

Die ganze Welt der Elektronik

Mai 1987, DM 5.50
sfr. 5.50, öS 49.-, hfl 7.20

5/87

ELO

Das Magazin für Elektronik und Computer

Report

Die Seekabel-Story: Kommunikation auf dem Meeresgrund

Bauanleitung

Die neue ELO-3-Wege- HiFi-Baßreflexbox

Know-How

So finden Sie Ihre Satelliten- TV-Anlage

Beruf & Ausbildung

So werden Sie CNC- Programmierer

Computer-Praxis

Was ist ein VME-Bus?

ELO-Leser werben ELO-Leser
**Gewinnen Sie einen
Amiga 2000**

Bild 1:
Die passenden Boxen
zur ELO-Line, 90 Watt – Sinusleistung
und 90 dB/1W/1m –
für jede Musik die richtige
Wiedergabe.

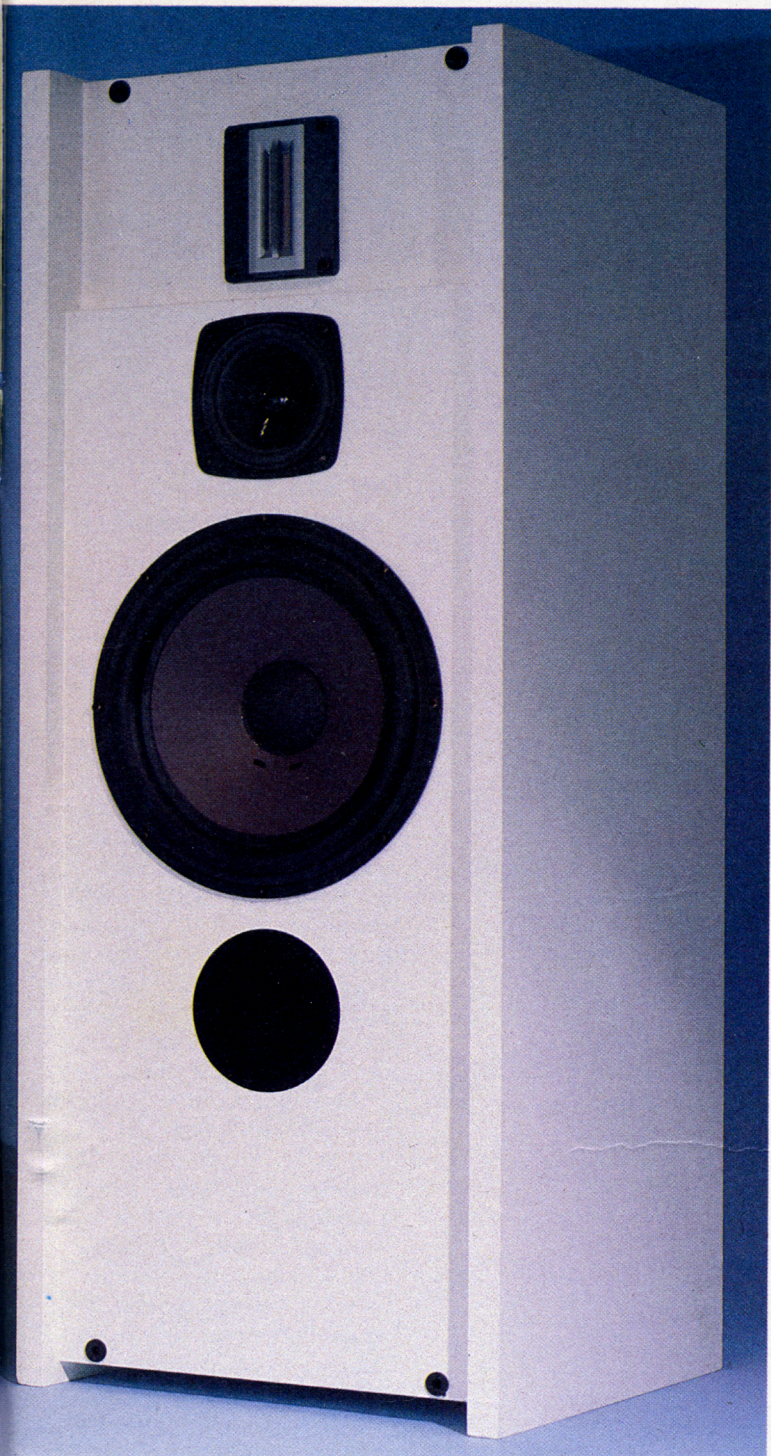


*** Bauanleitung: 3Wege-HiFi-Box

High-End-Hörgenuß

Nach HiFi-Vorverstärker (ELO 8 und 9/86) und MOSFET-Endstufe (ELO 11 und 12/86) machen nun die passenden Boxen die bisher erreichten elektrischen Daten akustisch reproduzierbar. Die untere Grenzfrequenz

reicht bis 35 Hz, in den obersten Frequenzlagen sorgt ein Bändchen für geradlinige Frequenzverteilung bis über 20 kHz, und im Mitteltonbereich garantiert ein Konuslautsprecher für ein transparentes Klangbild.



Fotos: Füllmann

Hochtonbereich hatten wir uns schon seit langem für das TH-400-Bändchen von Matsushita entschieden. Mit seinem 1-W-Schallpegel war es von seinem mäßigen Wirkungsgrad her „tonangebend“, der bei Bändchenhochtönern nicht so hoch ausfällt. Um hier ein wenig entgegen zu wirken, setzten wir den „theoretischen“ Scheinwiderstand des Mitteltoners bei 8Ω an. Beim Baßlautsprecher waren wir, als die Wahl auf ihn fiel, mit 6Ω sehr zufrieden. Viele unbefriedigende Versuche ließen uns fast schon das Vorhaben mit dem Mitteltoner aufgeben, der bei Einsatz eines guten Tieftöners – im Mitteltonfrequenzbereich schlecht einsetzbar – und eines Bändchenhochtöners – im Prinzip nur bis 4,5 kHz zu verwenden – geradlinig mindestens vier Oktaven übertragen muß. Doch vor ca. vier Monaten haben wir dann doch noch ein passendes Modell gefunden.

Ankoppeln will gelernt sein

Beginnen wir beim Bändchen. Seine Trennfrequenz haben wir auf (-3-dB-Punkt) 4,5 kHz gelegt, **Bild 2**. Der oberste Teil der Weiche zeigt den „Weichenpfad“ für das Bändchen, **Bild 3**. An den drei frequenzbestimmenden Bauteilen, erkennt man den klassischen 18-dB/Okt.-Hochpaß.

Für Nichteingeweihte: 18 dB pro Oktave (Weiche 3. Ordnung) besagt, daß bei einem

Frequenzverhältnis von 2:1 sich die frequenzabhängige Amplitude um 18 dB (8facher Spannungsbetrag, 64fache Leistung) ändert.

Den braucht das Bändchen auch. Sonst erhält es zu viele Mitteltonanteile. Die können es einerseits zerstören. Andererseits schnarrt es bei tieferen Frequenzen unschön, senkt man es Richtung Mitteltonfrequenzbereich nicht drastisch ab. Die Folge davon wäre, daß die Sopranistin eine nicht vorhandene Rauigkeit „nachgetäuscht“ bekäme. Der Wechselstromwiderstand R_C des 4,7- μ F-Kondensators nimmt gegenüber höheren Frequenzen ab, gegenüber niedrigeren zu (6 dB/Okt.). Das Frequenzverhalten der Spule (6 dB/Okt.) ist reziprok-proportional zum Kondensator, also mit steigender Frequenz wird ihr Widerstand größer. Damit steigt ihr Wechselstromwiderstand gegen Masse. Der nachfolgende 15- μ F-Kondensator (6 dB/Okt.) dient als letztes Selektivmittel des 18-dB/Okt.-Butterworth-Hochpasses.

Mit den Mitten geht es weiter. Wenn ein Mitteltoner von 500 Hz...4,5 kHz „reichen“ soll, das sind immerhin über vier Oktaven, muß er zwei Bedingungen erfüllen. Einmal darf sein Membrandurchmesser von den Abmessungen bei den hohen Frequenzen nicht zu groß sein. Sonst wirkt er wie ein Parabolspiegel. Denn 3 kHz sind ja nur 11,3 cm lang. Und ein 11,3-cm-Mitteltoner wäre schon ein we-

Ein abgründiger Baß, der einem Orchestergraben und Silbermannorgel in die heimische Wohnstube zaubert, ist wohl sicher genau so ein Ziel, wie ein luftiges Schlagzeug, ein stimmlich-menschlicher Chor, kleine mechanische Abmessungen in Verbindung mit gutem Wirkungsgrad und ein niedriger Preis, wenn es darum geht, eine Lautsprecherbox neu zu entwickeln.

Für schlankere Gehäuse sind zwei Verfahren bekannt, eine gute Tieftonwiedergabe zu erzeugen: das Baßreflex- und das Transmissionlineprinzip. Wir entschieden uns für das erstere mit Baßreflexrohr und nicht der auch bekannten zweiten Möglichkeit: der Passivmembran. Ist die Box erst einmal entwickelt, macht der Baßreflexbox-Nachbau wenig Probleme. Für den

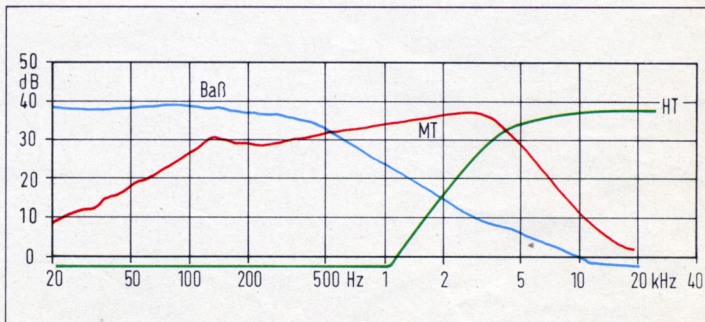


Bild 2: Mit jeweils ohmschen Widerständen (reelle Last) abgeschlossen – die Weichenzüge von Baß-, Mittelton- und Hochtonlautsprecher.

nig sehr „sitzplatzbezogen“. Zum anderen muß er auch noch im Frequenzbereich unter 1000 Hz wohltuend Schall abstrahlen und das mit noch vertretbar gutem Wirkungsgrad. Wie auch Sie sicher wissen werden, ist Schalldruck das Produkt von Hub mal Membranfläche. Mit der Dicke der Membranbeschichtung wird das Impulsverhalten des Mitteltöners optimiert und eine Resonanzspitze bei ca. 5 kHz gedämpft.

Mitteltöner benötigen in Dreivegeboxen immer einen Bandpaß. Der Bandpaß besteht im Lautsprecherbau meist aus einem diskreten Hoch- und Tiefpaß. In unserem Fall beträgt die Flankensteilheit von oben 18 dB/Oktave, von unten 6 dB/Oktave. Das erste Glied stellt den Hochpaß (33 µF) dar, denn ab der unteren Grenzfrequenz werden die höheren Frequenzen durchgelassen. Dann folgt mit 0,45 mH, 6,8 µF und 0,16 mH, die Spu-

le ist vom Bändchenhochpaß hoffentlich noch im Gedächtnis, der Tiefpaß unterhalb der oberen Grenzfrequenz. Doch damit nicht genug. Der ohmsche Spannungsteiler, bestehend aus 2,7 Ω und 8,2 Ω, hat zwei Aufgaben. Einmal dient der 2,7-Ω-Widerstand zur Mit- tengesamtabsenkung (allerdings nur um ca. 1 dB), zum anderen ist die Reihenschaltung aus 8,2-Ω-Widerstand und 6,8-µF-Kondensator eine Impedanzentzerrung der

Induktivität des Mitteltöners. Denn Spulen ändern ihren Wechselstromwiderstand in Abhängigkeit zur Frequenz. Und das wirkt sich auf das Frequenzgangverhalten der Weiche wiederum aus. Durch diese Maßnahme also bleibt der Mitteltöner über den ihm von der Weiche „zugeteilten“ Frequenzabschnitt gleich groß. Das ist besonders für den 18-dB/Okt.-Hochtonzweig von Bedeutung.

Der Baß erhält „seine“ 9 dB/Oktave

Bleibe noch der Baßlautsprecher. Mit steigender Frequenz wird der Reihenwiderstand der 4-mH-Spule (R_L max. 0,6 Ω!) immer größer (-6 dB/Oktave). Zugleich verringert sich der Wechselstrom-Kurzschlußwiderstand des 68-µF-Kondensators (-6 dB/Oktave). Theoretisch ja, praktisch nein. Elektrisch gerechnet bringt es in der Praxis nur die akustisch gemessene Weiche. Denn parallel zum Kondensator liegt die Lautsprecherinduktivität und in Reihe dazu der 2,7-Ω-Widerstand. Außerdem bewirkt der 2,7-Ω-Widerstand im Bereich der Trennfrequenz eine Phasenänderung im Verhältnis zur „veranschlagten“ 12-dB/Okt.-Weiche. Letztendlich haben wir es mit einer Flankensteilheit von ca. 9 dB/Oktave zu tun. Wohlgermerkt gelten diese Bauteilewerte in Bezug auf die Trennfrequenz nur bei der jeweils gültigen Impedanz der im jeweiligen Weichenzweig speziell verwendeten Lautsprecher.

Impedanzen richtig deuten

Die eine „Spitze des Eisbergs“ (Bild 4) liegt unter 20 Hz, die andere bei 47 Hz. Beide erreichen eine Impedanz von jeweils 25 Ohm. Sie entstehen durch das Verhältnis aus Boxenvolumen, Lautsprecher-Resonanzfre-

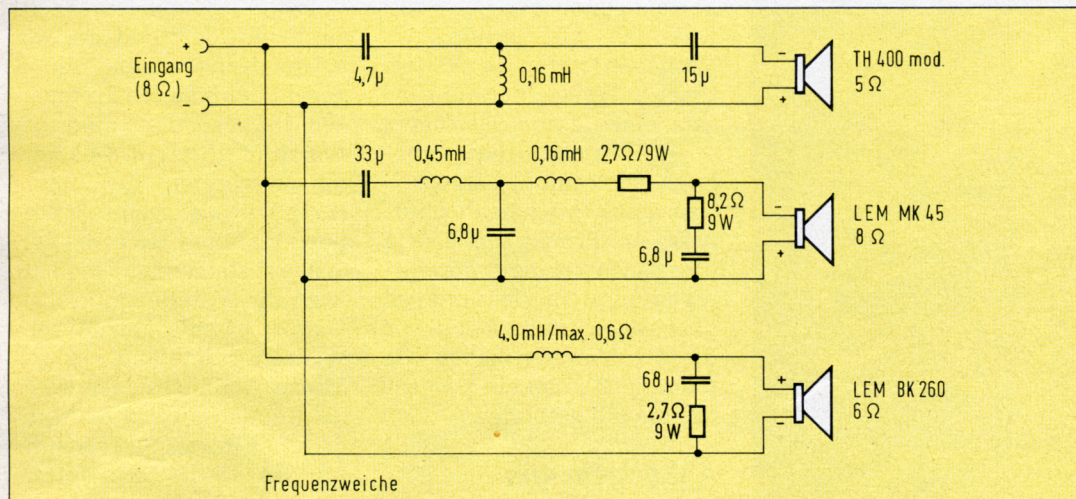


Bild 3: Die Dreivege-Butterworth-Weiche, oben 18 dB/Oktave für das Bändchen, mitte: 12-dB/Okt.-Bandpaß mit Impedanzkorrektur und 1-dB/Okt.-Ausgleichsglied und unten der Baßteil.

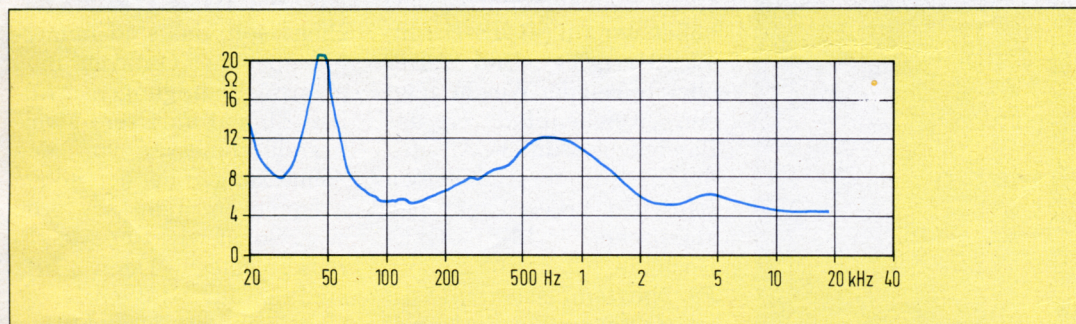


Bild 4: Impedanzen muß man zu deuten wissen. Wichtig ist, daß der Verstärker über die nötigen Strom- und Spannungsreserven verfügt.

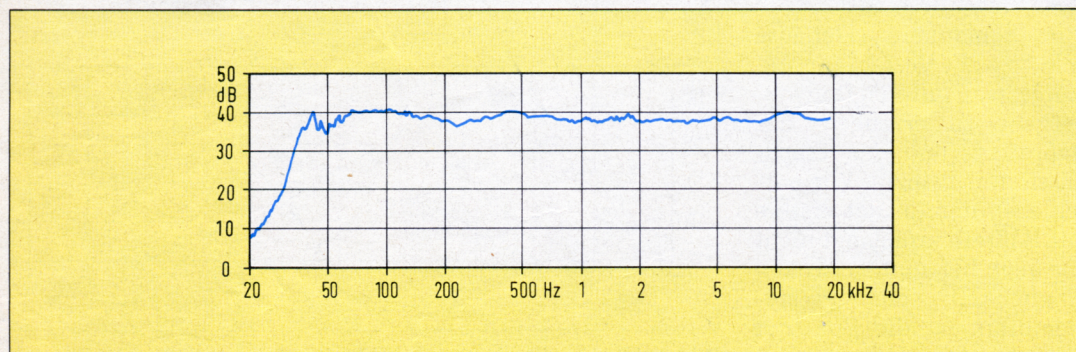


Bild 5: Frequenzgänge sagen zwar etwas über das Amplitudenverhalten in Abhängigkeit zur Frequenz aus, jedoch nichts über das reproduzierbare Klangbild.

Bild 6:
Die geschriebenen Klirrfaktoren, bezogen auf die blaue Frequenzgangkurve – grün k2, rot k3 – haben schon wesentlich mehr Aussagekraft, hier bei 1 W Betriebsleistung.

quenz, Tunnelöffnung und -länge, sowie dem Phasenbezug. Das Impedanzminimum dazwischen gibt die Eigenresonanz des Lautsprechers an. Die sich aus Baßlautsprecher und Baßreflexrohr tatsächlich ergebende Resonanzfrequenz beträgt 29 Hz. Durch die Niederohmigkeit bei der Resonanzfrequenz ergibt sich ein Leistungsanstieg und deshalb höherer Schalldruck. Wichtig ist nun, daß der Verstärker über eine genügend hohe Versorgungsspannung verfügt, um sowohl Strom- (Niederohmigkeit) als auch Spannungslieferant (Hochohmigkeit) in ausreichender Form zu sein. Denn schließlich ist das Produkt aus Spannung mal Strom wieder die resultierende Leistung.

Die aalglaten Frequenzgänge

Was sagt schon eine Frequenzgangkurve über die klanglichen (hörbaren) Eigenschaften eines Lautsprechers aus? Ob er knattert, pfeift, quietscht, zirpt, zischt oder doch ganz wohl-tuend tönt, sagt sie nichts aus. Sie gibt nur die Amplitudenverteilung in Bezug auf eine gleitende und in ihrer Amplitude lineare Tonfrequenz wieder. Wird der Frequenzgang einem Peitschenhieb oder Pistolenschuß gleich durch den Frequenzbereich gewobbelt, wirkt die Kurve aalglat und bewirkt bei HiFi-Laien einen euphorischen Blick der

Bild 8:
Die Spule des Tieftonzweiges ist nichts für Handwickler. Hier sehen Sie noch eine der ersten Prototypen. Die allererste Frequenzweiche haben wir noch auf Holz gebaut.

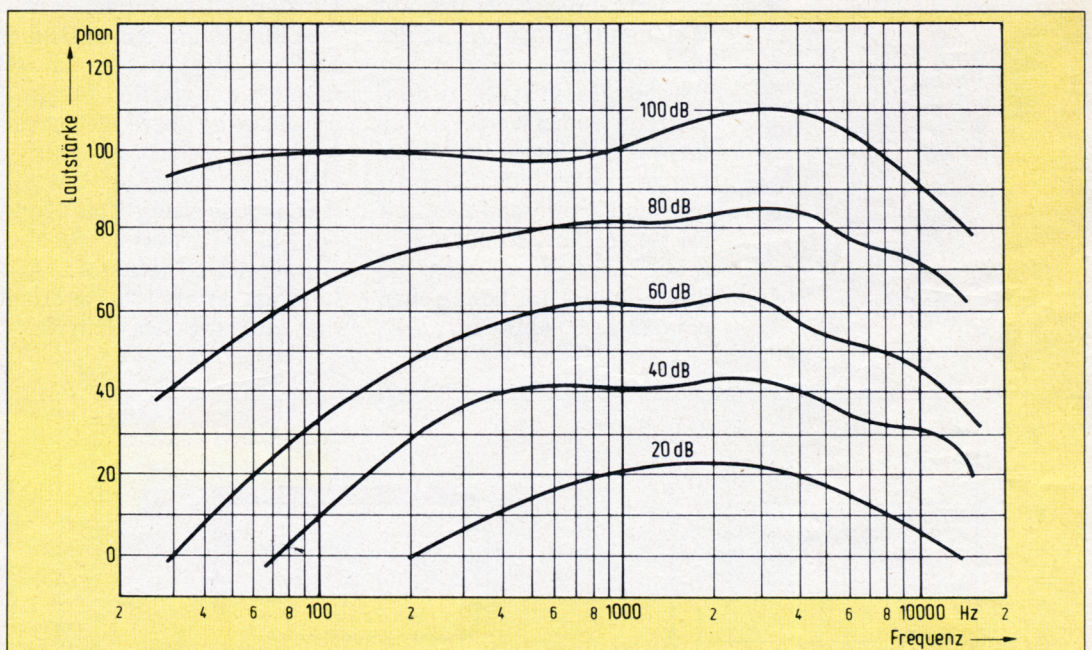
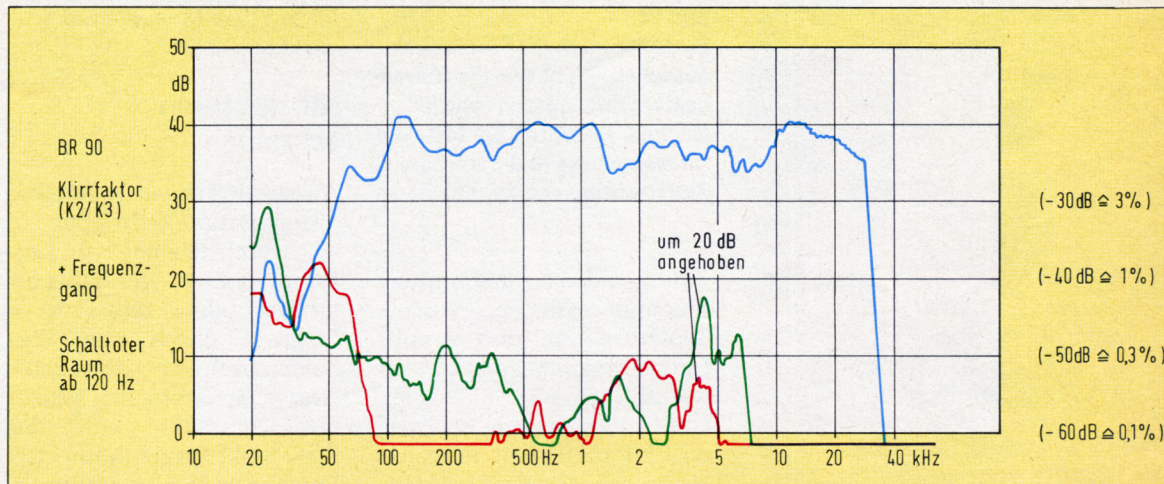
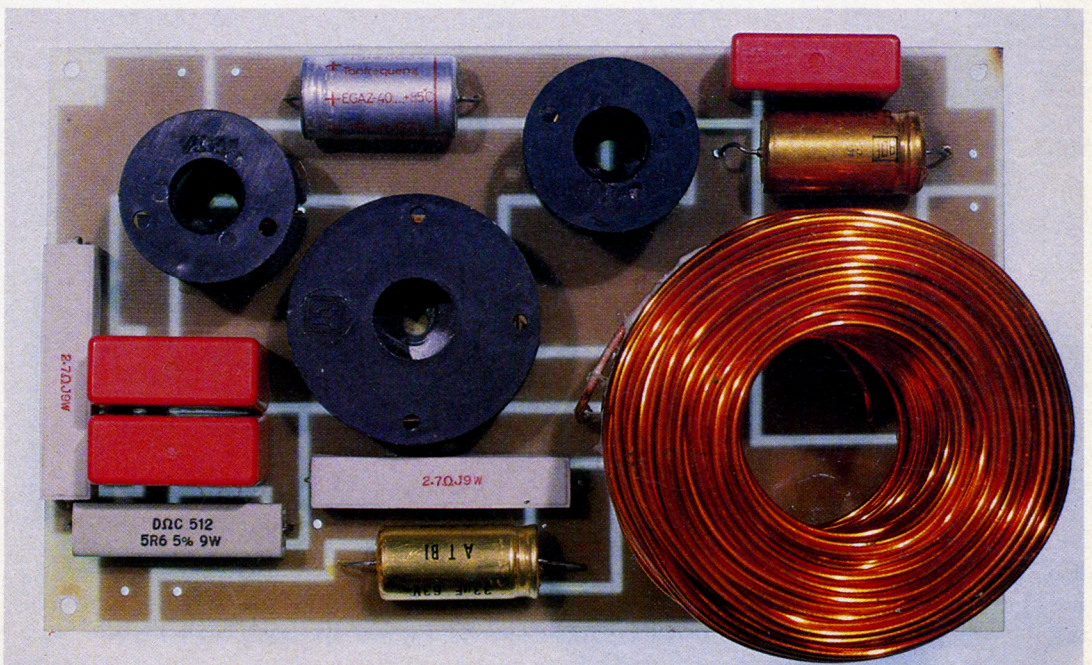


Bild 7: Die maximale Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs liegt dort, wo auch Singen und Sprechen stattfindet – leider manchmal im Weichen-Frequenzbereich zwischen Mitten- und Hochtöner.



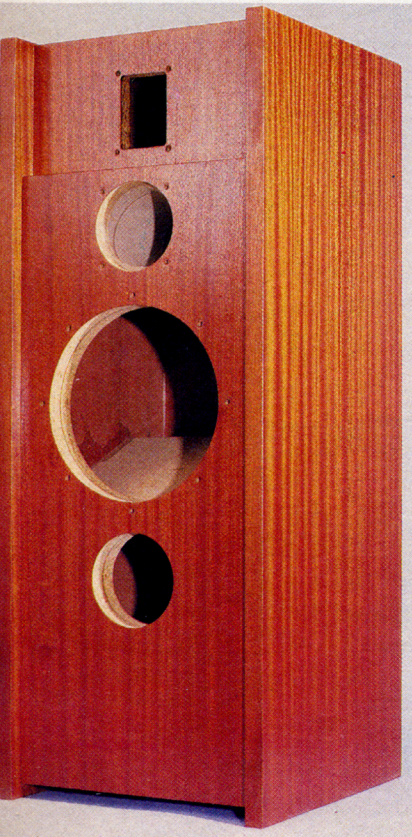


Bild 9:
So sollte auch Ihr Prunkstück aussehen, nicht wie ein Starenkasten, mit Kratzern und Flecken. Beachten Sie bitte die Aufdoppelung und die tragende Konstruktion der Seitenwände.

durch diese Abbildung feuchtgewordenen Augen. Trotzdem ist der Amplituden-Frequenzgang sehr wichtig. (Bild 5).

Über eines mag er doch etwas zu berichten: über das Vermögen der Konstrukteure, Lautsprecherchassis mit Weichen richtig aufeinander abzustimmen.

Bei 50 Hz geht es runter, dann bei 40 Hz wieder rauf – da war der Raum und seine Länge mit Phasenlaufzeiten- und Auslöschungen mit im Spiel. Nur, welcher Hörende ahnt denn, was bei ihm zuhause im heimischen Konzertsaal alles für „Ef-

fekte“ den Musikgenuß trüben könnten.

Klirrfaktoren schreiben

Aussagekräftiger gegenüber „Frequenzgangschrieben“ sind geschriebener Klirrfaktor unter Last. Wer dabei allerdings allzu mutig ist – langsam durch den Frequenzabschnitt durchlaufender Generator bei großer Nennleistung – „kilt“ das Meßobjekt und, wenn der Verstärker keiner ist, unter Umständen auch den.

Das Meßdiagramm in Bild 6 ist erst ab 120 Hz, da ist nämlich der speziell für diese Messung herangezogene Meßraum schalltot, gültig. Gemessen wurde bei 1 W an Ausgangsleistung (rote Kurve: k3-Klirrfaktor, grüne Kurve: k2-Klirrfaktor). Allerdings ist ab 120 Hz auch die Messung des Klirrfak-

tors relevant. Wissen muß man bei dieser Kurve, in welchem Frequenzabschnitt das menschliche Ohr besonders empfindlich ist. Da treten dann auch Verzerrungen in besonderem Maße sehr störend in Erscheinung. Grundsätzlich läßt sich hierzu folgendes sagen: Da wo wir selbst Töne erzeugen können, hören wir am besten, also zwischen 1 kHz bis 4 kHz. Am besten, wir legen Ihnen noch die entsprechende Kurve bei. Damit Sie einen kleinen Überblick haben (Bild 7), wie es eigentlich mit dem Hören „ausieht“.

Mechanik und Elektrik

Diesmal haben wir die Spezialteile (Lautsprecher-, Weichen- und Gehäusebauteile) Ihnen aus einer Quelle zugänglich gemacht, nämlich dort, wo wir die ELO-HiFi-Box entwickelt haben.

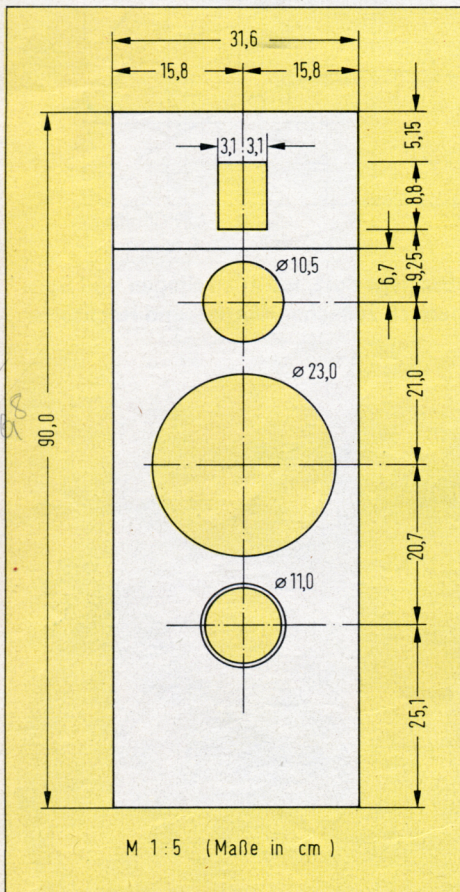


Bild 10:
Der Maßstab ist 1:5, eine Stichsäge sollte nicht fehlen, wenn Sie beginnen die „Luftlöcher“ zu fabrizieren.

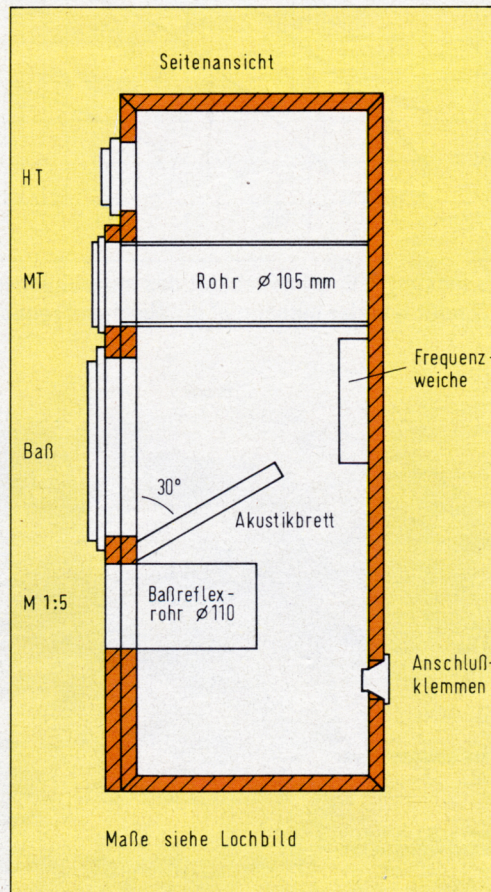


Bild 11:
Von vorne läßt sich schlecht so ein Gehäuse zusammenbauen. Hier die dazugehörige Seitenansicht.

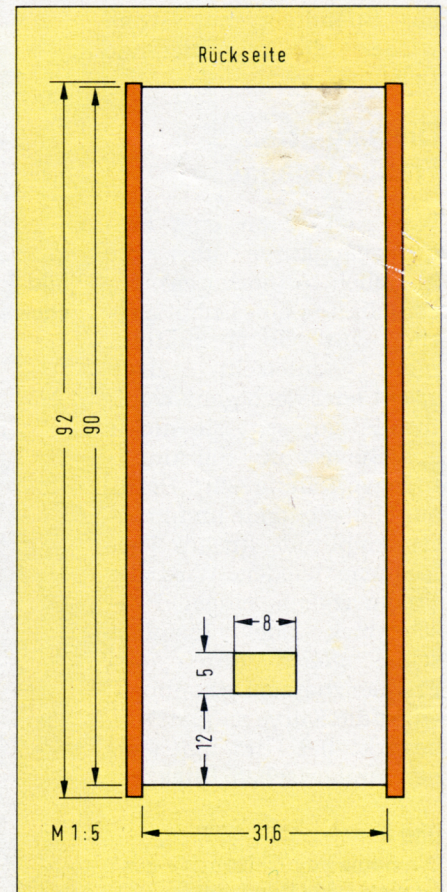


Bild 12:
Auch ein schöner Rücken... Hier die Maße für die Aussparung der Lautsprecherklemmen.

Bevor es jedoch ans Werk geht, empfehlen wir Ihnen sich den fertigen Aufbau **Bild 9** erst einmal genau zu betrachten. Die beiden Seitenwände sind die tragenden Elemente des Gehäuses. Vor- und Rückseite „liegen“ innen drin. Und die Fläche für Baßreflexrohr, Tief- und Mitteltöner ist aufgedoppelt. Damit wird erreicht, daß für den Bändchenlautsprecher die dementsprechende Phasenkompensation realisiert werden kann. Und noch etwas bedarf der Erwähnung: Der Mitteltöner besitzt ein eigenes „Gehäuse“, ein Rohr. Das ist für ihn dringender erforderlich. Es „befreit“ ihn nicht nur von der Modulation des Baßlautsprechers, sondern sichert ihm auch seinen eigenen „Klangraum“ mit eigener Luftkapazität und -induktivität. Das Rohr ist bündig mit der Rückwand verleimt.

Die **Bilder 10, 11 und 12** sagen mehr als tausend Worte. Die Stückliste ist sehr ausführlich gehalten, so daß es Ihnen nicht schwerfallen dürfte die Box zusammenzubauen. Für die unter Ihnen, die mit der Anfertigung schönen Mobilars auf Kriegsfuß stehen, empfehlen wir dringend, sich den kompletten Bausatz inclusive der fertigen Gehäuse gleich zu besorgen. Die Möbelschreiner unter Ihnen, sollten sich dann nur an Weiche und Lautsprecher halten. Letztere sind nämlich modifizierte Stücke und somit nicht im freien Fachhandel erhältlich. Wer allerdings Weichen selber bauen will, kann das auch. Für diesen Fall empfehlen wir Ihnen den Aufbau auf einem Holzbrettchen in der bekannten „Freiluftverdrahtung“.

Wolfram Hacklinger
René Füllmann

Stückliste

Elektrik, eine Box

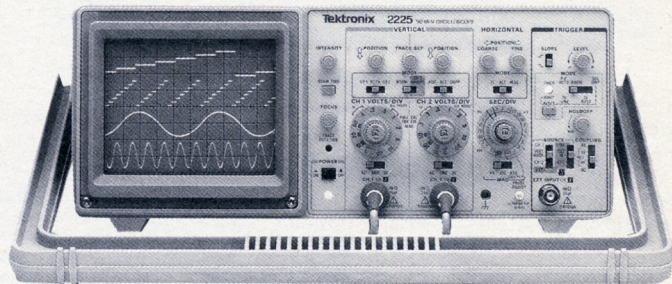
- 1 Baßlautsprecher, LEM BK 260/6 Ω, DM 130
- 1 Mitteltöner, LEM MK 45/8 Ω, DM 79
- 1 Bändchenhohtöner Technics TH 400, modifiziert, DM 110
Best. Nr.: LA90, DM 315 pro Satz
- 2 0,16 mH, 0,3 Ω, Luftspulen
- 1 0,45 mH, 0,4 Ω, Luftspule
- 1 4,0 mH, max. 0,5 Ω, Luftspule
- 1 4,7 µF, 100 V, MKS
- 2 6,8 µF, 100 V, MKS
- 1 15 µF, 63 V, Tonfrequenzelko
- 1 68 µF, 63 V, Tonfrequenzelko
- 2 2,7 Ω, 9 W, Keramikwiderstand
- 1 8,2 Ω, 9 W, Keramikwiderstand
- (kompletter Weichenkit, bestehend aus Platine und Bauteilen, Best.-Nr.: WA90 DM 125 pro Stück)
- (kompletter Lautsprecher- und Weichenkit, inklusive Lautsprechern, Weichenplatine mit Bauteilen, Anschlußklemmen, 3 m Kabel 2 × 4 mm², 20 schwarzen Spaxschrauben, Baßreflex- und Mitteltonrohr, zugeschnittene

Schaumstoffmatten u. Dämmwolle, Best.-Nr.: LW90, DM 395 pro Stück

Holz und Mechanik

- 2 Seitenteile 920 × 380 × 23 mm, Spanholz furniert, Emulsionsklasse E 1, alle vier Kanten mit Umleimer
- 2 Korpusteile 900 × 316 × 23 mm, Spanholz furniert, Emulsionsklasse E 1, jeweils auf Gärung 45 Grad
- 2 Korpusteile 336 × 316 × 23 mm, Spanholz furniert, Emulsionsklasse E 1, jeweils auf Gärung 45 Grad
- 1 Aufdoppelung 735 × 316 × 23 mm, Spanholz furniert, Emulsionsklasse E 1, oben und unten furniert
- 1 Akustikbrett 220 × 316 × 22 mm, Spanholz roh, Emulsionsklasse E 1, eine Seite auf Gärung 60 Grad (kompletter Holzbausatz in Echtholzfunier, Esche oder Mahagoni, komplett auf Gärung maßgeschneit, Best.-Nr.: HW 90, DM 396 pro Paar)
- Kompletter Bausatz inkl. allen Teilen (1 Paar), Best.-Nr.: BR 90, DM 1186, LEM GmbH. 8000 München 2

DM 2.257,-



Warum nicht gleich Tektronix!

Professionelles Arbeiten ist keine Frage des Preises mehr.

Mit dem Tektronix Euro-Scope erwerben Sie ein 50-MHz-Zweikanal-Universal-Oszilloskop mit erstaunlichen Leistungsmerkmalen:

- alternierende Horizontalvergrößerung
- Empfindlichkeit: 500 µV/Teil
- Spitze-Spitze Auto-Triggenung und Trigger-Hold-Off
- HF-/NF-Triggenfilter
- TV-Triggenung (TV-Zeile, TV-Bild)
- Leicht, handlich, robust und einfach zu bedienen
- Auch als Digitalspeicher und mit RGB-Videoausgang lieferbar (Aufpreis)

Warum also nicht gleich Tektronix!

Tektronix GmbH
Sedanstr. 13-17
5000 Köln 1

Informationen zum Ortstarif
Tel.: 01 30-4115

Geschäftsstellen in:
Berlin, Tel. (0 30) 3177 01-05
Hamburg, Tel. (0 40) 54 83-0
Köln, Tel. (0 2 21) 37 98-0
Karlsruhe, Tel. (0 7 21) 82 00-0
München, Tel. (0 89) 14 85-0
Nürnberg, Tel. (0 911) 3 48 91



Tektronix
COMMITTED TO EXCELLENCE

Kab. meinst. 18

508686



200 Watt Aktiv-Standbox im Schnellbausatz! Testsiegerklasse in Klang und Aussehen!

Der Klang Ihrer Hifi-Anlage gefällt Ihnen nicht mehr? Der Tiefbaß ist nicht wichtig genug? Die Höhen nicht exakt und klar? Wenig Räumlichkeit und kaum Breiten- und Tiefenstaffelung? Dann haben wir den richtigen Tip, wie Sie zu High-End Wiedergabe kommen können: Bauen Sie sich Klang-Superlative doch selbst!
Preiswerter - aber nicht billig! Aktiv - also mit eigenen genau abgestimmten Endstufen! Schön - denn es gibt ihn in 5 edlen Echtholz-Ausführungen (was halten Sie zum Beispiel von Kirschbaum?)! Und der Bau dieser Box geht durch die fertig aufgebaute und geprüfte Elektronik problemlos und schnell! - Sie werden Ihre Musik neu erleben!

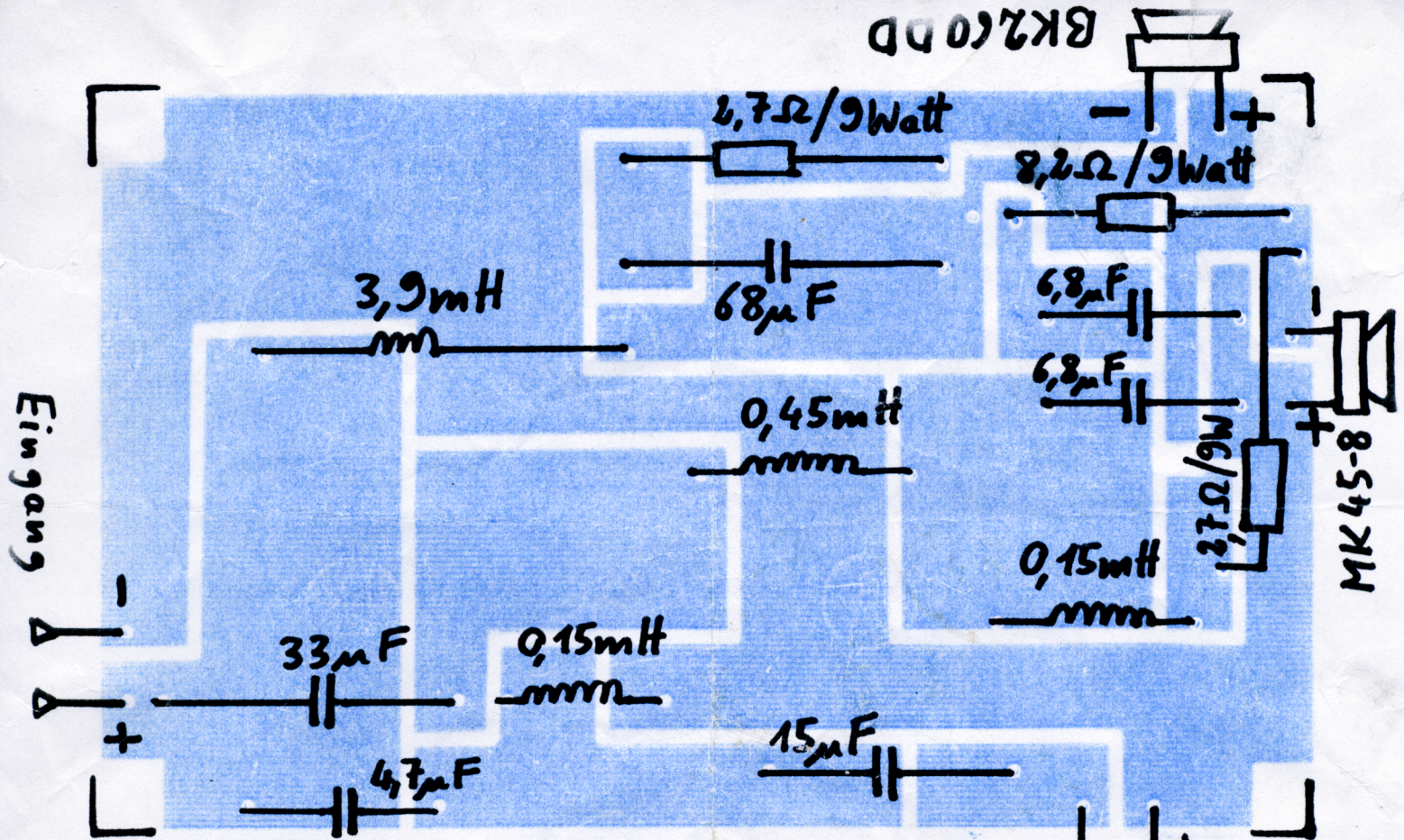
Das interessiert mich. Bitte Unterlagen.

Name _____
Straße _____
PLZ/Ort _____

AKOMP Akomp Elektronik GmbH
Hasselhecker Straße 23
6352 Ober-Mörlen · Telefon 0 60 02/14 04

16089/8507231
Donatsb. 2

1060891181 060891



LEM Elektronik GmbH
 Kazmairstraße 18
 8000 München 2
 Tel. 089/508686

Frequenzweiche
 WA 90

TH400s



Elektronik GmbH

Dämmmaterial für ELO-Hifi-Lautsprecher BR 90

- Schaumstoffnoppen-Platten: 2x Seitenwände
 1x Rückwand
 1x Akustikbrett

Dämmwolle: Die Matten einer Packung in vier gleiche Stücke auftrennen.

Dämmwolle: Inhalt einer Packung in vier gleiche Matten zertrennen.
 Je eine Matte einrollen und in das Mittelton-Rohr schieben.
 Jeweils eine Matte direkt hinter dem Basslautsprecher im Kreisausschnitt befestigen.