

61 Jahre sind vergangen, seit Paul Klipsch der staunenden Musikwelt sein „Klipschorn“ präsentierte, ein gewaltiges Basshorn, das so kunstvoll verschachtelt war, dass es in einer Zimmerecke stehend den ganzen Raum in den Hornverlauf einbezog. Dank seiner überragenden Qualitäten gab es zahlreiche Versuche, dieses Horn zu kopieren oder abzuwandeln. Einer der bekanntesten ist das Eckhorn von ACR, das die Firma Art of Sound bis heute pflegt und weiterentwickelt. HOBBY HiFi erprobte dieses große Hornsystem in der aktuellen Version.

# Eckhorn international

Eckhorn von Art of Sound mit Treibern von Beyma, Eminence und Selenium

Die grundsätzliche Konstruktion von Paul Klipsehs Eckhorn blieb seit 1943, dem Jahr der Patentanmeldung, unverändert. Allerdings gab es zahlreiche Versuche, das Prinzip in Details zu modifizieren oder auf andere Treibergrößen zu übertragen. Ein Beispiel ist das modifizierte Eckhorn für 30-cm-Treiber nach Jecklin, zu finden in Klingers Lautsprechergehäuse-Baubuch, das leider nur noch antiquarisch zu beschaffen ist.

## Das ACR-Eckhorn

Die Firma ACR verkaufte in den 80er und frühen 90er Jahren des letzten Jahrhunderts ihr Eckhorn, das ebenfalls auf die Klipsch-Kon-

### WEGWEISER

Datenblatt Tieftöner .....	28
Datenblatt Mitteltöner .....	29
Datenblatt Hochtöner .....	30
Messergebnisse .....	31
Gehäusebauplan .....	32
Schaltplan Frequenzweiche .....	34
Stückliste .....	34
Hersteller-/Vertriebsadressen .....	81

struktion zurückgeht. Dieses Horn ist über die Firma Art of Sound, damals einer der führenden ACR-Händler und bis heute Spezialist für Hornlautsprecher, weiterhin lieferbar. Firmenchef Günter Damde entwickelte das Konzept kontinuierlich weiter. Heute ist er stolz darauf, für das größte technische Problem, die Ankopplung des Mitteltonhorns an den Bass, eine überzeugende Lösung gefunden zu haben.

Dieses Problem lag darin begründet, dass das Eckhorn allenfalls bis 250 Hertz hinauf einsetzbar ist. Als so genanntes Backloaded-Hornsystem ist der Treiber nämlich im Inneren des Gehäuses untergebracht. Dort ist er in eine geschlossene Kammer eingebaut und strahlt mit der Membran-Vorderseite in das Horn hinein. Sämtlicher von ihm ausgehende Schall muss daher das Horn durchlaufen. Klar, dass da nur tiefe Frequenzen bis nach außen dringen – das Horn wirkt als mechanischer Bandpass. Ab 250 Hertz sollte der Mittelton übernehmen, und genau hier liegt der Hase im Pfeffer: Die in der Vergangenheit eingesetzten Mitteltonhörner sträubten sich gegen eine so niedrige Trennfrequenz.

### Mittelton-Holzhorn

Erst mit seinem neuen Mitteltonhorn H 220 und einem entsprechend breitbandigen Horntrieb-er gelang es Damde, den unteren Mitteltonbereich adäquat wiederzugeben. Selbst jetzt bewegt sich der Anwender noch auf dünnem Eis, denn das Mitteltonhorn wie auch das Eckhorn sind bis an die Grenzen ihrer Möglichkeiten ausgereizt.

Da die obere Grenze des Tieftön-Übertragungsbereichs durch das Horn bestimmt wird, der Raum selbst aber Teil des Horns ist, ist diese Eckfrequenz in gewissen Grenzen vom Raum abhängig. In jedem Raum stellt sich der Übernahmehereich zwischen Bass und Mitteltoner also anders dar. Die entscheidende Variable ist die relative Phasenlage beider Komponenten. Durch gleich- oder gegenphasigen Anschluss des Tieftöners kann der Anwender das System an seinen Raum anpassen. Es gibt allerdings Raumsituationen, in denen keine dieser Alternativen hilft.

HOBBY HiFi selbst machte mit diesem Umstand leidvolle Bekanntschaft. Die ersten Versuche im Hörraum waren ein Misserfolg. Kühl und körperlos klang das System, eine glatte Enttäuschung. Also zog es, gerade erst mühevoll aufgebaut, ins Heimkino der Redaktion um. Dort stellte es sich komplett anders dar: Ausgewogen und substanzvoll – wie ausgewechselt. Zwar sollten noch Tage vergehen, bis es ganz ausgereizt war – siehe Kasten „Eckhorn – die HOBBY-HiFi-Modifikationen“. Der Grundstein zum Erfolg war aber gelegt.

### Basstreiber

Als Tieftontreiber für das Eckhorn kommen viele gute 15-Zoll-Tieftöner in Frage, dank des ge-



Bei abgenommenem Deckel der Tieftöner-Montageöffnung auf der Seitenwand des Horns wird der Tieftontreiber sichtbar. Zwar sind einige Verrenkungen erforderlich, um ihn zu montieren oder zu demontieren, aber immerhin gelingt es.

schlossenen Volumens im Rücken der Membran sogar weich aufgehängte Treiber. Die größere Pegelfestigkeit bieten aber PA-Tieftöner mit harter Membranaufhängung.

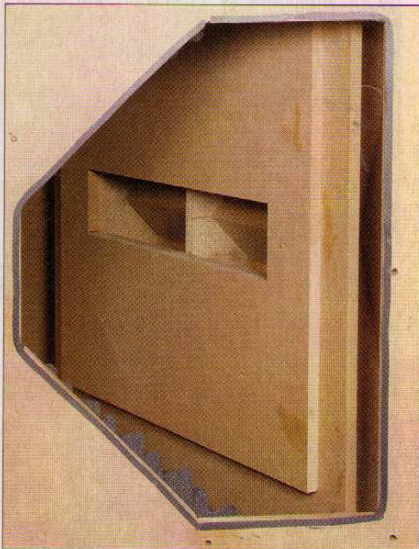
Ausschlag gebender Parameter ist das Verhältnis von Resonanzfrequenz und Gesamtgüte; der von Damde eingesetzten Eminence-Treiber Kappa 15 gibt hier den Wert 120 vor. Seine klanglichen Vorzüge sind maßgeblich im verlustarmen mechanischen Aufbau dieses Tieftöners begründet. Abzulesen ist dies am bemerkenswert niedrigen  $R_{ms}$ -Wert, dem mechanischen Verlustwiderstand. Tieftöner mit niedrigem  $R_{ms}$  zeichnen sich durch einen besonders klaren und leichtfüßigen Klang aus.

### Hochtonhorn

Für den Hochtonbereich griff Günter Damde zu einem Autohifi-Chassis, dem AST 09, den der



Auf einer der Seitenwände besitzt das Eckhorn eine Montageöffnung, durch die der Tieftontreiber zugänglich ist. Wer das Eckhorn mit einem Verstärkermodule ausrüsten möchte, findet hier die beste Einbauposition.



Bei demontiertem Tieftöner ist der Beginn des Horns mit den Umlenkblechern Nr. 15 und der Frontplatten-Versteifung Nr. 3 sichtbar. Der Tieftöner strahlt durch einen schmalen Schlitz; das Innenvolumen des Membrankonus ist daher als Druckkammer anzusehen.

spanische Hersteller Beyma unter dem Markennamen Bassxtreme anbietet. Beyma ist als Hersteller hochwertiger PA-Lautsprecherchassis bekannt, was dem AST 09 durchaus anzusehen ist. Es handelt sich um einen Ringstrahler mit Titanmembran und einem aus massivem Aluminium gedrehten Horn. Dieses besitzt im Originalzustand ein Schutzgitter, das hier aber dem klanglichen Perfektionsdrang weichen musste. Der AST 09 zeichnet sich durch seinen enorm hohen Wirkungsgrad, eine ausgesprochen glatte Frequenzgangkurve und ein absolut perfektes Ausschwingverhalten aus. Damit ist er tatsächlich die Idealbesetzung für das Eckhorn.



Der Hochtöner liegt frei zugänglich auf einer Halterung aus 40 bis 50 Millimeter starkem Multiplex oder MDF (Teil Nr. 18). Der Treiber des Mitteltonhorns ruht darunter in einem großen Kreisabschnitt dieser Halterung.

## Weichenschaltung mit 6-dB-Filtern

Die Frequenzweiche des Art-of-Sound-Eckhorns besteht durchweg aus Filtern erster Ordnung. Allerdings greifen im Mittel- und Hochtonzweig Saugkreise ein, die die Übertragungskurve bei 715 und 7.100 Hertz egalalisieren. Dies ist erforderlich, da sich Mittel- und Hochtöner in den fraglichen Bereichen durch einen gewissen Übereifer auszeichnen.

## Messergebnisse

Die Korrekturmaßnahmen wirken äußerst effektiv, wie der gemessene Frequenzgang eindrucksvoll belegt: Die Wiedergabekurve ist bemerkenswert ausgeglichen, für ein Hornsystem, zumal ein Eckhorn, das den Widrigkeiten der Raumakustik ja in besonderem Maß ausgesetzt ist, sogar überragend gut. Mit im Mittel 96 dB liegt die Empfindlichkeit dieses Systems auf einem Niveau, das mit direkt strahlenden Lautsprechersystemen kaum je erreichbar ist – zumal in Verbindung mit der unteren Grenzfrequenz von 30 Hertz. Subjektiv wirkt der Bass sogar wesentlich tiefer, als man es von Bassreflexsystemen mit ähnlich niedriger Grenzfrequenz gewohnt ist. Auch dafür liefern die Messungen eine Erklärung: Unterhalb von 30 Hertz fällt die Frequenzgangkurve nur langsam ab.

## Aufstellung

Die Raumabhängigkeit des Eckhorn-Klangs wiegt besonders schwer, da die Position der Lautsprecher nicht frei wählbar ist. Immerhin lässt sich die Mittelhochton-Hornkombination drehen. Dies sollte der Anwender nutzen, um sie exakt auf die Hörposition auszurichten. So weit möglich sollte sie auch nach innen wandern, möglichst weit weg von den Seitenwänden. Das mag gewöhnungsbedürftig aussehen, ist klanglich gesehen aber hilfreich.

## Begeisternd

Optimal eingerichtet, löst dieses Hornlautsprecher-System bei seinen Zuhörern spontane Begeisterung aus. Dazu muss es nicht einmal besonders laut aufspielen. Schon in normaler Zimmerlautstärke ist eine unerhörte Leichtigkeit und Mühelosigkeit spürbar. Die Musik löst sich von den Lautsprechern und besticht dabei durch eine markante Direktheit, ohne dabei vordergründig zu agieren. Stimmen wirken besonders klar und körperhaft, wie man es selten erlebt. Tonal gibt sich das System verblüffend neutral. Es gibt keinen Hornklang, keine Bevorzugen einzelner Frequenzbereiche. Dass hier ein Hornsystem spielt, vergisst man, sobald man die Augen schließt.

An den Proportionen der Musik ändert sich nichts, wenn die Lautstärke steigt. Die Räumlichkeit bleibt stabil, die Musik agiert weiterhin perfekt losgelöst von der körperlichen Position der Schallwandler. Unangenehm laut wirkt das



Art of Sound entfernte die rückwärtige Abdeckung des Mitteltontreibers, die hinter der Membran ein kleines Luftvolumen bildet. So ließ sich die Resonanzfrequenz des Treibers noch ein Stück absenken. Für den rauen PA-Betrieb wäre diese Maßnahme nicht ratsam, während sie für den HiFi-Einsatz nicht zu beanstanden ist.

System nie. Insbesondere bleibt der Klang auch bei großer Lautstärke weich und sanft. Das mag damit zusammenhängen, dass das, was der Zuhörer subjektiv als laut empfindet, für dieses System ja allenfalls eine mittlere Auslastung ist. Die dynamischen Grenzen kann man unter Wohnraumbedingungen praktisch nicht ausloten – eher versagt das Gehör.

## Tiefbass

Sollte es dessen noch bedürfen, dann dokumentiert das Eckhorn seine Ausnahmestellung mit der Wiedergabe von echtem Tiefbass. Die Eingangssequenz von „Also sprach Zarathustra“ eignet sich hervorragend, um dies zu demonstrieren. Die unglaublich tiefen Orgelklänge nimmt man zunächst weniger wahr als mit anderen Lautsprechern – aber nur, weil diese, während sie hilflos mit ihren Membranen wedeln, jede Menge Strömungsgeräusche erzeugen. Nicht so das Eckhorn. Keine Strömungsgeräusche, dafür ein mehr unterschwellig spürbarer Druck, den nicht allein die Ohren, sondern der ganze Körper wahrnehmen. Das ist der echte Tiefbass, den nur wenige Lautsprecher authentisch wiederzugeben vermögen. Zum Beispiel dieses Eckhorn.

## Fazit

Mehr. Von allem. Das könnte das Motto des Art-of-Sound-Eckhorns sein. Es stillt den Hunger nach opulentem Musikgenuss absolut souverän. Wenn in Ihrem Raum zwei Ecken frei sind: Stellen Sie dieses Eckhorn-System hin.



Die Frequenzweiche ist schon in der Standard-Version mit hochwertigen MKP-Kondensatoren bestückt. Die preiswerten Ferritkern-Spulen sowie die kleine Trafokernspule weichen in der High-End-Variante hochwertigen Bauteilen.

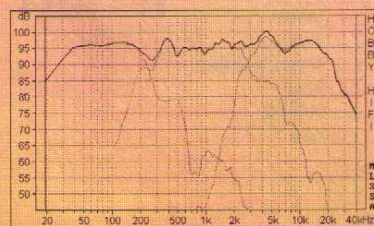
# Eckhorn – die HOBBY-HiFi-Modifikationen

Generationen von Hobby- und Profischreibern sind am Bauplan des Klipsch-Eckhorns – oder sollte man besser sagen: an den Bauplänen der diversen Varianten – nahezu verzweifelt. Längen- und Winkelmaße der komplizierten Bauteile wollten nie wirklich exakt passen. Der Grund dafür liegt allenfalls zum kleineren Teil in nicht ausreichend präzisiertem Zuschnitt der Einzelteile – das konnte HOBBY HiFi bei der Anfertigung seiner eigenen Zeichnung zweifelsfrei feststellen. Die existenten Zeichnungen, seien sie nun aus den alten Klinger-Büchern, den ACR-Unterlagen oder anderen Quellen, geben teils falsche Winkel und unkorrekte Längenmaße an.

## Fehlerbeseitigung im Eckhorn-Bauplan

Der Fairness halber muss man zugestehen, dass es ohne ein leistungsfähiges CAD-Programm kaum möglich ist, eine wirklich präzise Konstruktionszeichnung zu erstellen. Diese Mühe machte sich jetzt HOBBY HiFi – mit der Folge, dass einige Maße sich geringfügig änderten. Am grundsätzlichen Aufbau oder der Horngeometrie ändert das natürlich nichts. Ohnehin war es bisher erforderlich, beim Bau des Eckhorns zu improvisieren – einige Millimeter Toleranz sind bei einem Basshorn ja auch völlig unproblematisch.

Klanglichen Einfluss haben einige Modifikationen, die HOBBY HiFi an der Konstruktion im Hochtonbereich vornahm. Den Ausschlag gab eine gewisse Härte im Klang, die messtechnisch als Überhöhung im Bereich um vier bis fünf Kilohertz zu erkennen war:



Schalldruck-Frequenzgang Hochtöner, Mitteltoner, Tieftöner und Summe axial vor der Modifikation

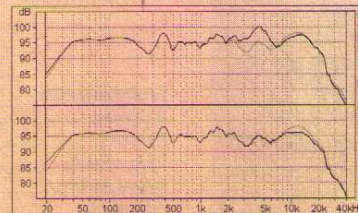
## Noppenschaumstoff für das Mitteltonhorn

In der Darstellung der Einzelfrequenzgänge ist die Ursache dieser Frequenzgangüberhöhung deutlich sichtbar: Der Hochtöner ist verantwortlich. Er zeigt einen stark ungleichmäßigen Frequenzgang. Im Verdacht hatte HOBBY HiFi sofort die glatte Oberseite des Mitteltonhorns, die wenige Zentimeter unterhalb des Hochtöners und damit in dessen Schallfeld liegt. Eine passend zugeschnittene Platte Noppenschaumstoff (ein Viertelkreis mit 50 cm Radius) be-

dete den Spuk – die Frequenzgangspitze bei 4,5 kHz kam tatsächlich durch Reflexion des Hochtonschalls an der Oberseite des Mitteltonhorns zustande. Filz oder Dämpfungswatte wirken an dieser Stelle nicht zufriedenstellend.

## Hochtonwiderstände

Jetzt blieb noch eine leichte Bevorzugung des Brillanzbereichs um zehn Kilohertz. Den Vorwiderstand des Hochtöners R2 einfach zu vergrößern half hier allerdings nicht: Diese Maßnahme verändert auch die Wirkung des parallel zum Hochtöner liegenden Saugkreises, denn Vorwiderstand und Saugkreis bilden einen Spannungsteiler. Damit dieser unverändert bleibt, muss der Widerstand des Saugkreises im gleichen Maß geändert werden wie der Vorwiderstand. Praktischerweise besitzen beide den gleichen Wert.



Wirkung der Noppenschaumstoff-Verkleidung des Mitteltonhorns (oben) und der geänderten Widerstände (unten)

## Polung des Tieftöners

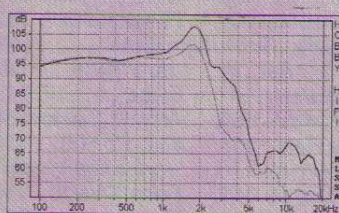
Die letzte Modifikation ist im Zusammenhang mit der Raumakustik zu sehen: Die optimale Schalladdition im Übernahmehereich von Tief- und Mitteltöner hängt von der Phasenlage beider Schallkomponenten ab, und die ist raumabhängig. Ob der Bass gleich- oder gegenphasig zum Mitteltöner besser spielt, sollte der Anwender experimentell ermitteln. Eine generelle Empfehlung zu geben ist unmöglich. Das Optimum ist erreicht, wenn der Grundtonbereich angemessen souverän und voluminös klingt. Ideales Musikmaterial, um dies zu testen, sind tiefe Männer- oder Frauenstimmen.



Um Hochton-Reflexionen an der großflächigen Oberseite des Mitteltonhorns zu vermeiden, wird sie mit Noppenschaumstoff verkleidet. Die Noppen absorbieren den unter flachem Winkel auftreffenden Schall optimal. Dämpfungswatte oder Filz sind dagegen ungeeignet.

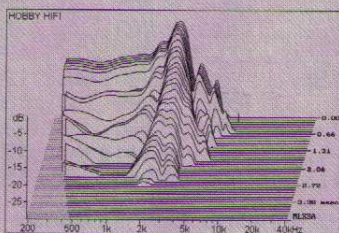


## Eminence Kappa 15



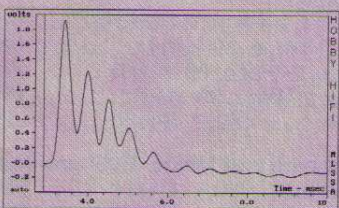
### Schalldruck-Frequenzgang in unendlicher Schallwand axial und unter 30°

Bis 1.000 Hertz perfekt, Membranresonanz bei 2 kHz, darüber resonanzfreier Abfall der Kurve.



### Wasserfallspektrum in unendlicher Schallwand axial

Bis 1.000 Hertz perfekt; die Membranresonanz schwingt deutlich nach. Optimaler Einsatzbereich reicht daher bis 500 Hertz.



### Sprungantwort in unendlicher Schallwand axial

Von der Membranresonanz geprägtes Ausschwingen.

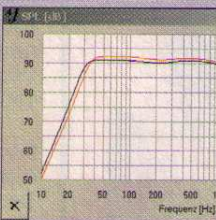
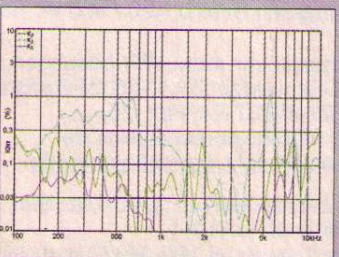
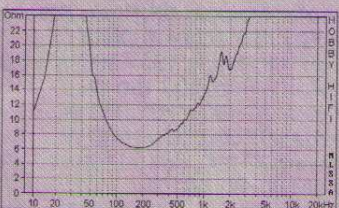
### Impedanz-Frequenzgang Freiluft

Ab 1.000 Hertz starke Resonanzphänomene.

### Tiefton-Simulation mit Vorwiderstand 0,2 Ohm und 1,0 Ohm

	0,2 Ohm	1,0 Ohm
Gehäusevolumen/l	180	230
Abstimmfrequenz/Hz	33	29
Untere Grenzfrequenz (-3 dB)/Hz	34	30
Bassreflex-Durchmesser (mm)	150	150
Bassreflex-Tunnel-Länge (mm)	150	150

Der Kappa 15 benötigt ein sehr großes Bassreflexgehäuse um 200 Liter, um seine Qualitäten optimal auszuspielen. Die hier mögliche Grenzfrequenz von 30 Hertz ist allerdings sehr reizvoll.



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

Sehr niedrige Verzerrungswerte.

Preis: 150 Euro

Vertrieb: Adam Hall, Neu Anspach

Im umfangreiche Lautsprecherchassis-Programm des amerikanischen Herstellers Eminence nimmt die Kappa-Serie einen Platz im gehobenen Mittelfeld ein. Wie alle Tieftöner dieser Serie besitzt der Kappa 15 einen stabilen Stahlblechkorb, in dem eine sehr steife Papiermembran in eine beschichtete Leinensicke eingespannt ist. Dank des Spulentragers aus nichtleitendem Kapton treten keine Wirbelstromverluste auf, und auch in mechanischer Hinsicht ist der Kappa 15 besonders verlustarm konstruiert. Dies führt zu der für einen Tieftöner seiner Größe erstaunlich niedrigen Rms-Wert von 1,7 kg/s. Er bietet damit günstige Voraussetzungen für eine saubere und präzise Tieftonwiedergabe.

Mit seiner relativ kurzen Schwingspule ist der Kappa 15 in einem Horn optimal untergebracht. Dank seiner niedrigen Resonanzfrequenz in Verbindung mit der nicht zu niedrigen Gesamtgüte ist der Einsatz in einem Bassreflexgehäuse allerdings auch nicht zu verachten: Hier reicht er annähernd bis 30 Hertz linear hinunter, ein Wert, der das sehr große Gehäuse im Bereich um 200 Liter rechtfertigt.

Der vorbildlich glatte Frequenzbereich und das ebenfalls exzellente Ausschwingverhalten ermöglichen den Einsatz dieses Treibers bis 500 Hertz hinauf. Darüber sollte er nicht betrieben werden, da eine knapp unter 2.000 Hertz angesiedelte Membranresonanz ausgiebig nachschwingt. Ein Sicherheitsabstand von zwei Oktaven ist daher zu empfehlen.

### Technische Daten

#### Schwingspulen-daten:

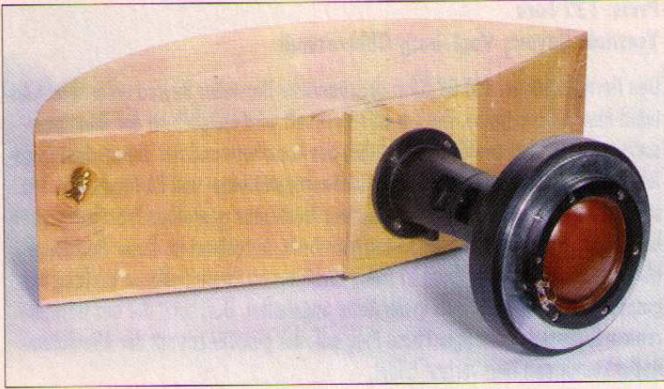
Durchmesser:	76,2 mm
Wickelhöhe:	13,1 mm
Trägermaterial:	Kapton
Spulenmaterial:	Kupfer-Runddraht
Luftspalttiefe:	9,5 mm
lineare Auslenkung:	Xmax = 1,8 mm

#### Thiele-Small-Parameter:

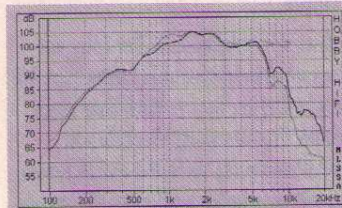
Re	= 5,2 Ohm
Le	= 1,3 mH
Fs	= 28 Hz
Qms	= 7,1
Qes	= 0,24
Qts	= 0,23
Sd	= 845 qcm
Vas	= 461 l
Cms	= 0,46 mm/N
Mms	= 71 g
Rms	= 1,7 kg/s
B*l	= 16,2 N/A

Außendurchmesser:	385 mm
Einbaudurchmesser:	350 mm
Frästiefe:	6,5 mm
Einbautiefe (nicht eingefräst):	140 mm
Nennimpedanz nach DIN:	8 Ohm
Impedanzminimum:	6,2 Ohm/180 Hz
Impedanz bei 1 kHz:	13,1 Ohm
Impedanz bei 10 kHz:	48 Ohm
Empfindlichkeit im Tieftonbereich:	92,5 dB
höchste Trennfrequenz:	500 Hz
Membranmaterial:	Papier
Sickenmaterial:	Gewebe, beschichtet
Dustcap-Material:	Papier
Korbmaterial:	Stahlblech
Belüftungsmaßnahmen:	keine



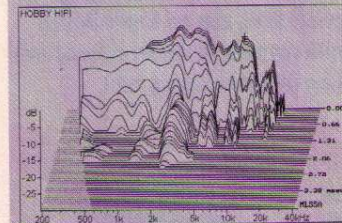


## Selenium D 405 mit AOS H 220 und 2 x Beyma AM 21



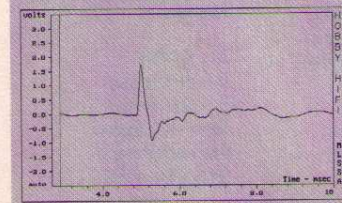
### Schalldruck-Frequenzgang auf unendlicher Schallwand axial und unter 30°

Maximaler Wirkungsgrad ab 1.000 Hertz, darunter aber nur langsamer Frequenzgangabfall, daher bei Verzicht auf Wirkungsgrad schon deutlich tiefer an-koppelbar.



### Wasserfallpektrum auf unendlicher Schallwand axial

Leichtes Nachschwingen im gesamten Übertragungsbereich.



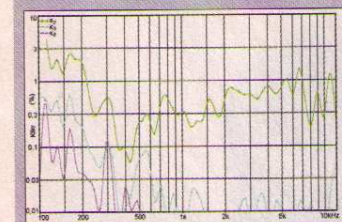
### Sprungantwort auf unendlicher Schallwand axial

Schnelles Ein- und Ausschwingen.



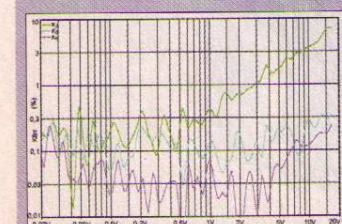
### Impedanz-Frequenzgang

Hornresonanzen im gesamten Übertragungsbereich.



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

Extrem niedrige Verzerrungen höherer Ordnung, nur K2 ist relativ kräftig.



### Klirrfaktor K2, K3 und K5 über Signalpegel bei 250 Hz

K3 und K5 bleiben bis 17 Volt sehr niedrig.

**Preis: Treiber 266 Euro, Horn 450 Euro, Adapter AM 21 je 33 Euro**  
**Vertrieb: Selenium Europe, Wiesbaden; Art of Sound, Saarbrücken; Beyma, Vogtsburg-Oberrotweil**

Das größte in der Serie von drei Holzhörnern, die Art of Sound produziert, macht mit seiner Breite von gut einem dreiviertel Meter schon optisch einiges her. Das Horn ist für eine untere Grenzfrequenz von 220 Hertz ausgelegt – daher die Bezeichnung H 220. Der Anschluss für den Horntrieberr besitzt einen Durchmesser von zwei Zoll. Je nachdem, welcher Treiber hier andockt, sind unterschiedliche Hornadapter verfügbar. Für diesen Test stand das H 220 mit dem Zwei-Zoll-Treiber D 405 von Selenium zur Verfügung. Dieser kann nicht direkt an das Horn angeschraubt werden, da Horn und Treiber dann gegenseitig ihre Schraublöcher verdecken. Deshalb wurden zwei Adapter vom Typ Beyma AM 21 spiegelbildlich mit ihren Ein-Zoll-Anschlüssen aneinander geschraubt, so dass außen jeweils ein Zwei-Zoll-Anschluss blieb. Dieser Aufbau erzeugt vor der Membran eine kleine Druckkammer, da sich der Hornverlauf schon im Treiber erweitert und er dann wieder auf ein Zoll eingeschnürt wird. Diese Druckkammer erzeugt prinzipiell ein Tiefpassverhalten. Bis über 6.000 Hertz lieferte diese Kombination aber einen ausgewogenen Frequenzgang ab – kein Problem also.

Eine zweite Modifikation war erforderlich, um den Übertragungsbereich dieser Mittelton-Hornkombination möglichst weit nach unten auszudehnen: Art of Sound entfernte die rückwärtige Abdeckung des Treibers, die hinter der Membran ein kleines Luftvolumen bildet. So ließ sich die Resonanzfrequenz des Treibers noch ein Stück absenken. Zwar verliert der Treiber durch diesen Umbau an Belastbarkeit, da ja die Rückstellkraft der Luftfeder fehlt. In der praktischen Anwendung in Verbindung mit dem Art-of-Sound-Eckhorn erwies sich aber, dass unter Wohnraumbedingungen eine mechanische Überlastung kaum zu befürchten ist. Im PA-Einsatz, für den dieser Treiber ursprünglich vorgesehen ist, ist die Entfernung der Abdeckung allerdings nicht zu empfehlen.

Messtechnisch überzeugte das Horn mit atemberaubend niedrigen Verzerrungen und einem hohen Wirkungsgrad von 100 bis 105 dB – allerdings erst ab etwa 1.000 Hertz. Darunter fällt der Frequenzgang aber nur allmählich ab. Ist der maximale Wirkungsgrad nicht gefragt, dann kann diese Kombination daher auch deutlich breitbandiger zum Einsatz kommen. Immerhin sind dann schaltungstechnische Maßnahmen erforderlich, um den Frequenzgang zu linearisieren. Dass dies hervorragend gelingen kann, zeigt das Art-of-Sound-Eckhorn, in dem diese Treiber-Horn-Kombination zwischen 250 und 3.200 Hertz ausgezeichnet aufspielt.

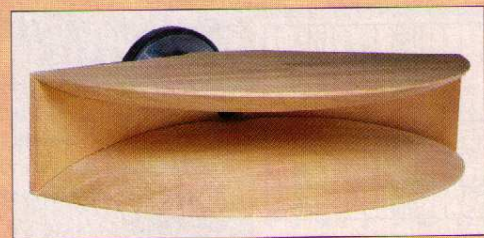
### Technische Daten

Horn:  
 Maße BxHxT ..... 760x182x398 mm  
 Hornanschluss: ..... 2" / 50,8 mm

Elektromechanische Parameter:

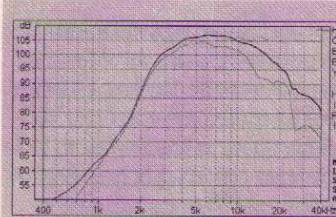
Treiber:  
 Außendurchmesser: ..... 208 mm  
 Tiefe: ..... 71 mm  
 Hornanschluss: ..... 2" / 50,8 mm  
 Membranmaterial: ..... Phenolharz-Hartgewebe  
 Sicke: ..... Phenolharz-Hartgewebe  
 Schwingspuldurchmesser: ..... 100 mm  
 Spulenträgermaterial: ..... Kaptan  
 Schwingspulenführung: ..... Litze  
 Ferrofluid: ..... nein  
 Nennimpedanz nach DIN: ..... 8 Ohm  
 Impedanzminimum: ..... 6,4 Ohm/250 Hz  
 Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m, 1 kHz): .. 101 dB  
 niedrigste Trennfrequenz: ..... 250 Hz  
 Übertragungsbereich (-6 dB) ..... 550 Hz – 6,3 kHz

Re = 6,1 Ohm  
 Le = 100 µH/20 kHz  
 Fs = 200 Hz  
 Qms = nicht sinnvoll messbar  
 Qes = nicht sinnvoll messbar  
 Qts = nicht sinnvoll messbar



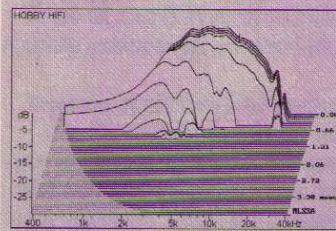


## Beyma AST 09



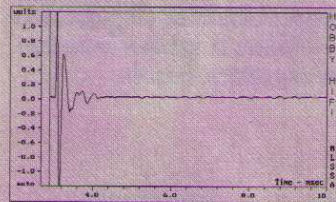
### Schalldruck-Frequenzgang auf unendlicher Schallwand axial und unter 30°

Exzellente Linearität, allerdings schon ab 10 kHz allmählicher Frequenzgangabfall.



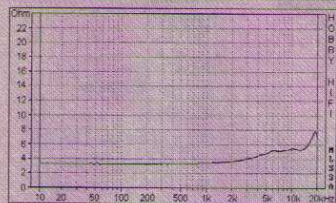
### Wasserfallspektrum auf unendlicher Schallwand axial

Nicht mehr zu übertreffendes Ausschwingverhalten.



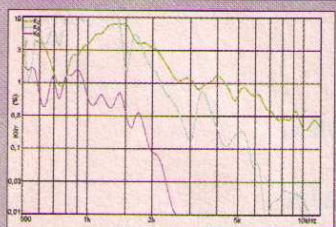
### Sprungantwort auf unendlicher Schallwand axial

Schnelles Einschwingen, Ausschwingvorgang mit einigen Überschwingern.



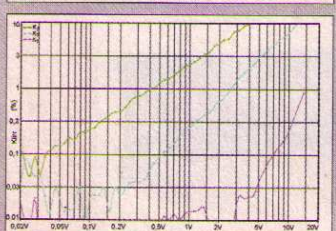
### Impedanz-Frequenzgang

Keine ausgeprägte Resonanzfrequenz.



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

Ab 3.000 Hertz ausreichend niedrige Verzerrungen, K3 und K5 fallen mit steigender Frequenz sehr schnell immer weiter ab.



### Klirrfaktor K2, K3 und K5 über Signalpegel bei 3,0 kHz

K3 erreicht zwar bei 12 Volt die Zehn-Prozent-Marke, was aber angesichts des hohen Wirkungsgrads bereits 114 dB Schalldruckpegel bedeutet – der AST 09 ist daher unter HiFi-Bedingungen ab 3 kHz einsetzbar.

Preis: 132 Euro

Vertrieb: Beyma, Vogtsburg-Oberrotweil

Den Horn-Hochtöner AST 09 führt der spanische Hersteller Beyma unter seiner Autohifi-Marke Bassxtreme. Die Car-HiFi-Herkunft wird lediglich an der Nennimpedanz von vier Ohm deutlich. Hinsichtlich des Aussehens und der akustischen Qualitäten unterscheidet er sich nicht von hochwertigen Home- und PA-Produkten. Die solide Bauweise wird an der aus massivem Aluminium gedrehten Frontpartie sichtbar. Hinter ihr verbirgt sich eine Titan-Membran. Aufgebaut ist dieser Hochtöner als Ringstrahler. Die Membran ist daher nicht nur an ihrem äußeren Umfang eingespannt, sondern zusätzlich in der Mitte angeheftet. Dort setzt der aus transparentem Kunststoff gefertigte Phase Plug auf, der gemeinsam mit der Aluminium-Außenkontur den Hornverlauf bildet.

Im Vergleich mit der Katalogabbildung fällt das fehlende Frontgitter auf. Dieses entfernt Art of Sound für die Kombination mit dem Eckhorn, weil es klanglich nicht ganz unproblematisch ist. Unschön ist dabei die umlaufende Nut, in der das Gitter verklebt war: Hier bleiben Klebstoffreste zurück.

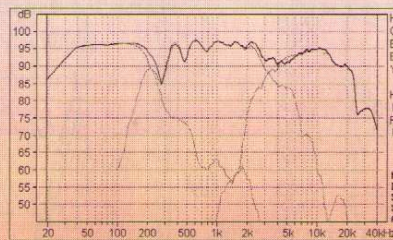
Messtechnisch zeigt sich der AST 09 von seiner Schokoladenseite: Der Frequenzgang verläuft perfekt glatt, das Ausschwingverhalten könnte nicht besser sein. Mit bis zu 107 dB bei 2,83 Volt Signalspannung besitzt der Beyma-Hochtöner einen beachtlichen Wirkungsgrad. Allerdings fällt der Frequenzgang oberhalb von 10.000 Hertz allmählich ab. Um ihm ein breitbandigeres Verhalten anzuerziehen, ist daher eine relativ aufwändige Frequenzweichenschaltung mit einem Saugkreis erforderlich. Darunter leidet zwar die Empfindlichkeit, aber zur Empfindlichkeit des Eckhorns besteht immerhin ein Spielraum von zehn dB, den Art of Sound auch tatsächlich sehr erfolgreich zur Linearisierung des Frequenzgangs nutzt.

### Technische Daten

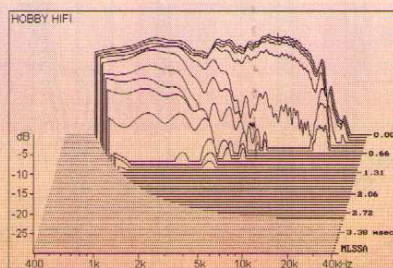
Außendurchmesser: .....	89 mm	Elektromechanische Parameter:
Einbaudurchmesser: .....	72 mm	
Frästiefe: .....	17 mm	
Einbautiefe (nicht eingefräst): .....	61 mm	
Frontplatte: .....	Aluminium	
Membranmaterial: .....	Titan	
Sicke: .....	Titan	
Schwingspuldurchmesser: .....	25 mm	
Spulenträgermaterial: .....	Kapton	
Schwingspulenführung: .....	Litze	
Ferrolfluid: .....	nein	
Nennimpedanz nach DIN: .....	4 Ohm	
Impedanzminimum: .....	3,4 Ohm	
Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m, 4 kHz): .....	105 dB	
niedrigste Trennfrequenz: .....	3,0 kHz	
Übertragungsbereich (-6 dB) .....	2,7-16 kHz	

Re = 3,4 Ohm  
Le = nicht messbar  
Fs = nicht messbar  
Qms = nicht messbar  
Qes = nicht messbar  
Qts = nicht messbar

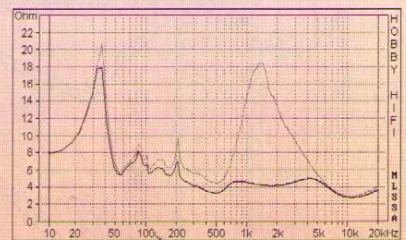




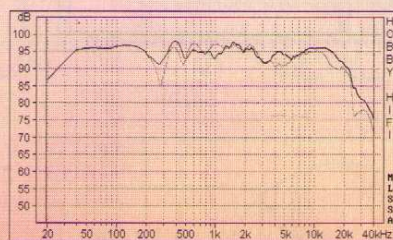
**Schalldruck-Frequenzgang Hochtöner, Mittel-töner, Tieftöner und Summe unter 30°**  
 Bedingt durch abweichende Laufzeiten in den Übernahmehereichen nicht optimale Schalladdition. Die Lautsprecher müssen daher exakt auf die Hörposition ausgerichtet werden.



**Wasserfallspektrum 0°**  
 Um Raumreflexionen zu unterdrücken, liegt dieser Messung ein relativ kurzes Zeitintervall zugrunde. Ab 700 Hertz exzellentes, schnelles und gleichmäßiges Ausschwingen.



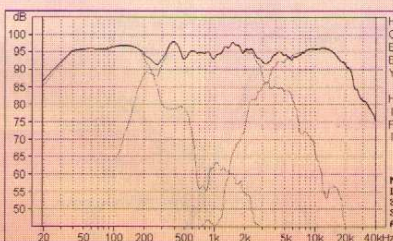
**Impedanz-Frequenzgang ohne und mit Impedanzkorrektur**  
 Der bis 200 Hertz unruhige Impedanzverlauf kommt durch das Eckhorn zustande. Für Röhrenfans interessant: Durch Hinzufügen eines Saugkreises lässt sich die Impedanzkurve im Mittelhochtonbereich glätten. R4, C7 und L5 sorgen im Übernahmehereich zwischen Hoch- und Tieftöner für eine klare Linie. Röhrenverstärker profitieren von einer konstanten Lastimpedanz und belohnen den Aufwand mit präzisiertem Bass und unaufdringlichen Mitten. Transistorverstärker mit hohem Dämpfungsfaktor haben von der Impedanzlinearisierung keinen Vorteil.



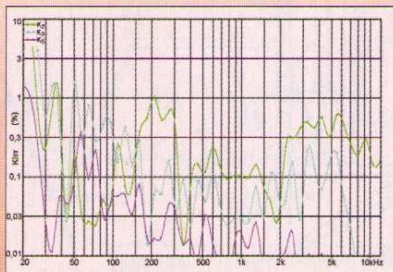
**Schalldruckpegel axial (—) und unter 30 Grad (---)**  
 Für ein Eckhorn-System bemerkenswert ausgewogener Frequenzgang, hervorragendes Rundstrahlverhalten, im Bereich der Übernahmefrequenzen zeigt die 30-Grad-Messung Einbrüche.



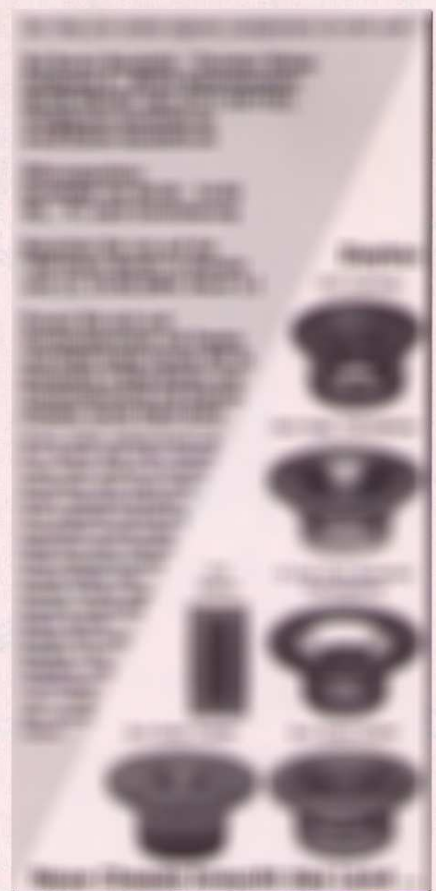
**Sprungantwort 0°**  
 Bedingt durch die lange Schalllaufzeit durch das Horn länger einschwingvorgang. Mittel- und Hochtöner schwingen innerhalb von 0,8 Millisekunden und damit schnell ein.



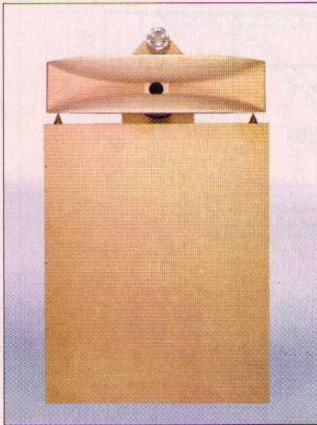
**Schalldruck-Frequenzgang Hochtöner, Mittel-töner, Tieftöner und Summe axial**  
 Fehlerfreie Schalladdition in den Übernahmehereichen.



**Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel**  
 Ausgesprochen niedrige Verzerrungen, auch im Tieftonbereich.







**Name:**

Eckhorn 2" Standard

**Entwickler:**

Eckhorn: Paul Klipsch  
 Frequenzweiche: Günter Damde,  
 Art of Sound (Saarbrücken)

**Maße:**

Eckhorn: BxHxT = 788x976x603 mm  
 Kompletter Lautsprecher:  
 BxHxT = 788x1.350x603 mm

Gehäuse-Funktionsprinzip:  
 Exponential-Eckhorn

Nennimpedanz nach DIN:  
 4 Ohm

Impedanzminimum  
 (ohne/mit Impedanzkorrektur):  
 3,0 Ohm/11 kHz, 2,8 Ohm/11 kHz

Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m):  
 96 dB

Trennfrequenzen:  
 250 Hz, 3,2 kHz

**Preise pro Lautsprecherbox:**

Tieftöner: .....	150 Euro
Mitteltontreiber: .....	266 Euro
Mitteltonhorn: .....	450 Euro
Hochtöner: .....	132 Euro
Frequenzweichen-Bauteile (ohne Impedanzkorrektur): .....	ab 120 Euro
Holz-Zuschnitte MDF roh: (rechteckige Zuschnitte ohne Fasen, Gehrungen, Ausfräsungen) .....	100 Euro
Holz-Bausatz MDF roh komplett vorgefertigt: .....	370 Euro
Holz-Bausatz Multiplex komplett vorgefertigt: .....	500 Euro
Sonstiges: .....	80 Euro
Komplettbausatz einschl. MDF- Gehäusebausatz: .....	1.500 Euro

**Stückliste**

**Lautsprecherchassis:**

- 1 Tieftöner Eminence Kappa 15 (8 Ohm)  
(Vertrieb: Adam Hall, Neu Anspach)
- 1 Mitteltontreiber Selenium D 405  
(Vertrieb: Selenium Europe, Wiesbaden)
- 1 Mitteltonhorn AOS H 220 (Vertrieb:  
Art of Sound, Saarbrücken)
- 2 Hornadapter Beyma AM 21 (Vertrieb:  
Beyma, Vogtsburg-Oberrotweil)
- 1 Hochtöner Beyma AST 09 (Vertrieb:  
Beyma, Vogtsburg-Oberrotweil)

**Holz:**

Multiplex oder MDF 19 mm:  
 1 x Teil 1 (Front) ..... 976x788 mm

Multiplex oder MDF 13 mm:  
 1 x Teil 2 (innere Schallwand) 771x535 mm  
 1 x Teil 3 (Frontversteifung) ..... 950x75 mm  
 4 x Teil 4 (seitl. Umlenkbletter) 403x75 mm  
 4 x Teil 5 (seitl. Umlenkbletter) 250x182 mm  
 1 x Teil 6 (Schallwandaufdoppelung) .....  
 ..... 450x400 mm

2 x Teil 7 (Rückwand der Druckkammer) .....  
 ..... 536x535 mm  
 1 x Teil 8 (Halter f. Rückwand) 248,5x155 mm  
 2 x Teil 9 (Boden, Deckel) ... 757,5x571 mm  
 2 x Teil 10 (Seitenwände) ..... 976x555 mm  
 2 x Teil 11 Umlenkbletter ..... 535x300 mm  
 2 x Teil 12 (Umlenkbletter) .... 341x208,6 mm  
 3 x Teil 13 (Halter f. Rückwand) 235x95 mm  
 1 x Teil 14 (Rückwand) ..... 976x235 mm  
 4 x Teil 15 (Umlenkbletter) ..... 161x75 mm  
 4 x Teil 16 (Umlenkbletter) ..... 261x68 mm  
 1 x Teil 17 (Deckel f. TT-Montageöffnung) ...  
 ..... 500x380 mm

Multiplex oder MDF 40-50 mm:  
 1 Mittelhochton-Halterung ..... 327x280 mm

**Verarbeitungstipps:**

Der Lochdurchmesser in Teil 6 muss dem verwendeten Treiber entsprechend angepasst werden. Für den Eminence Kappa 15 kann dieses Loch bis auf 350 mm Durchmesser vergrößert werden. Es muss sichergestellt sein, dass die Sicke auch bei maximaler Membranauslenkung das Holz nicht berührt. Die Löcher für die Befestigungsschrauben des Tieftöners müssen in Teil 6 und Teil 2 vor dem Zusammenbau des Gehäuses gebohrt und die Rampamuffen bzw. Einschlagmuttern eingesetzt werden. Um zu verhindern, dass die Einschlagmuttern herausfallen, können sie in Teil 6 eingeschlagen und die Teile 6 und 2 dann miteinander verleimt werden, so dass die Einschlagmuttern zwischen den beiden Platten sitzen. Sie müssen dazu natürlich mit einem Forstnerbohrer oberflächenbündig eingelassen werden. Außerdem hat es sich bewährt, die Gewinde von Einschlagmuttern mit einem Gewindeschneider nachzuschneiden und zu fetten.

**Bedämpfung:**

Die Druckkammer wird rückseitig (nur Teile 7) mit Noppenschaumstoff ausgekleidet, die Tieftöner-Montageklappe und der gegenüber liegende Bereich von Teil 10 mit je eine Platte Bawotumex (Bitumen-Baumwoll-Kombination) beklebt.  
 Die Oberseite des Mitteltonhorns wird mit Noppenschaumstoff verkleidet. Filz oder Polyesterwatte sind nicht geeignet.

**Dämmung:**

Die Teile 7 werden mit je einer Platte Bitumex 4 mm beschichtet, Teil 10 (nur die Seite ohne Tieftöner-Montageklappe) und die Tieftöner-Montageklappe mit je eine Platte Bawotumex (Bitumen-Baumwoll-Kombination) beklebt.

**Dichtmaterial:**

Selbstklebende Schaumstoff-Dichtstreifen für luftdichten Einbau des Deckels der Tieftöner-Montageöffnung und ggf. des Anschlusssterminals. Der Tieftöner ist ab Werk mit einer Dichtung versehen.

**Anschlüsse:**

Beliebiges Anschlussfeld, Polklemmen oder Bananenbuchsen

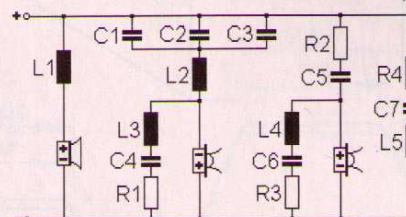
**Schrauben:**

Tieftöner:  
 8 Zylinderkopfschrauben M5x40 mm,  
 8 Rampamuffen oder Einschlagmuttern M5  
 Deckel der Tieftöner-Montageöffnung:  
 7 Zylinderkopfschrauben M4x40 mm,  
 7 Rampamuffen oder Einschlagmuttern M4

**Innenverkabelung:**

Lautsprecher-Litze 2x6 qmm für den Tieftöner.  
 Kimber APR für Mittel- und Hochtöner.

**Frequenzweiche:**



Art of Sound Eckhorn 2" Standard

Die Frequenzweiche wird in der dafür vorgesehenen Kammer unter Verwendung von etwas Dämpfungsmaterial arretiert.

Das Impedanzkorrekturglied (R4, C7 und L5) ist nur für den Betrieb mit einer Röhrendstufe sinnvoll und erforderlich.

Diese Bauteilequalitäten garantieren ein hervorragendes Ergebnis zu einem attraktiven Preis. Sie entsprechen den im Komplettbausatz enthaltenen Bauteilen.

- L1 = 8,2 mH Eisenkernspule FE 84 oder größer, R<0,2 Ohm
- L2 = 1,5 mH Ferritkernspule, R<0,25 Ohm
- L3 = 1,5 mH Ferritkernspule, R<0,25 Ohm
- L4 = 0,05 mH Luftspule, 1,0 mm Draht
- L5 = 0,22 mH Luftspule, 0,7 mm Draht
- C1 = 100 µF MKP Folie
- C2 = 68 µF MKP Folie
- C3 = 0,1 µF MKP Folie
- C4 = 33 µF MKT Folie
- C5 = 10 µF MKP Folie
- C6 = 10 µF MKT Folie
- C7 = 47 µF MKT Folie
- R1 = 3,3 Ohm, 10 W Metalloxid
- R2 = 1,5 Ohm, 10 W Metalloxid
- R3 = 1,5 Ohm, 10 W Metalloxid
- R4 = 4,7 Ohm, 20 W Zement

**High-End-Empfehlung:**

Wer den bereits bei Realisierung der Preis-Leistungs-Empfehlung hervorragenden Klang weiter optimieren möchte, kann mit den nachfolgend genannten Bauteilequalitäten experimentieren. Sie stellen lediglich Anhaltspunkte dar, an welchen Positionen und in welcher Form Verbesserungen voraussichtlich den größten Erfolg bringen.

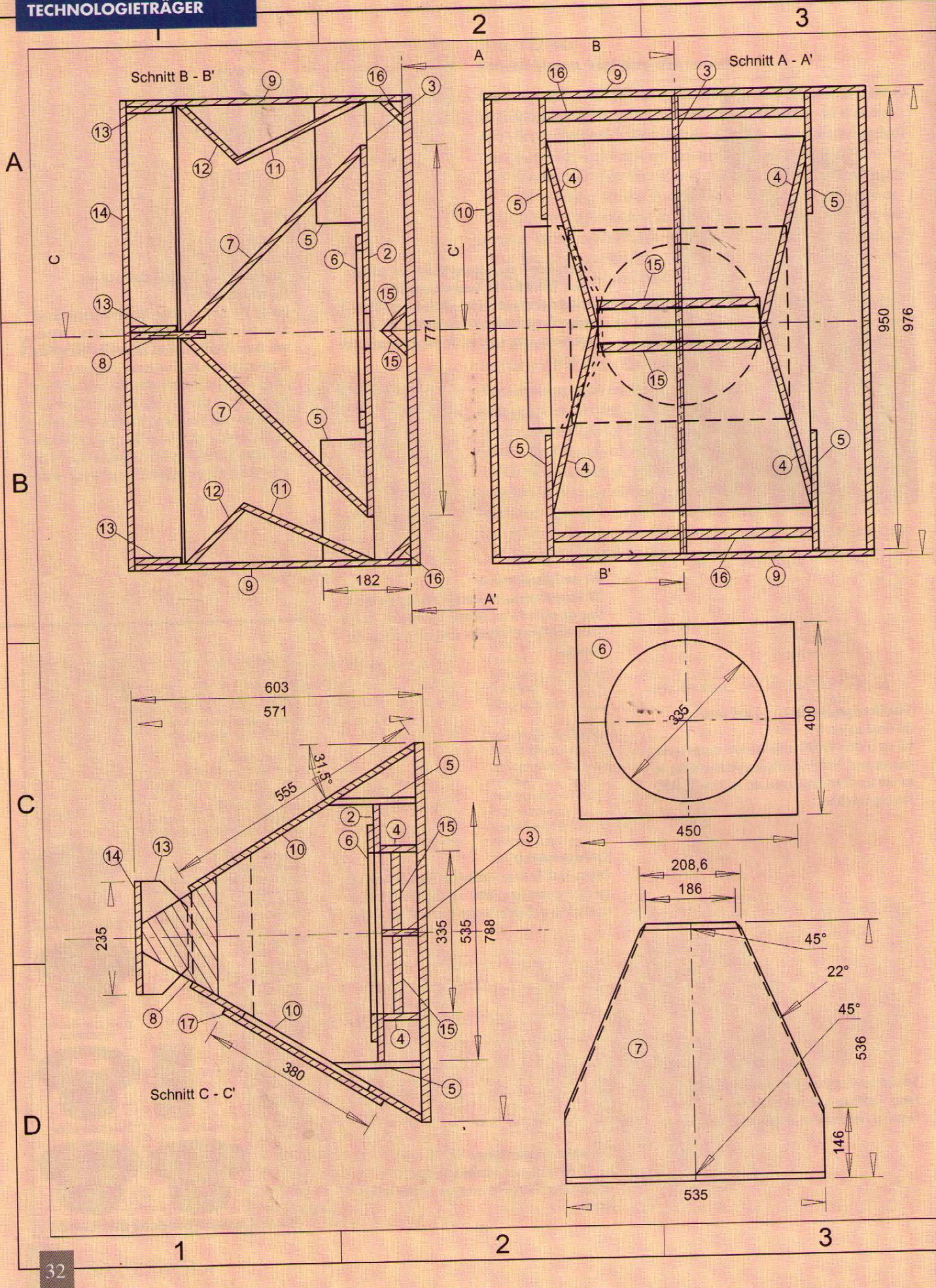
- L1 = 8,2 mH Eisenkernspule FE 130 oder größer, R<0,25 Ohm, vakuumgetränkt
- L2 = 1,5 mH Kupferbandspule, R<0,25 Ohm
- L3 = 1,5 mH Kupferbandspule, R<0,25 Ohm
- L4 = 0,05 mH Kupferbandspule
- L5 = 0,22 mH Luftspule, 0,7 mm Draht
- C1 = 100 µF MKP Folie
- C2 = 68 µF MKP Folie
- C3 = 0,1 µF Supreme-Cap
- C4 = 33 µF MKP Folie
- C5 = 10 µF Supreme-Cap
- C6 = 10 µF MKP Folie
- C7 = 47 µF MKP Folie
- R1 = 3,3 Ohm, 10 W Metalloxid
- R2 = 1,5 Ohm, 10 W Metalloxid
- R3 = 1,5 Ohm, 10 W Metalloxid
- R4 = 4,7 Ohm, 20 W Zement

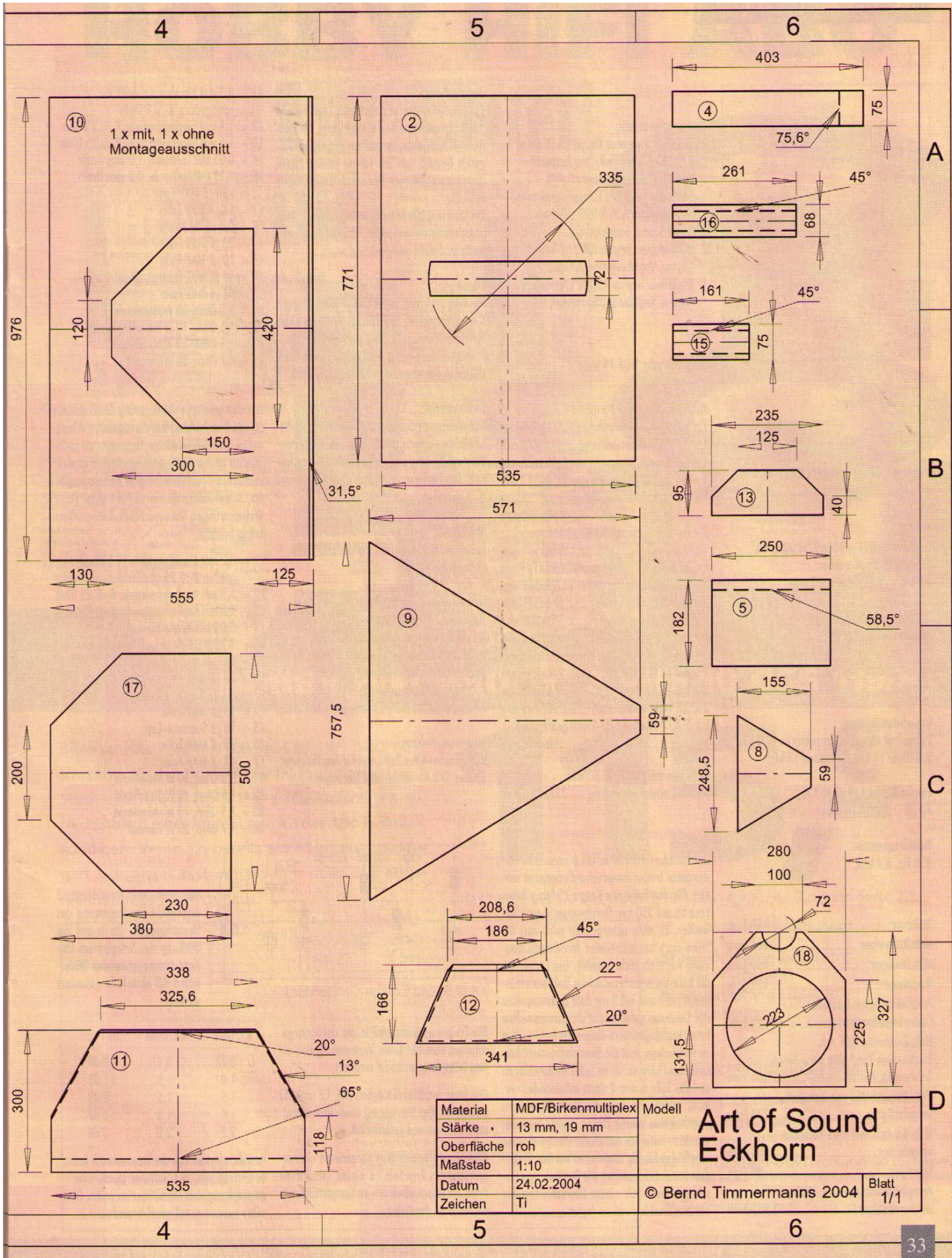
**Modifikationsempfehlungen**

Der Hochtöner-Vorwiderstand ermöglicht die Anpassung des Hochtonpegels. Da er auf die Wirkung des Saugkreises Einfluss nimmt, muss der Widerstand R3 ebenfalls geändert werden:

	R2/Ohm	R3/Ohm	HT-Pegel
	0,47	0,47	+2 dB
	1,0	1,0	+1 dB
	1,5	1,5	0 dB
	1,8	1,8	-1 dB
	2,2	2,2	-2 dB

In Abhängigkeit von der Raumakustik kann es sinnvoll sein, den Tieftöner gleich- oder gegenphasig zum Mitteltoner zu polen. Dies sollte experimentell geprüft werden.





1 x mit, 1 x ohne  
Montageausschnitt

Material	MDF/Birkenmultiplex	Modell	<b>Art of Sound Eckhorn</b>
Stärke	13 mm, 19 mm		
Oberfläche	roh		
Maßstab	1:10		
Datum	24.02.2004		
Zeichen	Ti	© Bernd Timmermanns 2004	Blatt 1/1