektierte Bauteile mit einer Toleranz von 2,5%.

Folien-Kondensatoren, bis 100µF/150 Volt in allen Werten lieferbar.



Lautsprecher-Komplett-Bausätze, 3-Weg-System, bis 200 Watt Leistung, Hochverdichtetes, exakt schließendes Gehäuse (Stecksystem) mit außenliegenden Anschlußklemmen.



Hochleistungs-Drosselspulen bis 4 qmm Drahtstärke! Optimale Spulengüte durch Kupfer-Flachdrahtwicklung.



Lautsprecher-Zubehör: Regel- und Kontrolleinheiten, Anschlußwannen, Hochleistungs-Kabel.

NEU: Produktübersicht anfordern!



Inter technik

Coupon einsenden an IT Electronic GmbH Am Gewerbehof 1 5014 Kerpen 3 Tel. 02273/53096

COUPON
kostenlos Ihre Produktübersicht

Name
Straße
PLZ/Ort

Bitte senden Sie mir

ED

Kanalarbe

106

MB-Röhre

W. Wendland

Diese Box ist einmal etwas ganz anderes: kein Holzgehäuse, sondern ein zweckentfremdetes PVC-Rohr!

Die formbedingten, handfesten akustischen Vorteile verbinden sich vortrefflich mit den guten Lautsprecher-Chassis des deutschen Herstellers MB.

Das Hauptproblem stellte sich bei der Suche nach einer Röhre, die den Anforderungen gerecht wird. Sie sollte stabil, aber trotzdem leicht zu bearbeiten sein. Eine Pappröhre schied daher aus Stabilitätsgründen aus.

Bei einer sonntäglichen Radtour fiel der Blick auf Abflußrohre einer Baugroßhandlung. Sie lagen dort wohlsortiert in allen Durchmessern in Beton und PVC. Da Beton zu schwer und schlecht zu verarbeiten ist, fiel die Wahl auf ein PVC-Rohr. Wir wählten einen Typ von 1 m Länge mit einem Außendurchmesser von 31,5 cm und einer Wandstärke von 7,7 mm.



Damit war schon das endgültige Konzept geboren. Der Baßlautsprecher sollte nach oben strahlen, durch die Abmessungen der Röhre bot sich ein 250 mm-Chassis an. Die Box sollte als 3-Wege-System arbeiten, Mittel- und Hochtöner strahlen direkt auf den Hörer. Um eine tiefere Baßabstrahlung zu erreichen, ist die Röhre als Baßreflexbox konzipiert.

Bei rechteckigen Standardboxen gibt es immer das Problem der Biege-

Warum eine Röhre?

schwingungen. Man muß beim Nachbau sehr viel Aufwand in den stabilen Aufbau stecken. Eine Röhre verhält sich physikalisch wesentlich angenehmer, es treten praktisch keine nennens-

werten Biegeschwingungen in den Gehäusewänden auf. Der Wechseldruck von der Lautsprechermembran hat keine Wirkungsansätze, und so ist kaum eine Verformung möglich.

Ein weiterer großer Vorteil ergibt sich bei der Abstrahlung. Der Baßlautsprecher strahlt nach oben und befindet sich ca. 1 m vom Boden entfernt. Da-

iter

durch werden Bodenresonanzen weitgehend ausgeschaltet, der Baß kommt sauber und trocken.

Die runde Form wirkt sich auch sehr positiv für die Abstrahlung der Mitten und Höhen aus. Es gibt keine Kanten und Ecken, die zu Beugungen und Interferenzen führen; das Ergebnis ist eine transparente und impulstreue Wiedergabe. Wichtig ist aber, daß die Übergangsfrequenz Baß/Mittelton nicht zu hoch gelegt wird, da der Baß hier nach oben strahlt und für die Mitteltonwiedergabe kaum benutzt werden kann. Wie man aus diesen Betrachtungen sieht, hat eine Röhre viele Vorteile. Ob nun aber jeder die Form mag und sich das Gebilde ins Wohnzimmer stellen will, ist natürlich eine Sache des Geschmacks.

Lautsprecher und Weiche

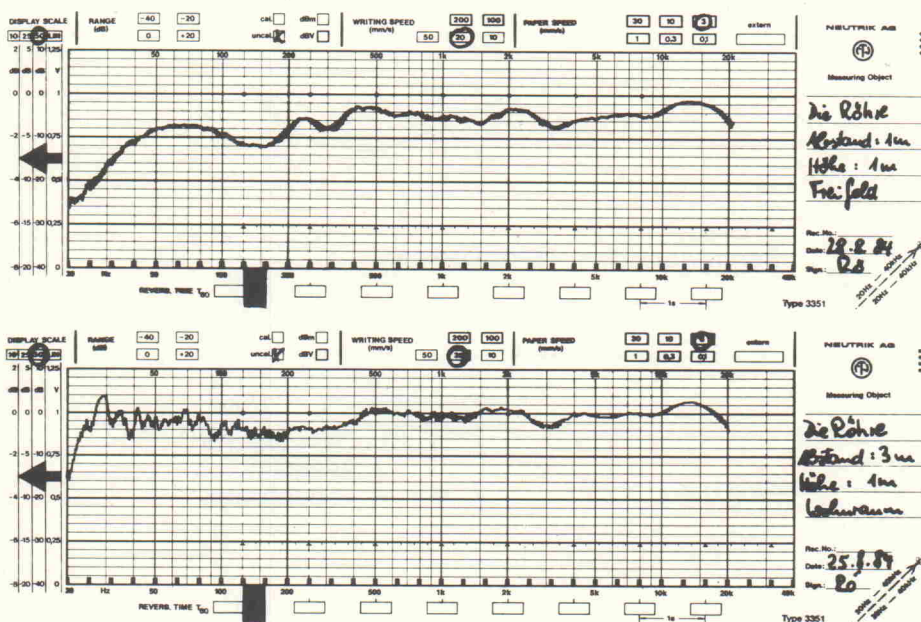
Um eine möglichst homogene Abstrahlung zu gewährleisten, wurde auf drei aufeinander abgestimmte Lautsprecher des deutschen Herstellers MB-Elektronik zurückgegriffen. Diese Firma schnitt ja in den letzten Tests der Fachzeitschriften sehr positiv ab. Die

Lautsprecher zeichnen sich neben den guten Klangeigenschaften durch ein sehr gutes Preis/Leistungsverhältnis aus; so kommt man auf ca. 280 DM für die drei Chassis. Der Baß ist ein 250 mm-Chassis mit beschichteter Pappmembran und einer Eigenresonanz von $f_{res} = 34$ Hz. Im Mitteltonbereich arbeitet ab ca. 700 Hz eine 50 mm-Kalotte mit Gewebemembran.

Der Hochtöner ist wiederum eine Kalotte mit 25 mm-Membran. Der Wirkungsgrad der Anordnung liegt bei ca. 91 dB (1 W/1 m). Die Frequenzweiche ist eine 12 dB/6 dB-Version mit sogenanntem „filler driver“. Hoch- und Tieftonbereich werden über Filter mit 12 dB/Oktave angekoppelt, dagegen ist

der Mitteltonbereich mit einem Filter von 6 dB/Oktave ausgerüstet. Damit werden Phasenfehler und eine Überhöhung im Übergangsbereich weitgehend vermieden. Die Baßdrossel L1 sollte einen ohmschen Widerstand von $R < 0,5$ Ohm haben. Im Musteraufbau wurde eine Ferritspule mit Glockenkern benutzt, besser ist natürlich eine entsprechende Luftspule. L2 ist eine Luftspule mit mindestens 0,8 mm Drahtdurchmesser. L3 ist relativ unkritisch und wurde mit 0,5 mm Drahtdurchmesser ausgeführt.

Die Kondensatoren sind Folienkondensatoren mit möglichst 5% Toleranz. Steht ein C-Meßgerät zur Verfügung, kann man sich die Werte auch paarig ausmessen.

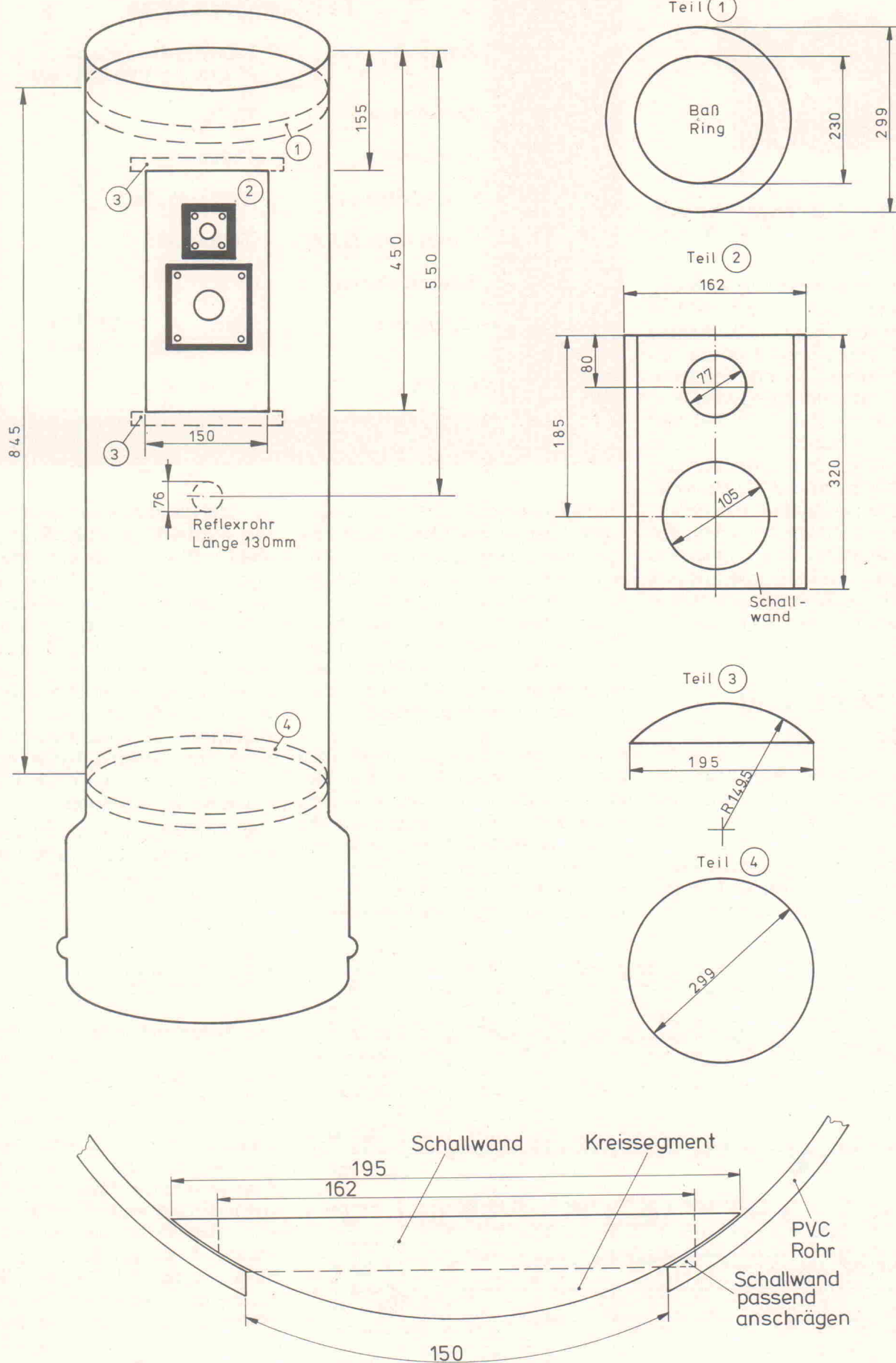


Technische Daten

Prinzip	Baßreflex-Gehäuse aus PVC-Rohr, 3-Weg-System	
Belastbarkeit	100 W	
Impedanz	8 Ohm	
Kennschalldruck	91 dB (1 W; 1m)	
Übergangsfrequenzen	700 Hz/3 kHz	
Volumen (innen)	ca. 58 l	
Außenmaße	Höhe	1000 mm
	Durchmesser	315 mm
Entwickler	W. Wendland	

Der Aufbau

Das Rohrmaterial ist – wie schon beschrieben – aus PVC und wird durch den Bauhandel verkauft. Obwohl in den Lagerlisten als 1 m-Stück geführt, ist es in Wirklichkeit jedoch länger. Im unteren Bereich verbreitert sich der Durchmesser. Das ist sehr praktisch, denn so steht das Gebilde besser. Akustisch genutzt wird allerdings nur der obere Bereich mit knapp 30 cm Durchmesser. Eine Spanplatte von 19 mm Stärke begrenzt den aktiven Bereich nach unten. Der verbleibende untere Hohlraum dient zur Aufnahme der Frequenzweiche und Anschlußbuchse. Das obere Ende der Röhre verjüngt sich, hier wird ein Stück von 6 cm abgesägt.



Gesamt- und Detailzeichnungen des Röhrenlautsprechers

Für die Befestigung der Scheiben an den in der Zeichnung angegebenen Stellen leistete eine Heißklebepistole beste Dienste. Es geht zwar auch mit einem geeigneten Holz-PVC-Kleber, nur sollte man dann zum Fixieren die Scheiben mit einigen Schrauben an ihrem Platz halten. Wichtig ist, daß die Scheiben den Arbeitsraum des Tieftöners absolut dicht abschließen. Für den aktiven Bereich der Röhre ergibt sich ein Volumen von etwa 60 l. Wer die Box zierlicher gestalten will, kann auch unten noch einen Ring abschneiden, und zwar oberhalb der Verdickung, die bei der eigentlichen Verwendung der Röhre als Abwasserrohr für die Aufnahme eines Dichtungsringes gedacht ist.

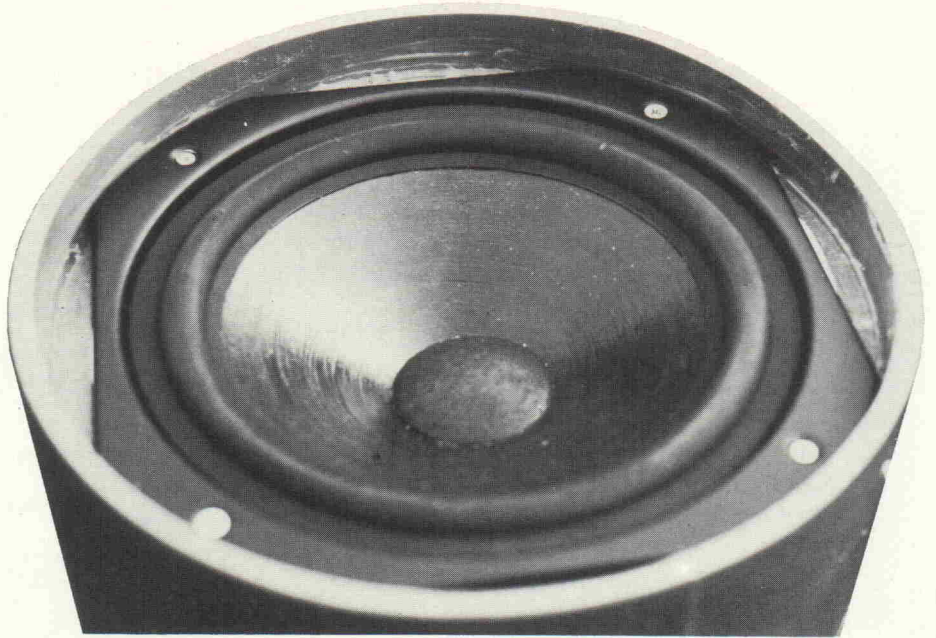
Die Schallwand für Mittel- und Hochtonbereich wird aus 19 mm Spanplatte hergestellt. Um eine stabile und dichte Anbringung zu gewährleisten, wird die Spanplatte an den Längsseiten winklig angesägt.

Für die Abdichtung der Schmalseiten werden Kreisabschnitte benötigt. Diese stellt man wiederum aus einer Spanplattenscheibe mit dem Innendurchmesser des Rohres her. Es ergeben sich daraus vier der gewünschten Abschnitte (siehe Zeichnung). Kreisabschnitte und Schallwand werden danach fest miteinander verleimt. Die verbleibenden Hohlräume werden mit Schaumstoff ausgekleidet, um Hohlraumresonanzen zu vermeiden.

Bevor man den Mittel-Hochton-Träger einbaut, sollten erst noch die Ausschnitte für die beiden Chassis gesägt werden. Danach kann man die fertige Schallwand luftdicht mit der Röhre verkleben. Das Rohr für die Baßreflexöffnung kann aus Kunststoff oder Pappe bestehen und sollte für die Länge von 130 mm einen Außendurchmesser von 76 mm (Wandstärke 3 mm) aufweisen.

Die Bedämpfung und der Einbau der Chassis

Als ausgesprochen einfach erweist sich die Bedämpfung. Es werden nur die Innenwände mit 25 mm starkem BAF-Wadding verkleidet. Frei bleibt der Bereich der Baßreflexöffnung. Sämtliche Chassis müssen dicht mit den Schallwänden verschraubt werden (z. B. mit Fensterdichtband).



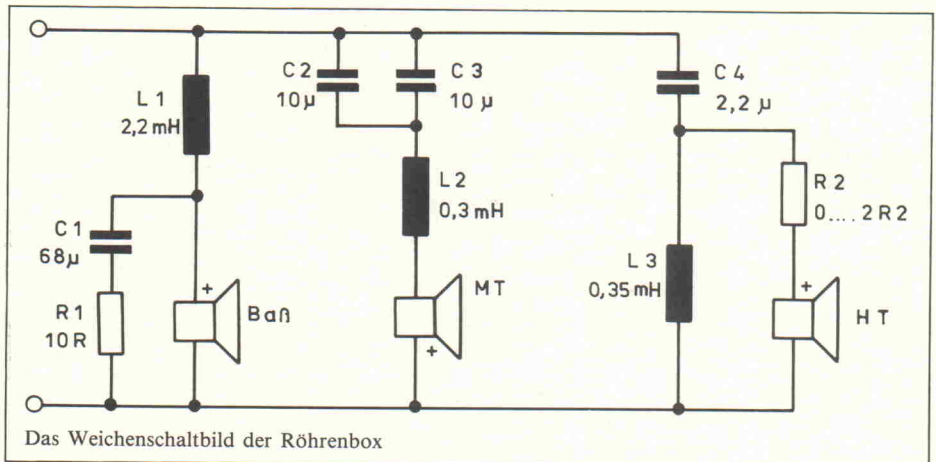
Die Verdrahtung sollte mindestens mit 1,5 mm² Kabel ausgeführt werden. Die Weiche wird auf der unteren Platte verschraubt, wo auch die Anschlußdose zum Verstärker sitzt.

Zum Finish

Die äußere Gestaltung ist natürlich eine Frage des Geschmacks. Roh sieht die Röhre allerdings etwas häßlich aus. Gut und leicht zu verarbeiten sind selbstklebende Filzstoffe, die es in verschiedenen Farben gibt. Gut sieht auch Kork aus. Die Lautsprechermembranen sollten mit Bespannstoff und Klemm-Rahmen gegen spitze Finger geschützt werden.

Die Hörprobe

Die Box klingt ausgewogen und ausgesprochen transparent bei einem trocke-



Stückliste

Holz und Gehäuseteile

PVC-Abwasserrohr \varnothing 315 mm (außen), Länge ca. 1 m
 Spanplatten-Scheiben (19 mm) 3 Stück, \varnothing 299 mm
 Schallwand (19 mm) 1 Stück, 320 x 162 mm
 Material zum Bespannen des Rohrs (Kork, Filz)
 Anschlußklemme
 Reflexrohr (Innen- \varnothing : 70 mm, Länge 130 mm)

Lautsprecher (alle von MB-Elektronik)

Baß	MBT 245/37/120	} 8 Ohm
Mitteltöner	PMT 51/G	
Hochtöner	PHT 25 GDF	

Weiche

Spulen

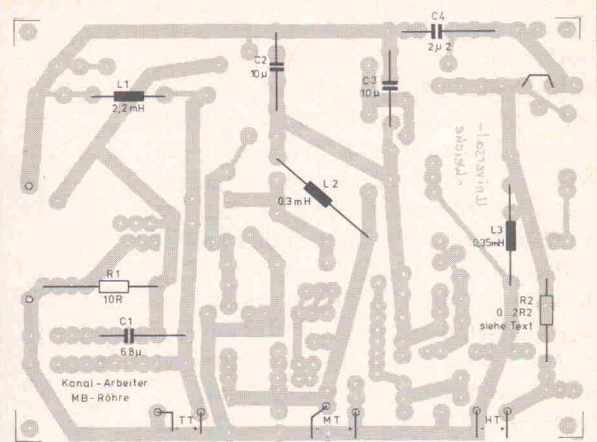
L1	2,2 mH/0,5 Ohm
L2	0,3 mH/Luftspule CuL 0,8 mm \varnothing
L3	0,35 mH/Luftspule CuL 0,5 mm \varnothing

Kondensatoren

C1	68 μ /100 V Folie
C2, C3	10 μ /100 V Folie
C4	2 μ /100 V Folie

Widerstände

R1	10 R/10 W
R2	0...2R 2/10 W siehe Text



Bestückungsplan der Frequenzweiche

nen Baß. Wer ein etwas helleres Klangbild in den Höhen liebt, sollte für R2 einen Wert von 0R wählen (also eine Drahtbrücke); Freunden der klassischen Musik sei ein Wert von 2R2 empfohlen.

Betrachtet man das Preis/Leistungsverhältnis dieser Box sowie den geringen Schwierigkeitsgrad des Nachbaus, so schneidet die Röhre mit der MB-Lautsprecherbestückung ausgesprochen gut ab. Man erhält für ca. 400 DM (Gesamtpreis) pro Kanal eine gute Box, die sich durch die Form von der Masse der „Kisten“ abhebt.

Bezugsquellen-Nachweis

ACR
Theresienstr. 146
8 München 2

Aglaia Beeksche Farbwerke
Stuttgart

Audax
Pro Raum-Vertriebs GmbH
Postfach 101003
497 Bad Oeynhausen

Auro Naturfarben
Braunschweig

Biofa-Naturfarben
7325 Boll

Celestion
Schäferstr. 22-24
678 Pirmasens

Dynaudio
Sen-Lab
Wilhelmallee 5
2 Hamburg 55

Electro-Voice
Lärchenstr. 99
6230 Frankfurt/Main 80

ETM
Kapellenstr. 15
5352 Zülpich-Euzen

Eton
JRV-Elektronik
Postfach 1321
2860 Osterholz-Scharmbeck

Focal, M. Zoller
Karlsruher Straße 51
69 Heidelberg

Fostex
ACR
Theresienstr. 146
8 München 2

JEM
Hofstetterstr. 20
Postfach 40
8901 Welden bei Augsburg

JBL
Harman Deutschland
Hünderstr. 1
71 Heilbronn

Livos Pflanzenchemie
3123 Bodenteich

Lengefeld-Elektroakustik
Asmusstr. 24
6440 Bebra/Asmushausen

Magnet
Postfach 501606
Unterbuschweg
5 Köln 50 (Sürth)

MB
Fischer + Wieglepp
Schulstr. 85
68 Mannheim 24

Peerless
Postfach 260115
4 Düsseldorf

Polymer Technik
Heideweg 6
6424 Hochwaldhausen

Scan-Speak
In den Auen 88
5060 Bergisch-Gladbach 3

Seas
Audio Projekt
Augustenstr. 82 A
7 Stuttgart 1

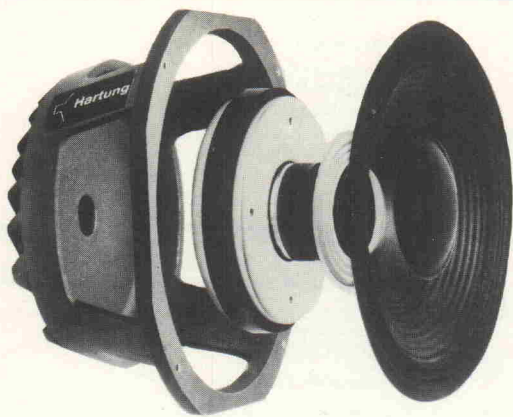
Sipe
Fa. Wirth GmbH
Borsigstr. 13
3004 Isernhagen

Stax
Audio-Electronic GmbH
Postfach 1401
4 Düsseldorf 1

Vifa
K. H. Fink
Tonhallerstr. 49
41 Duisburg 1

Visaton
Peter Schukat
Postfach 1652
5657 Haan/Rheinl. 1

Westra
Hofstetterstr. 20
Postfach 40
8901 Welden bei Augsburg



Power von Dauer

Hartung · 5202 Hennef 41 · Westerwaldstraße 124-126

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| MB-Röhre | Bausatz* DM 315,— |
| Röhre auf Anfrage | |
| Focal 300 DB | Bausatz* DM 280,— |
| Elektro Voice kit 2 | Bausatz* DM 640,— |
| Vifa „korrekt“ | Bausatz* DM 192,— |
| Visaton | Bausatz* DM 110,— |

Neu von MB: MCD25 Titankalotte der absoluten Spitzenklasse DM 158,—
 * Bausätze mit Weichenkit (Fertigweiche a.A.) + Dämpfungsmaterial + Anschlußbuchse ohne Holz.

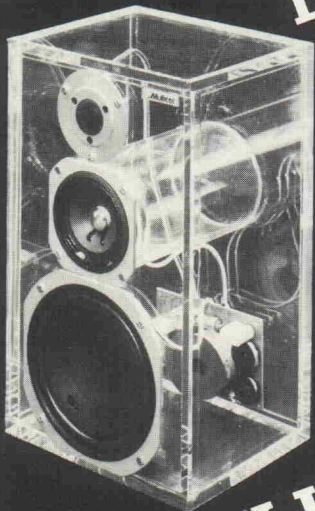
Weitere Bausätze, Lautsprecher u. Zubehör von M.B., Vifa, Focal, Audax, Seas, Visaton u.v.a. finden Sie in der Lautsprecherliste gegen DM 1,— in Briefmarken.

Ing.-Büro W. Wendland

Lautsprechervertrieb
 Auf der Heide 9 · 3004 Isernhagen 2 · Tel. 05 11/77 80 72

Katalog anfordern!
 (gegen DM 4,— in Briefm.)

Hifi Disco Musiker Lautsprecher
Geld sparen!



Leicht gemacht durch bewährte Boxen-Komplettbausätze. Große Auswahl der führenden Fabrikate: JBL · Magnat · Electro-Voice · Goodmans · Multicel · KEF · Dynaudio · RCF

LSV-HAMBURG
Lautsprecher Spezial Versand
 Postfach 760802/HB
 2000 Hamburg 76
 Tel. 040/29 17 49

AUDIOPHIL GmbH
 Lautsprechersysteme – Zubehör – Beratung

LEISTUNG

- Lautsprecher - Chassis und Systeme der führenden Hersteller
- Bau-Anleitungen sämtlicher anerkannter Spitzenboxen
- eigene Entwicklungen
- Zubehör (Flachdrahtspulen, Spezialkabel, elektr. Bauteile)
- maßgefertigte Gehäuse (z.B. aus Marmor)
- Service: Reparaturen, Einmessen von Lautsprechersystemen, Sonderanfertigungen, Problemlösungen

BERATUNG

Wir nehmen uns gerne die Zeit, Sie ausführlich und individuell zu beraten

ÜBERZEUGUNG

Lassen Sie sich durch einen Hörvergleich bei uns überzeugen.

BRANDS: TANNOY, JBL, FOCAL, HARBETH, DYNAUDIO, ELEKTRO-VOICE, AUDAX, KEF, IMF, CORAL, LOWTHER

8000 München 70 · Implerstraße 14 · Tel. 089-725 66 24

Achten sie auf weitere Bauvorschläge & Audio-Elektronisches in elrad
 Monat für Monat am Kiosk.

speaker selection

Die Lautsprecherspezialisten

Eigenentwicklungen

Viele Bausätze aus elrad lieferbar

Audax, KEF, Dynaudio, Coral, Isophon, Scan Speak, ETON, Focal, Seas usw.

speaker selection

HiFi-Vertriebs-GmbH, 3500 Kassel
 Friedenstraße 2, Tel. 05 61/2 29 15

eton

IRV Electronic Components
 Vertriebs GmbH
 Postfach 13 21
 Bremer Straße 43 B
 2860 Osterholz-Scharmbeck
 Telefon 0 47 91 - 20 78
 Telex 2 4 700 irv

engineering series
 made by
 Electro Acoustic
 Industries Ltd
 London



Die neuen Aluminiumdruckgukrbe sind fertig! Für die Durchmesser 4", 6,5" und 8" sind ab Ende 1984 komplett neuentwickelte Chassis im Programm wie z.B. Doppelschwingspulen, Aluminiumflachdraht, Metallkalotten etc.

Die Bausatzreihe eton (compact, aktiv-Gegenkopplung, 1, 2, 3 und 4) steht ab sofort dem verwöhnten Bastler zur Verfügung. Das Top Modell eton 4 (Bild unten) wird auch all diejenigen überzeugen, die bisher der Meinung sind, daß man „so etwas nie alleine bauen kann“. Die komplette Bausatzmappe kostet DM 10,— (inkl. Porto). Am besten sofort bestellen!



Inserentenverzeichnis

AB-Soundtechnik, Köln	4
ACOUSTIC DESIGN, Meckenheim	102
ACR, München	53
AUDIOPHIL, München	111
AES, Seligenstadt	87
albs-Alltronic, Mühlacker	4
Audax-Proraum, Bad Oeynhausen	102
Celestion, Pirmasens	25
Damde, Saarlouis	96
Fischer & Wiegelp, Mannheim	4
FOCAL-Vertr. Deutschl., Heidelberg	51
harmann, Heilbronn	25
Hados, Bruchsal	4
Hartung, Hennef	111
HiFi Manufaktur, Braunschweig	96
hifisound, Münster	61, 87, 109
Hi-Fi Studio „K“, Bad Oeynhausen	105
Hubert, Bochum	25
IEM, Welden	59
I.E.V., Duisburg	113
irv, Osterholz-Scharmbeck	111
I.T. Electronic, Kerpen	105
J & M elektroakustik, Stade	96
Joker HiFi, München	105
Kaiser, Cuxhaven	96
klein aber fein, Duisburg	32
Lautsprecherladen, Kaiserslautern	96
Lautsprecherteufel, Berlin	114
Lengefeld, Bebra	91
LSV, Hamburg	111
Magnat, Köln	95
Musik-Produktiv, Ibbenbüren	91
Oberhage, Starnberg	57
Open Air, Hamburg	96
Orbid Sound, Balingen	102
Peerless, Düsseldorf	96
Pöschmann, Köln	96
proaudio, Bremen	87
PROFISOUND, Ludwigshafen	57
PROTRONIC, Neuhausen	91
RH Electronic, Augsburg	61
SCAN-Speak, Bergisch-Gladbach	4
Speaker Selection, Kassel	111
VISATON, Haan	2
Wendland, Isernhagen	111

Impressum:

HiFi-Boxen selbstgemacht
(elrad-extra Heft II)
Verlag Heinz Heise GmbH
Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61
Postanschrift: Postfach 27 46
3000 Hannover 1
Ruf (05 11) 5 35 20
Kernarbeitszeit 8.30–15.00 Uhr

technische Anfragen nur freitags 9.00–15.00 Uhr

Postscheckamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968
(BLZ 250 502 99)

Herausgeber: Christian Heise

Redaktion: Johannes Knoff-Beyer, Michael Oberesch,
Peter Röhke

Redaktionsassistent: Thomas Nießen

Technische Assistenz: Hans-Jürgen Berndt

Anzeigen:
Anzeigenleiter: Wolfgang Penseler,
Disposition: Gerlinde Donner
Freya Mävers

Redaktion, Anzeigenverwaltung,

Verlag Heinz Heise GmbH
Postfach 27 46
3000 Hannover 1
Ruf (05 11) 5 35 20

Herstellung:
Heiner Niens

Grafische Gestaltung: Wolfgang Ulber,
Dirk Wollschläger

Druck:
Hahn-Druckerei, Im Moore 17, 3000 Hannover
Ruf (05 11) 70 83 70

Satz:
K & W Artservice GmbH, Tiergartenstraße 7
3000 Hannover 71

Einzelpreis DM 12,80

Vertrieb:
Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb
Postfach 57 07
D-6200 Wiesbaden
Ruf (06 1 21) 2 66-0

Verantwortlich:

Textteil: Peter Röhke
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 Emp-
fangseinrichtungen sind zu beachten.

Die gewerbliche Nutzung, insbesondere der Schaltpläne
und gedruckten Schaltungen, ist nur mit schriftlicher Ge-
nehmigung des Herausgebers zulässig. Die Zustimmung
kann an Bedingungen geknüpft sein.

Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des
Verlages über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Ver-
lages. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Re-
daktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht.

Sämtliche Veröffentlichungen in elrad-extra II erfolgen ohne
Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.
Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien
Verwendung benutzt.

Printed in Germany
© Copyright 1984 by Verlag Heinz Heise GmbH

ISSN 0177-0055

Bildnachweis
Bavaria/Paul Genske S. 22
/Photomedia S. 28
/Hörlein S. 42
/Photomedia S. 80
/G. Brinkmann S. 97

Photozentrum Zimmermann, Hannover
Titelbild, Seite 10, 16, 22, 28, 33, 42, 68, 71, 76, 84, 88

Wir danken der Firma EMT-Franz in Lahr und Herrn Dr.
Franz vom Institut für Grundlagen der Elektrotechnik
(Universität Hannover) für ihre freundliche Unterstützung
bei der Lösung von meßtechnischen Problemen.

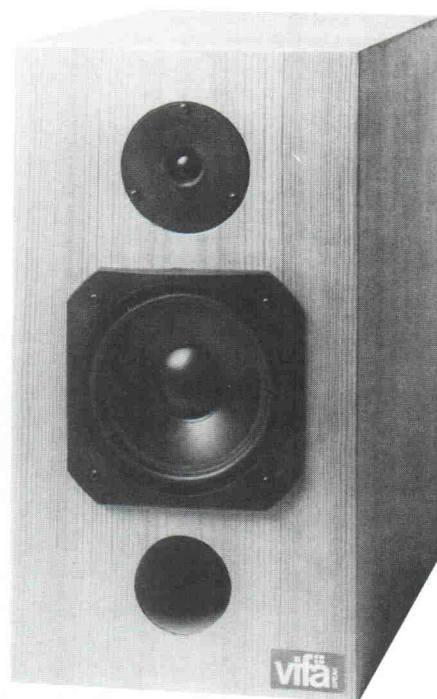
vifa®

I.E.V. DUISBURG

Tel. 298 99 · Telex 855 633 iev d
4100 Duisburg 1, Tonhallenstr. 49

Diese Bausätze ergeben dank der speziell für diese Chassis entwickelten Weichen ein durchsichtiges Klangbild bei großer Dynamik und hoher Klangneutralität.

Aufgrund langjähriger Forschung und Entwicklung nach Industriemaßstäben sind die darin verwendeten Lautsprecher seriengefertigten Modellen in vielen Fällen überlegen.



BAUSÄTZE

Typ	Prinzip	Belastbarkeit (DIN 45573) / Impulsbelastbarkeit Watt	Frequenz- gang Hz	Übergangs- frequenz Hz	Bestückung	Abmessungen mm
Zauberflöte	Baßreflex	80 / 250	45-25000	3000	17 WN 200 HT 195 DCO 1	400 x 240 x 220
Korrekt	2-Weg Baßreflex mit PE-Resonator	100 / 300	35-25000	3000	17 WP 150 HT 195 DCO 7	466 x 256 x 386
Rosenkavalier	2-Weg geschlossen	120 / 350	40-24000	3000	21 WN 120 HT 255 DCO 2	480 x 270 x 270
Vogelhändler	3-Weg Baßreflex mit TL-Resonator	150 / 400	35-25000	600/3000	21 WN 150 K 110 HT 195 DCO 3	790 x 260 x 367
TL 250 Mk II	2-Weg Transmissionslinie	150 / 400	30-24000	3000	21 WP 250 HT 255 DCO 6	928 x 298 x 360
Monitor	3-Weg Baßreflex	180 / 430	35-25000	600/3000	25 WN 250 K 110 HT 195 DCO 4	660 x 310 x 300
Vivace	3-Weg Baßreflex mit TL-Resonator	180 / 430	30-24000	400/3500	25 WN 250 DM 750 HT 255 DCO 5	738 x 318 x 404
Audion Mk III	3-Weg Transmissionslinie mit akustischem Filter	180 / 430	25-24000	400/3500	25 WN 150 DM 750 HT 255 DCO 5	1070 x 342 x 477
Götterdämmerung	4-Weg Baßreflex mit TL-Resonator	200 / 550	22-25000	150/1200/ 3500	2 x 25 WP 250 17 WP 150 K 110 HT 195 DCO 8	in Vorbereitung

Alle Bausätze in 8 Ohm-Technik

Lieber bess're Boxen selber bauen.



Phil Müller-Lenthardt

LautsprecherTeufel hat in der Tat ein völlig neues Selbstbau-Boxen-Programm entwickelt. Noch bessere Messwerte, noch besserer Höreindruck, noch bessere Systeme und eine noch perfektere Abstimmung. Eigentlich hielten wir das selbst kaum für möglich. Wir dachten aber, daß es befriedigender ist, bessere Boxen selbst zu bauen. Mittelmaß gibt es leider schon zur Genüge.

2000 Hamburg 60 Analog Audio · Tel. 040/511 38 27 · **3000 Hannover 1** HiFi-Meile · Telefon 0511/34 10 40 · **4000 Düsseldorf 1** Arlt-Radio Elektronik-GmbH · Tel. 0211/35 05 97 · **4100 Duisburg** HiFi-Studio Sauer GmbH · Tel. 0203/25 01 4 · **4182 Udem** Audio Art Electronic · Tel. 02825/63 54 · **4350 Recklinghausen** Top Audio · Tel. 02361/62 72 5 · **4400 Münster** LautsprecherTeufel · Tel. 0251/27 29 71 · **4730 Ahlen** HiFi-Studio Wolter · Tel. 02382/84 30 1 · **4800 Bielefeld 1** Die HiFi Spezialisten · Tel. 0521/61 00 4 · **5000 Köln** Arlt-Radio Elektronik-GmbH · Telefon 0221/13 22 54 · **5600 Wuppertal** HiFi Studio 9 · Telefon 0202/59 83 47 · **6000 Frankfurt/Main** Arlt-Elektronische Bauteile · Tel. 0611/23 40 91 · **6300 Gießen** Elektronik Shop · Tel. 0641/31 88 3 · **6500 Mainz** Arlt-Elektronische Bauteile · Tel. 06131/22 56 41 · **6500 Mainz** Die Box · Tel. 06131/23 10 25 · **7950 Biberach** Das Studio · Tel. 07351/75 53 0 · **8 München 2** LautsprecherTeufel · Telefon 089/52 70 60 · **8700 Würzburg** ZE-Elektronik-Markt-GmbH · Telefon 0931/52 68 9 · **8720 Schweinfurt** ZE-Elektronik-Markt-GmbH · Tel. 09721/66 40. **Demnächst bald überall in diesem unseren Lande.**

Wenn Sie wollen, schicken wir Ihnen gerne unseren ausführlichen Prospekt zu.
Frank & frei, aber nicht ganz ohne Absicht.

LautsprecherTeufel



Livländische Str. 2 · 1 Berlin 31 · (030) 854 54 55 · Tx 185675 ave