



1+1 macht 10

Digital-Lautsprecher Nonagon mit Manger-Schallwandler

WEGWEISER

Datenblatt Tieftöner	HH 1/2002
Lautsprecherentwicklung mit Digitalweiche	26
Datenblatt Manger-Schallwandler	28
Messergebnisse	29
Gehäusebauplan	30
Schaltplan Frequenzweiche	31
Stückliste	31
Hersteller-/Vertriebsadressen	81

Die Überschrift ist durchaus wörtlich zu verstehen: In der digitalen Welt der Binärdaten, die nur aus Nullen und Einsen besteht, stimmt die Rechnung. Und mit dieser einfachen Rechenaufgabe gelang es HOBBY HiFi, den legendären Manger-Schallwandler zu einem ungeahnten Höhenflug zu veranlassen.

Auf dieses Projekt warten HOBBY-HiFi-Leser seit langem: einen Bauvorschlag mit dem Manger-Schallwandler (MSW; siehe Seite 28). Den Durchbruch in diesem Vorhaben brachte eine neue digitale Frequenzweiche, die der Redaktion seit Kurzem zur Verfügung steht. Dank dieser kann der MSW sein Klangpotential so weit wie nie zuvor ausschöpfen.

Der Name Nonagon (griechisch für „Neuneck“) bezieht sich auf den Manger-Schallwandler: Der zeigt als auffälligstes Merkmal einen neuneckigen Stern, der als Dämpfer die von der Schwingspule zum Rand der Membran laufenden Biegewellen „auffängt“, damit sie dort nicht reflektiert werden. Stehwellen und Klangverfärbungen wären ohne diesen Dämpfer unvermeidbar. Der neuneckige Stern ist damit wesentlich für die Funktion des MSW.

Der Tieftöner

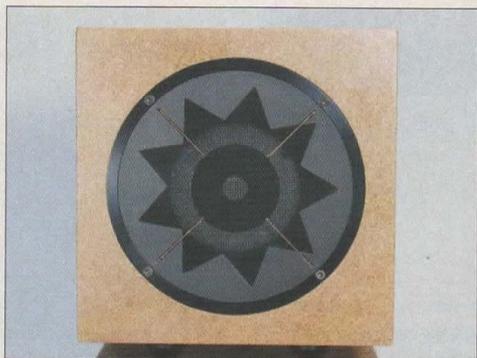
Ab etwa 150 Hertz ist der MSW als Biegewellen-Schallwandler einsetzbar. Sogar Fullrange-Anwendungen mit „dem Manger“ als Treiber eines Exponential-Basshorns sind bekannt. Unterhalb von 1.000 Hertz erzeugt der MSW allerdings zunehmend K3-Verzerrungen. Eine nicht zu niedrige Ankopplung an einen Tieftöner erschien daher sinnvoll. Für diese Aufgabe fiel die Wahl auf einen der momentan besten 20-Zentimeter-Tieftöner, den C²220-T6 von Thiel. Dessen Keramikmembran verhält sich bis weit in den Mitteltonbereich hinein fehlerfrei. Klanglich konnte er in der Chorda aus HOBBY HiFi 1/2002 seine Ausnahmequalitäten eindrucksvoll unter Beweis stellen.

Digitale Frequenzweiche

Die Digitalweiche DCN-2, die MSW und Thiel-Bass aneinander fügen sollte, enthält einen digitalen Sound-Prozessor (DSP) neuester Generation mit 96 Kilohertz Abtastrate und 24 Bit Wortbreite. Dieses Format ermöglicht im Ver-



Der Bassreflexkanal besteht aus den Röhren HP 100 und TR 100 von Intertechnik, die so kombiniert werden, dass sich ein Reflexkanal mit strömungsgünstiger Aufweitung an beiden Enden ergibt. Das innere Rohrende besitzt einen kleineren Durchmesser und passt daher durch den Gehäuseausschnitt.



Das Mittelhochtongehäuse mit dem Manger-Schallwandler steht auf Spikes, damit Schwingungen des Bassgehäuses möglichst wenig übertragen werden. Damit die Spikes nicht verrutschen, sind kleine Spanplattenschrauben mit Torx-Senkopf bündig in die Oberseite des Bassgehäuses eingedreht. Sie dienen als Widerlager für die Spitzen der Spikes.

gleich zu den bisher meist eingesetzten Digitalprozessoren mit 44 oder 48 Kilohertz und 16 Bit eine weitaus präzisere Signalverarbeitung. Ein Abtastraten-Umsetzer (Sample Rate Converter) sorgt dafür, dass jedes eingespeiste Signal einer digitalen Quelle im SPDIF-Format (Sony/Philips Digitalformat, das übliche Signal am Digitalausgang eines CD-Spielers) ohne Qualitätseinbußen verarbeitet werden kann. Außerdem verfügt das Modul über einen Analogeingang mit hochwertigem A/D-Wandler.

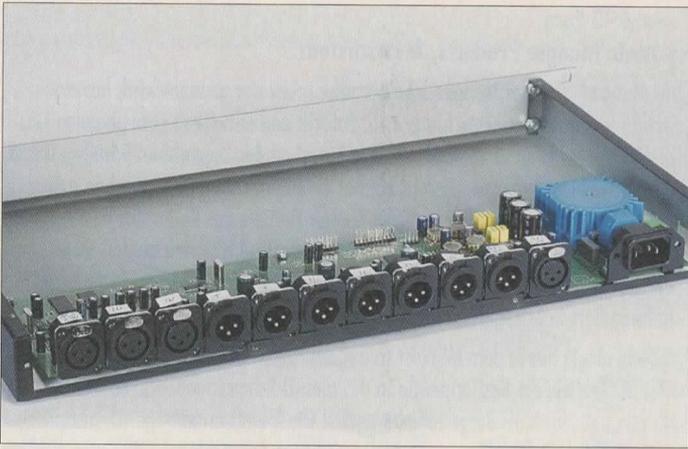
GRUNDLAGEN

Digitalfilter

Bei digitalen Filtern, wie sie in Frequenzweichen zum Einsatz kommen, ist zwischen IIR (Infinite Impulse Response bzw. unendliche Impulsantwort) und FIR (Finite Impulse Response bzw. endliche Impulsantwort) zu unterscheiden.

FIR-Filter arbeiten ohne Rückkopplung und werden daher auch als nichtrekursive Filter bezeichnet. Sie zeichnen sich durch einen sehr glatten Frequenzgang bis hart an ihre Eckfrequenz aus und können ohne Phasendrehung ausgelegt werden, erfordern allerdings eine relativ hohe Rechenleistung. Ihr Verhalten wird von Theoretikern gern als ideal angesehen, obwohl sie ein gewisses Vorschwingen zeigen, das im Extremfall sogar als Vorecho hörbar ist. Zudem besitzen sie eine hohe Durchlaufzeit. Dass sie kein Nachschwingen erzeugen, mag Theoretikern gefallen, bringt aber keinen klanglichen Vorteil, da musikalische Vorgänge ohnehin generell ein starkes Nachschwingen zeigen. Klanglich sind sie oft eher problematisch.

IIR-Filter beinhalten eine Signalkopplung und werden daher auch als rekursive Filter bezeichnet. Bei sehr steilflankiger Auslegung können sie unkontrolliert nachschwingen, was ihren unter Theoretikern schlechten Ruf erklärt. Mit ihrer unendlich langen Impulsantwort und der mathematisch mittels Hilbert-Transformation an den Amplitudenfrequenzgang gekoppelten Phasendrehung zeigen sie allerdings ein aus der analogen Welt bekanntes Verhalten – klanglich die bessere Lösung.



Die Profi-Herkunft ist der Digitalweiche ohne Weiteres anzusehen: Symmetrische Signalein- und Ausgänge mit XLR-Steckverbindungen sind in HiFi-Kreisen eher untypisch, allerdings auch nicht hinderlich, denn durch Zusammenschalten der Anschlüsse 1 und 3 (Masse und „kalt“) ergibt sich die für Cinch-Anschlüsse übliche unsymmetrische Signalführung.

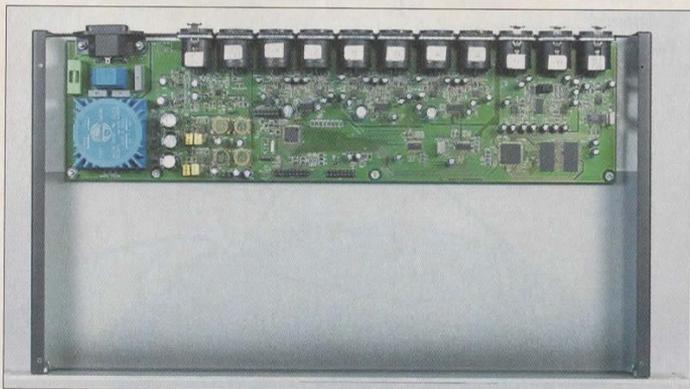
Klangoptimierte Algorithmen

Das Ingenieurbüro von Professor Dr. Ruge, das neben der ganzen Frequenzweiche auch die Algorithmen für den hier eingesetzten DSP entwickelte, legte einen Entwicklungsschwerpunkt auf klangliche Kriterien. So kommen ausschließlich IIR-Filter zum Einsatz, klanglich mit analogen Filtern vergleichbar (siehe Kasten „Digitalfilter“). Die Lautstärkeregelung findet analog statt, um unabhängig von der Lautstärke die volle digitale Wortbreite von 24 Bit nutzen zu können. Um den kompletten Dynamikbereich auszuschöpfen, kann bei einer Digitalweiche die Lautstärkeregelung erst hinter dem Filter erfolgen – ein analoger Vorverstärker wird damit arbeitslos.

Auch der Aufbau der Platine erfolgte klangoptimiert: Auf der vierlagigen gedruckten Schaltung sind

die obere und untere Leiterbahnetage für die analoge bzw. digitale Signalleitung reserviert, während die über der Digitalebene liegende Leiterbahnschicht die Betriebsspannungen führt und der unter der Analogsektion liegende Layer als Massefläche für eine Abschirmung sorgt. Dieser Aufbau reduziert klangschädlichen Jitter erheblich.

Das Digitalweichenmodul DCN-2 ist derzeit als Studioversion mit symmetrischen Ein- und Ausgängen verfügbar – allerdings ohne Gehäuse. Die Programmierung erfolgt via RS485-Schnittstelle oder mit einem zusätzlichen Umsetzer über den USB-Anschluss eines Computers. Einmal mit einem Preset versehen, ist kein PC mehr erforderlich. HOBBY HiFi arbeitet daran, dass die Frequenzweiche mit dem für das hier vorgestellte Projekt entwickelten Preset ausgeliefert wird.



Die Aktivweiche ist eine Einplatinen-Lösung: Netzteil und Signalverarbeitung sind auf einer einzigen zehn Zentimeter schmalen Leiterplatte in vierlagigem Aufbau untergebracht. Um das Übersprechen zu minimieren, sind diesen vier Layern strikt getrennte Aufgaben zugeordnet: Die äußeren Schichten sind für die analoge und digitale Signalleitung zuständig, die dazwischen liegenden Leiterbahnebenen für Betriebsspannung und Masse.



Ein stabiles Gitter schützt die empfindliche Keramikkmembran des Thiel-Basstreibers vor Beschädigungen.



Die hintere Polplatte des Thiel-Magnetsystems ist tief ausgeformt, um der Schwingspule zusätzlichen Bewegungsraum zu verschaffen.

Sofern sich eine Vertriebslösung findet, ist in Zusammenarbeit mit der HOBBY-HiFi-Redaktion eine HiFi-Version mit Cinchanschlüssen und einem Display als betriebsfertige Bausatzversion geplant, die der Anwender nur noch in ein Gehäuse seiner Wahl einbaut und dann sofort in Betrieb nehmen kann. Diese wird dann das für das Manger-Projekt optimierte Preset enthalten.

Klangbeschreibung

Die Strategie und letztlich den Erfolg bei der Abstimmung und Optimierung beschreibt der Kasten „Lautsprecherentwicklung mit Digitalweiche“. Im Hörraum gab sich das Projekt nicht minder eindrucksvoll: Nie zuvor hörten wir den Manger-Wandler in so souveräner Form. Seine überragende räumliche Abbildung vermag immer wieder zu faszinieren. Hinzu kommt hier eine beispielhafte tonale Ausgewogenheit, bisher die Domäne besonders sorgfältig abgestimmter Lautsprecher mit konventioneller Bestückung. Mit dem Keramik-Bass verschmilzt der MSW zu einer perfekten Einheit. Die für ihn relativ hohe Trennfrequenz stellt nicht das mindeste Problem dar. Im Gegenteil profitiert er davon mit einer gesteigerten Mühelosigkeit und einem faszinierend offenen und luftigen Klangbild. Hinsichtlich räumlicher Abbildung und Plastizität ist diese Darbietung überragend.

Der Keramikbass steuert einen beispielhaft sauberen und detailreichen Grundton- und Tieftonbereich bei. Er agiert pulvertrocken, ob nun feingeistiger Jazz-Kontrabass oder fulminante Pop-Elektrobässe das Sagen haben.

Lautstärke ist für Nonagon kein Problem. Die Dynamikreserven beeindruckten selbst hartgesottene

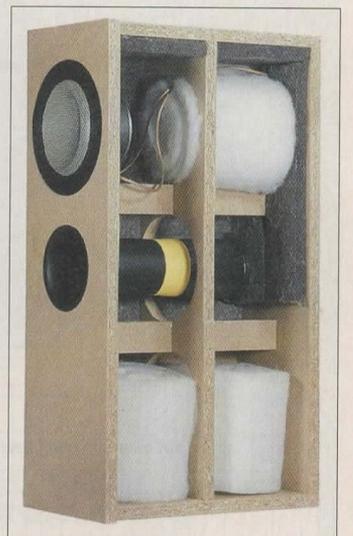


Gehäusedämmung ist wichtig. Der Blick in das Mittelhochtongehäuse lässt die Ha-waphon-Auskleidung erkennen.

Tester. Zwar lässt sich das System übersteuern, allerdings erst in einem Bereich, der für den häuslichen Musikgenuss wohl irrelevant ist.

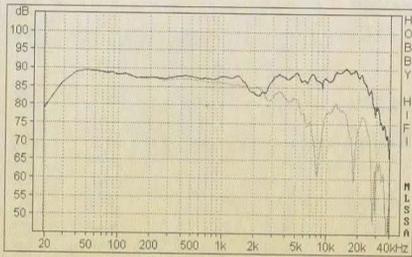
Fazit

Dieses Projekt beweist, welches enorme Potential in der digitalen Signalverarbeitung steckt. Selbst schwierig zu handhabende Schallwandler werden zu lammfrommen Lautsprechern, und bislang für unmöglich gehaltene Kombinationen werden Realität. Nonagon ist zweifellos ein Meilenstein des Lautsprecher-Selbstbaus.



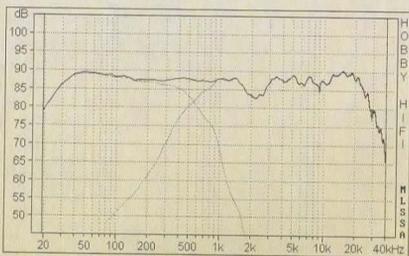
Das Schnittmodell des Bassgehäuses zeigt die genaue Art und Position des Dämpfungsmaterials.

Messergebnisse: Nonagon



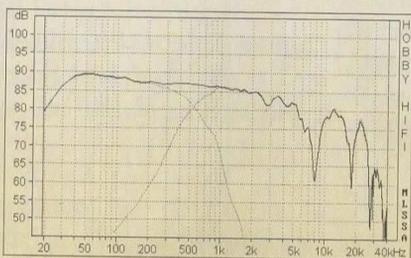
Schalldruckpegel axial (—) und unter 30 Grad (---)

Deutliches Richtverhalten, daher fällt die im Winkel von 30 Grad gemessene Kurve schon ab 1.000 Hertz stetig ab.



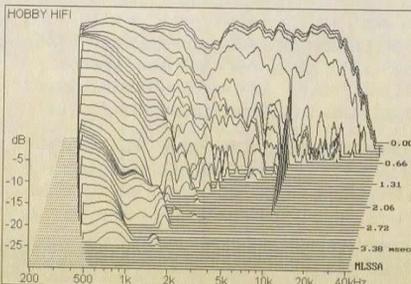
Schalldruck-Frequenzgang Hochtöner, Tieftöner, Subwoofer und Summe axial

Trennfrequenz 550 Hertz mit optimaler Addition von Hochton- und Tieftonschall. Frequenzgangseinbruch im Bereich um 2 kHz, hervorgerufen durch Schallbrechung an den Gehäusekanten und daraus resultierende Interferenzen.



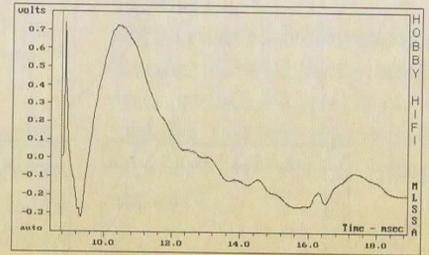
Schalldruck-Frequenzgang Hochtöner, Tieftöner, Subwoofer und Summe unter 30°

Optimale Frequenzganglinearität, leicht fallender Kurvenverlauf infolge der Richtwirkung des Manger-MSW.



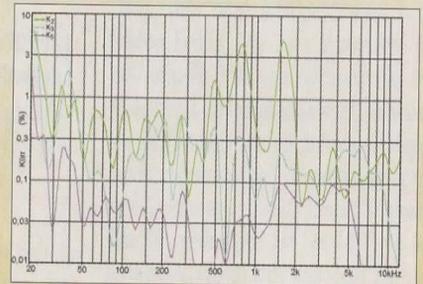
Wasserfallspektrum 0°

Schnelles und gleichmäßiges Ausschwingen, minimaler Resonanzeinfluss bei 1.500 Hertz, schmalbandige Resonanz bei 9 kHz.



Sprungantwort 0°

Bedingt durch die niedrige Trennfrequenz weit auseinander liegende Impulse von Tieftöner und Breitband-system.

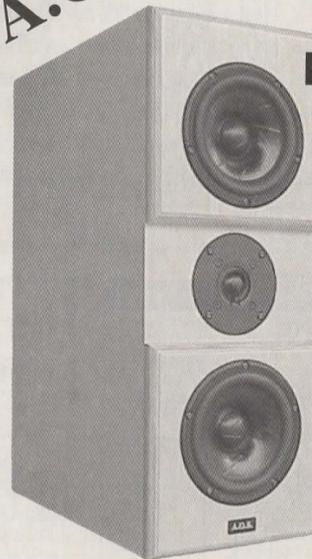


Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel

In den Mitten etwas höherer K2, während K3 und K5 gleichmäßig auf sehr niedrigem Niveau liegen.

A.O.S.

High-End Lautsprechertechnik und Elektronik



Studio 24

Mit ScanSpeak Chassis werden weltweit die besten High-End Boxen gebaut.

Mit unseren Bausätzen zeigen wir, wie's geht!

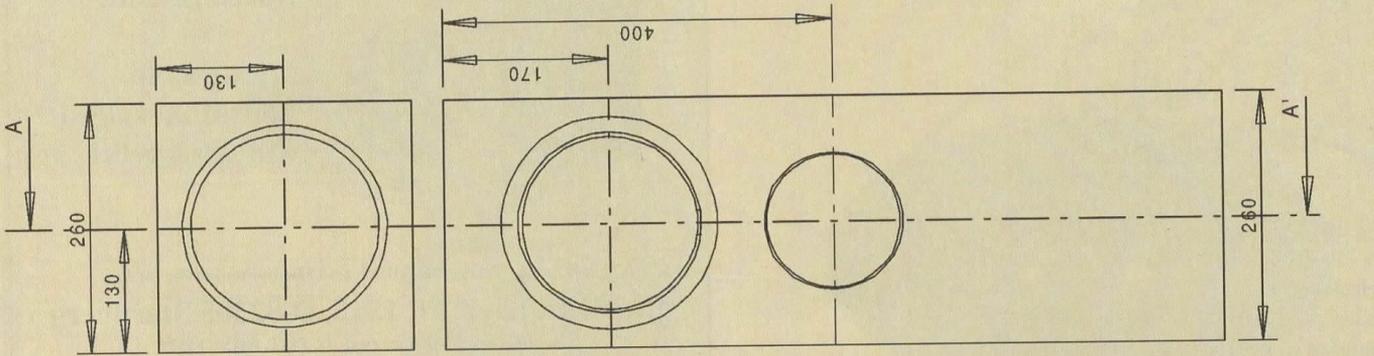
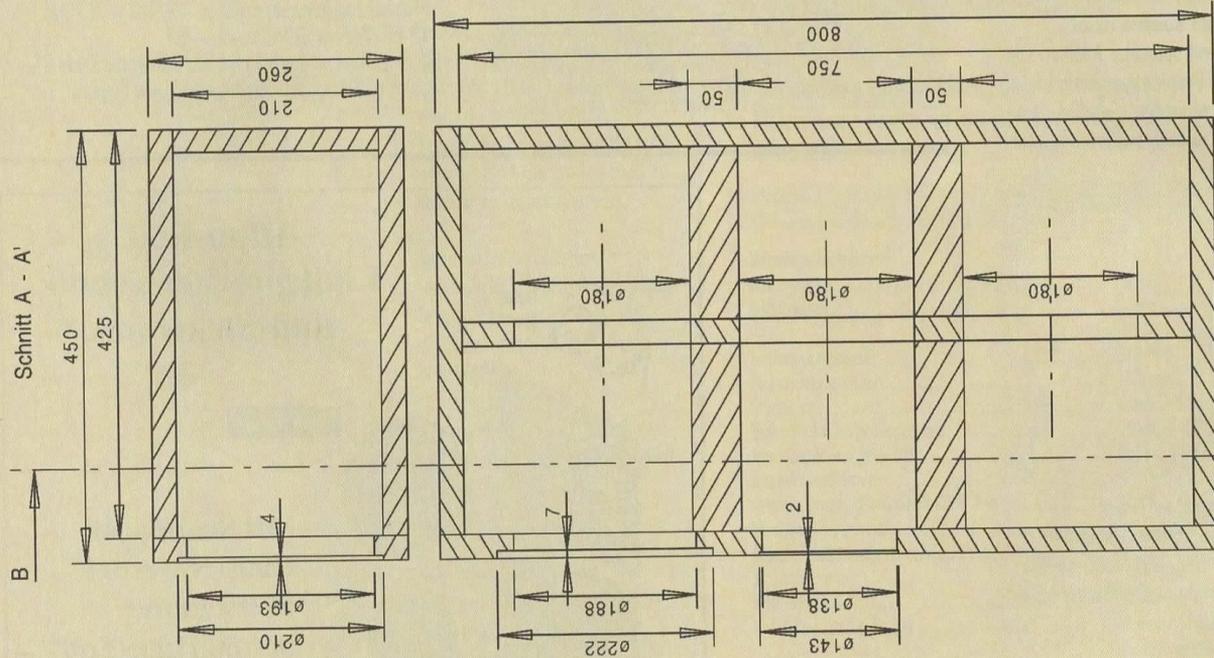
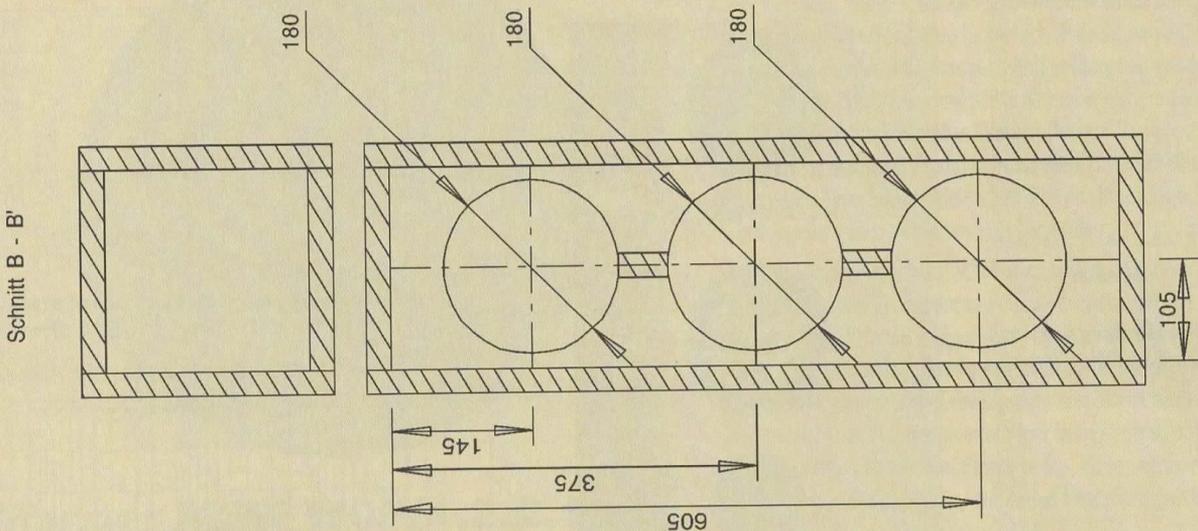
ScanSpeak-Vertrieb für OEM- und Hobbykunden für D+A:

Axel Oberhage, Pf. 1515, D-82305 Starnberg

Demo-Studio: Riedenerweg 12-14, T. 08151/14321

Chassis-Katalog und High-End-Bauvorschläge mit € 2,55 in Bfm anfordern

www.aos-lautsprecher.de



Material	Spanplatte
Stärke	25 mm
Oberfläche	Spanplatte
Maßstab	1:8, Detail 1:4
Datum	24.04.2004
Zeichen	Ti

Modell	Nonagon
© Bernd Timmermanns 2004	
Blatt 1/1	



Tiefen-Nettovolumen:
60 l

Gehäuse-Funktionsprinzip:
Bassreflex-Gehäuse

Nennimpedanz nach DIN:
8 Ohm

Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m):
85 dB (Tieföner), 88 dB (Hochtöner)

Trennfrequenz:
550 Hz

Preise pro Lautsprecherbox:

Tieföner: 400 Euro
Mittelhochtöner: 700 Euro
Digital-Frequenzweiche a.A.
Holz-Zuschnitte MDF roh: 50 Euro
Sonstiges: 100 Euro

Summe: 1.250 Euro
zzgl. Digital-Frequenzweiche

Holz:
MDF oder Spanplatte 25 mm:

Tiefengehäuse:
2 Seitenwände 800x425 mm
1 Front 800x260 mm
1 Rückwand 750x210 mm
2 Boden, Deckel 425x210 mm
1 Versteifungselement ... 750x210 mm
2 Streben 195x50 mm
2 Streben 180x50 mm

Mittelhochtongehäuse:
2 Seitenwände 260x425 mm
1 Front 260x260 mm
1 Rückwand 210x210 mm
2 Boden, Deckel 425x210 mm

Bedämpfung:
Tief- und Mitteltongehäuse an Seiten, Rückwand und Deckel mit 8-12 mm starkem Filz auskleiden. Den Filz mit doppelseitigem Klebeband oder Sprühkleber verkleben. Aus 40 mm dickem Polyester-Dämpfungsvlies (400 g/qm) 20 cm breite Streifen schneiden und aus drei je 150 cm langen Streifen (ggf. kürzere Stücke kombinieren) drei lockere Rollen wickeln. Diese wie im Schnittmodell zu erkennen im Tiefengehäuse unten vor und hinter dem Gehäusestabilisator sowie oben hinter dem Tieföner hinter dem Stabilisator anordnen. Für das Mitteltongehäuse zwei Streifen Polyesterwatte zu je 20x100 cm zu einer Rolle formen und in den hinteren Gehäusebereich legen. Im vorderen Bereich nur die Wände einlagig mit Polyesterwatte auslegen (ca. 75x20 cm).

Dämmung:
Eine Dämmung der Gehäusewände mit Hawaphon (HiFiound, Münster) oder Bitumex (Intertechnik-Kerpen) ist sehr zu empfehlen. Auch Bawotumex ist geeignet; in diesem Fall entfällt die Bedämpfung mit Filz.

Dichtmaterial:
Selbstklebende Schaumstoff-Dichtstreifen

Bassreflexkanal: Durchmesser 100 mm, Länge 350 mm, Trompetenflansch an beiden Enden; Die Bassreflexrohre HP 100 und TR 100 von Intertechnik, mit Klebeband zusammengesetzt, ergeben ein solches Rohr, dessen innerer Trompetenabschluss kleiner ist und daher durch den Gehäuseausschnitt hindurch passt. Das Bassreflexrohr Jet Set 100 von Intertechnik eignet sich ebenfalls hervorragend.

Anschlüsse:
Polklemmen mit ausreichend langen Gewindebolzen oder 4-mm-Einbaubuchsen sind optimal.

Innenverkabelung:
Lautsprecher-Litze
2x4 qmm für Tieföner,
2x1,5 qmm für Manger-MSW.

Schrauben:
Hochtöner:
4 Senkkopfschrauben 4x20 mm
Tieföner:
4 Zylinderkopfschrauben 5x30 mm

Name:
Nonagon

Entwickler:
Digital-Frequenzweiche: Ing.-Büro Prof. Dr.-Ing. W. Ruge, Krefeld
Gehäusekonstruktion und Abstimmung: Dipl.-Ing. Bernd Timmermanns (Ing.-Büro Timmermanns, Kleve)

Maße:
Bassgehäuse:
BxHxT 260x800x450 mm
Mittelhochtongehäuse:
BxHxT 260x260x450 mm

Stückliste
Lautsprecherchassis:
1 Tieföner Thiel C²220-T6 (Vertrieb: Thiel&Partner, Pulheim)
1 Mittelhochtöner Manger MSW (Direktvertrieb: Manger Products, Mellrichstadt)

Frequenzweiche:
DCN-2 (Vertrieb: noch unklar; Anfragen bitte an HOBBY HiFi)

DIY Selbstbau-Projekte (www.ub-elektronik.de)

HiAmp100-Endstufe (TDA 7293): Platine 16,90 €, Platine + Teile Standard 33,25 €, High-End 41,90 €, Endstufennetzteil **NT-KE** (Endstufe < 150W o. 2 HiAmp100): Platine 15,29 €, Platine + 20.000µF/63V 48,80 € (BC 051) o. 59,90 € (Slit Foil), Endstufennetzteil **NT-E** (1 Leistungsamp o. 4 HiAmp100): Platine 25,90 €, Platine + 88.000µF/63V 93,90 € (BC 051) o. 135,90 € (Slit Foil), Vorverstärker **MiniPre**: Platine (stereo) 35,80 €, Platine + Teile stereo 66,90 € (OPA604), 92,50 € (OPA627), Vorstufennetzteil **NT-V**, 200mA Lieferb. +/-12V/15V/18V/21V/24V/30V, Platine: 17,90 €, Platine + Teile High-End 49,50 €
Neu Selbstbau-Projekt **Volume Control**, elektronisches High-End Potentiometer mit Burr Brown PGA 2310 **Neu**

Anfragen: info@schuro.de, Bestellungen: verkauf@schuro.de

Vishay-Dale CMF-55 0,1%, TK25 (unmagnetisch) + Elma Audiiodrehshalter 04A2R00 stereo, Ladderschaltung
Der unmagnetische CMF-55 ist nicht nur ideal für Audioschaltungen, sondern auch für den 24-stufigen Elma Audioschalter 04A2R00 in Ladderschaltung. CMF-55 0,1% TK25: (pro Wert) 1-9 = 0,55 €, 10-24 = 0,37 €, 25+ = 0,32 €, Werteliste unter www.schuro.de, Hersteller bitte Konditionen anfragen. Elma 04A2R00 = 83,78 € (leer), 119,50 € (10k-log. mit 96 St. CMF-55)

... seit 1982 Spitzenprodukte zu Spitzenpreisen!
Datenblätter, Infos und Preislisten im Internet.

www.schuro.de

Frequenzweichen-Bauteile Intertechnik + Mundorf
Lautsprecherzubehör, -bausätze, -chassis, Backlack- und Kupferfolien-Spulen, MCap, MCapZn, Supreme, MOX 4W/10W

Japanische Spezialtransistoren, z.B.
2SA 970 BL/2SC 2240 BL, 2SA 1085 E/2SC 2547 E, 2SJ 74 BL/2 SK 170 BL, 2SJ 109 BL/2SK 389 BL

Schuro Elektronik GmbH Spezialisten für Friedrich-Ebert-Strasse 3 • D - 34117 Kassel
Selbstbauprojekte. Bestellungen: verkauf@schuro.de • Fax: 0561/770318

Transistoren + ICs	Elkos von BC, low ESR,	Panasonic FC 105 ⁺ , low ESR
2SA 1216 Sanken	4,18 € 051 = Print, 154=M5-Schraub	FC 220µF/25V 0,35 €
2SC 2922 Sanken	4,18 € 051-4.700µF/63V	FC 470µF/25V 0,46 €
AD 797 AN DIP-8	10,04 € 051-10.000µF/63V	5,63 € FC 1000µF/25V 0,82 €
AD 797 AR SO-8	9,28 € 051-22.000µF/63V	10,88 € FC 2200µF/25V 1,43 €
AD 825 AR SO-8	3,89 € 051-10.000µF/100V	12,36 € FC 4700µF/25V 2,43 €
AD 8610 AR SO-8	8,12 € 154-47.000µF/40V	18,83 € FC 100µF/85V 0,25 €
AD 8620 AR SO-8	15,63 € 154-10.000µF/63V	9,98 € FC 1000µF/35V 0,84 €
Bellfuse Übertrager	3,16 € 154-22.000µF/63V	16,35 € FC 2200µF/35V 1,79 €
CS 8414 CS	12,68 € 154-33.000µF/63V	21,19 € FC 470µF/50V 0,88 €
CS 8420 CS	21,73 € 154-10.000µF/100V	16,71 € FC 1000µF/50V 1,36 €
HFA08TB60	1,15 € 154-22.000µF/100V	37,28 € FC 2200µF/50V 2,43 €
HFA25PB60	3,73 €	FC 47µF/63V 0,43 €
IRFP 240	2,48 €	FC 100µF/63V 0,25 €
IRFP 340	2,19 €	FC 1000µF/63V 2,02 €
IRFP 9240	2,54 €	FC 1000µF/25V 1,81 €
OPA 134 PA	1,77 €	FC 100µF/25V 0,53 €
OPA 604 AP	1,94 €	FC 100µF/25V 0,83 €
OPA 627 AP	16,08 €	FC 470µF/50V 1,89 €
OPA 2134 PA	2,28 €	FC 100µF/25V 0,53 €
OPA 2604 AP	3,04 €	FC 100µF/25V 1,09 €
PCM 1704 U-K	40,48 €	FC 1000µF/25V 1,81 €
PGA 2310 PA	14,39 €	FC 100µF/25V 1,81 €
TDA 7293 V	5,29 €	FC 100µF/25V 3,32 €
Alps RK27112, blau 2 dB	25,00 €	FC 100µF/25V 4,71 €
10k/50k/100k lin/log	15,09 €	FC 100µF/25V 13,67 €
25x27x25 mm	15,09 €	FC 100µF/25V 21,33 €
lin, mit Mittelrast	15,09 €	FC 100µF/25V 21,33 €
Motorpoti RK27112 MC	50,63 €	FC 100µF/25V 38,46 €
10k/100k lin/log	30,63 €	FC 100µF/25V 38,46 €