HARWOOD MONITOR 23AM

Die Lautsprecherchassis von Harwood bieten Hightech-Lösungen mit hoher Pegelfestigkeit. Den exzellenten 13-cm-Tiefmitteltöner nahmen wir als Basis für einen schlanken Monitor nach D´Appolito-Konzept.

Vollkonus-Bässe und ein Air-Motion-Hochtöner

Dreizehn-Zentimeter-Tieftöner plus Hochtöner: Das ist das Standard-Konzept für wohnraumfreundliche Lautsprecher. Gleich zwei Tieftöner bieten nicht nur die doppelte Pegelfestigkeit, sondern obendrein einen Zugewinn an räumlicher Abbildungsqualität – wenn sie symmetrisch zum Hochtöner angeordnet werden. Eins plus eins ist hier also nicht zwei, sondern mindestens zweieinhalb.

Die verwendeten Chassis (s. S. 32 und 34) bieten dynamische Qualitäten, die sie in ihrer jeweiligen Klasse zum Primus machen: 13-Zentimeter-Tiefmitteltöner mit riesiger 50-Millimeter Schwingspule, das ist rekordverdächtig. Und der äußerst kompakte Air-Motion-Hochtöner AM25 bietet zur überragenden

Technische Daten

Harwood Monitor 23 AM

Entwickler:	Dipl.-Ing. Bernd Timmermanns (Ing.-Büro Timmermanns, Kleve)
Maße BxHxT:	186x1.100x280 mm
Tiefton-Nettovolumen:	30 l
Gehäuse-Funktionsprinzip:	Bassreflex-Gehäuse
Nennimpedanz nach DIN:	4 Ohm
Impedanzminimum ohne Impedanzkorrektur:	3,5 Ohm/300 Hz
Impedanzminimum mit Impedanzkorrektur:	3,2 Ohm/500 Hz
Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m):	90 dB
Übertragungsbereich (-3 dB):	45 Hz - 40 kHz
Trennfrequenz:	2,3 kHz
Materialkosten pro Lautsprecher:	ab ca. 620 Euro

WEGWEISER

Werkstattpraxis: Designfurniere 31
Datenblatt Hochtöner 32
Grundlagen: Saugkreis – nur Vorteile 33
Datenblatt Tieftöner 34
Messergebnisse 36
Gehäusebauplan 38
Schaltplan Frequenzweiche 39
Stückliste 39
Hersteller-/Vertriebsadressen 81

Pegelfestigkeit auch noch die Chance auf eine niedrige Trennfrequenz.

Air-Motion-Transformer

Dem Air-Motion-Transformer liegt die Dynamik quasi im Blut: Er besitzt eine viel größere Membran, als es in der Frontansicht scheint, denn sie ist in tiefe Falten gelegt und bewegt sich auch wie ein Faltenbalg. Das Prinzip geht auf den Deutsch-Amerikaner Oskar Heil zurück, der es mit seiner Firma ESS exklusiv nutzte, bis der Patentschutz nach 30 Jahren auslief. Seitdem fertigen verschiedene Hersteller Air-Motion-Hochtöner.

Nun ist Membranfläche bekanntlich durch nichts zu ersetzen – es sei denn durch noch mehr Membranfläche. Bei Hochtönern ist die Membrangröße aber strikt limitiert, um nicht das Rundstrahlverhalten zu sehr einzuschränken. Das Air-Motion-Prinzip vereint diese beiden gegensätzlichen Forderungen in idealer Weise.

Beim Tieftöner helfen keine Tricks, die Membranfläche zu vergrößern, wohl aber eine kleine Schummelei: Die Membran ist nämlich im Durchmesser einen Zentimeter größer als für „Dreizehner" typisch. Statt auf knapp 80 kommt er daher auf 95 Quadratzentimeter Membranfläche, 20 Prozent mehr als üblich. Dank der Hartmembran ist eine vom Zentrum bis zum Rand der Membran homogene Bewegung gesichert, so dass die Membranfläche optimal genutzt wird, um Luft in Bewegung zu versetzen. Und die riesige Schwingspule sichert neben der hohen thermischen Belastbarkeit auch eine besonders taumelarme Membranbewegung.

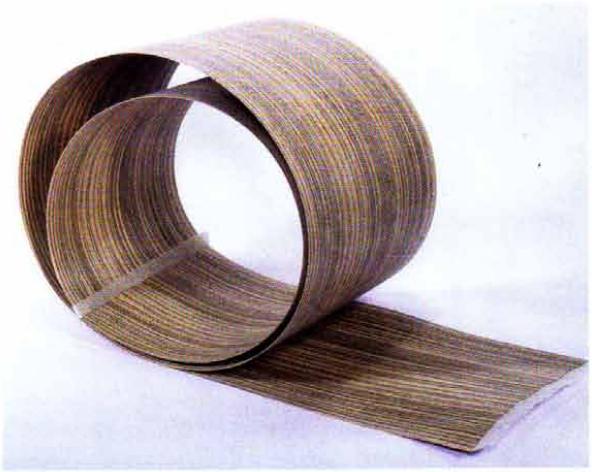
Gehäusedimensionierung

Mindestens zwölf, besser noch 14 bis 15 Liter Gehäusevolumen benötigt der Harwood-Basstreiber, um seine Tiefbassqualitäten ausspielen zu können. Da die Standbox reichlich Volumen bietet, spricht alles dafür, das Gehäusevolumen so groß wie eben sinnvoll zu wählen – bei zwei Tieftönern 30 Liter. Trotzdem bietet sie noch genügend Platz für ein Frequenzweichen-Separee im Sockel.

Die Bassreflexöffnung ist rückseitig angebracht, weil die unvermeidbar aus der Reflexöffnung abgestrahlten Mitteltonanteile dann nicht stören. Bei wandnaher Aufstellung (maximal 50 cm) ist die Tiefbass-Ausbeute auch mit der Bassreflexöffnung auf der Rückseite optimal.

Der Hochtöner erfordert etwas mehr Aufwand beim Gehäusebau als üblich: Er benötigt, da rückseitig offen, ein eigenes Gehäuseabteil.

RETTET DEN REGENWALD!



Das SaRaiFo-Zebranofurnier verfügt über eine Vlies-Kaschierung und ist nicht zuletzt deshalb ganz besonders einfach zu verarbeiten.

Unter der Marke SaRaiFo bietet der Furnierspezialist Mathias Pfeifhofer, Inhaber von designholz.com, ausgefallene Designerfurniere, die den tropischen Regenwald nicht belasten: Das Kürzel steht für „Save the Rain Forest", übersetzt „Rettet den Regenwald". Das Konzept dahinter: Aus einheimischem Pappelholz, das preiswert und in großen Mengen aus bewirtschafteten Forstbeständen zur Verfügung steht, werden Furniere mit exotischen und faszinierenden Furnierbildern hergestellt, wie man sie bisher nur von den überwiegend im tropischen Regenwald geschlagen Stämmen kannte.

Der Fertigungsprozess ist durchaus komplex: Pappelstämme werden zu Furnier gemessert, das zunächst nicht viel hermacht – Pappelfurnier ist hell, fast farblos und ohne jegliche ausdrucksstarke Maserung. Dieses Furnier wird unterschiedlich eingefärbt und dann wieder zu Blöcken verleimt – entweder eben oder mit einer bestimmten Profilierung, die in den Flächen der Presse vorgegeben sein oder zum Beispiel auch durch zwischen die Furnierlagen eingestreute kleine Furnierstücke erzeugt werden kann.

Die aus zahlreichen Furnierlagen gebildeten Blöcke werden dann senkrecht zur Verleimung oder in einem definierten Winkel erneut gemessert. So entstehen Furniere mit der optischen Anmutung zum Beispiel von Makassar, Palisander, Zebrano, Vogelaugenahorn oder verschiedenen Maserfurnieren. Möglich ist auch ein weiterer Schritt mit erneutem Verleimen und Messern wieder in einem anderen Winkel, wodurch besonders feine Strukturen entstehen.

Einige dieser Furniere wirken täuschend echt, etwa das von Christian Emrich (musikmoebel.de) für diesen Artikel verarbeitete Zebrano-Furnier. Andere wie etwa das auffällige „Fantasma Maser" geben sich sofort als Kunstform zu erkennen.

Verarbeitung

Allen diesen Furnieren gemeinsam ist ihre besonders gute Verarbeitbarkeit: Es gibt praktisch keine Spannungen im Material, das Furnier ist perfekt eben ohne Wellen, Astlöcher oder sonstige Fehler, nicht zu hart und hervorragend biegsam. Es lässt sich daher auch relativ einfach auf nicht ebene Flächen aufbringen. Christian Emrich bestätigte uns erfreut die sehr gute Verarbeitbarkeit.

Die Furnierbahnen stehen in festen Abmaßen mit exakt parallelen Kanten dauerhaft zur Verfügung, was den Verschnitt minimiert. Ein Vlies auf der Rückseite verstärkt die Bahnen, erhöht die Biegsamkeit und verringert die Bruchgefahr. Das Furnier wird einfach mit der Vliesseite nach unten wie gewohnt verleimt oder aufgebügelt.

Mit Preisen zwischen 13 und 25 Euro pro Quadratmeter ist SaRaiFo zwar nicht extrem günstig, aber immer noch viel preisgünstiger als exklusive Tropenholz- und Wurzelfurniere. Das auf unserer Monitor 23 AM verarbeitete Zebrano-Furnier steht mit den Maßen 250 mal 38 sowie 250 mal 25 Zentimeter zur Verfügung. Die breitere Bahn kostet im Onlineshop auf www.designholz.com 14 Euro, die schmalere 10 Euro, und bei Abnahme von drei Blättern gibt es bereits Mengenrabatt. Die Bahnen werden gerollt verschickt, weshalb die Versandkosten gering sind.

Fazit

SaRaiFo-Furniere bieten ein breites Spektrum von Gestaltungsmöglichkeiten, wirken teilweise täuschend echt und punkten darüber hinaus mit ihrer besonders guten Verarbeitbarkeit. Und der zugrunde liegende Umweltgedanke, die Regenwälder zu schützen, ist gar nicht hoch genug zu bewerten.

Das aus Pappelholz hergestellte SaRaiFo-Kunstfurnier sieht echtem Zebrano täuschend ähnlich. Die schwarze MDF-Front harmoniert vorzüglich mit der ausdrucksstarken Streifenmaserung.

Die Frequenzweiche ist im für sie reservierten Separee im Gehäusesockel gut zugänglich und auch unter klanglichen Gesichtspunkten ideal platziert.

Dieses muss aber nicht sonderlich groß ausfallen: Bei Aufdopplung der Gehäusewand im Bereich des Hochtöners, so dass insgesamt 38 Millimeter Materialstärke zur Verfügung stehen, kann der erforderliche Hohlraum aus dem Vollen herausgefräst werden. Gleichzeitig stabilisiert diese Aufdopplung, sofern über die ganze Gehäusebreite ausgeführt, die fragilen Stege zwischen den Chassisausschnitten.

Weichenschaltung

Die Frequenzweiche ist in den Grundzügen vorbildlich schlicht gehalten: 12-dB-Filter für Hoch- und Tieftöner knüpfen die Chassis knapp oberhalb von zwei Kilohertz aneinander. Den Hochtöner dämpft ein Serienwiderstand – kein Spannungsteiler. So wird der Hochtonzweig hochohmiger und verlangt der zuspielenden Endstufe weniger Strom ab.

Drei Extras erweitern das schlichte Frequenzweichenkonzept: Dem Bass springen zwei Saugkreise zur Seite, die seine Übertragungskurve perfektionieren. Ein Kondensator überbrückt den Vorwiderstand des Hochtöners mit wachsender Frequenz immer wirkungsvoller und fördert damit die höchsten Frequenzen. Da die Hochtonkurve ab 20 Kilohertz sehr sanft abfällt, lässt sie sich durch diesen Schaltungstrick wunderbar stützen und verläuft dann bis 40 Kilohertz vollkommen ausgewogen.

Die klanglich besonders relevanten Bauteile liegen im Signalweg zum Hoch- und Tieftöner. Für den Bass gibt es nichts besseres als eine Folienspule: Diese Bauform wartet mit optimaler Mikrofonieresistenz sowie geringstmöglichem Proximity-Effekt auf (quasi der Skineffekt für Spulen, der mit zunehmender Frequenz den ohm´schen Widerstand der Spule erhöht). Auch parallel zum Hochtöner erweist sich diese Spulenform immer wieder als klanglich ideal – so auch hier.

Im Hochtonzweig wählten wir sowohl für den Hochpass- als auch für den Brückenkondensator Mundorf´sche M-Caps Supreme. Die spezielle Wickeltechnik dieser Kondensatoren ermöglicht mit ihren beiden in Reihe liegenden Folienwickeln eine außergewöhnlich geringe Eigeninduktivität. Außerdem sind diese Kondensatoren mechanisch besonders stabilisiert und daher mikrofoniearm.

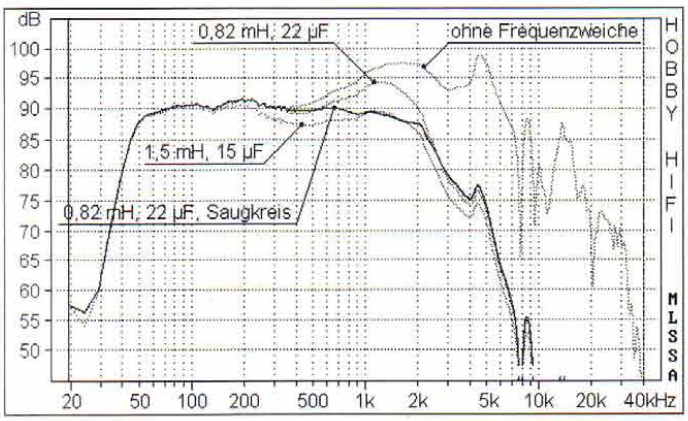
Wer noch etwas mehr investieren möchte, kann durchaus zu den Silber-Öl- oder Silber-Gold-Öl-Supremes greifen, die dank höchstleitfähiger Kondensatorbeläge aus Edelmetall sowie einer Mineralölträнkung noch einmal feiner auflösen. Harwoods Air-Motion-Hochtöner differenziert zwischen diesen auf höchstem Niveau stattfindenden Qualitätsunterschieden bemerkenswert klar.

Die Gehäuse fertigte Christian Emrich (www.musikmoebel.de) so sorgfältig, dass die Struktur des Zebranofurniers an den oberen Gehrungsverbindungen fast bruchlos durchläuft.

Grundlagen

SAUGKREIS – NUR VORTEILE

Einige Anwender stehen aufwändigeren Schaltungsstrukturen in einer Frequenzweiche wie etwa Saugkreisen skeptisch gegenüber. Der Harwood-Monitor 23AM macht wieder einmal deutlich, wie unbegründet das ist. Erst dank solcher Schaltungskniffe kann der Tieftöner die in ihm schlummernden Qualitäten überhaupt ausspielen.



Die Messung zeigt unterschiedliche Schaltungsvarianten für den Tieftöner: Schon mit einem 12-dB-Filter ohne ergänzende Schaltungselemente gelingt die angestrebte Trennfrequenz mit, sagen wir, passabler Ausgewogenheit. Der ab 500 Hertz recht steil einsetzende Frequenzganganstieg, der durch Überlagerung des Tieftöner-eigenen Anstiegs mit dem Baffle Step noch verstärkt wird, führt dazu, dass diese konventionelle Auslegung mit relativ großer Serienspule von 1,5 mH zwar ab 1 kHz ideal funktioniert, aber den unteren Mittenbereich zu leise abbildet – die Messung zeigt zwischen 200 und 1.000 Hertz etwa zwei dB zu wenig Schalldruckpegel. So etwas ist nicht zu überhören, Stimmen klingen dünn, ihnen fehlt Volumen.

Diese Senke vermeidet eine andere Auslegung des 12-dB-Tiefpasses: Die Spule wird kleiner, der Kondensator entsprechend größer gewählt – die Trennfrequenz bleibt dann unverändert. Aber unterhalb der Trennfrequenz fehlt es an nichts mehr. Das hat allerdings den Haken, dass der Bereich zwischen 800 und 2.000 Hertz jetzt deutlich zu laut wiedergegeben wird. Hier kommt der Saugkreis zum Einsatz. Er egalisiert die Übertreibung, und außerdem erlaubt der Widerstand des Saugkreises, die Verrundung der Kurve im Bereich der Trennfrequenz feinfühlig zu beeinflussen. Das ist häufig erforderlich, damit in der Summation mit dem Hochtöner eine optimal ausgewogene Summenkurve entsteht.

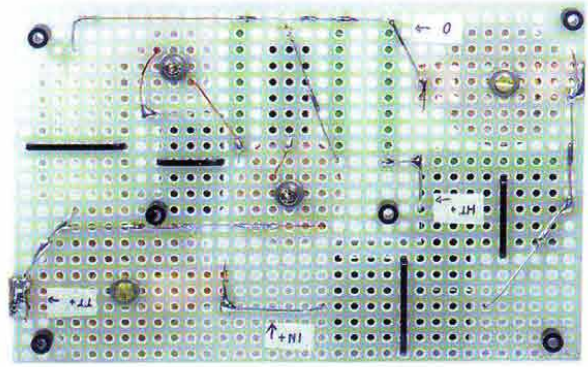
Fazit: **Nur mit Saugkreis ist es möglich, eine ausgewogene Wiedergabekurve zu realisieren. Und die ist grundlegende Voraussetzung für überzeugenden Klang. Alle Versuche, ohne Saugkreis zum Ziel zu kommen, sind in diesem Fall zum Scheitern verurteilt. Mit Saugkreis klingt es erheblich besser.**

Die Frequenzweiche ist an allen klanglich wichtigen Positionen mit hochwertigsten Bauteilen bestückt: Im Hochtonzweig durchläuft das Musiksignal zwei M-Cap Supreme aus dem Hause Mundorf, und sowohl die Tiefton-Serienspule als auch die Spule parallel zum Hochtöner bieten als Folienspulen geringstmögliche Mikrofonie und ohm´sche Verluste.

Messergebnisse

Das Resultat der sorgfältigen Gehäuse- und Frequenzweichenabstimmung kann sich schon im Akustiklabor sehen lassen: Der Frequenzgang verläuft zwischen 45 Hertz und 40 Kilohertz äußerst linear, mit einer Toleranzbreite von plus/minus einem einzigen Dezibel. Die 30-Grad-Kurve fällt im Superhochtonbereich deutlich ab. Dieses Abstrahlverhalten stellt sich besonders bei halliger Raumakustik immer wieder als günstig heraus. Eine Ausrichtung auf die Hörposition ist hier sinnvoll.

HiFisound in Münster bietet den Harwood-Monitor 23AM als Komplettbausatz an und stattet ihn mit diesen hochwertigen Polklemmen aus.



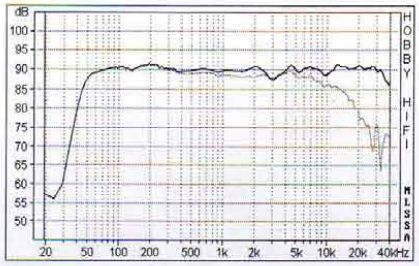
Eine Lochrasterplatine vom Typ LP/RA 240, die dem verfügbaren Platz entsprechend eingekürzt wurde, ermöglicht einen sowohl mechanisch als auch elektrisch soliden Aufbau der Frequenzweiche. Alle Bauteilanschlüsse werden durchgesteckt, umgebogen und miteinander verbunden. Die schwereren Bauteile erhalten eine Befestigung mit nichtmagnetischen Schrauben oder Kabelbindern.

Klangbeschreibung

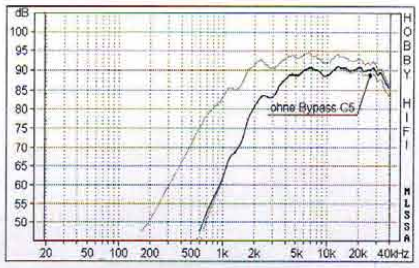
Im praktischen Einsatz bestätigte sich die bereits messtechnisch gewonnene Erkenntnis, dass die Lautsprecher am besten auf die Hörposition ausgerichtet werden. Dann stellt sich die bestmögliche Hochtonauflösung ein, und das Klangbild löst sich vorzüglich von den Lautsprechern. Eine Füllung der Frequenzweichenfächer mit je zehn Kilogramm Sand macht sich in Verbindung mit Spikes als beeindruckender Zugewinn an Bass-Klarheit, Durchzeichnung des ganzen Klangbilds und Attacke bemerkbar – unbedingt zu empfehlen.

Der Monitor 23AM flutet den Raum mit Musik, verteilt die Interpreten und Instrument in der Breite und Tiefe noch über die Raumgrenzen hinaus und macht auch an der durch die Position der Boxen definierten Grundlinie nicht halt. Diese Charakteristik ist typisch für M-T-M- (Midrange-Tweeter-Midrange-) Konzepte nach D´Appolito. Solostimmen profitieren davon mit einer geradezu holografischen Anmutung: Der Künstler

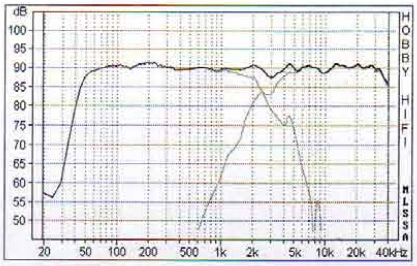
Messergebnisse



Schalldruck-Frequenzgang axial (___) und unter 30 Grad (...)
Optimal ausgewogen und sehr linear, nur geringer axialer Einbruch durch Interferenzen infolge Schallbeugung an der Gehäusekanten.

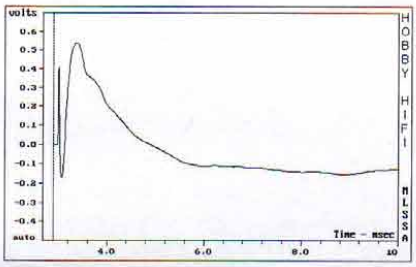


Schalldruck-Frequenzgang des Hochtöners ohne und mit Frequenzweiche axial
Dank Bypass-Kondensator über dem Serienwiderstand erweiterter Übertragungsbereich in den obersten Höhen.

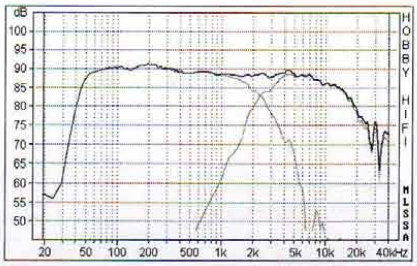


Schalldruck-Frequenzgang Hoch-, Tieftöner und Summe axial
Optimale Summenbildung im Übernahmebereich, nur geringe Kanteneinflüsse um 3 kHz.

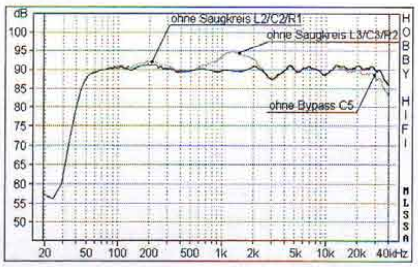
Schalldruck-Frequenzgang des Tieftöners ohne und mit Frequenzweiche axial
Dank zweier Saugkreise optimal ausgewogene und lineare Wiedergabekurve.



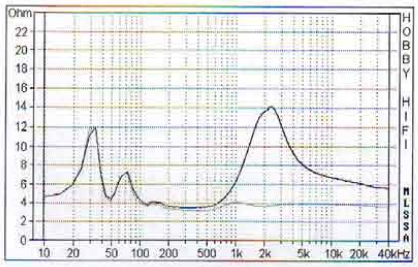
Sprungantwort 0°
Hoch- und Tieftöner reagieren auf die Anregung mit gleicher Polarität. Typisch für Zweiwegsysteme: Der Hochtonpuls eilt dem Tieftöner ca. 0,4 Millisekunden voraus.



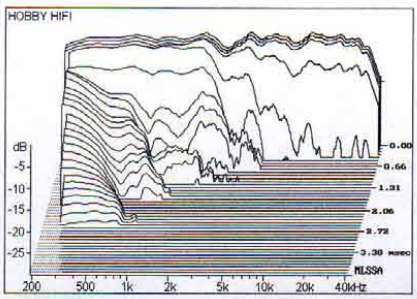
Schalldruck-Frequenzgang Hoch-, Tieftöner und Summe unter 30°
Optimale Summenbildung im Übernahmebereich, perfekt linear und ausgewogen, dank stärkerer Bündelung im obersten Hochtonbereich günstig auch für hallige Raumakustik.



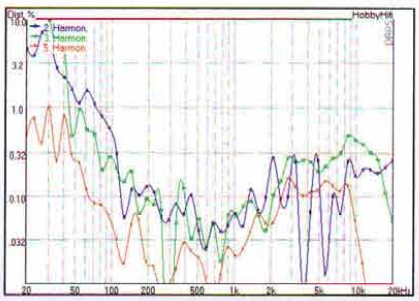
Schalldruck-Frequenzgang ohne (...)/mit (___) allen Saugkreisen u. Hochton-Bypass axial
Die Saugkreise und der Hochton-Bypass formen insgesamt eine vorzüglich lineare und außerordentlich breitbandige Übertragungsfunktion.



Impedanz-Frequenzgang ohne und mit Impedanzkorrektur
Der Saugkreis R4,C6,L5 und das RC-Glied R5, C7 glätten die Impedanzkurve im Mittelhochtonbereich, wichtige Voraussetzung für fehlerfreien Betrieb an einer Röhrenendstufe mit niedrigem Dämpfungsfaktor.

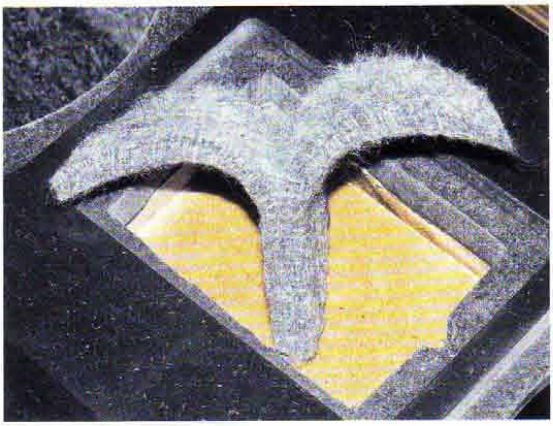


Wasserfallspektrum 0°
Perfekt schnelles und gleichmäßiges Ausschwingen ohne jegliche Resonanzstörung.



Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
Äußerst niedrige Klirrwerte, in den Mitten noch deutlich niedriger als im Hochtonbereich.

Zur Abdichtung des Hochtönergehäuses an der Kabeldurchführung benötigt man, damit der Hochtöner auch einmal wieder demontierbar ist, etwas dauerelastische Knetmasse. Wir verwenden in solchen Fällen „Terostat IX" von Teroson. Dieses wird bei eingebautem Hochtöner durch den unteren Tieftöneraussschnitt hindurch um das Hochtönerkabel herum gegen das Hochtönergehäuse gedrückt.



Der 10-mm-Filz wird auseinander gezogen, um die richtige Materialstärke zur Bedämpfung des Hochtongehäuses zu bekommen.

Die Polyesterwatte wird in Rechtecke für die Absorberkammer und Dreiecke für das Tieftongehäuse zugeschnitten.

Die zugeschnittene Polyesterwatte wird als Keil an Rückwand und Oberseite angrenzend ins Gehäuse eingelegt. Am die Wände bedeckenden Filz haftet sie ohne weitere Befestigungsmaßnahmen und behält daher dauerhaft ihre Position.

steht zum Greifen real zwischen und bei vielen Aufnahmen sogar vor den Boxen – man glaubt ihm die Hand schütteln zu können.

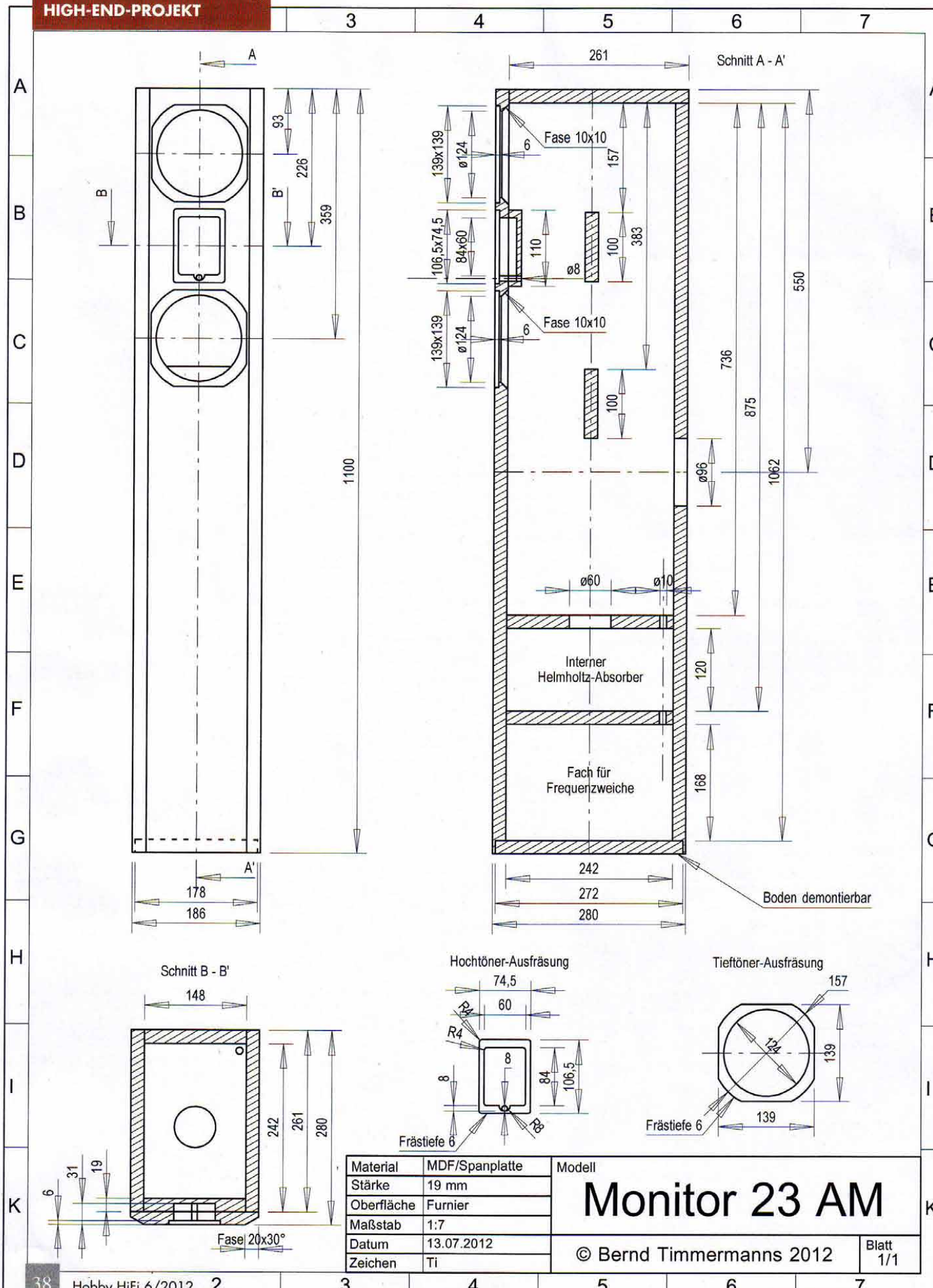
Im Tieftonbereich glänzt der Harwood-Monitor 23AM mit einem sensationellen Antritt. Ray Browns Kontrabass auf „We Get Requests" des Oscar Peterson Trios wirkt beeindruckend massiv und löst Erinnerungen an unsere V-Maxx mit ihrem 30-Zentimeter-Bass aus. Gut, der Vierwegerich aus HOBBY HiFi 6/2010 hat bei Dynamik-Eruptionen dann doch den längeren Atem, aber der Charakter ist ähnlich.

Stimmen klingen wunderbar natürlich und authentisch. Hermann Prey mit Piano-Begleitung ist ein tolles Erlebnis, der Bariton erfüllt den Raum, hat die Qualität einer Privatvorstellung. Wenn Eva Cassidy und Katie Melua „What a Wonderful World" im Duett zelebrieren, werden die grundverschiedenen Charaktere dieser beiden Ausnahmestimmen überaus deutlich, und beide jagen ihren Zuhörern einen wohligen Schauer nach dem anderen über den Rücken.

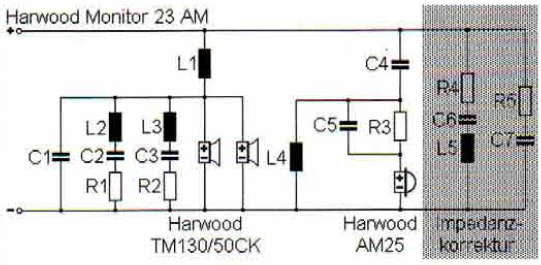
Und die schlanken Monitore können auch richtig Pulver geben: Pink Floyd ließen wir mit „The Wall" Mauern einreißen und Helikopter aufsteigen. Diese Aufnahme scheint vor Dynamik zu bersten, und die Lautsprecher bilden dieses Spektakel ab, als wäre das das einfachste von der Welt.

Fazit

So rank und schlank der Harwood-Monitor 23AM optisch auch erscheint, klanglich bietet er einen opulenten und grandiosen Auftritt. Kein anderer Lautsprecher mit einer solch schlanken Silhouette bietet sowohl klanglich, räumlich als auch dynamisch eine so fantastische Qualität.


Schnitt A - A'
261
Fase 10x10
6
139x139
ø124
157
93
226
359
1100
B
B'
A
A'
178
186
106,5x74,5
84x60
110
100
383
ø8
550
736
875
1062
ø96
ø60
ø10
Interner
Helmholtz-Absorber
120
Fach für
Frequenzweiche
168
242
272
280
Boden demontierbar
Schnitt B - B'
148
242
261
280
31
19
6
Fase 20x30°
Hochtöner-Ausfräsung
74,5
60
R4
8
84
106,5
R8
Frästiefe 6
Tieftöner-Ausfräsung
157
124
139
Frästiefe 6
Material
MDF/Spanplatte
Stärke
19 mm
Oberfläche
Furnier
Maßstab
1:7
Datum
13.07.2012
Zeichen
Ti
Modell
Monitor 23 AM
© Bernd Timmermanns 2012
Blatt
1/1

Frequenzweiche



Tieftöner: Harwood TM130/50CK

Hochtöner: Harwood AM25

Frequenzweichenbauteile lt. Stückliste

Vertrieb aller Komponenten: HiFisound, Münster

Die Frequenzweiche wird z.B. auf einer Raster-Leiterplatte aufgebaut und in das hierfür vorgesehene Fach im Gehäuseboden geschraubt.

Die Impedanzkorrektur (im Schaltbild grau unterlegt) ist nur für den Betrieb mit einer Röhrenendstufe sinnvoll und erforderlich.

Preis-Leistungs-Empfehlung:

Diese Bauteilequalitäten bieten ein optimales Preis-Leistungs-

L1	0,82 mH Luftspule, 1,4 mm Draht
L2	10 mH Luftspule, 0,5 mm Draht, 6,1 Ohm (*)
L3	0,47 mH Luftspule, 0,7 mm Draht
L4	0,68 mH Luftspule, 0,7 mm Draht
L5	0,39 mH Luftspule, 0,7 mm Draht
C1	22 µF Elko glatt
C2	220 µF Elko rau
C3	33 µF Elko rau
C4	5,6 µF MKP 630 V Folie
C5	2,2 µF MKP 630 V Folie
C6	22 µF Elko glatt
C7	15 µF Elko glatt
R1	2,2 Ohm, 10 W MOX
R2	4,7 Ohm, 10 W MOX
R3	2,2 Ohm, 10 W MOX
R4	6,8 Ohm, 25 W
R5	10 Ohm, 25 W (***)

High-End-Empfehlung:

Diese Bauteilequalitäten sichern den bestmöglichen Klang.

L1	0,82 mH Folien-Luftspule CFC14
L2	10 mH Luftspule, 0,5 mm Draht, 6,1 Ohm (*)
L3	0,47 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
L4	0,68 mH Folien-Luftspule CFC14
L5	0,39 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
C1	22 µF MKP 630 V Folie
C2	220 µF Elko rau
C3	33 µF Elko glatt
C4	5,6 µF Mundorf M-Cap Supreme
C5	2,2 µF Mundorf M-Cap Supreme
C6	22 µF MKP 630 V Folie
C7	15 µF MKP 630 V Folie
R1	2,2 Ohm, 10 W MOX (*)
R2	4,7 Ohm, 10 W MOX
R3	2,2 Ohm, 10 W MOX
R4	6,8 Ohm, 20 W MOX (**)
R5	10 Ohm, 20 W (**)

(*) In Reihe liegende Spulen (L) und Widerstände (R) müssen insgesamt den Widerstands-Sollwert einhalten, der sich aus der Addition der bei „L" und „R" angegebenen Widerstandswerte ergibt. Sofern Sie eine Spule mit abweichendem Gleichstromwiderstand verwenden, passen Sie den Widerstand R so an, dass der Sollwert mit maximal 10% Toleranz eingehalten wird.

(**) Da es keine 20 W MOX-Widerstände gibt: 2 x 3,3 Ohm bzw. 2 x 4,7 Ohm in Reihe schalten, ergibt 6,6 Ohm/20 W bzw. 9,4 Ohm/20 W.

Modifikationsempfehlungen

Der Hochton-Vorwiderstand ermöglicht die Anpassung des Hochtonpegels:

R3/Ohm	HT-Pegel
1,5	+2 dB
1,8	+1 dB
2,2	neutral
2,7	-1 dB
3,3	-2 dB

Markantere Mitten entstehend durch Reduzierung der Wirkung des Saugkreises L3/C3/R2, realisiert durch Vergrößern von R2:

R2/Ohm	Pegel 800-2.000 Hz
6,8	+2 dB
5,6	+1 dB
4,7	neutral
3,9	-1 dB
3,3	-2 dB

Anschlüsse: Beliebiges Anschlussfeld, Polklemmen oder Bananenbuchsen.

Innenverkabelung: Lautsprecher-Litze 2x1,5 qmm für Hoch- und Tieftöner.

Kosten

Preise pro Lautsprecherbox (Preis-Leistung/High-End):

Tieftöner:	je 150 Euro
Hochtöner:	200 Euro
Frequenzweichen-Bauteile (ohne Impedanzkorr.):	45/135 Euro
Holz-Zuschnitte MDF roh:	25 Euro
Sonstiges:	50 Euro
Summe:	620/710 Euro

Gehäuse

Holz:

MDF 19 mm

1 Front	1.100x186 mm
2 Seitenwände	1.100x261 mm
1 Rückwand	1.062x148 mm
1 Deckel	261x148 mm
1 Boden	272x178 mm
2 Teiler	242x148 mm
2 Streben	100x148 mm

Aufbautipps:

Der demontierbare Gehäuseboden kann statt eingefalzt auch auf einen Leistenrahmen gesetzt werden. In diesem Fall hat er die gleichen Maße wie die beiden Teiler. Das Dämpfungsmaterial kann in die Absorberkammer des fertigen Gehäuses nur noch mühsam eingebracht werden. Sie sollte daher schon während des Gehäusebaus bedämpft werden.

Was nicht in der Zeichnung steht:

Kabeldurchführungen in den Gehäuseteilern: Lage und Durchmesser dieser Bohrung(en) hängen davon ab, an welcher Stelle Sie die Frequenzweiche einbauen und welche Kabelquerschnitt(e) Sie verwenden. Alle Durchführungen werden mit Heißkleber abgedichtet.

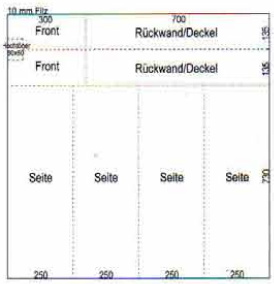
Gehäuseausschnitt für ein Anschlussfeld: Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten von der Einpressbuchse über Polklemmen bis hin zu verschiedenen Anschlussfeldern, ggf. auch für Biwiring. Position und Größe des Ausschnitts legen Sie fest, nachdem Sie sich für eine Anschlusslösung entschieden haben.

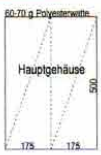
Abschrägung/Verrundung der Gehäusekanten: Dies kann je nach handwerklichen Möglichkeiten erfolgen und so das Rundstrahlverhalten verbessert werden. Die Abstimmung der Frequenzweiche bleibt davon unbeeinflusst.

Bedämpfung:

Absorberkammer: 60-70 g Polyesterwatte

Hauptgehäuse: Auskleidung mit 0,5 qm Filz (10 mm Stärke), 60-70 g Polyesterwatte an den Gehäusedeckel anschließend auf der Rückseite hinter den Tieftönern. Zuschnittplan (Filz für ein Gehäusepaar):





Dämmung:

Um die Gehäuse montagefreundlicher zu gestalten, kann statt der beiden Gehäuseversteifungen eine Dämmung z. B. aus Spaltplatten (s. Werkstattpraxis S. 46 ff.) oder 4 mm selbstklebender Bitumen-Schwerfolie eingebracht werden. Für letzteres sind 4 Stücke à 330x250 mm erforderlich, aufgeteilt je in 330x160 mm (Seitenwände) und 330x90 mm (Front, Rückwand, Deckel)

Das Frequenzweichenfach kann mit trockenem Quarzsand aufgefüllt werden. Dies verbessert die Standfestigkeit, speziell in Verbindung mit Spikes, und reduziert Gehäuseschwingungen. Pro Box sind ca. 10 kg erforderlich.

Bassreflexkanal:

Durchmesser 70 mm, Länge 80 mm, inneres und äußeres Ende mit trompetenförmiger Aufweitung: 2 Stück Intertechnik HP70 auf je 40 mm kürzen (ab Vorderkante des Trompetenflanschs) und zusammensetzen. Dazu das innere Rohr zunächst von innen durchstecken, das aus dem Gehäuse heraus ragende Ende mit dem äußeren Rohr unter Verwendung von Klebeband verkleben, z.B. mit Packband oder Malerkrepp, und dann das ganze Gebilde in die Gehäuseöffnung einpressen.

Dichtmaterial:

Selbstklebende Schaumstoff-Dichtstreifen für luftdichten Einbau der Lautsprecherchassis und ggf. des Anschlussterminals.

Schrauben:

Chassis: 12 Zylinderkopfschrauben 4x20 mm

Gehäuseboden: 6 Spanplattenschrauben 5 x50 mm