

# HifiBoxen

selbstgemacht

## Bauanleitungen:

Dynaudio / Myrage

Analogon Nugget

Seas / Micro AT

Mivoc / 310 S

TDL / TL 2

Procus / Habitus

## Grundlagen:

Mikro-Monitore

$k_3$  in Drosselpulen

Dämpfungsmaterial

MDF contra Spanplatten

Klingen CDs digital?

Die CD-Matte

Zahlen, Zwingen und Zauber

im Lautsprecherbau

Spanplattenfilter

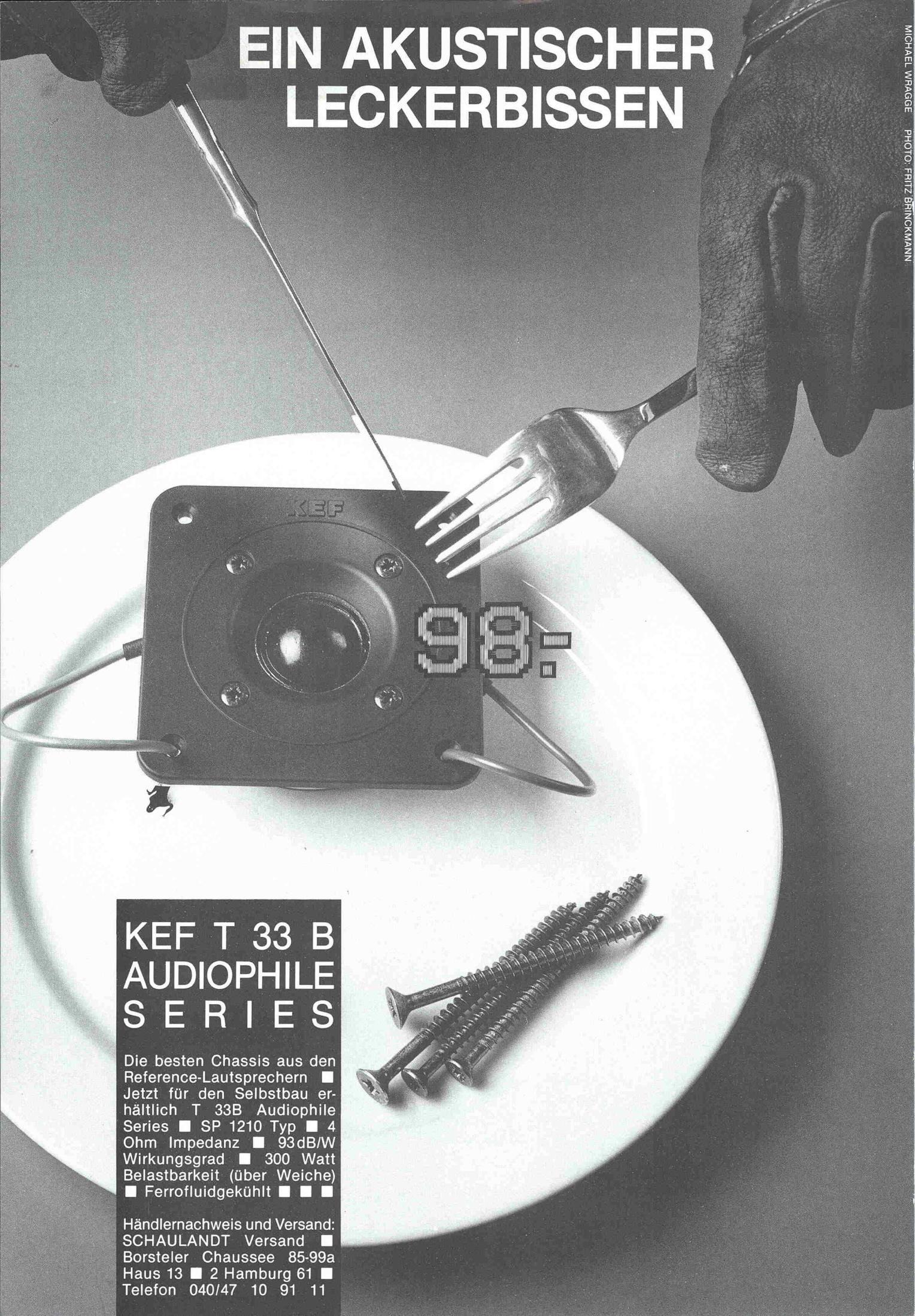
mit 12 dB / Okt.

Dynamische Dämpfung



# EIN AKUSTISCHER LECKERBISSEN

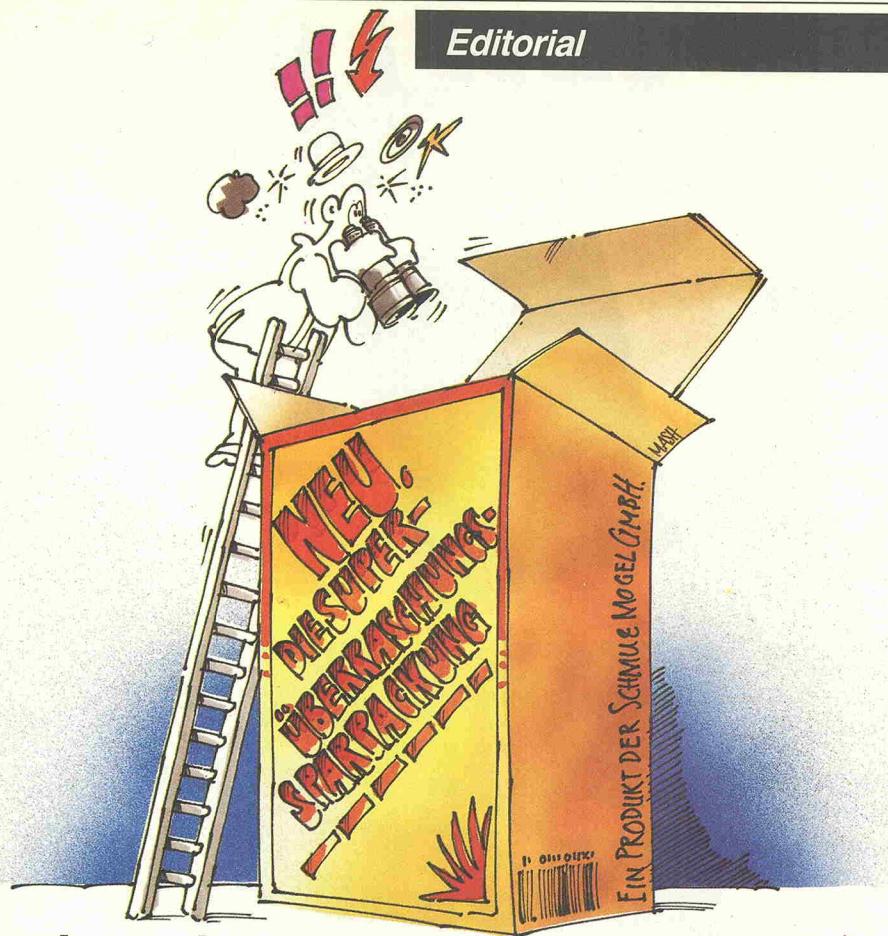
MICHAEL WRAGGE  
PHOTO: FRITZ BRINCKMANN



## KEF T 33 B AUDIOPHILE SERIES

Die besten Chassis aus den  
Reference-Lautsprechern ■  
Jetzt für den Selbstbau er-  
hältlich T 33B Audiophile  
Series ■ SP 1210 Typ ■ 4  
Ohm Impedanz ■ 93dB/W  
Wirkungsgrad ■ 300 Watt  
Belastbarkeit (über Weiche)  
■ Ferrofluidgekühlt ■ ■ ■

Händlernachweis und Versand:  
SCHAULANDT Versand ■  
Borsteler Chaussee 85-99a  
Haus 13 ■ 2 Hamburg 61 ■  
Telefon 040/47 10 91 11



## Vorsicht Mogelpackungen!

Wenn ich in den Supermarkt an der Ecke gehe und ein Pfund Zucker kaufen will, so habe ich vor dem Zuckerregal meist die Wahl unter mehreren verschiedenen Sorten. Grob, fein, EG-Qualität, Kandis usw. In einem Merkmal gleichen sich aber alle Sorten: Es gibt sie üblicherweise nur in Pfund- und Kilopackungen. Und ich darf aus langer Erfahrung heraus darauf vertrauen, daß in den Tüten auch exakt 500 g bzw. 1000 g sind und auch darauf, daß sie nicht mit Luft künstlich aufgebläht wurden; daß es also keine Mogelpackungen sind.

Jeder Lieferant, der sich an den Standard-Größen solcher Grundnahrungsmittel zu 'vergehen' versucht, kriegt von den Hausfrauen welche auf die Finger (Man erinnere sich nur an die Kaffeebeutel mit 400g Inhalt, die von namhaften Kaffeeröstern auf den Markt gedrückt werden sollten und die nach einer gewissen Schamfrist sang- und klanglos wieder in der Versenkung verschwanden!).

Es gibt für diese Zusammenhänge — nämlich das, was man 'darf' und das, was man nicht mehr 'darf' — ein sehr schönes, aber zunehmend außer Mode kommendes Wort: Seriös.

Ein seriöser Kaufmann verkauft keine Mogelpackungen: Bei ihm sind 500 g Zucker eben 500 g Zucker und 0,71 Trockenbeerenauslese eben kein Glykol. Was bei den Lebensmitteln so schön überschaubar ist, gerät in anderen Bereichen recht unübersichtlich: Sind die meisten Autoproduzenten unseriös, weil ihre Blechkisten zum durchrosteten neigen? Oder ist eine Illustrierte unseriös, weil sie gefälschte Tagebücher veröffentlicht? Und ist vielleicht eine Tageszeitung schon deswegen seriös, weil das Datum stimmt? Man sieht, auch hier sind Mogelpackungen möglich, manchmal vielleicht nur nicht so schnell durchschaubar.

Besonders schwierig zu durchschauen sind die konkurrierenden Elektronik- und Hifi-Lautsprecher-Zeitschriften; muß man doch jeweils mehrere Exemplare gekauft und einige Bauanleitungen nachgebaut haben um beurteilen zu können, ob der Inhalt wahr oder unwahr ist.

Beispielsweise könnten Bauzeichnungen für Lautsprechergehäuse konsequent so stark verkleinert sein, daß die Maßangaben in einem kleinen schwarzen Klecks verschwinden und daher die Box gar nicht nachgebaut werden kann, oder es könnte vorn auf dem Titel eine *Bauanleitung* angekündigt sein, die sich bei näherem Hinsehen bestenfalls als ein dünner *Hintergrundartikel* zum Thema ganz allgemein entpuppt.

Möglich also, daß es sich durchaus lohnt, einen zweiten, genauen Blick zu riskieren, bevor man am Zeitschriften-Regal zum Geldbeutel greift.

*Peter Röbke-Doerr*

Peter Röbke-Doerr

# INHALT

## Bauanleitungen

- Dynaudio  
Myrage ..... 20  
Sipe/Audax  
Analogen Nugget ..... 26  
Seas  
Micro AT ..... 54  
Mivoc  
310 S ..... 72  
TDL  
TL 2 ..... 82  
Procus  
Habitus ..... 88

## Grundlagen

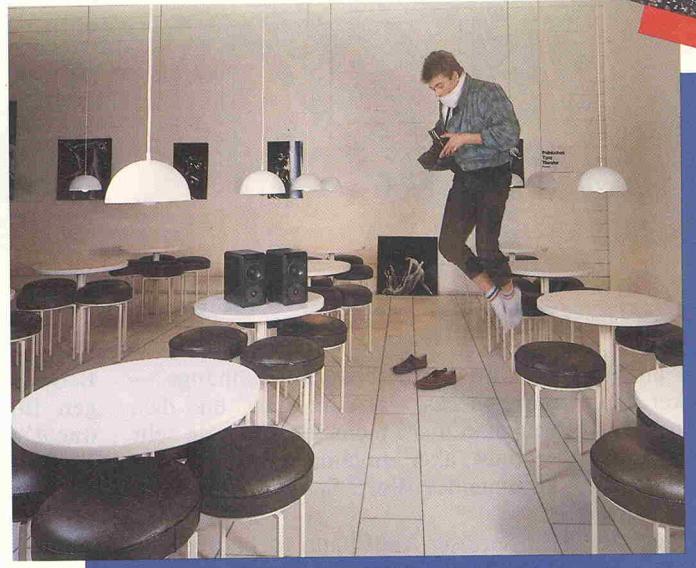
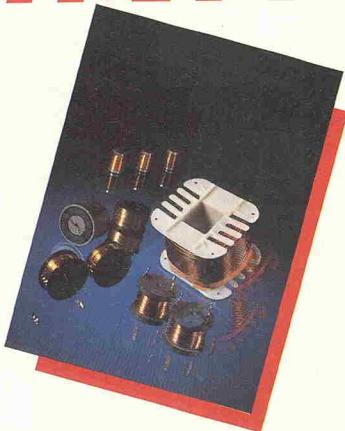
- Mikro-Monitore ..... 14  
Klirrfaktor in  
Drosselpulen ..... 32  
Der Einsatz von Faser-  
material in Lautsprecher-  
gehäusen ..... 40  
...und sie dreht sich doch! ..... 50  
Fehlerkorrektur für CDs  
Materialfrage ..... 60  
Spanplatte contra MDF  
Die Wiedergabe von  
Baßimpulsen ..... 66  
Spanplattenfilter ..... 78  
Bandpaßgehäuse  
Zahlen, Zwingen und Zauber  
im Lautsprecherbau ..... 94  
Klingen CDs digital? ..... 100

## Rubriken

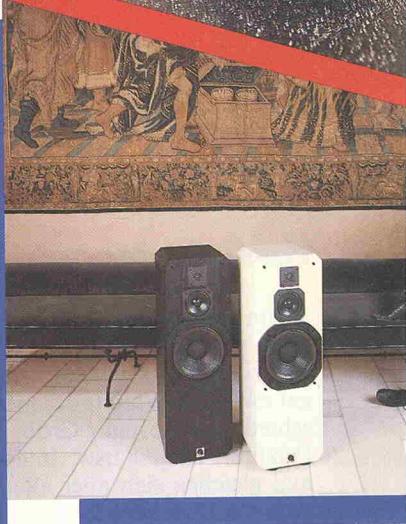
- Editorial ..... 1  
Aktuell ..... 4  
Impressum/  
Inserentenverzeichnis ... 104

Spanplatte  
contra MDF im  
Gehäusebau.  
Seite 60

Wirbel-  
strombremsen  
für knackigen  
Baß  
Seite 66

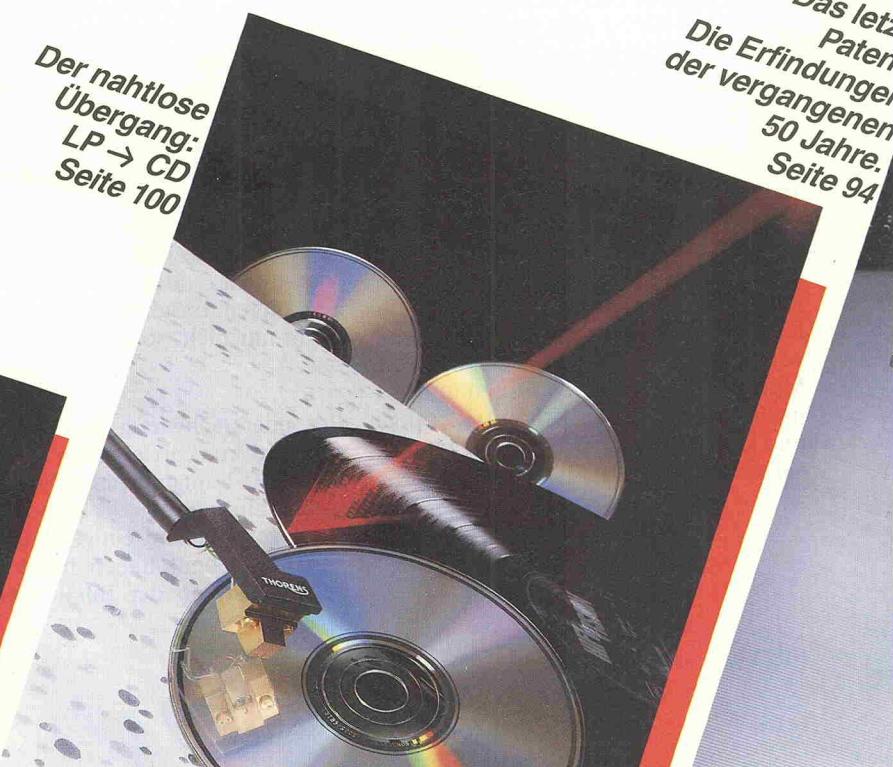


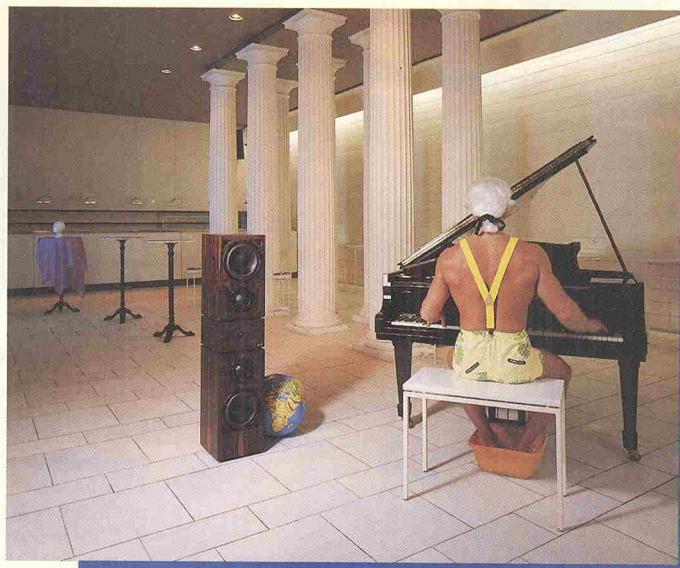
Seas Seite 54



Der nahtlose  
Übergang:  
LP → CD  
Seite 100

Das letzte  
Paten  
Die Erfindungen  
der vergangenen  
50 Jahre.  
Seite 94





Dynaudio Seite 20

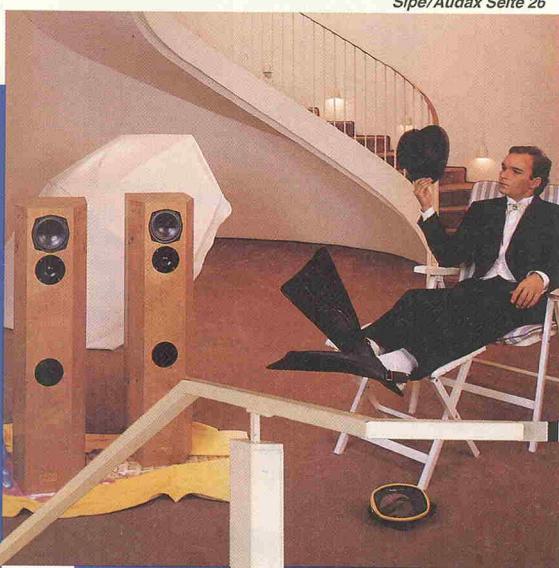


Sipe/Audax Seite 26



Mivoc Seite 72

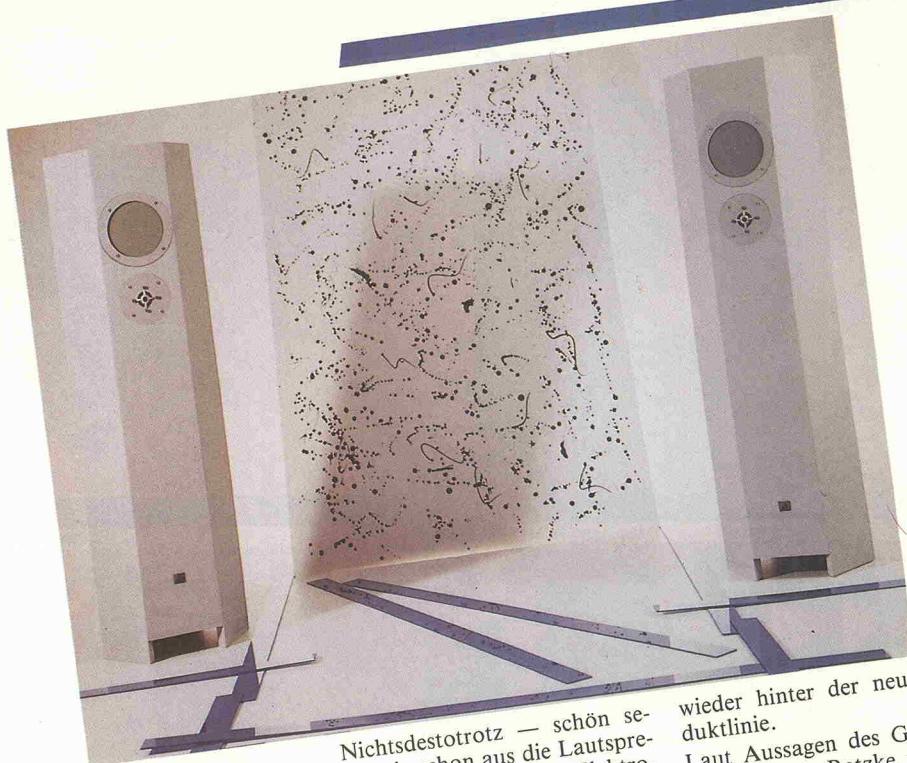
TDL Seite 82



Procus Seite 88



**WIR WOLLEN IHNEN IMMER SCHON 'MAL  
SELBSTGEBAUTE LAUTSPRECHER-BOXEN  
IN ELEGANTER UMGEBUNG ZEIGEN**



### Lautsprecher Objekte

Wer mit Lautsprechern handelt, ist ein Lautsprecher-Fachhändler; wem das vom Ansehen her nicht mehr reicht, der nennt seine Produkte 'High-End', und als weitere Steigerung kommt dann... das Lautsprecherobjekt.

Nichtsdestotrotz — schön seien sie schon aus die Lautsprecherobjekte von LM-Elektronik. Unser Bild zeigt die Column one.

Weitere Produkte sind die Column two und Pyramid. Ähnlichkeiten mit den Boxen der alten 'Lautsprecher Manufaktur' sind durchaus gewollt — steckt doch zumindest einer der Väter

wieder hinter der neuen Produktlinie.

Laut Aussagen des Geschäftsführers A.J. Ratzke will man sich aber außer mit den 'Objekten' auch mit ganz normalen Bausätzen und Einzelchassis beschäftigen ...

LM elektronik  
Waldstraße 9  
6251 Waldbrunn



### Das Holz der Violine...

Von der Firma 'Open Air', einem regional etablierten Boxen-Fachhändler aus Hamburg, meldeten wir im letzten Heft, daß man dort einen Magneto-staten-Hochtöner aus Fernost in der Bundesrepublik vertriebe. Nun gibt es zu diesem Hochtöner auch eine Reihe von passenden Bauanleitungen — von einer dieser Bauanleitungen behauptet der Entwickler, daß man damit sogar das Holz der Violine hören könne, wahrhaftig ein starkes Wort. Unser Bild zeigt die Santos II und wer sie hören will, hier die Adresse:

Open Air  
Reutzelstr. 34  
2000 Hamburg 13

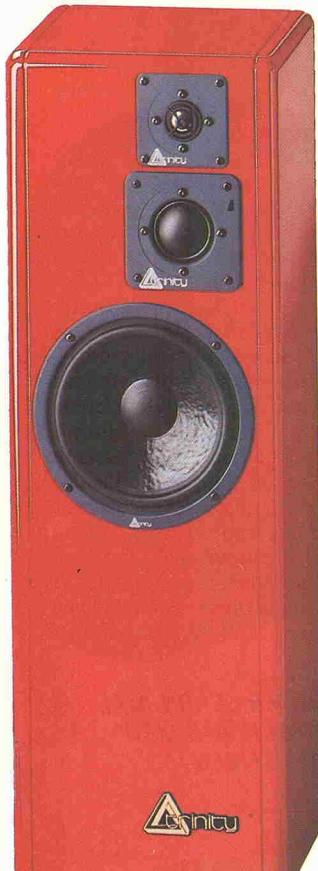
### Dr. Hubert + Heco

Die Dr. Hubert GmbH hat sich einen leckeren Brocken am Land gezogen: Der Vertrieb und die Entwicklung von Selbstbaukomponenten für die Lautsprecherfirma Heco erfolgt in Zukunft ausschließlich über den Bochumer Boxenbauer. Die traditionsreiche deutsche Lautsprecherfirma Heco war bislang am Selbstbaumarkt nur sporadisch vertreten: Der Aufwand für ein eigenes, auf den Selbstbau zugeschnittenes Vertriebssystem war scheinbar wohl zu groß und man beschränkte sich auf die jahrzehntelangen, guten Erfahrungen mit Fertigboxen.

Mit der Dr. Hubert GmbH fand man nun einen geeigneten Partner, der sowohl auf Vertriebs- als auch Entwicklungserfahrungen verweisen kann, so daß in Zukunft wohl der Name Heco häufiger auf Selbstbauboxen anzutreffen sein wird.

Informationen über das Lieferprogramm und die Preise gibt es bei:

Dr. Hubert GmbH  
Im Westenfeld 22  
4630 Bochum-Querenburg



### Aus 1 mach 3!

Von Trinity in Dortmund wird ein neues Baukastensystem vorgestellt, das für den Hifi-Fan doch einige handfeste Vorteile aufweist. Es ermöglicht dem Lautsprecherselbstbauer — ausgehend von einem kostengünstigen Zweiwegesystem — stufenweise seinen Lautsprecher zu erweitern bis hin zum Dreiwegesystem mit Doppelbaß. Bei der Erweiterung braucht man keinen finanziellen Verlust in Form von überflüssigen, nicht mehr benötigten Teilen zu fürchten. Vielmehr werden alle bereits früher erworbenen Einzelteile im erweiterten Lautsprecher wieder verwendet. Selbst die für die Grundstufe verwendete Zweiwegeweiche macht hier keine Ausnahme, da sie bei der Umrüstung zum Dreiwegesystem

zurückgenommen und gegen den Nachfolgetyp ausgetauscht wird. Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Baukastenprinzips ist lediglich von Beginn an der Einsatz des für die letzte Stufe benötigten Gehäuses, das in der benötigten Form bereits roh oder oberflächenbehandelt (160 Farbtöne und Furniere) erhältlich ist. Auch Sonderwünsche wie Marmor, Schiefer und Plexiglas etc. stellen kein Problem dar. In die Gehäuse sind entsprechend der Ausbaustufe schrittweise die zusätzlich benötigten Öffnungen zu sägen. Dies ist aufgrund der Konzeption ohne Beschädigung der Oberfläche möglich, kann jedoch im Zweifelsfall auch von Trinity übernommen werden. Unser Bild zeigt die Ausbaustufe RS 4,5. Weitere Informationen sind erhältlich bei:

Trinity Electronic  
Bremer Straße 30  
4600 Dortmund 1

## D'Appolito-Abstimmung jetzt auch von Visaton

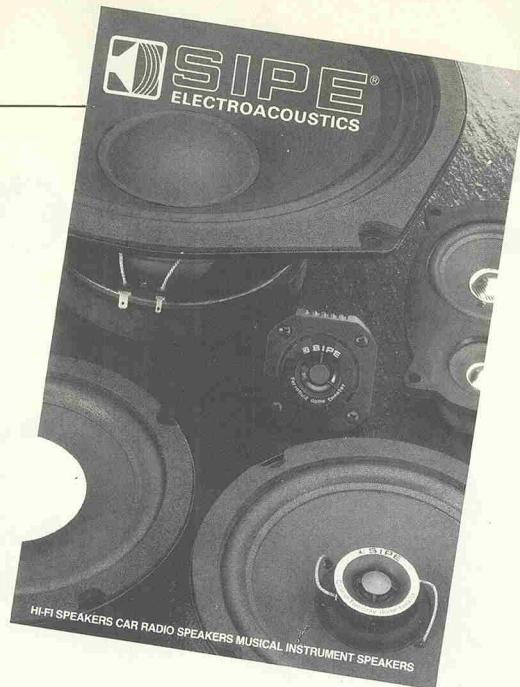
Auch von Visaton gibt es seit Anfang des Jahres eine kleine Regalbox in D'Appolito-Abstimmung (diese Technik wird in unserer Bauanleitung 'Myrage' näher erläutert). Die 'Filou' zeichnet sich vor allem durch hohen Wirkungsgrad, sehr gutes Abstrahlverhalten in der Horizontalen und ideal ausgeglichenen Frequenzgang aus.



Die beiden letztgenannten Eigenschaften begünstigen Räumlichkeit und gute Ortbarkeit des Musikprogramms. Das Zusammentreffen von hohem Wirkungsgrad und hoher Belastbarkeit ermöglicht auch die Wiedergabe von höheren Lautstärkepegeln.

### Bezugsquellennachweis:

VISATON  
Peter Schukat  
Ohligser Str. 29-31  
5657 Haan 1



## Jubiläums-Katalog

SIPE hat zum 20-jährigen Jubiläum einen neuen Katalog herausgebracht. Auf 31 Seiten werden vorgestellt:

Hifi-Chassis, Autolautsprecher, Musikinstrumente-Lautsprecher und Bauvorschläge für Hifi-Boxen.

Der Katalog enthält ausführliche technische Daten (ehrliche, reproduzierbare Industriedaten selbstverständlich) mit Thiele-Small-Parametern.

Zu beziehen ist er bei:

Wirth Elektronik GmbH  
Borsigstraße 13  
Postfach 10 03 48  
4004 Isernhagen 1  
Telefon 05 11/61 00 74

gegen Einsendung von DM 2,- in Briefmarken.

Übrigens:

Der Katalog enthält eine Preisliste und ein Bestellblatt zur Rücksendung mit speziellen Beratungswünschen oder Bestellung an WBE. Es erfolgt eine Weiterleitung an einen autorisierten Fachhändler, der dann alles weitere übernimmt. □

## Eton-Caps

Unter der Bezeichnung Eton-Caps stellt der deutsche Chassisshersteller Eton eine neue Kondensatorenlinie vor, die besonders für den Einsatz in hochwertigen Lautsprecherkonstruktionen konzipiert wurden. Die Produktreihe, die in Zusammenarbeit mit einem ausländischen Partnerunternehmen entwickelt wurde, umfaßt derzeit den Wertebereich von 1,0 bis 33  $\mu$ F.

Neben der engen Toleranzvorgabe von nur 1 % weist Eton auf die Kriterien negativer Temperaturkoeffizient, Eigeninduktivität, Verlustfaktor und Alterungsbeständigkeit hin.

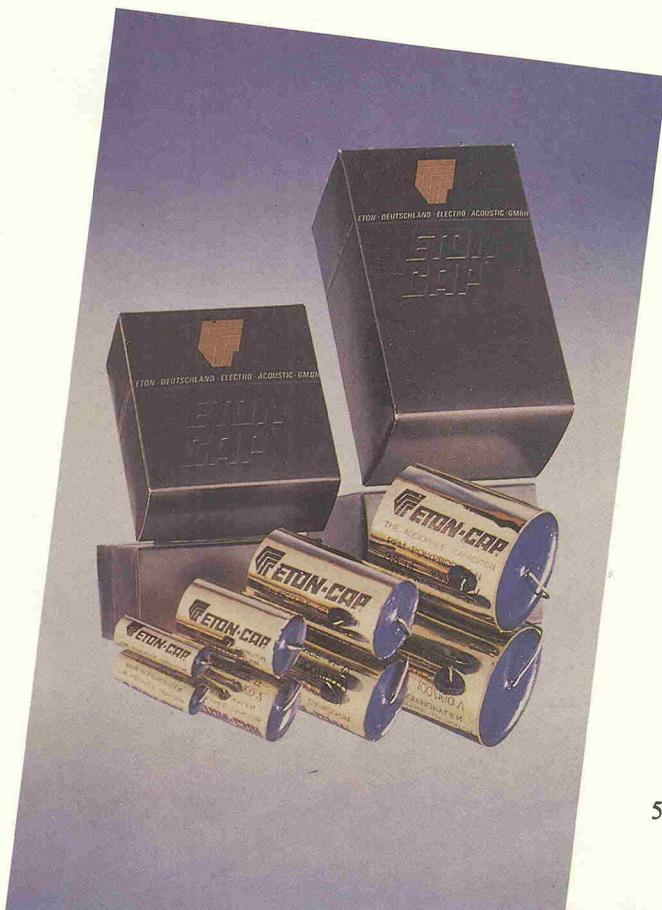
Durch den Einsatz von metallisiertem Polypropylen als Dielektrikum konnte ein negativer Temperaturkoeffizient erreicht werden. Damit wirkt der Kondensator einer Verschiebung der Übergangsfrequenz bei Temperaturschwankungen entgegen. Daneben konnte

auch die Eigeninduktivität aufgrund der ungewöhnlich kleinen Bauform in engen Grenzen gehalten werden, um ein lineares Kapazitätsverhalten zu erreichen.

Der, verglichen mit einigen amerikanischen Hochpreisprodukten, überdurchschnittlich geringe Verlustfaktor begünstigt eine kaum meßbare Alterung des Kondensators, da sich das Bauteil auch bei hohen zugeführten Spannungen nur unwesentlich erwärmt. Laut Hersteller beträgt die Wertabweichung selbst unter extremen Laborbedingungen weniger als 0,5 % in 2 Jahren. Im praktischen Betrieb sei jedoch noch mit weit geringerer Alterung zu rechnen.

Um der hohen Qualitätserwartung gerecht zu werden, unterliegt laut Eton jeder einzelne Kondensator einer strengen Endkontrolle.

Eton  
Postfach 13 21  
2860 Osterholz-Scharmbeck



# Die Zeitschriften



**ct magazin für computer technik**  
CeBIT '88  
Halle 7, Stand C 57  
Vom PC zum AT  
Einfach umrüsten?  
Intels Inboard 386  
Mit MASIM und LINK ins OS/2  
Grafik-Subsystem für Amiga und ST  
Effizient parallelisieren  
Brother CE am Atari ST  
OMTI am Amiga  
VGA-Karten  
Projekt  
**Super-EGA**  
HEISE

**elrad 4 April 1988**  
Grundlagen  
Zwischen Netz und Schaltung  
**Der Transformator**  
Bauanleitungen  
Zwischen Baff und Beep  
**Frequenz-Shifter**  
Zwischen den Pegeln  
**Anpaß-Verstärker**  
DCF-77 01.03.88  
DIENSTG 17110108  
Report:  
Kein Kabel dazwischen  
Funktelefone

**INPUT 64**  
DAS ELEKTRONISCHE MAGAZIN  
4/88  
Infos · News · Programme · Unterhaltung · Tips  
Nennerkittel  
**Price of Peril**  
Text-Grafik-Adventure  
Daten-Transport  
File-Copy  
Unverbindliche Preiseempfehlung  
DM 19,80  
HS 170,- SFR 19,80  
La Bamba  
Dirty Dancing  
Django's Rücken  
Mosquito Coast  
Favela - der  
Mann aus anderer

**ATARI ST**  
Sonderheft  
für Anwender  
HEISE  
TOS - von Grund auf erklärt  
Im Überblick: ST-Software, die Standards setzen  
C kennenzulernen  
Der Prozessor MC68000  
Multitasking-Betriebssysteme  
Zugriff auf MSDOS-Disketten  
Speicherbaustein in allen Varianten  
Bauvorschläge:  
EPROM-Disk  
32-Bit-Userport  
EPROM-Programmierer  
Die „versteckte“ Uhr  
Nützliche Utilities  
und viele Hotline-Tips  
In diesem Heft: die besten Beiträge aus  
Alle Utility-Programme auch auf



Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Helstorfer Straße 7  
3000 Hannover 61  
Tel. (05 11) 53 52-0



### Klangbau mit erweitertem Angebot

Nachdem die ersten beiden Haussmessen in diesem Jahr erfolgreich beendet worden sind, hat sich die Firma Klangbau in Bielefeld dazu entschlossen, 'Reinhör-Tage' zu einem festen Bestandteil ihrer Produktinformation werden zu lassen. So haben bereits die Firmen Eton und Dynaudio die Gelegenheit genutzt, ihre neuesten Entwicklungen dem anspruchsvollen Eigenentwickler vorzustellen. Es handelt sich hierbei um die 'Eton 500' und die Dynaudio 'Myrage'.

Um die nun gestiegene Nachfrage nach guter Elektronik in Zukunft noch besser zu beantworten, wurde eigens für diesen Bereich ein neuer Mitarbeiter eingestellt. So wird sich 'Klangbau' neben guten und preisgünstigen Komponenten auch mit hochwertigen Transistor- und Röhrengeräten befassen. Für das laufende Jahr 1988 sind weitere Veranstaltungen mit Elektronik- und Lautsprecher-



herstellern geplant. Was ebenso gezeigt werden soll, ist die hohe Leistungsfähigkeit bei der Herstellung von Lautsprechergehäusen. Nahezu sämtliche Lack- und Holzoberflächen sind lieferbar. Der Interessent, der keine Möglichkeit hat selbst Hand anzulegen, kann sich auf

diesem Wege seinen optischen und technischen 'Maßanzug' herstellen lassen.

Klangbau  
Schlüter & Brüntrup  
Breite Straße 23  
4800 Bielefeld 1

### Marmor, Stein und Eisen . . .

Immer wenn Lautsprechergehäuse das Thema sind und dann statt 'Holzbausatz' von einem 'Marmorbausatz' geredet wird, zuckt ein eingefleischter Holzwurm innerlich zusammen — das Wort ist einfach zu ungewöhnlich. Signalisiert es doch auf der einen Seite exklusive Eleganz, auf der anderen jedoch hat es ein wenig mit 'basteln' und 'fricken' zu tun. Daß beides sehr wohl gut zusammenpassen kann, zeigt SAD mit seinen Marmor-Bausätzen und Fertiggehäusen. Was einst als absolute Einzelstückfertigung für gute Freunde begann, umfaßt heute eine Palette von 17 verschiedenen Gehäusetypen, darunter fast das komplette Programm von Eton und Focal. Weitere Informationen gibt es bei

SAD / K.H. Pach  
Hauptstraße 5  
3451 Heinsen

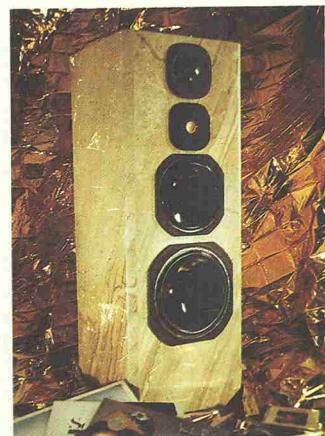
### Der Mythos lebt

Und das nicht nur in den USA, sondern auch in der Bundesrepublik: Hartley — ein Name der eng mit der Geschichte der high-fidelen Musikwiedergabe verknüpft ist — wird nun auch

bei uns zu haben sein. Ein Berliner Vertrieb hat die Produkte der Hartley Corp. im Programm. Besonders hervorzuheben sind die Superwoofer mit 46 cm und 60 cm Durchmesser, die durch ihre Polymermembran (günstiges Masse-Steifigkeitsverhältnis, geringes Gewicht) große Vorteile gegenüber herkömmlichen Materialien aufweisen. Hartley war weltweit der erste Hersteller, der Polymermembranen patentieren ließ. Der 60 cm Hochleistungsbaß ist in der Lage, 6 Hz noch mit 75 dB abzustrahlen (Infraschallbereich). Von seinen Qualitäten konnte man sich schon auf der Funkausstellung 87 am Expolinear-Stand überzeugen.

Lautsprecher, die in kleiner Serie hergestellt werden, sind naturgemäß nicht ganz billig. Die Verkaufspreise für die vier Grundtypen liegen laut Angaben des Importeurs zwischen DM 520,- und DM 1400,- pro Stück. Nun ja, vielleicht fällt der Dollar noch etwas...

Weitere Informationen über:  
Expolinear  
Brandenburgische Straße 77  
1000 Berlin 31

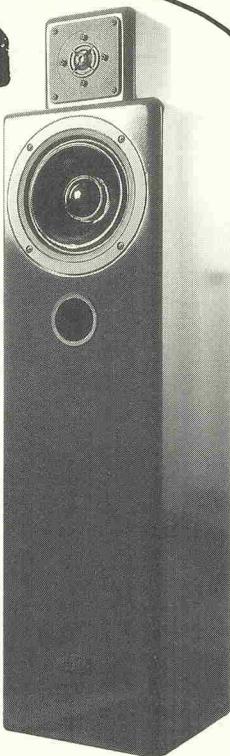




## Selbstbau in KONSTANZ

Bei uns finden Sie vorführbereit:

**ACR:** Piccolo · Pan · SkyLine · NewLine · TechnoLine · Isostatic  
**Dynaudio:** Axis 5 · Profil 4 · Xennion · Pentamyd 2+3 · Jadee aktiv  
**Procus:** Yellow · Intus · Fidibus  
**Visaton:** Casablanca · Silhouette · Convention-Subwoofer + Sateliten · Display · VIB



**Passende Elektronik:** In unserem Hauptgeschäft am Lutherplatz 9 finden Sie alles von A wie Accuphase bis Y wie Yamaha. Besuchen Sie uns.

Wir führen:

ACR · Visaton · Dynaudio · EV · Procus · Audax · Seas · Celestion · Peerless · Goodmans · Kef · Sipe · Heco · Vifa  
Hochwertige Weichenbauteile (Inter-technik). Alle Bausätze mit kompletter Bestückung auch im Versand per Nachnahme erhältlich.

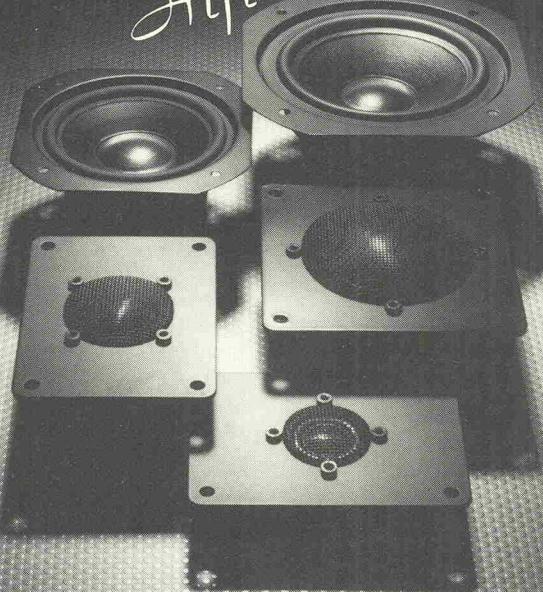
Info gegen DM 6,- in Postwertzeichen.

Auftragsannahme: 24-Std-Service 0 75 31/1 54 16.

## PHONO MOTION

Untere Laube 32 · 7750 Konstanz · Tel. 0 75 31/1 54 16

**MONARCH®**  
*Hifi-Elite*

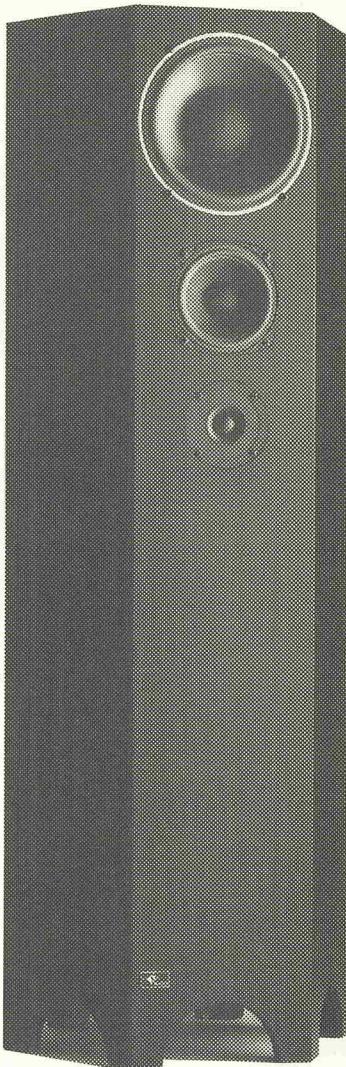


INTER-MERCADOR GMBH & CO KG  
IMPORT - EXPORT

Zum Falsch 36 · Postfach 44-87 47 · 2800 Bremen 44  
Telefon 04 21 / 48 90 90 · Telex 2 45 922 monac d · Telefax 04 21 / 48 16 35

## Es ist schade um Ihre Zeit

... wenn Sie beim Boxen-Selbstbau keine Spitzen-Lautsprecher verwenden. Höchste Qualität erzielen Sie nur mit Qualitäts-Lautsprechern. Bestehen Sie also beim Kauf auf PEERLESS-Speaker. Denn Qualität zahlt sich aus.



## PEERLESS PROFESSIONAL HIFI SPEAKER

**Das attraktive,  
leistungsstarke  
Lautsprecher-  
Programm  
für HiFi und Auto.**

## PEERLESS: oft kopiert – nie erreicht!

Möchten Sie hochwertige Lautsprecherboxen selbst bauen oder Ihre Boxen mit PEERLESS-Lautsprechern verbessern? Dann wenden Sie sich an unsere „DEPOT-HÄNDLER Lautsprecher“:

1000 Berlin 44, Arlt, Karl-Marx-Str. 27 · Strehl-Boxen/Gross, Maybachufer 14 · 2000 Hamburg 76, Nuernberger & Ross, Stückenstr. 74 · 2000 Hamburg 13, Open Air, Rentzelstr. 34 · 2800 Bremen 1, pro audio, Am Wall 45 · 4000 Düsseldorf 1, Arlt-Radio, Am Wehrhahn 75 · MDL, Charlottenstr. 49 · 4100 Duisburg 1, Klein aber fein, Tonhallenstr. 49 · 4270 Dorsten, Lang/PACON, Wiesenstr. 6b · 4300 Essen 1, Audio design, Kurfürstenstr. 53 · 4400 Münster, GDG Lautsprecher, Steinfurter Str. 37 · 4500 Osnabrück, Ton + Technik, Lohstr. 2 und Kommenderiestr. 128 · 4600 Dortmund, City-Elektronik, Güntherstr. 75 · 4630 Bochum, Hubert-Lautsprecher, Wasserstr. 172 · 4790 Paderborn, Glahn, Borchener Str. 4 · 4837 Verl 1, Gort, Österwiecher Str. 274a · 5205 Sankt Augustin, WS electronic, Am Markt 53c (HUMA-Zentr.) · 5250 Engelskirchen-Osberghausen, Komlathy, Kölner Str. 46 · 5400 Koblenz, Hobby-Elektronik 3000, Victoriastr. 8-12 · 5768 Sundern 1, HESTRI PA, Settmecckstr. 76 · 6072 Dreieich-Sprendlingen, HiFi-Laden, Hauptstr. 45 · 6300 Gießen, AUDIO, Bleichstr. 5 · 6500 Mainz, Die Box, Rochusstr. 11 · 6800 Mannheim, HS Elektronik, Cannabichstr. 22 · 7521 Kronau, audio design, Schulstr. 3 · 7530 Pforzheim, Peiter, Weierstr. 25 · 7600 Offenburg, Lanua, Friedenstr. 27 · 7980 Ravensburg, HiFi-Elektronik Doll, Hopfenweg 5 · 8000 München 90, AUDIOPHIL, Schlierseestr. 19 · 8400 Regensburg, Schütz & Trier, Unter den Schwibbögen 11 · 8858 Neuburg/Donau, Top-Sound, Thalheimerweg 3 · 8900 Augsburg, Selfmade, Hunoldsgraben 30-32



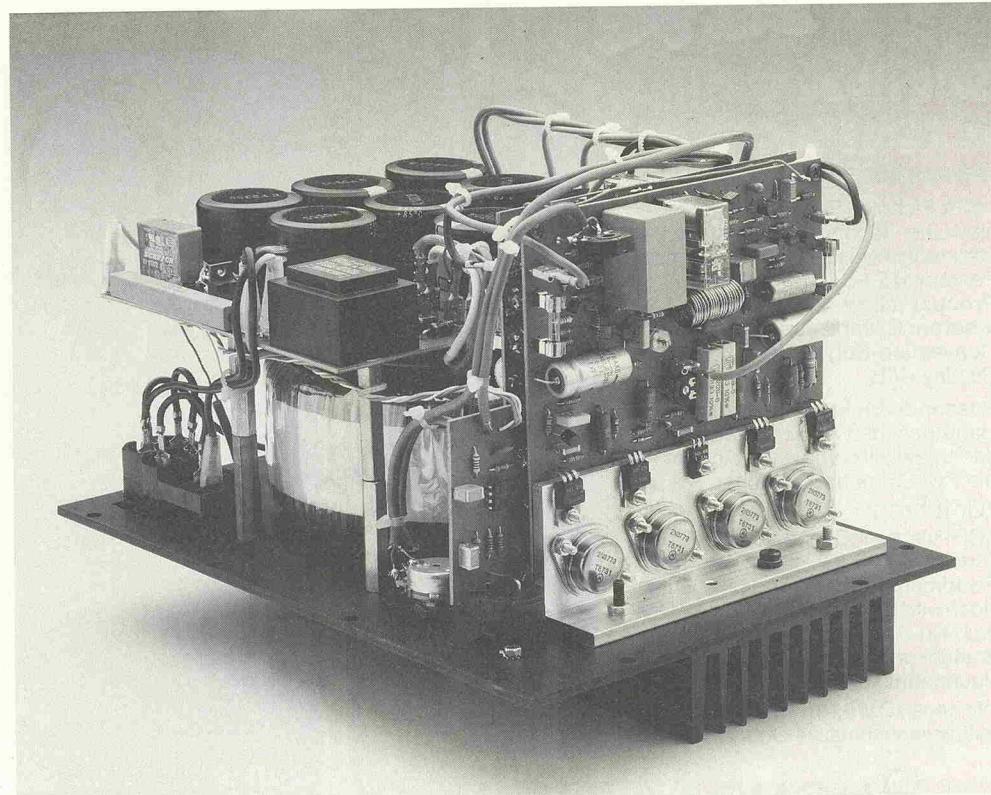
PEERLESS Elektronik GmbH  
Friedenstr. 30, Postfach 26 0115, 4000 Düsseldorf 1, Telefon (02 11) 30 53 44

### Fidibus aktiviert

Für den Fidibus aus elrad extra 3 gibt es nun einen Verstärker zum Aktivieren. Die Einheit enthält zwei Endstufen mit je 200 W Dauerleistung zur Teilaktivierung der 'Fidibus'. Eine Endstufe versorgt die beiden Tieftöner, die zweite die Mittel/Hochtöneinheit. Die Trennung zwischen Mittel- und Hochtönlautsprecher erfolgt weiterhin passiv.

Die Vorteile der aktiven Endstufe:

- Hoher Dämpfungsfaktor, breiter Übertragungsbereich
- Einschaltverzögerung und Gleichspannungsschutz
- Überdimensionierter Netztrafo
- 2x20000  $\mu$ F-Siebung für hohe Impulsfestigkeit
- Softstart
- Symmetrischer Eingang (keine Probleme bei langen Kabeln)
- Integrierte, aktive Frequenzweiche (-3 dB bei 150 Hz)
- Separates Netzteil für Symmetrierung und Schutzschaltung
- Professioneller, mechanischer Aufbau



○ Pegelsteller für Tiefotonbereich (optimale Raumanspannung)

Die Aktiveinheit ist auch lieferbar für das Modell PROCUS 'Intus'.

Weitere Informationen über:

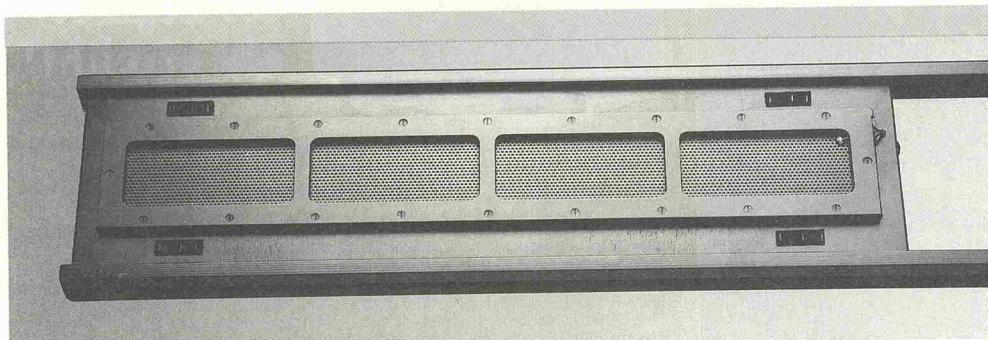
Dr. Hubert GmbH  
Im Westenfeld 22  
D-4630 Bochum-Querenburg

### Hochwertiges Klangbild

Der Importeur Schlubach & Co vertreibt in der BRD die McFarlow-Lautsprecherprodukte über den Fachhandel und die Versender Völkner und Conrad.

Neu im Programm ist ein 30 cm-Hifi-Bass mit Doppel-magnet, der McFarlow GT 30/80. Ein Lautsprecherprofi hatte das Chassis kürzlich zur Begutachtung vorliegen und war angenehm überrascht, was für DM 89,- geboten wird:

5 cm-Nomexschwingspule, ca. 92 dB/Wm im Einsatzbereich von 30-1000 Hz, gutmütiges Überlastverhalten und in Baßreflex- oder Innentreiber-kombinationen ein 'hochwertiges' Klangbild. Datenblätter und passende Boxenbaupläne gibt es im Fachhandel.



### Hochspannung

In elrad 7/8 - 1987 wurde eine Bauanleitung für einen Elektrostaten vorgestellt — so richtig mit Folie spannen und allem drumherum. Für sehr viele Nachbauwillige war der feinmechanische Teil des Baus aber doch 'einige Nummern zu groß' geraten. Nicht weil wichtige Zeichnungen und Textpassagen in der Bauanleitung fehlten (das behaupten üblerweise die Kollegen von Klang + Ton), sondern weil zum Bau eines solchen Teils eben doch etwas mehr gehört als ein Schrau-

bendreher und ein stumpfer 3,5 mm-Bohrer.

Der Autor der elrad-Bauanleitung hat daher ein Einsehen gehabt, das Elektrostaten-Chassis in Serie aufgelegt und bietet es nun als Fertig-Lautsprecher an (unser Bild zeigt die Rückseite). Gleichzeitig hat er diese Neuauflage zum Anlaß genommen, einige technische Verbesserungen einfließen zu lassen. So verwendet er nun eine 6  $\mu$ m-Folienmembran (bisher 12  $\mu$ m). Die dünnerne Folie erhöht die Membranbedämpfung (besonders an der Resonanzstelle) und

linearisiert den Frequenzverlauf auf  $\pm 2$  dB zwischen 200 Hz und 20 kHz. Der Montagerahmen aus geschäumtem Kunststoff weist 4 Öffnungen auf, die unter einem Winkel von 60° ausgefräst werden.

Die auch einzeln erhältlichen Elektrostaten (inkl. Netzteil und Übertrager) werden zu einem Preis von DM 1.650.— angeboten.

Weitere Informationen  
M. Sombetzki  
Schellstraße 9  
4650 Gelsenkirchen



## Mivoc in der Zoopassage

Nach erfolgreicher Einführung in Solingen, Dortmund und Stuttgart eröffnet MIVOC am 30.04.88 ein weiteres Hör- und Verkaufsstudio in der Frankfurter Zoopassage. Brandneue Modelle wie die 340 oder 220 S können in aller Ruhe probegehört werden. Den 'Katalog 88' gibt es gegen eine Schutzgebühr von DM 3,- in allen MIVOC-Studios.

Mivoc-Frankfurt  
Friedberger-Landstr.1  
(Zoopassage)  
6000 Frankfurt 1  
Tel.: 0 69/49 40 418



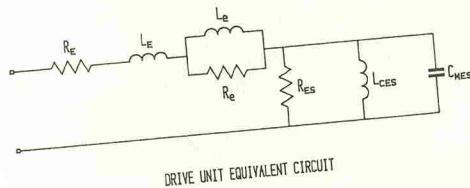
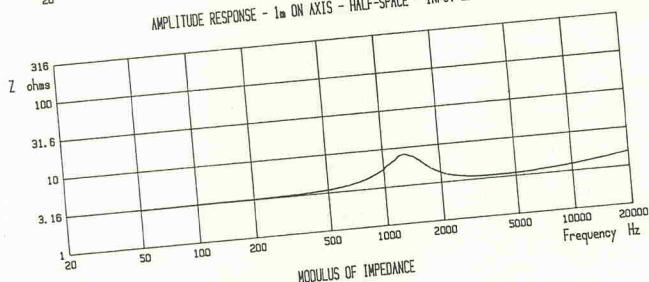
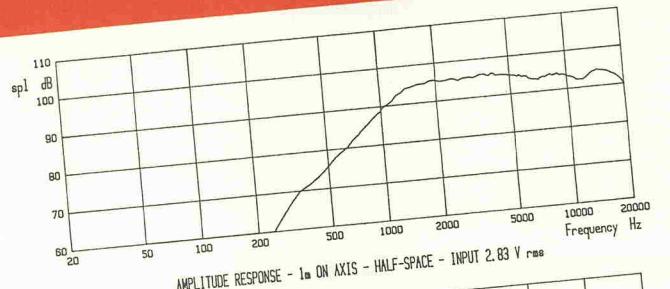
## KEF putzt auf

Der betagte B 139 ist zwar nicht totzukriegen (so manch einer von der Konkurrenz hätte gern beim Schaufeln des Grabs geholfen), aber trotzdem wird es von KEF eine neue Chassis-Serie geben — genannt: 'Audophile Series'. Alle Typen stammen von den KEF-Referenz-Lautsprechern ab, sind aber speziell für den Selbstbau präpariert. Der Verkaufspreis für den ersten Mitteltöner soll DM 98,- betragen (gar nicht so referenz-mäßig, oder?).

KEF/Schaulandt Versand  
Borsteler Chaussee 85-99a,  
Haus 13  
2000 Hamburg 61

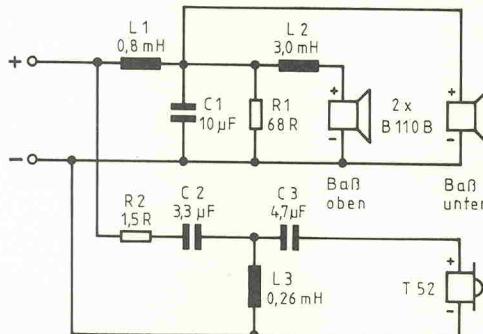
 KEF Electronics Limited  
Tovil Maidstone England

DRIVE UNIT DATA	
Model	T338
Type	SP1210
Nominal Impedance	4 ohms
Frequency Range	3 - 20 kHz
Sensitivity	93 dB spl
Net Weight	0.55 kg
Closed Box Volume	-
Reflex Box Volume	-
Power Handling Continuous	10 W
Power Handling Programme	300 W
Flux Density	1.6 T
Total Flux	0.24 mWb
Voice Coil Diameter	25 mm
Max. Continuous Temp.	100 C
Max. Intermittent Temp.	150 C
Thermal Time Constant	0.97 s
Input Impedance R(E)	3.1 ohms
L(D)	0.01 mH
L(e)	0.02 mH
R(e)	0.25 ohm
R(ES)	2.34 ohms
L(CES)	4.91 ohms
C(HES)	0.25 ohm
Effective Diaphragm Area	61.0 uF
Linear Excursion (pk-pk)	6.29 sq cm
Damage Limited Excursion (pk-pk)	0.8 mm
Effective Moving Mass M(HS)	-
Suspension Mechanical Resistance R(MS)	0.3 g
Suspension Compliance C(MS)	1.0 mech chass
Compliance Equiv. Vol. V(KS)	0.51x10E-4 m/N
Free Air Resonance Frequency f(S)	-
Force Factor B(f)	1280 Hz
Damping Factor Mechanical Q(M)	2.22 N/m
Electrical Q(E)	2.41
Total	1.52
	0.93



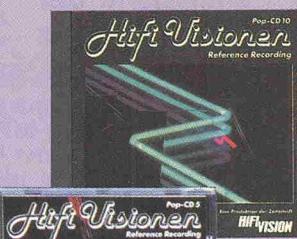
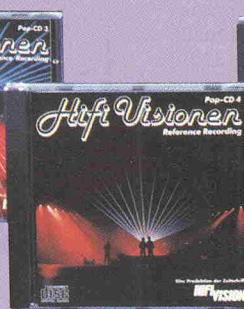
## Berichtigung

Von A + O Electronics in Starnberg erreichte uns die Mitteilung, daß sich in die Frequenzweiche für die Toccata von KEF (Lautsprecherheft 6) durch einen Übermittlungsfehler ein grober 'Bolzen' eingeschlichen hat. Hier das befehlige Weichenschaltbild.



## Die Pop-CD 11:

Schon wieder Hits von den Nits – plus: Hooters, Cock Robin, Fox The Fox, After The Fire, Spiffi, Nena, Marvin Gaye, Alison Moyet, Sade, Leonard Cohen, Santana, Toto und Herwig Mitteregger. Mehr Information in Heft 2/1988



## Die bisher erschienenen Pop-CDs:

Die Pop-CD 1 A: Ein Evergreen von Peter Green – plus: Falco, Udo Lindenberg, Pet Shop Boys, Talk Talk, China Crisis, Thompson Twins, Kano, Emerson, Lake & Palmer und Tullio de Piscopo. Mehr Information in Heft 9/1985

Die Pop-CD 2: „Una Notte Speciale“ mit Alice plus: Tina Turner, Falco, Udo Lindenberg, Corey Hart, Gerry Rafferty, Mike Oldfield & Roger Chapman, America, Jona Lewie, Camel und Scorpions. Mehr Information in Heft 4/1986

## Die Pop-CD 3:

Ein Plazzebo von Gazebo – plus: Tina Turner, Falco, Queen, Princess, Pet Shop Boys, Talk Talk, Imagination, Hot Chocolate, Climax Blues Band, Marillion und China Crisis. Mehr Information in Heft 9/1986

## Die Pop-CD 4:

As auf As mit Two Of Us – plus: Fleetwood Mac, America, Mr. Mister, Rick Springfield, Hall & Oates, Foreigner, Laura Branigan, Paul Hardcastle, Phil Collins, Nilsson, Udo Lindenberg und Peter Green. Mehr Information in Heft 12/1986

## Die Pop-CD 5:

„Blue Green“ von Yello – plus: Duran Duran, Tears For Fears, Kool And The Gang, Robert Plant, Phil Carmen, Blonker, The Honeydrippers, Talk Talk und Pete Townshend. Mehr Information in Heft 3/1987

## Die Pop-CD 6:

Ein Schocker mit Joe Cocker – plus: Steve Harley, Tina Turner, Kim Carnes, Pet Shop Boys, Bruce Cockburn, Chicago, Kate Bush, Roger Chapman, Falco und Foreigner. Mehr Information in Heft 5/1987

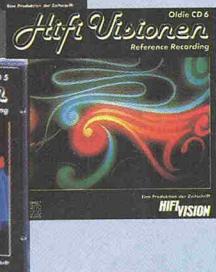
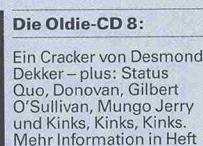
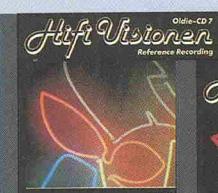
## Die neue Oldie-CD 9:

Sechs Hitparaden-Fetzer ohne Kitsch von Dave Dee, Dozy, Beaky, Mick And Tich – plus: Bee Gees, The Spottis, The Rattles, The Crazy World Of Arthur Brown, The Savage Rose und Eric Burdon & The Animals. Mehr Information auf Seite 136.



## Die Oldie-CD 7:

Ein forschter Groove mit The Move – plus: Gilbert O‘Sullivan, The Foundations, Dave Davies, Donovan und Kinks, Kinks, Kinks. Mehr Information in Heft 3/1988.



## Die bisher erschienenen Oldie-CDs:

Die Oldie-CD 1: Ein Rocker von Joe Cocker – plus: Small Faces, Eric Burdon & The Animals, Flowerpot Men, Procol Harum, Them, Crispian St. Peters, Whistling Jack Smith, Los Bravos, Cat Stevens, Ten Years After, Leo Sayer und Thin Lizzy. Mehr Information in Heft 9/1986.

Die Oldie-CD 2: „Feeling Alright“ mit Joe Cocker – plus: Smoke, John Fred & His Playboy Band, Move, Crispian St. Peters, John Mayall, Procol Harum, Eric Burdon & The Animals, T. Rex, Ten Years After und Peter Green. Mehr Information in Heft 12/1986.

Die Oldie-CD 3: Mit dabei Humble Pie – plus: Easybeats, Creation, Amen Corner, Fleetwood Mac, Rupert Hine, Yardbirds und Small Faces. Mehr Information in Heft 5/1987.

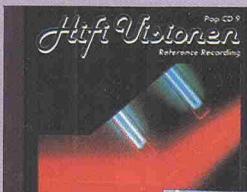
Die Oldie-CD 4: The Best of Albert West – plus: The Byrds, Gary Puckett & The Union Gap, Scott McKenzie, Albert Hammond, Billy Joe Royal, The Love Affair, Sailor, Leonard Cohen, The Three Degrees, Billy Swan, Blood, Sweat & Tears und Dave Brubeck Quartet. Mehr Information in Heft 7/1987.

Die Oldie-CD 5: Fun mit The Gun – plus: The Love Affair, Georgie Fame, Blood, Sweat & Tears, The Byrds, Santana, Mike Batt & Friends, Sly & The Family Stone und Dave Brubeck Quartet. Mehr Information in Heft 7/1987.

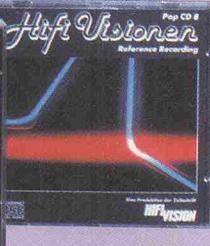
Die Oldie-CD 6: „Come On And Sing“ mit den Rattles – plus: Dave Dee, Dozy, Beaky, Mick & Tich, Julie Driscoll With The Brian Auger Trinity, The Walker Brothers, The Hollies, The Who, Cream, Bachman Turner Overdrive und Jimi Hendrix. Mehr Information in Heft 9/1987.

## – Sternstunden für die HiFi-Anlage

### Die Pop-CD 9:



„Captain Of Her Heart“ von Double – plus: Bee-Gees, Boy Meets Girl, Boomtown Rats, Godley & Creme, Hipsway, Rubber Rodeo, Phil Carmen, Elton John, Styx, Roger Hodgson, Joe Jackson und Eric Clapton.  
Mehr Information in Heft 9/1987



### Die Pop-CD 7:

Hits von den Nits – plus: Cock Robin, Santana, Boston, Herwig Mitteregger, Herbie Hancock, Billy Paul, Spliff und Europe.  
Mehr Information in Heft 7/1987

### Die Pop-CD 8:

Noch mehr Hits von den Nits – plus: Michael Jackson, Paul Young, Alison Moyet, Dee C. Lee, Sade, The Romantics, Toto, Oran „Juice“ Jones, Kansas, Wham! und Spliff.  
Mehr Information in Heft 8/1987.



### Die Klassik-Pop-CD 1

„Hot And Suite“  
Mit Jon Lord, The Nice, Michael Wehr und Harry Winkler & Classics.  
Mehr Information in Heft 8/1987.

### Die bisher erschienenen Klassik-CDs:

#### Die Klassik-CD 1:

Werke von Richard Wagner, Serge Prokofieff, Richard Strauss, Edward Elgar, Jacques Offenbach, Alexis Emanuel Chabrier, Carl Orff, Felix Mendelssohn-Bartholdy und Joaquín Rodrigo.  
Mehr Information in Heft 9/1985

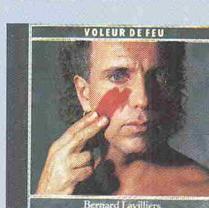
#### Die Klassik-CD 2:

„Encores“  
Roberto Szidon, Klavier  
Werke von Sergej Rachmaninoff, Wolfgang Amadeus Mozart, Frederic Chopin, Manuel de Falla, Franz Schubert, Johann Sebastian Bach, Johannes Brahms, Franz Liszt, Fritz Kreisler, Robert Schumann und Ludwig van Beethoven.  
Mehr Information in Heft 5/1987

#### Die Klassik-CD 3:

„Concerto Digital“  
Collegium Aureum, Franzjosef Maier  
Werke von Wolfgang Amadeus Mozart, Joseph Haydn, Ludwig van Beethoven, Franz Schubert, Luigi Boccherini, Georg-Friedrich Händel und Marc-Antoine Charpentier.  
Mehr Information in Heft 6/1987

### Die Exklusiv-CD:



**Bernard Lavilliers:**  
**Voleur de Feu**

Frankreichs Top-Musiker, auf CD nur bei HIFI VISION. Mehr Information in Heft 1/1988.

### Die bisher erschienenen Pop-LPs und die Car-MC:

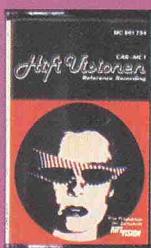


#### Die Pop-LP 1:

Mit Paul Young, Toto, Nits, Santana und Spliff.  
Mehr Information in Heft 9/1985.

#### Die HIFI VISIONEN-Car-MC 1:

(Musikcassette mit Spezialentzerrung für die Auto-Akustik). Mit Paul Young, Nits, Toto, Santana und Spliff.  
Mehr Information in Heft 9/1985.



### Bitte liefern Sie mir folgende HIFI VISIONEN:

<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 1</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 2</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 3</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 4</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 5</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 6</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 7</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 8</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Oldie-CD 9</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 1A</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 2</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 3</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 4</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 5</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 6</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 7</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 8</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 9</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 10</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-CD 11</b>	à DM 38,50 = _____

<input type="checkbox"/>	<b>Stück Klassik-Pop-CD 1</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Klassik-CD 1</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Klassik-CD 2</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Klassik-CD 3</b>	à DM 38,50 = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-LP 1</b>	à DM 30,- = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Pop-LP 2</b>	à DM 30,- = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück CAR-MC-1</b>	à DM 20,- = _____
<input type="checkbox"/>	<b>Stück Bernard Lavilliers: Voleur de Feu</b>	à DM 33,- = _____

### zuzüglich DM 3,- für Porto und Verpackung

Die Auslieferung von HIFI VISIONEN erfolgt nur gegen Zahlungsnachweis. Bitte fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck (Euroscheck) oder den Einlieferungsschein einer Bareinzahlung auf das Postgiro Hannover, Konto-Nr. 9305-308 oder Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968, bei.

Vor- und Nachname \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

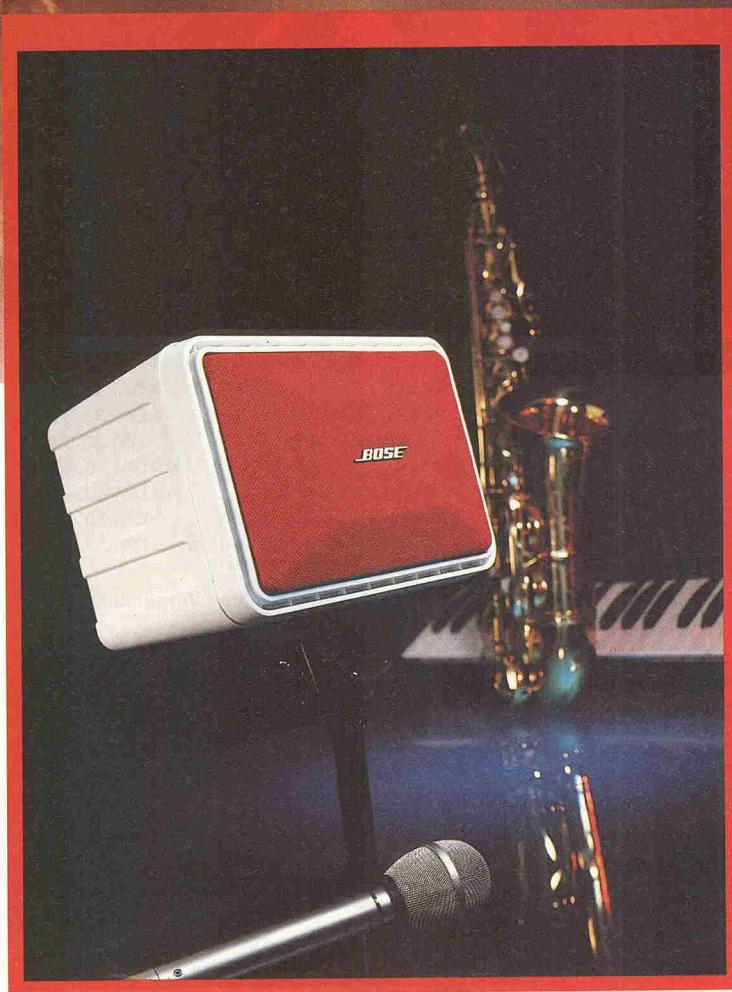
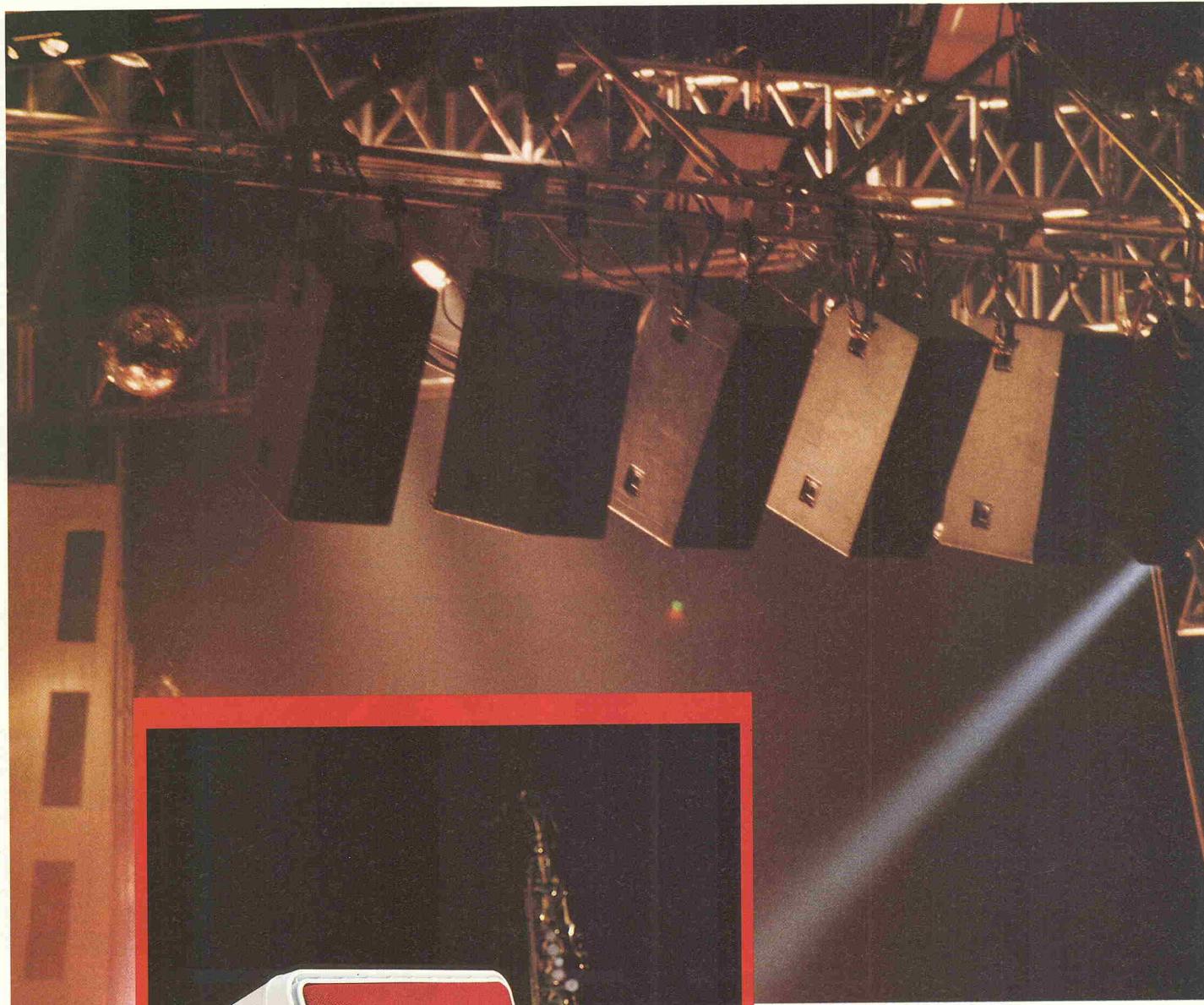
PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Coupon an: Verlag Heinz Heise GmbH, Vertriebsabteilung, Helstorfer Straße 7, 3000 Hannover 61



## Breitbandlautsprecher



Kleine Lautsprecher sind zwar für eine variable, dem Raum angepaßte Aufstellung günstig; solche Mini-Gehäuse wirken sich aber negativ auf die klanglichen Eigenschaften aus, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden. Im folgenden Beitrag sollen daher einige der möglichen konstruktiven Maßnahmen, wie die passive Entzerrung anhand einer Analyse von drei industriell gefertigten Klein-Monitorlautsprechern ausführlicher behandelt werden.

# Mikro-Monitore

## Konstruktionsmerkmale von Breitbandlautsprechern

Dieter Michel

Bau von Kleinlautsprechern guter Qualität ist also prinzipiell auch bei eingeschränktem Material- und Kostenaufwand möglich.

Die Gehäuse der drei Lautsprecher sind nicht größer als ein durchschnittlicher Schuhkarton und in stabilem Kunststoffmaterial ausgeführt. Dies hat sowohl fertigungstechnische als auch akustische Vorteile; für den Selbstbau kann selbstverständlich nach wie vor Holz als Material verwendet werden, zumal die mechanische Stabilität im Wohnraum von geringerer Bedeutung ist als beispielsweise im Bühnenbetrieb.

Zwei der drei Lautsprecher arbeiten nach dem Breitbandprinzip, sind also nur mit einem Konuslautsprecher bestückt. Bei dem dritten Lautsprecher scheint es sich auf den ersten Blick um eine normale Zweiwegkonstruktion zu handeln, da zusätzlich ein Kalottenhochtöner für die Wiedergabe eingesetzt wurde. Grundsätzliches Problem bei der Konstruktion kleiner und zudem relativ preiswerter Lautsprecher ist die Tatsache, daß man die Anzahl der Lautsprecherchassis beschränken muß. Dies führt im Extremfall dazu, daß nur noch ein Lautsprecher für die Wiedergabe des gesamten Frequenzbereiches eingesetzt wird.

Die drei untersuchten Lautsprecher, BOSE 101 MM, YAMAHA S10X sowie JBL Control One (es handelt sich dabei um eine keineswegs vollständige Auswahl) haben sich als geeignet für diesen Zweck erwiesen, da sie sowohl von den Abmessungen als auch vom Preis her den Forderungen an einen guten Kleinlautsprecher genügen. Darüber hinaus wird dieser Lautsprechertyp als Abhörlautsprecher für Homerecording, Nahfeldmonitor für größere Studios sowie für den Bühneneinsatz angeboten und auch eingesetzt, so daß bei einer Untersuchung der von den Herstellern getroffenen Maßnahmen und Konstruktionsmerkmalen sicher nützliche Hinweise zu erwarten sind. Der

Im Gegensatz dazu kann in Mehrwegekonstruktionen in der Regel der Frequenzbereich der eingesetzten Lautsprecherchassis so eingeschränkt werden, daß sie für diesen Arbeitsbereich optimiert werden können und demzufolge eine hohe Klangqualität aufweisen. Dies ist allerdings nicht in allen Fällen optimal zu realisieren. Ein bekanntes Problem in der professionellen Beschallungsbranche ist z. B. die Wiedergabe des Tiefmittenbereiches, das trotz des Einsatzes von Mehrwegsystemen bisher nur mit dem M4 eine wirkliche Lautsprechertechnologisch neue Lösung gefunden hat.

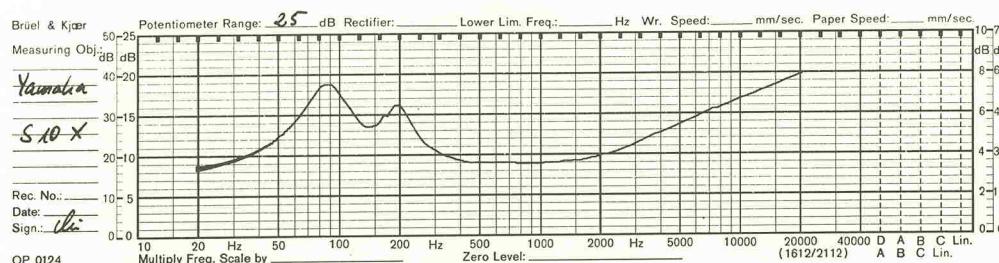
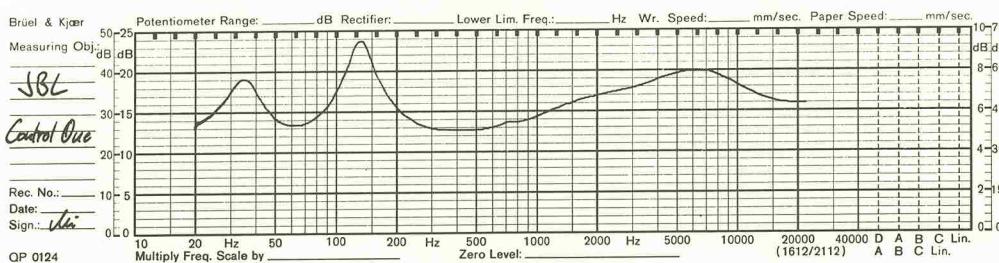
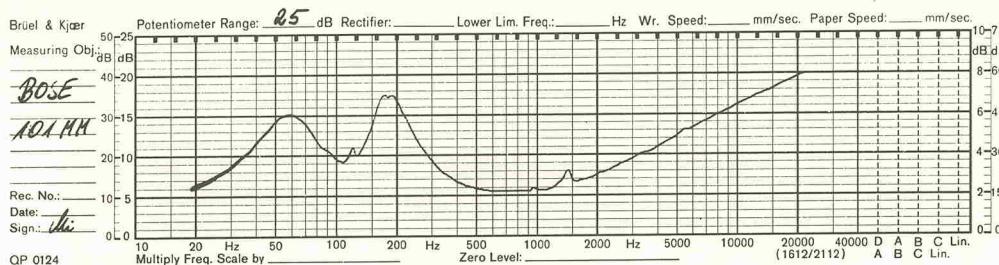
Wird der Übertragungsbereich des Einzelchassis größer, so treten zunehmend Probleme auf. Dies hat grundsätzliche physikalisch-akustische Gründe, da die Wellenlänge des abzustrahlenden Schalles im Bereich hörbarer Frequenzen zwischen ca. 17 m und 1,7 cm variiert, die Abstrahleigenschaften eines Lautsprechers aber sehr stark z. B. von dem Verhältnis der Wellenlänge zum Membran-durchmesser abhängen. Wird im Extremfall nur ein Breitbandchassis für den gesamten Übertragungsbereich eingesetzt, so ist mit erheblichen Problemen zu rechnen, denen durch die Konstruktion des Lautsprecherchassis Rechnung getragen werden muß. Da es

sich bei Breitbandlautsprechern im allgemeinen um Konussysteme handelt, erweist sich vor allen Dingen die korrekte Höhenwiedergabe als problematisch. Auf diesen Punkt wird später ausführlicher eingegangen.

Ein Lautsprecherchassis, das für die Wiedergabe des gesamten Übertragungsbereiches eingesetzt werden soll, muß also speziell für diesen Zweck entwickelt werden. Nichtsdestotrotz ist der Entwickler wegen der Beschränkung der äußeren Abmessungen der Box gezwungen, ein Lautsprecherchassis zu entwickeln bzw. einzusetzen, bei dem es sich eigentlich um einen Mitteltöner handelt. Das bedeutet: Ohne zusätzliche Maßnahmen wird der Lautsprecher eine zu schwache Baßwiedergabe aufweisen und in den Höhen Schwierigkeiten bekommen. Dem Problem der Baßwiedergabe wird von den Herstellern auf zweierlei Weise begegnet.

Zum einen arbeiten die in allen drei Boxen eingesetzten Konuslautsprecher auf ein Baßreflexgehäuse. Zusammen mit der korrekten Abstimmung der Reflexöffnung wird hierdurch eine Erweiterung des Übertragungsbereiches zu tiefen Frequenzen sowie eine Erhöhung des Wirkungsgrades erreicht.

## Breitbandlautsprecher



**Abb. 1** Gemessene Frequenzgänge der passiven Entzerrernetzwerke mit angeschlossenem Lautsprecher im eingebauten Zustand.

Zum anderen wird der Frequenzgang der Lautsprecherchassis durch jeweils ein passives Netzwerk aus Spulen, Kondensatoren und Widerständen entzerrt.

Die Funktionsweise wird aus der Abb.1 deutlich. Es handelt sich hier um Messungen der Übertragungsfunktion von den Anschlußklemmen der Box auf

die des Lautsprechers, also effektiv um die Messung des durch das passive Netzwerk equalisierten Eingangssignals des Lautsprechers. Diese Messungen geben insofern Aufschluß über die Konstruktion der Lautsprecher, als sowohl der Einfluß des Korrekturretzenwerkes als auch der der Gehäusekonstruktion in die Darstellung eingeht.

Abb.2 zeigt die Schaltbilder der Korrekturretzenwerke der drei betrachteten Lautsprecher. Im Prinzip handelt es sich in allen Fällen um Parallelschwingkreise mit kleinen Modifikationen. Berechnet man den Einfluß dieser Netzwerke auf einen konstanten, rein ohmschen Widerstand von beispielsweise 8 Ohm, so scheint der Einfluß dieser Netzwerke recht klein zu sein. Demzufolge müssen also die realen Eigenschaften des Lautsprechers einen wesentlichen Einfluß auf die Arbeitsweise der Korrekturretzenwerke haben. Wie aus Abb.3 hervorgeht, ist die Impedanz eines typischen Lautsprechers keineswegs konstant, sondern im Gegen teil sehr stark frequenzabhängig. Wesentliche Merkmale

dieses Impedanzganges sind zum einen die starke Erhöhung der Impedanz im Bereich der Resonanzfrequenz, zum anderen der kontinuierliche Anstieg bei hohen Frequenzen. Der Anstieg der Impedanz zu hohen Frequenzen spiegelt den Einfluß der Induktivität der Schwingspule wieder, der bei herkömmlichen Mehrweg-Syste men mit passiven Frequenzweichen eigentlich unerwünscht ist und daher oft durch sog. Zobel-Netzwerke kompensiert wird.

**D**ie Impedanzerhöhung um die Resonanzfrequenz dagegen wird durch die mechanischen Bauelemente des Lautsprechers, also im wesentlichen durch die Masse der Membran sowie Nachgiebigkeit der Aufhängung und mechanische Dämpfung erzeugt. Daß sich dies auch bei der Messung rein elektrischer Größen auswirkt, liegt einfach daran, daß es sich beim Lautsprecher um einen Wandler handelt, der in beiden Richtungen betrieben werden kann. Zum einen haben elektrische Ströme Auswirkungen auf der

mechanischen bzw. akustischen Seite, zum anderen aber auch mechanische Einflüsse auf der elektrischen Seite, wovon man sich durch den Betrieb des Lautsprechers als Mikrofon leicht überzeugen kann. Aus diesem Grund kann man auch durch Ausmessung der elektrischen Eigenschaften unbekannte mechanische Parameter des Lautsprechers bestimmen, wie dies z.B. für eine Gehäuseabstimmung nach Thiele und Small erforderlich und u.a. in elrad extra 3 beschrieben ist. Vergleicht man nun den typischen Impedanzverlauf eines Lautsprechers mit den Messungen in Abb.1, so fällt sofort die prinzipielle Ähnlichkeit ins Auge. Aus dieser Ähnlichkeit kann man folgern, daß die wichtigsten Bestandteile des Entzerrungsnetzwerkes nicht allein Spulen und Kondensatoren sind, sondern auch der Vorwiderstand und der Lautsprecher selbst.

Normalerweise wird nämlich für Impedanzmessungen an Lautsprecherchassis ein Vorwiderstand benutzt, der etwa dem Hundert- bis Tausendfachen der Nennimpedanz des Lautsprechers entspricht. Dadurch entsteht eine einfache Stromquelle, da der Strom durch die Anordnung fast nicht mehr von den im Vergleich zum Vorwiderstand geringen Schwankungen der Lautsprecherimpedanz abhängig ist. Die an den Lautsprecherklemmen gemessene Spannung ist nunmehr annähernd proportional zur Impedanz des Chassis.

**D**ie weitaus meisten Lautsprecher werden heutzutage an einem Verstärker mit einem Ausgangswiderstand von einigen Milliohm (Ausnahme: Röhrenverstärker) betrieben, wodurch die Spannung an den Lautsprecherklemmen praktisch konstant ist und die Resonanzspitze in der Impedanz stark gedämpft wird. Grund dafür ist, daß die Schwingspule durch den Innenwiderstand praktisch kurzgeschlossen wird und mit dem Magnetfeld im Luftspalt eine sehr effektive Wirbelstrombremse ergibt. Man spricht in diesem Fall, in dem der Innenwiderstand des Verstärkers sehr viel kleiner ist als der des Lautsprechers, von Spannungsein-

**Die weitaus meisten Lautsprecher werden heutzutage an einem Verstärker mit einem Ausgangswiderstand von einigen Milliohm betrieben.**

prägung bzw. Spannungsanpassung und drückt dies durch den sog. Dämpfungsfaktor  $D = R_{\text{Lautspr.}}/R_{\text{Verst.}}$  aus.

Schaltet man nun einen Widerstand vor den Lautsprecher, so erhöht man effektiv den Innenwiderstand des Verstärkers, so daß die Spannung an den Lautsprecherklemmen nicht mehr konstant ist. Bei Erhöhung des Vorwiderstandes ergibt sich ein allmählicher Übergang zur sog. Stromspeisung oder Stromanpassung, bei der die Spannung an den Lautsprecherklemmen sich immer mehr dem Impedanzverlauf (Abb.3) annähert. Schließlich ist der durch den Vorwiderstand simulierte Innenwiderstand des Verstärkers sehr viel größer als die Lautsprecherimpedanz und der Strom durch den Lautsprecher konstant.

Zumindest grob betrachtet verhält sich bei Stromspeisung die Spannung an den Lautsprecherklemmen etwa spiegelbildlich zum Frequenzgang des Lautsprechers, so daß nun in gewünschter Weise Höhen und Bässe angehoben werden. Die Wahl des geeigneten Vorwiderstandes sowie zusätzlicher Bauelemente wie Spulen und Kondensatoren zur zusätzlichen Mittenabsenkung ermöglicht nun eine relativ gute Entzerrung des Lautsprecherfrequenzganges. Berücksichtigt werden muß dabei jedoch, daß der Vorwiderstand nicht zu groß gewählt werden darf, da ansonsten der Leistungsverlust zu groß und somit der Lautsprecher zu leise wird. Normalerweise erhöht das Korrekturwerk die Lautsprecherimpedanz auf etwa das Dreifache.

Um den Lautsprecher im Baßbereich nicht allzu stark entzerr zu müssen, werden bei allen drei untersuchten Lautsprechern Baßreflexgehäuse eingesetzt. Durch diese Maßnahme wird der Wirkungsgrad im Baßbereich verbessert, sowie durch Reduzierung der Membranauslenkung die Belastbarkeit des Lautsprechers erhöht. Da das Chassis zudem breitbandig betrieben wird, also auch die Höhen wiedergeben muß, werden zudem durch die geringere Membranbewegung Modulationsverzerrungen verringert. Wie bei allen

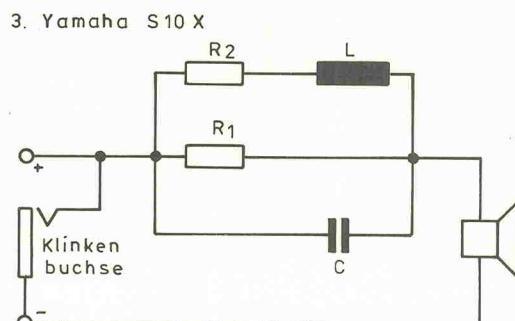
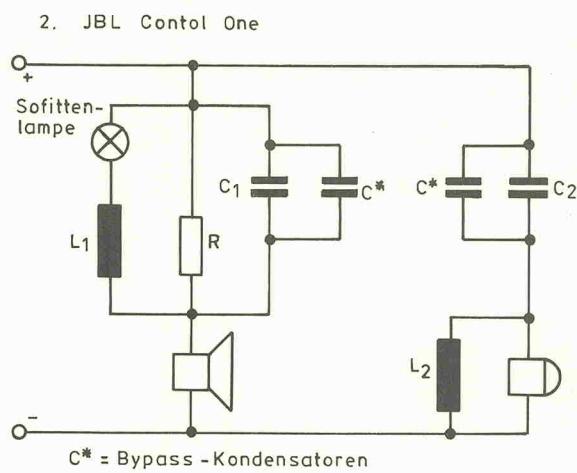
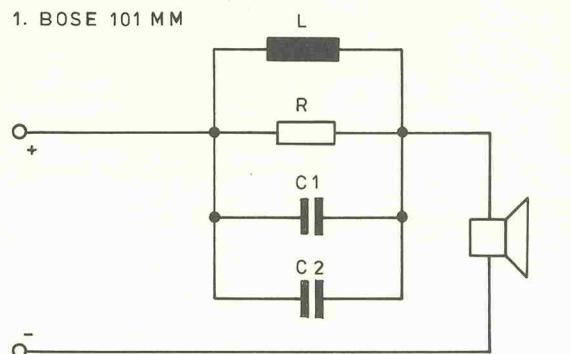


Abb.2 Schaltbilder der passiven Entzerrernetzwerke.

Baßreflexkonstruktionen muß jedoch auch hier darauf geachtet werden, daß der Lautsprecher unterhalb der Abstimmfrequenz des Gehäuses nur noch wenig Leistung bekommt, da die Reflexöffnung hier einen akustischen Kurzschluß darstellt. Beim Korrekturwerk der Control One wird diese Gefahr durch eine Sofittenlampe reduziert, die mit der Spule des Entzerrungswerkes in Reihe geschaltet ist. Bei tiefen Frequenzen wird diese Spule niederoh-

Die Anhebung im Baßbereich kann in der beschriebenen Weise fast mit jedem Lautsprecherchassis durchgeführt werden.

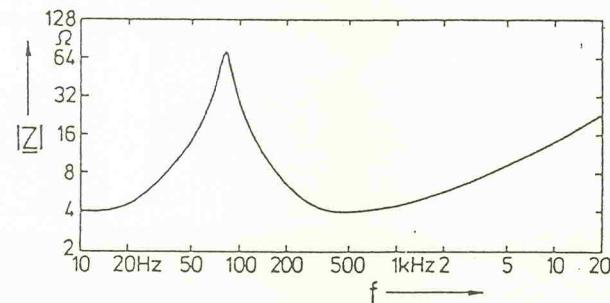
Die Reflexkonstruktion der Lautsprechergehäuse ist auch an den Messungen in Abb.1 zu erkennen, da hier bei tiefen Frequenzen im Vergleich zum einfachen Lautsprecher (Abb.3) zwei Maxima zu erkennen sind.

Die Anhebung im Baßbereich kann in der beschriebenen Weise fast mit jedem Lautsprecherchassis durchgeführt werden, was im Prinzip auch durch den Einsatz von sehr dünndrahtigen Spulen in passiven Frequenzweichen häufig geschieht.

Problematischer ist der Bereich hoher Frequenzen. Dieser wird zwar durch das Korrekturwerk im Pegel angehoben, nichtsdestoweniger entstehen aber Probleme durch Partialschwingungen, die unabhängig von der Entzerrung zu Interferenzen und demzufolge zu Einbrüchen im Frequenzgang führen. Die Kunst des Baus guter Breitbandlautsprecher besteht also darin, auch im Höhenbereich eine definierte Arbeitsweise der Chassis zu erreichen. Entscheidend sind hier der Aufbau der Membran sowie die Auswahl geeig-

miger als der Vorwiderstand, so daß durch sie der größte Anteil des Stroms fließt. Durch ihren temperatur- bzw. stromabhängigen Widerstand ist die Sofittenlampe nun in der Lage, den Strom und damit die Leistung in diesem gefährlichen Frequenzbereich zu begrenzen.

Abb.3 Typischer Impedanzverlauf eines dynamischen Lautsprechers (nach Zwicker, Elektroakustik).



## Breitbandlautsprecher

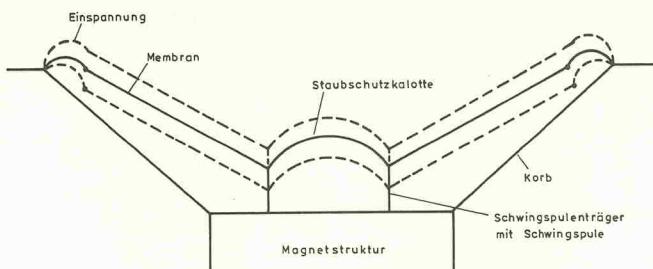
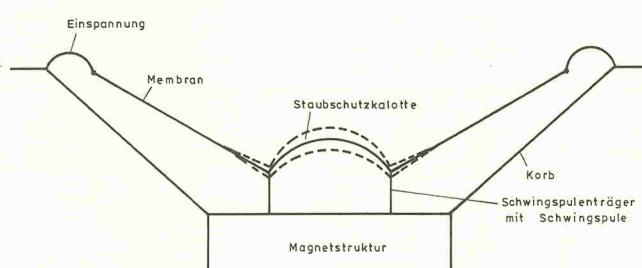


Abb.4 Kolbenförmige Schwingung der Membran eines Breitbandlautsprechers bei tiefen Frequenzen (übertrieben gezeichnet, Zentriermembran (Spinne) aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen).

Abb.5 Angestrebte Schwingform der Membran eines Breitbandlautsprechers bei hohen Frequenzen (übertrieben gezeichnet, Zentriermembran (Spinne) aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen).



neter Materialien, wozu in nicht unerheblichem Maß Erfahrung und Forschung notwendig sind. Hier finden sich auch die größten Unterschiede sowohl in den konstruktiven Lösungen verschiedener Hersteller, nicht zuletzt aber auch im Klang.

Das grundlegende Problem ist im Prinzip, daß es nicht möglich ist, eine Membran so steif zu konstruieren und so anzu treiben, daß sie bis zu höchsten Frequenzen wie ein Kolben schwingt, ohne einen lächerlich geringen Wirkungsgrad in Kauf

nehmen zu müssen. Doch selbst wenn dies gelänge, wäre die typische Membran mit ca. 10 cm Durchmesser so groß, daß außerhalb der Lautsprecherachse Auslöschen zu befürchten wären. Daher wird versucht, die Membran so zu konstruieren, daß sie bei tiefen Frequenzen als Ganzes schwingt (Abb.4), bei hohen Frequenzen aber nur noch die Membranmitte, also die Staubschutzkalotte, in Bewegung ist (Abb.5) und praktisch als Kalottenhochtoner arbeitet. Dieses Ziel kann man zum Beispiel erreichen, indem man die Dicke und

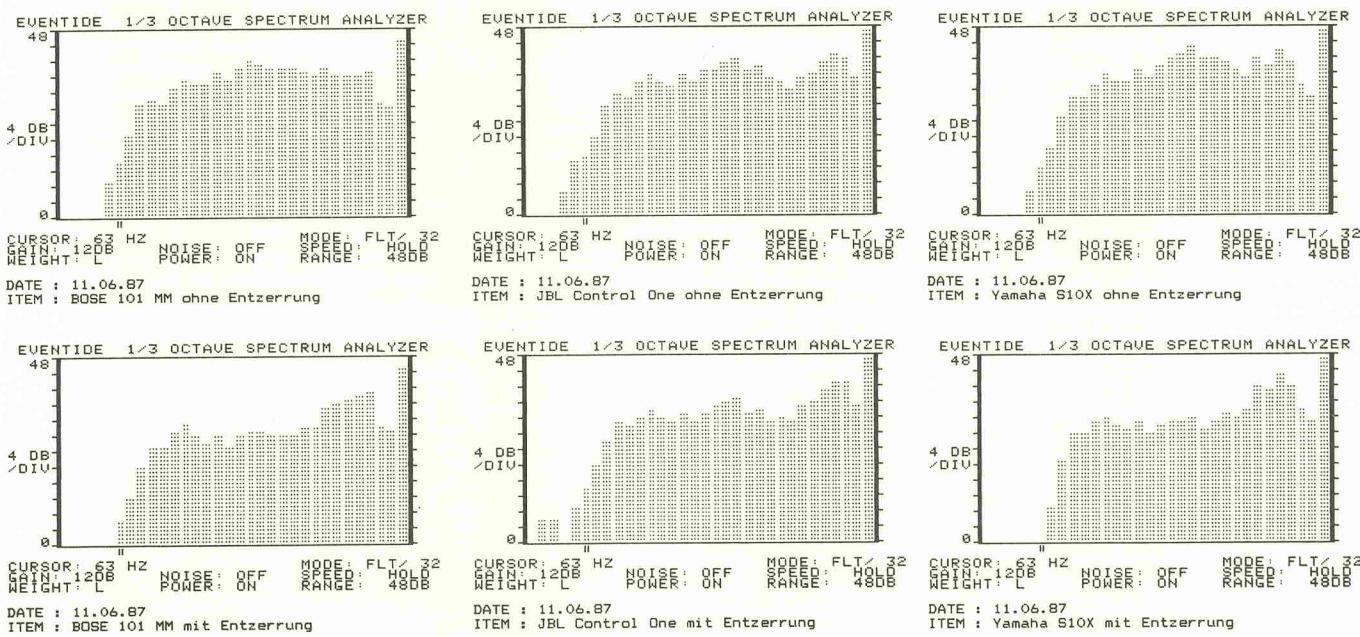
Nachgiebigkeit der Konusmembran in der Mitte und am Rand verschieden wählt und zudem die Staubschutzkalotte aus einem anderen Material bzw. einer anderen Papiermischung herstellt.

Hier zeigen sich die Unterschiede der verschiedenen Hersteller deutlich. BOSE setzt eine Membran aus verschiedenen Papiersorten ein. Da dieses Chassis aus dem sog. Profiprogramm stammt, ist sicher genügend Zeit und Erfahrung in die Optimierung der Membran gesteckt worden.

Demgegenüber wird von Yamaha eine Membran aus Kohlefaser eingesetzt, die denen moderner Kalottenhochtoner schon vom Material her ähnlich ist. Der Einsatz dieses Materials könnte durch die höhere Stabilität der Membran den problematischen Bereich zu höheren Frequenzen verlagern und damit die mechanische Konstruktion vereinfachen.

JBL begibt sich mit der Konstruktion der Control One auf die sichere Seite. Es wird zwar ein Breitbandchassis mit kunststoffbeschichteter Papiermembran eingesetzt, wie aber dem Meßprotokoll zu entnehmen ist, wird das Breitbandchassis etwa ab 6 kHz im Pegel etwas zurückgenommen und zusätzlich ab ca. 5 kHz ein zusätzlicher Hochtoner angekoppelt. Dadurch sind zwar die Ansprüche an das Breitbandchassis geringer, es muß aber ein zusätzlicher Hochtoner eingesetzt werden, die Konstruktion ist daher weder wesentlich preiswerter noch teurer als die der Konkurrenten.

Abb.6 Gemessene Dritteltotav-(Terz-)Spektren bei Anregung mit rosa Rauschen, jeweils mit und ohne Entzerrernetzwerk.



Der Einfluß der passiven Entzerrung auf der akustischen Seite wurde durch die Messung des Spektrums des von der Box abgestrahlten Schalls untersucht. Zur Messung wurde ein Drittelnktavanalysator benutzt, der grob die Gehöreigenschaften bei der Lautheitswahrnehmung annähert, der zu messende Lautsprecher wurde mit digital erzeugtem rosa Rauschen betrieben. Das Meßmikrofon wurde in einer Entfernung von ca. 1 m auf der Lautsprecherachse platziert.

Gemessen wurden drei verschiedene Lautsprecher jeweils ohne und mit Entzerrung. Die Ergebnisse der Messungen zeigt Abb. 6. Der Einfluß des Entzerrernetzwerkes besteht in allen drei Fällen zunächst unerwünschterweise darin, daß der Lautsprecher insgesamt leiser wird. Dies liegt nicht zuletzt daran, daß der entzerrte Lautsprecher im Prinzip mit einem Vorwiderstand betrieben wird, an dem natürlich Spannung abfällt. Dies wird herstellerseitig dadurch kompensiert, daß das eingesetzte Lautsprecherchassis eine recht niedrige Nennimpedanz von meist 2-3 Ohm aufweist, so daß die Impedanz mit passivem Netzwerk wieder bei 4-8 Ohm liegt.

Die eigentliche, entzerrende Wirkung des Netzwerkes ist besonders deutlich anhand der Messung des YAMAHA S10X zu erkennen. Ohne Entzerrung ist hier ein ausgesprochen ausgeprägter Mittenbereich zu erkennen, der durch das Korrekturnetzwerk sehr stark zugunsten der Höhen abgeschwächt wird. Im entzerrten Zustand sieht das Spektrum des BOSE 101 MM ganz ähnlich aus, allerdings ist die Mittenbetonung im nicht entzerrten Zustand nicht ganz so ausgeprägt.

Der geringste Einfluß ist bei der JBL Control One zu erkennen. Das liegt zunächst daran, daß der Hochtöner nicht vom Korrekturnetzwerk beeinflußt wird, sich also nur der Hochtöneinfluß des Breitbandchassis verändert. Aber auch im Mittenbereich wird weniger das Spektrum verformt als vielmehr gleichmäßig über einen größeren Frequenzbereich der Pegel abgesenkt.

Aus den Messungen lassen sich noch zwei weitere typische Merkmale ableSEN. Besonders fällt hier der bei allen Lautsprechern sehr stark ausgeprägte Höhenbereich auf. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, daß trotz Einsatz von speziellen Breitbandchassis merkliche Bündelungseffekte im Bereich hoher Frequenzen auftreten. Damit die Lautsprecher auch außerhalb der Lautsprecherachse nicht dumpf klingen, müssen die Höhen pegelmäßig angehoben werden. Die sich daraus ergebende Überhöhung in 0-Richtung muß in Kauf genommen werden. Sie erscheint selbstverständlich auch in Messungen, wenn diese, wie im vorliegenden Fall, auf der Lautsprecherachse vorgenommen wurden. Die schmale Richtcharakteristik muß übrigens nicht unbedingt ein Nachteil sein. Beim Einsatz beispielsweise als handlicher Bühnenmonitor hat die Richtwirkung die angenehme Eigenschaft, ein wirksames Mittel gegen unerwünschte Rückkopplungen zu sein. Es ist so bei entsprechender Ausrichtung möglich, die Box in der Nähe des Musikers zu platzieren, ohne zu sehr auf benachbarte Mikrofone achten zu müssen.

Twas weniger auffällig ist, daß auch die tiefen Frequenzen geringfügig angehoben werden. Die Anhebung geht ein wenig über eine lineare Einstellung hinaus und sorgt dafür, daß das Fehlen der tieferen Bässe nicht so in Erscheinung tritt, daß vom Hörer Teile des Klangbildes vermißt werden. Wird diese Anhebung nicht übertrieben, so klingt der Lautsprecher subjektiv ausgewogen.

Bei Anwendung geeigneter konstruktiver Maßnahmen ist es also möglich, kleine, wenig aufwendige Lautsprecher zu bauen, die trotz einfachen Aufbaus nicht notwendigerweise erhebliche Abstriche in der Klangqualität erfordern.

Beim Selbstbau ist vor allen Dingen darauf zu achten, daß ein geeignetes Lautsprecherchassis ausgewählt wird, im Zweifelsfall sollte auf einen zusätzlichen Hochtontweg nicht verzichtet werden.



## Willkommen im Land der ungeahnten Möglichkeiten!

Sie haben vollkommen Recht: Nur wer selbst Hand anlegt, kann Klang und Design seiner Lautsprecherboxen genau auf den ganz persönlichen Geschmack, auf die eigenen Klangvorstellungen, seine Anlage, sein Wohn-Design und die akustischen Gegebenheiten individuell abstimmen. Und echte Selbstbau-Profis wissen, daß der Name VISATON für ein optimales Ergebnis derartiger Do-it-yourself-Bemühungen bürgt. Weil bei VISATON alles stimmt: Die Qualität der Lautsprecherchassis, die Auswahl, das umfangreiche Zubehör und der phantastische Service. Da wird man nie alleingelassen und kann schwierige Fragen sogar direkt mit dem Techniker von VISATON besprechen!

Aber Vorsicht! Wer einmal angefangen hat, seine Boxen mit VISATON selbst zu bauen, der hört so schnell nicht wieder damit auf. Wenn also auch Sie einmal erleben wollen, wieviel mehr Spaß das Boxenbauen mit VISATON macht und wieviele ungeahnte Möglichkeiten Sie mit VISATON haben, dann ist der Coupon der erste Schritt in die richtige Richtung. Ehrenwort!

### Coupon



Ja, über die Möglichkeiten, mit VISATON meine Boxen selbst zu bauen, möchte ich mehr erfahren.

Bitte schicken Sie mir aussagefähige Unterlagen.

Vorname/Name

Straße/Nr.

PLZ/Ort

Telefon

WEST GERMANY  
**VISATON**

Postfach 1652nz, 5657 Haan 1

## Dynaudio Myrage



# Myrage

Das neue Flaggschiff von Dynaudio kommt zwar nicht  
im Überschallbereich daher,  
aber auch beim  
genussvoll-entspannten  
„Musikverbrauch“ geht sie  
ganz schön los.



## Die Daten

Gehäuseprinzip	3-Wege-Baßreflex
	nach D'Appolito
Belastbarkeit	600 W
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	90 dB
Übernahmefrequenz	800 Hz/3,5 kHz
Volumen	ca. 80 Ltr
Außenmaße	280 x 280 x 1300 mm
Entwickler	Dynaudio

Dynaudio Lautsprecher-Bausätze finden seit Jahren in unseren Boxenheften auf Grund ihres hohen Qualitätsstandards immer wieder reges Interesse. Als wir 1984 in unserem Heft extra 2 die Dynaudio Axis 5 vorstellten, drangen wir mit diesem Lautsprecher in Preisklassen vor, die bei Bausatzlautsprechern bisher unerreichbar hoch schienen. Der große und auch langanhaltende Erfolg dieses Lautsprechers beweist, daß Lautsprecher-Bausätze — wenn Sie denn richtig gut sind — auch richtig Geld kosten dürfen.

Die hier vorgestellte Myrage verspricht nun ein neuer Meilenstein in der Bausatz-Szene zu werden. Es ist nicht nur das jüngste, sondern wohl auch das teuerste und beste Kind aus Dynaudios Lautsprecherschmiede und zeigt einmal mehr, was im Lautsprecher-Selbstbau machbar ist. Uns gefällt daran besonders, daß dieser Lautsprecher nicht noch größer und gewaltiger als die Axis ausgefallen ist, und daß die Erkenntnisse der letzten vier Jahre Lautsprechertechnik sich in gesammelter Form in diesem Lautsprecher wiederfinden. So ist die neue Esotar-Hochton-Kalotte nicht nur die obere Ab rundung des Dynaudio-Chassispro

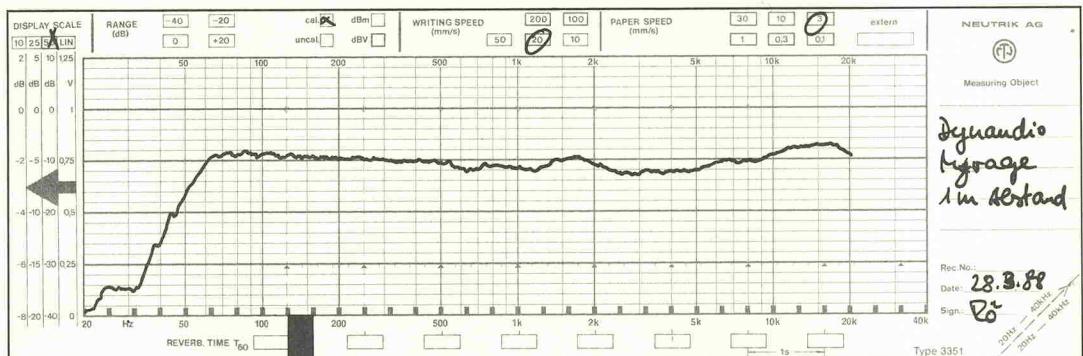
## Die Teile

<b>Holz</b>	22 mm Plattenstärke nach Zeichnung
<b>Chassis</b>	24 W100 2 Stück
	D76 2 Stück
	T330D
<b>Weiche</b>	
Spulen	1,8 mH Luft; 2 mm Draht Ø
	0,68 mH Luft; 0,8 mm Draht Ø
	0,8 mH Luft; 0,4 mm Draht Ø
	0,8 mH Luft; 0,4 mm Draht Ø
	1 mH Luft;
	88 $\mu$ H Luft
<b>Kondensatoren</b>	
50 $\mu$ F/Folie	
20 $\mu$ F/Folie	
25 $\mu$ F/Folie	
25 $\mu$ F/Folie	
15 $\mu$ F/Folie	
4,7 $\mu$ F/Folie	
40 $\mu$ F/Folie	
15 $\mu$ F/Folie	
1,5 $\mu$ F/Folie	
<b>Widerstände</b>	
alle 5 W	
3,6 R	
2,2 R	
15 R	
3,9 R	
R1 siehe Text	
15 R	
3,9 R	
5,2 R	
1 R	
2,7 R	

**M**aß- und zielgebend für die Konstruktion der Myrage und den Einsatz des Super-tweeters Esotar T 330 D waren die Theorien des Amerikaners D'Appolito. Die Auswahl der Chassis und deren Anordnung entsprechen den Erkenntnissen dieser Theorie und prägen stark die Form und damit die Ausstrahlung der Myrage. Die beiden 24-cm-Baßlautsprecher verfügen über die gleiche Membranfläche wie ein einzelnes 30 cm-System, besitzen aber einen doppelt so kräftigen Antrieb. Aufgrund der symmetrischen Schallwand-anordnung ergibt sich bei diesen beiden Bässen die Möglichkeit, das Gehäuse besonders schmal und hoch aufzubauen. Genau genommen handelt es sich dabei um zwei Gehäuse, die übereinander gesetzt werden, wobei jeder Baß seine eigene genaue Abstimmung erhält und so eine Beeinflussung des anderen Systems ausgeschlossen wird. Wie unschwer den technischen Maß-zeichnungen entnommen werden kann, haben die beiden Baßkammern verschiedene Größen und Reflexabstimmungen. Dies vermeidet ausgeprägte Resonanzerscheinungen. Wichtig beim Nachbau ist eine genaue Einhaltung des Bauplans. Vor allem die Versteifungsringe und der Tiefenver-satz des Hochtöners sind entscheidene Konstruktionsmerkmale. Die allgemeine Stabilität beim Bauen geht natürlich über alles.

gramms sondern auch zentraler Mittelpunkt dieser Lautsprecherbox. Nicht zu vergessen ist allerdings auch die konsequente Umsetzung der Theorien des Amerikaners D'Appolito zur symmetrischen und damit kugelförmigen Abstrahlung eines Vielwege-Systems. Die dabei zusätzlich eingesetzten Mitteltonsysteme D-76 und die Baßlautsprecher 24 W-100 mit ihren übergroßen Schwingspulen sind unseren aufmerksamen Lesern bereits bekannt.

**I**m Frequenzbereich um 500 Hz endet der Arbeitsbereich des Baßlautsprechers. Ab hier übernehmen die großen Mitteltonkalotten vom Typ D-76 die Arbeit; in dem Bereich zwischen 200 und 1000 Hz wird von einem Lautsprecher bekannterweise die höchste Dynamik und Belastbarkeit gefordert. Die großen Schwingspulen der D-76 mit 75 mm Durchmesser tragen der elektrischen und der große Gewe-



Der völlig aus-geglichenen Frequenzgang der Myrage.

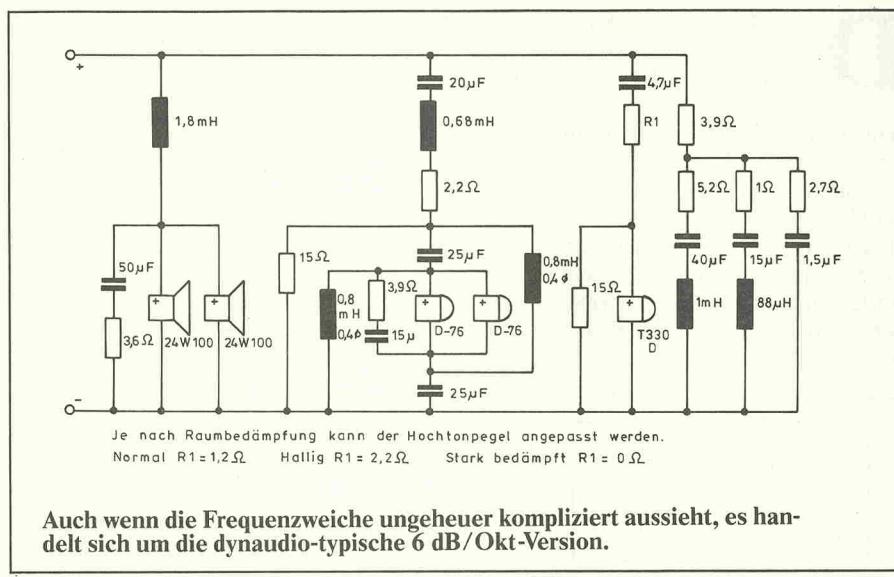
bedom der akustischen Belastung Rechnung. Beeindruckende Dynamik gerade im wichtigen Stimmenbereich ist die Folge.

Wie bei Dynaudio-Konstruktionen üblich und für D'Appolitos Abstimmungen gefordert, werden die Systeme voneinander mit Filtern erster Ordnung getrennt. Zusätzlich wird beim Übergang vom 24 W-100 zur D-76 mittels eines Phasenschiebernetzwerkes der Mitteltöner exakt an die akustische Phasenlage des Baßlautsprechers angeglichen. Ohne Phasenschieber müßte der Baßlautsprecher theoretisch ca. 30 bis 40 cm weiter vorgesetzt werden, um den Theorien D'Appolitos zu entsprechen; eine Lösung, die mechanisch schwer vollziehbar und optisch nicht akzeptabel erscheint.

Mittelpunkt der Myrage ist der neue Hochtöner Esotar T 330 D. Dynaudio beschreibt diesen Tweeter in einem umfangreichen Prospekt als ein in der Technik wie auch in der Herstellung 'state of the art product'. Aufwendige Forschung und sorgfältige Produktion lassen diesen Hochtöner in kleinen Serien zu einem Produkt für anspruchsvolle (und zahlungskräftige) Kunden werden. Tatsächlich besitzt der T 330 D denn auch eine Eigenschaft, die ihn deutlich von anderen Produkten unterscheidet, und die vielleicht mehr sagt als viele Meßwerte und Daten: Obwohl das Chassis einen höheren Preis als ein normaler Hochtöner hat, hört man ihn viel weniger. Die Myrage glänzt durch eine Hochtontwiedergabe, die frei von jeglicher Lästigkeit ist und mit einer brillanten Auflösung überzeugt.

**A**usschlaggebend für diese Stimmgkeit des Gesamtrahmens ist aber auch die sorgfältige Abstimmung der Frequenzweiche. Wie schon bei früheren Dynaudio-Konstruktionen sind auch hier die verwendeten Bauelemente sozusagen 'tragende' Teile der Konstruktion. Wir empfehlen daher, für die Frequenzweiche immer nur Teile erster Qualität zu wählen. Eigene Tuning-Versuche mit billigeren Bauteilen können leicht zum Eigentor werden.

**B**liebe zum Abschluß der Myrage-Beschreibung noch die Bedämpfung. Optimale Ergebnisse werden mit Steinwollmatten vom Fabrikat Rockwool RP III erzielt. Diese müssen rundherum auf alle Gehäusewände in 5 cm Stärke aufgebracht werden. Wer



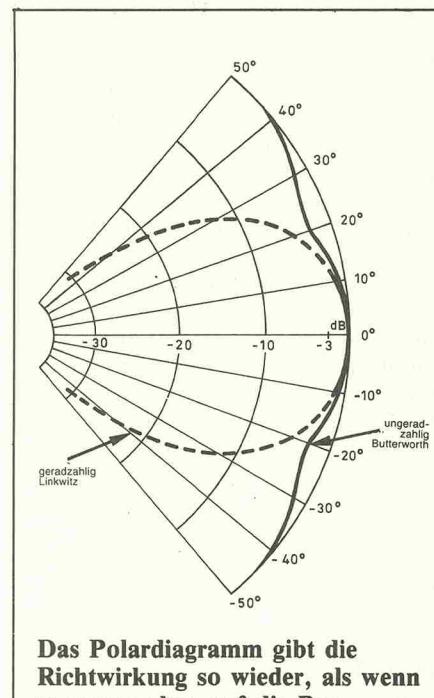
sich den Zuschnitt besonders einfach machen möchte, erhält von Dynaudio kostenlos einen genauen Zuschnittsplan, der alle Details ausführlich aufzeigt.

### D'Appolitos Theorie

Normalerweise werden bei Mehrweglautsprecher-Boxen die Systeme übereinander angeordnet, damit eine homogene, horizontale Abstrahlung erreicht wird. Wenn die Systeme nebeneinander versetzt montiert würden, so wären Interferenzen auf horizontaler Ebene unvermeidbar. Rein klanglich würde das bedeuten, daß bei kleinsten Positionsänderungen bereits deutliche Veränderungen des Klangbildes wahrzunehmen wären. Durch eine senkrechte Montage der einzelnen Systeme übereinander kann man die Probleme auf horizontaler Ebene vernachlässigen. Als Nachteil tritt allerdings eine starke Beeinflussung in der vertikalen Hörebene auf. Das ist auch ein Grund, warum Lautsprecher mit senkrecht angeordneten Systemen in Ohrhöhe aufgestellt werden sollen. Sie erreichen dann auf einer besonders breiten Ebene eine homogene Abstrahlung und stellen bisher dadurch eine gute Anordnung dar.

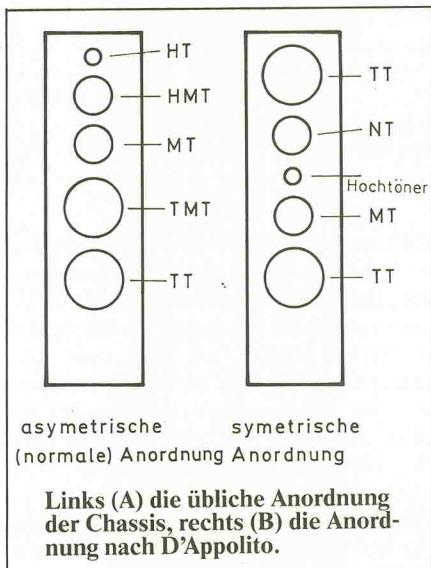
Besonders große Lautsprecherboxen benutzen in der Regel mehr als drei Systeme, um für hohe Lautstärken den nötigen Schalldruck erzeugen zu können. Bei diesen Lautsprechertypen kann es durchaus passieren, daß durch die Aufteilung auf viele einzelne Systeme und die daraus bedingte große Montagehöhe übereinander starke

Einflüsse auf die räumliche Auflösung des Lautsprechers ausgeübt werden. Die Instrumente werden dann nicht mehr natürlich abgebildet, sondern an der Stelle geortet, wo sich auch das Lautsprecherchassis befindet, welches für den entsprechenden Frequenzbereich zuständig ist. Ein Instrument, das mehrere Oktaven überstreicht, scheint dann in der Höhe zu springen. Dieses ist bei großen Hörabständen (die bei großen Lautsprechern ja auch angebracht sind) allerdings zu vernachlässigen.

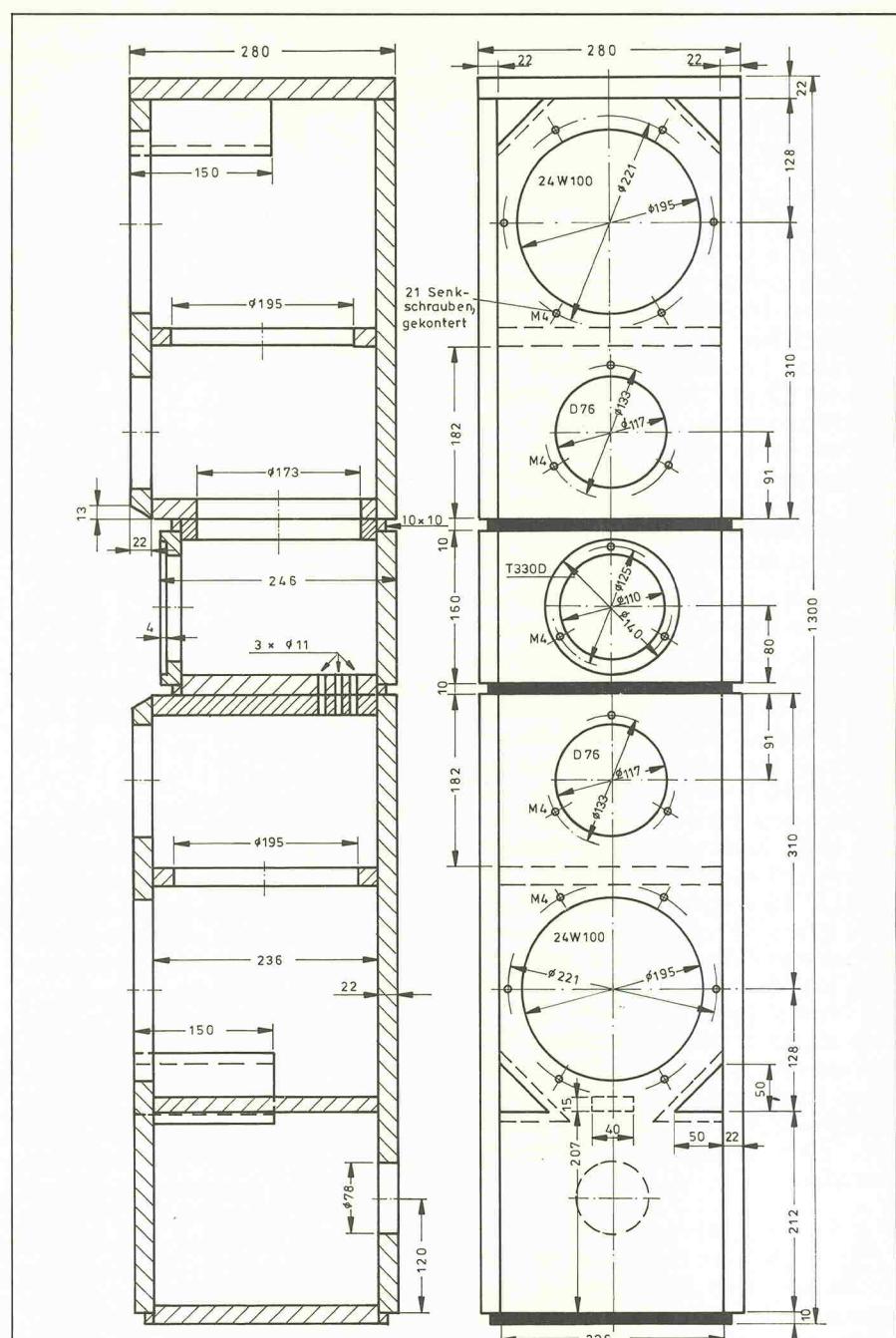


## *Dynaudio Myrage*

Die Arbeiten des Amerikaners D'Appolito befassen sich mit diesen physikalischen Erscheinungen und nutzen die konstante Phasenverschiebung, die Filter ungerader Ordnung aufweisen, um eine außergewöhnlich homogene Abstrahlung zu erzielen. Da Dynaudio-Lautsprecher-Chassis auf die Verwendung von Filtern erster Ordnung hin entwickelt sind, eignen sie sich hervorragend für den Aufbau solch kugelförmig abstrahlender Systeme.



Die nebenstehende Abbildung zeigt in Zeichnung A die Möglichkeit der senkrechten Anordnung mehrerer Systeme übereinander. Diese Anordnung wird als asymmetrisch bezeichnet. Bild B zeigt die symmetrische Anordnung nach D'Appolito. In der zweiten Anordnung (der symmetrischen) wird der Hochtöner genau auf Hörebene platziert und die darauf folgenden Mittel- und Tiefton-Systeme jeweils in doppelter Ausführung ober- und unterhalb des Hochtöners angeordnet. Diese symmetrische Anordnung platziert das wirksame akustische Zentrum der Mittel- und Tiefton-Systeme auf die gleiche Ebene wie die des Hochtöners. Die Anordnung funktioniert allerdings nur mit Filtern ungerader Ordnung (6 oder 18 dB pro Oktave), da die konstante Phasenverschiebung zum nächst höheren System ausgenutzt wird. Näheres hierzu zeigt das Diagramm. Es stellt die Pegelabhängigkeit der Übernahmefrequenz eines Zweiweg-Systems im Polardiagramm dar. Die Kurven zeigen ein Filter gerader Ordnung nach Linkwitz, wo beide Systeme die gleiche Phasenlage haben und ein Filter ungerader Ordnung, bei dem natur-



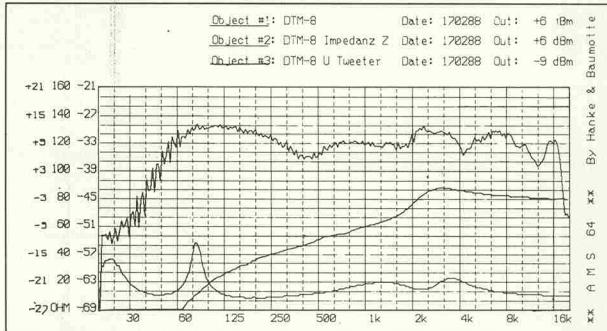
Die Gehäusezeichnung für die Myrage: Reichlich Arbeit auch für einen gelernten Schreiner!

gemäß  $90^\circ$  Phasenverschiebung zwischen Hochtöner und Mitteltöner herrschenden. Der Montageabstand zwischen beiden Systemen bzw. der Tiefenversatz des Hochtönerns ist abhängig von den verwendeten Systemen und muß vorher jeweils genau ermittelt werden. Wie wir sehen, verursacht das Filter gerader Ordnung in der symmetrischen Anordnung einen Frequenzgang, der bereits sehr früh außerhalb der Achse total abfällt. Interferenzen und Auslö-

schungen sind hier die Folge. Bei dem Filter ungerader Ordnung ist der Schalldruck auch außerhalb der Hörachse im wesentlichen gleichförmig.

Bei genauer Auslegung der Filter-Chassis-Abstände und Chassis-Versätze lassen sich also nach D'Appolito Lautsprecher-Systeme aufbauen, die einer kugelförmigen Abstrahlung sehr nahe kommen. □

# Wollten Sie nicht immer schon Ihre Lautsprecher MESSEN?



AMS 64, das universelle computergesteuerte Meßsystem für Audio und Akustik.

- Linienschreiber
- Sinusgenerator
- Meßmikrofon
- Frequenzräger
- Frequenzgängen
- Impedanzen
- Die zeitgemäße Alternative zu mechanischen Meßschreibern

ELEKTRONIK INNOVATIV **KEMTEC**

KLAUS BAUMOTTE AVENWEDDER STR. 490  
4830 GÜTERSLOH 11 TELEFON: (05209) 5429

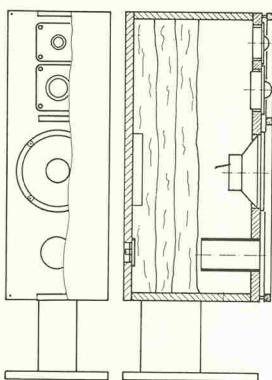
FRAGEN SIE BEI HIFI-SPEZIALISTEN

NACH



BAUVORSCHLAG

SBR 200



LAUTSPRECHER FÜR DEN PROFI

- INDUSTRIE
- SELBSTBAU
- AUTO-HIFI
- MUSIKER

NEUER KATALOG DM 2,-- BRIEFM.



HiFi-Boxen selbstgemacht 7

## GESUCHT?

Lautsprecherkits für:

- Audiophile und Preisbewußte
- Hifi-Fans die gern kreativ tätig werden oder besondere Styling-Ideen haben
- Idealisten, die aufwendige Konstruktionen (Baßhörner, TML), mögen
- High-End, die kompromißlose Kombinationen suchen (Elektrostatische Systeme, Systeme mit besonderen Membrankonstruktionen, Görlich, Harbeth, etc)



P.-Görlich Arandor

Bei uns erhältlich:

**AUDAX, BEYMA, CORAL, DYN AUDIO, ETON, ELECTRO-VOICE, FOCAL, GÖRLICH, HARBECH, JBL, KEF, LOWTHER, RAE, SHACKMAN.**

Ausgesuchte Bausätze höchster Qualität. Für Sie immer vorführbereit bei:

**OHR-wärts**  
Gores & Szlosze GbR  
Uechingstr. 104  
4650 Gelsenkirchen  
Telefon 02 09/87 39 68

Sie erreichen uns Mo. - Fr. von 15.00 bis 18.30 Uhr. Sowie an Samstagen von 10.00 bis 14.00 Uhr.

Das R. A. E. LAUTSPRECHER-HANDBUCH ist da!

Auf über 80 Seiten finden Sie viele Baupläne, technische Daten der Chassis und Bausätze sowie viel erläuternde Theorie.

Gegen DM 10,- (Schein) bestellen.

## GEFUNDEN!

## Wir können uns hören und sehen lassen

Wir führen - und führen vor - jede Menge Bausätze führender Fabrikate.

- Wir integrieren Teile verschiedenster Marken zu einer optimalen Einheit - in Technik und Optik.
- Wir sind günstig - in Feinabstimmung und Frequenzmessung bei Ihnen oder uns im Labor - denn: eigentlich ist das teuer.
- Sie sind stets gut beraten - wenn wir Sie beraten - über Ihre ganz persönlichen Ansprüche, Musikrichtungen, Räumlichkeiten.
- Wir sind für mehr Qualität - und weniger Geld - wir sind gar nicht so teuer wie wir aussiehen.

Testsieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

**SEAS-MICRO 185,- DM**

- Wir sind immer gut - für Planung, Beratung, Qualität in Form und Technik, Termine, Preise, Service.

Test Sieger Stereo play 11/87

**AUDAX PRO 24 Ti 458,- DM**

## Analogon Nugget



# Acryl-Art

*Die Analogon-Nugget ist natürlich nicht als  
Motorrad-Lautsprecher gedacht – dafür  
wäre sie selbst ohne Standfuß für eine Harley zu groß.*



## Die Technik

Gehäuseprinzip	2½-Wege, Baßreflex
Belastbarkeit	130 W Sinus
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	89 dB
Übernahmefrequenz	400 Hz/4 kHz
Volumen	6 Ltr/9,5 Ltr
Außenmaße (ohne Fuß)	132 mm x 270 mm x 470 mm
Entwickler	Hifi-Manufaktur, L. Kirchner

Als Nuggets wurden im englischen Sprachraum die Goldklümpchen bezeichnet, die von Goldgräbern mit viel Mühe und Wasser aus Sand oder sonstigem Boden herausgewaschen wurden. Die Analogon Nugget ist natürlich nicht irgendwo 'ausgebuddelt' worden und die Entwickler der Hifi-Manufaktur begegneten ihr auch nicht zufällig im Wüstensand, sondern man wollte mit dem Namen darauf hinweisen, daß eben nicht alles Gold ist was glänzt, und daß neben den Goldkörnchen immer eine Menge Sand herumliegt.

Neben den Forderungen an einen Lautsprecher nach linearem Schalldruckverlauf und Phasengang, optimalem Impulsverhalten und minimalem Klirrfaktor sollte das Musikhören auch noch Spaß machen. Konsequent zu Ende gedacht heißt das: den Lautsprecher gehörmäßig abstimmen und die Meßtechnik nur als Kontrollinstrument benutzen.

Die Forderung nach minimalem Klirrfaktor ist entscheidend bei der Auswahl des Membranmaterials der Laut-

## Die Teile

<b>Holz</b> , 19 mm Plattenstärke	
Schallwand	404 x 132 mm
Rückwand	470 x 132 mm
Seitenwand (2 x)	470 x 340 mm
Kopfplatte	321 x 132 mm
Fußplatte	321 x 132 mm
Schallführungsbrett A	225 x 132 mm
Schallführungsbrett B	140 x 132 mm
Trennbrett	302 x 132 mm
<b>Chassis</b>	
Sipe AB 130/40 PP.8	(2 x)
	DTW 100 TI25

### Frequenzweiche

2,2 mH Luftspule, 1,4 mm Draht Ø
1 mH Luftspule, 1 mm Draht Ø
0,56 mH Luftspule, 1 mm Draht Ø
0,22 mH Luftspule, 1 mm Draht Ø
22 $\mu$ F/Folie
6,8 $\mu$ F/Folie
3,3 $\mu$ F/Folie

### Dämpfung

Schafwolle, sehr locker, für Baßmitteltöner
Polyesterwatte 250 x 120, 6 Matten

sprecher. Beim Tieftöner soll die Membran sehr steif sein und für den Mitteltöner eine hohe innere Dämpfung besitzen, um Partialschwingungen zu unterdrücken. Diese beiden einander widersprechenden Forderungen wurden vom Membranhersteller Müller unter einen Hut gebracht: Eine neue Kunststoffmembran, die von der Firma Sipe in einen stabilen Stahlkorb geklebt und für einen großen linearen Hub mit einem starken Magneten angetrieben wird, machte es möglich. Das fertige System erhielt die Bezeichnung AB 130/40PP.8 und ist so gut, daß einige Vorschußlorbeeren durchaus angebracht erscheinen.

Die Membran eines Hochtöners sollte extrem steif und leicht sein, eine Forderung, die geradezu nach dem Membranmaterial Titan schreit. Wie alle harten Metalle läßt sich Titan aber leicht zu Eigenschwingungen anregen, zumal die Form einer Hochtontkalotte nicht allzusehr von der einer Glocke oder eines Schlagzeugbeckens abweicht. Dieses Problem ließ den großen Lautsprecherhersteller Audax solange nicht ruhen, bis ein Verfahren gefunden wurde, die Eigenschwingungen zu dämpfen.

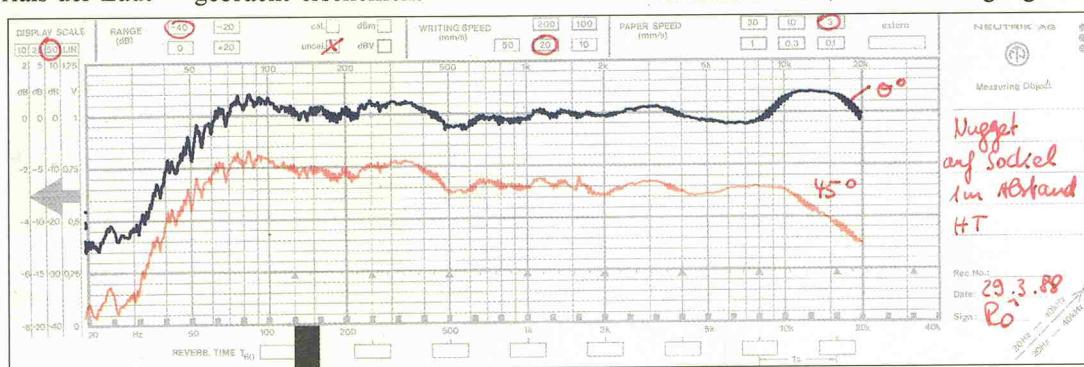
So wurde einer klangneutralen Vinylkalotte durch Bedampfen mit Titan die nötige Steifheit verliehen.

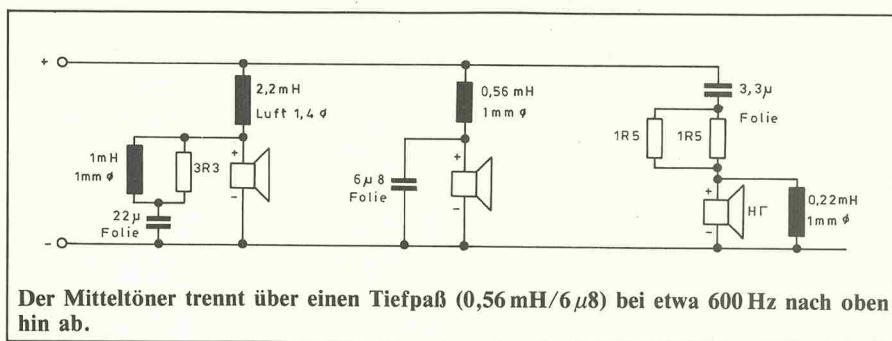
Die ersten beiden der eingangs erwähnten Forderungen lassen sich nicht, wie man so schön sagt, über einen Kamm scheren. Dies wird besonders schwierig, wenn eine für alle Frequenzen gleichmäßige Energieabstrahlung verlangt wird. Dies bedeutet meßtechnisch, daß der Frequenzgang für einen großen Bereich von Mikrofonstellungen ausgeglichen ist.

Für optimales Phasenverhalten sowie gleichmäßige Energieabstrahlung ist ein Lautsprecher für den gesamten Frequenzbereich erforderlich. Das Impulsverhalten dagegen kann durch mehrere (dem zu übertragenden Frequenzbereich angepaßte) Lautsprecher optimiert werden. Da auf dem Markt kein Brandbandlautsprecher für höchste Ansprüche zu erwerben ist, die Auswahl an Hochtönen und exzellenten Tiefmitteltönen jedoch groß ist, wurde ein Zweiwegsystem gewählt.

Die Richtigkeit dieser Entscheidung erkennt man auch schon daran, daß im Studio- und High-End-Bereich Zweiweg-Systeme recht weit verbreitet sind. Bei ihnen wird der musikalisch wichtige Grundtonbereich durch keine Übergangsfre-

**Das excellente Abstrahlverhalten dokumentiert sich durch die geringen Abweichungen der außerhalb der Achse gemessenen Kurve.**





Der Mitteltöner trennt über einen Tiefpaß ( $0,56\text{ mH}/6\mu\text{s}$ ) bei etwa 600 Hz nach oben hin ab.

quenzen zerrissen. Trotzdem ist das Problem der optimalen Impulswiedergabe noch nicht gelöst. Ausgiebige Hörsitzungen haben ergeben, daß bei gleich großen Chassis ein klanglich optimierter Mitteltöner eine höhere Güte als ein Tieftöner besitzt. Der Mitteltöner muß mit einem  $Q_t = 0,7 - 0,8$  schneller sein als der mit  $Q_t = 0,5 - 0,6$  stärker bedämpfte Tieftöner.

Auch der Strahlungswiderstand, der für den Tieftonbereich eine größere schallabstrahlende Fläche als für den Mitteltonbereich verlangt, spricht gegen das einfache Zweiwegsystem.

Die Problemlösung für die Nugget besteht in einem 2 1/2-Weg-System. Für den Tieftonbereich werden zwei Sipe-Lautsprecher AB 130/40 parallel geschaltet. Der Mitteltonbereich wird dagegen von einem Lautsprecher bedient. Beide Schallwandler besitzen ein eigenes Gehäuse und können so auf ihren Einsatzbereich optimal abgestimmt werden. Der Mitteltöner erhält durch ein kleineres Gehäuse und eine modifizierte Baßreflexabstimmung ein schnelles Einschwingverhalten. Das größere Gehäuse des Tieftöners ermöglicht optimale Tieftonwiedergabe. Der Lautsprecher wird ebenfalls durch ein modifiziertes Baßreflexsystem abgestimmt. Der sich verjüngende Reflexgang bewirkt eine bessere Anpassung der von der Membran produzierten Druckschwankungen an die umgebende Luft und erweitert den Übertragungsbereich des Tieftöners zu tieferen Frequenzen hin. Bislang kann diese Art der Abstimmung noch nicht berechnet werden und muß mit dem Meßcomputer experimentell ermittelt werden. Dazu werden mehrere Messungen durchgeführt:

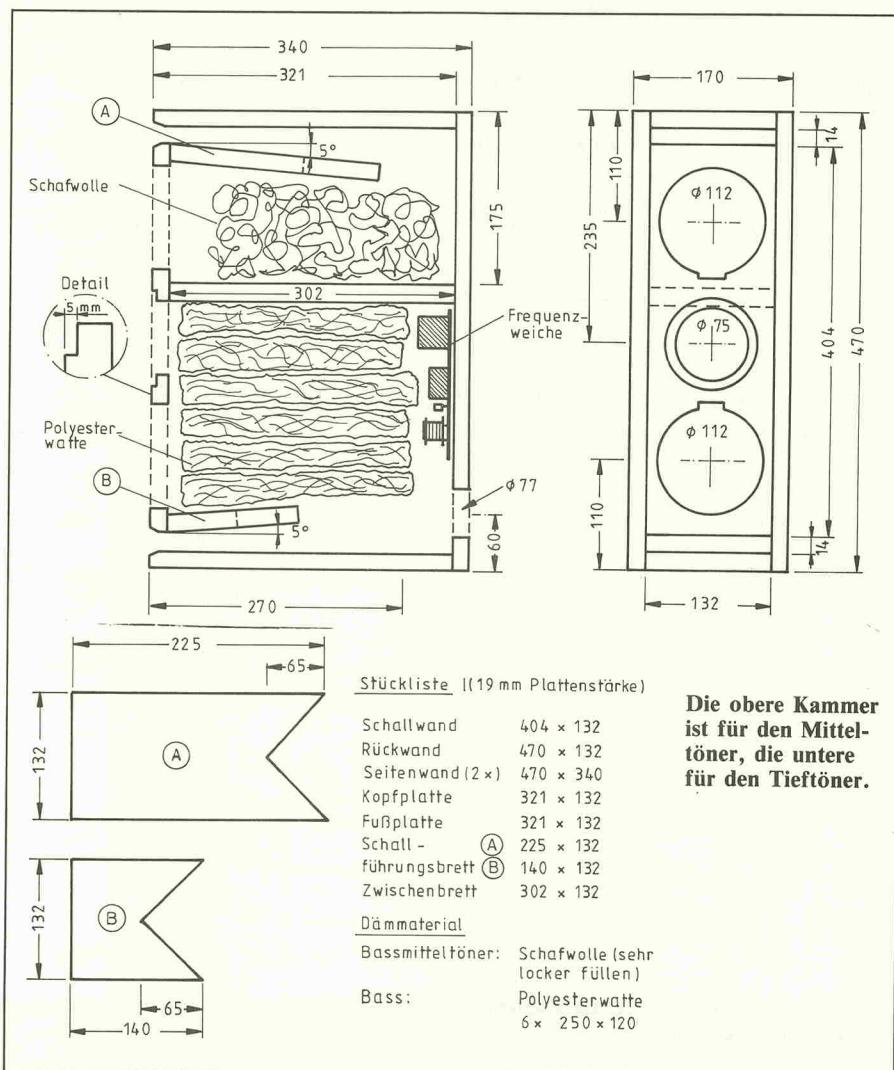
Der Schalldruck wird im Nahfeld vor dem Lautsprecher sowie vor der Öffnung gemessen, der Raumeinfluß durch eine Messung mit 1 m Abstand. In dieser Stellung gibt dann eine Burstmessung mit Sinus eine Aussage über

das Einschwingverhalten. Zur Kontrolle wird dann die Abstimmfrequenz durch eine Impedanzmessung ermittelt.

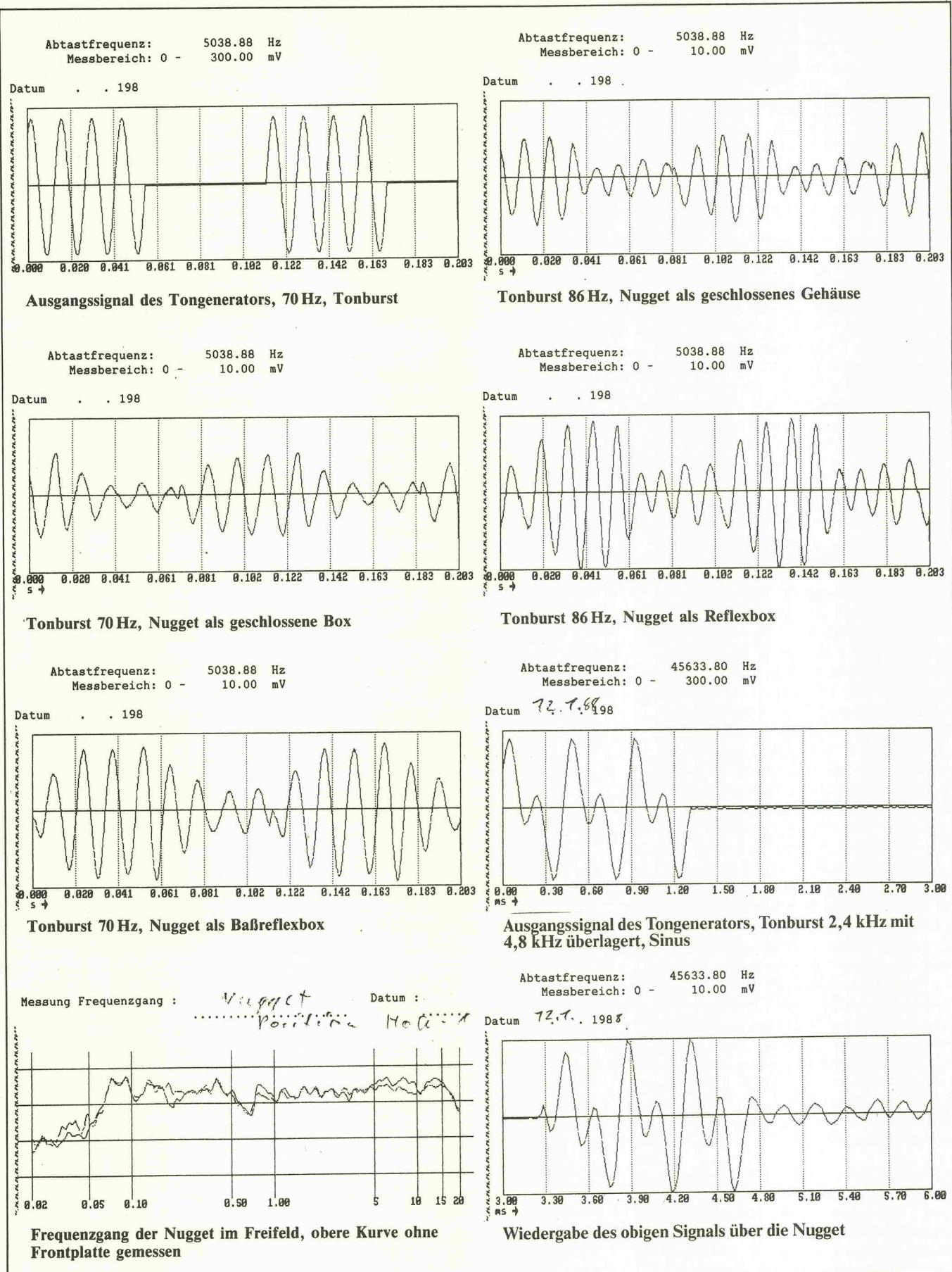
Als Beispiel für das Burstverhalten werden zwei Computerschreibe eines 70 Hz-Signals gezeigt. Der Vergleich von modifiziertem Baßreflex- und geschlossenem System zeigt den besseren Wirkungsgrad des offenen Systems bei etwa gleichem Einschwingverhalten.

Für das harmonische Zusammenspiel der Lautsprecher ist die Frequenzweiche zuständig. Der Tieftöner wird durch einen 12 dB/Oktav-Tiefpasß bei 600 Hz getrennt. Um Interferenzen mit dem Mitteltöner zu vermeiden, wird die Phasenlage durch ein LR-Glied korrigiert. Mittel- und Hochtöner werden durch eine 12 dB/Oktave-Weiche bei 4 kHz getrennt. Der Hochtöner wird 5 mm in die Frontplatte eingelassen. So besitzen Mittel- und Hochtöner die gleiche akustische Ebene. Daraus und durch die gleichphasige Ansteuerung erhält der Lautsprecher sein phasenlineares Verhalten.

Die Phasenlinearität wird durch ein Signal getestet, das aus zwei Sinusschwingungen im Frequenzverhältnis 1:2 besteht. Dieses Signal ist auch musikalisch gesehen relevant. Es besteht aus der Grundschwingung und der bei Musikinstrumenten stark ausgeprägten 1. Oberschwingung.



## Analogon Nugget



Das Bild der 2,4 kHz- und der 4,8 kHz-Schwingung zeigt, daß selbst im kritischen Übergangsbereich von Mittel- und Hochtöner Grund- und Oberschwingung das Ohr zur gleichen Zeit erreichen. Weiter zeigt das Bild das hervorragende Impulsverhalten der Lautsprecher. Dies wäre aber ohne die akustisch optimierte Frontplatte nicht zu erreichen.

**J**e höher die Erwartungen an die natürliche Musikwiedergabe sind, desto mehr müssen auch die Reflexionen auf der Frontplatte sowie an den Kanten der Chassis berücksichtigt werden. Ein Ingenieur, der sich schon mit der Entwicklung von Hornlautsprechern beschäftigt hat, sieht hier natürlich noch ganz andere Möglichkeiten als solche Notlösungen wie z.B. eine beklebte oder leicht gebogene Schallwand. Er wird am Gipsmodell durch Hörsitzungen die optimale Form ermitteln. Auch im Frequenzgang wird erkennbar, daß durch den Wegfall von Reflexionen der Frequenzgang ausgeglichener ist. Der Nachteil der Reflexionen ist dabei nicht nur die Veränderung des Frequenzgangs, sondern das zum Original verzögerte Eintreffen am

Ohr. So erhält der Lautsprecher durch phasenlineare Schallbestrahlung ohne zeitlich verzögerte Reflexionen von Frontplatte und Lautsprechern eine hervorragende räumliche Abbildung des Klangbildes. Wobei er als zusätzliche Dreingabe durch die optimal abgestimmten Lautsprecher eine überraschende Dynamik entwickelt.

**D**as Gehäuse sollte aus 19 mm-Platten gefertigt werden. Als Material sind Multiplexplatten aus Buche oder Birke, sowie MDF-Platten vorteilhaft.

Die zugeschnittenen Platten sind bei der gegebenen Gehäusegröße einfach zu verleimen. Beim Einbau der Weiche wird die Platine auf die Rückwand und die Baßdrossel auf das Zwischenbrett geschraubt. Durch diese Anordnung kann das starke Magnetfeld der Baßdrossel nicht in die anderen Drosseln einstreuen.

Bei der Bedämpfung des Mitteltöners wird die Naturwolle so lange gezupft, bis sie einen riesigen Berg bildet, der dann in das Gehäuse gestopft wird. Die Polyesterwatte für den Tieftöner wird leicht aufgezupft und entspre-

chend der Zeichnung in das Gehäuse gelegt. Die Lautsprecher und die Anschlußdose werden mit Dichtband angeklebt. Vor der Montage werden die Lautsprecher mit Hilfe der Frontplatte positioniert und die Löcher für die Befestigungsschrauben vorgebohrt. Nach dem Einbau der Lautsprecher wird die Box geprüft. Wenn alles in Ordnung ist, wird die Frontplatte mit Silikon aufgeklebt. Hierbei wird transparentes Silikon S oder E benutzt, das Essig als Lösungsmittel besitzt. Die Hohlräume der Frontplatte werden leicht ausgefüllt. Danach wird die Frontplatte mit Klebeband auf das Gehäuse gedrückt. Dabei ist darauf zu achten, daß das Klebeband durch untergelegtes Papier nicht auf der Frontplatte klebt. Sonst könnte beim Abziehen des Klebebandes die Lackierung daran hängen bleiben.

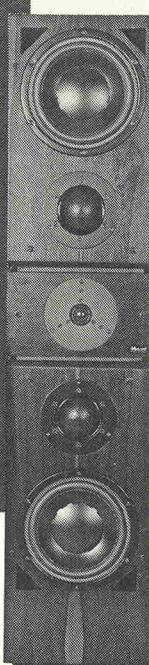
**D**er Betrieb der Analogon Nugget ist bezüglich Verstärker und Aufstellung unproblematisch. Aber mit High-End-Elektronik und auf einem Ständer optimal im Zimmer plaziert, entwickelt sich der volle Musikgenuß.

**L. Kirchner**

## MYRAGE. Die neue Leistungsklasse von DYNAUDIO.

Wir empfehlen als  
Kabelverbindung  
OCOS, Optimal  
Connection System

### EIN AUSSERGEWOHNLICHES LAUTSPRECHERKONZEPT MIT DEM NEUEN HOCHTÖNER ESOTAR T 330 D.



Neuheiten von DYNAUDIO sind wirklich Neuheiten. Außergewöhnlich in der technischen Konzeption; überzeugend im Design, vernünftig im Preis-/Leistungsverhältnis.

Und so hört sich die neue Leistungsklasse von DYNAUDIO am Beispiel MYRAGE an:

- Standlautsprecher mit 5 Systemen, symmetrisch angeordnet (D'Appolito-Konfiguration) simuliert punktförmige Schallabstrahlung.
- Doppelte Anwendung von Systemen mit übergroßen Schwingspulen (24 W-100/D 76) garantieren außergewöhnliches Dynamikverhalten.
- Frequenzweichendesign mit Filtern erster Ordnung, Phasenkorrektur und Impedanzkorrektur.
- Korrigiertes Impedanzverhalten: linear bis 1 MHz ( $\pm 1$  Ohm)
- und erstmalig mit ESOTAR T 330 D, dem unerhört guten Hochtönsystem von DYNAUDIO ausgestattet.  
(B x T x H: 28 cm/28 cm/1,29 cm)

Alles in allem bewährte DYNAUDIO-Qualität.  
Im Großen und Ganzen und im Detail.

KEIN WUNDER, DASS MAN ÜBER DYNAUDIO-LAUTSPRECHER  
NUR GUTES HÖRT.

**DYNAUDIO**  
AUTHENTIC FIDELITY

DYNAUDIO Vertriebs GmbH · Winsbergring 28 · 2000 Hamburg 54 · Telefon 040/85 80 66 · Fax 040/85 90 35 · Telex 215 489 dyna d



# faktor in Drosselspulen

Heinz Schmitt

Wenn es um die Qualität seiner Frequenzweiche geht, läßt der qualitätsbewußte Boxenbauer nicht mit sich spaßen. Und das ist gut so. Ist doch der Selbstbau hochwertiger Lautsprecherboxen nicht aus Gründen der Sparsamkeit, sondern aus einem ge- steigerten Qualitätsbewußtsein heraus ein so beliebtes Hobby geworden. Wer nämlich mehr als ein Breitband-Chassis benutzt, kommt nicht ohne Weiche aus. Und schon steht man vor einem Problem: Die Auswahl der richtigen Spulen.

über Kernspulen die wildesten Gerüchte, sowohl positiver als auch negativer Art. Um nur ja auf der sicheren Seite zu liegen, greift deshalb der qualitätsbewußte Selbstbauer dann doch zur Luftspule und entsprechend tief in die Tasche. Andererseits ist Spule nicht gleich Spule, und so manche Ausführung mit Kern ist doch deutlich besser als ihr Ruf.

Frequenz aufzuzeichnen, automatisch, schnell und genau.

Gleich zu Beginn der Meßreihen stellten wir fest, daß die Verzerrungen von Kernspulen nahezu ausschließlich aus dem dreifachen Betrag der Grundwelle bestehen. Diese Verzerrungen heißen 'k<sub>3</sub>' und werden vom menschlichen Ohr als besonders unangenehm empfunden. Das häufig zu hörende Argument — Spulenverzerrungen fallen nicht so sehr ins Gewicht, da der Lautsprecher selbst schon Verzerrungen von nicht selten 3 % und mehr erzeugt — zieht somit nicht mehr. Lautsprecher erzeugen in der Hauptsache Verzerrungen vom Typ 'k<sub>2</sub>', also dem doppelten Betrag der Grundwelle und das empfindet unser Ohr eher als angenehm denn als verfärbt.

**L**uftspule oder Kernspule ist hier die Frage, und warum gibt es überhaupt diese verschiedenen Spulentyphen? Die ideale Spule sollte eine reine Induktivität sein, also einen Gleichstromwiderstand von 0 Ohm besitzen. Das ist aber nicht zu realisieren. Also dann wenigstens möglichst niederohmig, damit der Baßlautsprecher kein zu starkes Eigenleben entfaltet und vom Verstärker möglichst sauber geführt wird. Eine Luftspule, die diese Forderung erfüllt, ist groß, schwer und teuer. Drahtdurchmesser bis hinauf zu 5 mm sind da keine Seltenheit. Andererseits arbeitet eine solche Luftspule verzerrungsfrei, was ihren guten Ruf erklärt. Bringt man ein magnetisch

wirksames Material in die Spule, so wird ihre Induktivität, je nach Material und Bauform des Kerns bis etwa achtfach verstärkt. Das heißt, bei gleicher Induktivität wird die Spule kleiner, leichter und billiger als eine Luftspule. Oder, mit großen Kernen, sehr viel niederohmiger.

Kernspulen erzeugen aber andererseits bauartbedingte Verzerrungen, was naturgemäß einer hochwertigen Musikwiedergabe im Weg steht. Dadurch ist eine gewisse Unsicherheit bei den Hifi-Liebhabern entstanden, weil niemand so genau weiß, um welche Verzerrungen es sich dabei handelt und wie groß diese bei bestimmten Leistungen sind. Daher kursieren

**E**inrad bringt jetzt endlich Licht ins Dunkel der Gerüchte und Unsicherheiten. Als Beleuchter diente dazu der brandneue 'Analyzer 3337' des Liechtensteiner Meßgerätespezialisten Neutrik. In Verbindung mit dem Pegelschreiber desselben Herstellers ist es unter anderem möglich, Verzerrungen in % als Funktion der

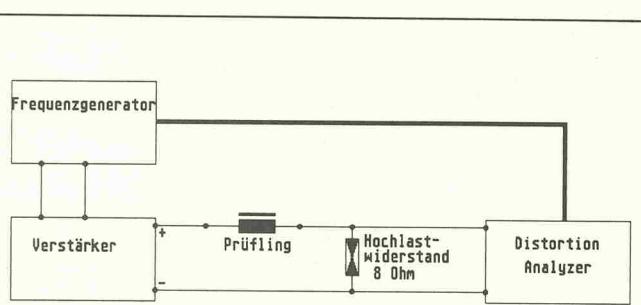


Bild 1. Die Meßanordnung bei allen untersuchten Spulen.

## Drosselspulen

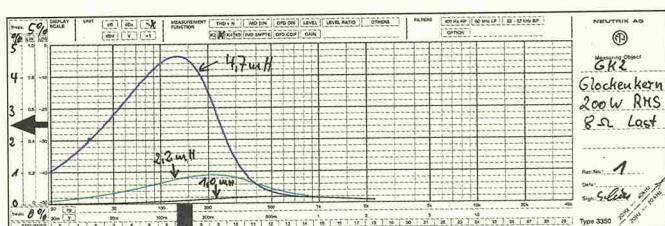


Diagramm 1. Das Klirrmaximum ist stark abhängig von der Induktivität.

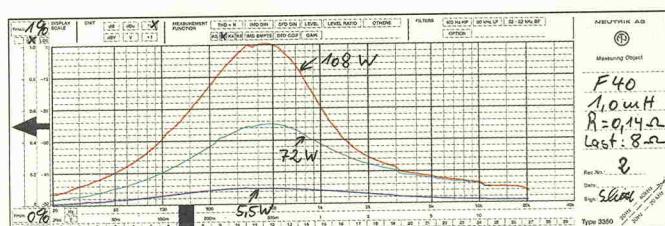


Diagramm 2. Ferrit-Rollenkern 40 mm  $\varnothing$ , 1 mH.

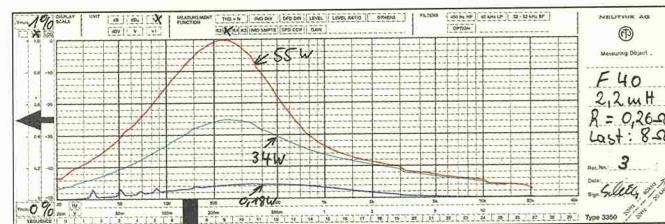


Diagramm 3. Ferrit-Rollenkern 40 mm  $\varnothing$ , 2,2 mH.

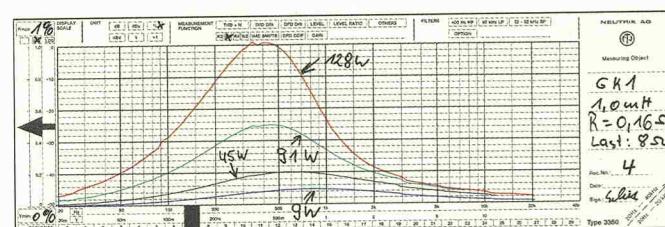


Diagramm 4. Ferrit-Glockenkern 36 mm  $\varnothing$ , 1 mH.

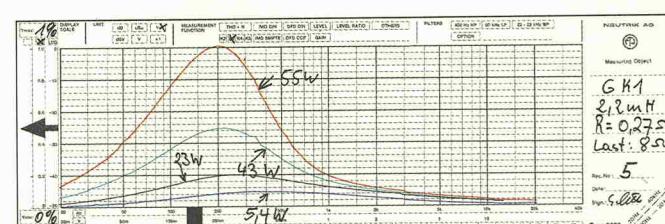


Diagramm 5. Ferrit-Glockenkern 36 mm  $\varnothing$ , 2,2 mH.

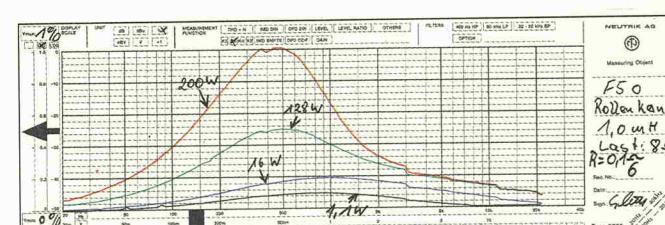


Diagramm 6. Ferrit-Rollenkern 50 mm  $\varnothing$ , 1 mH.

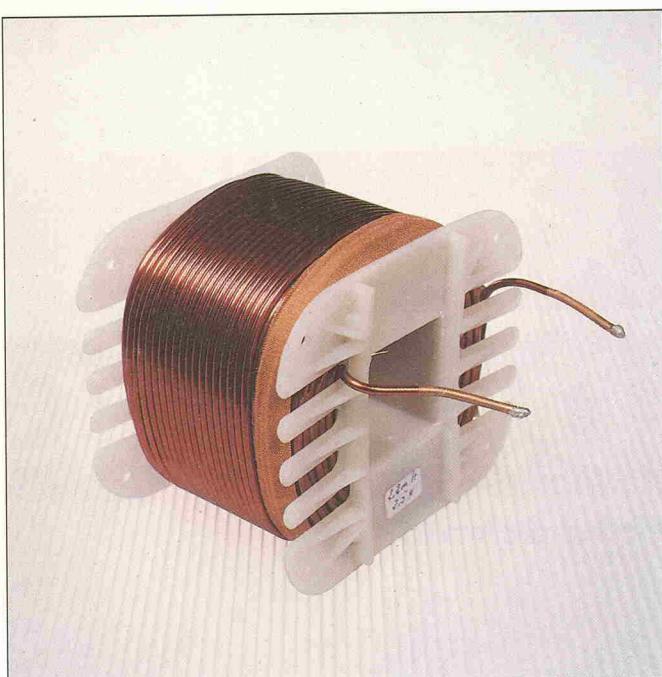


Bild 2. Die klassische Luftspule.

sie hindurchfließt. Jede Kernspule besitzt eine Klirrspitze, abhängig von der Windungszahl und dem Kernmaterial.

○ Beachten Sie bitte beim Größenvergleich der Kurven die unterschiedlichen Skalierungen der Meßschreibe.

Hier einige Erläuterungen zum besseren Verständnis der abgebildeten Diagramme vorweg.

○ Gemessen wurde ausschließlich  $k_3$ .

○ Die Last ist grundsätzlich bei allen Messungen reell 8 Ohm.

○ Die Kurven fallen zu hohen Frequenzen hin ab, was damit zusammenhängt, daß die Spule ja einen 6 dB-Tieflpaß darstellt und daher weniger Strom durch

Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau der Meßanordnung. Als Absolutmaß für noch tolerierbare Klirrfaktoren sollte man für eine hochwertige Hifi-Musikwiedergabe maximal 0,2 % oder besser 0,1 %  $k_3$  fordern.

Bild 3. Rollenkerne verschiedener Größen.



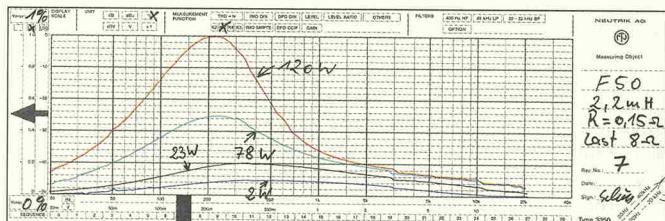


Diagramm 7. Ferrit-Rollenkern 50 mm Ø, 2,2 mH.

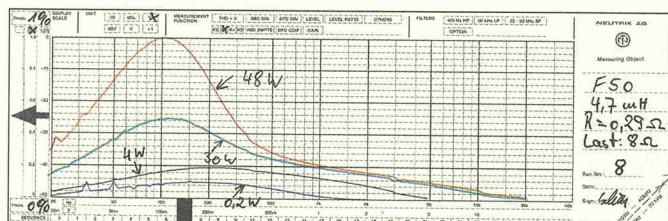


Diagramm 8. Ferrit-Rollenkern 50 mm Ø, 4,7 mH.

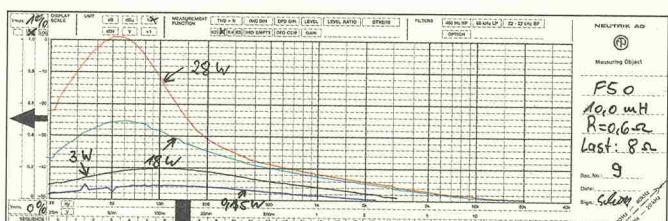


Diagramm 9. Ferrit-Rollenkern 50 mm Ø, 10 mH.

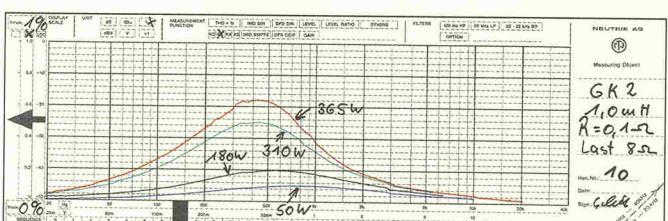


Diagramm 10. Ferrit-Glockenkern 52 mm Ø, 1 mH.

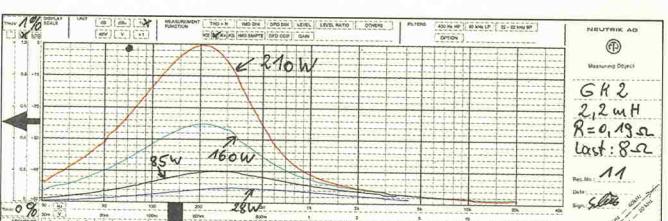


Diagramm 11. Ferrit-Glockenkern 52 mm Ø, 2,2 mH.

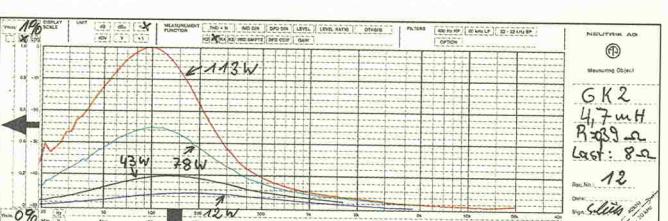


Diagramm 12. Ferrit-Glockenkern 52 mm Ø, 4,7 mH.

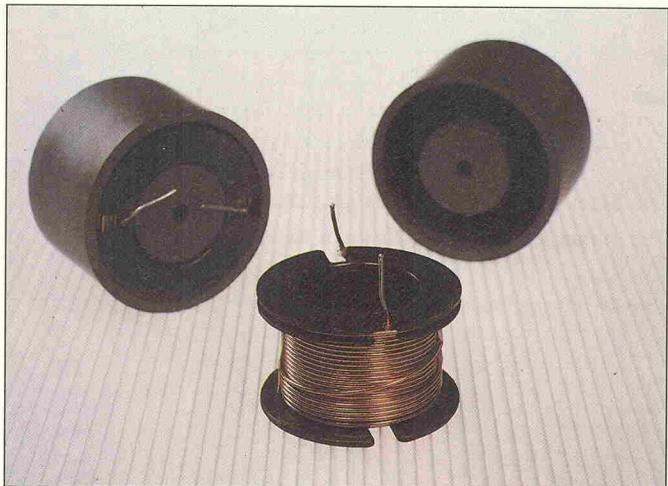


Bild 4. Der Glockenkern.

Besser sehen da schon die Diagramme 4 und 5 für den Typ Ferrit-Glockenkern, 36 mm Durchmesser, aus. Auch hier handelt es sich um übliche Ausführungen, die unter den Bezeichnungen GK1 und SK36 im Handel sind. Beide Ausführungen sind für kleinere Kombinationen bei eher niedrigen Maximalpegeln geeignet.

**D**iagramm 1 zeigt in anschaulicher Weise, wie stark das Klirrmaximum von der Induktivität bei gleichem Kernmaterial abhängt.

Die Diagramme 6 bis 9 zeigen die Kurven der Ferrit-Rollenkernspulen, 50 mm Durchmesser, in handelsüblicher Ausführung. Gebräuchliche Handelsbezeichnungen sind F50 und FR50. Hier wird zwar die 1 %-Klirrmarke erst bei höheren Leistungen als bei der F40 erreicht, im unteren Leistungsbereich werden aber bereits hohe Verzerrungswerte registriert, so daß nur die gleiche Empfehlung wie für den Typ F40 ausgesprochen werden kann. Allerdings kann hier noch die Ausführung mit 1 mH eingesetzt werden, wenn nicht ständig hohe Pegel verlangt werden.

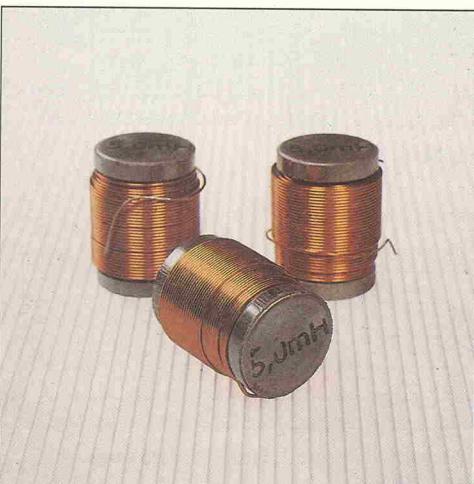


Bild 5.  
Puderkerne.

## Drosselspulen

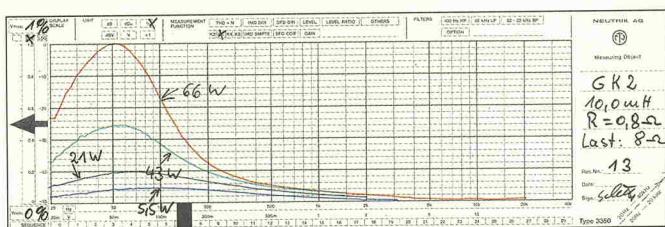


Diagramm 13. Ferrit-Glockenkern 52 mm Ø, 10 mH.

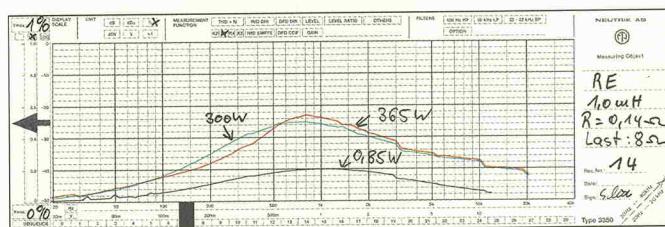


Diagramm 14. Puderkerne, 1 mH.

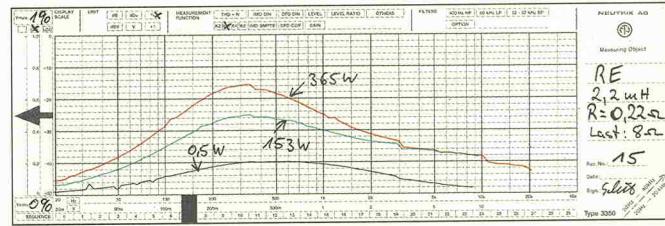


Diagramm 15. Puderkerne, 2,2 mH.

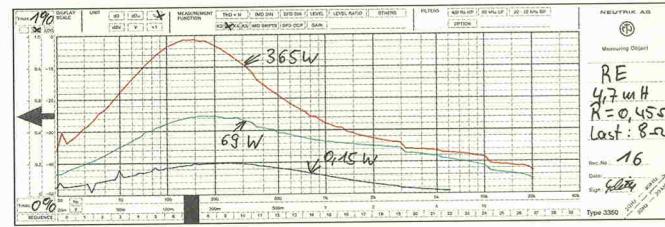


Diagramm 16. Puderkerne, 4,7 mH.

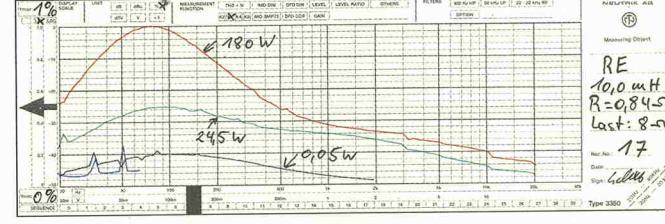


Diagramm 17. Puderkerne, 10 mH.



Diagramm 18. Corobar-Spulen mit 2,2 mH, 4,7 mH und 10 mH, Belastung mit 310 W.

Weitaus günstiger sehen da schon die Diagramme 10 bis 13 aus. Sie zeigen die Verzerrungskurven für handelsübliche Ferrit-Glockenkernspulen mit 52 mm Durchmesser. Gängige Bezeichnungen im Handel sind GK2 und SK52. Empfehlenswert für eine höherwertige Wiedergabe sind die Ausführungen bis einschließlich 4,7 mH.

terer Reduzierung des Pegels gehen die Klirrwerte nicht zurück, weshalb man sich bei diesem Spulentyp mit einem ständig vorhandenen Klirrfaktor von etwa 0,2 % abfinden muß. Beachten Sie bitte auch in diesem Zusammenhang das Diagramm 23.

Eine neue Variante der Spule mit Sintermetallkern ist die Corobar-Spule, die im Moment leider nur von der Firma Inter-technik (IT-Electronic) vertrieben wird. Die Diagramme 18 und 19 zeigen deren Verzerrungsverläufe. Sehr günstige Werte in allen Leistungsbereichen machen diese Spulen für

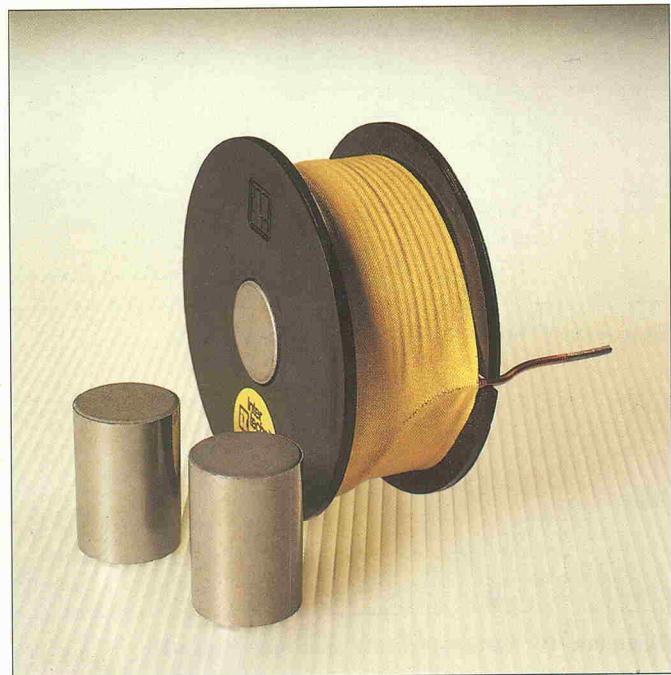


Bild 6. Corobar-Kern mit zugehörigem Wickelkörper.

alle Anwendungen empfehlenswert (Beachten Sie hier bitte die andere Skalierung — 0,1 % Vollausschlag — im Gegensatz zu den anderen Schrieben!).

Ebenfalls vom gleichen Vertrieb kommt im August 1988 eine neue Rollenkernspule mit der vorläufigen Laborbezeichnung 'Ferrobar' auf den Markt. Es handelt sich hierbei um ein keramisches Kernmaterial, das im Handel bisher nicht erhältlich war. Die Bauform ist ähnlich der F50 mit einem geringfügig größeren Durchmesser. Die Klirrwerte der ersten Labormuster sind in den Diagrammen 20 bis 22 zu sehen. Wie man sieht, eine in jedem Leistungs- und Induktivitätsbe-

Im Handel werden diese Spulen auch unter der Bezeichnung 'Pulverkern' oder 'Puderkerne' angeboten. Der auf den ersten Blick hervorragende Eindruck beim Betrachten der Klirrwerte für hohe Leistungen wird im unteren Bereich etwas geschmälert. Hier werden 0,2 %  $k_3$  schon bei sehr niedrigen Leistungen erreicht. Auch bei wei-

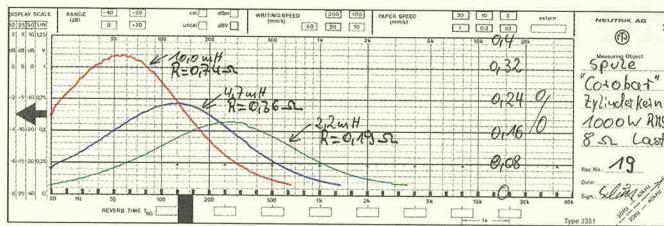


Diagramm 19. Corobar-Spulen mit 2,2 mH, 4,7 mH und 10 mH bei 1000 W Belastung.

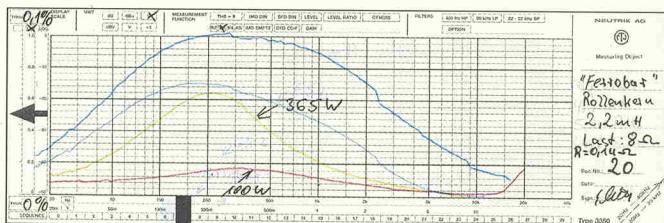


Diagramm 20. Ferrobar (Labormuster), 2,2 mH.

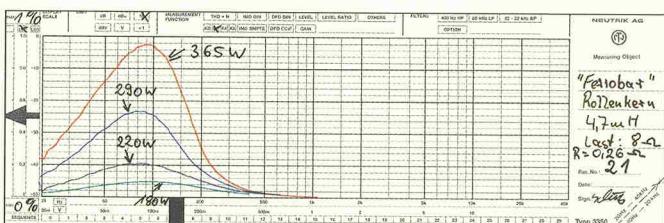


Diagramm 21. Ferrobar (Labormuster), 4,7 mH.

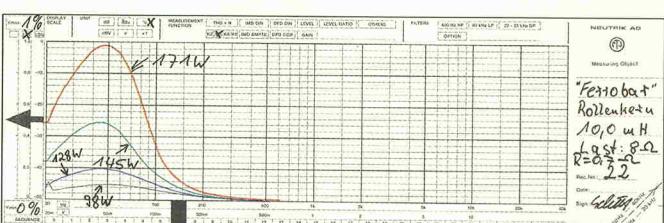


Diagramm 22. Ferrobar (Labormuster), 10 mH.

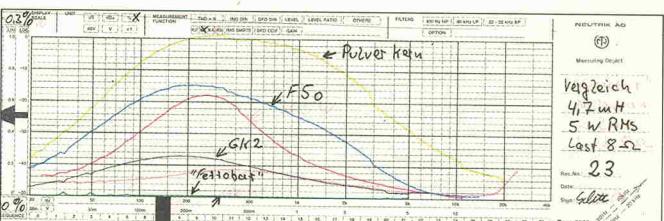


Diagramm 23. Direkter Vergleich von Puderkerne, Rollenkern, Glockenkern und Ferrobar.

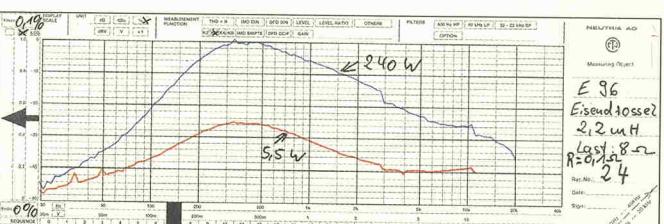


Diagramm 24. Übliche Eisendrossel E96 (ohne Joch).

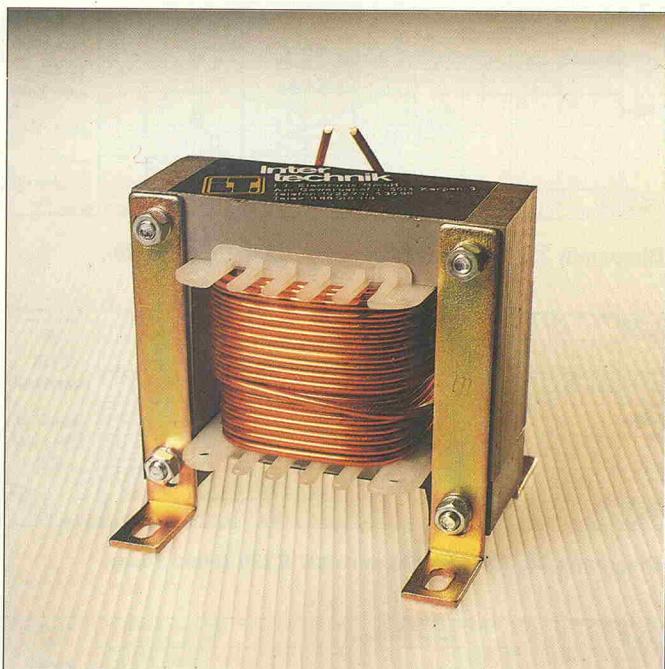
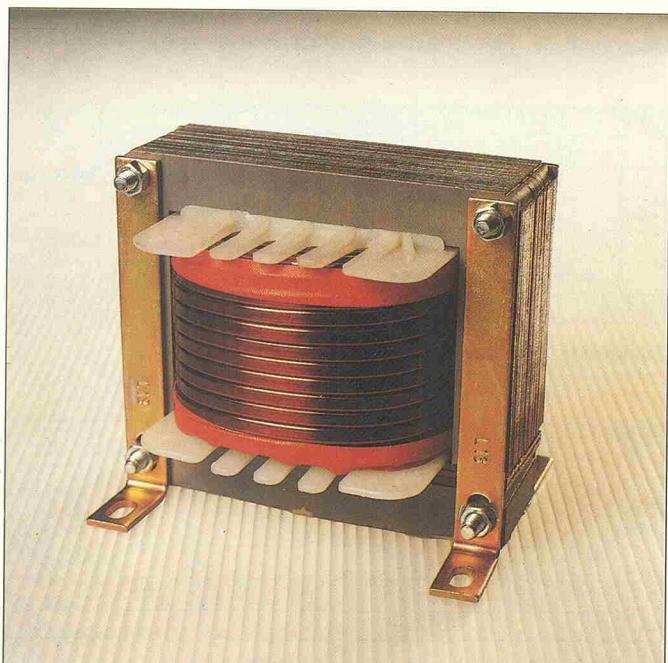


Bild 7. Übliche Eisendrossel E96. Das fehlende Joch wird durch ein Plastik-Formteil ersetzt.

reich sehr empfehlenswerte Kernspule. Bei der 1 mH-Ausführung waren die Verzerrungen bereits so niedrig, daß eine eindeutige Messung nicht mehr möglich war.

Eine Messung der verschiedenen Kernspulen bei 5 Watt zeigt in Diagramm 23 deren Vorteile und Nachteile sehr deutlich.

Bild 8. Die sogenannte „Null“-Ohm-Spule: Hier ist zur Verbesserung des magnetischen Flusses das Joch über dem „E“ montiert.



Die Diagramme 24 bis 26 zeigen das Klirrverhalten von handelsüblichen Eisendrosseln. Das sind die großen Spulen, die wie Transformatoren aussehen. Die Spulen sind in verschiedenen Größen erhältlich und tragen die Bezeichnungen E96 bis

## Drosselspulen

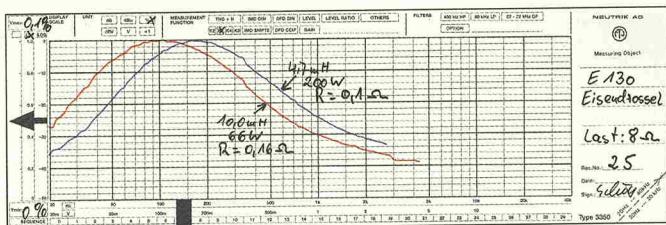


Diagramm 25. Übliche Eisendrossel E 130 (ohne Joch).

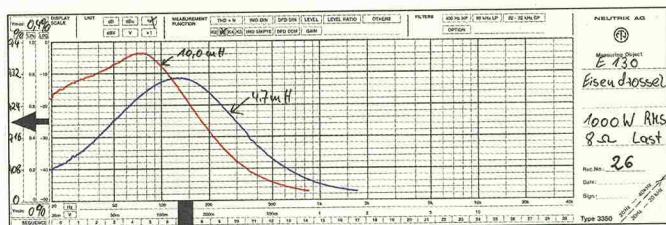


Diagramm 26. Übliche Eisendrossel E 130 (ohne Joch).

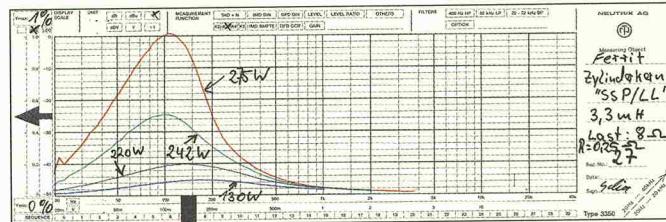


Diagramm 27. SSP/LL Stiftkernspule 3,3 mH.

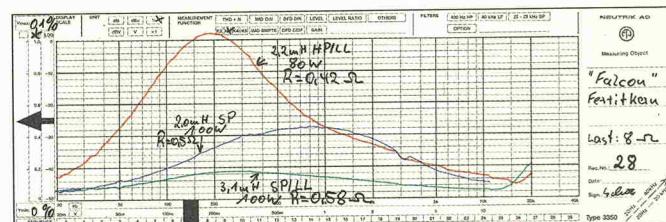


Diagramm 28. Falcon-Kerne unterschiedlicher Induktivität.

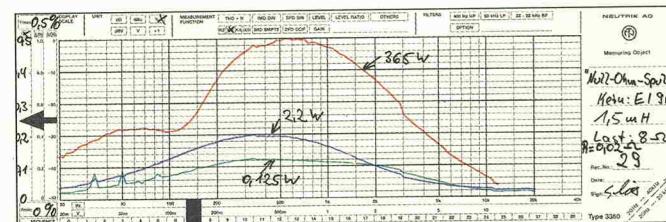


Diagramm 29. „Null“-Ohm-Spule EI 96, 1,5 mH.

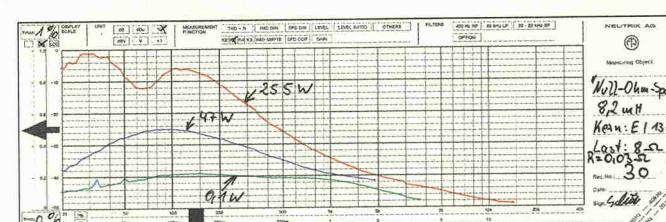


Diagramm 30. „Null“-Ohm-Spule EI 130, 8,2 mH.

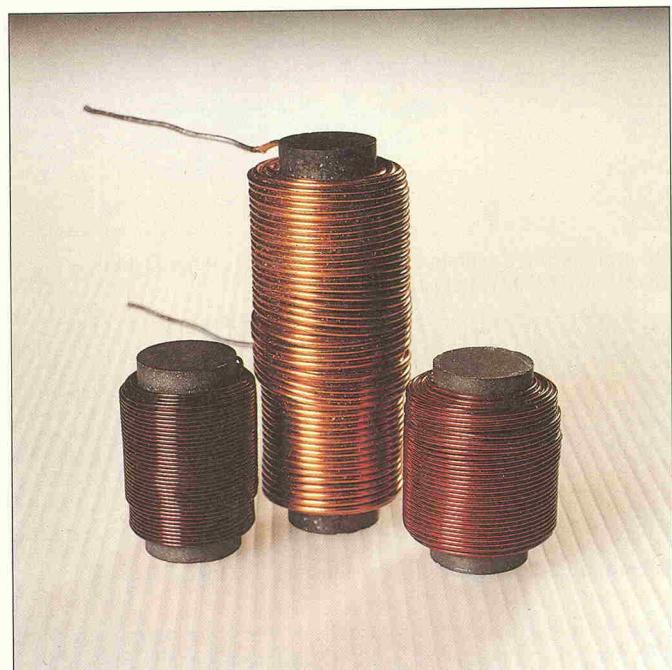


Bild 9. Ferrit-Stiftkernspulen.

die sogenannte ‘Null-Ohm-Spule’. Diese Spule erhöht die Induktivität des Wickels drastisch durch einen nahezu geschlossenen magnetischen Kreis mit sehr kleinem Luftspalt. Der Hersteller verspricht eine geradezu sensationelle Niederohmigkeit gepaart mit akzeptablem Klirrverhalten bei hoher Leistung. Der gemessene Gleichstromwiderstand der beiden vorliegenden Typen, ist mit 0,02 und 0,03 Ohm in der Tat extrem niedrig. Die ideale Spule also? Die Verzerrungskurven für hohe Leistungen sehen auch gar nicht so schlecht aus. Allerdings ist an der Verformung der jeweils oberen Kurven in den Diagrammen 29 und 30 eine bereits sehr starke Sättigung des Kerns zu erkennen. Auch bei diesen Spulen ist die bei noch so geringer Leistung immer vorhandene Mindestverzerrung von etwa 0,2 % in Kauf zu nehmen, was einer wirklich hochwertigen Wiedergabe nicht zuträglich ist. Außerdem ist durch die hohen Eisenverluste dieser Spule die Phasenlage im Sperrbereich bis zu 20 Grad geringer, so daß eine Modifikation bestehender Kombinationen mit diesen Spulen mit Vorsicht zu genießen ist.

E203. Groß und teuer wie Luftspulen, sind sie bei gleicher Induktivität allerdings sehr viel niederohmiger. Die Verzerrungswerte bei sehr hohen und niedrigen Leistungen liegen so günstig, daß sie auch für hochwertigste Wiedergabe geeignet sind.

Wer sich schon längere Zeit mit dem Selbstbau von Lautsprechern beschäftigt, kennt sicher die oft belächelten Ferrit-Stiftkernspulen aus britischen Boxen und Bausätzen. Aus den Diagrammen 27 und 28 erkennen man allerdings sehr schnell, daß es sich hier ausnahmslos um sehr hochwertige Kernspulen handelt. Es kommt eben, wie so oft, nicht auf die Größe als Qualitätsmerkmal an. Besonders die Typen SP/LL und SSP/LL sind vorbehaltlos zu empfehlen.

Eine Sonderform der bereits besprochenen Eisendrossel ist

Abschließend bleibt festzustellen, daß Kernspulen bei entsprechend sorgfältiger Auswahl durchaus eine vernünftige Alternative zu Luftspulen sind. □

# SOUNDWORKER

turn the music on

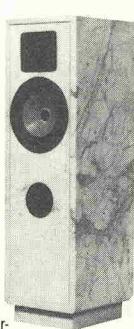


Die Firma für (Selbstbau)-Lautsprecher  
D-8000 München 2, Bergmannstr. 3 A-5020 Salzburg, Gabelsbergerstr. 29  
Telefon 089/5024091 Telefon 0662/711693  
NF-Laden Elektro Vertriebs GmbH

Info gegen DM 2,-/ÖS 20,- Rückporto.

**Bausatz** komplett  
Gehäuse in MDF roh  
99,-/Stück  
Fertigbox 139,-/Stück  
Bausatz komplett  
Gehäuse in Schwarz  
Reliefdesign  
129,-/Stück  
Fertigbox in  
Reliefdesign  
149,-/Stück

**Bausatz** komplett  
ohne Gehäuse  
298,-/Stück  
Fertigbox in MDF  
498,-/Stück  
Fertigbox in wertvollem  
Carrara-Marmor  
mit vergoldeten  
Anschlüssen  
999,-/Stück



**Das alles gib's bei:**  
**HS**  
**ELEKTRONIK**

**Peerless**  
-Stützpunkt

**DAVIS**  
Acoustics

Cannabichstr. 22 · 68 Mannheim 1 · 0621/332612

# CONCERTO

Titan-Technologie made in Germany

Drei-Wege-Bausatz mit  
kompromißloser Technik:

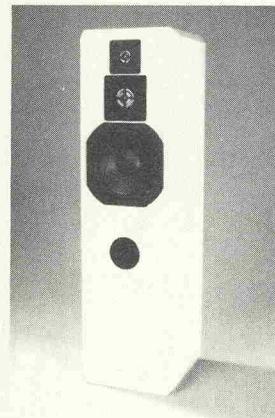
20 mm Titan-Hochtonkalotte für saubere  
Höhen, CD-gerechte Dynamik und hervor-  
ragende Auflösung.

35 mm Titan-Mitteltonkalotte für impulsive  
Mitten und gute Räumlichkeit.

210 mm Langhub-Tieftöner für ein kräftiges  
und dynamisches Baßfundament.

Nach Thiele und Small abgestimmte Baß-  
reflexöffnung zur Verstärkung der Tiefbaß-  
wiedergabe.

Resonanzarmes MDF-Gehäuse mit abge-  
schrägter Schallwand zur Vermeidung von  
Kantenreflexionen.



#### Technische Daten:

Abmessungen (HxBxT): 94 x 27 x 28 cm  
Belastbarkeit: 100 / 130 Watt  
Frequenzbereich: 28-26.000 Hz  
Wirkungsgrad: 91 dB / 1W/1m  
Impedanz: 4 Ω

Bausatz (mit Chassis, Frequenzweiche,  
Dämmmaterial, Schrauben, vergoldeten  
Bananeneinbaubuchsen und Bauplan)  
Fertiggehäuse (MDF) 179,- DM  
Gehäuse-Schnellbausatz  
(MDF mit allen  
Ausfrässungen) 98,- DM

Weitere Angebote: Sofort kostenlose Sonderliste anfordern!

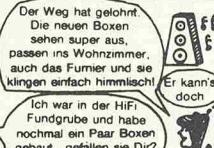
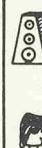
**lautsprecher**  
**hubert** GmbH  
Wasserstr. 172 · 4630 Bochum · 0234/301166

**Lautsprecher Arndt**  
Borsigstr. 65 · 46 Dortmund 1 · 0231/811227

## HiFi-Fundgrube · Würzburger Str. 11 · 8800 Ansbach Tel. (09 81) 171 72

Lautsprecher Bausätze · Dynaudio · Lautsprecher Teufel  
fertige Gehäuse · Super Lautsprecher Kabel · Audio Kabel · Goldstecker  
That's Metall Cassetten · HiFi-Zubehör · Compact Disc — und vieles mehr!

**Wir freuen uns auf Ihren unverbindlichen Besuch!**



#### Gerät des Jahres:

**NAD Vorverstärker 1155 . . . bei uns vorführbereit.**

Gegen Einsendung 3,50 DM erhalten Sie unseren Katalog.



- ± 1% Toleranz
- geringster Verlustfaktor
- ideal für höchstwertige Frequenzweichen und Audiocomponenten

**ETON** <sup>®</sup>

ETON DEUTSCHLAND  
ELECTRO ACOUSTIC GMBH  
POB 1321 · D 2860 Osterholz-Scharmbeck  
04791-2078/79 · Telex 24700 Eton · FAX 04791-2070

HiFi-Boxen selbstgemacht 7

**WETTKAMPF DER MEGAGANTEN**

**ATLAS AXS5 ECKHORN ISOSTATIC SOLUTION TEUFEL LT66**

ständig vorführbereit:

und über 50 weitere Top-Boxen  
auf mehr als 500 m<sup>2</sup> Ausstellungsfäche.

Nur bei

**ACR** Lautsprechersysteme

Große Friedberger Straße 40-42  
Telefon (069) 284972  
Mo-Fr 10-1830 · Sa 10-14 Uhr

Dämpfungsmaterial

Der

Laut



# Einsatz von Fasermaterial in Lautsprechergehäusen

**L. J. S. Bradbury**

Faserwatte wird häufig in Lautsprechergehäusen benutzt, um akustische Resonanzen zu dämpfen, die sonst stören würden. Zusätzlich zu ihren dämpfenden Eigenschaften verzögern Fasermaterialien auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen; diese Eigenschaft wird dazu benutzt, Labyrinth- und Hornlautsprechergehäuse in ihren Abmessungen zu vermindern. Um

aber Fasermatten in dieser Weise gezielt einzusetzen, muß man in der Lage sein, ihre Wirkung auf Schallwellen präziser zu beschreiben, als es bisher üblicherweise im Lautsprecherbau geschieht. Hier wird ein Modell der Wechselwirkungen zwischen Schallwellen und Fasermaterial vorgestellt, das die hauptsächlichen akustischen Eigenschaften berücksichtigt, die hier betrachtet werden. Die Theorie ergibt eine annehmbare zahlenmäßige Übereinstimmung mit Ergebnissen aus Versuchen mit einer Anzahl verschiedener Fasermaterialien sowohl bei der Ausbreitungsgeschwindigkeit als auch bei den Dämpfungs faktoren. In einem Beispiel mit einem Labyrinthgehäuse wird gezeigt, wie die Theorie genutzt werden kann, um den Einsatz von Fasermaterial zu optimieren.

Wenn Schallwellen durch ein Fasergewirr dringen, etwa Glasfaserwatte oder Wolle, dann ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit anders als in freier Luft; außerdem werden die Schallwellen stark geschwächt. Beim Bau von Lautsprechergehäusen sind es normalerweise die schalldämpfenden Eigenschaften, die in erster Linie gefordert sind, um Reflexionen im Gehäuse zu absorbieren und das Auftreten von scharfen akustischen Resonanzen zu vermeiden. Aber die Wirkung von Fasermaterial auf die Schallgeschwindigkeit dient ebenso dazu, die Abmessungen eines Lautsprechergehäuses — etwa Labyrinth- oder Hornlautsprecher — zu verkleinern, was sogar manchmal der interessantere Effekt bei Fasermaterialien bedeutet.

Der Nutzen von Fasermaterialien in geschlossenen Gehäusen und bei Helmholtz-Resonator-Gehäusen ist schon Gegenstand vieler Diskussionen gewesen (zum Beispiel [1], [2]); diese Beiträge waren allerdings in sehr allgemeiner Form gehalten und haben nicht die genauen Zusammenhänge zwischen Schallwellen und Faserstoffen berücksichtigt. Insbesondere ist in einer interessanten, aber verwirrenden Untersuchung der Einsatz von Fasermaterial in einem Labyrinthgehäuse von

Bailey [3], [4] vor einigen Jahren beschrieben worden. In der Ausführung prüfte Bailey den Nutzen von Glaswolle und verschiedenen Naturwolle-Arten. Er entdeckte, daß das Verhalten langhaariger Wolle sich von anderen Materialien unterschied und überragende akustische Eigenschaften für den besonderen Typ des Labyrinthgehäuses bot. Er fand heraus, daß eine Packungsdichte von etwa  $8 \text{ kg/m}^3$  einen günstigen akustischen Scheinwiderstand für dieses Material bei Frequenzen über 100 Hz ergab, dessen Wert nahe bei dem der Luft lag, so daß die Eigenschaften des Gehäuses durch die Anwesenheit des Dämmmaterials nicht wesentlich beeinträchtigt wurde; und doch hatte die Wolle einen hohen Dämpfungs faktor, so daß die Resonanzen der kürzeren Wellenlängen, die sonst spürbar geworden wären, gut gedämpft wurden.

Andererseits schien die Watte bei niedrigen Hörfrequenzen um 30 Hz die Schallgeschwindigkeit auf etwa die Hälfte der Freiluftgeschwindigkeit zu reduzieren, was dazu führte, daß das Labyrinth von einer halben Wellenlänge — das für eine verbesserte Baßwiedergabe nötig ist — von 9 m auf 4,5 m Länge für eine 30-Hz-Welle

Wir danken dem 'Journal of the Audio Engineering Society' für die freundliche Genehmigung zum Nachdruck dieses Artikels, der unter dem Titel 'The Use of Fibrous Materials in Loudspeaker Enclosures' im „Journal“ vol. 24, no. 3 pp. 162–170 erschienen ist.

## Dämpfungsmaterial

verkürzt werden konnte. Obwohl Bailey verschiedene Faserstoffe ausprobierte wurde kein Versuch gemacht, den Einfluß von Fasermaterialien genauer zu definieren. Der Zweck einer solchen Untersuchung wäre die präzisere Kenntnis akustischer Eigenschaften von Faserwatte, in der Hoffnung, ihren gezielten Einsatz im Bau von Lautsprechergehäusen zu ermöglichen. Es ist eine Menge Arbeit darauf verwendet worden, Schallwellen in porösen Materialien zu untersuchen (siehe Zwicker und Kosten [5]); das betraf Materialien, deren Fasergerüst sehr starr ist, was ja nicht bei Faserwatte zutrifft, die in Lautsprechergehäusen verwendet wird. Insgesamt sind die Aspekte bisheriger Untersuchungen aber nicht recht befriedigend, so daß ein neuer Denkansatz entwickelt wurde, der sich eher anlehnt an das, was Dobbins und Temkin [6] über die Schallausbreitung in Gasteilchen-Mischungen sagen. In ihrer vollständigen Form ist die Theorie ziemlich umfangreich; aber es ist für den hier gewünschten Zweck ausreichend, die Ergebnisse der Theorie in der einfachsten Form darzustellen, zumindest was die akustischen Haupteigenschaften von Fasermaterialien betrifft. Es ist nicht das Ziel dieser Arbeit, Einzelheiten der Analyse zu besprechen; es sind vielmehr die physikalischen Auswirkungen, auf die eingegangen werden soll. Der Vollständigkeit halber sind die wesentlichen Gleichungen für die Bewegung und eine kurze Darstellung der Analyse in komprimierter Form in Anhang A dargestellt.

Faserwolle, die in Lautsprechergehäusen verwendet wird, hat nur einen sehr geringen Volumen-Anteil (5 % des Raumes) festen Materials; der geringe Raum, der von den Fasern selbst beansprucht wird, spielt keine unmittelbare Rolle für das Verhalten der Schallwellen. Die Hauptwirkung, die ein Fasermaterial auf eine hindurchgehende Schallwelle hat, kommt von dem Luftwiderstand her, den die Fasern der Schallwelle bereiten. Die Faserdurchmesser liegen normalerweise bei 0,01 mm, was sehr viel kleiner ist als die kleinste Wellenlänge der betrachteten Schallwellen. Unter diesen Um-

ständen und bei den sehr niedrigen Luftgeschwindigkeiten, die von Schallwellen erzeugt werden, ist es möglich zu zeigen, daß der aerodynamische Widerstand zur Geschwindigkeit der Luft proportional ist, die durch die Faser streicht. Mit anderen Worten: die aerodynamische Kraft pro Längeneinheit und pro Querschnittseinheit des Fasermaterials erhält man als  $\lambda(U_a - U_f)$ , wobei  $U_a$  und  $U_f$  die Luft- und die Fasergeschwindigkeit darstellen. Lambda ist der Parameter des aerodynamischen Strömungswiderstandes, der für ein bestimmtes Material bei einer bestimmten Packungsdichte konstant ist. Seine Bedeutung und Bestimmung wird später besprochen. Wenn die Fasermasse je Volumeneinheit  $P$  beträgt, dann ist die Gleichung für die Bewegung des Fasermaterials einfach:

$$P \frac{du_f}{dt} = \lambda (U_a - U_f) \quad (1)$$

Dabei ist die linke Seite Masse mal Beschleunigung, und die rechte Seite stellt den aerodynamischen Strömungswiderstand dar.

Es sollte betont werden, daß das Fasermaterial keine mechanische Steifheit aus sich selber besitzen soll. (Die Vernachlässigung der Steifheit des Fasergerüstes erfordert, daß  $E/(P\alpha_0^2)$  sehr viel kleiner als 1 ist. Dabei ist  $E$  der Steifheitsmodul des Faserbausches, und  $\alpha_0$  ist die normale Schallgeschwindigkeit in freier Luft. Selbst für dichtgepackte Fasern hat  $E/(P\alpha_0^2)$  nur Werte im Bereich um 0,01). Der bedeutende Faktor in Gleichung (1) ist der Parameter  $P/\lambda$ . Hier steckt gewissermaßen die Zeit drin, die benötigt wird, um die Fasern durch eine hindurchgehende Schallwelle in Bewegung zu setzen. Für einfache harmonische Wellen können wir einen Parameter  $\omega P/\lambda$  einführen. Dieser beschreibt das Verhältnis der erforderlichen Zeit, die nötig ist, um die Fasern in Bewegung zu setzen, in Relation zur Periode der Schallwelle. Darin ist  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit der Schallwelle, oder auch  $2\pi/T$ , wobei  $T$  die Periode bedeutet. Wenn die Frequenz genügend hoch ist, so daß  $\omega P/\lambda$  viel größer als 1 ist, dann ist während einer Schwingung der Schallwelle nicht genügend Zeit für die Faser vorhanden, sich in Bewegung zu setzen; unter dieser Bedingung

dringt die Schallwelle durch ein nahezu stillstehendes Fasergerüst. In diesem Falle ist die Schallgeschwindigkeit durch die Anwesenheit der Fasern nicht wesentlich beeinträchtigt, aber wegen des hohen aerodynamischen Widerstandes wird die Schallwelle erheblich abgeschwächt. Im Gegensatz dazu haben bei niedrigen Frequenzen (wenn  $\omega P/\lambda$  sehr viel kleiner als 1 ist) die Fasern während einer Schwingung genügend Zeit, sich der Luftbewegung anzugeleichen, und Luft und Fasern bewegen sich gemeinsam. Bei dieser Bedingung ist der aerodynamische Widerstand sehr klein, und die

gangs statt des adiabatischen nur in einer 20%igen Abnahme der Schallgeschwindigkeit resultiert, lohnt es in unserem Zusammenhang nicht, diesen Faktor zu berücksichtigen.

Die vorausgehenden Ausführungen dienten dazu, in groben Zügen den Einfluß von Faserwatte auf eine hindurchgehende Schallwelle zu beschreiben. In diesem Abschnitt sollen die Einzelzüge der Theorie besprochen werden, die in Anhang A umrissen ist. Die Theorie zeigt, daß eine einfache harmonische Schallwelle der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  sich durch ein faseriges Material wie folgt fortpflanzt:

$$\exp \left[ -\beta \frac{\omega}{a_0} x \right] \exp \left[ i \frac{\omega}{a_0} \alpha \left( x - \frac{a_0}{\alpha} t \right) \right]. \quad (2)$$

Schallwelle wird nur gering gedämpft. Die effektive Dichte der Luft/Faser-Kombination ist  $(P + \rho_a)$ , darin ist  $\rho_a$  die Luftdichte — und wenn wir einmal annehmen, daß der Druck sich adiabatisch ändert, dann wird die Schallgeschwindigkeit reduziert auf

$$\sqrt{\gamma p_a / (P + \rho_a)},$$

darin ist  $p_a$  der Luftdruck der Umgebung, und  $\gamma$  ist das übliche Verhältnis der spezifischen Wärmewerte.

In der obigen Gedankenführung war angenommen worden, der Druck ändere sich adiabatisch, aber in der voll-

Der Ausdruck beschreibt eine Welle, die sich mit der Geschwindigkeit  $a_0/\alpha$  fortpflanzt, wobei  $a_0$  die normale adiabatische Schallgeschwindigkeit in freier Luft darstellt, das heißt:  $a_0 = \sqrt{\gamma p_a / \rho_a}$ . Die Welle nimmt exponentiell mit der Entfernung  $x$  ab; dabei ist der Exponent  $\beta(\omega/a_0)x$ . In vertrauteren Worten: die Dämpfung in Dezibel pro Längeneinheit ist:

$$20 \beta(\omega/a_0) \log_{10} e = 8,69 \beta \omega / a_0$$

Die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  hängen von der Packungsdichte des Fasermaterials  $P$  ab und der Luftwiderstand  $\lambda$  von dem Ausdruck:

$$\alpha + i\beta = \sqrt{\frac{(1 + P/\rho_a) - i\omega P/\lambda}{1 + i\omega P/\lambda}}. \quad (3)$$

Die Trennung in realen und imaginären Anteil ergibt

$$\alpha = \frac{[(1 + P/\rho_a)^2 + (\omega P/\lambda)^2]^{1/4}}{1 + (\omega P/\lambda)^2} \cos \theta \quad (4a)$$

$$\beta = \frac{[(1 + P/\rho_a)^2 + (\omega P/\lambda)^2]^{1/4}}{1 + (\omega P/\lambda)^2} \sin \theta \quad (4b)$$

Dabei ist

$$\theta = \frac{1}{2} \left[ \tan^{-1} \frac{\omega P}{\lambda} - \tan^{-1} \frac{\omega P/\lambda}{1 + P/\rho_a} \right].$$

ständigeren Beschreibung der Schallausbreitung durch Fasermaterialien sollte der Einfluß der Wärmeübertragung auf die Fasern berücksichtigt werden. Obwohl das möglich ist, bringt es aber verwickeltere algebraische Beziehungen; weil der maximale Effekt bei Berücksichtigung des isothermischen Vor-

Bevor wir die Zusammenhänge weiter diskutieren, sollte das Verhalten für hohe und niedrige Frequenzen betrachtet werden. Bei niedrigen Frequenzen, wenn  $\omega P/\lambda$  gegen 0 geht, strebt  $\alpha$  gegen  $\sqrt{1 + P/\rho_a}$  und  $\beta$  gegen 0. Mit anderen Worten: die Schallgeschwindigkeit wird verringert auf  $\sqrt{\gamma p_a / (P + \rho_a)}$ ,

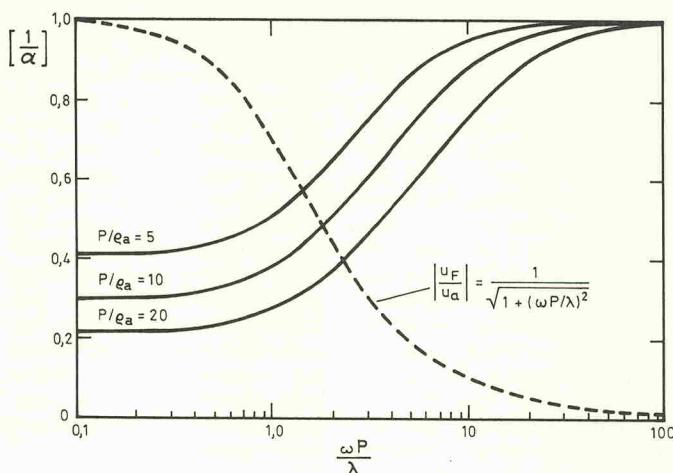


Bild 1. Der Einfluß von Faserwatte auf die Schallgeschwindigkeit.

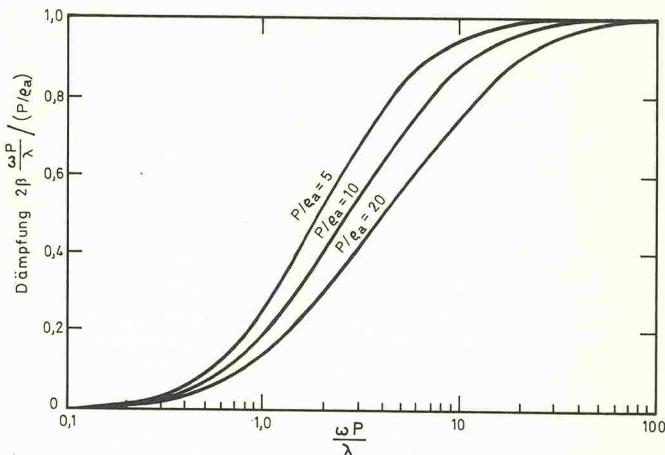


Bild 2. Der Einfluß von Faserwatte auf die Schalldämpfung.

was mit unseren früheren Überlegungen in Einklang ist, aber es gibt keine Dämpfung der Welle.

Bei hohen Frequenzen, wenn  $\omega P/\lambda$  gegen unendlich strebt, sind die Grenzfälle schwieriger zu bestimmen, aber es kann gezeigt werden, daß  $\alpha$  gegen 1 geht und  $\beta$  gegen  $\frac{1}{2}\lambda/\rho_a a_0$ . Anders ausgedrückt, die Schallgeschwindigkeit nähert sich der normalen adiabatischen Schallgeschwindigkeit, aber die

Schallwelle wird mit einer Rate von  $10(\lambda/\rho_a a_0) \log_{10} e$  Dezibel pro Längeneinheit gedämpft.

Noch ein interessantes Ergebnis für die Faser/Luft-Geschwindigkeit sollte erwähnt werden. Für einfache harmonische Wellen ergibt sich aus der Gleichung (1)

$$\left| \frac{u_f}{u_a} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega P/\lambda)^2}}. \quad (5)$$

Das Verhältnis der Schallgeschwindigkeit in faseriger Watte zur Schallgeschwindigkeit in freier Luft ist  $1/\alpha$ . Das wird in Bild 1 gezeigt. Die Werte wurden aus Gleichung (4a) berechnet für verschiedene Packungs-dichtenverhältnisse  $P/\rho_a$  und aufgetragen über dem dimensionslosen Frequenzparameter  $\omega P/\lambda$ . Der Graph zeigt ebenfalls das Verhältnis der Faser/Luft-Geschwindigkeit, die aus Gleichung (5) berechnet wurden. Die gezeigten Ergebnisse machen quantitativ die Wirkung deutlich, die eine Faserwatte auf die Schallgeschwindigkeit bei verschiedener Packungs-dichte hat. Es wird auch deutlich, wie die Fasern und die Luft miteinander bei niedrigen Frequenzen verkoppelt werden und bei hohen Frequenzen die Kopplung verliert.

Soweit es um die Dämpfungs-wirkung geht, ist es bequem, den Dämpfungsparameter  $\beta\omega/\rho_a$  durch den Wert zu teilen, den er bei hohen Frequenzen hat, nämlich  $\frac{1}{2}\lambda/\rho_a a_0$ . Dies gibt einen dimensionslosen Dämpfungswert, der

$$2\beta(\omega P/\lambda)/(P/\rho_a)$$

lautet. Dieser Wert nähert sich Null bei niedrigen Frequenzen und eins bei hohen Frequenzen. Bild 2 zeigt die Ergebnisse einer Änderung dieses Wertes mit verschiedenen Faserpackungs-dichten.

Die bisher erhaltenen Ergebnisse zeigen allgemein die Wirkung von Faserwatte auf Schallwellen, aber für eine praktische Nutzanwendung sollte man den genauen Wert des Strömungswiderstandswertes für ein bestimmtes Material und eine bestimmte Packungs-dichte kennen. Dieser Wert wird üblicherweise experimentell so ermittelt, daß ein langsamer Luftstrom durch ein Probestück des Fasermaterials geleitet und der dabei entstehende Druckunterschied gemessen wird. Jedoch — um das akusti-

sche Verhalten von Faserstoffen allgemeingültig zu diskutieren — wäre es besser, eine explizite Beziehung für den Strömungswiderstandswert  $\lambda$  zu haben. Unglücklicherweise waren auch verschiedene Untersuchungen zum Strömungswiderstand nicht ausführlich genug, um eine allgemeine Berechnungsformel überzeugend abzuleiten; jedoch war eine solche Formel zumindestens vorstellbar. Diese Überzeugung basiert auf vorausgehenden Versuchen, aber auch auf theoretischen Annahmen zur Strömung hinter schmalen Zylindern und Kugeln mit dem Ausdruck

$$\lambda = A \frac{\mu}{d^2} \left( \frac{P}{\rho_f} \right)^n$$

wobei A und n Konstanten sind;  $\mu$  ist der Koeffizient der Viskosität der Luft, d der Faserdurchmesser, P ist die Packungs-dichte der Watte, und  $\rho_f$  ist die Dichte des Fasermaterials.  $P/\rho_f$  ist deshalb eine Proportion des Volumens, das von den Fasern ausgefüllt wird. Bei normalen Temperaturen ist  $\mu = 1,81 \times 10^{-5}$  kg/m·s und wenn d in Metern eingesetzt wird, dann ergibt sich  $\lambda$  in  $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{s})$ . Forschungsergebnisse, die der Autor und andere [7], [8] ermittelten, ergaben für n einen Wert von etwa 1,4. Es gibt jedoch nur geringe Sicherheit über den genauen Wert der Konstante A. Alle verfügbaren experimentellen Ergebnisse zu dieser Größe sind recht mangelhaft in der Vollständigkeit der Information. Einige Ergebnisse verschiedener Versuchsreihen geben Werte für A, die zwischen 12 und etwa 50 liegen — abhängig von den unterschiedlichen Annahmen, die bei der Analyse der Daten gemacht wurden. Ein Durchschnittswert für A liegt bei etwa 27. Es dürfte deutlich sein, daß dieser Gegenstand weiterer Forschungen bedarf, bevor die derzeitigen Ergebnisse voll genutzt werden können; aber als ein vorläufiger Aus-

Tabelle I. Untersuchungen von Esmail-Begui und Naylor

	PF Glaswolle	TWF Glaswolle
Dichte, P	135 kg/m <sup>3</sup>	63 kg/m <sup>3</sup>
Durchlässigkeit, f	0,965	0,985
Dichte der Fasern, = P/(1 - f)	3860 kg/m <sup>3</sup>	4200 kg/m <sup>3</sup>
gemessener Luftwiderstand, λ	36400 N · sec/m <sup>4</sup>	13800 N · sec/m <sup>4</sup>
errechneter Luftwiderstand, λ*	26400 N · sec/m <sup>4</sup>	9100 N · sec/m <sup>4</sup>

\* nach Gleichung (6) unter Voraussetzung, daß Faserdurchmesser = 0,0127 mm.

## Dämpfungsmaterial

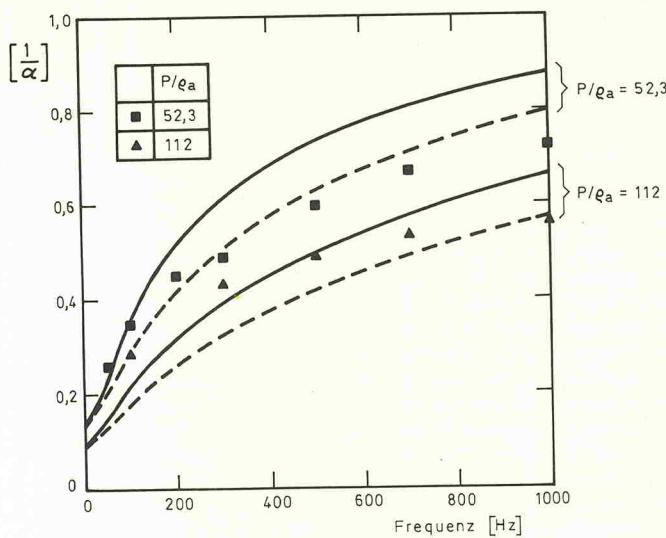


Bild 3. Schallgeschwindigkeit in Glaswolle (Quelle [9]). Gestrichelte Linien nach gemessenem Luftwiderstand. Durchgezogene Linien nach berechnetem Luftwiderstand.

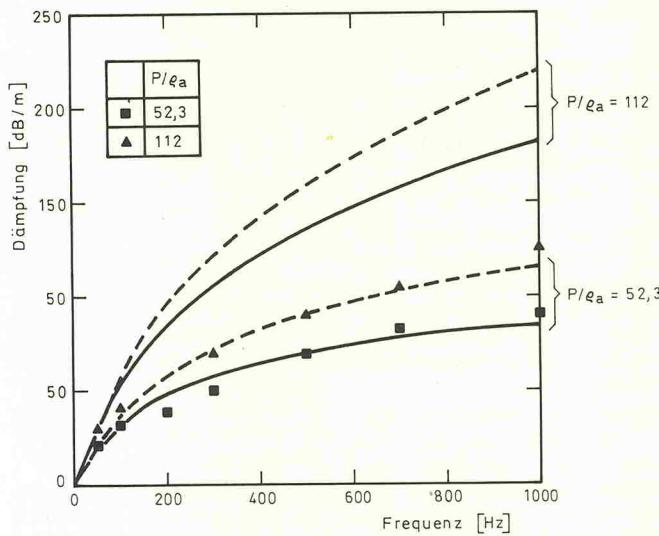


Bild 4. Dämpfung in Glaswolle (Quelle [9]). Gestrichelte Linien: gemessener Luftwiderstand, durchgezogene Linien nach berechnetem Luftwiderstand.

druck für den Strömungswiderstand mag dienen:

$$\lambda = 27 \frac{\mu}{d^2} \left( \frac{P}{\rho_f} \right)^{1,4} \quad (6)$$

Die einzigen veröffentlichten Versuche, die der Autor finden konnte und in denen die Schallgeschwindigkeit und Dämpfung in faserigem Material unmittelbar gemessen worden sind, stammen von Esmail-Begui und Naylor [9]. Die Messungen wurden in Glaswolle mit zwei verschiedenen Packungsdichten durchgeführt. Die Einzelheiten der Versuchsbedingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine der wichtigsten Einzelbedingungen ihrer Arbeit ist nicht ersichtlich: der Durchmesser der Glasfasern. Aber der Vergleich mit anderen veröffentlichten Arbeiten lässt vermuten, daß es wahrscheinlich 0,0127 mm waren. Die geschätzten Werte des Luftwiderstandes (die man aus Gleichung (6) erhält) liegen bei 70 % der von Esmail-Begui und Naylor gemessenen Werte. Aus verschiedenen Gründen ist es keineswegs selbstverständlich, daß die gemessenen Werte, die von Esmail-Begui und Naylor angegeben werden, notwendig genauer wären als unsere aus Gleichung (6) angenäherten. In

der Folge sind Berechnungen der Schallgeschwindigkeit und der Dämpfungsrate mit den Gleichungen (2), (3) und (4) sowohl für die zitierten als auch für die abgeschätzten Werte des Luftwiderstandes vorgenommen worden. Diese Rechenergebnisse werden in den Abbildungen 3 und 4 mit den Versuchsergebnissen für die Schallgeschwindigkeit und die Dämpfungsrate verglichen. Soweit es die geringere Packungsdichte betrifft, stimmen die experimentellen und theoretischen Ergebnisse recht gut überein. Bei Verwendung der gemessenen Werte für den Strömungswiderstandspараметer  $\lambda$  erhält man noch bessere Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen für die Schallgeschwindigkeit, aber die Ergebnisse für die Dämpfung sind in besserer Übereinstimmung, wenn der Wert für  $\lambda$  aus der Gleichung (6) ermittelt wird. Dieselben allgemeinen Überlegungen passen auch auf die Ergebnisse für die höhere Packungsdichte, obwohl in diesem Fall beide errechneten Werte für die Dämpfungsrate einiges höher liegen als die experimentell ermittelten. Dieser Unterschied kommt möglicherweise daher, daß der Strömungswiderstand  $\lambda$  in Wirklichkeit frequenzabhängig ist, und diese Abhängigkeit ist ihrerseits eine Funktion der Packungsdichte. Es wäre wohl möglich, diesen Effekt in die Gleichung (6) einzubauen, aber es gibt zur Zeit keinen einleuchtenden Grund, diesen Versuch zu machen; außerdem würde vom praktischen Standpunkt aus für den Lautsprecherbauer kein berücksichtigenswertes Ergebnis für die Packungsdichten von Glaswolle dabei herauskommen.

Zusätzlich zu den obigen Erkenntnissen wurden vom Autor einige Versuche gemacht, die sich mit Glasfaserwolle und Naturwolle befaßten. Über die Schallmessungen hinaus wurden die Faserdurchmesser bestimmt, deren Einzelheiten in Tabelle 2 wiedergegeben sind, einschließlich der Werte des Strömungswiderstandes  $\lambda$ , welcher aus Gleichung (6) errechnet wurde. Vergleiche zwischen den theoretischen und experimentellen Ergebnissen sind in Abbildung 5 und 6 dargestellt.

Die Übereinstimmung zwischen errechneten und versuchsweise

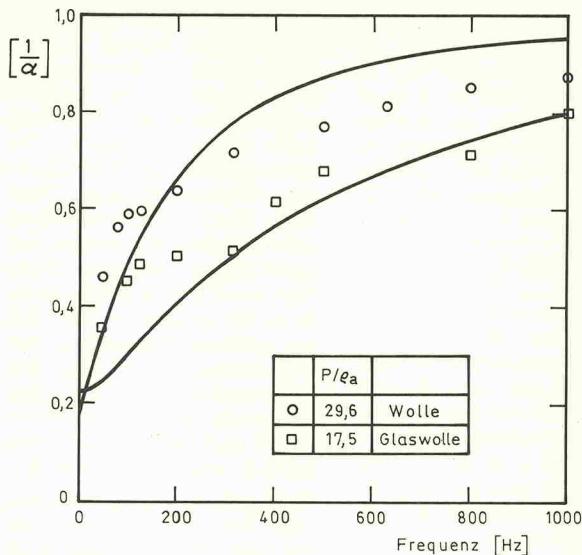
ermittelten Werten für die Dämpfungsrate ist recht gut, obwohl die beiden Reihen der Rechenwerte für die Schallgeschwindigkeit dieselbe Abweichungstendenz bei hohen Frequenzen nach oben zeigen. Diese Tendenz kann auch im Vergleich mit den Ergebnissen von Esmail-Begui und Naylor beobachtet werden. Aber: die allgemeine Übereinstimmung zwischen Rechenwerten und Versuchsergebnissen ist gut genug, um Berechnungen des akustischen Verhaltens von Lautsprechergehäusen erfolgversprechend aussehen zu lassen.

Bei dieser Gelegenheit ist es bemerkenswert, daß der Unterschied im akustischen Verhalten zwischen Glasfaserwolle und langhaariger Wolle vom größeren Durchmesser der Wollfasern herkommt. Ebenso ist — bei gleicher Packungsdichte — der Strömungswiderstand der Wolle viel geringer als der von Glasfaserwolle.

Weiterhin ist zu bemerken, daß die Versuche ziemlich schwierig durchzuführen sind, wenn man eine gewisse Genauigkeit erwartet. Die Messung der Schallgeschwindigkeit bei niedrigen Frequenzen erfolgt über die Messung kleiner Phasenwinkel, und ein großer Teil der Sorgfalt gilt den Mikrofonen, um sicherzustellen, daß nicht etwa Körperschallwellen in der Wand des Rohres gemessen werden, das das Fasermaterial enthält.

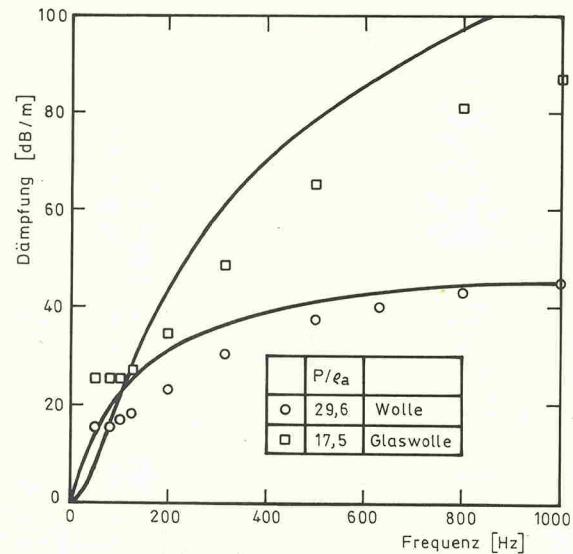
Es ist nicht der erklärte Zweck unserer Untersuchung, das akustische Verhalten von Lautsprechergehäusen in allen Einzelheiten zu diskutieren, weil dazu die Berücksichtigung einer Menge weiterer Faktoren nötig wäre. Aber es ist vielleicht wertvoll zu erkennen, daß aussagestarke Berechnungen über den Einfluß von Fasermaterial innerhalb eines Gehäuses gemacht werden können. Als Beispiel wird eine Probe mit einer Röhre von der Länge L gemacht, die mit Faserwatte gefüllt ist. Die Röhre hat einen Lautsprecher an dem einen Ende und ist am anderen offen. Dieses Beispiel entspricht ziemlich nahe dem TL-Gehäuse, das von Baily in [3], [4] untersucht wurde.

Wenn Wellen sich in beiden Richtungen bewegen, haben wir folgende Ergebnisse für die



**Bild 5. Schallgeschwindigkeit in Glaswolle und Schafwolle.** Die durchgezogenen Linien repräsentieren die theoretisch erwarteten Ergebnisse.

Teilchengeschwindigkeit und Am anderen Ende der Röhre den Druck der Schallwelle: bei  $x = 0$  schwingt der Laut-



**Bild 6. Schalldämpfung in Glaswolle und Schafwolle.** Die durchgezogenen Linien repräsentieren die theoretisch erwarteten Ergebnisse.

$$u(x,t) = \left[ A \exp \left[ i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)x \right] + B \exp \left[ -i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)x \right] \right] \exp \left[ -i\omega t \right] \quad (7a)$$

$$p(x,t) = \rho_a a_0 (\alpha + i\beta) \left[ A \exp \left[ i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)x \right] - B \exp \left[ -i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)x \right] \right] \exp \left[ -i\omega t \right] \quad (7b)$$

Darin sind  $u(x,t)$  und  $p(x,t)$  die Teilchengeschwindigkeit und der Druck bei jedem Wert der Entfernung  $x$  vom Lautsprecher und zur Zeit  $t$ . Durch die Gleichung (4a) und (4b) werden  $\alpha$  und  $\beta$  ermittelt. Die Konstanten  $A$  und  $B$  sind aus Einzelheiten des besonderen Falles zu bestimmen. Beispiel: Im betrachteten Fall eines Lautsprechers in einer Röhre von der Länge  $L$ , die am Ende  $x = L$  offen ist, machen wir Gebrauch von der üblichen Annahme, daß der Druck am offenen Ende Null ist. Aus Gleichung (7b) ergibt sich dann:

$$A \exp \left[ i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)L \right] - B \exp \left[ -i \frac{\omega}{a_0} (\alpha + i\beta)L \right] = 0.$$

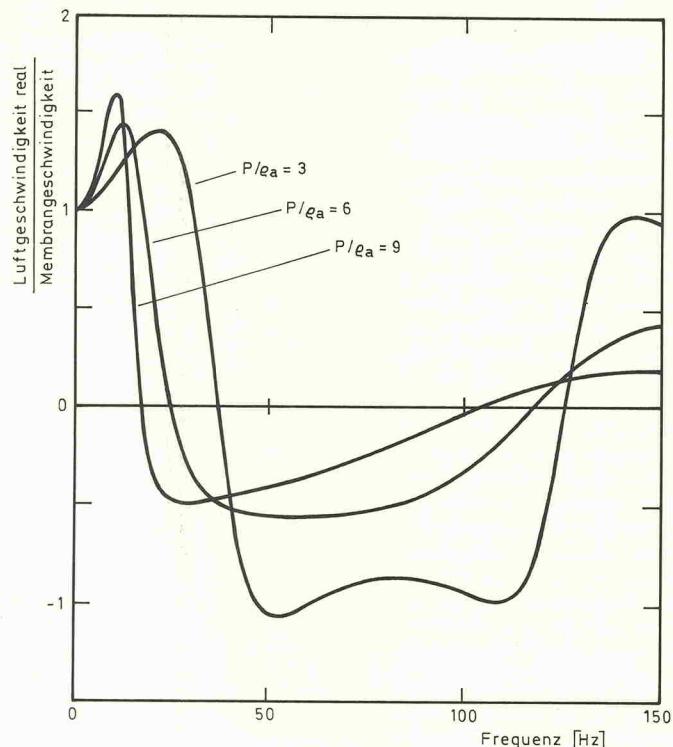
sprecher periodisch mit der Geschwindigkeit, die sich aus  $U_0 e^{-i\omega t}$  ergibt; dadurch haben wir aus Gleichung (7a)

$$A + B = U_0.$$

Diese beiden Ausdrücke ermöglichen es,  $A$  und  $B$  zu bestimmen.

Die beiden Ergebnisse, die bei der Lautsprecherkonstruktion von besonderem Interesse sind, sind:

1. die Impedanz, die die Lautsprechermembran „sieht“, und



**Bild 7. Real-Anteil der Luftgeschwindigkeit am Ende der mit Wolle gefüllten TL.**

Tabelle II.

	Glaswolle	Schafwolle
Dichte, $P$	$21 \text{ kg/m}^3$	$35 \text{ kg/m}^3$
gemessener Faserdurchmesser, $d$	$0,005 \text{ mm}$	$0,028 \text{ mm}$
errechneter Luftwiderstand, $\lambda^*$	$12600 \text{ N} \cdot \text{sec/m}^4$	$5700 \text{ N} \cdot \text{sec/m}^4$

\* nach Gleichung (6).

2. das Verhältnis der Teilchengeschwindigkeit am Ende der Röhre zur Geschwindigkeit der Lautsprechermembranen.

Die Impedanz  $Z$ , die die Lautsprechermembranen „sieht“, ist gegeben durch

$$\frac{Z}{\rho_a a_0} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\alpha \sinh(2\beta\omega L/a_0) + i[\beta \sinh(2\beta\omega L/a_0) - \alpha \cosh(2\beta\omega L/a_0)]}{\cos^2(\alpha\omega L/a_0) \cosh^2(\beta\omega L/a_0) + \sin^2(\alpha\omega L/a_0) \sinh^2(\beta\omega L/a_0)} \right]. \quad (8)$$

In der obigen Form lassen sich realer und imaginärer Anteil leicht ausmachen. Man sollte wissen, daß  $\alpha = 1$  und  $\beta = 0$  ist, wenn die Röhre leer ist. Unter diesen Umständen ist die Impedanz rein imaginär und ergibt sich einfach als

$$\frac{Z}{\rho_a a_0} = -i \tan(\omega L/a_0).$$

Wenn die Teilchengeschwindigkeit am offenen Ende der Röhre  $U_L$  ist und die Membrangeschwindigkeit  $U_0$  ist, dann ist

$$\frac{U_L}{U_0} = \frac{\cos(\alpha\omega L/a_0) \cosh(\beta\omega L/a_0) + i \sin(\alpha\omega L/a_0) \sinh(\beta\omega L/a_0)}{\cos^2(\alpha\omega L/a_0) \cosh^2(\beta\omega L/a_0) + \sin^2(\alpha\omega L/a_0) \sinh^2(\beta\omega L/a_0)} \quad (9)$$

Abermals sind realer und imaginärer Anteil leicht zu unterscheiden.

Obwohl dies ziemlich unhandliche Ausdrücke sind, ist es doch vergleichsweise einfach, für jedes praktische Beispiel Werte zu errechnen. Als Beispiel ist die Rechnung für ein zwei Meter langes Rohr durchgeführt worden. Dies entspricht grob dem Gehäuse von Bailey, und die durchgeführten Berechnungen beziehen sich auf Packungsdichteverhältnisse  $P/\rho_a$  von 9, 6 und 3. Die Berechnungen sind für Glasfaserwolle und langhaarige Wolle durchgeführt worden mit den Durchmesserwerten von 0,005 und 0,028. Gleichung (6) ist für die Berechnung des Strömungswiderstandes  $\lambda$  benutzt worden.

Es ist wichtig zu betonen, daß die vorhandenen Ergebnisse sorgfältiger Interpretation bedürfen. Hier kann nur eine sehr kurze Besprechung der Ergebnisse gegeben werden.

Die Wunschvorstellung beim TL-Lautsprechergehäuse ist die, daß bei hohen Frequenzen das Fasermaterial alle inneren Resonanzen dämpfen und eine konstante resistive Impedanz für die Rückseite des Lautsprechers liefern soll. Bei diesen höheren Frequenzen sollte die reaktive Impedanz sehr klein

sein. Bei tiefen Frequenzen sollte jedoch eine Baßanhebung stattfinden, indem sich gleichphasiger Schall vom offenen Ende des Labyrinths zum direkt abgestrahlten von der Membran des Lautsprechers hinzutaddiert. Dieser Effekt sollte dann auftreten, wenn die

Anteile der Geschwindigkeit (in Abbildung 7) Null sind, das heißt, wenn  $\cos(\alpha\omega L/a_0)$  in Gleichung (9) Null ist. Deshalb sind die ersten Resonanzen durch Viertelwellenlängen bei etwa 17, 25 und 37 Hz jeweils für die Packungsdichteverhältnisse 9, 6 und 3. Die Frequen-

zen bei höheren Frequenzen zu dämpfen. Jedoch bei den beiden anderen Packungsverhältnissen von 6 und 9 gibt es nur eine bemerkenswerte Zacke in der realen Impedanz bei Frequenzen leicht unterhalb der ersten Viertelwellenlänge. Oberhalb dieser Frequenz nähert sich die resistive Impedanz der spezifischen akustischen Impedanz von Luft ziemlich schnell. Es sollte deutlich werden, daß das optimale Packungsverhältnis zwischen 6 und 9 liegt. Das ist gleichbedeutend mit einer Dichte der Wolle von 8 bis 11  $\text{kg/m}^3$  und liegt genau in dem Bereich, den Bailey vorschlägt.

Wenn wir die imaginären Anteile der Impedanzkurve betrachten, die in Abbildung 10 gezeigt ist, finden wir, daß diese Impedanz bei sehr tiefen Frequenzen negativ wird. Diese negativen imaginären Impedanzen treten auf, wenn die abgestrahlten Wellenlängen sehr viel länger sind als die Rohrlänge; sie stellt einfach die Impedanz der Luftmasse und der Fasermasse in der Röhre dar. Das ist ausgedrückt in  $Y = -i\omega(P/\rho_a)$ . Wenn die Frequenz ansteigt, wechselt die imaginäre Impedanz das Vorzeichen und erreicht ein Maximum bei Frequenzen leicht oberhalb der ersten Viertelwellenlänge. Oberhalb dieser Frequenz fallen die Kurven des Packungsdichteverhältnisses von 6 und 9 ohne Besonderheiten ab, aber die Werte des Packungsdichteverhältnisses 3 zeigen abermals, daß nicht genug Fasermasse vorhanden ist, um die Resonanzen höherer Ordnung zu bekämpfen.

Zurück zu den realen und imaginären Anteilen der Geschwindigkeit am Ende der Röhre (Abbildungen 7 und 8); dabei soll betont werden, daß diese Kurven nicht praktisch verwertbar sind, bevor nicht die mechanische Impedanz des Lautsprechers in die Rechnung mit eingeschlossen werden kann.

Allgemein ausgedrückt zeigen sie, daß der Schallaustritt am offenen Ende der Röhre im Bereich der halben Wellenlänge in Phase mit dem direkt angegebenen Schall des Lautsprechers ist. Aber dieser gleichphasige Anteil ist nicht sehr groß; vermutlich stammt der größte Teil der Baßanhebung von der ersten Viertelwellenlängen-Resonanz.

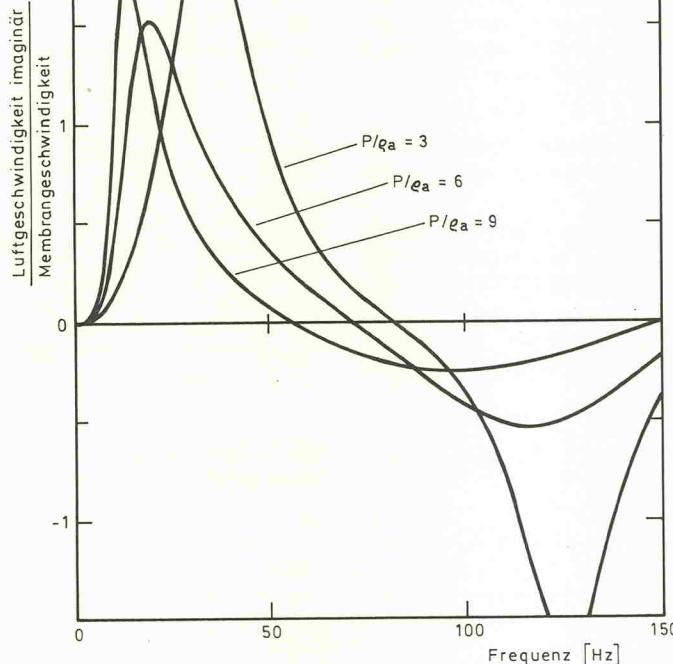


Bild 8. Imaginäranteil der Luftgeschwindigkeit am Ende der mit Wolle gefüllten TL.

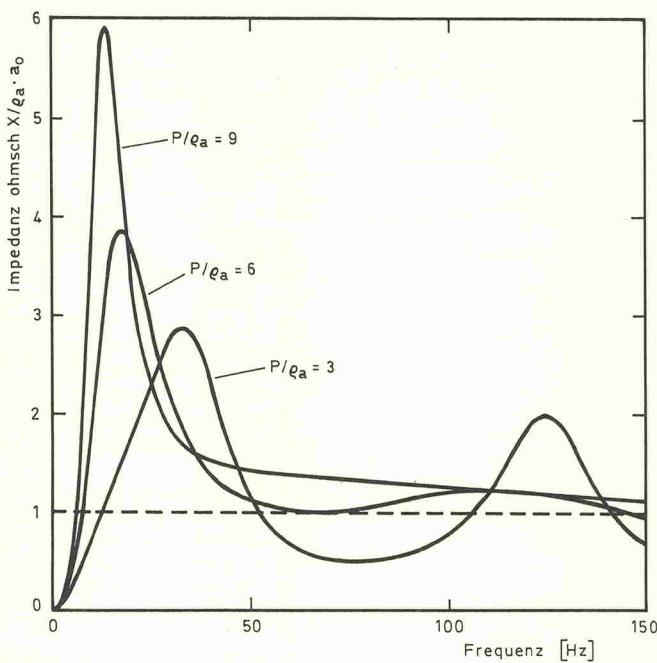


Bild 9. Reeller Anteil des Strahlungswiderstands (Wolle).

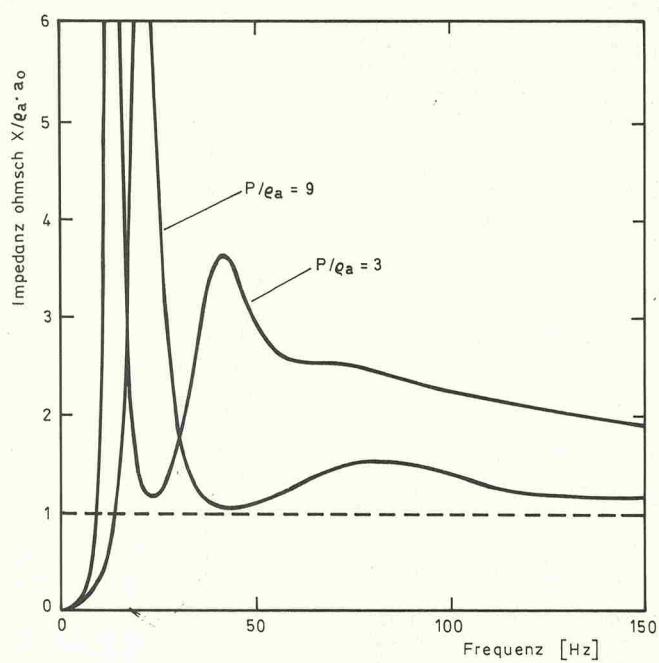


Bild 11. Reeller Anteil des Strahlungswiderstands (Glaswolle).

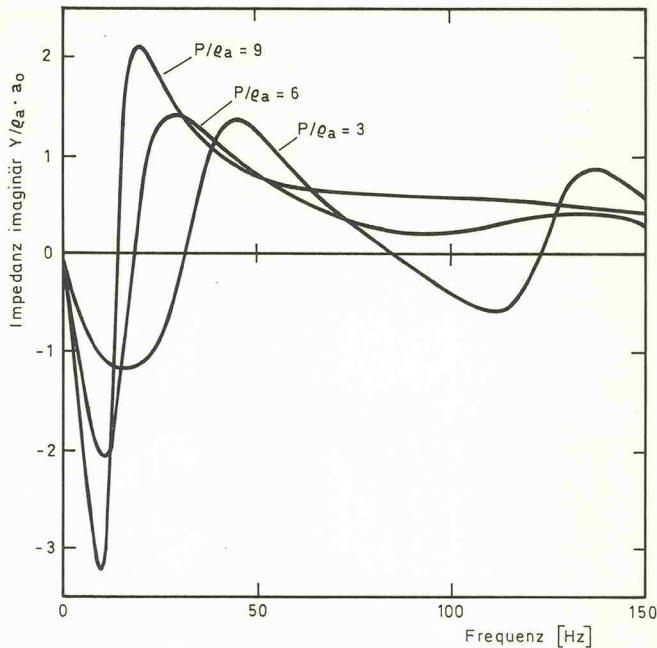


Bild 10. Imaginärer Anteil des Strahlungswiderstands (Wolle).

Als Kontrast zu den Ergebnissen mit Wollefüllung zeigen die Abbildungen 11 und 12 die realen und imaginären Anteile der Impedanz, wenn die Röhre mit Glasfasern gefüllt wird. Die Kurven zeigen deutlich, daß Glasfaserwatte ein weit weniger geeigneter Stoff ist als Wolle, weil die reale Impedanz viel höher ist als die von Wollefasern, und die Werte ändern sich gera-

de im Bereich von 50 Hz bemerkenswert. In ähnlicher Weise geht die imaginäre Impedanz nicht so schnell gegen Null wie bei Wolle, und die Werte schwanken deutlich im Bereich unterhalb von 50 Hz. Man kann bei dieser Art der Impedanzänderung nicht erwarten, daß ein Lautsprechergehäuse damit ein befriedigendes Tieftonverhalten zeigt.

Abschließend gibt es kaum Zweifel daran, daß Vorzüge und Nachteile verschiedener Fasermaterialien theoretisch überprüft werden können, wenn Faserdurchmesser und spezifisches Gewicht bekannt sind. Dieser Weg ist ein gut billiger als ausgedehnte experimentelle Versuche. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, daß die Berechnungen für einen bestimmten Gehäusetyp erweitert werden können, wenn die Impedanzen des Treiberlautsprechers berücksichtigt werden. Der Vorzug dieses Verfah-

renges eingenommen wird, ist sehr klein, ebenso wie die Amplitude der Schallwellen. Für Luft haben wir die übliche Kontinuitätsgleichung für den Massenfluß

$$\rho_a \frac{\partial u'_a}{\partial x} + \frac{\partial \rho'_a}{\partial t} = 0 \quad (10)$$

Darin sind  $u'_a$  und  $\rho'_a$  entsprechend die Geschwindigkeit und die Flußdichte der Luft.  $\rho_a$  ist die Dichte der ungestörten Luft.

Die Momentan-Gleichung für Luft ist

$$\rho_a \frac{\partial u'_a}{\partial t} = - \frac{\partial p'}{\partial x} - \lambda (u'_a - u'_f) \quad (11)$$

ren liegt darin, die unvermeidlichen Versuchsreihen bei der Lautsprecherentwicklung schneller und gezielter auf Entscheidungen über das Dämmmaterial und die Packungsdichte zu bringen, die wahrscheinlich gute Resultate bringen werden.

Es sollten weiter keine großen Schwierigkeiten erwartet werden, wenn zum Beispiel der Einfluß von Fasermaterial auf das Verhalten eines Helmholtz-Resonators oder Hornlautsprechers untersucht wird.

#### Appendix A

Gleichungen für die Bewegung von Schallwellen in Faserwatte

Es gelten folgende Annahmen: Der Raum, der von den Fasern

Darin ist  $p'$  die Fluktuation im Luftdruck,  $u'_f$  ist die Fasergeschwindigkeit, und  $\lambda$  ist der Druckunterschied, der durch den aerodynamischen Strömungswiderstand durch die Fasern für eine Einheit der Luftgeschwindigkeit verursacht wird. Es wird angenommen, daß die Druckänderungen adiabatisch erfolgen, so daß gilt:

$$\frac{p'}{\rho'_a} = a_0^2 \quad (12)$$

Darin ist  $a_0$  die adiabatische Schallgeschwindigkeit.

Die Momentan-Gleichung für die Fasern ist einfach

$$P \frac{\partial u'_f}{\partial t} = \lambda (u'_a - u'_f) \quad (13)$$

## Dämpfungsmaterial

# KLANG FARBE bekennen!

### Das aktuelle Angebot

- Transparenzes Lautsprecher-Kabel
- extrem flexibler, feinsträhnig
- Litzenaufbau
- oxygenfreies, reines Elektrolytkupfer
- cadmiumfreie PVC-Isolierung, transparent
- 2x 0,75 qmm ..... DM 0,90/mtr.
- 2x 1,5 qmm ..... DM 1,75/mtr.
- 2x 2,5 qmm ..... DM 2,25/mtr.
- 2x 4,0 qmm ..... DM 3,10/mtr.
- 2x 6,0 qmm ..... DM 4,95/mtr.
- 2x10,0 qmm ..... DM 7,95/mtr.
- RG 214 Referenzkabel  
"Stereoplay" ..... DM 9,05/mtr.

### Unsere Testsiegerparade:

**VISATON  
CELESTION  
AUDAX**

**SELBSTBAU  
LAUTSPRECHER**

**SCHAPPACH**  
*electronic*

S6, 37-38 · 6800 MANNHEIM 1  
Tel. 0621/1 41 43

**Das nächste  
Boxenheft**  
**elaid**  
**EXTRA 8**  
erscheint im Herbst

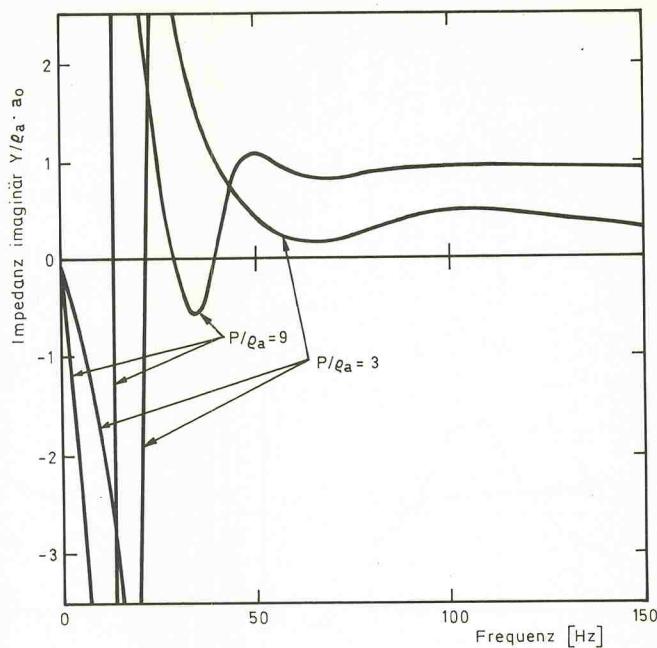


Bild 12. Imaginärer Anteil des Strahlungswiderstands (Glaswelle).

Darin ist  $P$  die Packungsdichte des Fasermaterials.

Uns interessiert hier nur die Ausbreitung einfacher harmonischer Wellen, so daß wir schreiben können:

$$u'_a = U_a(s)e^{-i\omega t}$$

$$u'_f = U_f(x)e^{-i\omega t}$$

Gleiches gilt für Druck und Dichtefluktuation. Wenn diese Ausdrücke in die Gleichungen (10) bis (13) eingesetzt werden, können wir die Gleichungen lösen und erhalten die Ergebnisse, die im Hauptteil als Gleichungen (2) bis (5) wiedergegeben sind.

### Literatur

- [1] J. R. Ashley and T. A. Saponas, "Wisdom and Witchcraft of Old Wives' Tales About Woofer Baffles", *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 18, pp. 524-529 (Oct. 1970).
- [2] R. H. Small, "Closed-Box Loudspeaker Systems, Pt. I: Analysis", *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 20, pp. 798-808 (Dec. 1972).
- [3] A. R. Bailey, "Non-resonant Loudspeaker Enclosure", *Wireless World* (Oct. 1965).
- [4] A. R. Bailey, "The Transmission-Line Loudspeaker Enclosure", *Wireless World* (May 1972).
- [5] C. Zwicker and C. W. Kosten, *Sound Absorbing Materials* (Elsevier, Amsterdam).
- [6] R. A. Dobbins and S. Temkin, "Propagation of Sound in a Gas-Particle Mixture", *AIAA J.*, vol. 5, no. 12 (1967).
- [7] R. H. Nichols, "Flow Resistance Characteristics of Fibrous Acoustical Materials", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 19, no. 5 (1947).
- [8] R. A. Taub, "Fibre-Tangle Interaction with an Airflow", *J. Fluid Mech.*, vol. 27, pt. 3 (1967).
- [9] Z. Esmail-Begui and T. K. Naylor, "Measurements of the Propagation of Sound in Fibreglass", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 25, no. 1 (1953).

## WO SITZT DIE FLÖTE?\*

Manche Lautsprecher - sogar Testsieger - lehren die Musiker Laufen.

Sie spielen mal links mal rechts. Keiner weiß wo.

TDL-Lautsprecher klingen nicht nur natürlich, sie bilden auch den

Raum ab. Dreidimensional, stabil, definiert.

**TDL**  
ELECTRONICS

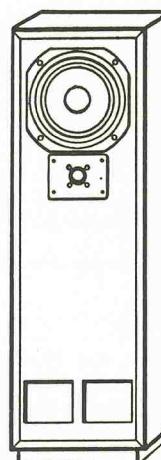
Klanglich immer am Original

TDL-VERTRIEB A. OBERHAGE

PF. 1562 - PERCHA STR. 11a - D-8130 STARNBERG - T. 08151-14321

Katalog + Händlerschweis (BRD, Berlin, Österr., CH) DM 5,-

\* Beispiel: Flautino-Konzert, Highlight's CD4 Die Flöte sitzt halb links, vor dem Orchester!



TDL-Kit TL 2

Preis DM 670,-  
(unverb. Preis pro Paar)

**ACR**  
LAUTSPRECHERSYSTEME

Wir liefern das gesamte ACR-Programm  
sofort ab Lager

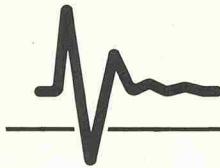
Selbst 6 Jahren das führende Fachgeschäft  
für hochwertige Lautsprecherbausätze  
in der Region Saarland - Lothringen - Luxemburg

Wir führen außerdem  
Audax, Seas, Focal, Celestion,  
Electro-Voice, KEF

**Saarbrücken**

Nauwieser Str. 22 · 6600 Saarbrücken 3 · Tel. (06 81) 39 88 34

Hifi-  
Lautsprecher  
Bausätze  
Zubehör  
Auto-Lautsprecher  
Audio-Komponenten



**klangbau**

Breite Straße 23  
4800 Bielefeld 1  
Tel. 0521-64640

Lautsprecher

FOCAL ETON DYN AUDIO

LAUTSPRECHER-TEUFEL SEAS

KLANGBAU AUDAX TDL

CORONA CORAL MOREL

Audio-Komponenten

SCHÄFER & ROMPF SANSUI

ELITE ROCK · EXCALIBUR

ACOUSTIC-RESEARCH PROTON

REGA-PLANAR · SAC-MEDIATORE

\* vorführbereit

# Exponential boxen



**38,-**

Konstruktionszeichnungen vieler bekannter professioneller  
Exponentialboxen für Bühne & Discothek.

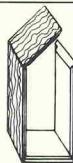
Mit direkt vergleichbaren Messungen, wie Frequenzgang,  
Klirrfaktor, 3D Waterfall, Impedanz, Phase, Nyquist etc.

Das Buch im Format A4 hat 64 Seiten.

Bestellungen gehen an:

**MUSIK PRODUKTIV**

Gildestraße 60 - D-4530 Ibbenbüren - Tel.: 05451/5001-0



**Selbstbauboxen - Video-Möbel**  
VIDEO  
HADOS®  
D-7520 BRUCHSAL  
Tel. 0 72 51-723-0

Komplette Videotheken-Einrichtungen • Compact-Disc Präsentation + Lagerung  
Stützpunkt händler in der gesamten BRD gesucht

**Lautsprecherbausätze sehen und hören**



**hi-fi LADEN**  
AUGSBURG

Engelbert Engel  
Schülerstraße 3  
8900 Augsburg  
Tel. 08 21/421133

## Das SEAS Master-Sound-Programm



### MS Micro

Ein gelungenes 2-Wege-Konzept mit erstaunlicher Baßwiedergabe in nur 61-Baßreflex-Gehäuse. Durch zusätzliche abgeschrägte Kanten eine hervorragende Räumlichkeit.

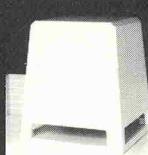
**185,-**  
Bausatz komplett  
Gehäuse, MDF roh,  
fertig aufgebaut  
dto., weiß oder  
schwarz lackiert



### Seas MS 5

Sehr dynamisch und lebendig im Klang präsentiert sich der 3-Wege-Bausatz MS 5. Der Baßlautsprecher WA 252 D mit dynamischer Dämpfung plus der völlig neuartigen Symmetrereflektoren-Abschirmung bilden das kraftvolle Fundament dieser 1 Meter hohen Standbox. Der Klangcharakter ist spritzig und lebendig mit sehr dynamischer Baßwiedergabe und hoher Detailauflösung.

**498,-**  
Bausatz komplett  
Gehäuse, MDF roh,  
fertig aufgebaut  
dto., weiß, schwarz  
oder bordeaux lackiert



### Seas Macro

Der passende Mono-Subwoofer zum Micro mit doppelter Schwingungstechnik für kompromissloses Tieftief.

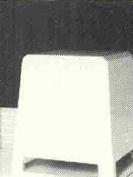
**388,-**  
Bausatz komplett  
Gehäuse, MDF roh,  
fertig aufgebaut  
dto., weiß oder  
schwarz lackiert



### Seas MS 3

Gut durchdachte 2-Wege-Lösung im Baßreflexgehäuse. Perfekte Auflösung durch die neue SEAS Softmetall-Kalotte. Das Testurteil der KLANG + TON, Heft 10-11/87: Note „sehr gut“.

**279,-**  
Bausatz komplett  
Gehäuse, MDF roh,  
fertig aufgebaut  
dto., weiß oder  
schwarz lackiert



### MS 3 SUB

Bei Bedarf: der passende Passiv-Mono-Subwoofer mit 330 mm Ø Tieftöner in Doppelschwingspule-Technik.

**648,-**  
Bausatz komplett  
Gehäuse, MDF roh,  
fertig aufgebaut  
dto., weiß oder  
schwarz lackiert

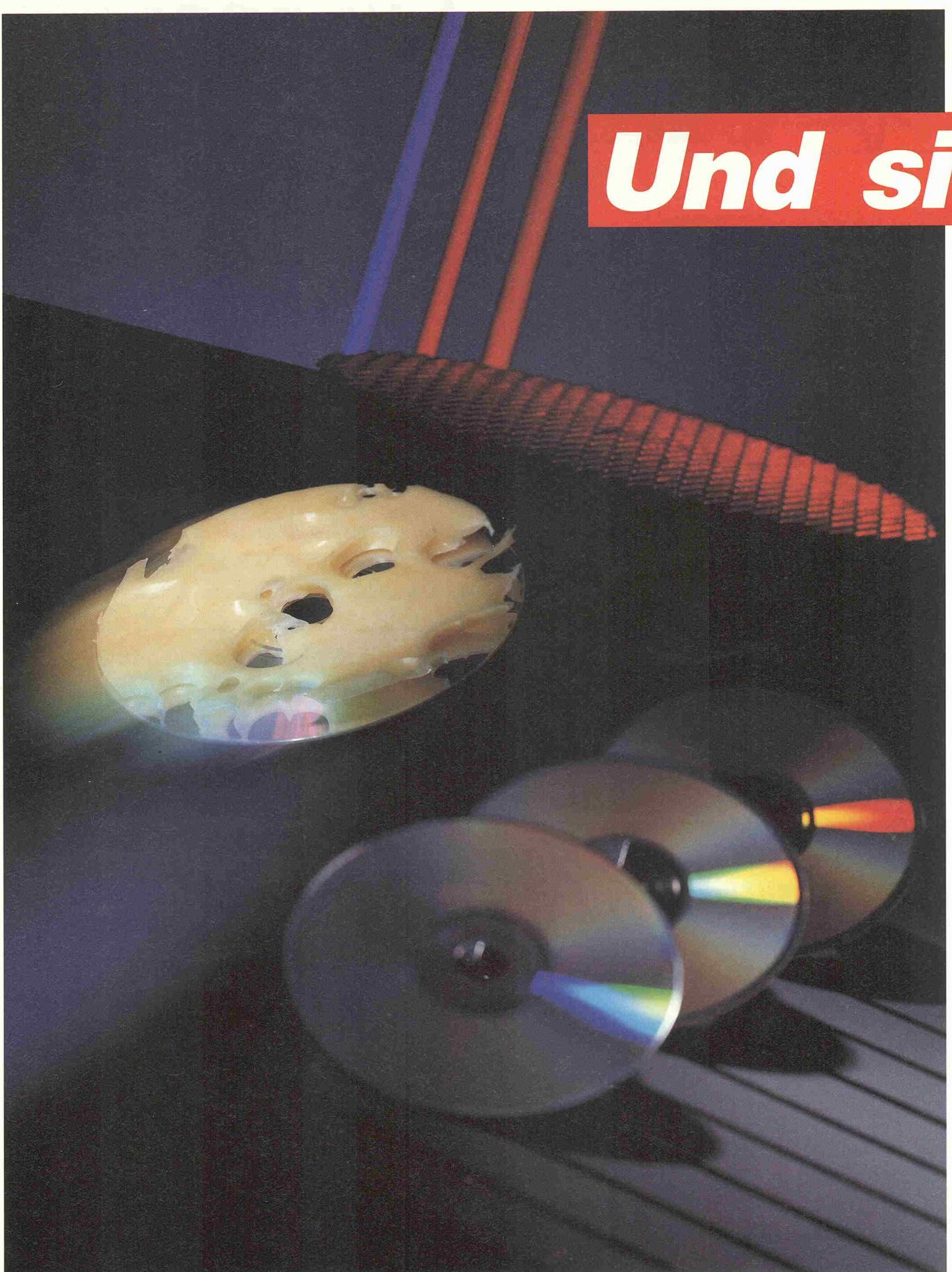
Mo-Fr 10-13 u. 14-18 h



**hifisound** 4400 Münster · 0251/47828  
lautsprechervertrieb Jüdefelderstraße 35 und 52

Sa 10-13 h

**Und sie**



# dreht sich doch

**G. Gregor**

Und wie sie sich dreht, die Compact Disc. Obwohl es sich nachgewiesenermaßen nur um eine Scheibe handelt. Aber, seien wir froh drum, so wird es wenigstens kein päpstliches Verdict darob geben, daß sie sich nämlich doch nicht dreht!

Jedenfalls weiß so ziemlich jeder, daß bei der Namensnennung 'CD' heutiger Tage kaum noch eine Seifenmarke gemeint sein kann, sondern das kleine silberne Scheibchen. Und schließlich heißt es nicht umsonst: 'An meine Ohren kommt nur Wasser und CD'. Oder wie war das doch gleich?

Der menschliche Drang nach Perfektion strebt jedoch weiter, und warum sollte nicht auch aus der CD nochmehr heraus zu holen sein, als drin steckt. Die Entwicklung der CD-Player reicht nun bereits hin zu Geräten mit 18-Bit-Prozessoren und Vierfach-Oversampling, Wandler werden verbessert etc. etc. Neben diesem Bereich der echten technischen Innovationen gibt es jedoch andere Entwicklungen, die für Techniker in erster Näherung einen stark mystischen Eindruck haben. So werden bereits seit geraumer Zeit Gummimatten mit Bleieinlage angeboten, die auf die CD gelegt, den Klang verbessern sollen. Ob sich dieser Versuch, die Leistung einer CD zu verbessern, wesentlich davon unterscheidet z.B. eine vorher gut angewärmte Käsescheibe auf die CD zu legen, soll hier untersucht werden.

HiFi-Boxen selbstgemacht 7

Wie ist nun eigentlich die Information auf der CD gespeichert? Daß die CD von einem Laser abgetastet wird, dürfte weithin bekannt sein. Der Datenstrom ist durch sogenannte Pits, kleine Erhebungen bzw. Absenkungen auf der CD durch einen photochemischen Prozeß fixiert. Dieser Datenstrom ist seriell, d.h.: Die digitale Information — also jedes Datenwort — kann auf der CD zwar sozusagen parallel gespeichert, aber nur hintereinander also seriell auf die CD geschrieben und wieder ausgelesen werden. Das Datenformat besteht nun nicht nur aus der 16-Bit-Information für das Ton/Musiksignal, sondern insgesamt aus 32 Bit! In diesen Zusatzbits sind Informationen für das Tracking (also die Führung des Lasers) enthalten. Außerdem findet sich hier auch der sogenannte Subcode, in dem Informationen, wie Time-Code, Tracklänge etc. enthalten sind. Besonders wichtig sind jedoch zusätzliche Informationen, die der Error-Correction dienen. Und bei Fehlern auf digitaler Ebene sollen nun auch die CD-Matten helfen. Die Idee dieser Matten ist es schlichtweg, minimale Auf- und Abwärtsbewegungen der CD zu dämpfen. Wenn diese Bewegungen so groß werden, daß der Laser die digitale Information nicht mehr richtig auslesen kann, werden Fehler erkannt.

Während sich bei analogen Systemen 'Abtast'-Fehler durch Drop-Outs, Klieren, Höhenabfall oder auch Rauschen bemerkbar machen — das eigentliche Signal jedoch immer noch mehr oder weniger korrekt erhalten bleibt — verhält es sich bei digitalen Systemen grundsätzlich anders (Bild 1). Hier sieht man eine Hälfte einer mit 4-Bit gesampelten Dreieckschwingung (16 mögliche Lautstärkestufen). Im fünften Sample (Wort) taucht hier ein Fehler

auf. Anstatt auf den eigentlichen Wert 0101 anzusteigen, ist das dritte Bit (logische 1) zu einer Null geworden, so daß sich der Wert 0001 und damit der entsprechende Spannungsverlauf ergibt. Der gestrichelte Verlauf zeigt den Sollwert, der durchgezogene den tatsächlichen Istwert. Hieraus würde sich ein scharfer Knack von nicht zu überhörender Schärfe ergeben. Wie arbeitet nun die digitale Error-Correction?

Diese Frage vollständig zu beantworten, würde den Umfang dieses Heftes sprengen; der Sachverhalt ist außergewöhnlich komplex und statistikhaftig. Nicht zuletzt geht ein großer Teil der Zusatzbits dafür drauf, die Error-Correction mit Daten zu versorgen. So soll hier nur an Hand eines kleinen Beispiels gezeigt werden, wie man den digitalen Daten wieder auf die Sprünge helfen kann. Jedes Datenwort wird ein Paritybit zugefügt. Hierbei werden die logischen 'Einsen' gezählt und festgestellt, ob ihre Anzahl gerade oder ungerade ist. Ist sie ungerade, wird das Paritybit gesetzt, andernfalls nicht. Sollte sich beim Auslesen, wie in Bild 1 gesehen, ein Bit ändern,

kann dies nun durch Vergleich mit dem Paritybit festgestellt werden. Natürlich kann man so nicht feststellen, wo der Fehler aufgetaucht ist. Tatsächlich werden dem Signal mehrere Paritybits zugefügt, die durch horizontales und vertikales Setzen der Bytes in eine Rechenmatrix den Fehlern auf die Spur kommen.

Der in der CD verwendete Error-Correction-Code heißt: Cross-Interleaved Reed-Solomon Code. Interleaving bedeutet soviel wie Verschachteln. Und so werden die einzelnen Bytes zeitlich nicht nacheinander aufgezeichnet, sondern in einem speziellen Verschachtelungsformat auf die CD gespielt, wobei die Bytes hinterher durch Verzögerungsleitungen wieder in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Durch diese Verschachtelung wird erreicht, daß ein plötzlich auftretender Datenverlust einen Bereich nicht total unlesbar macht, sondern daß die Fehler auf verschiedene Bytes verteilt werden, die durch den Parity-Bit-Vergleich wieder korrigiert werden können. Praktisch werden dadurch fol-

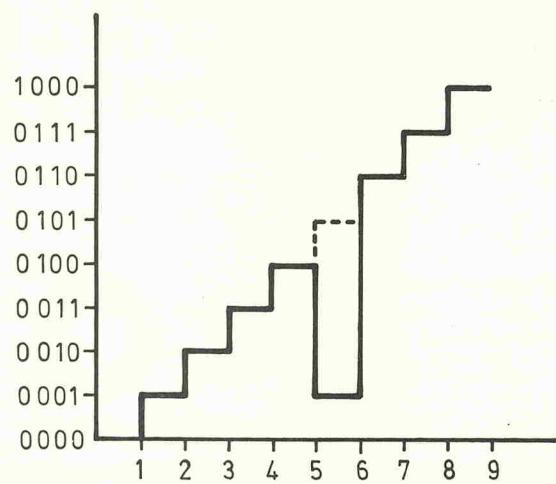
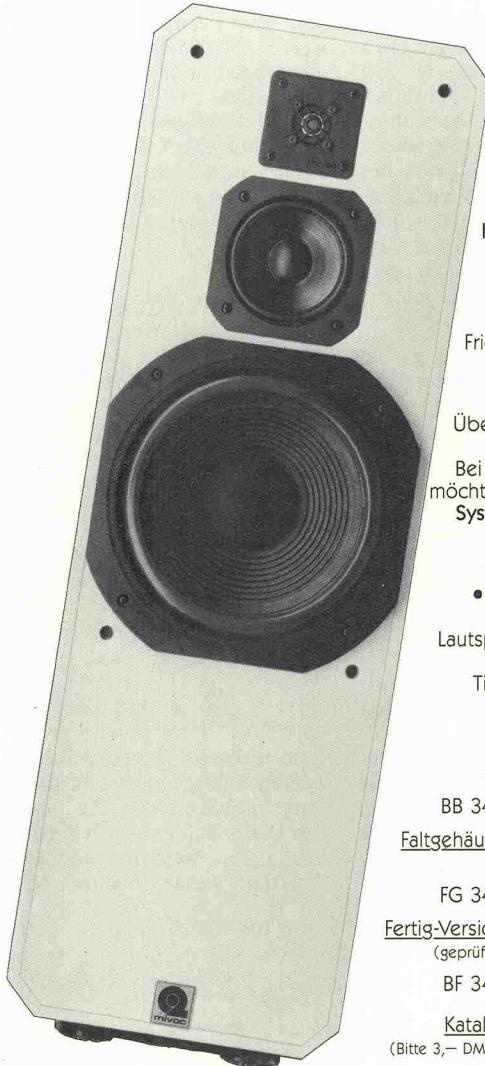


Bild 1. Fehlerkorrektur der simpelsten (und nicht hörbaren) Art.

# MIVOC – eine Bereicherung für Frankfurt.



Heben Sie  
mit uns ab.  
Wir laden Sie  
herzlich zu unserer  
Neueröffnung  
am 30. 4. 88  
in Frankfurt ein.

Friedberger-Landstr. 1  
(Zoopassage)

Eine kleine  
Überraschung wird auf  
Sie warten.  
Bei dieser Gelegenheit  
möchten wir unser neues  
System 340 vorstellen:

- 200/130 Watt
- 3-Wege-Baßreflex
- schlanke Standbox
- optimale  
Lautsprecher-Anordnung
- schnelle  
Titan-Hochtonkalotte
- 25-40000 Hz

System Bausatz  
(alle erforderlichen Teile)

BB 340 305,- DM

Faltgehäuse (weiß/schwarz)  
(vollständig bearbeitet)

FG 340 220,- DM

Fertig-Version (weiß/schwarz)  
(geprüfte & anschlußfertige Box)

BF 340 640,- DM

Katalog anfordern

(Bitte 3,- DM in Briefmarken beilegen)

DIREKTVERSAND & HÖR- UND VERKAUFSSTUDIO:  
5650 Solingen 1 · Konrad-Adenauer-Str. 11 · Tel. 0212/16014  
Weitere Hör- und Verkaufsstudios:  
4600 Dortmund 1 · Hamburger Str. 67 · Tel. 0231/598417  
7000 Stuttgart 1 · Theodor-Heuss-Str. 20 · Tel. 0711/294586  
6000 Frankfurt 1 · Friedberger-Landstr. 1  
Österreich: TARGET · Tel. 05522/21529  
Schweiz: HOBBYTRONIC · Tel. 034/231500



## CD-Fehlerkorrektur

gende Korrekturmöglichkeiten erreicht: Es können Fehler bis zu 4000 Bits korrigiert werden. Dies entspricht einem Aussetzen der Information von 2,5 mm Länge. Diese Bits können tatsächlich fehlerfrei, also 100-prozentig wieder rekonstruiert werden. Weiterhin können Datenverluste bis zu 12304 Bits durch verschiedene Verdeckungsmethoden annähernd korrigiert werden.

zwei bis drei nicht korrigierbare Fehler pro Minute ausmachen. Eine solche Häufigkeit als klanglichen Mangel auszumachen ist gehörpsychologisch unmöglich. Tatsächlich ist die Fehlerhäufigkeit des E 32 weit aus geringer. So liegt die Häufigkeit des E32 auf einem Philips-Player mit einer herkömmlichen CD (gemessen mit dem amerikanischen OCSI - Computer) zwischen 0 und 5 Fehlern pro CD. Messungen mit anderen Computern ergaben ähnliche Ergebnisse. Messungen der von Teldec mit ihrem DMM-Verfahren hergestellten CDs ergeben jedoch weitaus höhere Werte (116 mit Sony Player, 115 mit Philips Player). Sicherlich liegt dies nicht an der minderen Qualität der CD-Spieler, sondern an dem anderen Herstellungsverfahren der CDs. Wie sich die seit kurzem auf den Markt geworfenen Billig-Player verhalten, ist bisher nicht untersucht worden. Jedoch gehört in einen Player nicht nur gute, wenn auch inzwischen preiswerte Electronic, sondern auch vernünftig aufgebaute Mechanik.

Ob deshalb die Kombination: Billig Player plus CD Matte unbedingt auf die Dauer die preisgünstigste ist, darf zumindest bezweifelt werden. Wahrscheinlich würde es der so gequälten CD lieber sein, mit einer Scheibe Käse in den Toaster geschoben zu werden. Wir empfehlen dabei Edamer oder Emmenthaler wegen des höheren spezifischen Gewichtes und dem größeren Bleigehalt. Na denn, guten Ohrenschmaus.

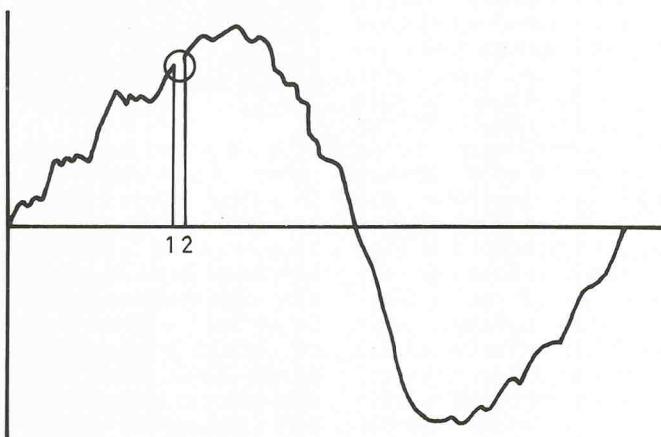


Bild 2. Durch einfache Mittelwertbildung kann auch dieser Fehler verdeckt werden.

# SOUNDWARE

Sound/Technik/Styling

**AUDAX**  
**SIARE**

## HiFi— Auto—Lautsprecher Bausätze

Proraum Vertriebs GmbH  
4970 Bad Oeynhausen 1  
Postfach 101003  
Tel. 05221/3061  
Telex 9724842

Alleinvertrieb Deutschland  
Lieferung sofort ab Lager  
24-Std.-Tel.-Service  
Unterlagen: DM 5,- Schein/Briefmarken



Pro 21 TPX

Alles für den Lautsprecherselbstbau

**DIE LAUTSPRECHERBOX**

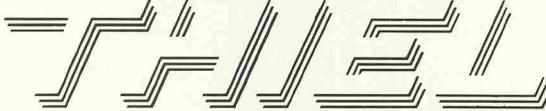
„DIE SPEZIALISTEN“  
RUND UM DEN  
LAUTSPRECHER

IHR OHR KLANGENTSCHEIDUNG

Mo—Fr 10—18 Uhr, Sa 10—13 Uhr

Seas  
Visaton  
Audax • Peerless  
Sipe • Magnat • TDL  
Beyma • WHD • u.v.a.  
(kein Versand)

8500 Nürnberg, Pillenreuther Str. 55, Tel. 0911/44 7719



Hochtechnologielautsprecher  
**concave ceramic**

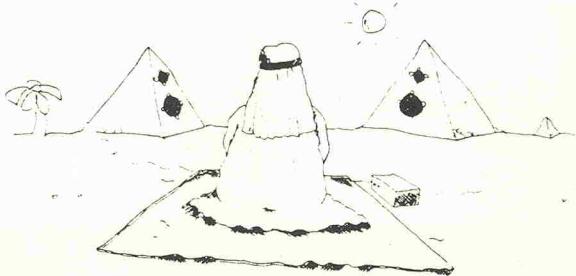
Prospekt anfordern:  
**Thiel GmbH, 6650 Homburg**  
**Dürerstr.11, Tel. 06841-74608**

## IEM Boxendesign

Entwerfen Sie Ihre Boxen selbst!

Wir bieten ein umfangreiches Programm an preiswerten Qualitätsbausätzen. Unser Angebot reicht vom kompakten Autolautsprecher bis zur 300 Watt Box. Darüber hinaus führen wir auch Boxen in Subwoofer- und Bassreflextechnik. Sämtliche Boxen sind für CD Technik geeignet, wurden in akustischen Labors entwickelt und im Vergleich mit Spaltenboxen getestet. Für die Montage der IEM Bausätze sind weder technische Kenntnisse noch spezielles Werkzeug notwendig. Bei IEM Boxen werden die Lautsprechersysteme mit speziellen Steckverbindungen an die fertig verdrahtete Frequenzweiche angeschlossen. Umständliches Löten entfällt. Wenn Sie mehr erfahren wollen schicken wir Ihnen gerne unser kostenloses und unverbindliches Informationsmaterial.

IEM Industrie Elektronik GmbH,  
Postfach 40, 8901 Welden, Tel. 08293/19 79



**Traumnote  
sehr gut –  
und das im  
Eigenbau?**

**Testurteil:**  
Zitat aus stereoplay 11/86

Klang/Preis-  
Verhältnis: **gut bis  
sehr gut**

Rang und  
Name: **Obere  
Mittelklasse II**

**ARIUS III**

**Mehr Info-  
Material beim  
Fachhandel oder  
direkt von WHD  
z. B. unsere  
Broschüre „Laut-  
sprecher selber  
bauen“ mit vielen  
Bauvorschlägen!**



Foto © stereoplay

Ich möchte mehr wissen über die neue audio-akustik von whd

Meine Anschrift: \_\_\_\_\_

W. Huber & Söhne GmbH + Co KG, Bismarckstraße 19, D-7212 Deißlingen a.N.





# Schwarze Zwerge

Polnisches  
Tanz  
Theater  
Poznan

*Für die kleinste von Seas*

*mußte unser Fotograf ganz schön*

*hoch hinaus – damit*

*Design und Perspektive stimmen.*



### Die Daten

Prinzip	2-Weg Baßreflex
Belastbarkeit	60 Watt Sinus 100 Watt Musik
Wirkungsgrad	86 dB
Impedanz	8 Ohm
Übernahmefrequenz	6,5 kHz
Volumen	5 Ltr
Entwicklung	Heinz Schmitt/ Intertechnik

Wer die 'High-End'-Szene in den letzten Jahren beobachtet hat, wird sich vielleicht über das vermehrte Erscheinen von Klein- und Kleinstboxen gewundert haben. So mancher hat auch (je nach Temperament) geschmunzelt oder gelacht, wenn er auf einer High-End-Ausstellung sah, wie Verstärker, die fünfstellige Preise haben, mit solch kleinen Lautsprechern vorgeführt wurden. Hier seien doch wohl verschrobene Spinner am Werk, hieß es dann sehr schnell. Vorschnell, wie sich noch herausstellen wird.

Gerade kleine Zweiwegboxen haben einige unüberhörbare Vorteile zu bieten. An erster Stelle ist da die räumliche Nähe der beiden Lautsprecherchassis zu nennen, was dem Ideal der punktförmigen Schallquelle sehr nahe kommt. Zweitens lassen sich die kleinen Flächen der Gehäusewände deutlich weniger zu unerwünschten Schwingungen anregen, als das bei großen Boxen der Fall ist. Drittens besitzen Zweiwegsysteme unabhängig von ihrer Größe den grundsätzlichen Vorteil, nur eine Übernahmefre-

### Die Teile

<b>Weiche</b>	
L1	1,5 mH/Luft; Cu 1mm
L2	0,27 mH/Luft; Cu 0,60 mm
C1	3,3 $\mu$ F/Folie MKT; 100 V
C2	2,2 $\mu$ F/Folie MKP; 250 V
R1	1 Ohm/5 Watt
<b>Chassis</b>	
W111	
K21F	
<b>Holz</b>	
13 mm Spannplatte	
Teil 1	Schallwand 120 x 225
Teil 2	Rückwand 120 x 225
Teil 3	Seitenwand 262 x 223
Teil 4	Seitenwand 262 x 223
Teil 5	Boden 120 x 223
Teil 6	Decke 120 x 223
Teil 7	Zwischenbrett 120 x 150

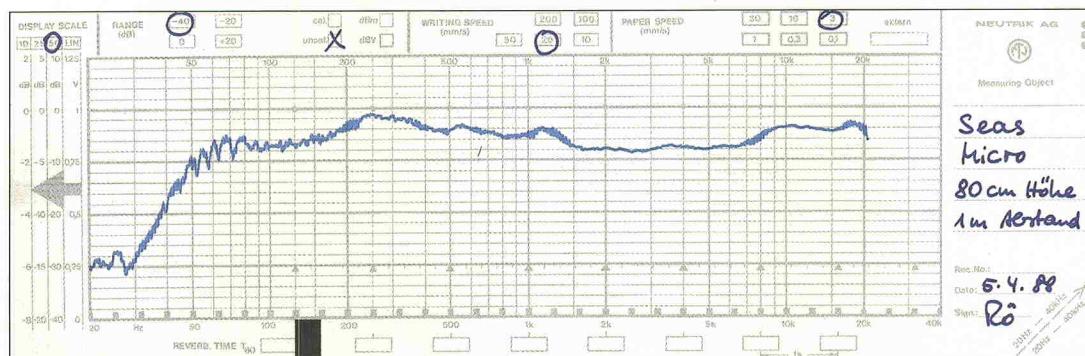
quenz zwischen zwei Lautsprechern zu haben, was im allgemeinen einem besseren Phasengang entgegen kommt. Das alles begünstigt erheblich die räumliche Abbildung des Klanggeschehens. Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Vorteil von Kleinboxen ist deren optische Unauffälligkeit. Die hier vorgestellte Seas Kombination 'Micro AT' darf als extrem hausfrauenfreundlich gelten. Auf der anderen Seite sollen allerdings die Nachteile einer solchen Kleinbox nicht verschwiegen werden. Rockkonzerte in Originallautstärke oder das subsonische Donnern der 32-Fuß-Pfeife einer großen Domorgel dürfen nicht erwartet werden. Doch ehrliche 60 Hertz sind bei der hier beschriebenen 'Micro AT' schon möglich. 11 cm kleine 'Baßpumpen' mit einer Grenzfrequenz von 18 Hertz gibt es nur in den Katalogen von Billig-Versendern — nicht aber in der Realität. Wem also Tiefbaß nicht alles bedeutet und der häusliche Frieden so wichtig

ist wie die Liebe zur Musik, der ist mit einer gut gemachten Kleinbox sicher bestens beraten. Kommen wir aber nun zur Beschreibung der konstruktiven Einzelheiten der 'Micro AT'.

Die Konstruktion dieses besonders kleinen Regallautsprechers bot sich deswegen an, weil in der Seas-Produktpalette einer der wenigen echten Baßlautsprecher im 11 cm Miniaturformat zu finden ist. Diesem Baßchassis mit der Typenbezeichnung 'W111' eilt ein gewisser Ruf voraus, denn durch den Einsatz in Kleinboxen einiger High-End-Hersteller hat es sich bereits einen Namen gemacht. Augenfälligstes Merkmal des Chassis ist der (für einen Lautsprecher dieser Größe) üppig dimensionierte Magnet von fast 10 cm Durchmesser.

Durch die Ventilation des Magnetsystems konnte die Eigenresonanz mit 60 Hz verhältnismäßig niedrig gehalten werden. Eine beschichtete Papiermembran und eine 26 mm Hochtemperatur-Schwingsspule bilden die mit 5,5 Gramm sehr geringe, bewegte Masse. In Verbindung mit dem starken Magneten verspricht das ein sehr gutes Impulsverhalten. Der ausgedehnte Frequenzverlauf bis über 7000 Hz ermöglicht den Übergang zum Hochtöner außerhalb des hörempfindlichen Bereichs. Ein Wunder an Wirkungsgrad ist dieser kleine Baßlautsprecher natürlich nicht. Bei einem mittleren Kennschalldruck von 87 dB verlangt er schon nach einer kräftigen Endstufe ab 50 Watt aufwärts. Die 'Thiele-Small'-Parameter des Chassis machen den Einbau in kleine Baßreflexgehäuse möglich:

Qms = 1,7  
Qes = 0,35  
Qts = 0,28  
Vas = 5,7 Liter



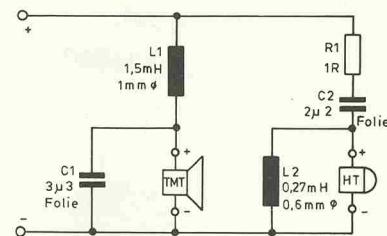
Schalldruck und Tiefbaß sind natürlich nicht so 'dick' da, aber dafür hat die Micro auch nur ein Volumen von 5 Litern.



## Tief-Mitteltöner und Hochtöner

Dem Baßchassis steht eine brandneue Metallkalotte zur Seite, die in diesem Bausatz erstmals zum Einsatz kommt. Die völlig neu konstruierte Hochtontkalotte besitzt eine 19 mm-Membran aus einer resonanzarmen Weichmetall-Legierung, mit einer weichen Aufhängung aus Suproryl und einer Dicke von nur 50 µm. Ein mittlerer Kennschalldruck von 88 dB macht diesen Hochtöner zum idealen Partner des verwendeten

Baßchassis. Das Ferrofluid im Lufts-  
spalt des Magnetsystems trägt mit zur  
recht hohen Nennbelastbarkeit von 80  
Watt (5000 Hz ; 12 dB/Okt.) bei und  
bedämpft die Resonanzüberhöhung  
bei 1700 Hz. Weitere Besonderheiten  
des Hochtöners sind die hornartige  
Schallführung mit Schutzzitter und  
Phasenkorrektur sowie ein ventiliert  
Schwingspulenträger aus Aluminium,  
der Resonanzerscheinungen hinter der  
Membran vermindert.

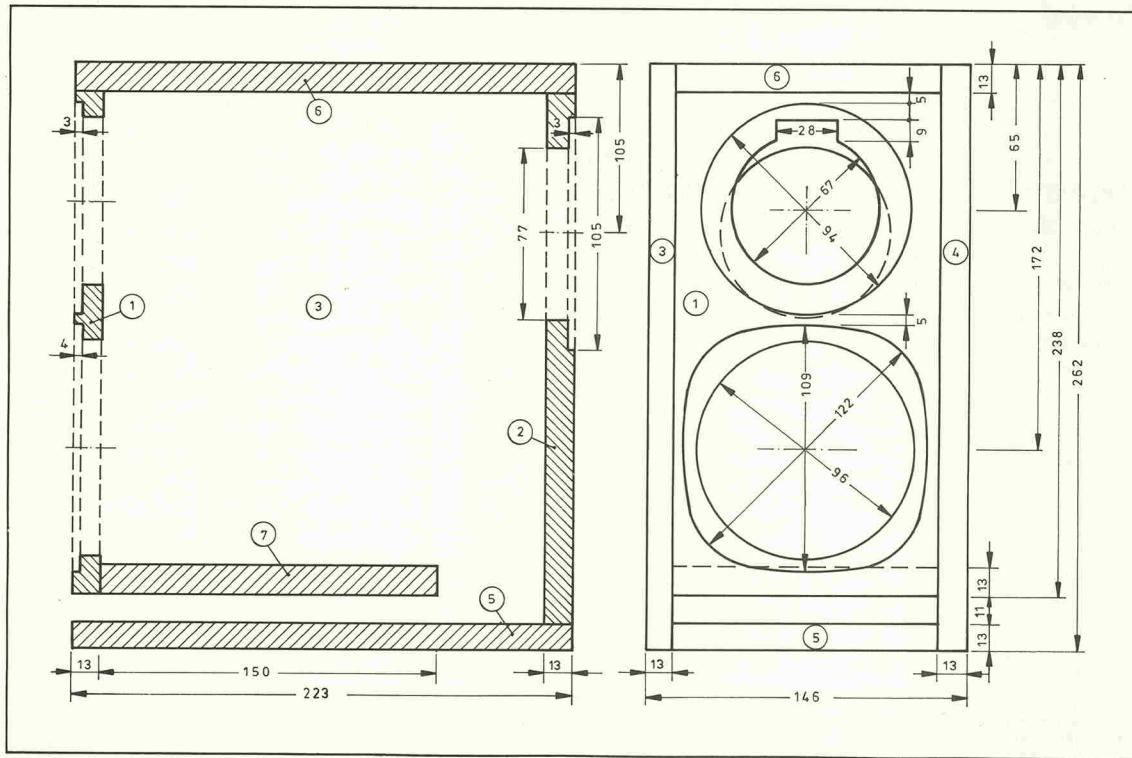


Die 12 dB-Weiche zeichnet sich besonders durch ihre schlichte 'Eleganz' aus.

**D**a die beiden Lautsprecher im Frequenz- und Phasengang sehr gut zueinander passen, konnte die Frequenzweiche recht einfach gehalten werden. Auf Impedanzkorrekturen wurde verzichtet, weil sie sich im vorliegenden Fall mit einer Verschlechterung des Wirkungsgrads und des Impulsverhaltens bemerkbar machen würden. Die Schaltung ist in vielen Meßreihen und Hörsitzungen auf tonale Ausgewogenheit und plastische Abbildung hin optimiert worden. Dabei kamen zwei Filter 2. Ordnung heraus, bei denen die Lautsprecher gleichphasig angeschlossen werden. Die Filter sind akustisch ermittelt und lassen sich daher mit Formelbuch und Taschenrechner nicht nachvollziehen. Dem Komplettbausatz liegen die bereits fertig aufgebauten Frequenzweichen bei. Sie sind ausschließlich mit

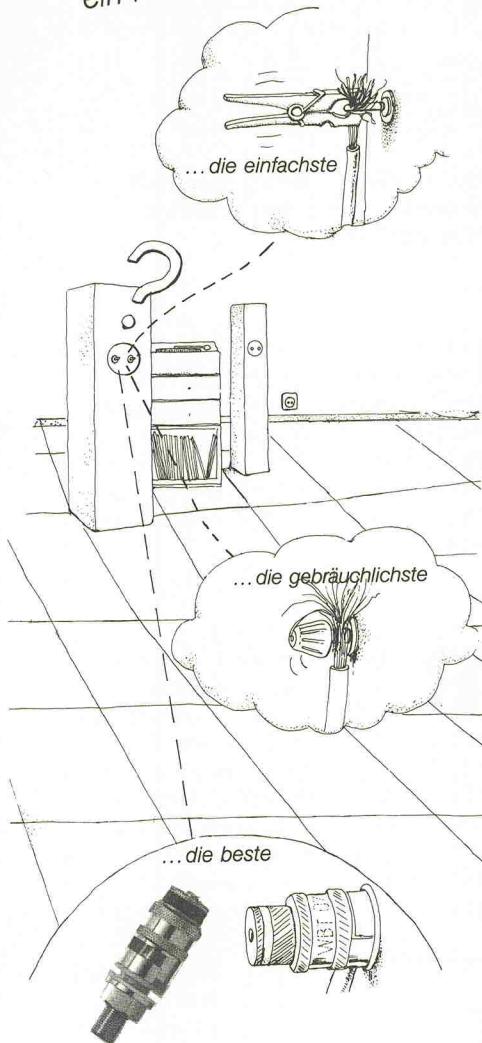
Luftspulen und Folienkondensatoren hoher Qualität bestückt, wobei im Hochtonzweig ein Polypropylenkondensator Verwendung findet. Alle Bauteile müssen eine Toleranz von 5 % oder besser aufweisen. Die Fertigweiche ist mit 5 %-igen-Bauteilen bestückt.

**B**erechnungen und Versuchsreihen mit dem verwendeten Baßchassis führten zu einem optimalen Gehäusevolumen von 5 Litern, mit einer Tuningfrequenz von etwa 55 Hz. Um nichts von den guten Impulseigenschaften des Baßchassis einzubüßen, wurde diese Abstimmung mit Besselcharakteristik gewählt. Da diese kleine Box sicher sehr häufig in



Alle Holzteile  
werden aus  
13 mm-Span-  
platte ge-  
fertigt.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, ein Kabel anzuschließen...



Polklemme WBT-0700

### Produkt-Steckbrief:

- Klemmvorrichtung für alle Bananenstecker
- Quetschvorrichtung für Kabel bis 16 mm<sup>2</sup>
- Direktanschluß für Innenverdrahtung bis 10 mm<sup>2</sup>
- Fertigung aus einem Stück
- „OFC“-Kupferlegierung, 24-Karat hartvergoldet usw.

Ausführliches Informationsmaterial erhalten Sie im Fachhandel oder direkt von WBT.

**WBT** ...  
Technik, die ins Detail geht.

WBT GmbH, D-4300 Essen 1, (02 01) 71 10 72  
Sound Guided, NL-5652 GA Eindhoven, 0 40 / 55 06 96  
high end vertrieb, A-5020 Salzburg, 0 62 / 26 47 15  
SR Trade AG, CH-8050 Zürich, 0 1 / 311 64 44

Regalen und Schrankwänden zwischen Büchern stehen wird, mußte die Reflexöffnung in die Frontwand integriert werden. Der schmale Schlitz, am unteren Ende der Schallwand, trübt aber nicht das harmonische Erscheinungsbild des Lautsprechers. Als Wandstärke des Holzmaterials sind 13 mm vorgesehen. Das ist bei den kleinen Gehäuseabmessungen auch völlig ausreichend, weil hierbei die Gehäusewände weniger stark schwingen. Außerdem haben die beliebten dicken Boxenwände in unserem Fall den Nachteil, daß bei Einbau des kleinen Baßchassis dessen Korböffnungen so stark verengt würden, daß hinter der Membran klangverfälschende Kompressionseffekte auftreten könnten. Diese Tatsache wird bei der Konstruktion von Mini-Lautsprechern immer wieder übersehen. Aber kommen wir nun zum Aufbau des Gehäuses.

Alles was man für den Auf- und Zusammenbau der Gehäuse benötigt sind die üblichen Werkzeuge, die ein geübter Boxenbauer sowieso im Heimwerkerschrank hat. Als Kleinbox hat die 'Micro AT' natürlich noch den Vorteil, daß man sie auch auf dem Küchentisch aufbauen kann. Die Einzelteile entnehmen wir der Stückliste und lassen die Bretter in einem Holz- oder Baumarkt exakt zuschneiden. Für zwei Boxen natürlich die doppelte Menge der aufgeführten Teile.

### Der Lautsprecher 'Micro AT' ist als Regalbox konzipiert und sollte entsprechend aufgestellt werden.

Zuerst übertragen wir die Lautsprecherausschnitte nach Plan auf die Schallwand (Teil 1). Wer eine Oberfräse besitzt, sollte jetzt die äußeren Konturen nach Plan ausfräsen. Beim Hochtöner geht das sehr einfach mit dem Kreisanschlag. Für den Baß macht man sich eine Führungsschablone oder führt die Fräse langsam und vorsichtig freihändig. Jetzt legen Sie die Seitenwand (Teil 3) auf den Arbeitstisch und streichen die Stoßkanten der Teile (1;2;5;6;7) dick mit Leim ein. Drücken Sie die Teile nach Plan auf die Seitenwand (3) und wischen den austretenden Leim mit einem feuchten Tuch ab. Da das Gehäuse an allen

Kanten dicht sein muß, sparen Sie bitte nicht mit Leim. Bis zum Abbinden des Leims, müssen alle Teile mit Schraubzwingen fixiert werden.

Nachdem der Leim trocken ist (Herstellerangaben beachten), wird auf das Ganze die zweite Seitenwand aufgeleimt und nochmals mit Zwingen fixiert. Wenn auch diese Aktion abgeschlossen ist, legen Sie die Box auf die Rückwand und sägen mit einer Stichsäge die Lautsprecheröffnungen aus. Im Ausschnitt des Hochtöners muß jetzt noch die rechteckige Erweiterung für die Anschlußfahnen weggeraspelt werden. Beim Loch in der Rückwand, in das das Anschlußterminal montiert wird, verfahren Sie nach der beschriebenen Weise. Jetzt ist der Rohbau fertig und mit eventuellen Verschönerungsarbeiten kann begonnen werden. Wer nicht über die geeigneten Werkzeuge zum Bau der Box verfügt, kann natürlich bei seinem Händler auch ein fertiges Gehäuse mit paßgenauen Ausschnitten erwerben. Noch ein Tip: Wer seinen selbstgebauten Boxen das elegante Aussehen der Fertiggehäuse verleihen möchte, kann bei einem Schreiner in seiner Nähe die Gehäusekanten abfräsen lassen. Das kostet nach unseren Erfahrungen etwa 10,- DM pro Box. Bevor die Lautsprecher eingesetzt werden, muß das Gehäuse natürlich noch bedämpft werden. Die Bedämpfung ist bei einem Gehäuse dieser Größe nicht kritisch. Der Gehäusehohlräum sollte locker mit langfaseriger Polyesterwatte gefüllt werden.

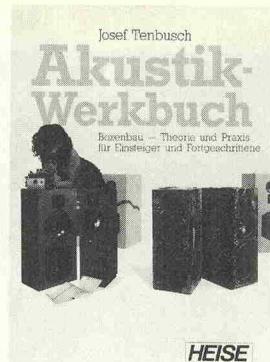
Der Lautsprecher 'Micro AT' ist als Regalbox konzipiert und sollte entsprechend aufgestellt werden. Allerdings können die Boxen auch auf Ständern frei vor einer Wand aufgestellt werden. Achten Sie nur darauf, daß sich die Boxen immer in Ohrhöhe befinden. Man sollte auch immer mehrere Aufstellungen im Raum ausprobieren, bis die optimale Position gefunden ist. Richtig aufgestellt, verblüfft dieser kleine Lautsprecher immer wieder durch eine tonal ausgewogene und sehr räumliche Wiedergabe, mit einer stabilen Abbildung einzelner Instrumente. Die 'Micro AT' hat, trotz ihrer erstaunlichen Tieftonwiedergabe, natürlich nicht das Baßfundament einer ausgewachsenen Standbox. Wer (vor allen Dingen in großen Räumen) eine fundamentalere Baßwiedergabe liebt, sollte den auf die Kombination abgestimmten Subwoofer 'Seas Macro' zusammen mit seiner 'Micro AT' betreiben.

**Heinz Schmitt** □

So geben  
Sie den  
richtigen  
Ton an

**ELEKTRONIK**

Broschur, 152 Seiten  
DM 29,80  
ISBN 3-922705-30-8



HEISE

Boxen-Selbstbau — ein faszinierendes Hobby. Von einem erfahrenen Fachmann werden hier sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Tips für den Selbstbau von Lautsprecher-Boxen vermittelt. Neben zahlreichen Tabellen enthält das Buch auch ausgereifte Konstruktionsvorschläge für unterschiedliche Boxentypen.



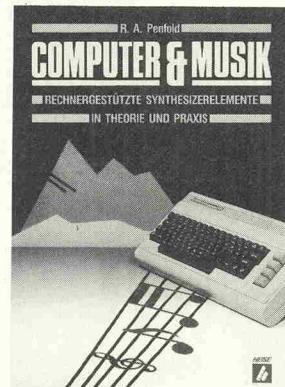
Verlag  
Heinz Heise  
GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61

Im Buch-, Fachhandel oder beim Verlag erhältlich. 30/1.4

**Neuerscheinung**  
Jetzt  
lieferbar!

**E COMPUTER ELEKTRONIK**

Broschur, 108 Seiten  
DM 18,80  
ISBN 3-922705-37-5



Der Homecomputer als Hilfsmittel zur elektronischen Klangsynthese  
— Stichworte Sequenzer, MIDI — Schnittstellen, Soundgeneratoren, Digitalumsetzer, Komander, Mehrkanal-Generatoren. Sämtliche Themen werden leicht nachvollziehbar behandelt. Vorausgesetzt wird etwas Erfahrung in der Programmierung von Computern und im Aufbau einfacher Schaltungen.

Verlag  
Heinz Heise  
GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61

Im Buch-, Fachhandel oder beim Verlag erhältlich. 53/1.4

Ein  
Fakturierungs-  
programm  
der  
absoluten  
Spitzenklasse!

**SOFTWARE**



Händleranfragen  
willkommen.

Das erste Anwenderprogramm der SPEED-Reihe mit folgenden Leistungen:

- Kundenverwaltung,
- Artikelverwaltung,
- Terminverwaltung,
- Angebotsschreibung,
- Rechnungen, Mahnwesen,
- Textverarbeitung,
- Serienbriefe.

SPEED.FAKTURA läuft auf allen IBM-kompatiblen Rechnern mit Betriebssystem MS-DOS 2.11 und höher.

Best.-Nr. 51824 DM 148,—  
unverbindliche Preisempfehlung



Verlag  
Heinz Heise  
GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61

**Die elektrotechnische Programm-bibliothek**

**E COMPUTER ELEKTRONIK**

Broschur, 368 Seiten  
DM 49,80  
ISBN 3-88229-102-8

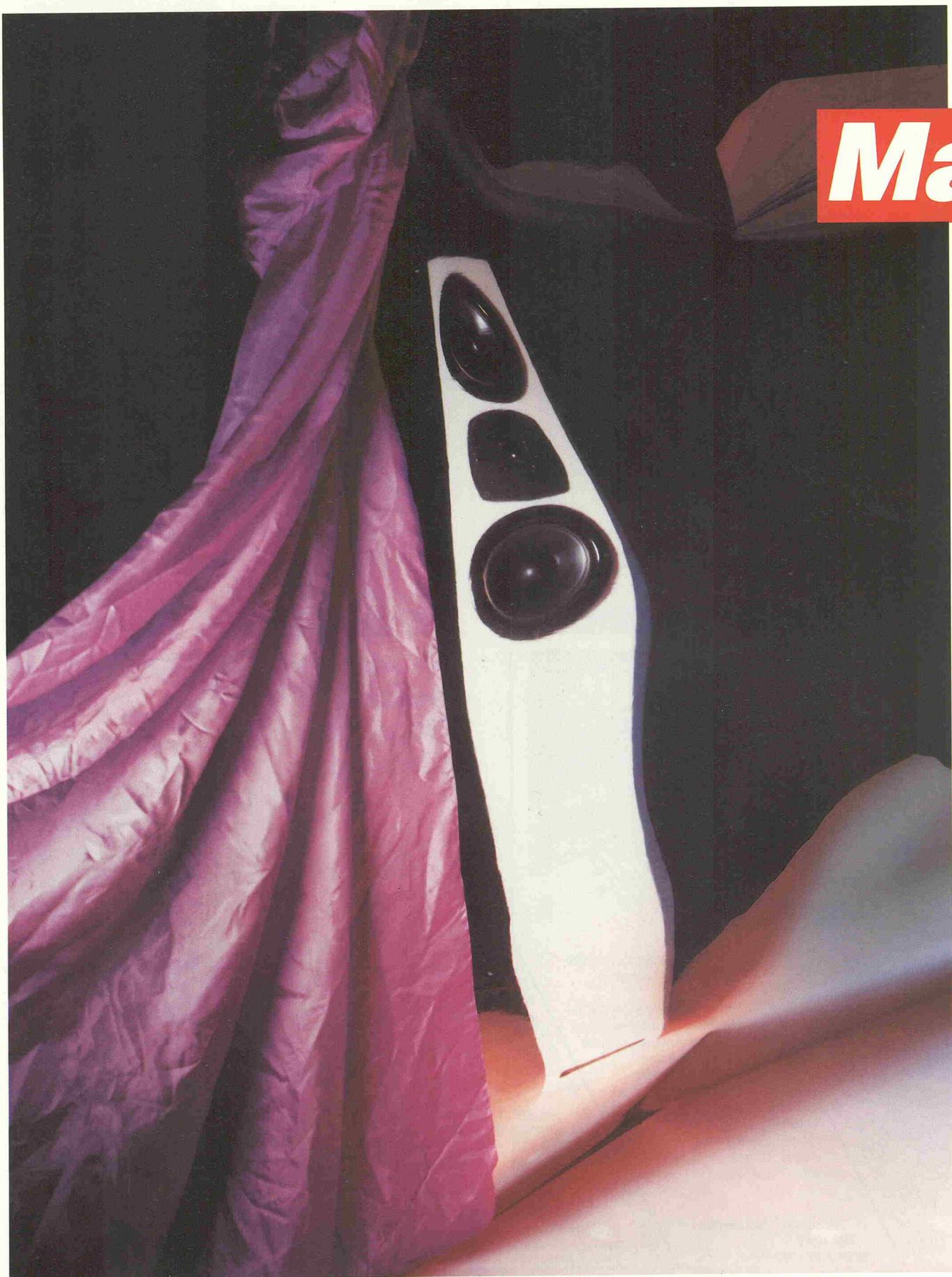


Eine Softwarebibliothek von 112 Turbo-Pascal-Programmen, die auch zum Erlernen der Programmiersprache Pascal dient. Gut ein Drittel der Programme ist für die Lösung mathematischer Probleme geschrieben, und zwei Drittel helfen bei der Berechnung elektrischer und elektronischer Schaltungen. Programme des Buches auch auf 2 Disketten erhältlich.



Verlag  
Heinz Heise  
GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61

*Spanplatte contra MDF*



# Materialfrage

## Spanplatte contra MDF

**D.J. Schulz**

Seit einiger Zeit wird in der Selbstbauszene ein neues Gehäusematerial verwendet; MDF tauchte plötzlich in den Lautsprecherläden auf (in Bau Märkten nach wie vor Fehlanzeige) und geriet recht schnell in den Ruch eines Wundermittelchens z.B. gegen Gehäusesonanzen, schlecht klingende Lautsprecher oder auch allgemein gegen den Umsatzschwund. Niemand wußte aber bislang so recht, was denn nun an der MDF-Platte eigentlich besser sei im Gegensatz zur bisher verwendeten, altehrwürdigen Spanplatte.

Die oft gehörte Frage: 'Welches Material soll ich denn für mein Gehäuse nehmen? Was 'klingt' denn besser?' illustriert die Situation eigentlich recht gut. Klingen soll es gar nicht, schön ruhig sein soll es und keinen Mucks von sich geben. Das wäre das ideale Gehäusematerial. Doch leider ist es nicht einfach, Baustoffe zu finden, die optimale Lösungen zulassen. Denn auch hier darf nicht der Fehler gemacht werden, einen Aspekt (zweifellos einen wichtigen) aus dem Zusammenhang 'Lautsprecherbox' zu reißen. Lautsprecher sind komplexe Gebilde und somit auch als Ganzes zu betrachten. Leider hat man sich in früheren Jahren oft in der High-End-Szene an Details hochgezogen, philosophiert, selbstbewirhüchtigt und letztendlich die entscheidenden Zusammenhänge vergessen. Gehäuse sind für normale dynamische Lautsprecher unum-

gänglich. Die Membranfläche ist in jedem Fall zu klein, um den sogenannten akustischen Kurzschluß zu verhindern. Also wird einfach die eine Seite der Membran gegen die andere abgeschottet. Nun hat jeder eingebaute Lautsprecher aber zwei extrem unterschiedliche Luftmengen vor und hinter der Membran. Die Luftmenge hinter der Membran, also im Gehäuse, die zweifelsohne geringer ist als die Luftmenge im sich vor der Membran befindenden Raum, verfügt über eine geringere Nachgiebigkeit. Luft ist schwer komprimierbar und so stellt natürlich das geringere Volumen einen größeren Widerstand dar als das größere Volumen. Jeder kennt den Effekt von einer Fahrradluftpumpe.

Da die eingeschlossene Luftmenge einen Widerstand entgegengesetzt, behindert sie die Bewegung der Membran. Der Lautsprecher ändert seine Resonanzfrequenz und Dämpfung. So wie beispielsweise eine Kalotte als hermetisch geschlossenes System erworben wird, quasi mit eigenem Gehäuse, wird ein Tieftonsystem erst durch ein Gehäuse zu einem funktionstüchtigen Objekt.

Moderne Lautsprecher sind für den Einbau ausgelegt. Offen betrieben, dazu zählt auch eine unendliche Schallwand, wären sie elektrisch vollkommen überdämpft. Dämpfungsfaktoren werden mit dem Kürzel 'Q'

versehen. Erst Q-Faktoren über 0,7 erlauben einen offenen Einbau auf einer Schallwand von geeigneter Größe, die den akustischen Kurzschluß weitgehend verhindert. Große Membranflächen und starke Antriebe erzeugen einen hohen Wechseldruck im Gehäuse. Ist das Gehäusematerial extrem weich, so wird es dem Druck nachgeben und gleichfalls eine pulsierende Bewegung auszuführen. Diese Bewegung ist im Idealfall exakt gegenphasig zum Lautsprecher und damit findet wieder ein akustischer Kurzschluß statt. Das Gehäuse sollte also über steife Wände verfügen, die nicht nachgeben. Je weniger sich die Wände bewegen, umso höher ist die Schalldruckausbeute.

Jeder Gegenstand, der massgebunden ist, verfügt über eine für seine Form und Größe typische Resonanzfrequenz oder gar über mehrere Resonanzfrequenzen. Auf diesen Frequenzen angeregt, versetzt sich der Gegenstand in Eigenschwingung. Für unsere Gehäuse ist es sehr angenehm, wenn die Resonanzen entweder unter oder über dem Einsatzbereich liegen. Das bedeutet entweder unter 20 Hz oder über 2000 Hz. Daß ein solcher Wunsch mit herkömmlichen Mitteln nicht immer zu realisieren ist, werden wir gleich sehen. Es ist nämlich nicht in allen Fällen möglich, Häuser um Lautsprecher herum zu bauen (Ausnahmen aus Brasilien bestätigen die Regel), d.h. Lautsprecherchassis mit Stein und Putz für alle Seiten einzumauern. Otto Selbermann ist dagegen an konventionelle, im wahrsten Sinne des Wortes tragbare Materialien gebunden. Lautsprecherboxen lassen sich somit im Falle einer Umgruppierung des Mobilars verschieben oder Dank der enormen Mobilität, bei Nicht(mehr)gefallen an Nachbars Junior verhökern.

In aller Regel lassen sich schwere Gegenstände schwerer in Bewegung bringen (und halten!) als leichte. Materialien mit höherer Dichte verfügen über eine größere Massenträgheit. Doch leider hat, wie alles im Leben, die Sache zwei Seiten. Die zweite Komponente ist das innere Dämpfungsverhalten des Materials. Die innere Dämpfung beschreibt die Eigenschaft, Bewegungsenergie in Wärme umzusetzen. So wie wir gute elektrische Leiter und Isolatoren kennen, gibt es Stoffe die Bewegungsenergie gut oder schlecht weiterleiten. Man spricht von einem niedrigen oder hohen mechanischen Verlustfaktor.

Holz ist zu 99,8 % der Werkstoff, aus dem die Träume sind: Holz läßt sich leicht beschaffen, Holz läßt sich gut verarbeiten, Holz ist ein Naturprodukt, Holz findet Gefallen und zuguterletzt, Holzreste vom Lautsprecherbau lassen sich zum Bau von Kaninchenställen und Raubrit-

## Spanplatte contra MDF

terburgen gut verwenden. Doch wie das Leben so spielt, man oder frau verheddert sich leicht in der unglaublichen Auswahl der Varianten. Die bekanntesten Arten sind:

- Spanplatte
- Tischlerplatte
- Sperrholz
- Faserplatte

Jede der vier Arten gibt es in unterschiedlichen Ausführungen, Qualitäten und Zusammensetzungen.

Spanplatte (ein Produkt aus Sägespänen und Bindemittel) ist in verschiedenen Dichten erhältlich; dazu gibt es wasserfeste Ausführungen. In jedem Falle muß darauf geachtet werden, daß das Material der Emulsionsklasse I entspricht und weitgehend formaldehydfrei ist. Die hochverdichtete Spanplatte Novopan F Null dünstet, bis auf den natürlichen Formaldehydgehalt des Holzes, kein weiteres Formaldehyd aus. Grundsätzlich kommen für den Bau von Lautsprechergehäusen nur hochverdichtete Spanplatten oder Verlegeplatten in Frage. Leider ist oftmals die Oberflächenbehandlung für den Nichtfachmann recht schwierig, so daß dem fertigen Produkt das 'Selfmade' anzusehen ist.

Tischlerplatte dagegen ist ein sehr leichter Baustoff und sollte für konventionelle Lautsprechergehäuse nicht verwendet werden. Aufgrund der Deckflächen aus Echtholz läßt sich eine ansprechende Oberfläche erzielen. Für sogenannte Sandwichbauweisen eignet sich Tischlerplatte jedoch recht gut.

Sperrholz ist ein sehr fester Naturholzbaustoff. Sperrholz besteht aus kreuzschichtverleimten Birken- oder Buchenholzschichten. Der Baustoff ist dazu relativ leicht von der Masse her und verfügt über einen niedrigen mechanischen Dämpfungsfaktor. Aus Gewichtsgründen auf der einen und Festigkeitsgründen auf der anderen Seite wird dieser Baustoff oft für Musikerboxen verwendet.

Ein populärer Markenname ist 'Multiplex'. Das Material verfügt über extrem dünne, einzeln verleimte Schichten und ist von der Festigkeit her unübertroffen. Vom Preis her allerdings auch.

Die Faserplatte, im speziellen 'mitteldichte Faserplatte' (MDF genannt), seit geraumer Zeit schwer im Kommen, ist leider in kaum einen Baumarkt erhältlich. MDF besteht aus Sägemehl und Bindemittel und wird unter hohem Druck gepreßt. Das Material ist relativ schwer und fest, läßt sich sauber verarbeiten und ist in der Oberflächengestaltung fast problemlos zu handhaben. Ein gewisses Maß an handwerklichem Geschick ist allerdings immer erforderlich. Man muß jedoch damit rechnen, daß bei Verwendung von MDF der finanzielle Aufwand im Vergleich zur Spanplatte etwa doppelt so hoch ist.

**B**ei der Wahl des Materials für Lautsprechergehäuse treffen nun häufig Spanplatte und MDF als Konkurrenten aufeinander. Was ist besser? Doch genauer wäre die Frage: Was ist besser für meine spezielle Gehäuseart, -größe, -form geeignet? Auch hier sei davor gewarnt, auf pauschale Vorurteile hereinzufallen.

Die Dichte von MDF ist etwa 30 % höher als die der Spanplatte. Daß Spanplatte trotzdem dumpfer klingt, wenn man darauf klopft, weist darauf hin, daß das Dämpfungsverhalten besser sein muß. Der mechanische Verlustfaktor scheint höher zu sein. Um zu einem möglichst praxisnahen Vergleich zu kommen, wurde ein Testgehäuse aus verschiedenen Materialien mehrfach aufgebaut. Aus Bild 1 können Abmessungen und Materialstärken entnommen werden.

Das Gehäuse wurde aus folgenden Materialien aufgebaut:

- Spanplatte (Novopan F Null)
- Spanplatte (Baumarkt Verlegeplatte)
- Sperrholz (Bausperrholz)
- MDF-Platte

**V**orweg gesagt, die beiden Spanplatten wiesen sowohl akustisch, als auch meßtechnisch keine bedeutenden Unterschiede auf. Sperrholz neigte zu starken Eigengeräuschen. Da Sperrholz ohnehin sehr wenig verwendet wird, beschränkten wir uns bei dem weiteren Vergleich auf die Materialien MDF und Spanplatte.

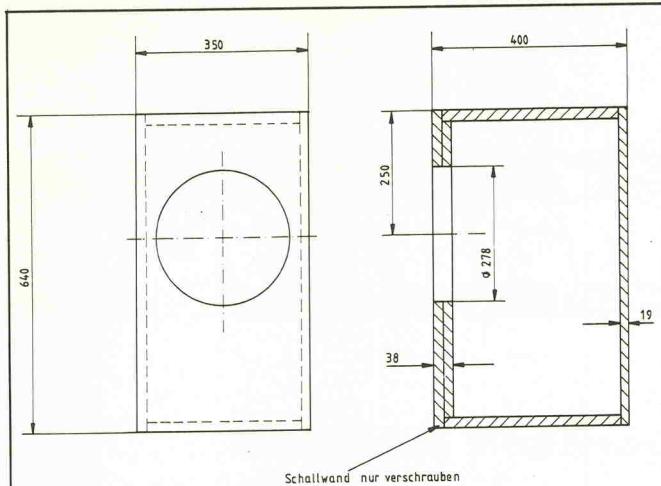
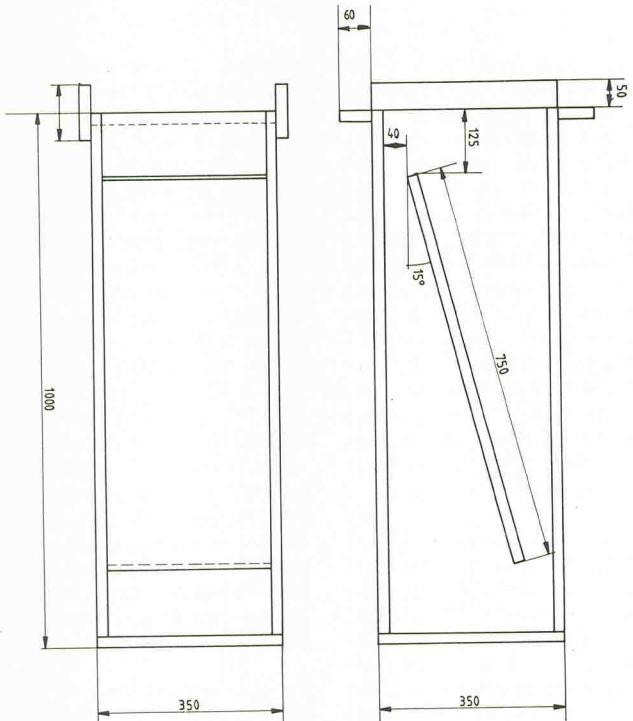


Bild 1. Das Testgehäuse, an dem alle Messungen vorgenommen worden sind und ...



... die Abdeckung desselben, welche im Fensterrahmen angebracht wurde.

Es sei jedoch noch einmal in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen, daß der Vergleich und die Ergebnisse nur für das abgebildete Gehäuse Gültigkeit haben. Um nämlich zu allgemein gültigen Aussagen zum Thema Spanplatte — MDF zu gelangen, wären noch einige weitere Gehäuse-Aufbauten und Meßreihen nötig gewesen. Als Tiefoton treiber wurde der hochbelastbare Lautsprecher Philips AD12200WA eingebaut.

Bild 3 zeigt den direkten Vergleich zwischen dem Chassis im Span-Gehäuse (rote Linie) und dem im MDF-Gehäuse (blaue Linie).

Es sind oberflächlich betrachtet keine gravierenden Unterschiede sichtbar. Die geringen Pegeldifferenzen wären eventuell zwischen zwei Lautsprecherchassis der gleichen Bauserie größer. Die Messung wurde in einem ruhig gelegenen, gedämpften Raum gefahren. Die

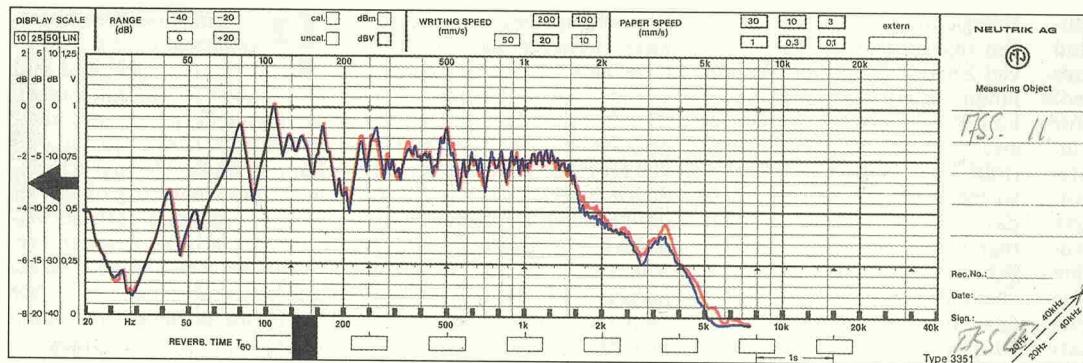


Bild 3. Die Frequenzgänge von Spanplattenbox (rot) und MDF-Box (blau).

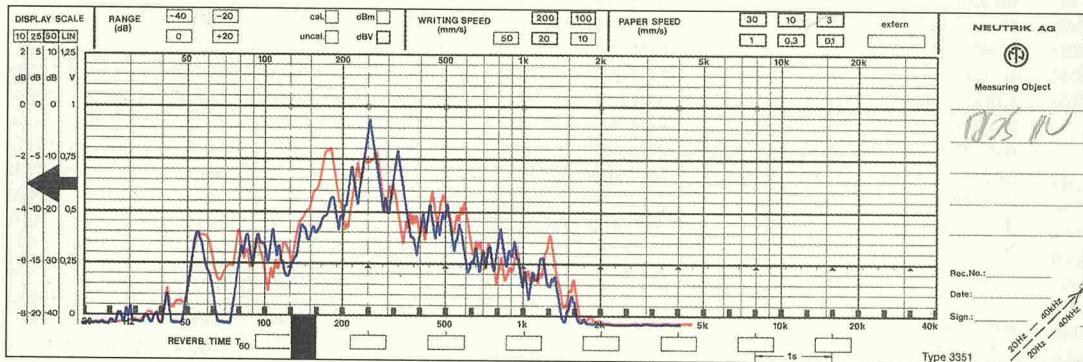


Bild 4. Schalldurchgang am MDF- und Spanplattengehäuse gemessen.

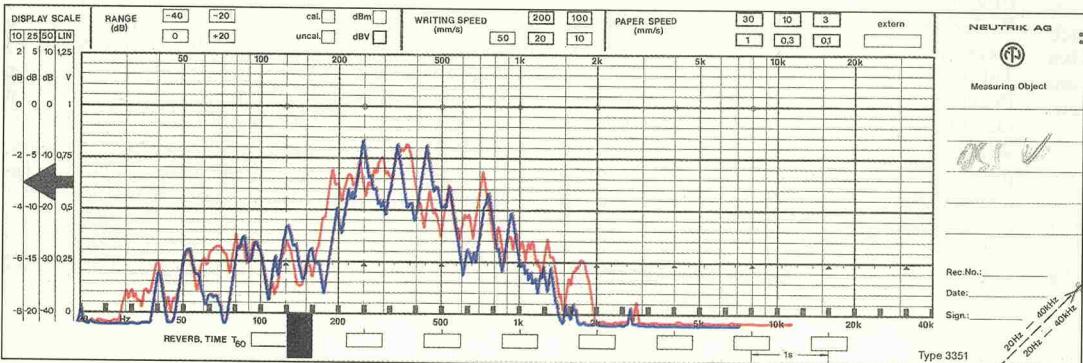


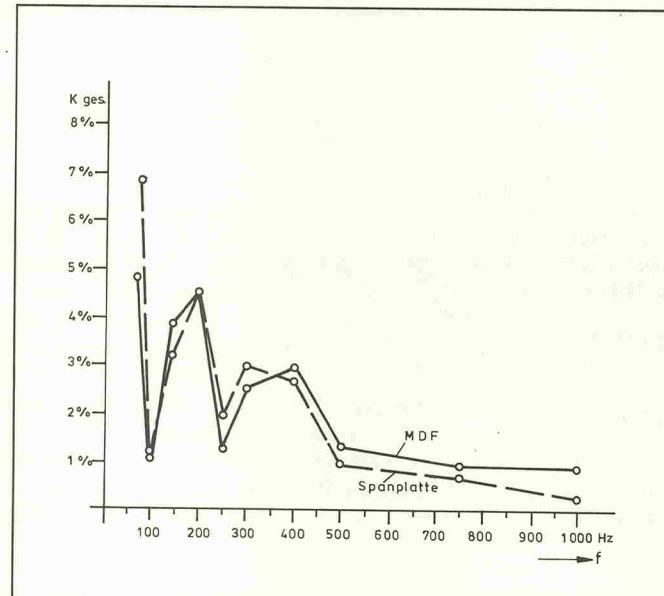
Bild 5. Meßaufbau wie Bild 4, jedoch an der Kopfplatte gemessen.

starken Zerklüftungen resultieren aus den Raumeinflüssen, den Reflexionen etc. Sie sind aber, da wir ja keine Absolutmessungen anstreben, sondern nur an Vergleichsmessungen interessiert sind, von geringem Interesse. In der Tendenz sind die größten Unterschiede im Bereich zwischen 200 Hz und 500 Hz zu beobachten.

Anschißend wurde eine simple Klirrfaktormessung durchgeführt, um herauszufinden, wie weit das Gehäuse Einfluß auf den Gesamtklirr hat. Das Lautsprechersystem wurde konstant mit einer Spannung von 5 Volt angetrieben, was im Mittel einer Leistung von etwa 6 Watt entspricht.

Klirrfaktormessung		
MDF	Spanpl.	Frequenz
4,9 %	6,8 %	50 Hz
1,2 %	1,3 %	100 Hz
3,8 %	3,1 %	150 Hz
4,4 %	4,4 %	200 Hz
1,3 %	1,8 %	250 Hz
2,7 %	3,1 %	300 Hz
3,0 %	2,8 %	400 Hz
1,3 %	1,0 %	500 Hz
0,8 %	0,6 %	750 Hz
0,9 %	0,3 %	1000 Hz

Bei Frequenzen unter 400 Hz zeigt der Lautsprecher im MDF-Gehäuse in der Tendenz ein besseres Klirrverhalten. Oberhalb 400 Hz trumpft das Spanplattengehäuse stetig auf. Das Klirrverhalten ist eindeutig besser. Folgendes läßt sich in-



Die gemessenen Klirrfaktorwerte graphisch dargestellt.

## Spanplatte contra MDF

interpretieren: Das MDF-Gehäuse scheint steifer zu sein und läßt sich demnach schwerer zum Mitschwingen anregen. Der mechanische Verlustfaktor ist jedoch offensichtlich geringer, da das Spanplattenmaterial wohl bessere Dämpfungseigenschaften hat. Der geringere Klirr im Mitteltonbereich deutet direkt darauf hin. Direkte Hörvergleiche bestätigen diese These recht deutlich. Die beiden Gehäuse mit je einem Lautsprecher bestückt, lassen im direkten Hörvergleich keinen Zweifel aufkommen. Was anhand der Messungen nur erahnt werden kann, wird hier scho- nungslos sofort klar.

Der Lautsprecher im MDF-Gehäuse reproduziert Bässe trocken und präzise, wobei eindeutige Mitteltonverfärbungen nicht zu verleugnen sind. Der typgleiche Lautsprecher im Spanplattengehäuse schien den Tieftonbereich etwas aufzuweichen, etwas wärmer wiederzugeben. Im Mitteltonbereich (der musikalisch gesehen bei weitem entscheidender ist) kam keine Tendenz zu Verfärbungen auf.

Im nächsten Versuchsaufbau sollte herausgefunden werden, wieviel akustische

Energie von den Gehäusewänden abgestrahlt wird, bzw. wieviel Energie durch die Wände hindurchgeht. Dazu wurde das Lautsprechersystem mit einem zweiten Gehäuse verschlossen (Bild 2). Ein Fenster im Raum wurde soweit präpariert, daß das Abdeckgehäuse ins Freie ragt und nur das Testgehäuse Schallenergie in den Meßraum abstrahlen kann. Bild 4 zeigt das Ergebnis im Nahfeld, 10 cm vor dem Seitenteil aufgenommen. Es sind in einem solchen kurzen Abstand zum Meßobjekt keine Raumeinflüsse mehr zu erwarten. Die rote Linie zeigt wieder das Spanplatten-Gehäuse, die blaue Linie das MDF-Gehäuse. Beide haben innen ein liches Maß von ca. 600 mm. Das bedeutet, daß die erste volle Reflexion bei etwa 280 Hz auftritt. Das Gehäuse ist jedoch gut und stark bedämpft; es ist zu erwarten, daß sich die Schallgeschwindigkeit im Gehäuse verringert, so daß sich die erste Reflexion bei etwa 250 Hz bemerkbar machen dürfte. In der Tat ist bei 250 Hz ein starker Pegelsprung zu verzeichnen. Das MDF-Gehäuse ist hier eindeutig durchlässiger; es kann die im Gehäuse befindliche Energie schlechter in Reibungsenergie (gleich Wärme) umsetzen. Der Vergleich zeigt deutlich, daß das MDF-Material

stärker und periodischer resoniert, wogegen das Spanplattengehäuse diffuser schwingt. Gerade im Bereich unter 200 Hz zeigt das Spanplattengehäuse deutliche Mängel; über 200 Hz ist es jedoch unter dem Strich besser zu bewerten. An der kleineren Kopfseite des Gehäuses gemessen (350 x 400 mm) kann man wieder das ausgeprägte, periodische Resonieren des MDF-Materials sehen. Der zur MDF-Version gehörende absolute Pegel ist jedoch geringer als der zur Spanplattenversion gehörende; die Festigkeit scheint hier Oberhand zu behalten. Akustisch gesehen, scheint es für das menschliche Ohr angenehmer zu sein, mit einem relativ gleichmäßigen Störgeräusch belästigt zu werden, als mit starken selektiven Störgeräuschen.

Problemen der Gehäusesonanzenbildung ist jedoch sehr leicht und sehr wirkungsvoll beizukommen. Wird eine Gehäusewand mittig versteift, so können ja nur zwei halb so große Flächen schwingen. Diese halb so großen Flächen haben nun natürlicherweise eine höhere Resonanzfrequenz als eine große Fläche. Die höhere Resonanz wird aber vom Material her leichter durch die eigene innere Dämpfung gedämpft und das besonders von Spanplatte. Je aufwendiger ein Gehäuse versteift ist, umso besser wird das akustische Ergebnis sein. Dabei ist es gar nicht so wichtig, ob die Wandstärke 19, 22 oder 25 mm beträgt. Versteift wird am sinnvollsten von Wand zu Wand. Sogenannte Versteifungsringe sind hier sehr zu empfehlen. Als Material eignet sich primär hartes, steifes Holz z.B. Sperrholz, Multiplex oder Hartholzleisten. Quer auf die Seitenwände aufgeleimte Hölzer verschlechtern zwar nicht das Ergebnis, so wirkungsvoll wie von Wand zu Wand gesteckte Hölzer sind sie jedoch bei weitem nicht. Ist ein Gehäuse letztendlich gut versteift, ist die Materialfrage, MDF oder Span, nur noch Makulatur. Hier muß jeder für sich entscheiden, welcher Baustoff für Geldbeutel oder Weitverarbeitung Vorteile hat. □

### Rimark

**AUDIO DESIGN TEAM**

Zwei Jahre Audio Design Team! Neue **Farben**, neues **Design**! Wir bauen unsere Vorführboxen komplett neu auf. Die bisherigen Vorführboxen bieten wir deshalb zu **Sonderktionen** an. Fertig aufgebaut, mit voller **Garantie**, allerdings mit kleinen Lackschäden. Paarpreise: **Focal Solution** · 5000,— DM · Gehäuse MDF · schwarz ★ **TDL RSTL** · 4400,— DM · Hochglanz · weiß ★ **LT 66** · 4000,— DM · rot/schwarz ★ **Focal Onyx** · 2999,— DM · Pyramidenmahagoni (teures Wurzelfurnier) ★ **TDL MC** · 2999,— DM · perlmutt ★ Backes & Müller **BM6** · i.Ka. · 1999,— DM ★ **seas MS 5** · 1599,— DM · schwarz · matt ★ **MS Breeze** 1495,— DM · Elektrostat · 100 Hz · schwarz ★ **Eton 300 hex** · 1999,— DM · Hochglanz · schwarz ★ **Eton Zoohex** · 1299,— DM · hochglanz · pink ★ **Eton 100 hex** · 1099,— DM · grau · matt ★ **TDL Studio** 999,— DM · Eiche hell ★ **Richard Allan** Monitor · 899,— DM · rot · mit Ständer ★ **Peerless PP 33** · 750,— DM · rot ★ **Kef Toccata** · 699,— DM · Multiplex · schwarz ★ **Vifa Korrekt** · 599,— DM · Hochglanz · blau ★ **vifa Sub 40** · 555,— DM · Hochglanz · schwarz

Audio Design Team · 4300 Essen 1 · Kurfürstenstr. 53 · Tel.: 0201-277427

Mai 1988



**Leisten Sie sich eine Vision.  
Leisten Sie sich *video vision*.**

**Die Zeitschrift mit Weit - Blick  
für den Videofreund mit Durch - Blick.**

**Für Liebhaber der Video - Software  
und -Hardware das einzig Wahre:  
*video vision*. Jeden Monat neu.**



Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Helstorfer Straße 7  
3000 Hannover 61  
Tel. (0511) 53 52 - 0

Die Wi



# Wiedergabe von Baßimpulsen

— ein wichtiges Qualitätskriterium  
im Lautsprecherbau

**Tore Holmboe Wiik / Bjørn Børja**

Das Ziel einer jeden Neuentwicklung im Bereich der Baßlautsprecher ist die trockene Wiedergabe von Tiefton-Impulsen, oder mit anderen Worten: eine deutlich differenziertere, knappe Wiedergabe von Einschwing-Impulsen, zu denen der Lautsprecher selbst so wenig wie möglich an eigenen Schwingungen aus dem Bereich der eigenen Baßresonanz hinzufügen sollte. Untersuchungen haben gezeigt, daß die Hörbarkeit solcher 'Stoßwellenverzerrungen' im Tieffrequenzbereich sehr viel deutlicher ist als bei höheren Frequenzen.

Im folgenden wollen wir die Wiedergabe niederfrequenter Einschwingvorgänge anhand verschiedener Lautsprechersysteme diskutieren und ihre Beschränkungen aufzeigen.

**G**ewöhnlich werden — wenn überhaupt — Berechnungen des Verhaltens bei niederfrequenten Impulsen mit den normalen technischen Daten eines Lautsprechers durchgeführt; die sind aber strenggenommen nur gültig für sehr geringe Auslenkungen der Membran. Die notwendigen technischen Parameter

sind: Masse, Membranfläche, Bl-Produkt, Resonanzfrequenz, elektrischer und mechanischer Widerstand sowie die Daten des Boxengehäuses. Um unerwünschte niederfrequente Schwingungen, die im mechanisch-akustischen Lautsprechersystem erregt werden, vollständig zu vermeiden, muß das System aperiodisch oder überkritisch gedämpft sein. Das bedeutet, die natürlichen Resonanzen des Systems müssen 0,5 oder geringer sein, dann sind sie nicht länger resonant.

**D**as System mit geschlossenem Gehäuse hat nur eine Resonanzfrequenz, deshalb ist die Sprungantwort leicht vorauszusagen. Bild 1 zeigt den Frequenzverlauf eines Systems in geschlossener Box bei verschiedenen Q-Werten. Es wird deutlich, daß ein Lautsprecher mit einem niedrigen Q ( $\leq 0,5$ ) weniger Baßlautstärke hat als bei einem hohen ( $\geq 1,5$ ) Q-Wert. Wenn man jedoch die Pegel-Anhebung des Wiedergaberaums mit berücksichtigt, findet man häufig, daß ein Lautsprecher mit hohem Q-Wert zuviel Baß hat, und nicht der Lautsprecher mit dem niedrigen Q-Wert zu wenig.

10 ms langen Sinus-Quadrat-Impuls gezeigt bei  $Q = 0,5/0,75$  und  $1,5$ .  $Q = 0,5$  ergibt ein nichtresonantes Verhalten, bei dem der Schalldruck die Null-Linie asymptotisch nach einem Unterschwingen in der zweiten Hälfte des Impulses erreicht.

Für beide Impulsformen zeigt der zeitliche Verlauf der Auslenkung der Membran Ähnlichkeit mit dem Eingangssignal, aber nicht so der zeitliche Verlauf des Schalldrucks. Dies röhrt her von der Unfähigkeit eines Lautsprechers, einen konstanten Druck zu erzeugen, das heißt: Die Gleichspannungs-ausgangsleistung eines Lautsprechers ist Null. Das verursacht bei sehr niedrigen Frequenzanteilen des Impulses eine Verzögerung und Phasenumkehr. Weil aber auch keine natürliche Schallquelle in der Lage ist, einen statischen Druck zu erzeugen, ist dieser Mangel nicht so schlimm, wie er zunächst erscheint.

**D**as Wiedergabeverhalten für ein Baßreflex-System darzustellen, ist etwas komplizierter. Dieses System hat zwei Resonanzfrequenzen in seiner Schalldruck-Übertragungscharakteristik, die aber ärgerlicherweise nicht mit den jeweiligen Resonanzstellen von Chassis und Gehäuse allein übereinstimmen, sondern sich gegenseitig beeinflussen. Sie sind deshalb ziemlich schwierig unmittelbar zu messen. Wenn der treibende Laut

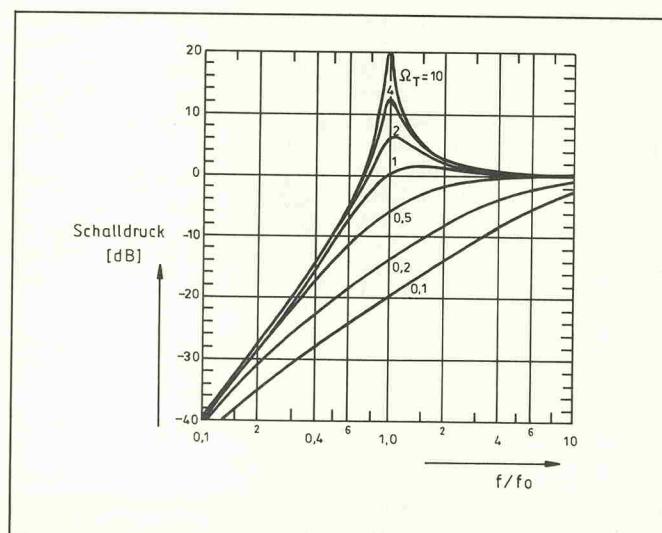
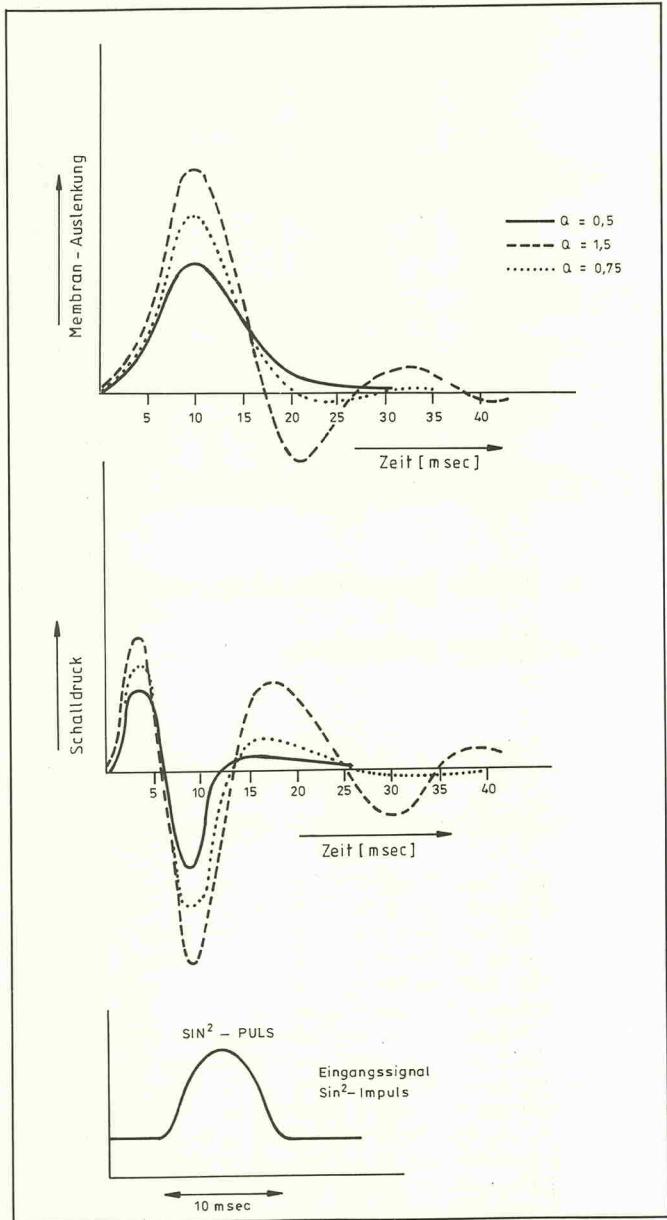
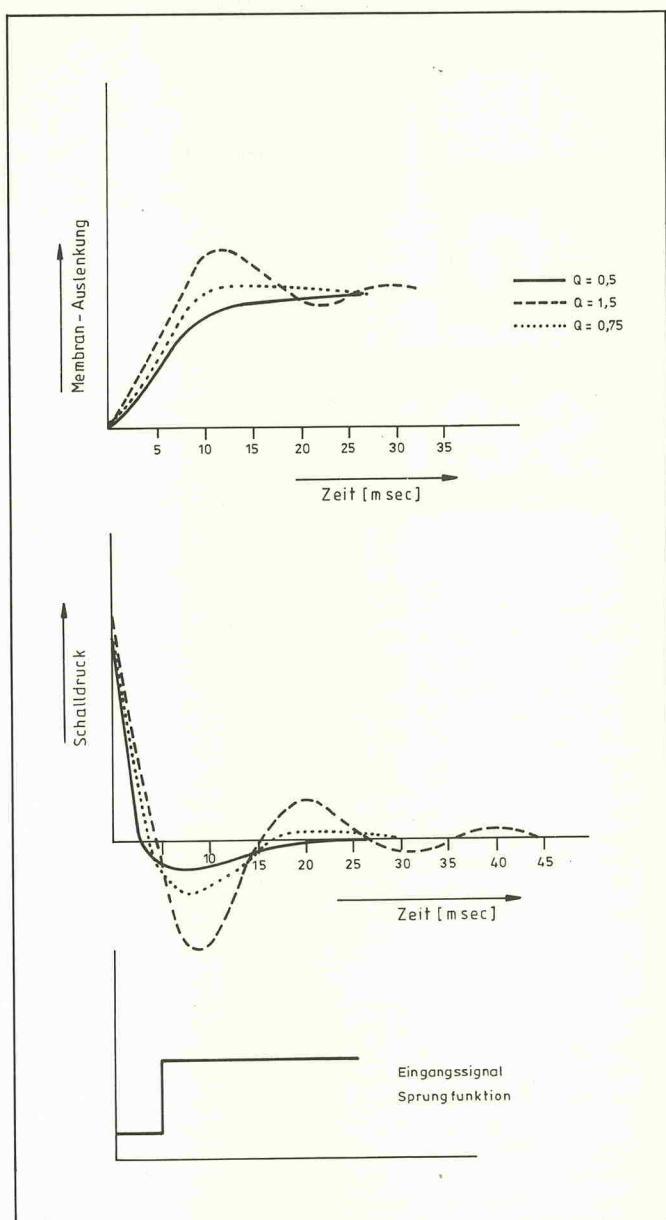


Bild 1. Schalldruckverlauf im Bereich der Resonanzfrequenz.

## Dynamische Dämpfung



sprecher ein relativ hohes  $BL$ -Produkt hat, weist oft nur eine Resonanzstelle ein höheres  $Q$  als 0,5 auf, typischerweise die niedriger liegende von beiden. Deren  $Q$ -Wert kann dann allerdings ziemlich hoch sein, so daß oftmals übermäßiges Klingen bei niedrigen Frequenzen auftritt. Einige Beispiele für  $Q$ -Werte verschiedener Treiberlautsprecher sind in Bild 1 gezeigt.

Durch Berechnung der natürlichen Resonanzen und ihrer  $Q$ -Werte in der Übertragungsfunktion ist es möglich, ein Baßreflex-System zu bauen, das einen recht guten und nur leicht resonanten zeitlichen Verlauf zeigt (Bild 4). Sehr oft fällt das System so aus, daß es dröhnt und resonant

klingt, obwohl bei geringen Lautstärken alles noch vielversprechend klang. Deshalb ist es nötig, das Signalverhalten bei großen Signalen zu untersuchen.

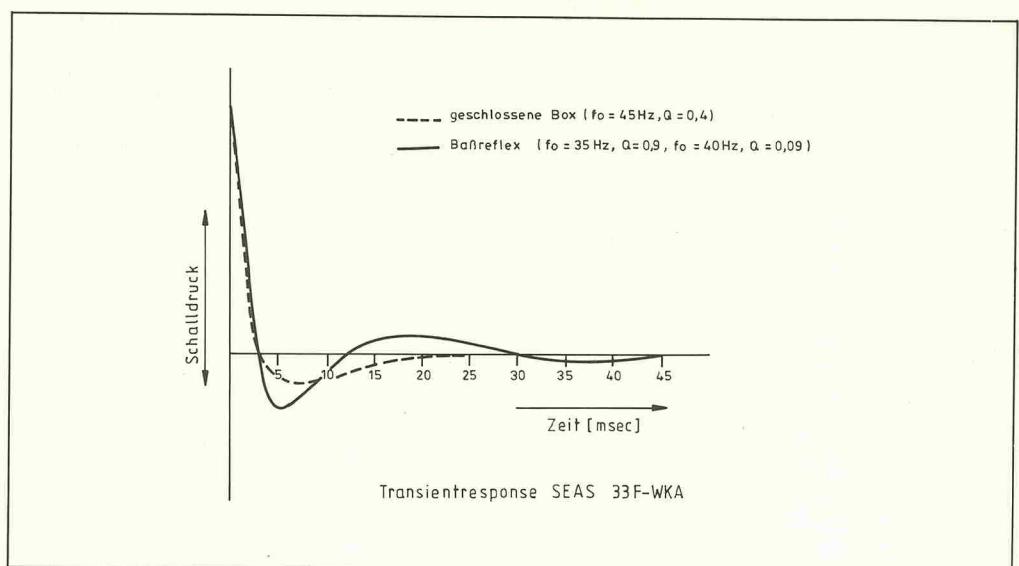
**B**ei der Analyse mit kleinen Signalen haben wir die Abnahme des  $BL$ -Produktes bei großen Auslenkungen nicht berücksichtigt. Das führt zu:

- Abnahme der Kraft, die auf die Schwingspule wirkt (proportional  $BL$ ) und
- einer Verringerung des mechanischen Widerstandes, der durch die magnetische Dämpfung (proportional  $BL^2$ ) verursacht wird. Die magnetische Dämpfung wird durch den entgegengesetzten Strom verur-

sacht, der durch die Bewegung der Schwingspule im magnetischen Feld in die Schwingspule induziert wird. Dieser entgegengesetzte Strom fließt dann, wenn die Schwingspulenanschlüsse durch einen Verstärker mit niedrigem Innenwiderstand kurzgeschlossen sind. Der Effekt gleicht einem mechanischen Widerstand. Diese Dämpfung ist normalerweise der beherrschende Teil des gesamten mechanischen Widerstandes im Lautsprecher-Chassis. Die Steifheit der Aufhängung hängt ebenfalls von der Auslenkung ab.

**E**ine vorteilhafte Methode, den Einfluß dieser Nichtlinearitäten zu bestimmen, ist die Lösung der Diffe-

rentialgleichungen des Systems mit Hilfe eines Computers oder programmierbaren Rechners. Das  $BL$ -Produkt und die Steifheit der Aufhängung werden gespeichert, und die Differentialgleichungen werden mit den Anfangswerten gelöst. Die resultierende Auslenkung nach einem sehr kurzen Zeitabschnitt wird berechnet, und neue Werte für  $BL$  und Steifheit werden in die Gleichungen abermals eingesetzt, womit die Gleichungen abermals gelöst werden. Schritt für Schritt wird



**Bild 4. Durch sorgfältige Auslegung gelingt es, die Reflex-Version nur geringfügig resonanter erscheinen zu lassen als die mit geschlossenem Gehäuse.**

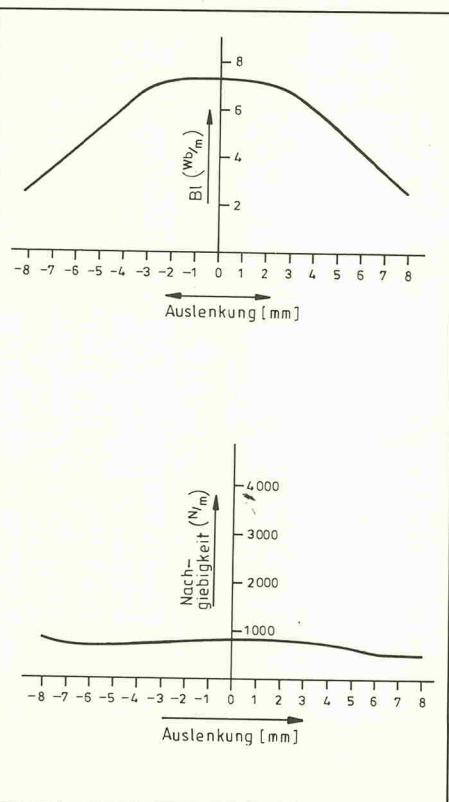
so das zeitliche Verhalten des Systems bestimmt.

Eine computerunterstützte Großsignalanalyse — wie oben beschrieben — kann für die Ermittlung des Zeitverhaltens, der harmonischen Verzerrungen, der Intermodulation und der Unstabilitäten von Lautsprechersystemen dienen. Wenn unterschiedliche Bl- und Steifheits-Charakteristiken auf Datenträger verfügbar sind,

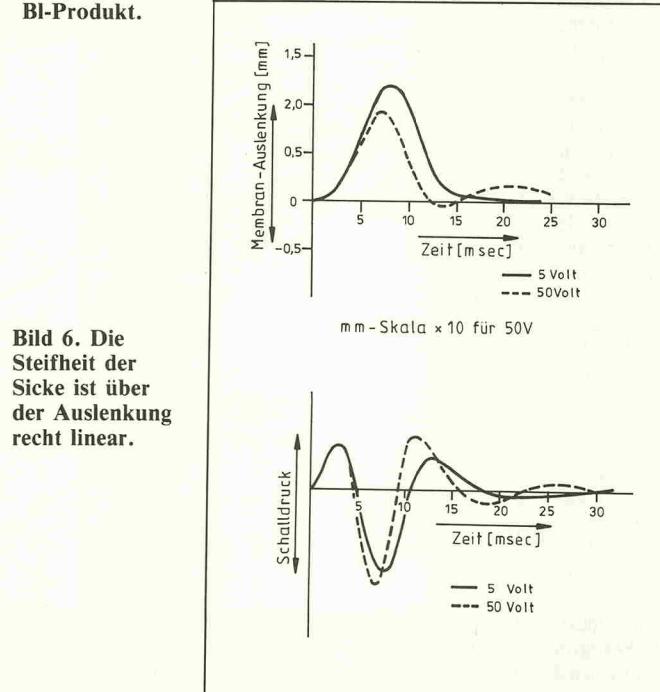
kann ein Lautsprechersystem für niedrige Frequenzen optimiert werden.

**W**ir wollen einen Blick auf das Großsignalverhalten eines 8“-Tieftöners mit symmetrischem Bl-Produkt werfen, was in Bild 5 gezeigt ist, und der über eine ziemlich lineare Steifheit der Membranaufhängung verfügt, was in Bild 6 dargestellt ist.

**Bild 5. Je höher die Auslenkung desto kleiner ist das Bl-Produkt.**



**Bild 6. Die Steifheit der Sicc ist über der Auslenkung recht linear.**



Noch ist die zeitliche Reaktion ziemlich gut.

Wenn wir nun die Reaktion beobachten, die das Lautsprecherchassis zeigt, wenn wir es in ein Bassreflex-Gehäuse setzen (bei gleichem Rauminhalt wie die geschlossene Box) und mit einer Schallöffnung von 15 cm Länge und einem Querschnitt von 15 Quadratzentimetern versehen, so zeigt Bild 8 den zeitlichen Verlauf für den 10-ms-Sinus<sup>2</sup>-Impuls bei Spitzenspannungen von 5, 20 und 50 Volt. Der 5-V-Impuls kann als Kleinsignal angesehen werden, und wir können sehen, daß die Reaktion nur ein bißchen verschlechtert ist, verglichen mit der geschlossenen Box. Die Untersuchung mit kleinen Signalen offenbart, daß das System nun zwei natürliche Resonanzen hat, bezogen auf die Übertragungscharakteristik des Schalldrucks: eine bei 80 Hz mit einem Q von 0,8 und die andere bei 15 Hz mit Q = 1,0.

Wenn wir nun das Eingangssignal erhöhen, sehen wir, daß die Wiedergabequalität in stärkerem Maße beeinträchtigt wird als bei der geschlossenen Box. Bei 20 Volt Eingangssignal ist das Verhalten schlecht — und bei 50 Volt ist es scheußlich mit unüberhörbarem Klingen. Wenn wir die Auslenkung beobachten, finden wir die Er-

**Bild 7. Unser Chassis in einem geschlossenen Gehäuse.**

## Dynamische Dämpfung

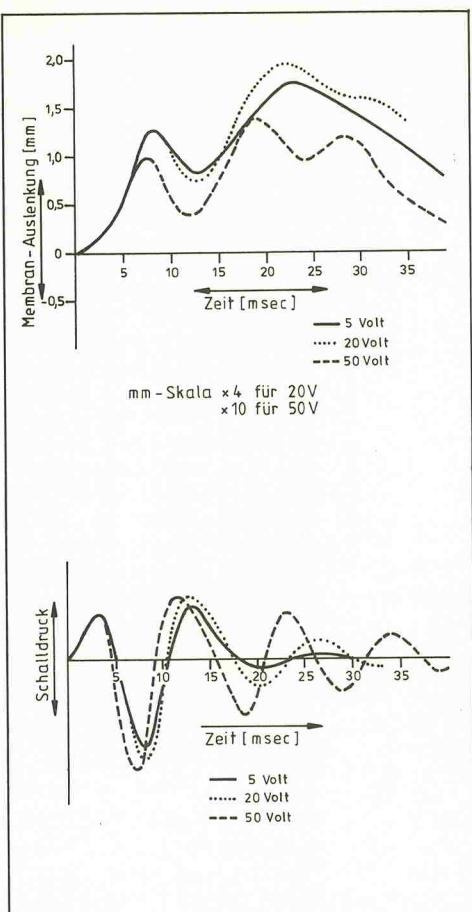


Bild 8. Das Verhalten des gleichen Chassis wie in Bild 7 in einem Reflexgehäuse.

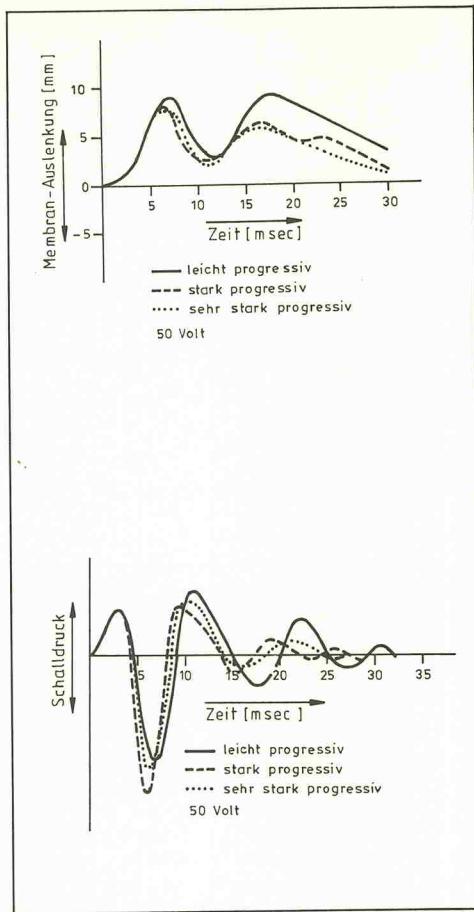


Bild 9. Mit einer trickreichen Siccé kann ein Teil der selbstständigen Membranbewegungen unterdrückt werden.

klärung dafür. Das Baßreflex-System leidet an einem Effekt, den man 'verspätete Membranauslenkung' nennen könnte. Die Schwingspule wird dabei aus der Mitte des Magnetfeldes herausgetrieben, die magnetische Dämpfung wird in hohem Maße reduziert und starkes Klicken tritt auf. Diese Erscheinung ist typisch für Baßreflexsysteme und hat seine Ursache in der elastischen Kopplung zwischen Antriebssystem und der Luft-Masse im Reflexrohr, die meistens viel schwerer ist als die Masse der Membran. In unserem Falle beträgt die Konusmasse 17 g und die entsprechende Masse im Reflexrohr 80 g. Die Situation gleicht einer Person (als Antriebssystem), die versucht, einen schweren Eisenbahnwaggon (Masse der Luft in der Schallöffnung) aus dem Stillstand zu bewegen. Wenn der Waggon sich schließlich auf den nahezu reibungslosen Schienen bewegt (der Reibungswiderstand in der Schallöffnung ist im Vergleich zur reaktiven Impedanz sehr klein), kann die Person den Waggon nicht schnell anhalten und wird darum mitgezogen.

Bei Zunahme des Eingangssignals verzerrn die verspäteten Membranauslenkungen das Übertragungsverhalten; und auch ein typischer Langhub-Tieftöner kann dagegen wenig tun. Bei 50 Volt Spitzenspan-

nung ist der maximale Membranhub 14 mm, der erst etwa 10 ms nach dem Ende des Impulses erreicht wird. In dieser ausgelenkten Lage ist das Blau-Produkt sehr klein und deshalb ist die magnetische Dämpfung

praktisch Null; das System gerät in starke Schwingungen, die nur von den mechanischen Reibungskräften bedämpft werden.

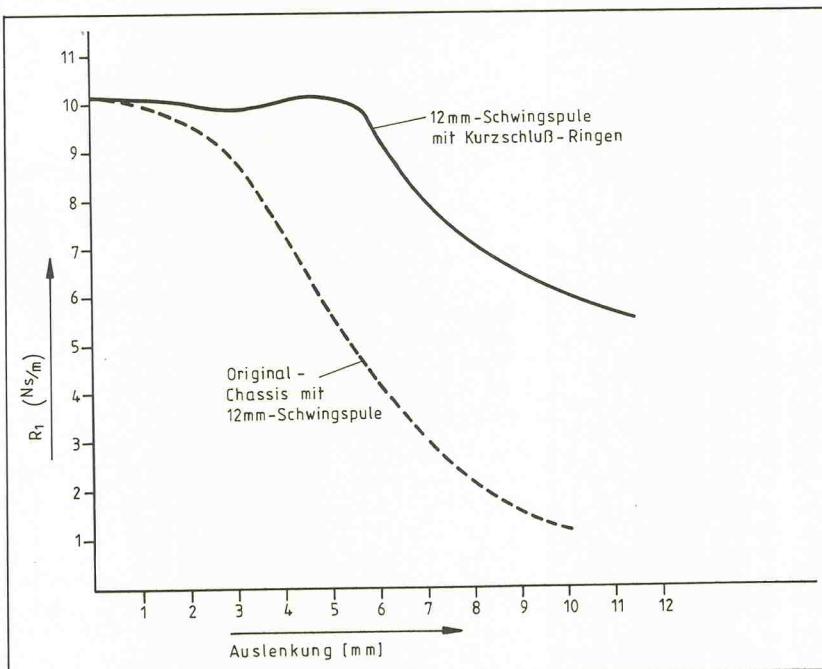


Bild 10. Normale Schwingspule und eine mit dynamischer Dämpfung im direkten Vergleich.

**E**in Weg, diese Probleme zu mindern, ist der Einsatz einer Membranaufhängung mit leicht progressiver Steifheits-Charakteristik, um eine größere Rückstellkraft für größere Auslenkungen zu erzeugen. Bild 9 zeigt den Zeitverlauf mit Aufhängungen unterschiedlicher Zunahme; wir stellen wesentliche Verbesserungen fest.

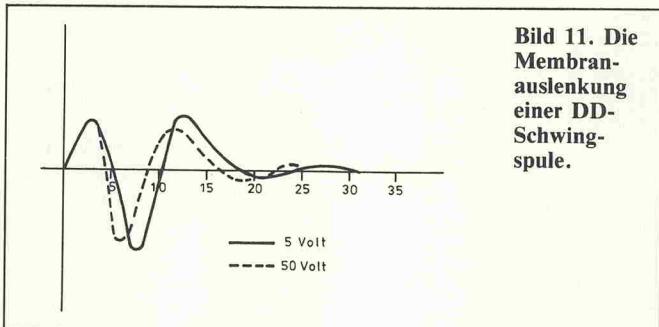
Berechnungen und Messungen zeigen, daß eine ordentlich ausgeführte, progressive Aufhängung den harmonischen Verzerrungen sehr wenig hinzufügt, sogar bei sehr niedrigen Frequenzen. Bei hoher Eingangsleistung verhütet die progressive Aufhängung außerdem die Neigung zu Instabilitäten. Instabilität bedeutet hier die Neigung des Antriebssystems, eine neue neutrale Lage außerhalb des zentralen Magnetfeldes zu finden, was immer dann auftritt, wenn das System stark belastet wird. Das ist der Hauptgrund, warum es zu Baßverzerrungen kommt (Intermodulationsverzerrungen).

Nenn Ø Membran	Bewegte Masse	Bl Produkt	Gehäuse- Volumen	Resonanzen/Güten	
				geschlossene Box	Reflexbox
10 Zoll	36 g	12 Wb/m	35 Liter	60 Hz, Q = 0,5	6 Hz 45 Hz, Q = 1,0 70 Hz
10 Zoll	26 g	9 Wb/m	35 Liter	70 Hz, Q = 0,7	18 Hz, Q = 0,8 80 Hz, Q = 0,9
13 Zoll	72 g	17 Wb/m	60 Liter	50 Hz, Q = 0,4	71 Hz 40 Hz, Q = 1,1 80 Hz
13 Zoll	52 g	12 Wb/m	60 Liter	60 Hz, Q = 0,65	14 Hz, Q = 0,9 60 Hz, Q = 0,75

le wird oben und unten etwas verlängert und an beiden Enden mit einem Kurzschlußring

in Form von überbrückten Drahtwindungen versehen; das Foto am Anfang dieses Beitrags zeigt das sehr deutlich.

bremst dadurch die ungewollte Bewegung deutlich. Dies findet aber eben nur statt, wenn die Mitte der Schwingspule weit genug aus der neutralen Lage ausgelenkt wird. Bild 10 zeigt den gesamten mechanischen Widerstand für ein 8'-Lautsprecherchassis mit und ohne dynamische Dämpfung als Funktion der Auslenkung. Bild 11 zeigt das zeitliche Verhalten eines Chassis mit dynamischer Dämpfung bei 5 und 50 Volt Sinus<sup>2</sup>-Impuls. Die extremen Impuls-Verzerrungen bei hohen Ausgangspegeln sind nun weitgehend beseitigt. □



**Bild 11. Die Membranauslenkung einer DD-Schwingspule.**

Das oben Gesagte erklärt, warum Transmissionline-Systeme so viele Freunde haben: Eine Kleinsignalanalyse eines Transmissionline-Systems zeigt keinen überragenden Verlauf in der Wiedergabe; aber die Transmissionline stellt eine ziemliche Widerstandslast dar und wird deshalb vom Rückgang der magnetischen Dämpfung bei starken Auslenkungen nicht so stark beeinträchtigt.

**E**ine andere Methode, um das Klingeln zu vermindern, das durch die verzögerte Auslenkung verursacht wird (ohne allerdings die verspäteten Auslenkungen selber vermeiden zu können), wurde von der Firma Seas entwickelt und von ihr 'Dynamic Damping' genannt. Eigentlich eine einfache Idee: Die Schwingspu-

Solange nun die Aussteuerung der Membran gering ist, befinden sich die Kurzschlußringe außerhalb des Magnetfeldes und haben keinen Einfluß auf das Geschehen im Luftspalt. Bei stärkerer Aussteuerung dagegen würde die Schwingspule eigentlich den Bereich des zentralen Magnetfeldes verlassen wollen. Bevor dies geschieht, taucht aber der Kurzschlußring in das Magnetfeld ein und

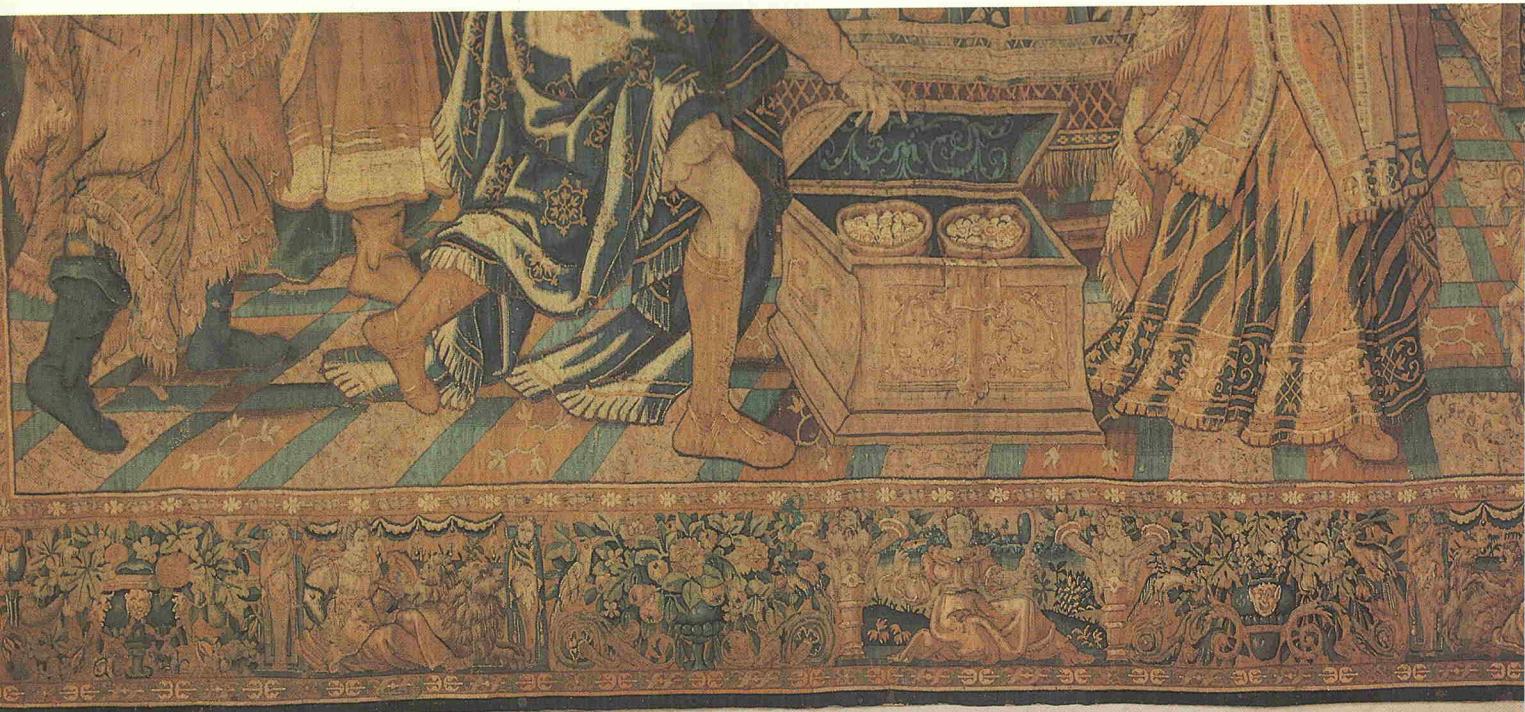
**Information + Wissen**

**Brandneu und Exklusiv aus L.A.: Elektrostaten im Selbstbau!** Elektrostatischer Flächenlautsprecher 200 - 20.000 Hz. Kompl. Übertrager plus Netzteil 825,- DM. Sofort neue L.A. Gesamtpreisliste anfordern!

**Phone Design...der Knaller!** HiFi-Geräte-Füße in poliertem Messing oder verchromt. SEAS Micro 189,- DM, Gehäuse ab 79,- DM. Procs Habit 648,- DM, Gehäuse ab 358,- DM. Limitierte Auflage: Airbrush Design by Mike Etienne (USA)

**Lautsprecher Arndt**  
Borsigstr. 65 · 46 Dortmund 1 · 02 31 / 81 12 27

—Inh. Michael Arndt



# Einstürzende Netz- strümpfe

*Außer Punk und Police*

*kann natürlich auch andere Musik*

*über die Neuentwicklung*

*von MIVOC gehört werden.*



## Die Daten

Gehäuseprinzip	3-Wege, Baßreflex
Nennbelastbarkeit	130 W
Musikbelastbarkeit	200 W
Impedanz	4 Ohm
Empfindlichkeit	89 dB/1 W/1 m
Übernahmefrequenzen	600 Hz/4 kHz
Nettovolumen	55 l
Höhe	900 mm
Breite	300 mm
Tiefe	330 mm

Der Erfolg des größeren Modells 440 (den ersten Prototypen stellten wir in der letzten Ausgabe dieses Magazins vor) bewog Mivoc, ein kleineres und preiswerteres Modell zu entwickeln. Primäres Ziel war es, den Qualitätsstandard des größeren Bruders zu erreichen, jedoch aufgrund eines niedrigeren Preises für noch mehr Hifi-Begeisterte von Interesse zu sein. So ist es, neben der optisch gleichen Linie, nicht weiter verwunderlich, daß weitgehend alle Lautsprecherchassis identisch sind. Wie der Name '340' schon erahnen läßt, handelt es sich um ein 3-Wege-System, das in klassischer Manner aufgebaut ist.

Das Innenleben der Box besteht dabei aus einem 10'-Tiefton-System, mit der Bezeichnung WAW 254 FDC, einem 5'-Konus-Mittelton-System mit der Bezeichnung MAW 134 und dem brandneuen 19 mm-Hochton-System TSF 194 FDC.

## Die Teile

Holz

	Abmessung	Anzahl
Schall + Rückwand	879x279 mm	2
Seitenwände	840x330 mm	2, beidseitig Schmiegen zuschneiden
Boden + Decke	240x330 mm	2, beidseitig Schmiegen zuschneiden
Einsetzstück	42,5x42,5 mm	4, beidseitig Schmiegen zuschneiden
Rückwand innen	134x256 mm	1 (13 mm Material)
Trennböden	163x256 mm	2 (13 mm Material)
<b>Chassis</b>		
Tieftöner	WAW 254 FDC	1
Mitteltöner	WAW 134	1
Hochtöner	TSF 194 FDC	
Frequenzweiche	NW 340	
Dämpfungs-material	Tieftöner Mitteltöner	4 Matten (LD 8824) 1 Matte (LD 8824)
Kabel Anschluß-klemme	2x1,5 mm <sup>2</sup> Messing-terminals	3 m (LN 8125) 2 Stück
<b>Frequenzweiche</b>		
Spule L1	3,9 mH; Ø 1,0 mm Corobar	
Elko C1	68 µF; 35 VAC, glatt	
Elko C2	37 µF; 35 VAC, glatt	
Spule L2	1,8 mH; Ø 0,5 mm Luftspule	
Spule L3	0,33 mH; Ø 0,71 mm Luftspule	
Elko C3	15 µF; 35 VAC, glatt	
Folie C4	4,7 µ; 100 VDC, glatt	
Spule L4	0,12 mH; Ø 0,71 mm Luftspule	

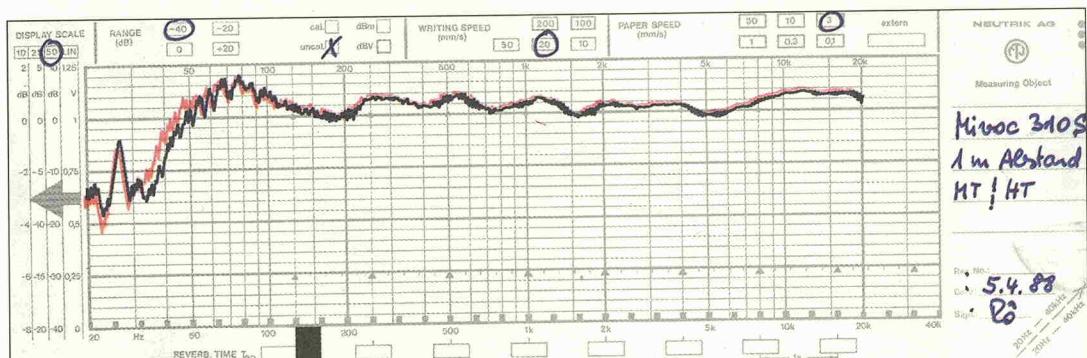
Das Tiefton-System WAW 254 FDC ist aus dem Spaltenmodell von Mivoc, der 440, bekannt.

Im Kasten auf der nächsten Seite sind alle Lautsprecherkenndaten, die von Bedeutung sind, genau aufgeführt. Besonderheiten oder charakteristische Merkmale sind in erster Linie:

- der stabile Aludruckgußkorb;
  - die luftgetrocknete, kunststoffbe-schichtete Membran, extrem partial-schwingungsarm und mit hoher, inne-rer Dämpfung;
  - die Flachdrahtschwingspule mit 19 mm Wicklungslänge;
  - Der KAPTON-Schwingspulenträ-ger, in dem keine Wirbelströme auftre-ten können und der so keine Klirrantei-le produziert;
  - die luftdurchlässige und akustisch tote Staubschutzkalotte aus Gewebe;
  - das kraftvolle Magnet-System mit 8 mm starken Polplatten.

Gerade die Konstruktion der Membran erlaubt es, den WAW 254 FDC bis weit in den Mitteltonbereich zu betreiben. Ohne aufwendige Korrekturen mit der Frequenzweiche sind Trennfrequenzen von 800 bis 1000 Hz, ein für ein 10'-Hifi-System beachtlicher Wert, zu befürworten.

**I**m Modell 340 konnte aber auf eine solch hohe Trennfrequenz verzichtet werden. Das Mittelton-System MAW 134 verfügt über eine tiefe Resonanzfrequenz und ist schon ab 100 Hz einsetzbar. Ein weiter Spielraum öffnet sich, um die akustisch optimale Trennfrequenz zu finden.



Die rote Kurve zeigt den Frequenzgang mit einem Reflexrohr, die schwarze den mit zwei Rohren.

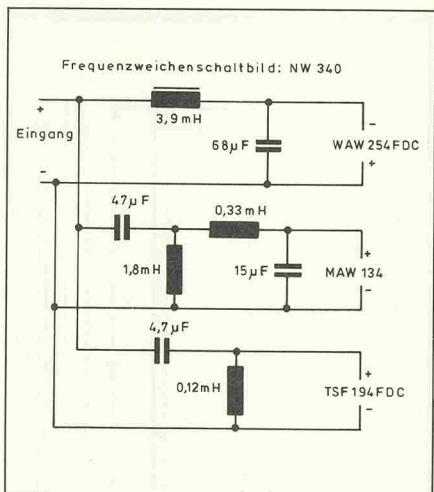
Im Tief- und Mitteltonbereich unterliegt man oft dem Irrtum, daß eine kleine und damit in aller Regel leichte Membran vorteilhaft ist: gutes Masse-Antrieb-Verhältnis, gutes Impulsverhalten, exakte Ein- und Ausschwingvorgänge, alles das sind Schlagwörter, die für kleine, leichte Membranen und starke Magnete sprechen.

Rein mechanisch gesehen ist das auch alles richtig; eine leichte Membran ist nun einmal mit geringerer Energie aus ihrer Ruhelage zu bringen und starke Magnete kontrollieren nun einmal besser die Bewegung. Was aber oftmals übersehen wird, ist, daß der Strahlungswiderstand frequenzabhängig ist. Das heißt im Klartext: Ein Lautsprecher

Datenblatt WAW 254 FDC	
Impedanz	4 Ohm
Nominalbelastbarkeit	100 Watt (100 Std. non stop)
Sinusbelastbarkeit	130 Watt (DIN)
Musikbelastbarkeit	200 Watt (DIN)
Übertragungsbereich	fc — 2000 Hz (-3 dB)
Kennschalldruck	92 dB (1 Watt/1 Meter)
empf. Trennfrequenz	bis 1000 Hz, 12 dB/Okt.
Korbabmessung	278 x 278 mm
Einbautiefe	104 mm
Schwingpulendurchmesser	Ø 37 mm; Wickelhöhe: 19 mm
Schw.-Träger-Material	Kapton
Thiele-Small-Parameter	
Resonanzfrequenz	25 Hz
Gleichstromwiderstand	3 Ohm
Q <sub>MS</sub>	6,7
Q <sub>ES</sub>	0,26
Q <sub>TS</sub>	0,25
effektive Membranfläche	363 cm <sup>2</sup>
bewegte Masse	31 Gramm
VAS-Volumen	250 Liter
C <sub>ms</sub>	1,37 x 10 <sup>-3</sup> m/N
R <sub>ms</sub>	0,72 Kg/s
B x L	7,5 Tm

Datenblatt MAW 134	
Impedanz	4 Ohm
Nominalbelastbarkeit	30 Watt (100 Std. non stop)
Sinusbelastbarkeit	100 Watt (DIN) 500 Hz/12 dB/Okt.
Musikbelastbarkeit	150 Watt (DIN) 500 Hz/12 dB/Okt.
Übertragungsbereich	fc — 16000 Hz (-3 dB)
Kennschalldruck	89 dB (1 Watt/1 Meter)
empf. Einsatzbereich	300 Hz bis 5000 Hz, 12 dB/Okt.
Korbabmessung	130 x 130 mm
Einbautiefe	72 mm
Schwingpulendurchmesser	Ø 19 mm; Wickelhöhe: 5 mm
Schw.-Träger-Material	Spezialpapier
Thiele-Small-Parameter	
Resonanzfrequenz	55 Hz
Gleichstromwiderstand	3,4 Ohm
Q <sub>MS</sub>	4,8
Q <sub>ES</sub>	0,7
Q <sub>TS</sub>	0,61
effektive Membranfläche	79 cm <sup>2</sup>
bewegte Masse	7,5 Gramm
VAS-Volumen	12 Liter

Datenblatt TSF 194 FDC	
Impedanz	4 Ohm
Nominalbelastbarkeit	15 Watt (100 Std. non stop)
Sinusbelastbarkeit	150 Watt (DIN) 5000 Hz/12 dB/Okt.
Musikbelastbarkeit	250 Watt (DIN) 5000 Hz/12 dB/Okt.
Übertragungsbereich	2000 Hz — 26000 Hz (-3 dB)
Kennschalldruck	93 dB (1 Watt/1 Meter)
empf. Einsatzbereich	ab 3500 Hz, 12 dB/Okt.
Korbabmessung	85 x 85 mm
Einbautiefe	35 mm
Schwingpulendurchmesser	Ø 19 mm; Wickelhöhe: 2 mm (Flachdraht)
Schw.-Träger-Material	Kapton
Thiele-Small-Parameter	
Resonanzfrequenz	1400 Hz
Gleichstromwiderstand	3,2 Ohm
effektive Membranfläche	3 cm <sup>2</sup>



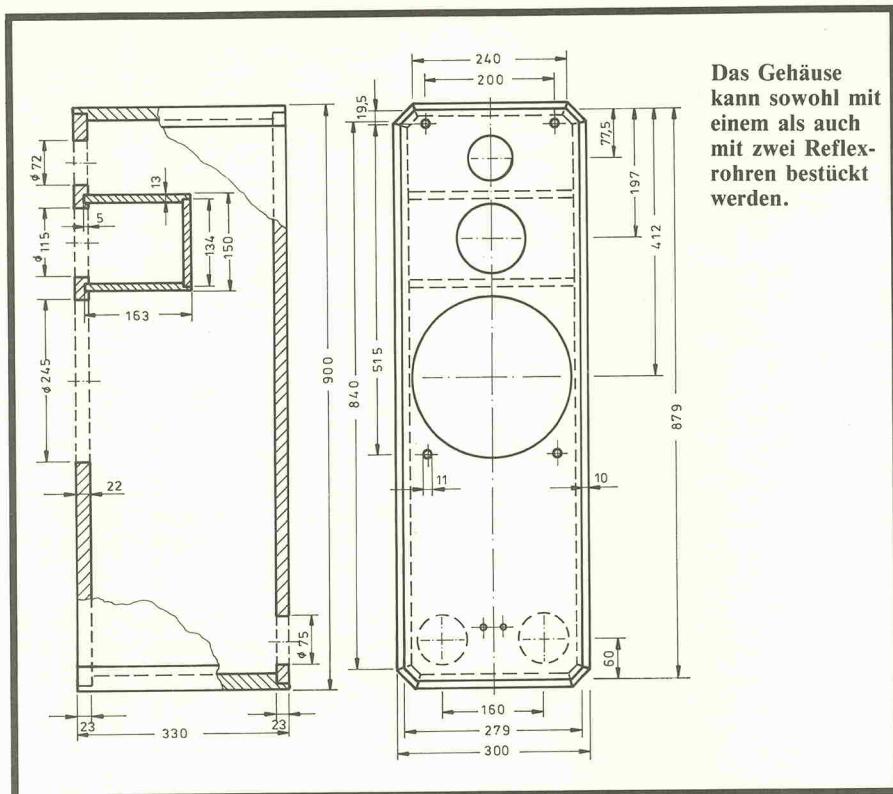
Der Tieftöner muß „verkehrt“ gepolt werden, um einen korrekten Phasengang zu erreichen.

cher muß mit abnehmender Frequenz immer mehr Hub machen, um den gleichen Schalldruck aufzubauen. Mit jeder Oktave ist der vierfache Hub erforderlich. (Siehe auch ‘Schalldruck und Membranhub’ Hifi-Boxen 6).

Wenn beispielsweise ein Lautsprecher mit einer 10 cm-Membran (5'-Korb) sich +/- 1 mm bewegt, um einen bestimmten Schalldruck bei 100 Hz aufzubauen, so muß die Membran +/- 4 mm Auslenkung tätigen, um den gleichen Schalldruck bei 50 Hz zu erreichen. Ein Lautsprecher mit der 4-fachen Membranfläche, also einer 20 cm-Membran (10'-Korb), benötigt jedoch nur +/- 1 mm Hub, um die gleiche akustische Leistung zu produzieren. Auf diesem kurzen Weg kann die im Verhältnis schwere Membran dem Signal besser folgen als die leichtere, aber kleinere Membran.

Sicherlich, ab einer bestimmten Frequenz ändern sich die Verhältnisse. Dann ist die Massenträgheit der schweren Membran so hoch, daß eine exakte Impulswiedergabe nicht mehr möglich ist. Zum anderen verbessern sich mit zunehmender Frequenz die Strahlungs-impedanzverhältnisse zugunsten kleinerer Membrandurchmesser; letztendlich holen mechanische Probleme wie Partialschwingungen den Vorteil der großen Membranfläche aber wieder ein.

Es gilt nun, den ‘sinnvollen’ Kompromiß zu finden. Wie angedeutet, sind potentiell Trennfrequenzen von 100 Hz bis 1000 Hz möglich. Zahllose Impulsmessungen



an den beiden Chassis deuteten schließlich darauf hin, daß eine Trennfrequenz im Bereich um die 500-700 Hz sinnvoll ist. Wie in den Daten nachzulesen ist, wurde letztendlich auch die Übernahmefrequenz in diesen Bereich gelegt. Auch hier galt es wieder Vor- und Nachteile abzuwagen oder besser gesagt anzuhören.

Schon hört man die Meute von Kritikern: Aber die Trennfrequenz liegt doch mitten im tonalen Bereich, wie kann man so etwas machen, wenn schon andere Möglichkeiten bestehen; die Phasendrehungen usw...

Nun, mit den Phasendrehungen muß man allemal leben; und eine sauber trennende Frequenzweiche zu konstruieren, so daß eine Lautsprecherbox wie eine Einheit klingt und nicht wie ein Konfekt aus drei Elementen erscheint, das ist schließlich die Arbeit des Konstrukteurs, die oftmals mehr Zeit und Ausdauer fordert, als es auf den ersten Blick vermeintlich scheint.

So sieht ein Bausatz aus, wenn er nach dem Transport von Mivoc aus der Kiste kommt; lediglich die riesigen Haufen Dämmmaterial haben wir weggelassen.

Das Mittelton-System MAW 134 hat sich bereits im MIVOC Spitzensmodell 440 bestens bewährt. Kunststoffbeschichtete Nawi-Membran und potenter Antrieb sind wichtige Details für verfärbungsfreies und dynamisches Verhalten.

Neu ist dagegen die Hochton-Kalotte TSF 194 FDC. Die Membran besteht, wie beim Vorgängermodell, aus reiner Titan-Folie; neu ist die Einspannung aus Supronyl, einem hochelastischen, temperaturunempfindlichen Kunststoff. Von Vorteil gegenüber dem Vollmetallschwingsatz ist das gutmütige Resonanzverhalten, das sonst nur Hochtöner mit Ferrofluid erzielen. Die Eigenschaften von Ferrofluid im Langzeitverhalten sind nämlich nicht immer so, wie es den früheren Erwartungen entsprach. Der Clou des Hochtöners ist allerdings die Schwingspule: 19 mm, Flachdraht, einlagig hochkant gewickelt auf einem Kapton-Trägermaterial.

Um den drei hochwertigen Lautsprecherchassis gerecht zu werden, bedarf es einer sorgfältig abgestimmten Frequenzweiche. Die vorgeschlagene Schaltung sollte mit hochwertigen Bauteilen aufgebaut werden; eine eventuell fertig gekaufte Weiche vom Typ NW 340 entspricht schon dieser Forderung, so daß auch hier wieder vor 'Verschlimmbesserungsversuchen' gewarnt werden muß.



Als Gehäusematerial hat sich, entgegen allen Unkenrufen, die gute alte hochverdichtete Spanplatte behauptet. Ein sehr guter mechanischer Verlustfaktor, verbunden mit der typisch hohen Masse sind Fakten, die die Spanplatte als idealen Gehäusewerkstoff herausstellen. So sind auch die Bausatzgehäuse von Mivoc für das Modell 340 in 22 mm starker, hochverdichteter Spanplatte ausgeführt. Selbstverständlich ist dabei, daß Material der Emulsionsklasse I (formaldehydfrei) verwendet wird. Das Fertig-Gehäuse ist in Weiß oder Esche-schwarz erhältlich. Für die eingefleischten Selbermacher haben wir die Materialstückliste mit abgedruckt. Selbstverständlich kann das Gehäuse auch in anderen, vielleicht exquisiteren Materialien, wie etwa Marmor oder Acrylglas aufgebaut werden. Beide genannten Materialien erweisen sich wegen der relativ niedrigen Übernahmefrequenz von Tief- und Mittelton-System als unkritisch.

Das verfügbare Nettovolumen für den WAW 254 FDC liegt bei ca. 55 Litern. Nach Thiele/Small ergibt sich für ein

geschlossenen Gehäuse eine Einbauresonanz von ca. 60 Hz mit einer Gesamtgüte Q<sub>TC</sub> von rund 0,67. Als Baßreflexkonstruktion erzielt die Box eine Tuningfrequenz von 40 Hz. Dazu ist ein Mivoc-Baßreflexrohr mit der Länge von 7 cm erforderlich.

**N**un findet man jedoch in der Gehäusezeichnung sowie im Bausatzgehäuse zwei Aussparungen für zwei Baßreflexrohre. Auch das hat seinen Grund. Hier erkennt man ein Dilemma, in das Boxenentwickler oftmals ungewollt 'hineingeschubst' werden:

Abstimmung a)—7 cm (1 Stück) ist die ideale Synthese für optimales Ein- und Ausschwingverhalten und maximale Tiefbaßwiedergabe;

Abstimmung b) ist dagegen für 90 % aller Lautsprecherinteressenten angenehmer, aus einem ganz einfachen Grund: Die Box gefällt besser!

Es ist zwar weniger Tiefbaß vorhanden, die Tuningfrequenz steigt auf etwa 48 Hz, das Einschwingverhalten

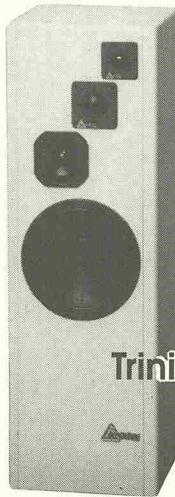
wird geringfügig schlechter, aber der Schalldruck im interessanten Baßbereich um die 60-80 Hz wird etwas lauter.

Soweit die Hintergrundinformationen. Experimentieren ist also im gewissen Maße erlaubt — ein unschlagbarer Vorteil für alle, die sich dem Lautsprecherselbstbau verschrieben haben. Im fertiggestellten Bausatzgehäuse läßt sich übrigens ein Reflexrohr sehr einfach mit Dämpfungsmaterial zu-stopfen!

Apropos Dämpfungsmaterial! Das Mitteltongehäuse wird mit einer Matte gleichmäßig ausgefüllt, ein äußerst unkritisches Unterfangen. Für das Tief-tongehäuse gilt: Der wichtigste Ort der Bedämpfung ist genau die Mitte. Drei Matten Dämpfungsmaterial werden zu einer Rolle gewickelt und durch den Tieftonausschnitt in das Gehäuse gestopft, so daß das Material hängen bleibt. Kleine Nägel helfen sehr gut das Material zu fixieren. Grundsätzlich bleibt zu beachten, daß die Reflexöffnungen frei von jeglichem Dämpfungsmaterial sein sollen. □

## Absolute Spitzenklasse

Testurteil HIFI VISION 1/88



### Testzitate:

„...kraftvoll und ohne verschleppte Nachschwinger platzen jetzt die knackigen Baßtrommel Kaskaden des Perkussionisten-Wirbelwinds Curf Cress in den Hörraum.  
...die Dortmunderin trumpfte mit ungeheurer Agilität in den Mitten und Höhen auf, was besonders fetzigen Stücken aus der Popmusik zugute kam. So ummauteten beispielsweise die Bläserriiffs die erdige Rockstimme von Joe Jackson zackig und kernig, und die scharfen Breaks seines Drummers klangen frisch wie selten.  
Von dieser Spielfreude profitierten freilich auch klassische Weisen, die der Lautsprecher aus Dortmund zudem detailgetreu ausleutete...“

### Trinity RS 2,5 Z-Line

Komplett Kitpreis

1798.-

Rohgehäuse Stck 550.-DM  
lackiert Stck 700.-DM

Und hier können Sie sie u.a. hören:



**HIGH-TECH**  
Lautsprecher  
Factory

Kurt-Schumacher-Str. 3 Bremer Straße 28-30  
3500 Kassel 4600 Dortmund 1  
Tel.: 0561/16715 Tel.: 0231/528091

**SOUND  
SYSTEMS  
HIFI**

Cappelstraße 23  
4780 Lippstadt  
Tel.: 02941/4905

**MAINHATTAN  
ACUSTIK**  
Friedberger  
Landstraße 148  
6000 Frankfurt 60  
Tel.: 069/468979

**AUDIOPHIL**

Schlierseestr. 19  
8000 München 90  
Tel.: 089/6920808

**MINI  
AUDIO**

Nordring 18  
8751 Eisenfeld  
Te.: 06022/7868

## SUPERTESTS

stereoplay 11/86 und HIFI VISION 12/86



### Testzitate HIFI VISION:

„...erfreuliche Meßdaten ermittelte der Computer für die Trinity RS 5...  
...in Aaron Coplands Force Stück grölten die Pauken mit Wucht, und schmetternd stießen die Fanfaren dazwischen, ohne den Hörern mit schrillen Nebenton den Schweiß auf die Stirn zu treiben...  
...auch die Detailauflösung, die die Hörer zuvor bei der XYZ noch gewünscht hatten, bot die Trinity RS 5...  
...sie ließ die Bögen der Streicher seidig und angenehm über die Saiten surren...“

### Trinity RS 5b

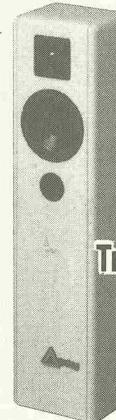
Komplett Kitpreis

398.-

Stck 160.-DM  
Rohgehäuse Stck 260.-DM

## SUPERTEST

HIFI VISION 1/88



### Testzitate:

„...galt es dagegen, der Frequenzskala möglichst tief in den Keller zu folgen, so heimste die Trinity Pluspunkt ein...  
...wohl dosierte Höhenerproduktion...  
...kraftvolle Trinity...  
...ausgeglichenes Klangbild, tiefe Bässe...“

### Trinity RS 6b

Komplett  
Kitpreis

248.-

Stck 148.-DM  
Rohgehäuse Stck 248.-DM  
lackiert Stck 248.-DM

Für den Einsatz in größeren Räumen sowie zur Erweiterung des Tiefbaßbereiches ist ein passender Subwoofer als Ergänzung lieferbar.

Span



# HiFi-Boxen selbstgemacht

## Platten-Filter mit 12 dB/Okt.

**Dr. Ing. Hubert**

Es gibt nichts, was es nicht gibt. Da steht vor einem ein quadratischer Holzwürfel mit einem runden Loch — und das soll der neue Baßlautsprecher sein? 1. April oder wie oder was? Und wenn man dann akzeptiert hat, daß die Kiste tatsächlich eine Box ist und nicht etwa ein Starenkasten und sich den Frequenzgang ansieht, der nicht mehr als zwei bis drei Oktaven 'breit' ist, so taucht die Frage nach der Sinnhaftigkeit solcher Entwicklungen auf. Eigentlich ein sehr schlechter Lautsprecher, oder?

Unter dem Gesichtspunkt von Satelliten-Subwoofer-Kombinationen gibt es aber doch einige Vorteile, die durchaus nicht von der Hand zu weisen sind. Gerade bei der passiven Auslegung solcher Kombinationen gibt es zahlreiche Probleme. Die Trennfrequenz zwischen Satellit und Subwoofer muß sehr niedrig liegen (in der Gegend von 100 Hz), damit der Subwoofer nicht geortet werden kann. Bei der Berechnung der Weiche darf aber keinesfalls von einer rein ohmschen Last ausgegangen werden. Die Impedanz ändert sich nämlich sehr stark mit der Frequenz, da die Übergangsfrequenz in der Nähe der Eigenresonanz des Tieftöners liegt. Selbst wenn zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden, so ergeben sich für die Kapazitäten und Induktivitäten derart große Werte, daß die Frequenzweichen sowohl sehr groß als auch sehr teuer werden.

HiFi-Boxen selbstgemacht 7

Und hier stellt sich unser Speziallautsprecher — wir möchten diese Sonderform eines Baßreflex-Gehäuses einmal Bandpaß-Lautsprecher nennen — mit 'eingebauter' Frequenzweiche 2. Ordnung (12 dB pro Oktave Flankensteilheit) als idealer Problemlöser vor.

Wie funktioniert nun der Bandpaß-Lautsprecher? Baut man einen Lautsprecher in ein geschlossenes Gehäuse ein, so hat der Frequenzverlauf bekanntlich eine Hochpaßcharakteristik 2. Ordnung. Baut man einen Lautsprecher in ein Baßreflex-Gehäuse ein, so hat der Frequenzverlauf eine Hochpaßcharakteristik 4. Ordnung (vorausgesetzt, man hat eine klassische B4-Abstimmung gewählt, von allen anderen möglichen Abstimmungen soll hier nicht die Rede sein). Sehen wir uns den prinzipiellen Frequenzgang einer Baßreflex-Box einmal genauer an.

Der Frequenzgang der Baßreflex-Box (Kurve c) setzt sich im unteren Bereich aus zwei Anteilen zusammen. Zum einen aus dem Anteil, der vom Tieftöner direkt abgestrahlt wird (Kurve b), zum anderen aus dem Anteil, der von der Reflex-Öffnung abgestrahlt wird (Kurve a). Wie man sieht, hat der Frequenzverlauf der Reflex-Öffnung Bandpaßcharakteristik, genauer gesagt, handelt es sich um einen Bandpaß 2. Ordnung (12 dB Flankensteilheit) mit der

Mittenfrequenz  $f_B$ , der Resonanzfrequenz des ventilirten Gehäuses.

Wie kommt man nun zu einem Bandpaß-Lautsprecher? Ganz einfach! Wenn man verhindert, daß der direkt vom Lautsprecher abgestrahlte Schallanteil (Kurve b) einen Beitrag zum Schalldruck leisten kann, bleibt nur der Bandpaß übrig. Also wird einfach ein geschlossenes Gehäuse über den Lautsprecher gesetzt. Fertig ist der Bandpaß-Lautsprecher!

Prinzipiell sieht das dann so aus wie in Bild 2.

Das Lautsprecher-Chassis arbeitet also auf der einen Seite gegen das ventilirte Volumen und auf der anderen Seite gegen das geschlossene Volumen. Damit gibt es, im Gegensatz zu Baßreflex-Boxen, keine Probleme mit subsonischen Frequenzen, da der Tieftöner immer ge-

gen eine geschlossene Volumen arbeitet (bei Baßreflex-Boxen wird der Lautsprecher unterhalb der Abstimmfrequenz durch das Gehäuse überhaupt nicht mehr belastet, und kann daher schnell zerstört werden).

Obwohl nach den Erfahrungen des Autors rein rechnerische Lösungen zu wenig zufriedenstellenden Ergebnissen führen, sollen die grundsätzlichen Zusammenhänge kurz aufgezeigt werden.

In der nachfolgenden Abbildung sind theoretische Frequenzgänge des Bandpaß-Lautsprechers skizziert (Butterworth  $q = 0,707$ ).

Aufgetragen ist der relative Schalldruckpegel über der normierten Frequenz  $f/f_{c1}$ ,  $f_{c1}$  ist die Eigenresonanz des Lautsprechers im eingebauten Zustand.

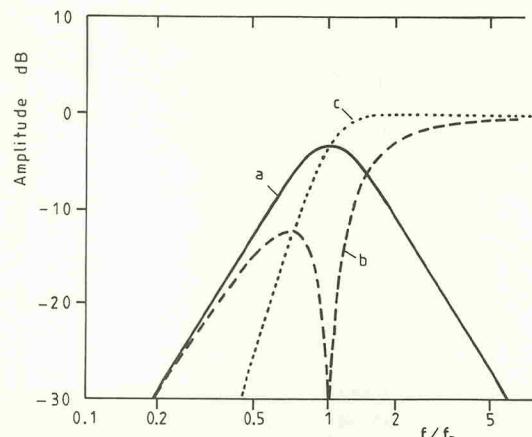


Bild 1. Frequenzverlauf der Baßreflex-Box

## Bandpaßgehäuse

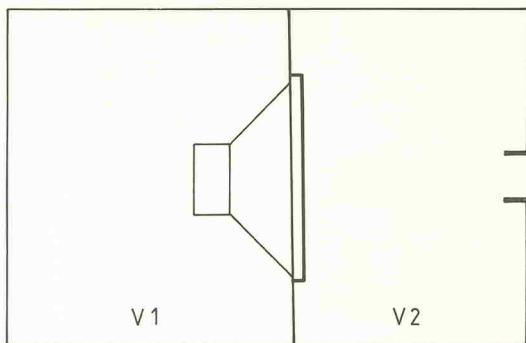


Bild 2. Der prinzipielle Aufbau des Bandpaß-Lautsprechers

$$\alpha T = V1/V2$$

V1 = Volumen des geschlossenen Gehäuses

V2 = Volumen des ventilierten Gehäuses

$\alpha T = 0,5$  heißt also, daß das ventilierte Volumen doppelt so groß ist wie das geschlossene Volumen. Durch das Verhältnis der beiden Volumina läßt sich somit das Übertragungsverhalten des Bandpaß-Lautsprechers steuern. Je größer  $\alpha T$ , um so breiter wird der Bandpaß. Bei kleinen  $\alpha T$ -Werten wird der Bandpaß immer schmäler — aber auch immer lauter! Die theoretischen Zusammenhänge lassen sich auch sehr schön mit folgender Aufstellung erkennen:

$\alpha T$	Qtc1	fH/fl	$\eta$	Vt/V
0,5	1,0	2,0	2,67	3,0
1,0	0,71	2,62	2,12	2,0
2,0	0,5	3,73	1,70	1,5
3,0	0,41	4,79	1,51	1,33
4,0	0,35	5,85	1,41	1,22

Qtc1 ist der totale Q-Faktor des eingebauten Lautsprechers. fH/fl kennzeichnet die Bandbreite des Bandpasses.  $\eta$  ist der Wirkungsgrad des Bandpaß-Lautsprechers, bezogen auf den Wirkungsgrad eines geschlosse-

nen Lautsprechers mit gleichem Volumen und gleicher Grenzfrequenz.  $\eta = 2$  z. B. heißt, der Wirkungsgrad des Bandpaß-Lautsprechers ist doppelt so groß wie der Wirkungsgrad eines gleich großen, geschlossenen Lautsprechers, mit gleicher unterer Grenzfrequenz.  $Vt/V1$  kennzeichnet das Verhältnis des totalen Boxenvolumens zum Volumen des geschlossenen Gehäuses.

Aus der Tabelle sieht man wieder deutlich, wie mit steigendem  $\alpha T$  die Bandbreite an-

steigt, allerdings auf Kosten des Wirkungsgrades. Bei  $\alpha T = 2$  ist z. B. der Wirkungsgrad des Bandpaß-Lautsprechers 70 % größer als bei einer gleich großen, geschlossenen Box.

Unser Bild auf Seite 91 zeigt die praktische Realisierung des Bandpaß-Lautsprecher-Prinzips am Beispiel der Selbstbau-Box PROCUS 'Habitus' und Bild 4 den Frequenzgang des Bandpaß-Gehäuses (Habitus) als Nahfeldmessung.

Kurve a zeigt die natürliche Bandpaß-Charakteristik ohne jedes Filter, Kurve b zeigt das Tiefpaßverhalten 3. Ordnung (18 dB/Oktave) mit vorgeschalteter Spule  $L = 5$  mH.

Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden:

○ Der Bandpaß-Lautsprecher liefert eine natürliche Bandpaß-Charakteristik mit 12 dB/Oktave Flankensteilheit.

○ Durch Hinzufügen eines elektrischen Filters 1. Ordnung kann ein Tiefpaß mit 18 dB/Oktave realisiert werden.

○ Der Wirkungsgrad des Bandpaß-Lautsprechers ist deutlich höher als bei einer vergleichbaren geschlossenen Box.

○ Es gibt keine Subsonic-Probleme wie bei Baßreflex- oder Transmissionline-Gehäusen.

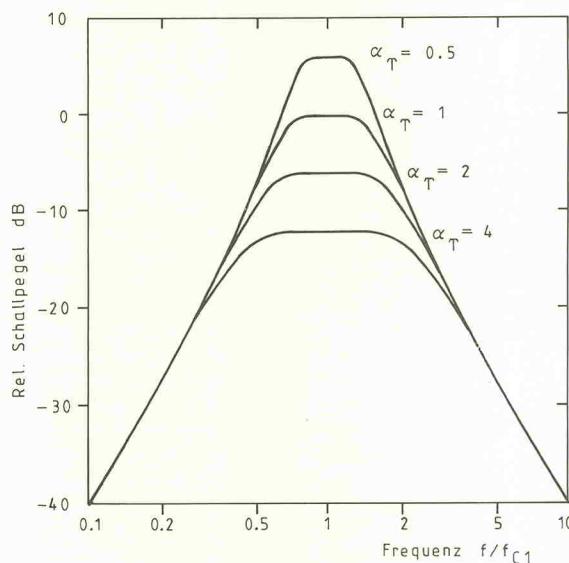


Bild 3. Frequenzgang des Bandpaß-Lautsprechers (Butterworth,  $q = 0,7$ )

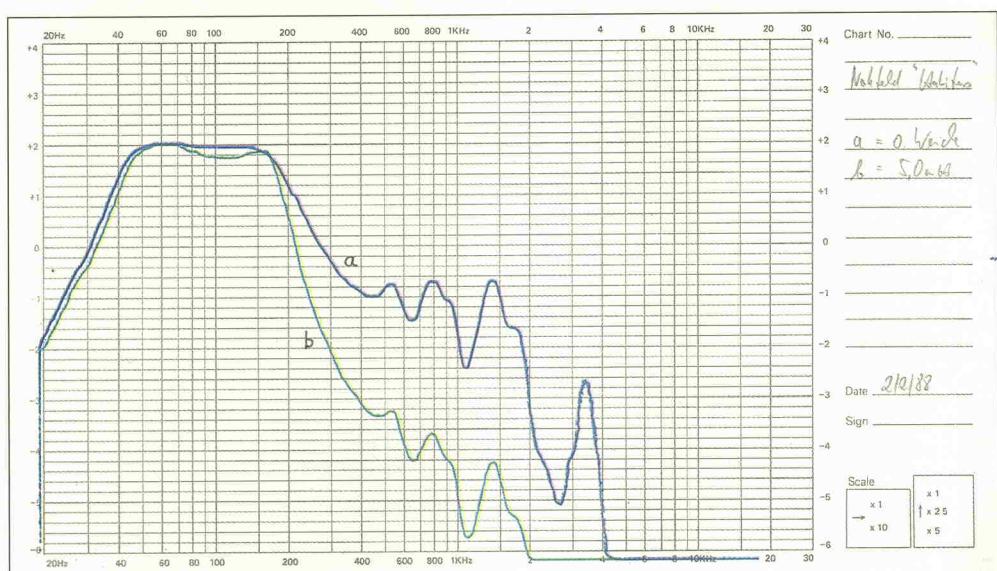


Bild 4. Der Nahfeld-Frequenzgang eines Bandpaß-Gehäuses: Kurve a ohne und Kurve b mit „Weiche“.

Alte Lin  
ner Str. 119  
4150 Krefeld  
Tel. 02151-20515

**KREFELD**

Matzker + Engels GmbH

**PROCUS** • *Habitus*  
• *Fidibus aktiv*  
• *Intus*

648,- DM / Stck.

2147,- DM / Stck.

468,- DM / Stck.

**HECO**

• *Neue Topcom-Chassis, Projekt Alpha*

**SEAS**

• *Micro*

195,- DM

**LAUTSPRECHERLEITUNGEN:** 2x4mm<sup>2</sup> transparent 1,50 DM / ldm.  
2x4mm<sup>2</sup> hochflexibel 2,50 DM / ldm.

**UNSER SERVICE:** Überprüfung Ihrer Bausatzbox durch Frequenzgangmessung 5,- DM pro Schrieb!  
Infomaterial gegen 2,40 DM Rückporto anfordern!

**HECO TopCom**  
**KÖLN**

Julicher Str. 22  
5000 Köln 1  
Tel. 0221-  
237505

## **SPEAKER-CORNER**

bei uns  
vorführbereit

0 52 41/  
2 98 88

**FOCAL**  
SYSTEMES

- OPAL
- ONYX
- SOLUTION
- SUSPENSE
- SURPRISE

Blessenstätte 28  
4830 Gütersloh 1

## **Referenz Lautsprecher**

Stereoplay 11/87

**ANALOGON®**  
NUGGET

Fertiggehäuse  
MDF roh 160,- DM

Bausatzpreis 398,- DM  
pro Stück incl. Frontplatte

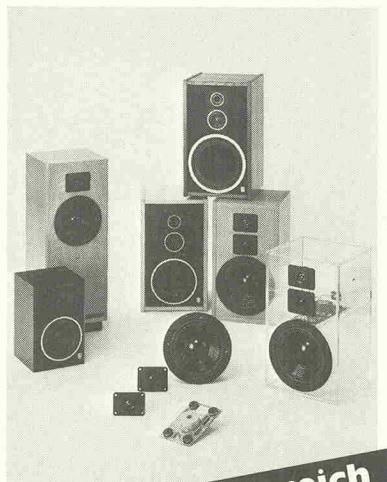
## **hifi Manufaktur**

Wendenstraße 53 · 3300 Braunschweig · Tel.: 0531/4 64 12

Geschäftszeiten: Mo-Fr 10-13 und 14-18 Uhr, Sa 10-14 Uhr

## **Das Stereo-Erlebnis: Der neue WHD-Selbstbaukatalog bringt's.**

- 22 Bauvorschläge mit Werkfotos, Technik, Gehäuseplänen
- Tips aus Theorie und Praxis
- Tabellen und Testergebnisse
- Bausätze für's Auto
- 2- und 3-Wege-Boxen
- Transmissionline-Boxen
- Musiker-Boxen



**Erfolgreich  
getestet!**

**whd**

W. Huber & Söhne GmbH  
PF, D-7212 Deißlingen  
Telefon (0 74 20) 20 41

**Die Technik  
kommt von**



**Auch er konnte nach  
3 Tagen  
als geheilt entlassen werden  
nach Behandlung in der...**



**Sound  
Clinic**

Meisterbetrieb  
Günther Christ  
Aufhofstraße 5  
6507 Ingelheim  
West Germany  
Tel. 06132/75414  
Fax 49/613275424

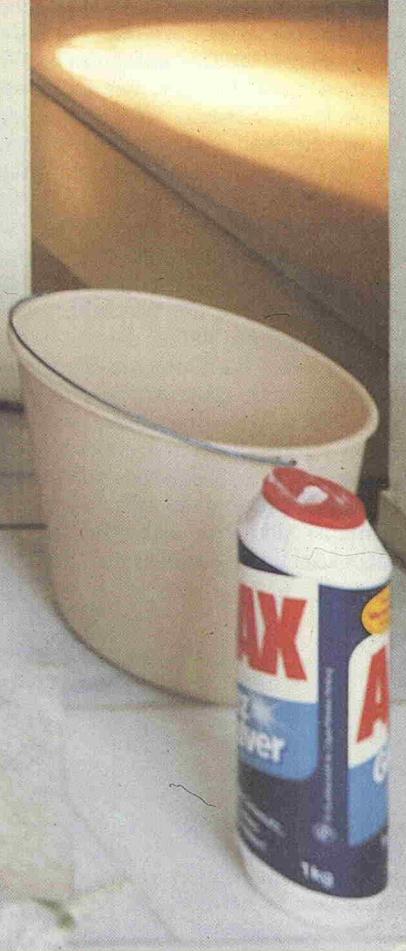


# Englische Lords

*Schwarz und vornehm im Design*

*aber ansonsten kein  
bißchen zurückhaltend,  
das sind die kleinen*

*Transmission-Lines von TDL.*



**Die Daten**

Gehäuseprinzip	2-Wege-TL
Belastbarkeit	100 Watt Sinus
Impedanz	8 Ohm
Kennschalldruck	87 dB/1 W/1 m
Übernahmefrequenz	2,4 kHz
Volumen	60 Ltr
Außenmaße	270 x 364 x 866 mm
Entwickler	TDL/Oberhage

Von Industrie-Lautsprechern erfährt ein interessanterer Bastler — außer den üblichen Werbekommentaren — meistens so gut wie nichts. Über das Inneneben schweigt man sich verständlicherweise aus, weil man die 'Geheimnisse' des Lautsprechers nicht preisgeben will. Von TDL erfahren Sie dieses Mal etwas mehr...

**M**it dem vorliegenden Transmission-Line Bauvorschlag von TDL wollen wir 'das Pferd' einmal anders aufzäumen. Wir sprechen nicht darüber, wie die 'Bretter' verleimt werden. Statt dessen sehen wir ein wenig hinter die Kulissen, d.h. wir wollen über die Abstimmung der Frequenzweiche und die akustischen Feinheiten berichten. Wir können dem Leser damit zwar kein Handwerkszeug geben, mit dem er im eigenen Wohnzimmer die 'Superbox' perfekt abstimmen kann. Diese Arbeit muß bei jeder Lautsprecher-Kombination im Prinzip genauso penibel erledigt werden, wie wir es hier versuchen wollen. Unsere Beschreibung zeigt aber vielleicht auf, daß das Abstimmen von Lautsprechern ein sehr komplexes Thema ist, dem man eigentlich nur mit professionellem Equipment, viel Zeit

**Die Teile**

Gehäuse	20 mm MDF (d.h. 19 mm + Furnier 2 x 0,5 mm)
Seitenwände	866 x 364 x 20, 2 St.
Boden	230 x 364 x 20, 1 St.
Decke	230 x 364 x 20, 1 St.
Front/Rückwand	230 x 826 x 20, 2 St.
Teiler 1	200 x 230 x 13, 1 St.
Teiler 2	450 x 230 x 13, 1 St.
Teiler 3	471 x 230 x 13, 1 St.
Holzleisten	80 x 15 x 15, 2 St.
	232 x 15 x 15, 2 St.
	200 x 15 x 15, 4 St.

**Chassis**  
8 DC 442  
25 DT 18  
FW TLS 2 (Fertigweiche)

**Weiche**  
4,7 Ohm  
1,8 Ohm + 2 x 3,0 Ohm  
(für englische Hörer)  
2,2 MFD  
10 Ohm  
1,1 mH (2 Stück)  
0,25 mH  
5  $\mu$ F MFD (2 Stück)  
4  $\mu$ F MFD  
10  $\mu$ F MFD  
3 Platten TDL-Dimple-Foam  
2 x Terminals

und einer Menge Hörerfahrung zu Leibe rücken kann. Mit Formeln zur Berechnung einer Frequenzweiche kommt man nicht weit.

**Industriebox oder Bausatz, wo liegen die Unterschiede?**

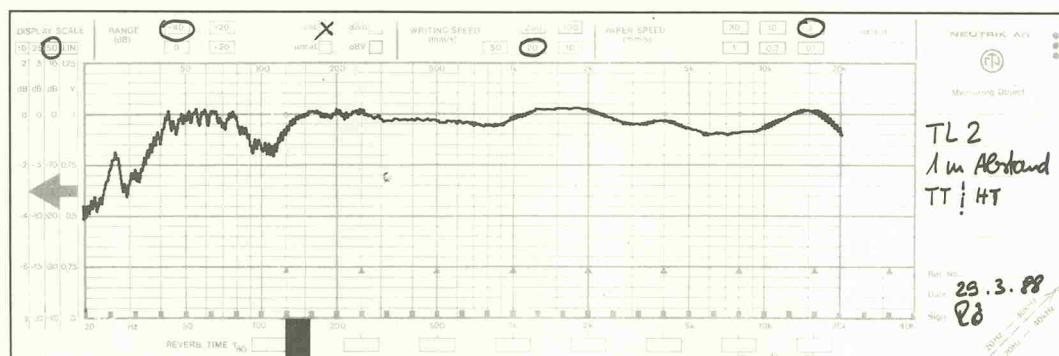
**D**en englischen Hersteller 'TDL electronics' brauchen wir wohl nicht mehr vorzustellen. In Bastlerkreisen ist TDL sicherlich bestens bekannt. Da aber bisher der Name TDL nur im Zusammenhang mit

relativ großen Transmission-Lines genannt wurde, wollen wir zeigen, daß es auch mit kleinen Gehäusen ganz tief in den (Baß-) Keller gehen kann. Die TLS 2 ist ein Beispiel dafür.

Aufmerksame Beobachter werden bemerken, daß die Original-Box von TDL die Bezeichnung 'TLS 2' trägt, während der Bausatz mit 'TL 2' tituliert ist. Wir dokumentieren mit der abweichenden Bezeichnung, daß zwischen dem Bausatz und dem Original gewisse Unterschiede existieren, auf die wir kurz eingehen möchten.

TDL ist nicht nur Hersteller von Lautsprechern; TDL entwickelt auch Chassis für andere Lautsprecher-Hersteller. So wird z.B. die Hochton-Kalotte aus der TLS 2 auch anderweitig eingesetzt. Deshalb kann TDL dieses Chassis nicht für den Bausatzmarkt freigeben.

Diese Einschränkungen beeinträchtigt unsere Arbeit an der TL 2 nicht, bedingt aber, daß wir für den Hochtonbereich eine eigene Abstimmung vornehmen müssen. Die speziell von TDL konstruierte Supronyl-Kalotte mit der Bezeichnung 25 DT 18 macht unseren Bausatz deshalb nicht zu einem Lautsprecher zweiter Wahl. Wie Sie sehen werden, gibt es Mittel und Wege durch Korrekturen in der Frequenzweiche die unterschiedlichen Eigenschaften zwischen Metall- und Supronyl-Kalotte auszugleichen. Der Hochtöner ist eine 25 mm-Ferrofluid-Kalotte mit 'Torpedo-Dome'. Man hätte sich vielleicht einen besseren Namen einfallen lassen sollen: Allzuleicht könnte der Eindruck entstehen, als würde der Hochtöner besonders aggressiv klingen. Ein Merkmal, das ganz und gar nicht mit dem Konzept englischer Lautsprecher-Kunst vereinbar wäre.



Die Ähnlichkeit mit den Meßschrieben 4 und 5 zeigt — trotz der unterschiedlichen Meßräume — den ausgeglichenen Frequenzgang.

Nun, diese Bezeichnung illustriert lediglich die spezielle Form der Kalotte, die eben nicht kugelförmig, sondern wie die Spitze eines Torpedos nach vorne ragt. Diese untypische Kalottenform hilft, das Abstrahlverhalten des Hochtöners im Winkel von 15-30 Grad zu linearisieren. Auf Achse gemessen unterscheidet sich der Hochtöner nicht von den üblichen Supronyl-Kalotten. Doch zurück zum Bauvorschlag.

Eine Transmission-Line ist — grob vereinfacht — eine Laufzeit-Leitung, in der der rückseitig von der Membran abgestrahlte Schallanteil für den hörbaren Frequenzbereich nutzbar gemacht wird. Während sich der Übertragungsbereich 'normaler' Lautsprecher bei etwa 50 bis 60 Hz verabschiedet, reicht er bei einer TL in der Regel eine Oktave tiefer, d.h. bis etwa 25-30 Hz. Das aber natürlich nur unter der Voraussetzung, daß es der Hörraum zuläßt.

Auf die Berechnung der TDL, die Konstruktion des Gehäuses wollen wir hier nicht eingehen. Betrachten wir diesen Teil der Arbeit als gegeben. Wir widmen uns, wie erwähnt, den 'inneren Werten', der tonalen Konstruktion. Zuvor aber noch ein Wort zum Dämmmaterial.

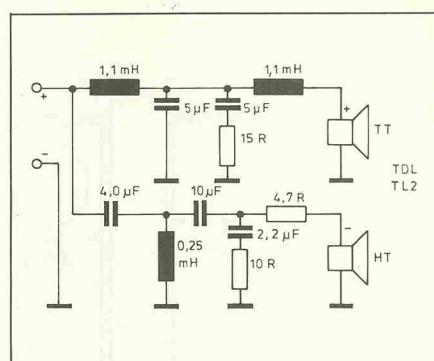
**V**ermutlich ist es auf IMF zurückzuführen, daß man mehr und mehr zum Noppenschaumstoff als Bedämpfungsmaterial bei Lautsprechern übergegangen ist. IMF

hatte seinerzeit alle TLs grundsätzlich mit Noppenschaumstoff ausstaffiert. Unter dem Synonym 'Prittex' begann dieses Dämmaterial auch in unseren Landen einen kleinen Siegeszug.

Prittex und Prittex ist aber nicht das-selbe. Es gibt dünnes, dickes, hartes, weiches, dichtes und offenporiges Ma-terial. Nicht jedes Material ist für eine TL gleich gut geeignet. Wir halten uns hier an die Vorgaben von TDL, wo-nach dieser 'Dimple-Foam' relativ leicht, weich und offenporig zu sein hat. Natürlich gehört die exakte Mate-rialbezeichnung und der Hersteller zu den kleinen Betriebsgeheimnissen. Da-mit es für den normalen Nachbauer zu keinen Irrtümern kommen kann, wer-den die Bausätze grundsätzlich nur mit komplettem Dämmmaterial ausgeliefert.

Ganz falsch wäre übrigens Glaswolle. Damit bliebe der Tiefbaß auf der Strecke und die Mineralfasern im Wohnzimmer. Mit Steinwolle könnte man den Tiefbaß kräftigen, aber zu Lasten der schnellen Impulswiedergabe.

**D**er unvorenommen Bastler sieht die Abstimmprozedur einer Box vielleicht so ablaufen: Meßschriebe von Tieftöner und Hochtöner anfertigen, ein paar Bauteile auswählen — der Erfahrungsschatz des Entwicklers beschleunigt diese Phase natürlich — den Frequenzgang über alles messen und dann, je nach Klang-Philosophie glatt, oder zur ‘Badewanne’ bügeln. Fertig!

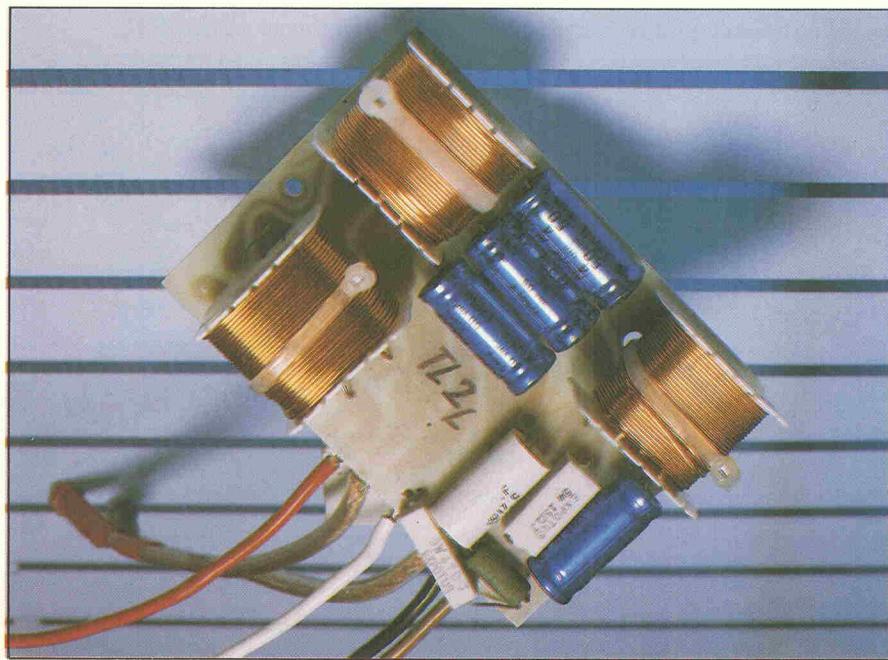


## Die Frequenzweiche in der endgültigen Dimensionierung.

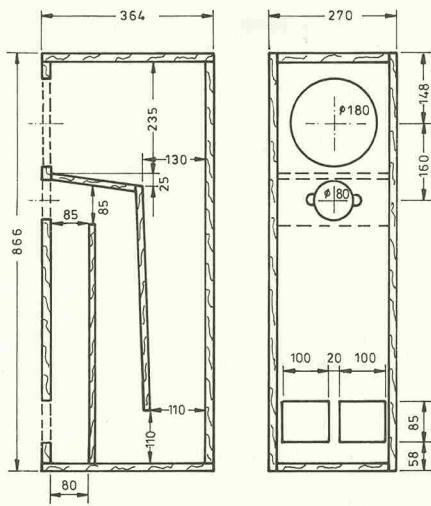
Ganz so einfach geht es leider nicht. Hilfreich sind für den Anfang die Nahfeldmessungen zweifellos. Die zeigen, ob, wo und wie korrigiert werden muß. Zusätzlich benötigt man die Impedanzmessungen. Gemessen wird selbstverständlich auch der Frequenzgang aus einer definierten Entfernung, z. B. 1 Meter. Hier wirken sich die Raumresonanzen sehr deutlich aus (Kamelhöcker), was recht unschön aussehen kann. Eine Tür geöffnet und die Kurve sieht schon wieder ganz anders aus. Wichtig ist die Vergleichbarkeit, d.h. man muß immer auf den Punkt genau den selben Platz haben.

Aber es gibt noch einen anderen Aspekt. Fast müßte man sagen, einen viel wichtigeren, nämlich das Hören. Diese parallelen Arbeiten, Messen und Hören, machen eine Lautsprecherkonstruktion so ungemein zeitaufwendig. Aus diesem Grund veröffentlichen einige Vertriebe auch keine Weichenschaltungen mehr. Der traditionelle Bausatzkunde sieht oft nur die Summe der Einzelteile und vergißt den Entwicklungsaufwand. Fertigboxen sind nicht zuletzt deshalb so teuer, weil dieser Aufwand einkalkuliert ist. Aber zurück zu unserer Bausatzbox.

Wir können im Rahmen dieser Beschreibung nicht jeden Handgriff, nicht jedes Meßprotokoll aufzeigen, sonst wäre das Heft schnell gefüllt. Begnügen wir uns



## HiFi-Boxen selbstgemacht 7



Als Baumaterial für das Gehäuse ist 19 mm MDF mit beidseitigem Furnier vorgesehen.

also mit ausgewählten Entwicklungs-schritten.

Beginnen wir an dem Punkt, bei dem man meinen könnte, man wäre bereits am Ziel angelangt, d.h. bei einer Weichenschaltung, die einen relativ linearen Frequenzgang zeigt.

Wir nehmen hierfür die Schaltung, die von TDL bei der Super Compact verwendet wird, das ist eine kleinere Baß-reflex-Box mit den gleichen Chassis. Meßprotokoll 1 zeigt den Baß 8 DC 442 mit dieser Schaltung. Die Werte der Bauteile sind im Meßprotokoll zu erkennen: Ein 'normales' 18 dB-Filter mit zwei Induktivitäten, die erste etwa doppelt so groß wie die zweite. Mit dem 'Schulbuch' hätten sich für die Übernahmefrequenz von 2,4 kHz andere Werte ergeben. Nehmen Sie sich doch einmal die Formeln zur Hand. Wir haben noch keine gefunden, mit der wir einen Lautsprecher hätten konstruieren können.

Nach dieser Arbeit könnte man meinen, daß die Kombination schon fertig sei. Hörtests folgen und beweisen — wie so oft — das Gegenteil.

Die stufenweisen Veränderungen im Baßteil der Weiche ...

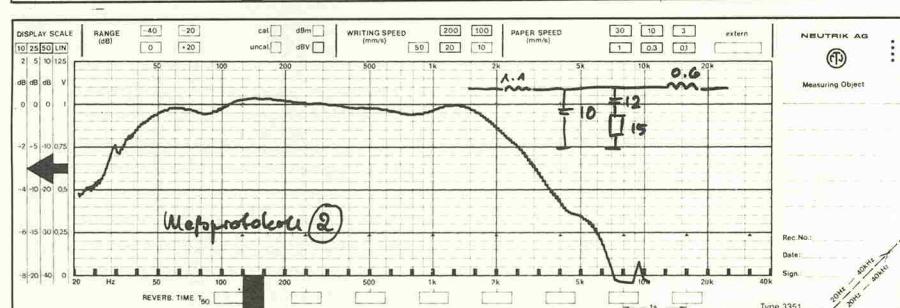
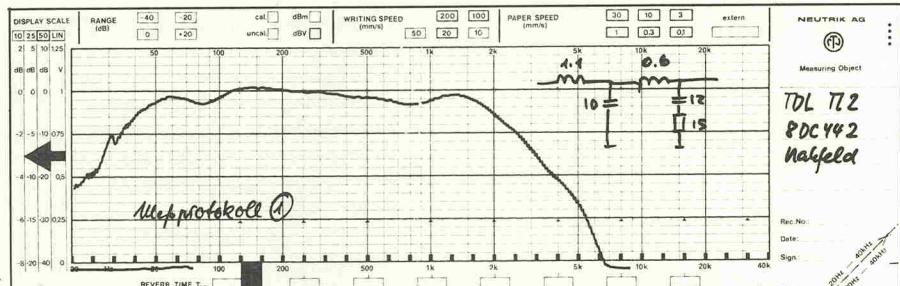
Wenn Sie wollen, können Sie diese Tests ja an Ihren Lautsprechern nachvollziehen.

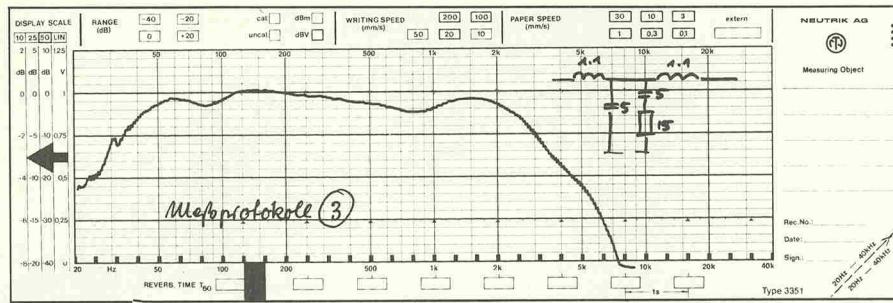
Beginnen wir zunächst mit der Stabilität der Rauminformation. Dazu hören wir mit der Highlight CD Nr.4, Stück 2 und stellen die Lautsprecher so auf, wie sie später auch im Wohnzimmer üblicherweise positioniert werden (Basisbreite = Hörabstand, leichtes Anwinkeln zum Hörer). Vermeiden sollte man die Monitoreinstellung, d.h. die Ausrichtung der Lautsprecher auf den Hörer. Wenn der Lautsprecher konsequent auf Monitorstellung entwickelt wurde, hören Sie die perfekte Rauminformation nur auf einem Platz. Stehen die Lautsprecher später 'normal', kann unter Umständen die Rauminformation instabil sein.

In unserem Beispiel hören wir, daß die Flöte, die ihren genau definierten Platz haben sollte, bei Oktavsprüngen hin und her wandert. Ein zweiter Effekt, der uns nicht gefällt, ist die noch etwas zu geringe Tiefenstaffelung. Die Instrumente stehen irgendwo zwischen den Boxen, bzw. hängen links und rechts an den Lautsprechern.

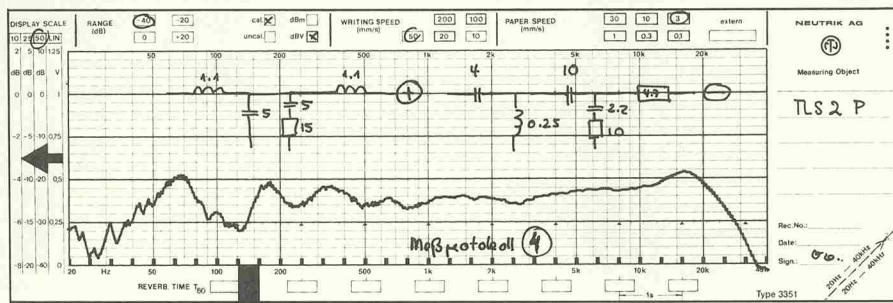
Wie dieses Problem gelöst werden kann, zeigt uns John Wright von TDL bei den beiden wohl bekanntesten TDL-Lautsprechern, der RSTL und der Studio. Räumliche Instabilität ist ein Phasenproblem, das bei Transmission-Lines anders gelöst werden muß als bei Baßreflex-Boxen. Die erste Versuchsschaltung funktioniert in der Baßreflex, nicht in der TDL.

Während man mit der Highlight Nr.4 die Stabilität der Räumlichkeit, die exakte Positionierung der Instrumente genau nachvollziehen kann, bietet die OPUS 3 einen Maßstab für die Fähigkeit eines Lautsprechers, das Klanggeschehen dreidimensional abzubilden.

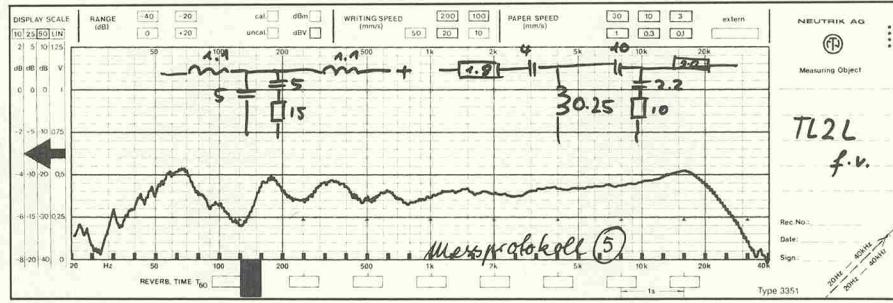




... ergeben schließlich die optimierten Werte (oben). Für anglophile Hörer zeigt Protokoll 5 (unten) deutlich den geringeren Schalldruck bei 16 kHz.



Diese Feinabstimmung muß man sich durch 'Spielen' an der Weiche ertasten, erhören. Leider können wir dafür keine Formel anbieten.



Das RC-Glied im Baß, das den leichten Pegel-Anstieg zur Übernahmefrequenz hin dämpft, setzen wir — anstatt direkt vor die Schwingsspule — zwischen die beiden Spulen der 18 dB-Weiche und verändern damit die Phasenlage. Am Frequenzgang (Meßprotokoll 2) ändert sich auch etwas, er wird scheinbar linearer, geht aber zu früh weg, was in der Fernmeldemessung deutlicher zu sehen ist.

Die zwischenzeitlich durchgeführten Hörproben zeigen den gewünschten Effekt. Die Instrumente bleiben stabil auf ihren Plätzen, nur die Tiefe stimmt noch nicht ganz.

**B**ei den erforderlichen weiteren Korrekturen müssen wir den Frequenzgang etwas anheben, weil er uns zu 'steil' abfällt. Das erreichen wir durch ein Vergrößern der zweiten Spule auf denselben Wert, den auch schon L 1 hat. Gleichzeitig müssen C 1 und C 2 verändert werden, denn das 'Hochziehen' würde sonst einen noch kräftigeren 'Abfall' verursachen. Meßprotokoll 3 zeigt die ab-

schließende Filterschaltung für den Baß. Die leichte Anhebung zwischen 1 und 2 kHz wirkt sich durchaus positiv auf die Reproduktion der Stimmlagen aus.

Nach dieser Änderung sind wir auch mit der Tiefenstaffelung zufrieden. Die Erhöhung der zweiten Induktivität hat ein Mehr an räumlicher Tiefe gebracht.

Um die Tiefenstaffelung definieren zu können, hören wir die eingangs erwähnte Opus 3 CD 'Testrecord 1' an. Zum Beispiel das Stück Nr. 4 der 'Body bolden Blues'. Diese Komposition aus den 20iger Jahren müßte uns die sechs Musiker räumlich und tiefengestaffelt präsentieren. Für gewöhnlich stehen die Musiker im Raum und das heißt vorne, hinten, links, halblinks usw. — kaum anzunehmen, daß sie in einer geraden Linie aufgereiht stehen. Oder beim Stück Nr. 7 (My old friend) wissen wir aus den Erläuterungen zur Aufnahme, daß der Solist etwa zwei Meter hinter dem Mikrophon sitzen müßte. Sitzt er zwischen den Boxen, stimmt die räumliche Abbildung nicht.

Zum Hochtonbereich ist ein wenig Entwicklungsarbeit nachzutragen. Im Original wird eine Metallkalotte mit geringerem Wirkungsgrad eingesetzt. Würden wir die 25 DT 18 ohne Änderung übernehmen, hieße das, wir hätten einen zu höhenlastigen Frequenzgang. Ein zweites Problem ist, daß der Hochtöner (im Gegensatz zu den TDL-Metallkalotten) nicht so linear durchläuft, sondern im Pegel kontinuierlich bis 18 kHz ansteigt.

Zunächst linearisieren wir den Impedanzverlauf des Hochtöners mit einem RC-Glied. Das bremst den Anstieg dieser Supronylkalotte, denn wir wollen einen englischen Lautsprecher. Beim Wirkungsgrad müssen wir auch etwas nachbessern. Die Meßprotokolle 4 und 5 zeigen die endgültige Version. Der Lautsprecher, so wie wir ihn für richtig halten, hat zwischen Weiche und Hochtöner einen 4,7 Ohm Widerstand (Meßprotokoll 4).

Wenn man den Lautsprecher ein wenig mehr englisch hören will, kann man zwischen Eingang und C 3 noch einen Widerstand von 1,8 Ohm schalten, darf aber dann den Abschlußwiderstand nur mit 3,0 Ohm ansetzen (Meßprotokoll 5).

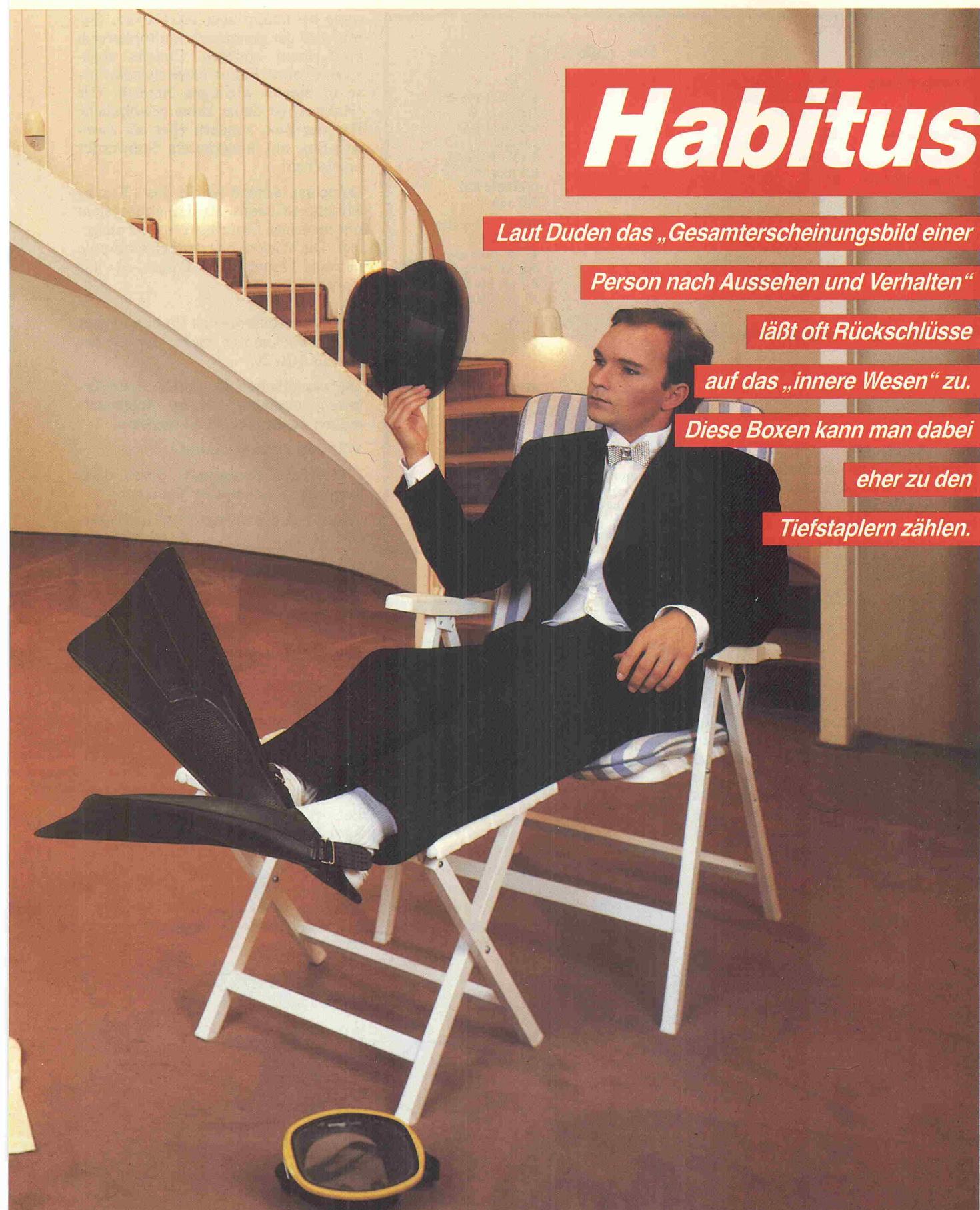
Warum wir den Widerstand zwischen Weiche und Hochtöner setzen, sei der Vollständigkeit halber noch angefügt. Dieser nachgeschaltete Widerstand dämpft den Hochtöner im Bereich der Übergangsfrequenz und ergibt für unsere Gesamtabstimmung einen sehr harmonischen Übergang zwischen Mitten- und Hochtonbereich. □

**Axel Oberhage**



# Habitus

Laut Duden das „Gesamterscheinungsbild einer Person nach Aussehen und Verhalten“ lässt oft Rückschlüsse auf das „innere Wesen“ zu. Diese Boxen kann man dabei eher zu den Tiefstaplern zählen.



## Die Daten

Gehäuseprinzip	2-Wege, mit eingebautem Bandpaß-Subwoofer
Belastbarkeit	200 W
Impedanz	4 Ohm
Kennschalldruck	91 dB
Übernahmefrequenz	180 Hz 2500 Hz
Volumen	45 Ltr
Außenmaße	375 x 265 x 1000 mm
Entwickler	Dr. Ing. Hubert

‘Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm’, denkt der aufmerksame Beobachter der Selbstbauszene, wenn er sich den jüngsten Sproß der Procus-Familie anschaut. Die Ähnlichkeit der ‘Habitus’ mit dem schon in elrad extra 3 beschriebenen Modell ‘Fidibus’ ist ebenso auffällig wie beabsichtigt und nach den Mendelschen Erbregeln auch unvermeidlich.

Dies wird im Tieftonbereich besonders deutlich: Im Inneren der ‘Habitus’ arbeiten zwei 20 cm-Tieftöner, die — von außen unsichtbar — für eine äußerst kräftige Baßwiedergabe sorgen. Wie man aus der Gehäuse-Zeichnung sieht, arbeiten die beiden Tieftöner auf der einen Seite in eine geschlossene Kammer und auf der anderen Seite in ein ventiliertes Volumen. Das Prinzip, nach dem die Tieftöner arbeiten, nennt man Bandpaß-Subwoofer und ist an anderer Stelle in diesem Heft ausführlich beschrieben. Zur Erinnerung noch ein-

## Die Teile

Frequenzweiche	
L1	5,00 mH FR50, 1,18 mm Ø
L2	0,88 mH K47, 1,0 mm Ø
L3	9,50 mH FR30, 0,5 mm Ø
L4	0,15 mH K42, 1,0 mm Ø
C1	200 $\mu$ F Elko glatt
C2	15 $\mu$ F MKT
C3	47 $\mu$ F Elko glatt
C4	400 $\mu$ F Elko 100 V
C5	8,2 $\mu$ F MKT
C6	15 $\mu$ F MKT
R1	10 $\Omega$
R2	3,3 $\Omega$
R3	2,2 $\Omega$
<b>Chassis</b>	
2 Stück	6491
1 Stück	6501
1 Stück	101/26
<b>Holz</b>	
Spanplatte 25 mm nach Zeichnung	
<b>Dämmmaterial</b>	
Noppenschaum 1 m <sup>2</sup>	
Hogofon PZ 2048	

mel kurz die wichtigsten Vorteile des Bandpaß-Prinzips:

○ Es gibt keine Subsonic-Probleme wie bei Baßreflex- oder Transmissionline-Konstruktionen

○ Der Wirkungsgrad ist höher als bei vergleichbaren geschlossenen Boxen

○ Das Bandpaß-Prinzip liefert (wie schon der Name sagt) von Natur aus eine Bandpaßcharakteristik mit 12 dB/Oktave Flankensteilheit.

Bei üblichen Dreiweg-Boxen liegt die Übergangsfrequenz zwischen Tieftöner und Mitteltöner bei 400 bis 800 Hz. Die Konzeption der ‘Habitus’ sieht aber bereits eine Tren-

nung bei knapp über 100 Hz vor. Damit wird der gesamte Grundtonbereich von einem einzigen Chassis abgestrahlt, ohne Frequenzweicheneinflüsse in diesem wichtigen Bereich. Die ‘Habitus’ ist daher keine gewöhnliche Dreiweg-Box, sondern eher als Zweieweg-Box mit integriertem Subwoofer anzusehen!

Dementsprechend wurde das 130 mm-Mittelton-Chassis als Langhubsystem mit niedriger Eingangsresonanz ausgelegt. Die Wickelhöhe der Schwingsspule beträgt 12 mm, der Träger ist aus Kapton.

Auch der Hochtöner ist für elrad-Leser kein Unbekannter mehr: Es ist der Procus 101/26.

Die wesentlichen Merkmale dieses Kaltlattenhochtöners können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

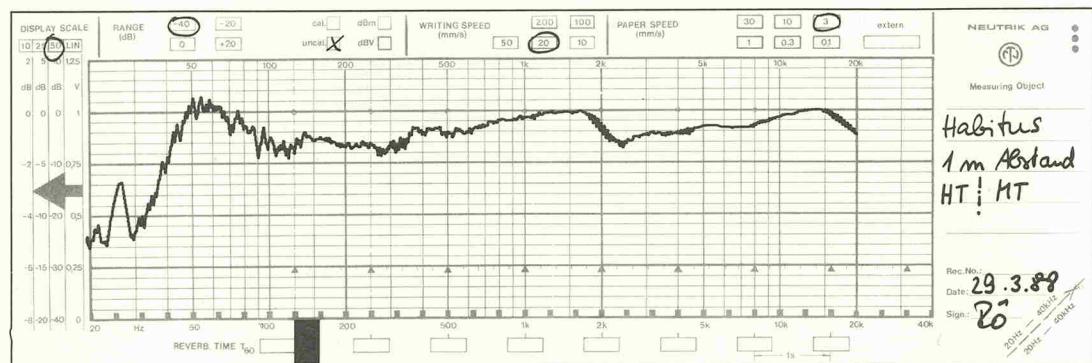
○ 25 mm Gewebekalotte

○ Niedrige Eigenresonanz durch angekoppeltes, bedämpftes Volumen

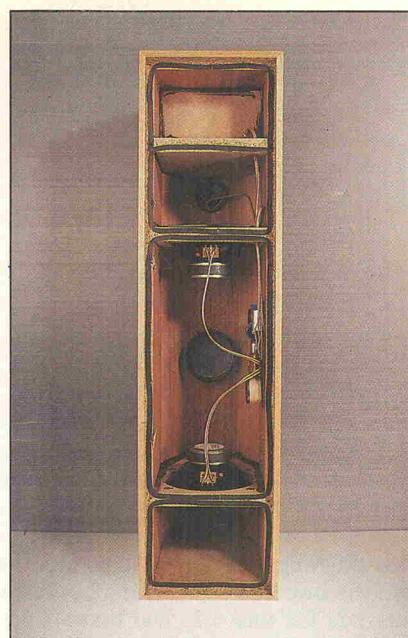
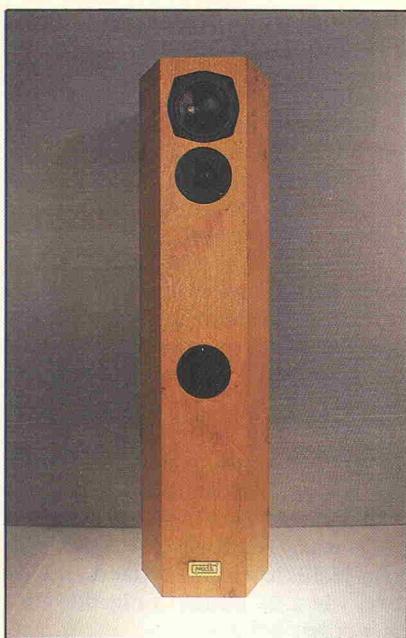
○ Komplette Schwingeinheit leicht austauschbar!

Die Frequenzweiche der ‘Habitus’ sorgt dafür, daß alle Übergangsflanken eine Steilheit von 18 dB/Oktave haben. Dabei wird der natürliche Frequenzgang der Chassis mit ausgenutzt. Durch die Bandpaßcharakteristik des Tiefotonbereiches z.B. liegt bereits eine Flankensteilheit von 12 dB/Oktave vor. Ein einfaches Filter erster Ordnung, sprich eine Spule, reicht also aus, um die gewünschte Steilheit dritter Ordnung zu erzielen.

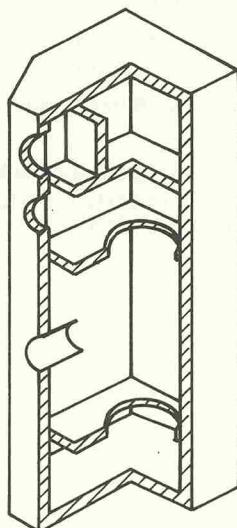
Bei der Ankopplung des Mitteltöners wird ähnlich verfahren. Hier reicht ein Kondensator als Filter erster Ordnung aus, um die gewünschte Flankensteilheit zu erlangen. Ein Lautsprecher im geschlossenen Gehäuse hat ja bekanntlich eine Hochpaßcharakteristik zweiter Ordnung.



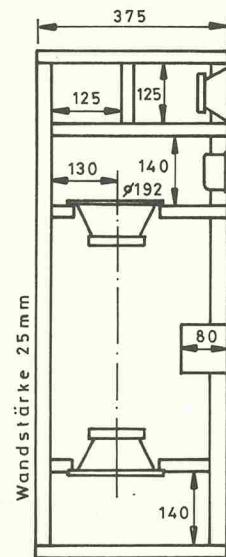
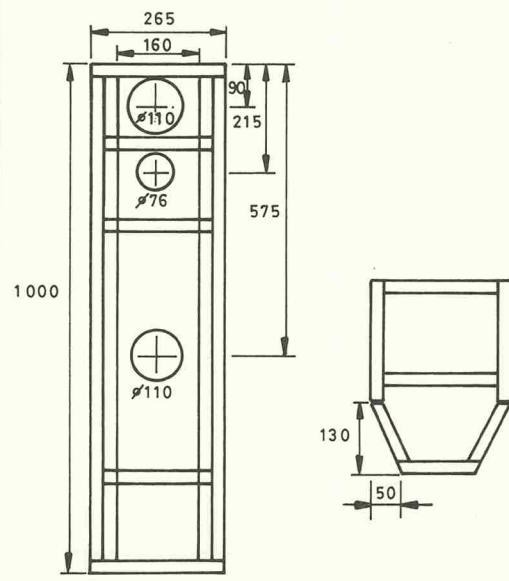
Der Frequenzgang der Habitus lässt sich im Tiefbaßbereich nicht ganz einfach messen; daraus resultiert auch der relativ wellige Kurvenverlauf.



Bei diesem schlichten Äußen sollte man eigentlich nicht ein solch komplexes Innenleben erwarten ...



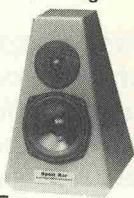
Das Gehäuse ist nicht ganz einfach aufzubauen; durch die vielen Kammern erreicht man aber eine hervorragende Stabilität.



# Open Air

Hamburg

Dolomit II  
Pyramide  
42 cm hoch  
Ganzlackgehäuse  
MDF 175,—  
Bass beschichtet  
Ø 16 cm, 80/100 Watt  
Komplett. Bausatz 98,—



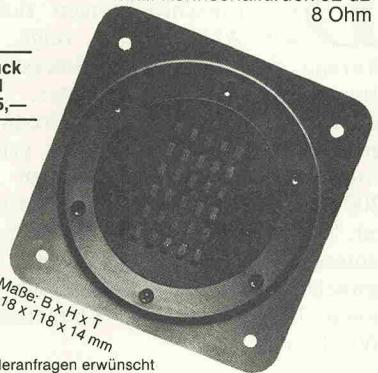
Auszug aus HiFi-Vision 1/88:  
„Beste Beratung für Kit-Fans“

Dieser Hochlötner  
gehört in jede hoch-  
wertige Lautsprecherbox

Besondere Merkmale:  
Kobaltsamariummagnetostat  
der absoluten Spitzenklasse,  
feinzeichnendes Klangbild gewähr-  
leistet eine Ortung in die feinsten  
Nuancen. Schon 90 dB ab 2000 Hz

Technische Daten:  
Übertragungsbereich 2000-40000 Hz  
Mittl. Kennschalldruck 92 dB  
8 Ohm

Stück  
DM  
255,—



Händleranfragen erwünscht

# THE SEAS SOUND



seas von open Air



Audax - Beyma-  
Celestion - Dynau-  
dio - EV - Fane -  
Focal - IBL - Isophon - KEF - Lowther -  
Magnat - MB - Matsushita - Peerless -  
Potszus Görlich - Scan Speak - WHS -  
Siare Seas. - TDL - Vifa - Visaton -

**Open Air** - RCF -

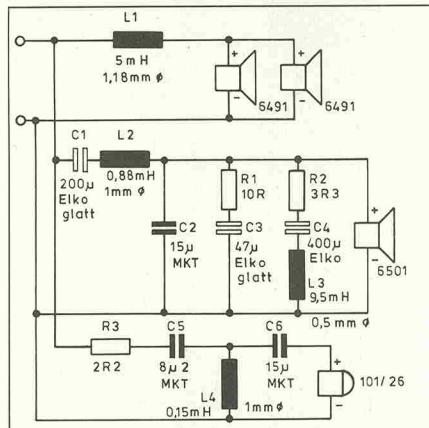
Rentzelstr. 34  
2000 Hamburg 13  
Tel. 040/44 58 10  
offen von 10.00 — 18.00

Lieferung auch ins Ausland  
Coupon einsenden  
für einen kostenlosen  
Open Air Katalog

**Das Bandpaßgehäuse ist zwar von der Konstruktion her ungewöhnlich, in bestimmten Fällen aber sehr zu empfehlen.**

Das eben Gesagte ist leider nur mit Einschränkungen richtig, wie Abbildung 1 zeigt. Die Kurven sind drei Nahfeldmessungen am 'Habitus'- Mitteltöner. Die schwarze Kurve zeigt den Frequenzgang ohne Weiche. Bei der grünen Kurve wurde ein Kondensator von  $200\text{ }\mu\text{F}$  vor den Lautsprecher geschaltet. Statt der erwarteten Dämpfung im unteren Frequenzbereich ist der Lautsprecher zwischen 60 und 90 Hz jetzt sogar lauter als ohne Kondensator! Wie kommt's?

Die Übergangsfrequenz liegt in der Nähe der Eigenresonanz des eingebauten Lautsprechers. Das Filter 'sieht' eine stark veränderliche Impedanz und kann daher nicht korrekt sperren. Ei-



Durch das Gehäuse-Prinzip ergeben sich auch im Tiefotonbereich 18 dB/Okt.

nen Ausweg aus diesem Dilemma liefert die Impedanztrennung bestehend aus R2, C4 und L3. Die blaue Kurve belegt eindrucksvoll den gewünschten Erfolg der Maßnahme.

Eine Impedanztrennung ist immer dann zwingend notwendig, wenn die Übergangsfrequenz in der Nähe der Eigenresonanz des eingebauten Lautsprechers liegt. Dies trifft z.B. bei allen Satelliten/Subwoofer-Kombinationen zu.

Der Gehäuse-Aufbau der 'Habitus' ist aus den Skizzen ersichtlich. Wer sich

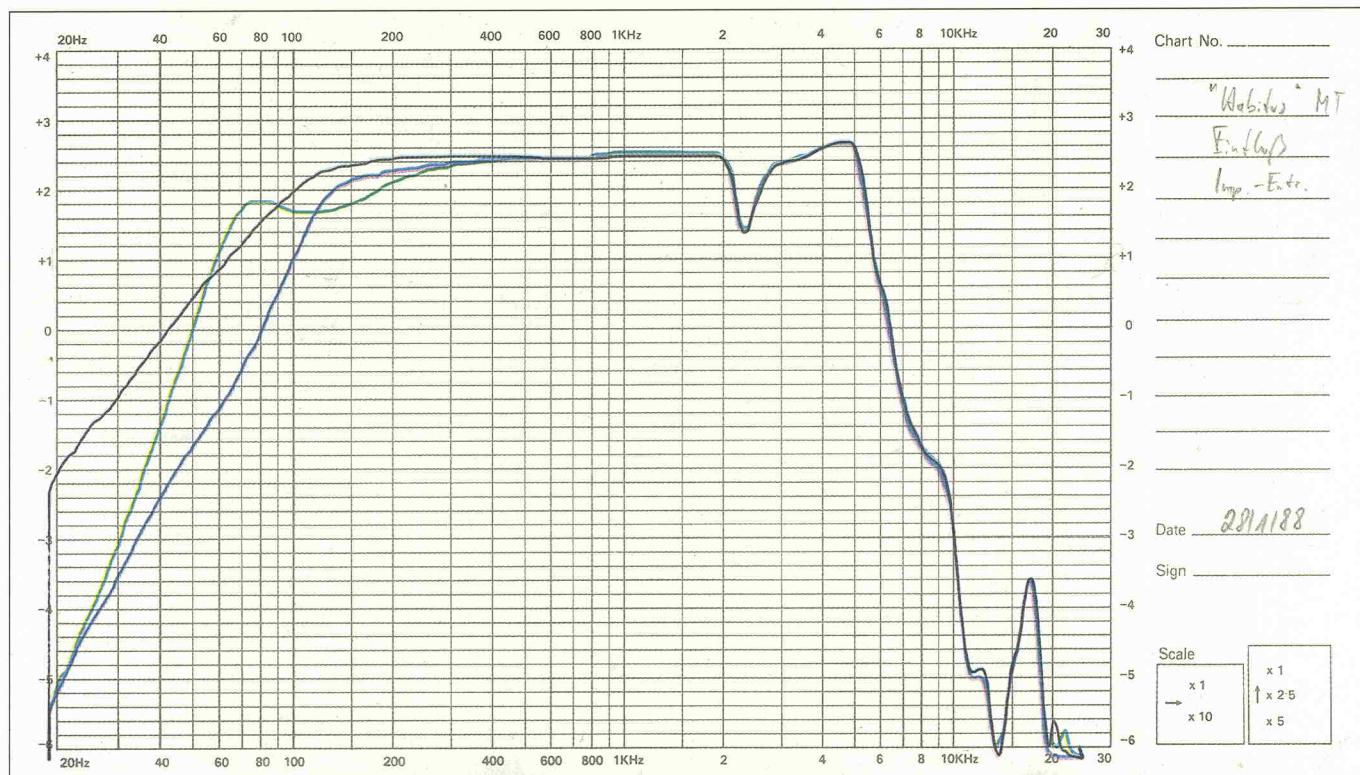
an ein solches Projekt wagt, weiß wie er seinen Knochenleim zu kochen hat. Der allgemeine Hinweis, daß die Baß-Chassis von der (verschraubten) Rückwand her eingesetzt werden und daß ein Lautsprechergehäuse stabil und dicht sein muß, möge an dieser Stelle genügen. Allerdings sind 'Habitus'-Leergehäuse in allen erdenklichen Furnierern und Lackierungen lieferbar, außerdem ein äußerst preiswerter Gehäuseausatz aus unbehandelter MDF-Platte.

Als Dämpfungsmaterial wird Noppenschaumstoff Hogofon PZ2048 empfohlen (ca. 1 qm pro Habitus). Als Klebstoff eignet sich hierfür Heißkleber oder jeder Kontaktkleber, wie z.B. Pattex. Folgende Flächen werden beklebt:

- alle freien Flächen der beiden geschlossenen Tiefon-Gehäuse
- Rückwand und beide Seitenwände des ventilierten Gehäuses
- der gesamte Bereich um das Reflexrohr

Beim Reflexrohr handelt es sich um ein in allen Baumärkten erhältliches Kunststoffrohr NW100.

**Dr. M. Hubert**



Die unterschiedlichen Frequenzgänge des Mitteltöners — je nach Impedanztrennung.



# HIFI VISION

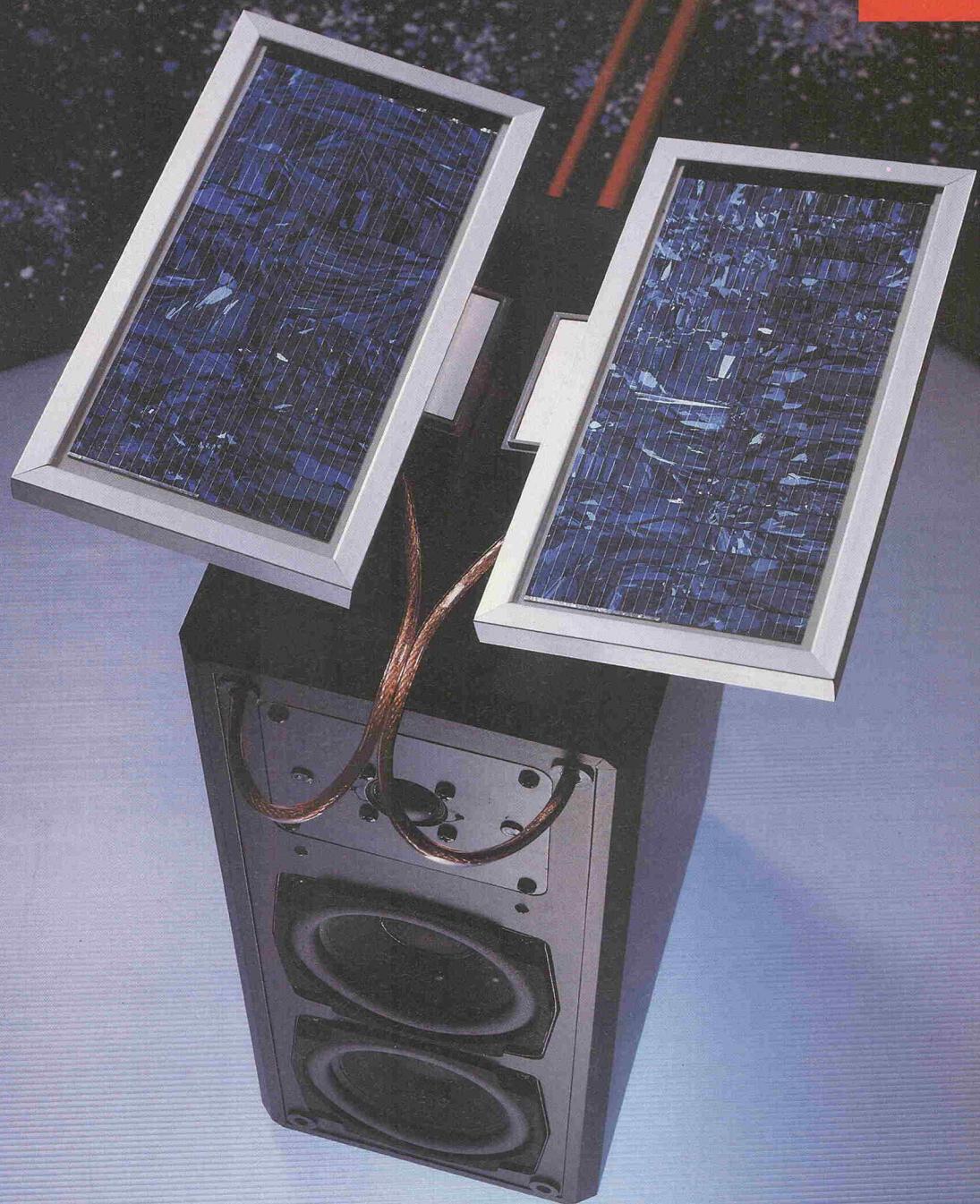
## Alles unter einem Hut

- HiFi-Tests, die schonungslos enthüllen, was Geräte und Boxen wirklich können – von schnuckeligen Einsteiger-Anlagen bis zu sündhaft teuren Traum-Komponenten.
- Insider-Informationen, Hintergründe und Reportagen, die schon heute zeigen, was morgen in der HiFi-Szene angesagt ist.
- Reports über Musiker, Menschen und Macher – Lesespaß für Leute, die's genau wissen wollen.
- Platten, kritisiert von Profis, die wissen, was anliegt – jeden Monat weit über 100 LPs und CDs.



**HIFI VISION** Für sieben Mark jeden Monat neu. Überall da, wo es Zeitschriften gibt.

**Zahl**



# en, Zwingen und Zauber im Lautsprecherbau

von George L. Augspurger

Beiträge zur Kunst der Lautsprecherentwicklung sind in der technischen Literatur gut dokumentiert, aber zum größten Teil nur, wenn es um professionelle oder gewerbliche Anwendungen geht. Fünfzig und ein paar Jahre der Entwicklung von High-Fidelity-Lautsprechern für den Hausgebrauch dagegen sind meist nur bekannt durch die Produktinformationen in Verbraucherzeitschriften. Einige Produkte, die Meilensteine der Entwicklung darstellen, ragen aber durchaus über die Tagesinformation 'man habe nun den absolut letzten Stand der Lautsprecherentwicklung erreicht — und überschritten' hinaus und dienen als bleibende Vergleichsnormale. Die folgenden Zeilen bieten einen kurzen, sehr persönlich gehaltenen Überblick über das, was sich im Entwurf von High-Fidelity-Lautsprechern seit den 40er Jahren bis heute getan hat. Behauptete Tatsachen sind — wo immer möglich — mit gedruckten Quellen bewiesen. Geäußerte Werturteile sind des Autors eigene Meinung und können vom verehrten Leser gern bestritten werden.

Die Bezeichnung 'High Fidelity' kam in den späten 40er Jahren in Mode. Sie wurde dazu benutzt, eine neue Generation von Produkten zu bezeichnen, die auf ein neues Segment im Verbrauchermarkt zielten. In der High-Fidelity-Sippschaft wurden die möglichen Käufer dieser exotischen Geräte als 'Audiophile' bezeichnet. Dem großen Publikum wurden sie griffiger als Hi-Fi-Narren bekannt. Zu jener Zeit waren High-Fidelity-Komponenten so teuer und suchterzeugend wie heute die Personal-Computer.

**L**autsprecher und Lautsprechersysteme erfreuten sich immer schon einer gewissen romantischen Verklärung, die andere irdische Güter — wie Kabel und Stecker — bis vor kurzem nicht genossen. Was in den vergangenen fünfzig Jahren alles als High-Fidelity-Lautsprecher verkauft wurde, ist echt erstaunlich. Wenn man noch die patentierten — aber nicht vermarkteteten — Konstruktionen hinzunimmt, wird die Übersicht chaotisch. Wie bei allen schöpferischen Bemühungen erzählen

uns Lautsprecherkonstruktionen eine Menge über ihre Erfinder. Diese Leute, einige wohlbekannt, die meisten aber unbekannte Tüftler, können entsprechend ihrer Konstruktionen in drei grobe Klassen eingeteilt werden. Ich habe die Vorbilder für diese drei Klassen so bezeichnet: der elegante Theoretiker, der begnadete Tüftler und der wundersuchende Magier.

**B**eiem Überblick über die Entwicklung des High-Fidelity-Lautsprecherbaus stößt man auf neuartige und bewundernswerte Auslegungen grundlegender physikalischer Gesetze. Ein gutes Beispiel ist der erste Lautsprecher, dem ein Platz in der Liste gebührt. Ich meine den klassischen Rice-Kellogg, ein elektrodynamischer Lautsprecher, der 1925 erschien. Die Erkenntnis, daß eine angetriebene Kolben-Membran genau den abnehmenden Strahlungswiderstand bei niedriger werdenden Frequenzen kompensieren kann, war eine meisterliche Einsicht, die ein Eckpfeiler in der Konstruktion von Lautsprechern mit erweitertem Wiedergabebereich bleiben wird. Sie empfiehlt seinen Erfinder als ehrenwertes Vorbild für die Klasse der eleganten Theoretiker.

Am anderen Ende des Spektrums gibt es Lautsprecher, die

nur funktionieren können, wenn die physikalischen Gesetze so umgekämpft werden, daß sie zu den wunderlichen Einfällen ihrer Erfinder passen. Ein Beispiel aus den 50er Jahren erfreute sich einiger Popularität; es kam daher unter dem Handelsnamen 'The Perfect Baffle' (perfekte Dämpfung). Es war ein kleiner Würfel, der nicht größer war als für den vorgesehenen Lautsprecher nötig. Innen gab es eine schmucklose hölzerne Höhlung ohne Watte oder Versteifungen. Das Geheimnis für die perfekte Funktion konnte man auf der Rückwand entdecken. Hier war eine kleine Klappe zu finden, an der oberen Seite mit einem Scharnier versehen; sie konnte frei vorwärts und rückwärts schwingen, je nach den gerade wirkenden Kräften der Schwerkraft und des Luftdruckes. Auf diese Weise vom rückwärtigen Druck befreit, konnte die Membran den feinsten Nuancen des elektrischen Signals folgen.

Die Vorstellung, daß der rückwärtige Druck als üble Kraft irgendwie durch Rohre, Ventile oder durchlässige Membranen beseitigt werden kann, ist etwas, das immer wieder in Lautsprecherpatenten hochkommt. Aber 'die perfekte Dämpfung' ist das erste Beispiel, das ich gefunden habe, und das sicher in seiner Schlichtheit einige Nachahmungstäter zur Höchstform

auflaufen ließ. Sein unbekannter Erfinder dient als Patenonkel für alle wundersuchenden Magier.

Ich zögere hier, einen bestimmten Erfinder als Paten für die Klasse der begnadeten Tüftler zu benennen. Jemand, der so genannt würde, könnte meinen, seine Fähigkeiten sollten herabgesetzt werden. Aber es ist umgekehrt: Diese Klasse enthält die große Mehrheit der erfolgreichen Lautsprecherentwickler. Man denke nur daran, daß Konus-Membranen nur in einem kleinen Teilbereich tatsächlich als Kolbenmembran arbeiten und darüber in Partialschwingungen 'aufbrechen'. Eine wirklich gute Konusmembran führt diesen Übergang in einer Art durch, daß eine relativ ausgeglichenen Wiedergabekurve erzielt wird, hörbare Verzerrungen klein und die Exemplarstreuungen bei der Herstellung gering bleiben. Dieser Prozeß entzieht sich der theoretischen Analyse, aber begnadete Tüftler im Lautsprecherbau haben zahlreiche Exemplare konstruiert, die beweisen, daß so etwas möglich ist. Ein Beispiel ist das Modell LE8T von JBL, das von dem betagten Edmond A. May entworfen wurde.

Es scheint mir, daß wir die meisten erfolgreichen Lautsprecherkonstruktionen der letzten 50 Jahre eher den begnadeten Tüftlern verdanken als den theoretischen Schreibtischtätern. Einige dieser Erzeugnisse haben nachhaltigen Einfluß gehabt, was sie vor ihren Zeitgenossen auszeichneten. Sie bilden Meilensteine der Entwicklung, die neue Richtungen im Lautsprecherbau — auch für die eigenen vier Wände — gezeigt haben. Fünf dieser richtungweisenden Konstruktionen werden hier beschrieben, weil sie einen tieferen Einblick in die verschlungenen Pfade der Verbrauchergutst gewähren.

**D**er erste Markstein ist bereits erwähnt worden. Der Rice-Kellogg-Lautsprecher mit der bewegten Schwingspule ist der Vorläufer der heutigen direkt-abstrahlenden Lautsprecherchassis. Er wurde 1925 als Heimlautsprecher-System eingeführt; er erfreute sich unmittelbaren wirtschaftlichen Erfolges. Der Traum für das Heim des klei-

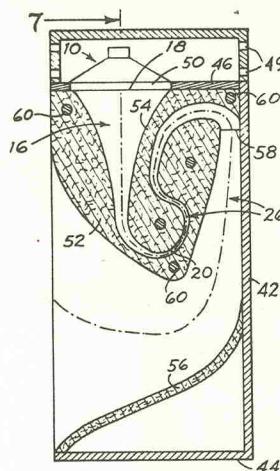


Bild 1. Eines der vielen, patentierte, gefalteten Hörner, hier mit doppelt exponentieller Schallführung.

nen Mannes — eine Konzerthalle — schien nur ein paar Mark weit entfernt zu sein.

Aber in den darauffolgenden Jahren entwickelte sich eine bemerkenswerte Zweigleisigkeit. Auf der einen Schiene fuhren die gewerblichen Lautsprecher, insbesondere die, die zur Schallwiedergabe in den Kinos bestimmt waren: Sie wurden größer und besser. Während auf dem anderen Gleis die Lautsprecher, die in normale Radios und Musikschränke eingebaut wurden, kleiner und billiger wurden. In der Dekade von 1930 bis 1940 gab es kein Gerät, das man High-Fidelity-Lautsprecher nennen könnte. Jene, die Besseres wollten als den geringen Frequenzumfang und die abgewürgte Klangqualität eines Standradios, mußten sich etwas aus der Palette der gewerblichen Klangerzeuger aussuchen und für den Heimgebrauch zurechtmachen.

**D**er zweite Meilenstein war solch ein Produkt: Der Altec-Lansing-Doppelstrahler Modell 604 wurde in den frühen vierziger Jahren eingeführt und von James B. Lansing in einer Veröffentlichung im Jahre 1943 beschrieben (1). Der 604 vereinigt einen 15-Zoll-Baßlautsprecher mit hohem Wirkungsgrad und einen Hochton-Druckkammerlautsprecher mit einem Horntrichter. Der Hochton-Druckkammertrichter war auf die Rückseite des Magnetsystems für den Baßlautsprecher aufgesetzt, und der Hals des Horn-

trichters war zentral durch die Polplatten des Tieftonmagneten nach vorn hindurchgeführt.

Ursprünglich war der 604 in erster Linie als Abhörlautsprecher für Rundfunk- oder Schallplattenstudios gedacht, in deren Bereich er zu einer anerkannten Norm wurde. Aber von Altec Lansing gab es auch Applikationen für den Einsatz in häuslichen Musikanlagen. Die älteren Leser erinnern sich vielleicht, schon einmal einen 604 mit der dazu gehörigen Elektronik auf der Rückseite einer Wandschranktür gesehen zu haben; er war nämlich das Lautsprecherchassis, das in den frühen Fisher-Musiktruhen eingebaut wurde — unter anderem ein Grund dafür, daß die Fisher-Modelle allen anderen Fertig anlagen hörbar überlegen klangen.

Als Hi-Fi zu einer Käufermarke wurde, erschienen auch andere Koaxial-Lautsprecher-Systeme. Im Jahr 1956 konnte man in den USA zwischen Modellvarianten von Jensen, Stephens, General Electric oder RCA wählen; in England gab es noch Tannoy dazu. Wie bei der Altec-Anordnung benutzten Tannoy und Jensen ein Hochtonhorn, das durch den Magneten des Baßlautsprechers hindurchblies. Jensen fügte noch ein weiteres Superhochton-Horn hinzu, um ein 'Triaxial'-System zu haben. Auf der anderen Seite war der RCA LC-1A ein vollständig direktstrahlendes System, Schoßkindchen von Harry F. Olson. Der 604 entwickelte sich durch eine Anzahl alphabetisch benannter Folgemodelle mit nur einer Veränderung der Zahl: der 605A. Vierzig Jahre nach seinem Erscheinen geht er immer noch gut als Modell 604-8G. Von den anderen erwähnten Koaxial-Modellen ist nur zu sagen, daß sie erfolglose Mitstreiter sind — bis auf den Tannoy Dual Concentric, der sich eines guten Rufes sowohl als Anwendermodell wie auch als Aufnahmestudio-Monitorlautsprecher erfreut.

**D**as Ekhorn von Klipsch wurde im Januar 1946 von seinem Erfinder beschrieben als 'Lautsprecher hoher Qualität mit geringen Abmessungen' (2). Es wurde ebenfalls über Nacht zu einem Erfolg, der bis heute andauert.

Die Konstruktion ist ein schönes Beispiel für gute Theoriekenntnisse im Zusammenspiel mit Geistesblitzen. Ein hochqualitatives Horn für die Aufstellung in einer Raumecke war bereits von P.G.A.H. Voigt vorgestellt worden; aber Paul Klipsch erreichte es, daß die Raumwände als Schalltrichter dienten. Alles, was gefunden werden mußte, war der passend gefaltete Halsabschnitt.

Im Gegensatz zu den riesigen Kinotheater-Hörern jener Zeit hatte das Klipsch-Horn nur ein Zehntel von deren Abmessungen und doch eine kraftvolle Baßwiedergabe, die sich noch eine Oktave weiter nach unten erstreckte. Audiophile waren elektrisiert, als sie entdeckten, daß es unterhalb von 55 Hertz auch noch Musik gab, und Klangeffekte und die 'Ouvertüre von 1812'.

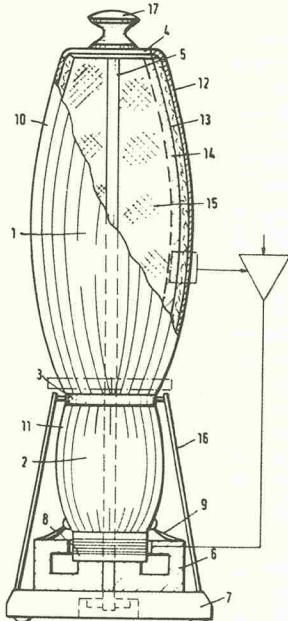
Das Klipschhorn inspirierte zahllose Entwürfe für gefaltete Hörner, die sich auch heute immer noch weiterentwickeln. Bild 1 zeigt eines aus der Menge der patentierten Variationen. Man könnte meinen, es gäbe nur eine beschränkte Zahl von Möglichkeiten, wie man eine sich ausdehnende wölbende Luftsäule zusammenzwingen und quetschen kann, aber die brüderlichen Horn-Konstrukteure scheinen diese Grenze noch nicht erreicht zu haben. Nur die Tatsache, daß Stereowiedergabe heute der Standard ist und daher zwei Boxen benötigt werden, sowie das Verlangen nach kleineren und handlicheren Lautsprechersystemen, hat schließlich das Ekhorn als unübertrefflichen Heimlautsprecher aus dem Rennen geworfen.

**D**er vierte Markstein ist das offene Gehäuse, das von Jensen in den frühen vierziger Jahren als das 'Baßreflex-Lautsprechersystem' bekanntgemacht wurde. Nun gab es einen Lautsprecherotyp, von dem selbst der nichttechnische Laie meinte, er habe verstanden, wie er funktioniert. Die Zahl der patentierten Varianten von Lautsprechergehäusen mit Öffnungen hat die menschliche Vorstellungskraft zu neuen Rekorden geführt, wie wir noch sehen werden.

Wegen ihres einfachen Aufbaus ist die Reflex-Box zu einem Liebling der Selbstbauer geworden, aber die Ergebnisse

ließen häufig zu wünschen übrig. Ältere Fachzeitschriften fand man voller guter Ratschläge, wie man mit den unterschiedlichsten Methoden einen sauberen Klang der Baßreflex-Boxen erreichen kann. Die Anleitungen reichten vom einfachen Knack-Test bis zur aufwendigen Analyse der ermittelten Impedanzkurve. Alle Tips hatten eines gemeinsam: Ihre Verfasser (der Autor selbst zählt sich auch dazu) wußten selbst nicht mehr über das Zusammenspiel zwischen Lautsprecherchassis, Gehäuse und Schallöffnung als die Leute, denen sie Rat gaben.

Erst durch den Einsatz elektro-nischer Analog-Nachbildungen konnte das Verhalten offener Lautsprechersysteme besser verstanden werden. Die Dar-stellung von Locanthy in einer Schrift über elektronische Er-satzschaltungen von 1952 (3) wurde schließlich von zwei Herstellern aufgegriffen, um bessere Baßreflexsysteme zu konstruieren. Im Jahr 1961 wurden geeignete Lautspre-cherparameter und die dazu passenden 'Alignments' von Neville Thiele (4) beschrieben und von Richard H. Small spä-ter verbessert. Heute werden die Thiele-Small-Parameter von praktisch allen Herstellern von Lautsprecherchassis wie selbstverständlich veröffent-licht und von den Anwendern



**Bild 2.** Das „Noten-Faß“ mit Motional-Feedback. Der Sensor dafür befindet sich in der rückwärtigen Kammer.

HiFi-Boxen selbstgemacht 7

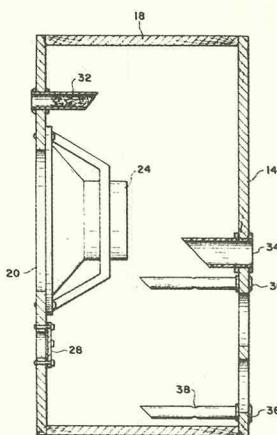


Bild 3. Ein Beispiel für ein Baßreflex-Gehäuse aus den Zeiten vor Thiele und Small.

benutzt, um Lautsprechersysteme mit vorhersagbarer Tiefton-Wiedergabe zu erhalten. Die Lautsprecherbauer, die vor einigen Jahren noch Reflexboxen als 'Bumsboxen' verleumdeten, sind nun stolz auf ihre computerberechnete Dimensionierung des klassischen B4-Alignments.

Zwei der unzähligen Reflexboxen, die kamen und gingen, sind interessant genug, erwähnt zu werden: Einmal das R-J-Gehäuse, das 1951 (5) erschien; es erhöhte absichtlich die gegenüberliegende Kopplung von Lautsprechermembran und Luftsäule im Gehäuse. Das Ergebnis war eine brutale Art von akustischem Tiefpaßfilter. Diese Technik ist zwar in gewissen Sonderfällen praktisch — aber für normale Anwendungen kaum zu gebrauchen. Das R-J-Gehäuse war nur für eine kurze Zeit in Mode und verschwand dann vom Markt.

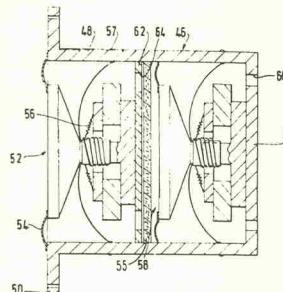
Fast zur selben Zeit wurde eine interessante und verbreitete Reflexbox von John E. Karlson gebaut. Ihre Theorie hat mehr als nur ein bißchen mit spinnerter Magie zu tun; sie basiert auf der Erwartung, daß ein exponentieller Schlitz irgendwie über einen breiteren Frequenzbereich in Resonanz gerät (6). Das Gehäuse scheint als verbundene Dreikammer-Box mit zunehmender Kopplung zwischen Lautsprecherchassis und Luftkanal funktioniert zu haben.

Obwohl die High-Fidelity-Vorführräume der fünfziger Jahre vollgestopft waren mit den verschiedensten Arten hörbar resonanter Hörner, Röhren, Prismen und Labyrinthe, hatte die

Schule des nicht-resonanten Lautsprecherbaus gleichwohl ihre Anhänger. Wharfedale propagierte Gehäuse mit sandgefüllten Wänden, um die Flächenresonanzen zu dämpfen. Die Hartley-Boffle (gemeinsam mit einigen Transmission-Line-Entwürfen) versuchte, die rückwärtige Schallabstrahlung durch Strömungswiderstand zu vernichten. Das Ionophon von Klein (7) führte zur Abschaffung der mechanischen Systeme überhaupt, indem es die Luftmoleküle unmittelbar bewegte, wie es auch der Korona-Wind-Lautsprecher tat (8).

Einige Konstrukteure versuchten Gehäuse-Resonanzen durch das Weglassen des Lautsprechergehäuses völlig auszuschalten. Der Quad-Elektrostat-Lautsprecher bestand aus einer großen, unge-dämpften Schallwand, die als Dipolstrahler wirkte. In der Folge entwickelte sich daraus ein eigener Kult (der diese Bezeichnung aber im positiven Sinn verdient). Hinzu gesellte sich auch schnell eine Zahl von weiteren Elektrostaten, wie sie noch heute erhältlich sind. Der Quad bleibt aber das Vergleichsnormat, mit dem andere hochqualitative Lautsprecher sich vergleichen lassen müssen. Er ist nicht in unsere Liste der technischen Meilensteine aufgenommen worden, weil der Einfluß elektrostatischer Bauprinzipien sich nicht über eine kleine Gruppe von Käufern teurer Geräte hinaus verbreitet hat.

Das Aufkommen der Stereoschallplatten bewirkte unter den Lautsprecherherstellern eine irre Rangelei. Entwicklungen, die so weit auseinanderliegen wie z.B. Quad und Klipschhorn haben



**Bild 4.** Der Vorläufer des Compound-Systems: Das rückwärtige Chassis sorgt bei gleichphasiger Ansteuerung für ein konstantes Volumen.

doch eines gemeinsam: einen enormen Platzbedarf. Die Antwort war ein Abrücken vom Snobdenken der riesigen Boxen und zwei Lautsprechersysteme in ein einziges Gehäuse zu packen. Das erfolgreichste Beispiel dieser Philosophie ist vermutlich der JBL Ranger Paragon. Der immer noch imponierende Anblick des Paragon, wie er von Arnold Wolf gestaltet wurde, ist vermutlich von keinem anderen Lautsprecher- system erreicht worden.

Harry O. Olson entwickelte eine patentierte Variante des Stereo-Monolithen (9). Um größte Kanaltrennung in einem Gehäuse kleinsten Abmessungen zu erreichen, plazierte Olson die Lautsprecher an den Enden des Gehäuses und gab ihnen akustische Prismen in der Form von Wellenbrechern. Der Klang schien von scheinbaren Schallquellen hinter den Enden des Gehäuses zu kommen. Nach meinem besten Wissen ist dieses Konzept jedoch niemals zu einem verkäuflichen Produkt entwickelt worden.

Selbst unter ansonsten guten Bedingungen eignen sich große, eindrucksvolle Lautsprecherboxen nur für Leute mit großen, eindruckvollen Räumlichkeiten, in denen sie stehen sollen. Während der sechziger und siebziger Jahre wurde es deutlich, daß der Glanz von Hi-Fi nicht den Reichen und den Anhängern klassischer Musik vorbehalten blieb. Jedermann wollte eine gute Stereoanlage haben.

Es ergab sich daher, daß unversehens eine Schlacht entbrannte zwischen den Verteidigern großer, wirkungs- und kraftvoller Lautsprechersysteme und jenen, die das Fähnlein der neuen 'revolutionären' Lautsprecher-technik hochhielten, die von Ed-

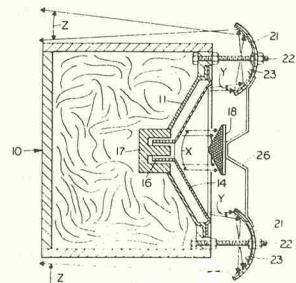


Bild 5. Eine patentierte Anordnung um den im Lautsprecher selbst erzeugten Klirrfaktor zu kompensieren

gar Villchur 1954 eingeführt wurde (10). Die 'akustische Aufhängung' — auch bekannt als 'Gummisicke' oder 'Langhuber' von Villchur war ein echter Meilenstein. Innerhalb von einem halben Dutzend Jahren hat diese Erfindung die Lautsprecherindustrie völlig umgekämpft. Für den Käufer bedeutet es, daß 'größer' nicht mehr 'besser' sein mußte.

Villchurs Entwicklung war folgende: Der größte Teil der Rückstellkraft, die auf die Membran in einer geschlossenen Box wirkt, wird von der Steifheit des Luftpolsters im geschlossenen Gehäuse bewirkt, statt vom mechanischen Zentriertsystem. Die effektive Änderung des Luftvolumens, die durch die Bewegung der Membran bewirkt wird, ist zwar ziemlich klein, aber in diesem Bereich wirkt die Luft wie eine lineare Federung. In einer Anzahl von Aufsätzen und Schriften dokumentierte der Erfinder eine wesentliche Verminderung der Verzerrungen im Tiefotonbereich verglichen mit anderen Lautsprechern jener Zeit.

Was aber das Publikum fesselte, war die Tatsache daß der originäre Acoustic Research AR1 ein *kleines* Lautsprecherchassis war, das eine bemerkenswert gerade Tieffrequenzkurve hatte — bis in den Bereich von 40 Hertz. Die anderen Hersteller wiesen zwar darauf hin, daß der AR1 etwa zehnmal so viel elektrische Energie verschlang wie die größeren Systeme mit besserem Wirkungsgrad: Aber durch die Verfügbarkeit von Hochleistungs-Endstufen mit 40...50 Watt Sinusleistung (für die Beschallung eines Wohnzimmers reichten damals 5...10 Watt) erschien diese Tatsache nicht mehr als Hindernisgrund, und der Trend zu kleineren, weniger wirkungsgrad-starken Lautsprecherchassis verfestigte sich.

Heute können wir aus einer Vielzahl von Mini-Lautsprechern wählen, die nur ein Zehntel des Wirkungsgrades von jedem ersten Acoustic-Research-Modell haben. Kleine Baugrößen mit weich aufgehängten Langhubern existieren heute friedlich neben jenen für Baßreflexsysteme. Aber das Klipschhorn behält seinen Rang als das kleinste je gebaute

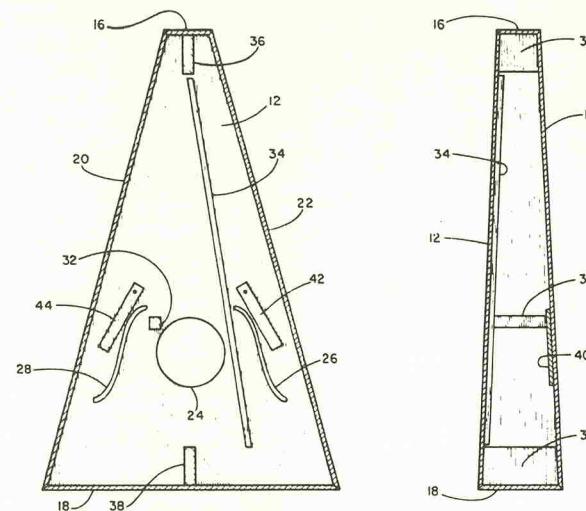


Bild 6. Bei diesem Lautsprechergehäuse muß wohl ein Geigenbauer Pate gestanden haben.

Tieffrequenz-Horn. Wie Paul Klipsch gerne augenzwinkernd sagte, hat niemand herausgefunden, wie man eine Welle von zehn Metern Länge miniaturisieren kann.

**A**n diesem Punkt möchte ich gerne einige eher lustige Lautsprecherkonstruktionen vorstellen, die zwar patentiert wurden, aber anschließend entweder an einigen Launen der Physik oder aber des Publikums scheiterten.

Die Rundum-Abstrahlung ist ein bevorzugtes Ziel vieler Erfinder. Eine bekannte Lösung aus Europa scheint das zu bieten; ich nenne sie das Noten-Fuß; Bild 2 zeigt das jüngste Exemplar. Die Wirkungsweise kann man sich an einem Fußball deutlich machen, den man zwischen seinen Polen zusammendrückt. Wie ich mir denke, kann man daraus einen akzeptablen Lautsprecher machen, aber in den USA ist er nicht verkauft worden.

Die zwanghaften Bemühungen, ein einfaches Baßreflex-Gehäuse sozusagen in ein höheres We-

sen zu verwandeln, sind schon Legion. Ein Blick in die Lautsprecher-Patente enthüllt: Vielkammer-Systeme, weiche Wände, F-Schlüsse, Schlüsse, Öffnungen mit laminarer Strömung, Gänge mit Venturi-Effekt, einstellbare Röhren und noch andere Möglichkeiten (siehe Bild 3). Solche Patentschriften beginnen meist mit einem Überblick über den Stand der Kunst, aber meist wird dabei nur deutlich, wie gründlich der Erfinder die Gesetze mißachtet, nach denen Reflexboxen tatsächlich wirken.

Die phasenumkehrende Eigenschaft eines offenen Lautsprechergehäuses scheint besonders schwierig zu kapieren zu sein. Ein Erfinder, vom doppelten Schmerz bewegt durch 'veränderlichen Rückstau' und die Not der Resonanz in einem herkömmlichen offenen Gehäuse, linderte seine Pein durch die Montage eines zweiten Lautsprecherchassis am Boden des Gehäuses, das mit umgekehrter Polung angeschlossen wurde. Die Schallwellen des zweiten Lautsprechers wurden dann mittels eines 45-Grad-Reflektors nach vorne gelenkt, um ihre Phase umzukehren. Einer solchen umwerfenden Logik kann man sich nicht mehr entziehen.

Eine andere Konstruktion, die ein zweites Lautsprecherchassis benutzt, um den Druck an der Membranrückseite zu vermindern, ist in Bild 4 zu sehen. Der rechte Lautsprecher mit seiner eigenen Kammer erzeugt für

den Hauptlautsprecher ein konstantes rückwärtiges Luftvolumen, eine Art elektroakustisches Bootstrapping. Das Verrückte an dieser Idee ist, daß sie bei richtiger Auslegung funktionieren kann. Eine vollständige Analyse kann man in Kapitel 6 von Olsons 'Acoustical Engineering' (11) aus dem Jahr 1957 finden, etwa zehn Jahre bevor das fragliche Patent erteilt wurde und lange bevor der Markenname 'Compound' von Dynaudio dafür geprägt wurde.

**E**ine andere Wahnidee vieler Amateur-Lautsprecherkonstrukteure ist diese: Wenn man jene Teile einer Lautsprechermembran ermittelte könnte, die die Verzerrungen verursachen und eine Möglichkeit hätte, diese dann unschädlich zu machen, dann erhielte man einen perfekten Klangumformer. Ein höchst faszinierender Entwurf dazu ist in Bild 5 gezeigt. Dieser Querschnitt zeigt einen ganz normalen Lautsprecher (17), der innen auf die Rückseite einer geschlossenen Box (10) montiert ist. Die Verzerrungen (X) werden nahe der Spitze des Membrankegels erzeugt und vom Schallabsorber (18) verschluckt. Unverzerrte Wellen (Y) vom Rand der Konusmembran werden in den Zuhörerbereich durch eine Einrichtung (23) umgelenkt, die aussieht, wie die Schubumkehrschaufln eines Düsentriebwerkes. Der erzielte Klang (Z) ist darum 'ein unverfälschtes Abbild des elektrischen Originales'. Fehlt nur noch die Unterschrift von Daniel Düsentrieb.

**N**atürlich ist eine der von wundergläubigen Magiern immer wieder gesuchten Lösungen, die Nachbildung eines Musikinstrumentes. Lautsprechergehäusen wird die nachgebildete Form von Harfen, Glocken, Kesselpauken, Orgeln und Baßgeigen gegeben, wie in Bild 6 zu sehen.

Vor einigen Jahren wurde mein Freund Antony Doschek von einigen Lautsprecher-Gehäusekonstrukteuren aus der Fassung gebracht, die vorgaben, das Geheimnis von Stradivari gefunden und es für die Kunst des Gehäusebaus angewandt zu haben. Als Kenner des Geigen-

**Lautsprecher – und insbesondere Lautsprecherboxen – sind nicht immer mit Formeln und Taschenrechner entwickelt worden.**

**Ein Lautsprechergehäuse mit Steg und Saiten ist zwar recht ungewöhnlich, aber — zumindest prinzipiell — im Bereich des Denkbaren.**

baues fragte sich Doschek, was wohl passieren würde, wenn jemand, der etwas von der Sache versteht, wirklich ein Lautsprechergehäuse aus multiresonantem Material bauen würde; gedacht — getan. Das Ergebnis klang so gut, daß viele Zuhörer nicht glauben wollten, daß sie einem höchst-resonanten Klangkörper aufgesessen waren. Um zu demonstrieren, daß sein Lautsprechergehäuse sich tatsächlich wie ein leibhaftiges Musikinstrument verhielt, befestigte Doschek den Hals, den Steg und die Saiten einer Baßgeige daran und spielte wahrhaftig auf diesem Hybridgebilde bei einem örtlichen Treffen der Catgut Acoustical Society.

**D**ieser Überblick über die Lautsprechergeschichte hat notwendigerweise mehr interessante Entwürfe ausgelassen als beschrieben. Ich hoffe, daß er einen Einblick in den rasanten Wandel und die

Ideenflut vermittelt hat, die die Lautsprecherentwicklung in den fünfziger Jahren erfahren hat. Wir werden wohl nicht noch einmal solch einen Überschwang an Lösungen für die vermeintliche beste Klangwiedergabe erleben.

Trotzdem — der 'perfekte' Lautsprecher bleibt ein Traum, und die Theoretiker, Tüftler und Magier werden weiterhin diesem Traum mit Zahlen, Zwingen und Zauber nachjagen.

George L. Augspurger bespricht regelmäßig die neuesten Patentschriften zum Thema Lautsprecherbau für die Zeitschriften 'Journal of the Acoustical Society of America' und 'Journal of the Audio Engineering Society'. Seine Literaturkenntnis und sein flotter Schreibstil haben eine sonst langweilige Spalte zu einer gerngelesenen Artikelserie gemacht. Unser Artikel wurde ursprünglich veröffentlicht in der Zeitschrift 'Journal of the Acoustical Society of America' Vol. 77, No. 4 (April 85) S. 1303—1308. Wir danken dem 'American Institute of Physics' für die freundliche Genehmigung zum Nachdruck.

#### Literatur:

1. Lansing, J. B., "The Duplex Loudspeaker", *Communications*, Vol. 23, No. 12 (1943), pg. 22.
2. Klipsch, P. W., "A High Quality Loudspeaker of Small Dimensions", *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*, Vol. 17 (1946), pgs. 254—258.
3. Locanthy, B. N., "Application of Electric Circuit Analogies to Loudspeaker Design Problems", *IRE Trans. Audio*, Vol. PGA-6 (1952); nachgedruckt in *Journal of the Audio Engineering Society (JAES)*, Vol. 19 (1971), pgs. 775—785.
4. Thiele, A. N., "Loudspeakers in Vented Boxes", *Proc. IRE Aust.*, Vol. 22 (1961), pgs. 487—508; nachgedruckt in *JAES*, Vol. 19 (1971), pgs. 352—392, 471—483.
5. Joseph, W. and F. Robbins, "The R—J Speaker Enclosure", *Audio Engineering*, December 1951, pg. 17.
6. Karlson, J. E., "The Karlson Speaker Enclosure", *Radio Television News*, January 1954, pgs. 55—60.
7. Klein, S., United States Patent No. 4,306,120 (1981).
8. Shirley, G., "The Corona Wind Loudspeaker", *JAES*, Vol. 5 (1957), pgs. 23—31.
9. Olson, H. F., United States Patent No. 3,105,113 (1963).
10. Villchur, E. M., "Revolutionary Loudspeaker and Enclosure", *Audio*, October 1954, pgs. 25—27.
11. Olson, H. F., *Acoustical Engineering*, Van Nostrand, New York, 1957, pgs. 157—159.

**HECO TopCom®**

**entwickelt**

**für**

**Testsieger**

**neu**



Ab jetzt können Sie von einem Mitteltöner eine Menge mehr verlangen:

- ✓ stabiler Druckgußkorb
- ✓ hochdämpfende Polypropylen-Membran
- ✓ Doppelmagentsystem
- ✓ verfärbungsfreie Wiedergabe schon ab 250 Hz

Fordern Sie sofort unser ausführliches Datenblatt über TO 40 M8 und die anderen Chassis der **HECO Topcom** Reihe an.

**TO 40 M8**

**138,-**

unverbindl.  
Preisempfehlung

Dr. Hubert GmbH • Im Westenfeld 22 • D-4630 Bochum • Tel. 0234/704613

*Evelyn war stinkesauer...*



...dabei hatte alles so gut angefangen!  
Die PROCUS FIDIBUS gefiel ihr auf Anhieb.  
Diese todschicke Standbox mit der raffinierten Technik, bei der man die Tieftöner nicht sieht.  
Das Gehäuse in Kirsche paßte genau zur Einrichtung - der Zusammenbau war wirklich kinderleicht..  
Dann der Sekt beim Probehören...

**...UND JETZT DAS !**

*Handmade* in 4630 Bochum.

Fordern Sie Prospekte und Händlerliste an!

Dr. Hubert GmbH • Im Westenfeld 22 • D-4630 Bochum • 0234/704613

# Klinge



# n CDs digital?

Ein neuer Denkansatz für ein altes Problem.

**John Eargle**

Als in den späten siebziger Jahren die ersten Stereo-LPs auf Basis digital gespeicherter Signale angeboten wurden, fanden sie keinen ungeteilten Anklang. Einige Audiophile zogen die Augenbrauen hoch und beklagten die 'Rauhigkeit' und die 'fehlende Klangtiefe' solcher Aufnahmen. Einige Jahre später tauchten die ersten CDs auf und alle waren von ihrem sehr geringen Eigenrauschen und der hervorragenden Baßwiedergabe beeindruckt. Doch eine ganze Reihe der gleichen 'Kunstfreunde' hatten zusätzlich zu den Augenbrauen jetzt auch noch den Zeigefinger erhoben und immer noch etwas an der digitalen Aufnahmetechnik auszusetzen. Wieder wurde hauptsächlich die 'Rauhigkeit' beklagt, und das sogar noch stärker als bei den LPs, die nur auf der Studioseite digital bearbeitet worden waren.

ist noch weit verbreitet. Dahinter verbirgt sich zuweilen immer noch die Vorstellung von einer nicht ganz korrekt arbeitenden Technik. Das Augenmerk sollte aber ganz in die entgegengesetzte Richtung gelenkt werden, und zwar darauf, daß in all den Jahren mit der zur Aufnahme notwendigen Analogtechnik etwas nicht in Ordnung war. Und an diese Unzulänglichkeiten haben sich Mensch und Maschine angepaßt.

**O**hne auf die Probleme der Analog/Digital-Umsetzung einzugehen, kann hier belegt werden, daß auf der analogen Aufnahmeseite immer noch genügend Nichtlinearitäten verborgen sind, die uns als solche gar nicht mehr bewußt sind, an die wir uns gewöhnt haben und die in ihren Auswirkungen durchaus ins digitale Zeitalter hineinragen.

Betrachten wir einmal den gegenwärtigen Stand der Tonbandaufnahmetechnik mit 38 cm/s ohne Rauschverminde rung. Gehen wir weiter davon aus, daß die besten Bandmaterialien und die besten Aufnahmegeräte verwendet werden, dann finden wird die typische, in Bild 1 dargestellte Situation vor: Die Kurven weisen eine mit steigender Aussteuerung sinkende obere Eckfrequenz des Aufnahmesystems auf. Im einzelnen ist die Verschiebung der oberen Bandgrenze vom Bandmaterial, von den gewählten Entzerrerkurven und dem Referenz-Modulationspegel abhängig.

Werden denn nun im normalen Aufnahmebetrieb derart hohe

Aussteuerungen erreicht? Die klare Antwort ist — ja! Selbst wenn der Aufnahme-Ingenieur die ganze Aufzeichnungskette auf scheinbar sichere Pegel eingeregelt hat, können solch extreme, wie in Bild 2 dargestellte Signale auftreten. Das von einer Trompete erzeugte Aufnahmesignal verdeutlicht, wie groß das Verhältnis von Spitzenwert zu Mittelwert in Musiksignalen werden kann. Wichtig ist hierbei, daß ein derartiges Signal selbst dann, wenn es zeitstatisch erzeugt wird, auf Standard-VU-Metern eine Anzeige von ca. 0 dB erzeugt, während die Spitzenpegel das Band um ca. 13 dB höher aussteuern. Da die kurzeitigen Signalspitzen offensichtlich hochfrequente Komponenten beinhalten, ist zu erwarten, daß sie während des Aufnahmeverganges teilweise und pegelabhängig unterdrückt werden.

Wenn der Aufnahme-Ingenieur sogar eine Aussteuerung zuläßt, die 3 bis 4 dB über dem Referenzpegel liegt — und das ist nicht unüblich — dann gerät ein wesentlicher Teil des Aufnahmesignals in den Bereich der oberen Eckfrequenz und wird stark bandbegrenzt!

Wir nehmen diese Bandbegrenzung wahrscheinlich nicht mehr wahr; oder genauer gesagt, wir werden keine Verzerrungen aufgrund des nichtlinearen Verhaltens des Bandmaterials bemerken. Was hier wirkt, ist eine selbsttätige, hochfrequente Signalverminderung, die jahrelang unbeabsichtigt, aber häufig wohlwollend als Signalkonditionierung hingenommen wurde. Im allgemeinen ergeben sich durch diese selbsttätige Signalverminderung Mutter-

bänder, die direkt zur Herstellung der in der Schallplattenproduktion notwendigen Überspiel-Matrizen geeignet sind, da potentielle hochfrequente Störungen durch den beschriebenen Prozeß abgeschwächt werden.

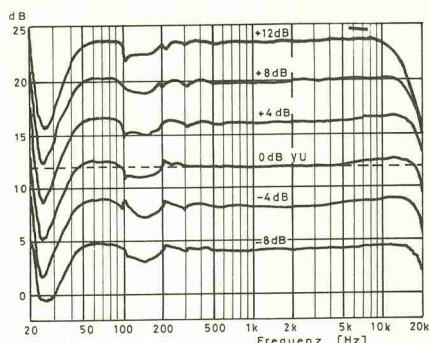
**W**ährend des Plattenaufnahm- und Wiedergabevorganges wirken komplementäre Pre-Emphasis (Vorverzerrung) und De-Emphasis (Nachentzerrung) auf das Signal ein, so daß frequenzabhängige Amplitudenbeeinflussungen von bis zu 34 dB auftreten können. Es wird deutlich, daß der Plattschneidevorgang sehr empfindlich auf den hochfrequenten Signalamfang der Programmquelle (z.B. des Mutterbandes) reagiert.

Die in Bild 3 dargestellte, bei der Plattenaufnahme wirkende Pre-Emphasis wirkt sich beträchtlich auf Nichtlinearitäten bei der Wiedergabe aus. Das geht aus Bild 4 hervor. Die dargestellten Kurven sind auf den äußeren Plattendurchmesser normiert. Es ist deutlich zu erkennen, daß auf einem inneren Durchmesser, wo die Musik häufig am lautesten wird, eine deutlich stärkere Abschwä-

**E**s ist erst wenige Jahre her, daß die großen Schallplattenfirmen begonnen haben, ihre Aufnahmegeräte zu 'digitalisieren'; das Ziel dabei sind zweifellos CDs mit besserer Qualität. Und alle werden der Aussage zustimmen, daß die neueren CDs erheblich besser klingen als ältere. Natürlich hat inzwischen auch die Qualität der CD-Wiedergabegeräte zugenommen, so daß auch von dieser Seite ein Beitrag zur Klangverbesserung geleistet wurde.

Die Meinung, daß die digitale Aufnahmetechnik perfektioniert werden mußte um den Klang von CDs zu verbessern,

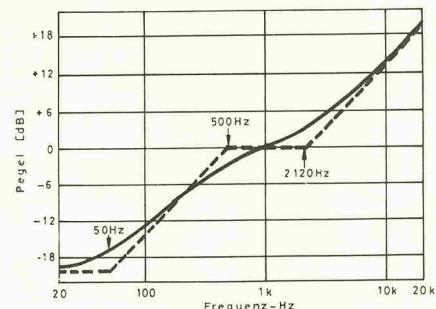
**Der Herstellungsprozeß von Langspielplatten ist mit vielen — schon selbstverständlichen — Regelmechanismen behaftet**



**Bild 1:** Frequenzgänge eines analogen Bandgerätes für sechs Aufnahmepiegel. Beachten Sie, daß die obere Bandgrenze mit steigendem Aufnahmepiegel sinkt. Die Aufnahmen wurden bei einer Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s durchgeführt. Der Frequenzeinbruch zwischen 100 und 200 Hz ist auf eine Eigenart des verwendeten Meßsystems zurückzuführen. (Die Bilder und Untersuchungen stammen aus: John Borrwick, Sound Recording Practice, Oxford University Press, London 1976, Seite 119).

Band- und Platten nichtlinearitäten hervorgerufen werden und einige Gegenmaßnahmen ergriffen. Die erste und am einfachsten zu implementierende war die Verwendung von Aufnahmemikrofonen mit Höhenbetonung. So konnten Mutterbänder mit größerem hochfrequenten Signalvolumen hergestellt werden. Reichte die Klanghelligkeit noch nicht aus, dann wurden die Höhen bei der Überspielung von Mutterband auf die Matritze noch einmal künstlich verstärkt.

**Bild 3:** Die RIAA-Vorverstärkungskurve (Preemphasis) für Plattenaufnahmen. Dadurch wird der Platzbedarf für tieffrequente Signale verringert und der hochfrequente Signalinhalt über das Eigenrauschen der Platte angehoben. Eine dazu komplementäre Entzerrung (Deemphasis) macht daraus beim Abspielen wieder einen geraden Frequenzgang.



Rauschverminderung, die Mitte der sechziger Jahre eingeführt wurde. Unter Verwendung einer Rauschreduzierung konnten Bandaufnahmen mit niedriger Aussteuerung und damit linearem Frequenzgang hergestellt werden. Während jedermann bestätigte, daß sich das Rauschverhalten erheblich verbessert hatte, waren nicht alle mit dem Hochpegelpektrum solcher Aufnahmen und auch nicht mit den damit produzierten Platten einverstanden.

chung höherfrequenter Signalkomponenten erfolgt als außen. Diese Verluste zeigen additives Verhalten. Damit ist gemeint, daß die für Vinylpressungen geltenden Verluste die Summe der beim Schneideprozeß (dargestellt ist die Kurve für die Metallmutter) und bei der Deformation des Vinylmaterials selbst auftretenden Einzelverluste ist.

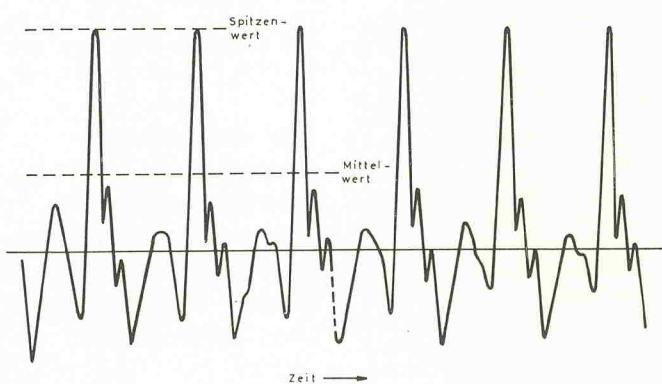
Die Forschungs- und Entwicklungingenieure der Aufnahme-Industrie haben sich jahrelang mit den Problemen beschäftigt, die durch

In einigen Fällen wurde ausgehend vom Mutterband noch ein weiteres, speziell equalisiertes Zwischenband hergestellt, der sogenannte EQ-Master, das dann als Basis für die Plattenüberspielung Einsatz fand. In jedem Stadium des Herstellungsprozesses entschieden sich Toningenieure oder Produzent für eine bestimmte Frequenzbeeinflussung, die nach einer Referenzplatte oder — wenn möglich — einer Testpressung ausgewählt wurde. In einigen Fällen erfolgte auch von vornherein eine gewisse Höhenanhebung, weil die leicht höhenvermindernde Wirkung des Preßvorganges, hervorgerufen durch unterschiedliche Oberflächengüte der zur Vervielfältigung verwendeten Metallmatrizen, bekannt war.

Alle diese kumulativ wirkenden, auf Basis von Zwischenkontrollen ausgewählten Beeinflussungen des gesamten technischen Herstellungs- und Wiedergabeprozesses sind in Bild 5 in Form eines korrektiv rückgekoppelten Systems dargestellt.

Die Plattenindustrie verinnerlichte diese Prozedur so, daß jeder neue Zwischenschritt selbst dann, wenn er hörbare Verbesserungen brachte, zunächst mit Mißtrauen betrachtet wurde, weil er eine erneute komplizierte Balance mit den bereits bewährten Maßnahmen notwendig machte. Die erste dieser Verbesserungen bestand in der mit Dolby A bezeichnete

Die digitale Signalaufnahme weist von Natur aus eine lineal-glatte Leistungsbandbreite auf. Damit ist gemeint, daß alle innerhalb des Aufnahmefrequenzbereiches liegenden Signal-Komponenten mit vollem Pegel aufgezeichnet werden können. Selbst bei maximalem Aufnahmepiegel treten im höherfrequenten Bereich keine Signalabschwächungen auf. Ersetzen wir das analoge Tonbandgerät durch einen digitalisierenden Speicher, dann entfernen wird einen Satz von Nichtlinearitäten aus der in Bild 5 dargestellten Gesamtschleife. Da sich die Korrekturmöglichkeiten für diese Effekte bestimmt noch irgendwo in der Herstellungskette befinden, muß das gesamte System erneut in Balance gebracht werden.



**Bild 2:** Typisches akustisches Signal einer Trompete (ca. 400 Hz) mit einem Verhältnis von Spitzen- zu Mittelwert von 13 dB. Derartige Signalverläufe treten häufig bei der Aufnahme von Pop-Musik mit nahe bei den Instrumenten angeordneten Mikrofonen auf (John Eargle, Handbook of Recording Engineering, Van Nostrand Reinhold, New York, 1986, Seite 124).

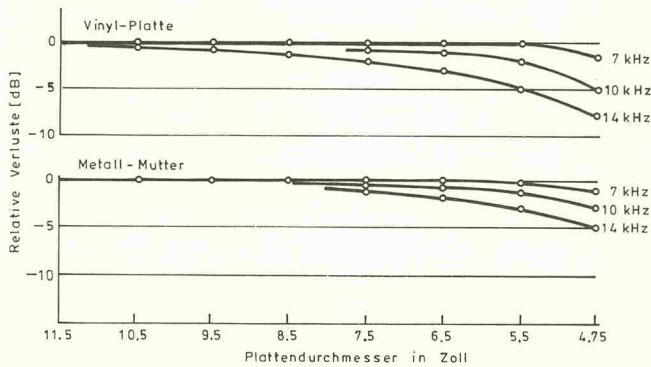
Genau das passierte in den späten Siebzigern, als die Industrie ihre ersten digitalen Aufzeichnungsgeräte anbot. Die jetzt nicht mehr benötigte, aber vorhandene 'Korrektur' bestand in der mittlerweile von den Toningenieuren verinnerlichten höhenbetonten Mikrofonaufnahme. Die Forderung wirklich 'weicher' Mikrofone stammt daher auch aus dieser Periode. Vor allem die frühzeitig mit der digitalen Aufnahmetechnik 'verheiraten' Ingenieure suchten nach

Mikrofonen mit superflachem Frequenzgang, um auf die derzeit verbreiteten höhenbetonten Studiomikrophone verzichten zu können.

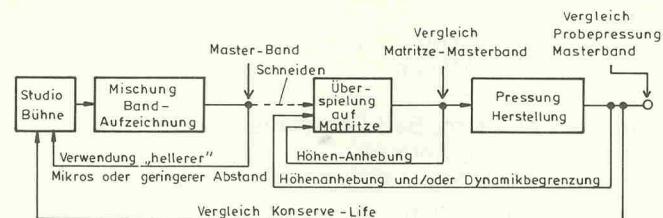
Als die CD endgültig auf dem Markt Fuß fasste, setzte eine regelechte Produktionslawine ein. Die meisten Plattenfirmen griffen auf ihre höhenkorrigierten Mutterbänder zurück (weil diese die Zustimmung der Künstler fanden) und fertigten unmittelbar damit die digitalen Mutterbänder zur Herstellung der CDs an. Dann brach die Hölle los.

Manche der so erzeugten Klänge waren fürchterlich hell und scharf, und es ist leicht einzusehen, warum: Die zur Herstellung der CDs verwendeten Bandgeräte waren ursprünglich zum Schneiden von Langspielplatten vorgesehen, so daß sie alle für diesen Prozeß notwendigen Korrekturen enthielten.

**Bild 4:** Die Veränderung des Frequenzgangs im höherfrequenten Bereich zwischen inneren und äußeren Platten durchmessern. Die Signale wurden 15 dB unter der 1 kHz-Referenzschnelle von 5,5 cm/s unter Verwendung der RIAA-Pre- und Deemphasiskurven aufgenommen. Die Wiedergabemessungen erfolgten mit einer elliptischen Nadel mit horizontalem Abstradius von ca. 5-10<sup>4</sup> µm (aus John Eargle, 'Performance Characteristics of the Commercial Stereo Disc', Journal of the Audio Engineering Society, Vol.17, No.4, 1969).



Aber nicht alle analogen Mutterbänder waren so schlecht und nicht alle Plattenhersteller haben ihr Bandmaterial nachträglich in so erheblichem Maße 'aufbereitet'. Doch das Problem existierte deutlich hörbar.



**Bild 5:** Korrekte Rückkopplungsvorgänge, von Toningenieuren bei der Aufnahme und Herstellung von LPs durchgeführt.

derschöner, analog aufgenommener Musik. Hinzu kommt, daß auch die Analogtechnik verbessert wird – beispielsweise durch die Einführung von Dolby SR (Spektrale Aufnahmetechnik) und die 'Direct Metall Mastering' für LPs. Dieser Beitrag sollte vielmehr aufzeigen, welche Ursachen der von Hifi-Liebhabern oft bemängelte 'Digital-Klang' älterer CDs haben könnte. Außerdem sollte darauf hingewiesen werden, daß aus einer Produktionskette nicht einfach ein einzelnes Glied herausgenommen und geändert werden kann ohne die dargestellten 'Rückkopplungsschleifen' zu beachten.

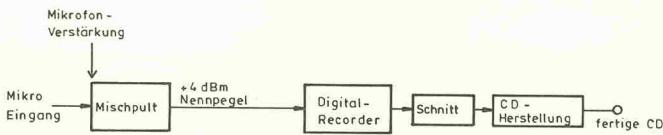
Konversionsvorganges hingewiesen. Die gesamte, mittlerweile von vielen Plattenfirmen zur Herstellung von CDs verwendete Aufnahmekette ist sehr einfach geworden und die Beeinflussungsmöglichkeiten zur Signalanpassung sind rückwirkungsfrei und direkt überprüfbar. Am wichtigsten ist, daß die auf der CD gespeicherte numerische Information bis auf Eingriffe in der Korrekturphase identisch mit der ist, die während Aufnahme im Studio oder vom Orchester auf das Digitalband geschrieben wurde.

Heute verwenden mehr und mehr Toningenieure die digitale Aufnahmetechnik. Die Übersichtlichkeit der Aufnahmekette macht es möglich, zu den grundlegenden Stereotechniken zurückzukehren, die im Lauf der letzten Jahre schon fast zur Legende geworden sind. Bild 6 zeigt eine typische, digital arbeitende Stereo-Aufnahmekette, in der das Signal beginnend beim Digitalbandgerät bis hin zur Wiedergabe beim Hörer in digitalisierter Form verbleibt.

**D**as, was hier gesagt wurde, sollte auf keinen Fall als Angriff auf die Analogtechnik verstanden werden. Es gibt eine Menge ganz wun-

derschöne, analog aufgenommene Musik. Hinzu kommt, daß auch die Analogtechnik verbessert wird – beispielsweise durch die Einführung von Dolby SR (Spektrale Aufnahmetechnik) und die 'Direct Metall Mastering' für LPs. Dieser Beitrag sollte vielmehr aufzeigen, welche Ursachen der von Hifi-Liebhabern oft bemängelte 'Digital-Klang' älterer CDs haben könnte. Außerdem sollte darauf hingewiesen werden, daß aus einer Produktionskette nicht einfach ein einzelnes Glied herausgenommen und geändert werden kann ohne die dargestellten 'Rückkopplungsschleifen' zu beachten.

**Bild 6:** Die digitale Aufnahmekette. Bei normalem Betrieb werden die Pegel für eine Übersteuerungsreserve am Mischpult und am Digitalbandgerät von üblicherweise 20 dB eingestellt. Es werden Mikrofone verwendet, die die zu erwartenden akustischen Signale verarbeiten können. Die Empfindlichkeit der Mischpult-Eingangsstufen wird so eingestellt, daß sie die Mikrophonsignale sicher übernehmen können. Solange die Digital-Spitzenwertanzeigen nicht über Null hinausgehen, erreichen keine verzerrten Signale das Band. So gelangen die Original-Spitzenpegel über die Pressung auf die CD und damit zur Wiedergabe beim Musikhörer.



## Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

ACR, Frankfurt	39
ACR, Saarbrücken	48
Akomp, Ober-Mörlen	25
Arndt, Dortmund	71
AUDAX proraum, Bad Oeynhausen	53
Audio creative, Herford	25
Audio Design Team, Essen	64
Audiophil, München	77
 DYNAUDIO, Hamburg	 31
 ETON Deutschland, Osterholz-Scharmbeck	 39
 G + S Gores & Szlosze, Gelsenkirchen	 25
 HADOS, Bruchsal	 49
HiFi-Fundgrube, Ansbach	39
HiFi Laden, Augsburg	49
HiFi Manufaktur, Braunschweig	81
hifisound, Münster	49
High Tech, Dortmund	77
HS Electronik, Mannheim	39
Huber & Söhne, Deißlingen	53, 81
Hubert, Dr., Bochum	99
Hubert Lautsprecher, Bochum	39
 IEM, Welden	 53
I.T. Electronic, Kerpen	Umschlagseite 4
 Joker HiFi, München	 39
 KEMTEC, Gütersloh	 25
KKSL, Groß-Gerau	25
Klangbau, Bielefeld	49
 Lautsprecherbox, Nürnberg	 53
 Mainhattan Acustik, Frankfurt	 77
Matzker + Engels, Krefeld und Köln	81
Mink Audio, Elsenfeld	77
mivoc, Solingen	52
MONARCH, Bremen	9
Musik Produktiv, Ibbenbüren	49
 Oberhage, Starnberg	 48
Open Air, Hamburg	91
 Peerless, Düsseldorf	 9
PHONO MOTION	9
Profitronic, Kassel	77
 Sound Clinic, Ingelheim	 81
Sound Systems, Lippstadt	77
Speaker Corner, Gütersloh	81
 Schappach, Mannheim	 48
Schaulandt, Hamburg	Umschlagseite 2
 THIEL, Hornburg	 53
 VISATON, Haan	 19
 WBT, Essen	 58
Wirth, Isernhagen	25

### Impressum:

HiFi-Boxen selbstgemacht  
elrad extra 7

Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG

Helstorfer Straße 7  
Postfach 610407  
3000 Hannover 61  
Telefon: 0511/53 52-0  
Telex: 923173 heise d  
Telefax: 0511/53 52-129  
Kernarbeitszeit 8.30—15.00 Uhr

Technische Anfragen nur mittwochs 9.00—15.00 Uhr  
unter der Tel.-Nr. (0511) 53 52-171

Postgiroamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308  
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968  
(BLZ 250 502 99)

Herausgeber: Christian Heise

Redaktion: Peter Röbke-Doerr (verantwortlich)  
Manfred H. Kalsbach, Johannes Knoff-Beyer,  
Michael Oberesch, Thomas Latzke, Hartmut Rogge

Ständiger Mitarbeiter: Eckart Steffens

Redaktionssekretariat: Dominik Schilling

Technische Assistenz: Angelika Braun, Marga Kellner,  
H. J. Berndt

Grafische Gestaltung: Ben Dietrich Berlin,  
Wolfgang Ulber (verantw.), Dirk Wollschläger

Fotografie: Lutz Reinecke  
(Alle Fotos mit freundlicher Unterstützung der niedersächsischen Staatstheater.)

Verlag und Anzeigenverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG  
Helstorfer Straße 7  
Postfach 610407  
3000 Hannover 61  
Telefon: 0511/53 52-0  
Telex: 923 173 heise d  
Telefax: 0511/53 52-129

Geschäftsführer: Christian Heise, Klaus Hausen

Objektleitung: Wolfgang Penseler

Anzeigenleitung: Irmgard Ditgens

Disposition: Gerlinde Donner-Zech, Pia Ludwig,  
Christine Paulsen

Vertrieb: Anita Kneutze

Bestellwesen: Christiane Gonnermann

Herstellung: Heiner Niens

Satz:  
Hahn-Druckerei, Im Moore 17, 3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 70 83 70

Druck:  
Druckhaus Dierichs, Frankfurter Str. 168,  
3500 Kassel, Ruf (0561) 203-0

Vertrieb (auch für Österreich und die Schweiz):

Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 5707  
D-6200 Wiesbaden  
Ruf (06121) 266-0

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen bei Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Die gewerbliche Nutzung, insbesondere der Schaltpläne, Gehäusezeichnungen und gedruckten Schaltungen, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers zulässig. Die Zustimmung kann an Bedingungen geknüpft sein.

Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrrecht des Verlages über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht.

Sämtliche Veröffentlichungen in „HiFi-Boxen selbstgemacht“ erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany

© Copyright 1988 by Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG

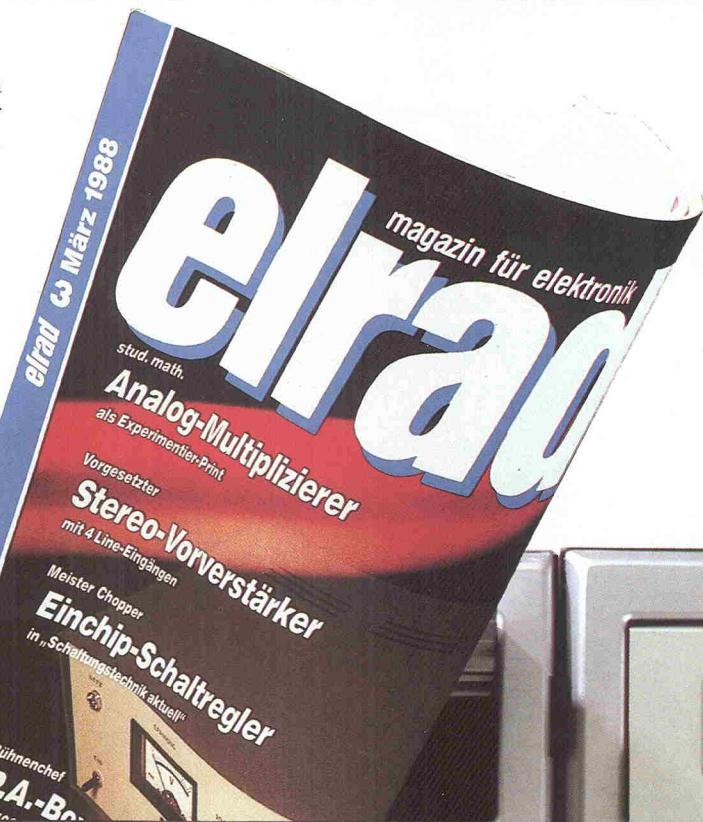
ISSN 0931-4180

# Frisch eingetroffen. Weil bestellt.

elrad. 11 Hefte zum Preis von 10. Ganz bequem bis in den Kasten. Nur noch rausholen und reinlesen. Für 60,— DM\* im Jahr. Abo-Abrufkarte in jeder Ausgabe.

\* = Ausland: Normalpost DM 73,—, Luftpost DM 95,—

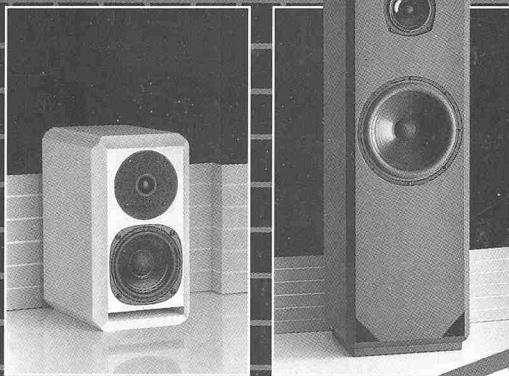
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Helstorfer Straße 7  
3000 Hannover 61  
Tel. (05 11) 53 52-0



DR. BO

# RICHTUNGWEISEND IM LAUTSPRECHER-SELBSTBAU: SEAS MASTERSOUND.

**SEAS** MS Micro  
Der Zwerg mit dem  
Riesenklang.  
2-Weg-Kleinbox,  
6-l-Baßreflex.  
Hervorragende  
Räumlichkeit mit  
verblüffender  
Baßwiedergabe.



**SEAS** MS 5  
Die Dynamische.  
3-Weg-Standbox,  
6-7-l-Symmetric-  
reflex. Lebendiges  
Klangbild mit  
druckvoller Baß-  
wiedergabe.



THE SEAS  
SOUND

**SEAS** MS 3  
Die unaufdringlich  
Musikalische.  
2-Weg-Baßreflex,  
13 l netto.  
Perfekte Auflösung  
durch neue  
Softmetall-Kalotte.

**SEAS** MS 3 mit  
**MS 3 SUB** in  
**Klang&Ton**

Heft 10-11/87:  
Note „Sehr gut“

Bitte Prospekte  
anfordern:

**Inter  
technik**  
I.T. Electronic GmbH  
Am Gewerbehof 1  
D-5014 Kerpen 3  
Tel. (02273) 53096  
Fax (02273) 54640  
Telex 888018 itd