

**F**ür den Hornbetrieb bietet der FE 103 Sigma ideale Voraussetzungen: Ein üppiges Magnetsystem, das den - nicht durch das Horn beeinflussten - Mittel- und Hochtonbereich auf den hohen Wirkungsgrad bringt, den ein Baßhorn im Tieftonbereich vorgibt. Seine kleine Membran schafft allerdings auch ein Problem: Damit der Hornhals entsprechend zierlich ausfällt, ist ein sehr langes Horn erforderlich.

Das prinzipbedingt sehr gute Rundstrahlverhalten einer kleinen Membran erfordert die Wahl einer möglichst schmale Schallwand: Beugungseffekte durch Schallbrechung an den Gehäusekanten bleiben dem Mitteltonbereich auf diese Weise erspart.

Andererseits benötigt ein Baßhorn nicht eben wenig Volumen. Bei gegebener geringen Gehäusebreite dieses läßt sich dieses am einfachsten durch großzügig bemessene Tiefe gewinnen. Zusätzlich entschied das K&T-Labor sich für eine Gehäuseverbreiterung im Sockelbereich: Dort fällt sie akustisch wie optisch am wenigsten auf.

### **Horntyp**

Das knappe Gehäusevolumen war ausschlaggebend für die Wahl des Horntyps: Ein hyperbolisches öffnet sich anfangs langsamer als ein Exponentialhorn, weshalb sich bei gleicher Hals- und Mundöffnung sowie Grenzfrequenz eine Volumensparnis von 20 Prozent ergibt - siehe Grundlagenartikel in dieser Ausgabe. Die Mundöffnung landete auf der Gehäuse-

rückseite: So bleibt die Front gleichmäßig schlank, und durch Wechselwirkung mit der rückwärtigen Zimmerwand als Fortsetzung des Horns ergibt sich eine scheinbare und akustisch wirksame Hornmundfläche, die der tatsächlich vorhandenen Mundöffnung weit überlegen ist.



**Der Breitbandlautsprecher FE 103 Sigma klotzt mit seinem großzügig dimensionierten Magnetsystem.**

Dieser Effekt läßt sich durch Variation des Abstands zwischen dem Horngehäuse und der Zimmerwand dosieren: Das gleichmäßigste Übertragungsverhalten stellte sich im K&T-Hörraum bei einer Distanz von 40 bis 50 Zentimetern ein, wobei die untere Grenzfrequenz mit 50 Hertz gleich blieb und auch durch näheres Heranrücken an die Rückwand sich nicht weiter senken ließ.

### **Frequenzgang-linearisierung**

Zwei Frequenzbereiche des CT164-Horns bedürfen der Linearisierung: Im Mitteltonbereich - zwischen 1000 und 4000 Hertz - neigt der kleine Breitbandlautsprecher zur Übertreibung, und im Grundtonbereich - zwischen 150 und 600 Hertz - funktioniert das Horn so gut, daß sich ein Frequenzgangbuckel ergibt. Beide

# Hyperbolisches Baßhorn für Fostex FE 103 Sigma

**Für saubere Mitten und plastische Räumlichkeit besitzt ein kleiner Breitbandlautsprecher die denkbar besten Anlagen.**

**Auffällig geschickt stellte sich im Breitbänder-Vergleichstest in K&T 3/96 diesbezüglich der FE 103 Sigma von Fostex an. Um ihm im Baß auf die Sprünge zu helfen, konstruierte K&T ein speziell auf diesen Treiber abgestimmtes Baßhorn.**

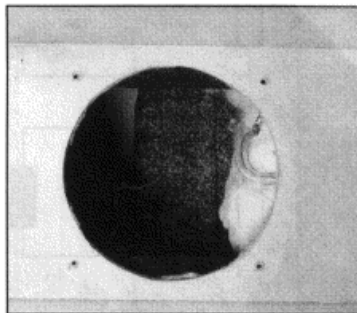


Phänomene sind mittels einfacher Sperrkreise gut in den Griff zu bekommen, da sie sich nur auf den Schalldruckfrequenzgang beziehen, während das Ausschwingverhalten fehlerfrei ist: Eine Spule, ein Kondensator und ein Widerstand, miteinander parallel verschaltet und die ganze Anordnung in die Plus-Zuleitung zum Lautsprecher gelegt, führen zu einer Frequenzgangsabsenkung bei der Resonanzfrequenz dieser Anordnung und mit einer Stärke, die der Größe des Widerstands entspricht.

## Zwei Sperrkreise

Im aktuellen Fall sind zwei dieser Sperrkreise hintereinandergeschaltet. Durch Veränderung der Widerstände läßt sich ihre Wirkung verändern und an die individuelle Raumakustik anpassen. In einem angemessenen Bereich - etwa zwischen 2,2 und 22 Ohm - variiert, vermitteln sie dem Zuhörer ein Gefühl von der klanglichen Wirkung beider Sperrkreise.

Das einfachste ist, alle Bauteile mit Heißkleber auf ein kleines Stück Sperrholz zu kleben und frei zu verdrahten. Auch eine gelochte Universalplatine ohne Leiterbahnen ist be-



Die Druckkammer des Horns ist mit 13 mm starkem Bofoam ausgekleidet; zusätzlich schluckt ein schmaler streifen Dämmwolle, z.B. Schaf- oder Baumwolle, störende Resonanzen.

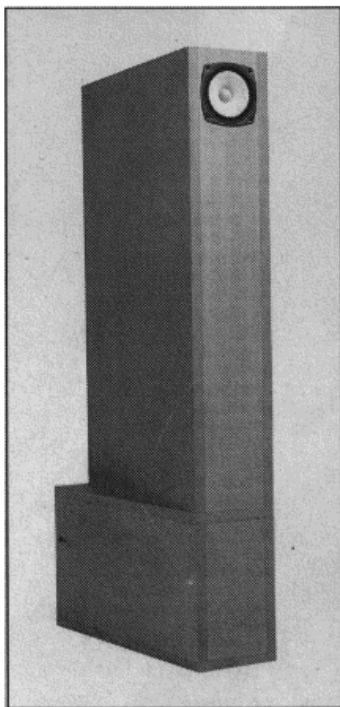
stens geeignet: Die Anschlußdrähte werden hindurchgesteckt und auf der Rückseite direkt, sofern die Länge ausreicht, und sonst unter Verwendung kurzer Stücke Draht miteinander verbunden.

## Bedämpfung

Die Druckkammer des Horns - das ist der Bereich direkt hinter dem Breitbandtreiber - ist anfällig für Hohlraumresonanzen; eine Bedämpfung tut daher not. Aber Vorsicht: Die Füllung der ganzen Kammer mit Dämmwolle schluckt nicht nur die störenden Mitteltonresonanzen, sondern auch einen guten Teil der Baßenergie, sodaß sich ein sehr zurückhaltender Tieftonklang einstellt. Sinnvoller ist die Auskleidung der Gehäusewandung mit einem relativ dünnen, aber hochwirksamen Absorber: Der Akustikschaum „Bofoam“ leistet hier wertvolle Dienste, und auch Nadelfilz in 8 bis 10 Millimetern Stärke ist bestens geeignet. Das Material wird passend zugeschnitten und mittels doppelseitigem Klebeband im Gehäuse fixiert. Wichtig ist, daß der Bereich zwischen der Membran und dem Anfang des Hornverlaufs frei bleibt. Unterhalb des Tieftöners, wie auf dem Foto zu sehen, ist ein wenig Dämmwolle dagegen sinnvoll, um möglichst alle klangverfärbenden Resonanzen im Zaum zu halten.

## Gehäusebau

Für den Aufbau des recht komplizierten Gehäuses bedarf es keiner teuren Holzbearbeitungsmaschinen, wenngleich diese die



## CHEAP TRICK CT 164

Sehr schlanker Breitband-Hornlautsprecher mit punktgenauer Räumlichkeit, übertragender Impulstreue und überraschenden Schalldruckreserven.

### STECKBRIEF

Chassishersteller:  
ACR/Fostex  
Konstruktion:  
KLANG&TON, Bernd Timmermanns

### TECHNISCHE DATEN

Abmessungen:  
BxHxT = 150/300x1040x450 mm  
Innenvolumen des Baßgehäuses:  
54 Liter  
Funktionsprinzip:  
Hyperbolisches Baßhorn  
Bestückung:  
100 mm Breitbänder mit Papierkonus  
Nennimpedanz gem. DIN:  
12 Ohm

Schalldruckpegel/2,83 V, 1m:  
91 dB

Thiele-Small-Parameter des Tieftöners:

fs = 65 Hz  
Re = 7,4 Ohm  
Qms = 2,7  
Qes = 0,26  
Qts = 0,24  
Vas = 11 Liter  
SPL = 92,5 dB

### KOSTEN PRO BOX:

Breitbänder: 85 Mark  
Frequenzweichenbauteile: ab 35 Mark

### STÜCKLISTE

Lautsprecherchassis:  
1 Breitbänder Fostex FE 103 Sigma

Frequenzweichenbauteile:  
L1 = 4,7 mH Ferritkernspule  
L2 = 0,47 mH Luftspule, Draht > 0,7 mm  
C1 = 68 µF Elko + 2,2 µF MKP Folie  
C2 = 6,8 µF MKP Folie  
R1 = 10 Ohm, 5 W  
R2 = 4,7-10 Ohm, 5 W

### Gehäusebauteile:

Spanplatte oder MDF 19 mm  
2 Seitenteile oben 772x450 mm  
2 Seitenteile unten 460x230 mm  
1 Boden 450x300/150 mm, trapezförmig zuschneiden  
1 Deckel Unterteil 450x300/150 mm, trapezförmig, Ausschnitt 320x112 mm

Spanplatte oder MDF 16 mm hinter den Maßen sind ggf. die Winkel der Gehrungsschnitte an den

Stirnseiten sowie deren Lage zueinander (//, ^) sowie Abrundungsradien (R8, R16) angegeben  
1 Front oben 772x112 mm  
1 Front unten 230x117 mm, seitlich 9° anfasen  
1 Rückwand 756x112 mm  
1 Deckel 434x112 mm  
1 Teiler 1 194x112 mm, 45°//22,5°  
1 Teiler 2 253x112 mm 22,5°^1°  
1 Teiler 3 Dreiecksleiste 23x23x112 mm  
1 Teiler 4 693x112 mm, abrunden R16/R8  
1 Teiler 5 Dreiecksleiste 28x28x112 mm  
1 Teiler 6 578x112 mm, 75°, abrunden R16  
1 Teiler 7 88x112 mm, 45°^44°  
1 Teiler 8 88x112 mm, 4°^24,5°  
1 Teiler 9 82x112 mm, 24,5°^26,5°  
1 Teiler 10 574x112 mm, 26,5°//18°  
1 Teiler 11 236x173/117 mm trapezförmig, Gehrungsschnitte längs 45°, quer 7°

### Bedämpfung:

Die Druckkammer mit Bofaam 13 mm oder Filz 8-10 mm auskleiden, mit doppelseitigem Klebeband fixieren: 2 Dreiecke 15x15 cm auf die Seitenwände, 1 Stück 9x13 cm auf Teiler 1, 1 Stück 9x7 cm unter den Deckel kleben; einen schmalen Streifen Schaufwolle, Baumwollwatte o.ä. unterhalb des Chassisausschnitts einlegen

### Zubehör:

Anschlußterminals oder Polklemmen beliebig  
Spanplattenschrauben 3,5\*20 mm  
Innenverkabelung min. 2\*1,5 qmm  
Dichtmaterial zur luftdichten Chassismontage

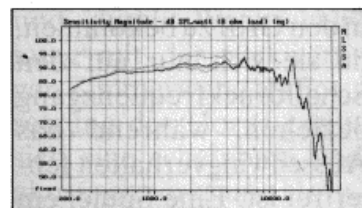
### MONTAGEHINWEIS:

Das Anschlußterminal bzw. die Polklemmen lassen sich z.B. im Teiler 11 anbringen und von dort ein Kabel entlang der Schallwand zur Druckkammer verlegen. Ein Ausschnitt im Gehäuseboden unterhalb von Teiler 11 schafft Zugang zu dem ungenutzten Raum hinter dem Teiler; dort ist Platz für das Korrekturnetzwerk.

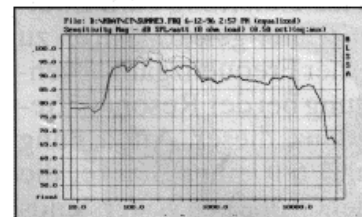
### KLANGLICHE CHARAKTERISIERUNG:

Extrem trockener, sehr druckvoller, wenngleich nicht extrem tiefreichender Baß, saubere und detailfreudige Mitten und Höhen. Die Ausrichtung der Boxen zur Hörposition ist empfehlenswert, um Höhenarmut zu vermeiden. Die Räumlichkeit ist prinzipbedingt herausragend präzise und punktgenau. Die erzielbare Maximallautstärke ist angesichts der Chassisgröße geradezu unglaublich hoch.

### MODIFIKATIONSMÖGLICHKEITEN:

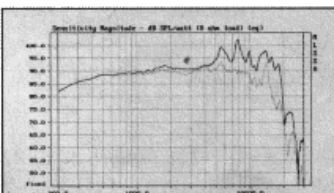


Durch Veränderung von R2 läßt sich die Wirkung des Mitteltonsperrkreises dosieren: Die Kurven wurden - von oben nach unten - mit R2 = 0 Ohm, 4,7 Ohm, 10 Ohm aufgenommen.

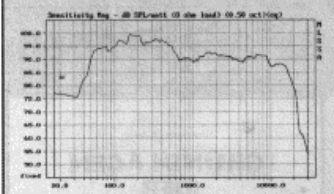


Wer einen vollmundigen, satten Baß und Grundton vorzieht, kann den Grundtonsperrkreis L1-C1-R1 weglassen. Die Kurven zeigen die Übertragungskurve an der Hörposition ohne und mit Grundtonsperrkreis.

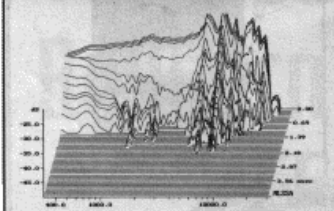
Die Dosierung des Tiefton- und Grundtonvolumens ist auch durch Variation der Position der Boxen im Raum feinfühlig dosierbar.



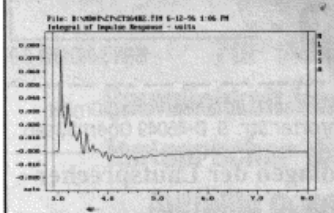
Schalldruckfrequenzgang axial und unter 30 Grad



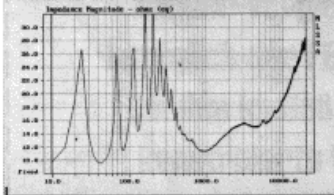
Schalldruckfrequenzgang unter Einbeziehung der Raumakustik



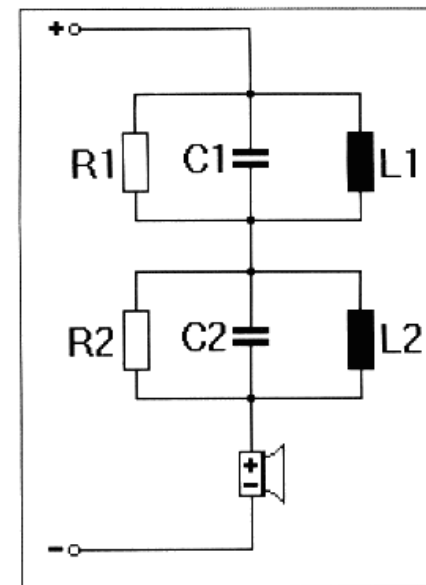
Kumulatives Zerfallsspektrum



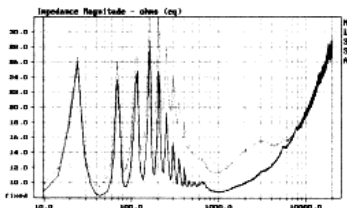
Sprungantwort



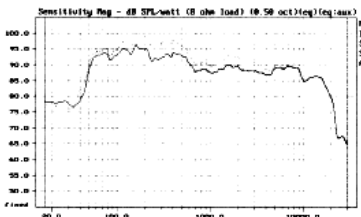
Impedanz-Frequenzgang



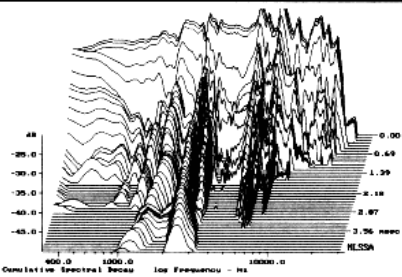




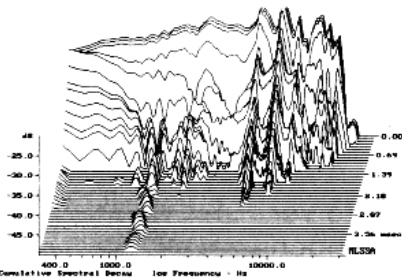
Die beiden Sperrkreise führen zu einer Erhöhung der Impedanz fast im gesamten Übertragungsbereich (obere Kurve), sodaß die Nennimpedanz gemäß DIN-Meßvorschrift 12 Ohm beträgt.



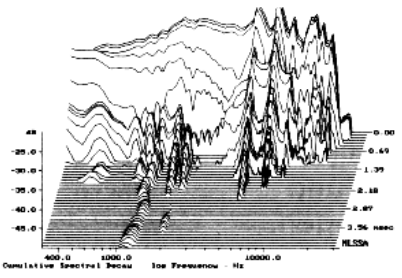
Das aus zwei hintereinandergeschalteten Sperrkreisen bestehende passive Korrektornetzwerk drückt die Übertragungskurve breitbandig herunter, sodaß sich zwischen 55 und 18000 Hertz eine für Breitbandlautsprecher erstaunlich lineare Wiedergabecharakteristik einstellt.



Ohne Dämpfungsmaterial in der Druckkammer des Horns trüben im Mitteltonbereich Hohlraumresonanzen das Bild.



Die Füllung der Druckkammer mit einem Stück Baumwollmatte schluckt die Resonanzen weitestgehend, beeinträchtigt aber die Baßwiedergabe.



Die Auskleidung der Druckkammer mit 13 Millimeter starkem Bofaom - Filz ist ebenso verwendbar - schluckt ebenfalls die Hohlraumresonanzen und sichert im Gegensatz zur homogenen Bedämpfung des gesamten Druckkammervolumens die optimale Baßfunktion.

Arbeit natürlich erleichtern: Schon mit einer einfachen Holzraspel lassen sich die erforderlichen Abschragungen der Innenteiler anbringen. Auf die exakte Einhaltung der Winkel kommt es nicht unbedingt an: Toleranzen werden einfach mit einer selbst angerührten pastösen Mischung von Holzleim und Sägespänen, eventuell unter Hinzufügung einiger Tropfen Wasser, ausgeglichen.

Bei maßhaltiger Anfertigung aller Einzelteile gemäß der Gehäusestückliste im Steckbrief gelingt das Innenleben fast automatisch, wenn nur der Hornquerschnitt eingehalten wird. Sinnvollerweise beginnt man mit einer oberen Seitenwand, auf die zunächst Front, Deckel und Rückwand zu leimen sind.

Die Front sollte zuvor den Ausschnitt für das Lautsprecherchassis erhalten. Nach innen wird dieser deutlich aufgeweitet, um Luftturbulenzen an der Kante des Ausschnitts zu vermeiden. Notfalls läßt sich der Ausschnitt zwar auch später noch anbringen, ist dann aber mit einigen Mühen verbunden, und das Stichsägeblatt läuft dann Gefahr, mit Teiler 1 in Konflikt zu geraten.

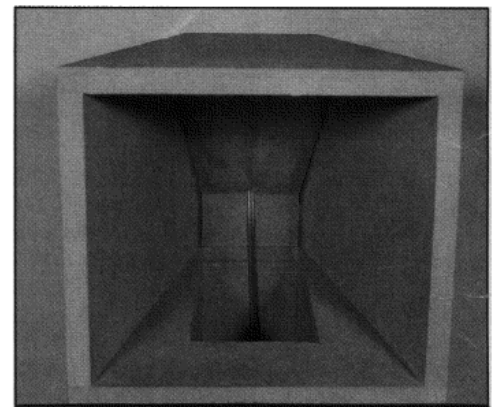
Sobald der Leim trocken ist, folgen die Innenteiler, wobei Teiler 4 den Anfang macht, da er anhand der Bemaßung im Gehäuseplan exakt platzierbar ist. Danach sind Teiler 2 und 1 an der Reihe, dann 10, 6, 8 und 9. Die „Aus schmückungen“ 3, 5 und 7 folgen danach. „Steht“ das Innenleben und hat der (reichlich zu verwendende!) Leim abgebunden, kann die zweite Seitenwand aufgeleimt werden.

Im nächsten Schritt folgt der untere Teil des Gehäuses: Auf dessen trapezförmig zugeschnittenen Boden werden die unteren Seitenwände und die untere Front geleimt, und darauf der Deckel des Unterteils. Dieser besitzt einen Ausschnitt, der mit dem Hornaustritt des Gehäuseoberteils übereinstimmt. Schließlich wird der Teiler 11 eingesetzt, das komplizierteste Gehäuseteil, da es trapezförmig zu-

geschnitten und zudem mit Gehrungen an allen vier Seiten versehen ist.

Teiler 11 bietet sich für den Einbau des Anschlußterminals bzw. der Lautsprecherklemmen an: Dahinter ist Platz für das Korrektornetzwerk, der zugänglich wird, wenn der Gehäuseboden einen entsprechenden Ausschnitt erhält.

Im nächsten Schritt folgt das Zusammensetzen von Gehäuseober- und Unterteil. Abschließend erhält das rohe Gehäuse einen glättenden Schliff und je nach Wunsch eine Oberflächenverede-



Die Mündungsöffnung des CT154-Horns befindet sich auf der Gehäuserückseite.

lung wie farblos oder farbigen Lack oder auch ein schönes Furnier.

## Klangbeschreibung

Im K&T-Hörraum legte der zierliche Breitbänder los, daß es eine Freude war: Mit überschäumendem Temperament wagte er sich nicht nur an kleine Besetzungen aus der Jazz- oder Klassikecke, sondern auch an großes Orchester und lautstarke Popklänge heran. Dabei legte er eine beispielhafte Akkuratess an den Tag: Punktgenau platzierte er Stimmen und Instrumente, modellierte beides auch in der richtigen Größe und ließ die Luft dazwischen beeindruckend vibrieren. Der Baß geriet druckvoll und dabei federleicht, zwar nicht extrem tief, aber jederzeit kontrolliert. Die Mitten spielten überaus plastisch auf, wengleich eine gewisse tonale Verfälschung im Präsenzbereich nicht zu überhören ist.





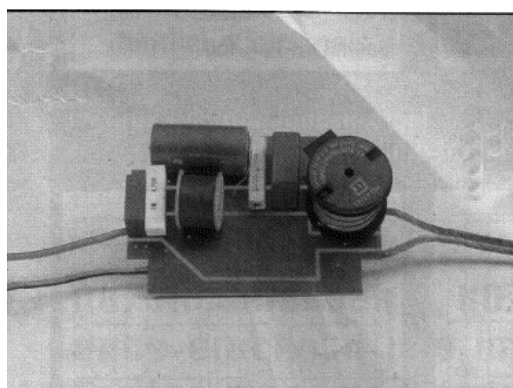
Auch die Höhen, gegenüber einem guten Hochtöner natürlich im Hintertreffen, verdienen sich ihren Beifall: Angenehm rund und unaufdringlich tönten sie, zwar nicht jede Feinheit auflösend, was aber allemal besser als aufdringlich fehlerbehaftet ist.

Geradezu unglaublich mutet der Dynamikspielraum des 10-Zentimeter-Winzlings an: Er spielt bei Bedarf auch sehr laut und füllt selbst einen 40-Quadratmeter-Raum souverän aus.

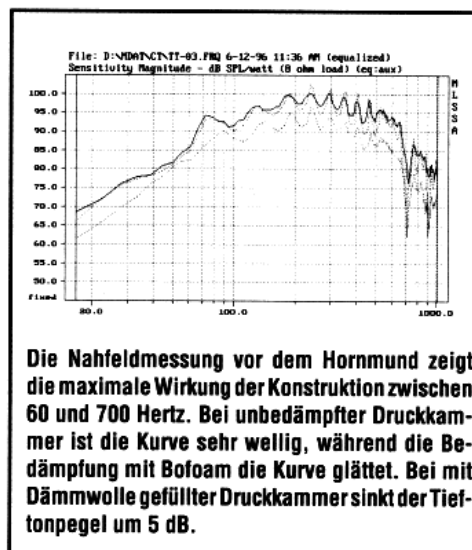
## Fazit

CT 164 stellt handwerklich hohe Ansprüche an seinen Erbauer, schont aber das Budget: Mit nur 120 Mark pro Lautsprecher ist die gesamte Technik bezahlt, hinzu kommen noch die geringen Kosten für Holz, Leim und Farbe, die sich je nach Material - Spanplatte oder MDF, Oberflächenveredelung oder nicht - im Bereich um 20 bis 50 Mark bewegen dürften.

Klanglich stellt dieser Lautsprecher konventionelle Mehrwegboxen mühelos in den Schatten - allerdings hinkt der Vergleich, denn einen so aufwendigen Lautsprecher gibt es im HiFi-Geschäft nicht für Geld und gute Worte zu kaufen. Tonale Schwächen sind zweifellos vorhanden, aber Leichtigkeit und Spielfreude wiegen diesen verschmerzbaeren Schönheitsfehler nicht nur auf, sie verschaffen ein nur bei wenigen, meist sehr teuren Lautsprechern zu findendes Vergnügen. ■



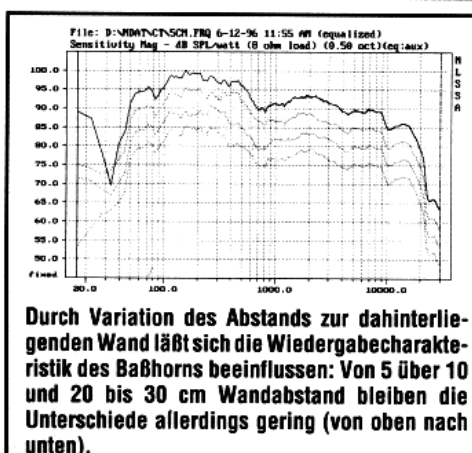
Zwei hintereinandergeschaltete Sperrkreise, platzsparend auf einer Universalplatine untergebracht, korrigieren die Übertragungskurve des agilen Breitbänders.



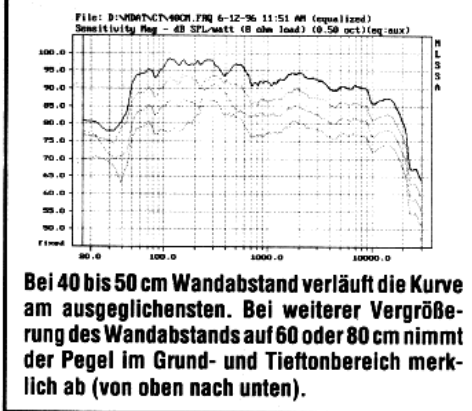
Die Nahfeldmessung vor dem Hornmund zeigt die maximale Wirkung der Konstruktion zwischen 60 und 700 Hertz. Bei unbedämpfter Druckkammer ist die Kurve sehr wellig, während die Bedämpfung mit Bof foam die Kurve glättet. Bei mit Dämmwolle gefüllter Druckkammer sinkt der Tieftonpegel um 5 dB.



Im Schalldruckverlauf zeigen sich die Hohlraumresonanzen der unbedämpften Druckkammer in einer sehr unruhigen Kurve (oben). Die Bedämpfung mit Dämmwolle (mitte) glättet die Kurve ebenso gut wie die Auskleidung der Druckkammer mit Bof foam (unten), allerdings zeigen sich leichte Unterschiede in der Kurvenform.



Durch Variation des Abstands zur dahinterliegenden Wand läßt sich die Wiedergabecharakteristik des Baßhorns beeinflussen: Von 5 über 10 und 20 bis 30 cm Wandabstand bleiben die Unterschiede allerdings gering (von oben nach unten).



Bei 40 bis 50 cm Wandabstand verläuft die Kurve am ausgeglichtesten. Bei weiterer Vergrößerung des Wandabstands auf 60 oder 80 cm nimmt der Pegel im Grund- und Tieftonbereich merklich ab (von oben nach unten).