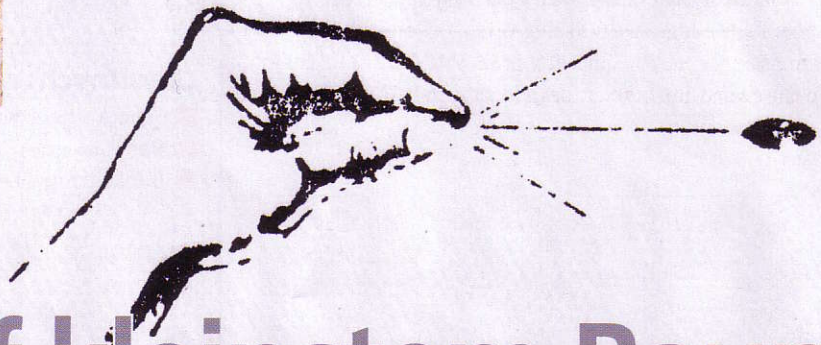
Harwood Monitor 13 AM mit Air-Motion-Hochtöner

HÖCHSTLEISTUNG...

Harwood Acoustics machte in jüngster Zeit mit neuen Lautsprecherchassis auf sich aufmerksam, die eine Eigenschaft verbindet: ihr äußerst dynamischer Auftritt. Da lag es nahe, eine Lautsprecherkombination zu entwerfen, die sich diese vorzüglichen Qualitäten zu eigen macht.



... auf kleinstem Raum

Dreizehner Tieftöner plus Hochtöner: Das ist das Standard-Konzept für wohnraumfreundliche Regalboxen. Doch obwohl schon vielfach realisiert, gewinnt der Harwood Monitor 13 AM diesem Konzept eine ganz neue und hochinteressante Facette ab: Dynamik, wie man sie sonst nur von viel größeren Lautsprechern kennt.

Die verwendeten Chassis (s. S. 26 und 27) bieten dynamische Qualitäten, die sie in ihrer jeweiligen Klasse zum Primus machen: 13-Zentimeter-Tiefmitteltöner mit riesiger 50-Millimeter-Schwingspule, das hatten wir noch nicht. Und ein so kompakter Air-Motion-Hochtöner wie Harwoods AM 25 kam uns bisher auch noch nicht unter.

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 (s. Kasten „Das Kirschkern-Experiment"). 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 einige Hersteller Air-Motion-Hochtöner.

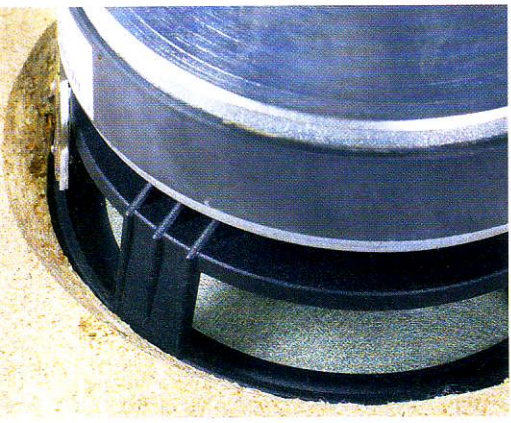
Nun ist Membranfläche bekanntlich durch nichts zu ersetzen – es sei denn durch noch mehr Membranfläche. Bei Hochtönern ist die Membrangröße aber strikt limitiert, um nicht das Rundstrahlverhalten zu gefährden. Das Air-Motion-Prinzip vereint diese beiden gegensätzlichen Forderungen in idealer Weise.

Beim Tieftöner helfen keine Tricks, die Membranfläche zu vergrößern, zumindest 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 nicht nur eine hohe thermische Belastbarkeit, sondern auch eine besonders taumelarme Membranbewegung.

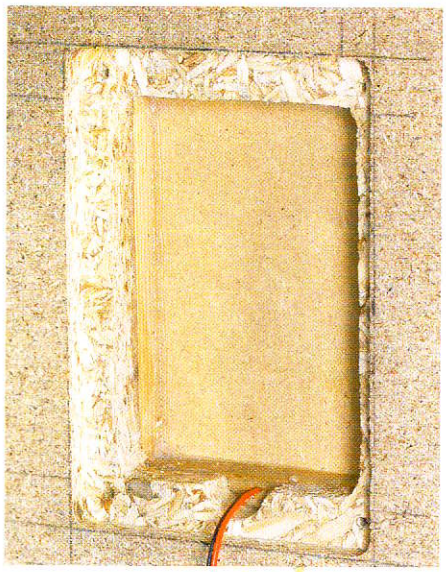
Das Gehäuse für diesen Tieftöner fällt mit netto zwölf Litern gerade so groß aus, dass eine schmucke Regalbox entstehen konnte. Für die Bassreflexöffnung wäre unterhalb des Tieftöners sogar noch Platz gewesen; rückseitig angebracht, stören die unvermeidbar aus der Reflexöffnung abgestrahlten Mitteltonanteile aber nicht. Bei wandnaher Aufstellung (maximal 50 cm) lässt die Tiefbass-Ausbeute auch mit der Bassreflexöffnung auf der Rückseite keinesfalls zu wünschen übrig.

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

Die Frequenzweiche fällt gleichzeitig schlicht und komplex aus. Schlicht ist die grundsätzliche Filterauslegung, die aus gerade mal drei



Der Tieftönerausschnitt wird zum Gehäuseinneren großzügig angefast, um die von der Membran ausgelöste Luftströmung möglichst wenig zu behindern.



Harwoods Air-Motion-Transformer ist rückseitig offen und benötigt daher ein kleines Gehäuse.

Das Hochtöner-Gehäuse kann aus dem Vollen herausgefräst oder, wie hier realisiert, aus einem Leistenrahmen mit aufgesetzter Rückwand hergestellt werden.

Bauteilen besteht: Eine Spule für den Bass, je ein Widerstand und Kondensator für den Hochtöner. Dieses denkbar einfache Filterkonzept liefert bereits ein verblüffendes Ergebnis. Perfekt wird es aber erst, wenn die Membranresonanzen des Tieftöners mittels dreier Saugkreise eliminiert werden. Diese sind immerhin recht hochohmig ausgelegt und lassen sich daher mit preiswerten und trotzdem klanglich einwandfreien Bauteilen realisieren. Hier sind speziell die Spulen zu nennen, die unbedingt als Luftspulen ausgelegt werden sollten, um die von jedem Kernmaterial ausgehenden Verzerrungen zu vermeiden. Mundorf fertigt Luftspulen schon ab 0,4 Millimetern Drahtstärke – für Saugkreise perfekt. Wer auch das Allerletzte herauskitzeln möchte, setzt Backlackdrahtspulen ein, die allerdings erst ab 0,7 Millimetern Drahtstärke verfügbar sind. Dann ist der Spulenwickel mechanisch stabilisiert und gegen Mikrofonieeffekte weitgehend immun.

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).

Den dicksten Brocken in der Kalkulation bildet der Hochtonkondensator; hier erprobten wir die ganze Mundorf-Palette bis hin zum Silber-Gold-Kondensator. Kostenbewussten Anwendern können wir den RXF-Kondensator empfehlen, der mit gerade mal gut sieben Euro in der Gesamtrechnung kaum ins Gewicht fällt. Unter den Mundorf-Supremes gefiel uns die Silber-Öl-Version für 56 Euro ausnehmend gut: Hiermit löste sich das Klangbild faszinierend von den Lautsprechern. Eine weitere Steigerung, die in diesem Fall wohl nicht mehr so deutlich ausfiel, brachte der Silber-Gold-Kondensator (um 100 Euro). Immerhin: Harwoods Air-Motion-Transformer setzt die Kondensator-Unterschiede bis hin zum Silber-Gold-Cap erkennbar um, was noch längst nicht von jedem Hochtöner zu sagen ist.

Messergebnisse

Das Resultat der sorgfältigen Gehäuse- und Frequenzweichenabstimmung kann sich schon im Akustiklabor sehen lassen: Der Frequenzgang verläuft zwischen 50 und 35.000 Hertz äußerst linear, mit einer Toleranzbreite von plus/minus einem einzigen Dezibel. Die 30-Grad-Messung verläuft bis zehn Kilohertz weitestgehend parallel zur axialen Kurve und stellt dem Rundstrahlverhalten damit ein vorzügliches Zeugnis aus. Im Superhochtonbereich fällt die 30-Grad-Kurve allerdings relativ deutlich ab. Eine Ausrichtung auf die Hörposition ist daher sinnvoll.

Sämtliche Klirrkomponenten liegen vorbildlich niedrig. Das Wasserfallspektrum sieht blitzsauber aus, ohne auch nur den geringsten Anflug von Resonanzphänomenen. Auch die Impedanzkurve verdient ausdrücklichen Beifall: Sie verläuft sogar mit Impedanzkorrektur vollständig oberhalb von acht Ohm und stellt damit keine Röhrenendstufe vor ein ensthaftes Problem. Und trotz der hohen Impedanz ist noch ein respaktabler Wirkungsgrad zu verzeichnen.

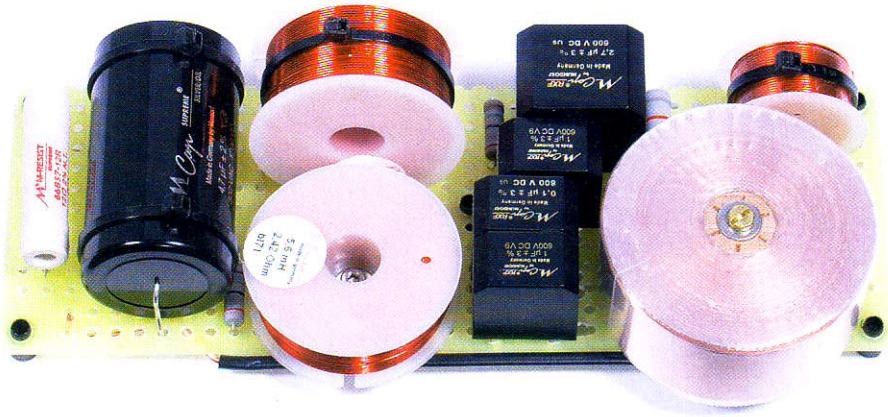
Klangbeschreibung

Im praktischen Einsatz bestätigte sich die bereits messtechnisch gewonnene Erkenntnis, dass die Lautsprecher am besten exakt auf die Hörposition ausgerichtet werden. Dann stellt sich die bestmögliche Hochtonauflösung ein, und das Klangbild löst sich vorzüglich von den Lautsprechern. Wichtig ist eine solide Unterlage, die im Idealfall mit den Lautsprechern verschraubt ist. Die Standfüße des britischen Herstellers Apollo sind hervorragend dafür geeignet. Optimal sind die Versionen mit voluminösen Standrohren, die am besten mit Quarzsand gefüllt werden. Dann macht die Aufstellung auf Spikes Sinn; bei zu geringer Belastung wirken Spikes eher kontraproduktiv.

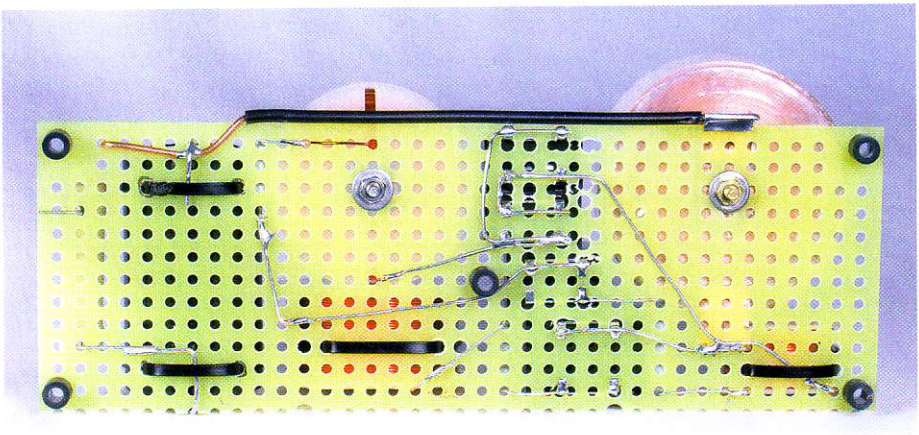
Mit seiner herausragenden Frequenzganglinearität bestätigt der Harwood-Monitor das hohe Gewicht, das dieser Eigenschaft zukommt: Die Musik breitet sich scheinbar unabhängig von der Position der Lautsprecher im Raum aus. Solostimmen profitieren davon mit einer geradezu holografischen Anmutung: Man meint, um den Künstler herum gehen zu können. Versuchsweise deaktivierten wir die drei Saugkreise, was, wie den Messergebnissen zu entnehmen ist, nur eine relativ geringe Frequenzgangwelligkeit auslöst. Trotzdem fiel die Illusion in sich zusammen. Die Lautsprecher spielten zwar immer noch auf hohem Niveau, aber diese verblüffende Leichtigkeit und Selbstverständlichkeit war dahin.

Eine ähnlich deutliche Wirkung konnten wir durch Austausch des Hochtonkondensators feststellen: Obwohl sich dabei messtechnisch absolut nichts verändert, wirkte das Klangbild

Die Karriereleiter für audiophile Kondensatoren startet bei Mundorf mit dem rxf (quaderförmig; 4,7 µF für ca. 7 Euro) und führt über Supreme (24 Euro) und Silber/Öl (56 Euro) bis zu Silber/Gold (100 Euro) und Silber/Gold/Öl (125 Euro, nicht abgebildet).



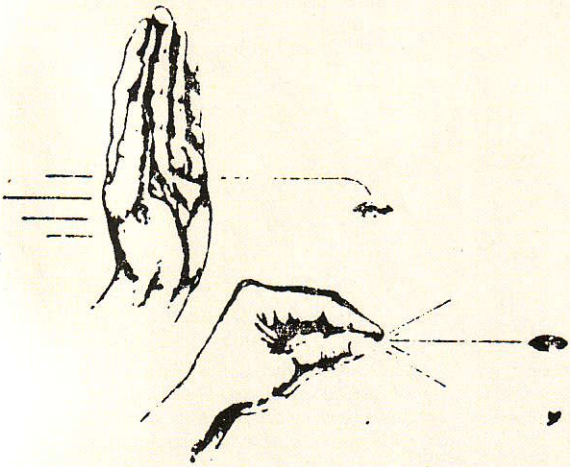
Die Frequenzweiche fertigten wir aus Bauteilen von Mundorf. Klanglich besonders wichtig und daher kompromisslos dimensioniert wurden die im Signalweg liegenden Komponenten: die Tiefpass-Induktivität, eine Folienspule, der Hochtonkondensator in Silber-Öl-Technologie und der Präzisions-Hochton-Widerstand.



Der Frequenzweichen-Aufbau gelingt auf einer Lochraster-Leiterplatte problemlos: Die Bauteilanschlüsse werden durchgesteckt, umgebogen und miteinander verdrahtet.

Dr. Oskar Heil und das Kirschkern-Experiment

Das Prinzip des Air-Motion-Transformers nutzt eine Art Hebel mit einem Übersetzungsverhältnis von eins zu fünf für seine äußerst effektive Schallerzeugung: Es presst die Luft zwischen den Falten der zickzackförmig verlaufenden Membran heraus; die in jeder Falte vertikal verlaufenden Aluminium-Leiterbahnen entfernen und nähern sich einander alternierend, da der Strom auf der Membran abwechselnd auf- und abwärts fließt. Bei einem Verhältnis von Breite und Tiefe jeder Falte von eins zu fünf bewegt sich die Luft fünfmal schneller als die Membran.



Dr. Heil verglich dieses Verhalten mit dem Versuch, einen Kirschkern mit der Hand in Bewegung zu setzen; einfach weggeworfen, entspricht seine Anfangsgeschwindigkeit der Schnelligkeit, mit der der Werfer seine Hand bewegt. Fasst er den Kirschkern dagegen mit Daumen und Zeigefinger und presst die Fingerspitzen gegeneinander, dann flutscht der Kern mit einer Geschwindigkeit hinaus, die vielfach höher ist als die der Finger.

erst dann so fantastisch gelöst und selbstverständlich, wenn statt des zweifellos nicht schlechten RXF-Caps ein Mundorf'scher M-Cap Silber-Öl im Einsatz war. Und kein Scherz: Wir setzten ein schon seit längerer Zeit im Einsatz befindliches Kondensatorpaar ein und konnten im Vergleich zu fabrikneuen Bauteilen einen durchaus nicht vernachlässigbaren Vorteil feststellen, der in der gleichen Größenordnung wie der zwischen einem Silber-Öl- und einem Silber-Gold-Cap lag.

Im Tieftonbereich glänzt der Harwood-Monitor mit einem angesichts der Lautsprechergröße völlig verblüffenden Auftritt. Ray Browns Kontrabass auf „We Get Requests" des Oskar Peterson Trios wirkte so massiv, wie wir es von einem 13-er Tieftöner bisher noch nicht erleben durften. Diese kleinen Lautsprecher spielen im Bass mindestens eine Klasse höher, als es ihrer Größe entspricht.

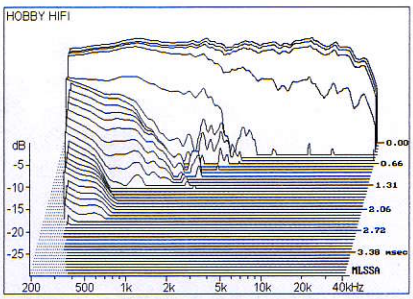
Gleiches lässt sich von der Dynamik berichten: Die O-Zone Percussion Group, zu finden auf der Manger-Hörtest-CD, legte los, als gäbe es keine Morgen. Das umfangreiche Schlagwerk, das diese Truppe in Gang hält, fordert einen Lautsprecher in allen Tonlagen heraus, und der Harwood Monitor 13 AM gab sich dabei keine Blöße. Um ihn an seine Grenzen zu bringen, muss man es schon ziemlich übertreiben.

Ein interessanter Vergleich mit unserem Mini-Monitor Ribbon (MMR) aus 1/2009 schloss sich an. Der vermochte uns bei ähnlicher Gehäusegröße und vergleichbarer Chassisbestückung Ende 2008 restlos zu begeistern. Im Harwood Monitor 13 fand er jetzt einen ebenbürtigen Partner.

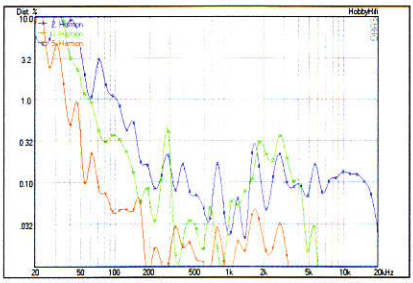
Der Harwood hat die Nase klar vorn, wenn es um Dynamik oder um Tiefbass geht. Dynamikspitzen überfordern das filigrane Hochtonbändchen des MMR relativ schnell. Und im Tiefbass zahlen sich die etwas größere Membran und die riesige Tieftonschwingspule des Harwood aus. Nimmt man die Lautstärke etwas zurück, dann geht der Vergleich unentschieden aus. Beide Lautsprecher bieten praktisch identische Tonalität, bei beiden löst sich das Klangbild verblüffend von den Lautsprechern, beide punkten mit unerhört klaren und plastischen Stimmen, und beide bieten eine faszinierend feine und detailverliebte Hochtonauflösung.

Fazit

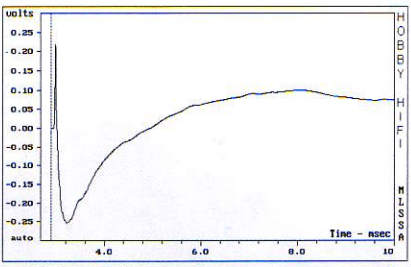
Der Harwood Monitor 13 AM stellt im Bereich kleiner Regallautsprecher zurzeit das Optimum dar. Kein anderer Lautsprecher dieser Größe bietet sowohl klanglich, räumlich als auch dynamisch eine so restlos überzeugende Qualität.



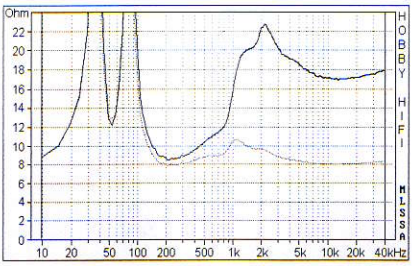
Wasserfallspektrum 0°
Überragendes Ausschwingverhalten ohne jede Störung.



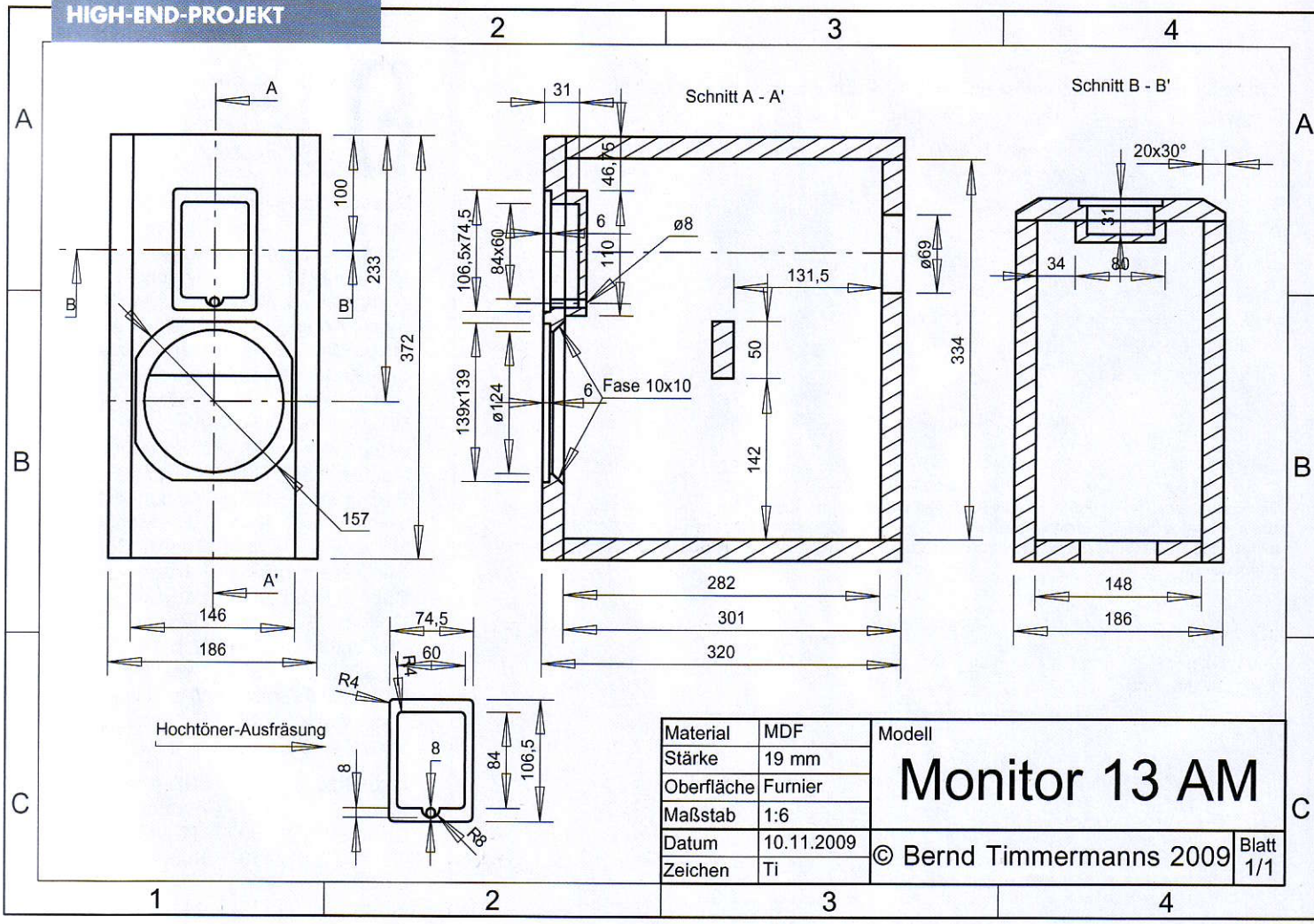
Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
Ausgesprochen geringer Klirr.



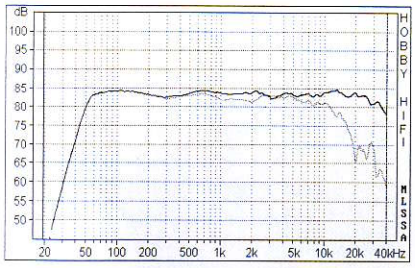
Sprungantwort 0°
Hoch- und Tieftöner reagieren auf die Anregung mit unterschiedlicher Polarität, der Hochtöner mit positiver Amplitude, der Tieftöner gegenphasig. Dieses Verhalten steht im ausdrücklichen Widerspruch zur Filtertheorie und ist bei Lautsprechern mit 6-dB-Filterung praktisch immer zu beobachten.



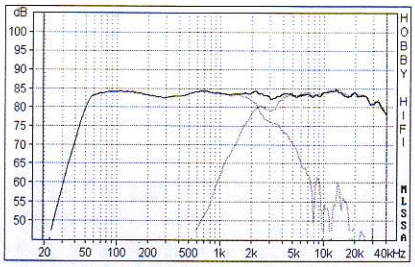
Impedanz-Frequenzgang ohne und mit Impedanzkorrektur
Wegen der im Hochtonbereich sehr hochohmigen Impedanz reicht ein R-C-Glied, um die Impedanzkurve weitgehend zu linearisieren. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für optimale Anpassung des Lautsprechers an eine Röhrenendstufe mit niedrigem Dämpfungsfaktor.



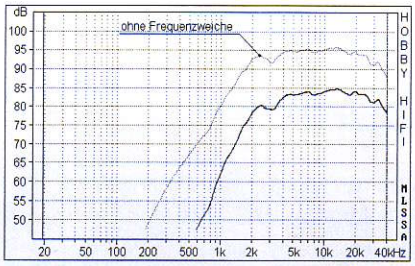
Messergebnisse



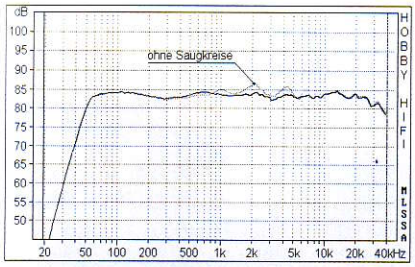
Schalldruck-Frequenzgang axial (___) und unter 30 Grad (...)
Optimale Linearität und fehlerfreies Rundstrahlverhalten, ab 10 kHz stärkere Richtwirkung.



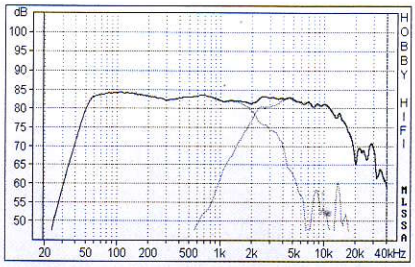
Schalldruck-Frequenzgang Hoch-, Tieftöner und Summe axial
Trennfrequenz 2,2 kHz mit optimaler Schalladdition im Übernahmebereich.



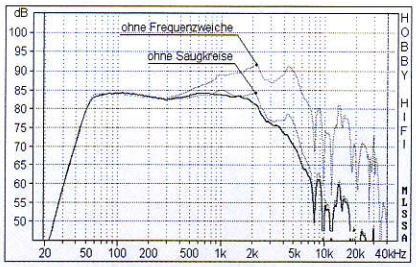
Schalldruck-Frequenzgang des Hochtöners ohne und mit Frequenzweiche axial
Das äußerst gutmütige akustische Verhalten des Hochtöners erlaubt den Einsatz eines 6-dB-Filters. Der Hochton-Vorwiderstand sorgt für eine Pegeldämpfung von 10 dB.



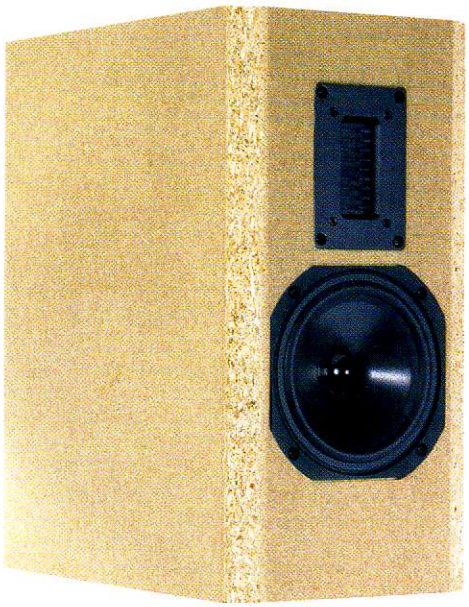
Schalldruck-Frequenzgang axial mit (___) und ohne (...) Saugkreisen
Die günstige Wirkung der drei Tiefton-Saugkreise ist auch am Frequenzgang des kompletten Lautsprechers sehr deutlich erkennbar.



Schalldruck-Frequenzgang Hoch-, Tieftöner und Summe unter 30°
Die Schallbündelung führt außerhalb der Lautsprecherachse ab 5 kHz zu einem allmählichen Schalldruck-Abfall.



Schalldruck-Frequenzgang des Tieftonzweigs ohne und mit Frequenzweiche, ohne und mit Saugkreisen axial
Drei Saugkreise assistieren dem 6-dB-Filter des Tieftöners und beseitigen den Einfluss der Membranresonanzen.



Technische Daten

Name: Harwood Monitor 13 AM
Entwickler:
Dipl.-Ing. Bernd Timmermanns
(Ing.-Büro Timmermanns, Kleve)
Maße:
BxHxT = 186x372x320 mm
Tiefton-Nettovolumen: 12 l
Gehäuse-Funktionsprinzip: Bassreflex-Gehäuse
Nennimpedanz nach DIN: 8 Ohm
Impedanzminimum (ohne/mit Impedanzkorrektur):
8,5 Ohm/200 Hz, 8,0 Ohm/200 Hz
Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m): 84,5 dB
Übertragungsbereich (-3 dB): 50 Hz - 35 kHz
Trennfrequenz: 2,2 kHz

Kosten

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

Tieftöner:	200 Euro
Hochtöner:	200 Euro
Frequenzweichen-Bauteile (ohne Impedanzkorrektur):	50/160 Euro
Holz-Zuschnitte MDF roh:	9 Euro
Sonstiges:	17/22 Euro
Summe:	476/591 Euro

Gehäuse

Holz:
MDF 19 mm

2 Seitenwände	372x301 mm
1 Front	372x186 mm
1 Rückwand	334x148 mm
2 Boden, Deckel	301x148 mm
1 Strebe	148x50 mm
1 Hochtönergehäuse	110x80 mm

Aufbautipps:

Das Hochtönergehäuse kann statt wie gezeichnet auch aus einem Leistenrahmen und einem Stück MDF in 10 oder 12 mm Stärke gefertigt werden. Die Innentiefe des Hochtönergehäuses darf um plus/minus 3 mm von der Zeichnung abweichen.

Was nicht in der Zeichnung steht:

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:

Von 1 Matte Bondum 800 (Intertechnik) 3 Streifen (je 30x13 cm) abteilen und damit Seitenwände, Boden und Deckel zwischen Gehäusefront und Strebe auskleiden. In das Hochtongehäuse 1 Stück Bondum 800 (8x6 cm) sowie das mit dem Hochtöner gelieferte Stück Filz legen. Den Rest Bondum 800 hinter dem Hochtönergehäuse anordnen. 60 g Polyesterwatte (1/2 Beutel Sonofil/Intertechnik) im hinteren Gehäusebereich und um den Bassreflexkanal herum gleichmäßig verteilen, so dass das innere Ende des Reflexkanals frei bleibt.

Bassreflexkanal:

Durchmesser 50 mm, Länge 100 mm, inneres und äußeres Ende mit trompetenförmiger Aufweitung: 2 Stück Intertechnik HP 50 auf je 50 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.

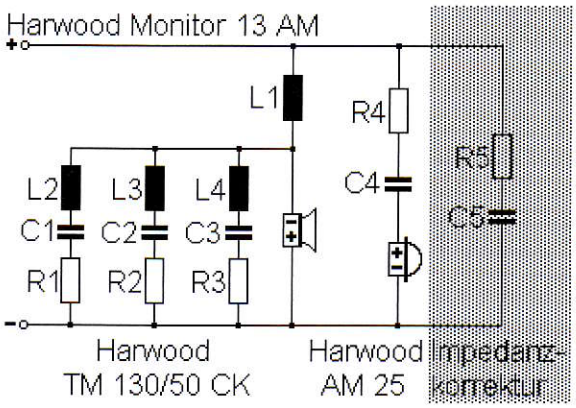
Dichtmaterial:

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

Schrauben:

Hochtöner: 4 Zylinderkopfschrauben 4x20 mm
Tieftöner: 4 Zylinderkopfschrauben 4x20 mm

Frequenzweiche



Tieftöner: Harwood Acoustics TM 130/50 CK (Vertrieb: HiFisound, Münster)

Hochtöner: Harwood Acoustics AM 25 (Vertrieb: HiFisound, Münster)

Frequenzweichenbauteile lt. Stückliste (Vertrieb: Mundorf, Köln)

Die Frequenzweiche wird z.B. auf einer Raster-Leiterplatte aufgebaut und hinter dem Tieftöner auf die Gehäuserückwand geschraubt. Für die High-End-Version der Frequenzweiche verwendeten wir eine längs halbierte LP/RA 240 (Intertechnik).

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-Verhältnis.

L1 = 1,8 mH Luftspule, 1,4 mm Draht
L2 = 1,2 mH Luftspule, 0,4 mm Draht, 2,1 Ohm (*)
L3 = 5,6 mH Luftspule, 0,4 mm Draht, 5,7 Ohm (*)
L4 = 10 mH Luftspule, 0,4 mm Draht, 7,9 Ohm (*)
C1 = 1,0 µF MKP Folie
C2 = 1,1 µF MKP Folie (**)
C3 = 2,7 µF MKP Folie
C4 = 4,7 µF Mundorf RXF Folie
C5 = 15 µF MKP Folie
R1 = 8,2 Ohm, 5 W (*)
R2 = 15 Ohm, 5 W (*)
R3 = 15 Ohm, 5 W (*)
R4 = 12 Ohm, 10 W MOX
R5 = 15 Ohm, 20 W

High-End-Empfehlung:

Diese Bauteilequalitäten sichern den bestmöglichen Klang.

L1 = 1,8 mH Folien-Luftspule CFC14
L2 = 1,2 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht, 1,0 Ohm (*)
L3 = 5,6 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht, 2,4 Ohm (*)
L4 = 10 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht, 3,6 Ohm (*)
C1 = 1,0 µF Mundorf RXF Folie
C2 = 1,1 µF Mundorf RXF Folie (**)
C3 = 2,7 µF Mundorf RXF Folie
C4 = 4,7 µF Mundorf M-Cap Supreme Silber/Öl
C5 = 15 µF Mundorf RXF Folie
R1 = 10 Ohm, 5 W MOX (*)
R2 = 18 Ohm, 5 W MOX (*)
R3 = 18 Ohm, 5 W MOX (*)
R4 = 12 Ohm, Mundorf M-Resist 20 W
R5 = 15 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 die Spule einen abweichenden Gleichstromwiderstand hat, wird der Widerstand R so angepasst, dass der Sollwert mit maximal 10% Toleranz eingehalten wird.

(**) Kondensator-Kapazität ergibt sich durch Parallelschaltung mehrerer kleinerer Werte je nach Verfügbarkeit.

Modifikationsempfehlungen

Der Hochton-Vorwiderstand ermöglicht die Anpassung des Hochtonpegels:

R4/Ohm	HT-Pegel
8,2	+2 dB
10	+1 dB
12	neutral
15	-1 dB
18	-2 dB

Anschlüsse:

Beliebiges Anschlussfeld, Polklemmen oder Bananenbuchsen.

Innenverkabelung:

Lautsprecher-Litze 2x2,5 qmm für Hoch- und Tieftöner.