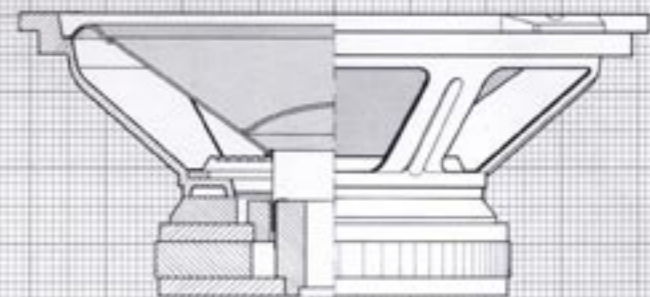
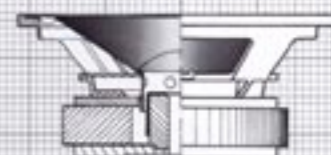
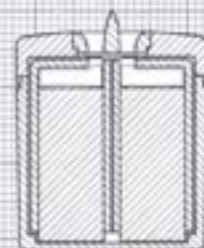


quadral 
Phonologie

*Kreativität im Detail:
Die Technik der
quadral Phonologie
HiFi-Lautsprecher.*

Die neue, die dritte Generation.



quadral 

Unternehmensbereich der all-akustik Vertriebs GmbH & Co. KG
D-3000 Hannover 21 · Am Herrenhäuser Bahnhof 24-26
Tel. (0511) 79 04-0 · Telex 923 974 all d

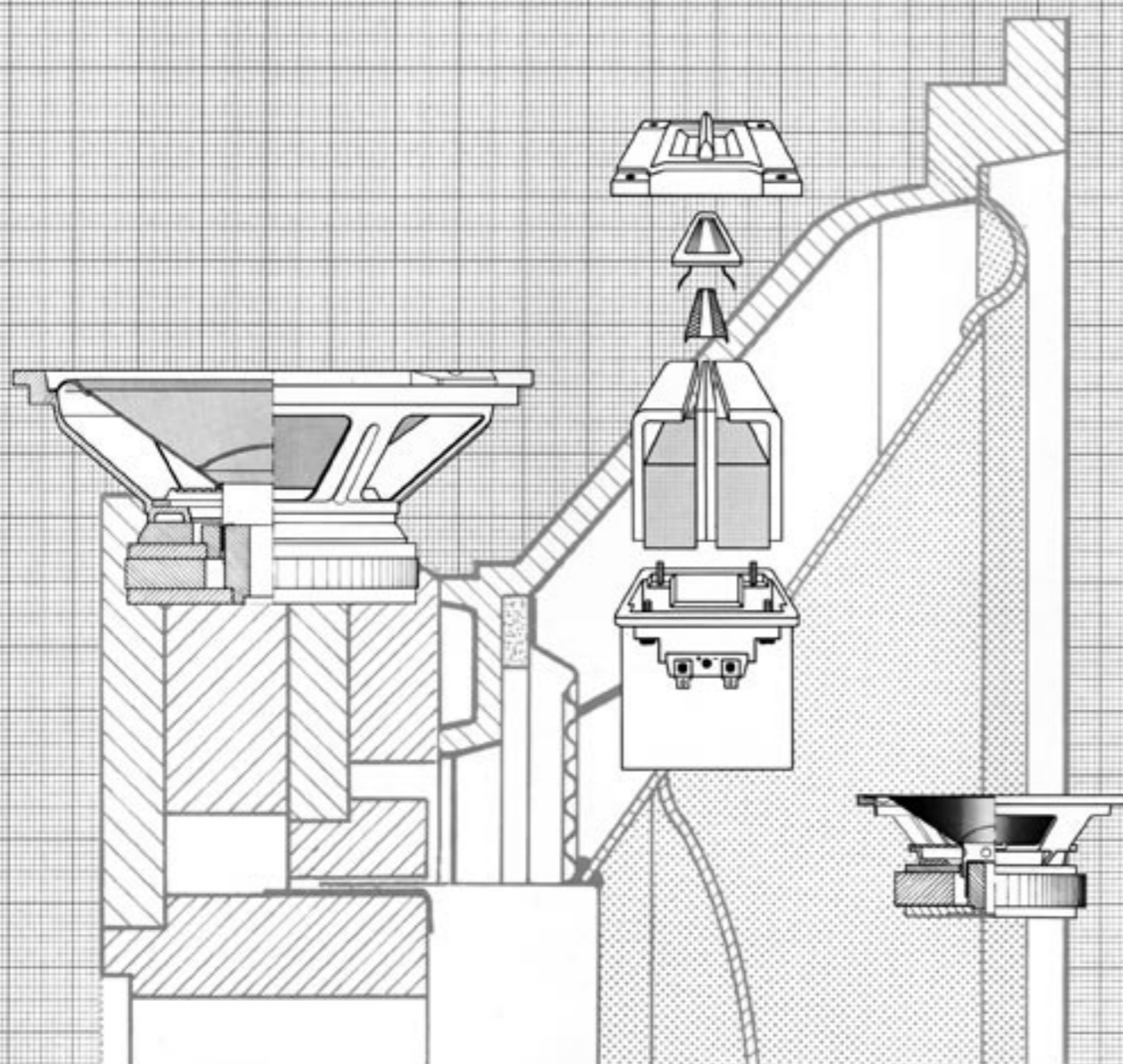
1/02 87/30000/GAD

Technik

 **quadral**
TITAN
VULKAN
MONTAN
WUTAN
AMEN
SHOCUN
TRIBUN



Helmut Schaper



In einer Welt, die von Computern regiert zu werden scheint, hat man sich auch daran gewöhnt, diesen Alleskönnern die schwierigsten Dinge zuzutrauen. Immer, wenn es um komplizierte Berechnungen geht, wenn mit Technik komponiert werden muß, da spielen die digitalen Wegbegleiter technischer Innovation eine Schlüsselrolle. Auf die Hilfe dieser kalten Intelligenz wird auch im Lautsprecherbau nicht verzichtet.

Um so mehr freuen wir uns, dieses technische Referat mit der menschlichen Kreativität, mit der Intuition des Begabten beginnen zu können. Wir stellen Ihnen den **quadral**-Chefentwickler Helmut Schaper vor, dem Musikfreunde in aller Welt ungezählte Stunden der Erfüllung, Entspannung und Begeisterung beim Musikhören verdanken. Er schuf einen High-End-Lautsprecher, der Konstruktionsvorbild für eine attraktive Serie wurde und führte diese hochklassigen Systeme zu großer technischer und musikalischer Reife. Helmut Schapers Leben ist durch sein Engagement unzweifelhaft selbst ein Teil dessen geworden, was wir Ihnen hier beschreiben:

TITAN- Technik-Story

Die **dritte Generation** hat, kurz bevor diese Dokumentation in Druck ging, im Januar 1987 ihre erneute Reifeprüfung bestanden. Sie erhielt von zwei bedeutenden HiFi-Fachzeitschriften (HiFi-Vision 12/86 und stereoplay 2/87) das Prädikat „Referenzklasse“. Für Insider nicht überraschend. Das Vorleben dieses High-End-Lautsprechers hat ihn dazu prädestiniert. 1980/81 war seine Premiere. Die zweite Generation, als optische Version, kam 1982. Die neue Generation beweist die Gültigkeit der Konzeption, die überragende, souveräne Qualität dieses Lautsprechers. Lassen Sie uns also gemeinsam „einsteigen“ in die Story, die für den technisch interessierten Musikliebhaber sicher so etwas wie die Bestätigung seiner eigenen Überlegungen oder aber die überraschende Erklärung des technischen Fundaments darstellt, das ihn die Musik so vollendet erleben läßt.

Im Lautsprecherbau wird heute das Prinzip der geschlossenen Box und der Baßreflexbox am häufigsten angewandt. Diese Gehäusekonstruktionen gewähr-

leisten eine ausreichende Baßwiedergabe bis hinunter zu einer Resonanzfrequenz, die für großvolumige Boxen bei ca. 40 Hz und bei Kompaktboxen bei etwa 60–100 Hz liegt. Unterhalb dieser Resonanzstellen fällt der Schalldruck mit 12 dB/Oktave ab, da von diesem Punkt an die Frequenz quadratisch in den Strahlungswiderstand eingeht (Bild 1). Zu dem auf diese Weise nach unten begrenzten Übertragungsbereich kommt zusätzlich noch die nachteilige Beeinflussung des Ein- und Ausschwingverhaltens des Baßlautsprechers, einerseits bedingt durch die im Übertragungsbereich liegende Resonanzfrequenz sowie das nicht gleichförmig mitschwingende, im Gehäuse eingeschlossene Luftpolster.

Denken Sie einmal an ein Konzert mit großem Synchronorchester, an Werke von Tschaiowski oder Strauß, um nur zwei der Klassiker zu nennen, aber auch an den großen Reiz dieser Musik, der in dem Anteil extrem tiefer Frequenzen liegt.

Der tiefste Grundton bei der Baßgitarre liegt bei 41,2 Hz (E), das C beim Piano hat 32,7 Hz. Das Ausschwingen der Trommelfelle großer Kesselpauken geht bis zu 20 Hz herab. Die große Orgel bis hinunter zu 16 Hz.

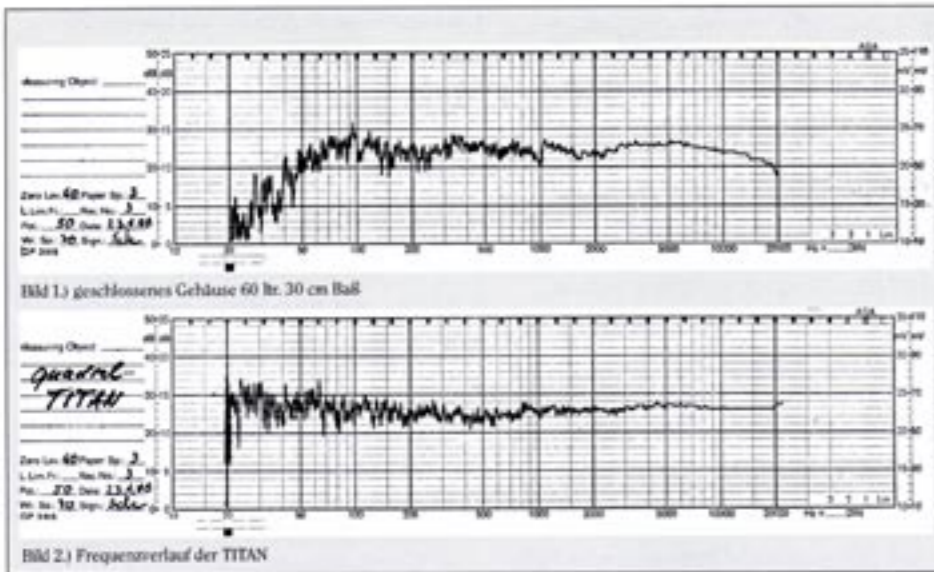
Diese extrem tiefen Frequenzen sind mitverantwortlich für die wuchtige Dynamik, die ein solches Konzert zum unvergeßlichen Erlebnis werden läßt. Wenn solche Werke allerdings über Lautsprecher von Band oder Platte reproduziert werden, ist das erste, was einem auffällt, die fehlende Wucht und Dynamik. Vor allem in der Tiefbaßwiedergabe, die im Bereich von 20–60 Hz liegt.

Der Ausgleich wird durch gehörrichtige Lautstärkeregelung und Anhebung der Tiefen am Baßregler versucht. Das hat aber meist zur Folge, daß der obere Baßbereich übertont und mulmig wird. Von Tiefbaß keine Spur.

Tiefbässe sind in der Musik erst hörbar (lt. Zwicker/Feldtkeller, Fleischer/Munson und wie eigene Versuche gezeigt haben), wenn ihr Schallpegel mindestens 75–80 dB beträgt.

Deshalb ist ein vollkommen ausgeglichener Frequenzverlauf bis zur untersten Oktave (Subkontra 16,4–30,9 Hz) erforderlich, um auch die Tiefbässe wahrzunehmen.

quadral 
Phonologue



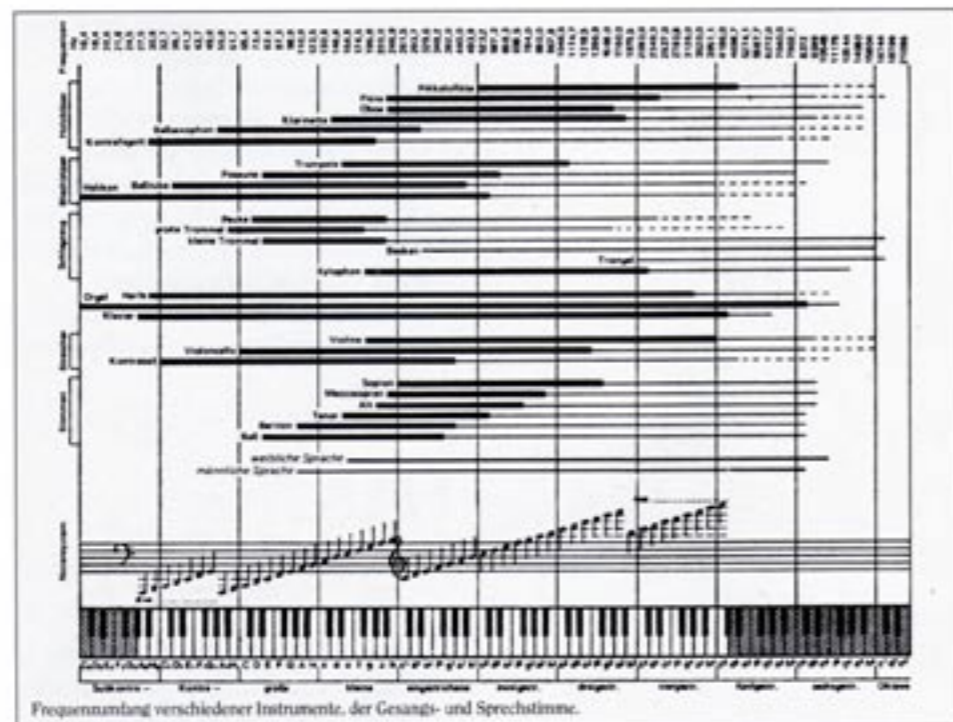
Um diesen ausgeglichenen Frequenzverlauf bis zu max. 20–30 Hz herab zu realisieren, schied die konventionelle Bauweise aus. Auch Hornkonstruktionen scheiden wegen ihrer großen Länge bei dieser tiefen Grenzfrequenz aufgrund von Platzproblemen aus. Eine Konstruktion, die diese Anforderung bei praktikabler Gehäusegröße erfüllen kann, ist die akustische Laufzeitleitung.

Die erforderliche Länge für einen Übertragungsbereich bis hinab zu 30 Hz ist 5,7 m. In der Praxis ist eine Rohrleitung solcher Länge nicht einsetzbar. Aus diesem Grunde wird das Rohr gefaltet. Durch die Faltungen und der damit konstruktiv bedingten Abweichungen von dem idealen runden Querschnitt des Rohres ergeben sich jedoch Teilresonanzen, die durch Teillängen, Ecken und Kanten in der Rohrleitung verursacht werden.

Um die Teilresonanzen auf ein Minimum zu reduzieren, wurde lediglich einmal gefaltet. Der Rohrquerschnitt wurde dem runden Querschnitt möglichst nahegebracht.

Bei dieser Konstruktionsweise wird der Baßlautsprecher in ein Rohr eingebaut, das bei ausreichender Länge einen akustischen Kurzschluß verhindert, andererseits aber als Resonanzrohr wirkt, dessen Resonanzfrequenz direkt von seiner Länge abhängt.

Diese Resonanz ergibt sich, wenn im Lautsprecher eine Schallschnelle erzeugt wird und am offenen Ende des Rohres gerade die größte Schallschnelle ins Freie treten kann. Bei vorliegender Betrachtung paßt gerade die halbe Wellenlänge der Resonanzfrequenz in das Rohr ($\lambda/2$). Bei $\lambda/4$ entsteht eine sog. „Anti“-Resonanz, die zur Dämpfung der lautsprechereigenen Resonanz aus-



genutzt werden kann. Die Rohr- oder Leitungsresonanz errechnet sich nach

$$f_r = \frac{c}{2L} \text{ (Hz)}$$

Zusätzlich zur Rohrresonanz ergeben sich bei der vorliegenden Konstruktion Teilresonanzen, verursacht durch die halbe Rohrlänge sowie Teillängen, bei der die Rückwand des Gehäuses mitbestimmend ist. Diese unerwünschten Teilresonanzen werden durch selektives Dämpfen der Faltstelle und der Leitungswände wirkungsvoll unterdrückt. Durch abschnittweises Einfügen von Dämmstoff in die Rohrleitung wird die Schallgeschwindigkeit von ca. 340 m/s auf

ca. 200 m/s in der Rohrleitung herabgesetzt. In dem verwendeten Dämmstoff ist die Schallgeschwindigkeit im Bereich 20..80 Hz kleiner als 100 m/s. Die Herabsetzung der Schallgeschwindigkeit in der Rohrleitung kommt einer Rohrleitungsverlängerung gleich. Die effektive Länge der Rohrleitung beträgt 3,33 m. Mit einer Schallgeschwindigkeit von 200 m/s ergibt sich bei $L = 3,33$ m eine Grundresonanz von 30 Hz. Setzt man für den ungedämpften Zustand f_r mit 30 Hz an, müßte die Rohrleitung theoretisch 5,7 m lang sein.

Der vom Lautsprecher rückseitig abgestrahlte Schall unterliegt einer relativ frequenzunabhängigen Laufzeitverzögerung bis zur Austrittsöffnung von 16,6 ms. Diese Zeit $t = 16,6$ ms entspricht der Zeit einer halben Periode einer Sinusschwingung von $f_r = 30$ Hz und es kann $L/c = 1/2 f_r$ festgesetzt werden. Damit ist auch der direkte

Zusammenhang zur Resonanzbedingung erkennbar, denn aufgelöst nach f_r ergibt sich $f_r = c/2L$.

Durch die Laufzeitverzögerung befindet sich der vordere und rückwärtige Schall der Lautsprechermembran bei $f_r = 30$ Hz in Phase. Zwischen 20 Hz und 50 Hz beträgt die Phasenlage $+60^\circ$ bis -90° , so daß in diesem Bereich immer eine Addition der Schallanteile gegeben ist. Oberhalb 50 Hz geht der Schallanteil an der TML-Austrittsöffnung langsam in Gegenphasigkeit zur Membranvorderseite über. Da der Pegel, bezogen auf die Membranvorderseite, in diesem Bereich jedoch schon größer als -10 dB ist, können Auslöschungen nicht mehr wirksam werden. In der Praxis ergibt sich in einem 28 m² großen Hörraum mit einer Nachhallzeit von 0,5 s ein ausgeglichener Schalldruckverlauf ohne hörbare Resonanzen im gesamten Baßbereich bis hinunter zu 20 Hz (Bild 2). Gemessen wurde in 4 m Abstand von der Lautsprecherbasis, auf der die Lautsprecher 3,5 m Abstand voneinander hatten.

Vorteil der Laufzeitleitung

(Transmission Line)

Der Vorteil der Laufzeitleitung gegenüber anderen Konstruktionsprinzipien liegt jedoch nicht nur in der extrem niedrigen unteren Grenzfrequenz und dem ausgeglichenen Schalldruckverlauf in diesem Bereich, sondern hauptsächlich in den guten dynamischen Verhältnissen.

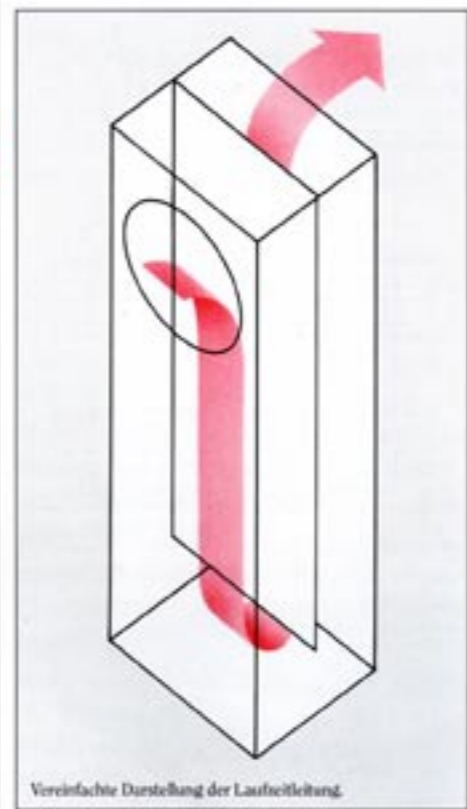
Im geschlossenen Baßreflexgehäuse arbeitet der Baßlautsprecher auf einem Luftpolster hoher Federsteife, das, abhängig von der Ausführung des Gehäuses, mehr oder weniger stark das Ein- und Ausschwingverhalten nachteilig beeinflusst. Der Grad der Beeinflussung auf den Lautsprecher ist abhängig von dem Verhältnis von Federsteife der Membraneinspannung zur Steife des eingeschlossenen Luftvolumens.

Bei einem geschlossenen Gehäuse von 60 l Nettovolumen wird ein 30-cm-Baßlautsprecher, dessen Federsteife bei etwa 1 N/mm liegt, mit einer Luftfedersteife von 5,7 N/mm belastet. Das sich so ergebende Verhältnis 5,7:1 zeigt, daß das Ein- und Ausschwingverhalten nicht nur von der linear arbeitenden

Federsteife der Membraneinspannung abhängt, sondern fast ausschließlich von der Federsteife des eingeschlossenen Luftvolumens.

Das eingeschlossene Luftvolumen unterliegt jedoch auch den Einflüssen stehender Wellen zwischen den Gehäusewänden, frequenzabhängiger Federsteife des Luftpolsters und Undichtigkeiten des Gehäuses. Daraus ergibt sich eine Verschlechterung der Ein- und Ausschwingvorgänge, die im Bereich der Resonanzfrequenz relativ groß und noch bis 300 Hz nachweisbar sind.

In der Laufzeitleitung sind die Verhältnisse – theoretisch betrachtet – genau umgekehrt. Der Lautsprecher arbeitet, würde er im Freien stehen, über die Laufzeitleitung auf ein unendliches Volumen. In der Praxis steht er jedoch in geschlossenen Wohnräumen mit 50 000 bis 100 000 l Luftvolumen. In der hier beschriebenen Laufzeitleitung ist eine Federsteife von ca. 0,08 bis 0,1 N/mm vorhanden, die hauptsächlich durch die Massesträgheit und die Reibungsenergie der Luftmoleküle in der Luftsäule bestimmt wird.



Aus dem Verhältnis der Federsteifen von Luft und Membraneinspannung 0,1:1 ist ersichtlich, daß keine zusätzlichen Einflüsse auf das Ein- und Ausschwingverhalten ausgeübt werden.

Stehende Wellen, die einen negativen Einfluß haben könnten, werden durch die geometrische Form (doppelkonisch) der Laufzeitleitung vermieden. Der

verwendete Baßlautsprecher wurde in seinen Parametern den Erfordernissen der Laufzeitleitung exakt angepaßt. Die Federsteife der Einspannung und der nutzbare lineare Hub von max. ± 10 mm erlauben in Verbindung mit der effektiven Membranfläche von 520 cm² einen maximalen Schallpegel von 103 dB bei 30 Hz. Zu diesen 103 dB, die von der Membranvorderseite erzeugt werden, addiert sich der Schallanteil der TML-Austrittsöffnung zu einem Gesamtschallpegel von ca. 106 dB. Der Meßabstand beträgt hierbei 1 m in einem Raum von 50 m³ mit einer Nachhallzeit von 0,5 s (Normwohnraum). Die Klirrfaktoren k_2 und k_3 liegen hierbei unterhalb von 3% und die Modulationsverzerrung ist kleiner als 0,5%. Die Ein- und Ausschwingvorgänge sind im Baßbereich von 20...350 Hz so, daß Klangverfälschungen nahezu ausgeschlossen werden können. Die Eigenresonanz des Baßlautsprechers, sie liegt bei ca. 18 Hz, wird durch die bei $\lambda/4$ hervorgerufene „Anti“-Resonanz bedämpft.

Tieftöner

Der untere Frequenzbereich im musikalischen Spektrum (20 Hz–150 Hz) stellt an die Lautsprecher die größten dynamischen Anforderungen. Der Grund ist die physikalische Forderung, daß bei Frequenzhalbierung das Verschiebevolumen bei konstantem Schalldruck viermal größer sein muß.

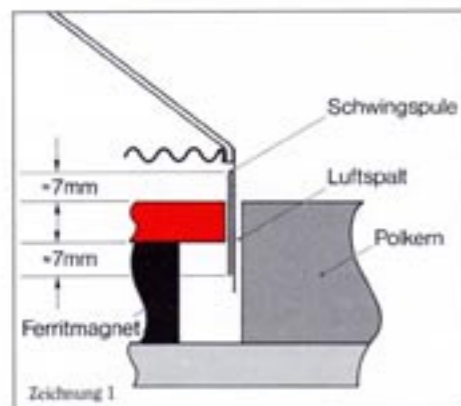
Zum Beispiel: 100 Hz = 55 cm³, 50 Hz = 220 cm³, 25 Hz = 880 cm³.

Da der Baßbereich von einem Lautsprecher bestimmter Größe übertragen wird, kann man auch sagen: 100 Hz = $\pm 0,5$ mm, 50 Hz = ± 2 mm, 25 Hz = ± 8 mm.

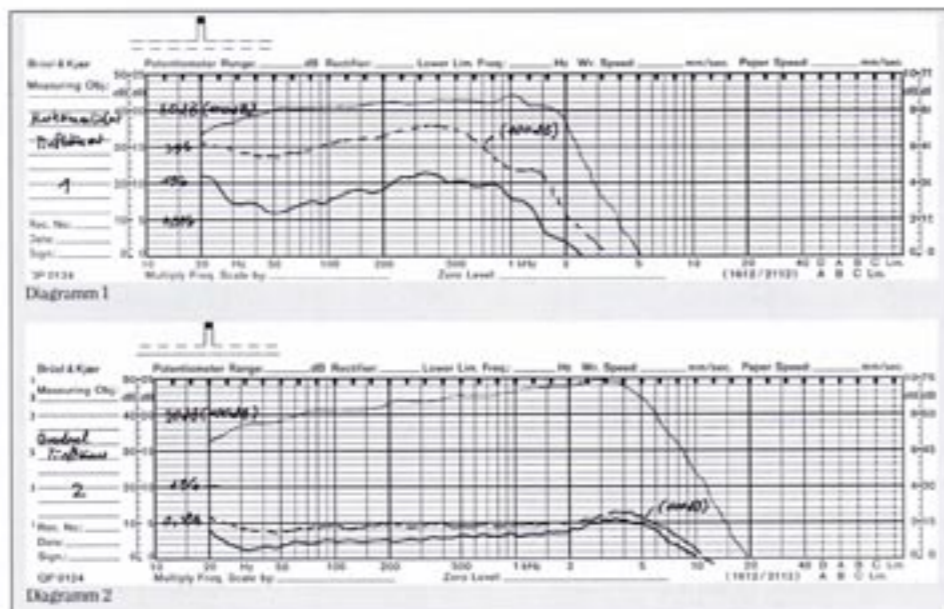
Diese Beispiele zeigen, daß im Baßbereich ein sehr großer mechanischer Hub des Lautsprechers notwendig ist, um einen entsprechenden Schalldruck bei tiefen Frequenzen zu erzeugen. Verständlich also, daß in hochwertigen Mehrwegboxen der Baßlautsprecher sehr groß sein muß und der Hochtonlautsprecher sehr klein sein kann.

Der Baßlautsprecher muß trotz seiner großen Membranfläche zusätzlich auch einen großen Hub haben. Hochwertige Baßlautsprecher herkömmlicher Art sind in der Lage, ungefähr ± 6 –8 mm Hub linear zu erzeugen. Um dies zu

erreichen, wird die Schwingspule auf eine Länge von 18–26 mm gewickelt. Der magnetisierte Luftspalt hat dabei eine Länge von 6–8 mm, so daß der symmetrische Überstand den linearen Hub zur Verfügung stellen kann. (Zeichnung 1)



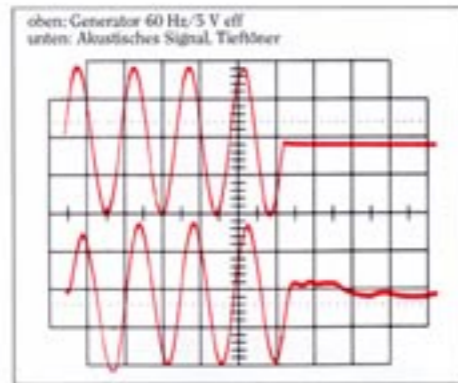
Diese Konstruktionsweise garantiert zwar das benötigte Verschiebevolumen für tiefe Frequenzen, hat aber eine Anzahl negativer Begleiterscheinungen. Die Schwingspule, die vom Strom durchflossen wird, kann nur zu einem Drittel zum Antrieb benutzt werden. Zwei Drittel der Schwingspule befinden sich nicht im Magnetfeld und wirken wie ein unerwünschter Widerstand. (Ein 8- Ω -Chassis hat ca. 3 Ω Wirkwiderstand und ca. 5 Ω Verlust-



widerstand). Das verschlechtert den theoretischen Dämpfungsfaktor erheblich.

Die überstehenden Schwingspulenwindungen haben neben dem Verlustwiderstand zusätzlich noch einen deutlichen induktiven Anteil, der wie eine in Reihe geschaltete Drossel wirkt. (Im Mittel ca. 1 mH). Dadurch wird die Bandbreite des Chassis begrenzt und die theoretisch mögliche Anstiegszeit verschlechtert.

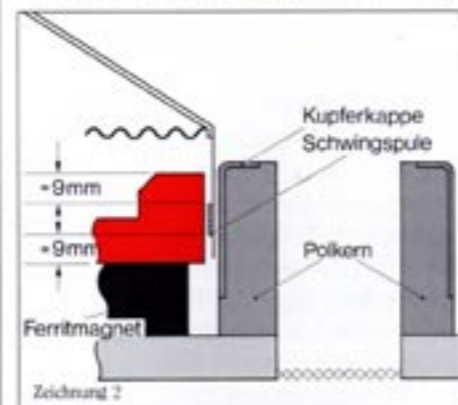
Die ungleichmäßigen Streufelder am oberen und unteren Rand des Luftspal-



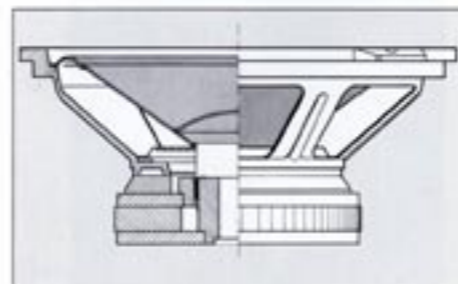
tes wirken auf die freistehenden Wicklungen der Schwingspule und beeinträchtigen die lineare Auslenkung negativ. Das macht sich besonders im Anstieg des Klirrfaktors bei mittleren bis hohen Pegeln stark bemerkbar. (Diagramm 1)

Insgesamt also kein Zustand, mit dem man zufrieden sein kann. Darum suchten wir nach neuen Wegen, dem Baßbereich durch effektivere Technik mehr von der akustischen Wirkung zu geben, die ihm zusteht.

Das Ergebnis dieser grundlegenden Entwicklungsarbeit ist ein neues Baßchassis für die Phonologie-Serie. Der neu-konstruierte Antrieb des Baßchassis unterscheidet sich gravierend von den herkömmlichen Antrieben und ist so auch völlig frei von deren Nachteilen. Er garantiert extreme Linearität, niedrigste Verzerrungen bei höchsten Pegeln und exakte Impulsverarbeitung. Zeichnung 2



zeigt deutlich den konstruktiven Aufbau. Und das ist das Wesentliche: In einem 24 mm tiefen Luftspalt befindet sich im Zentrum eine 7 mm hohe Schwingspule auf einem 64 mm \varnothing großen Träger. Der benötigte ausgedehnte Hub kann also bis ± 9 mm in einem vollkommen homogenen Magnetfeld ultralinear ausgeführt werden.



Die magnetische Induktion von 1,02 Tesla (10200 Gauss) wird von einem 7,5 kg schweren Ferritmagneten mit 385000 Maxwell Fluß bereitgestellt.

Die gesamte Schwingspule befindet sich immer in einem homogenen Magnetfeld. Die geringe Wickelhöhe bringt nur eine kleine Induktivität von 0,38 mH. Dadurch wird eine hohe Anstiegszeit von 100 μ s erreicht. Der Ausschwingvorgang wird sehr gut bedämpft, da die gesamte Schwingspule wirksam ist. Die ungleichmäßigen Randstreufelder haben keinen Einfluß auf die Schwingspule, eine unlineare Beeinflussung ist nicht möglich. Eine Kupferkappe über dem Polkern kompensiert den induktiven Anteil bei hohen Baßfrequenzen.

Als Erfolg dieser Konstruktion ergibt sich eine nahezu konstant niedrige Verzerrung von max. 0,3% bis zu höchsten Pegeln. (Diagramm 2)

Zum Vergleich: Herkömmliche Baßchassis haben bei 100 dB/1 m einen Klirrfaktor von ca. 5–10% im Bereich 40–400 Hz.

Das neue Baßchassis für die Phonologie-Serie ist ein typisches Beispiel dafür, wie eine radikale zentrale Idee unweigerlich auch die Umgestaltung aller peripheren Bauteile höchst positiv voranbringt. Dazu sei schlagwortartig noch gesagt:

Der große Schwingspuldurchmesser von 64 mm und der durchbohrte Polkern gewährleisten gute thermische Verhältnisse.

Der Chassiskorb ist aus hochwertigem Druckguß, der dem 9 kg schweren Lautsprecher hohe innere Stabilität gibt.

Ein massiver Gußring verstärkt zusätzlich den Außenkorb.

Membrane, Zentrierung und Außensicke wurden den dynamischen Verhältnissen des Antriebs genau angepaßt. (Dyn. Masse 50 g).

Amplitudenverlauf und Phase haben im Übertragungsbereich 20 Hz–300 Hz hervorragende Konstanz.

Resümee: Was sich hier in der Sprache der Technik plausibel anhört, ist in der Praxis eine **quadral**-Leistung, die dem engagierten Musikfreund eine erhebliche Steigerung des Hörgenusses garantiert.

Und das ist schließlich das Ziel, das wir unter voller Ausschöpfung aller technischen und kreativen Möglichkeiten als Stand des heute Machbaren erreichen wollen.

quadral Phonologie

Der Mitteltonbereich

Zum besseren Verständnis: die subjektiv empfundenen Mittelfrequenzen liegen zwischen 250 Hz bis ca. 4000 Hz. Das kommt einem Frequenzumfang von fast vier Oktaven gleich.*

* (eingestrichelte – viergestrichelte Oktave)

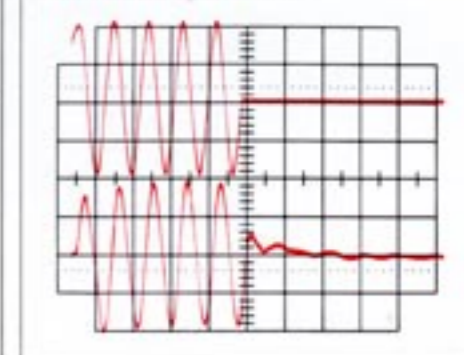
Der größte Teil des musikalischen Geschehens spielt sich vom Grundton her in diesem Bereich ab.

Um in diesem wichtigen Bereich die Klangdefinition und das Auflösungsvermögen nicht negativ zu beeinflussen, ist die erste Voraussetzung das Vermeiden von Phasenfehlern durch die Frequenzweiche und den Lautsprecher. Zweitens muß ein möglichst genaues Folgen der Membran proportional zum dynamischen Signal gewährleistet sein. Die Erfüllung der ersten Voraussetzung verlangt einen Lautsprecher, der den gesamten Bereich von 250 Hz bis 4000 Hz, bei ausgeglichenem Schalldruckverlauf und ohne Phasensprünge, übertragen kann.

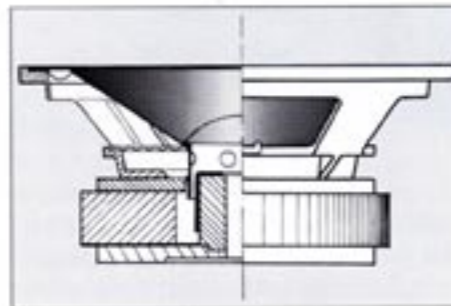
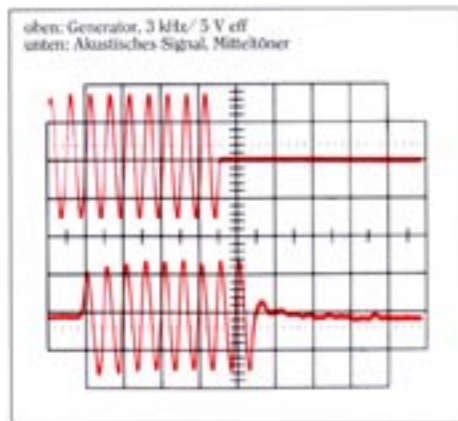
Für die zweite Voraussetzung muß der Lautsprecher bis zur oberen Frequenz kolbenförmig schwingen, sehr schnell einschwingen und exakt ausschwingen. Außerdem müssen Dynamiksprünge bis 115 dB ohne Kompressionserscheinungen reproduziert werden.



oben: Generator 500 Hz/5 V eff
unten: Akustisches Signal, Milteltöner



quadral Phonologie



wurde gleichzeitig die statische Auslegung optimiert. Der Korb besteht aus hochwertigem Aluminium-Druckguß.

Die Schwingspule von 25 mm Durchmesser sitzt auf einem gelochten Aluträger, der in Verbindung mit dem durchbohrten Polkern eine hohe thermische Belastbarkeit garantiert.

Ein starkes Magnetfeld und eine über den Polkern gezogene Kupferkapsel bewirken in Verbindung mit der geringen dynamischen Masse von 5,4 g die extrem schnelle Anstiegszeit von 28 µs.

Die effektive Membranfläche von 92 cm² und der lineare Hub von 1,8 mm ermöglichen Dynamiksprünge bis 115 dB ohne Kompressionserscheinungen für den gesamten Übertragungsbereich (250–4000 Hz).

Durch die extrem kurze Anstiegszeit von 28 µs und die hohe innere Dämpfung des Chassis ergeben sich präzise Ein- und Ausschwingungsvorgänge bei jeder Frequenz.

Technische Daten und Design können ohne Vorankündigung vom Hersteller geändert werden.

quadral 
Phonologie

Eine komplette **quadral-Neuentwicklung** war nötig, um die beschriebenen Forderungen zu erfüllen. Wegen des niedrigen unteren Frequenzbereiches von 250 Hz wurde die größtmögliche Membranfläche gewählt, die den oberen Frequenzbereich von 4 kHz noch nicht einengt. Dem Membrangrundstoff, der Cellulose, wurde ein 10%iger Anteil von Glasfasern zugesetzt. Das bringt eine hohe Steifigkeit der Membran bei geringem Gewicht, ohne die positiven Eigenschaften der inneren Dämpfung eines Pappmembrankegels zu verlieren.

Die Membrangeometrie wurde auf maximale innere Stabilität, bei gleichzeitig gutem Abstrahlverhalten im oberen Frequenzbereich, ausgelegt.

In Verbindung mit einem genau ermittelten Dämpfungsaufstrich wurde ein sehr guter Amplituden- und Phasenverlauf erreicht. Die neu konzipierte Textilsickenrille hat einen sehr großen Abrollradius, der geringste Verzerrungen im gesamten Übertragungsbereich garantiert.

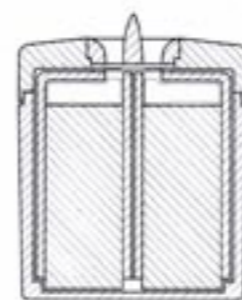
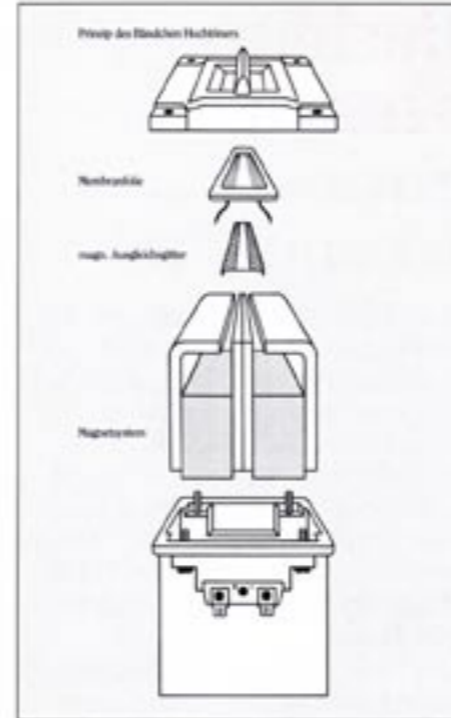
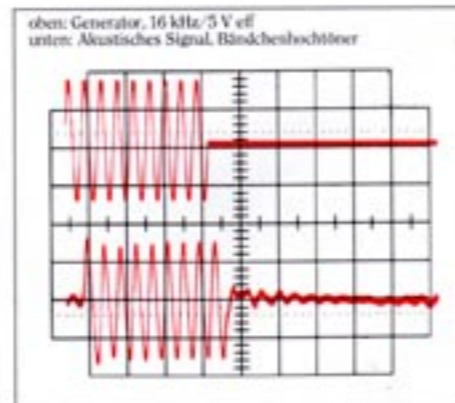
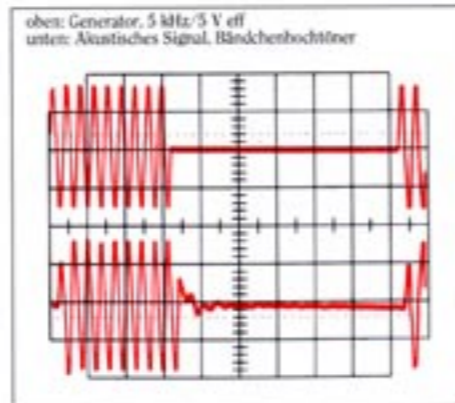
(k_{ges} = kleiner als 0,2% bei 90 dB).

Der Chassiskorb mußte der großen Membrane angepaßt werden. Dabei

Hochtonbereich

Um im Hochtonbereich das gleich gute Auflösungsvermögen komplexer Musikpassagen sowie maximale Verfärbungsfreiheit, wie auch im Tief- und Mitteltonbereich, zu erreichen, wird ein spezieller elektrodynamischer Bändchenlautsprecher eingesetzt.

Gutes Auflösungsvermögen sowie Verfärbungsfreiheit bedeutet für den Lautsprecher eine exakte Impulswiedergabe ohne Eigenleben und einen äußerst linearen Übertragungsbereich bis über die Hörgrenze hinaus.



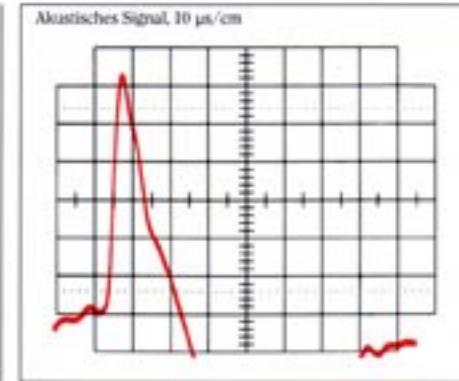
Diese Forderung kann ein Bändchenhohtöner im Gegensatz zum Konus- oder Kalottenlautsprecher fast ideal erfüllen.



Auf einer hochwärmebeständigen Membranfolie von 7 µm Dicke sind bändchenförmige Aluminiumleiter von 10 µm aufgedampft.

Die effektiv wirksame Membranfläche beträgt ca. 6,3 cm² bei einer dynamischen Masse von 0,02 g. (Zum Vergleich: Eine 25 mm Hochtonkalotte hat ebenfalls ≈ 6 cm² Fläche, aber eine dynamische Masse von ≈ 0,7–1 g). Da allein die Strahlungsimpedanz für die Dämpfung der Membran verantwortlich ist, ergibt sich in Verbindung mit der sehr kleinen Masse ein hervorragendes Impulsverhalten sowie die extrem schnelle Anstiegszeit von 1,4 µs.

(Konus- und Kalottenhohtöner haben Anstiegszeiten von ≈ 10–15 µs). Durch die gleichmäßig über die gesamte Membranfläche verteilte Antriebskraft sind Teilschwingungen vollkommen unterbunden, was eine äußerst lineare Übertragung gewährleistet, die bis ca. 100 kHz reicht. Die frequenzunabhängige Impedanz bringt ein hervorragendes elektrisches und akustisches Phasenverhalten mit sich.



Die Frequenzweiche

Die drei Einzelchassis für den Tiefton-, den Mittelton- und den Hochtonbereich, die wir Ihnen in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben haben, besitzen für ihren jeweiligen Einsatzbereich optimale dynamische und klangliche Voraussetzungen. Allerdings, auf sich allein gestellt wären sie nicht in der Lage, die Anforderungen an ein System zu erfüllen. Dazu gehört die Frequenzweiche.

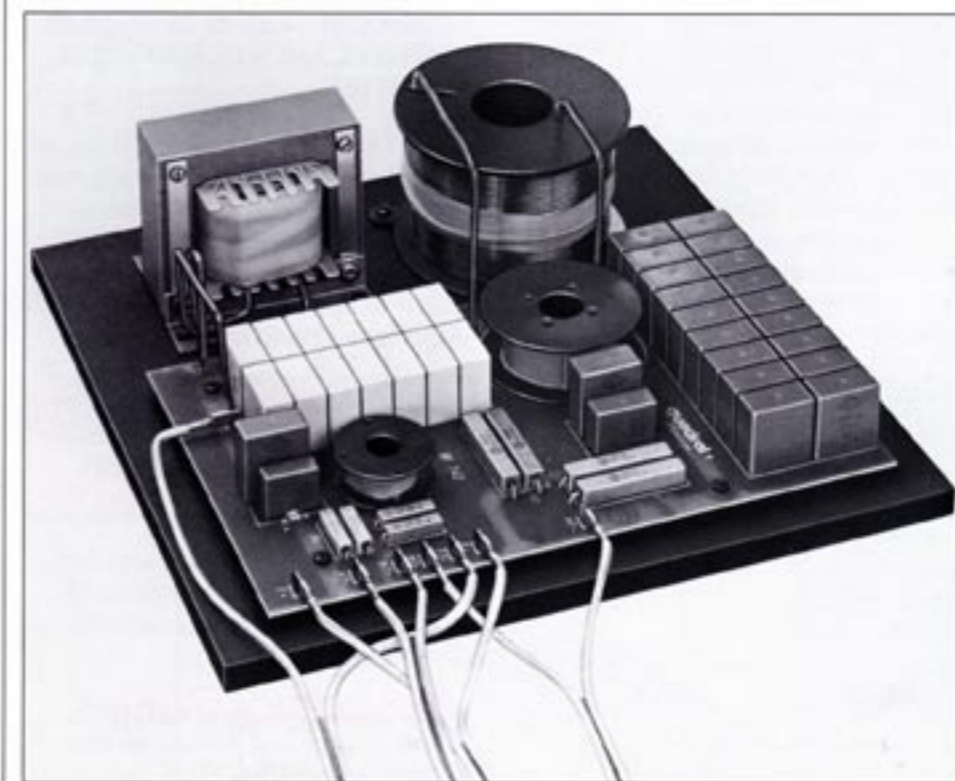
Ganz individuell abgestimmt auf die positiven Eigenschaften der drei Chassis steuert die Frequenzweiche die genaue Abgrenzung der Übertragungsbereiche, die klangbeeinflussende im Übernahmehereich und die Amplitudenbeeinflussungen, die ja letztlich den Klangeindruck ausmachen.

Dazu gehört die Ermittlung vieler Faktoren, bei denen die Physik und die Meßtechnik nur noch zu einem kleinen Teil beitragen können. Sie wurden zum größten Teil in langwierigen Hörsitzungen individuell ermittelt.

Die Frequenzweiche benötigt viele passive Bauteile und sitzt vor den Lautsprechern. Das bedeutet, daß die verwendeten Bauteile von exklusiver Qualität sein müssen.

Um alle uns bekannten negativen Eigenschaften solcher Bauteile auszuschließen, sind wir nicht den preiswertesten, sondern den sichersten Weg gegangen. Wir haben in allen Bereichen die derzeit besten Bauteile, die zu haben sind, eingesetzt.

Die Induktivitäten wurden durch Luftdrosseln großen Volumens gestaltet, die keine meßbaren Verzerrungen aufweisen. Die Kapazitäten übernehmen hochwertige Polypropylenkondensatoren



mit den derzeit geringsten Verlusten. Diese hochwertigen Kondensatoren werden nur in kleinen Kapazitätswerten gefertigt und so war eine Parallelschaltung vieler einzelner erforderlich. Im Baßbereich 14 Einheiten und im Mitteltonbereich 18 Einheiten. Diese Parallelschaltung bringt zusätzlich den Vorteil geringster induktiver Anteile, die dann durch Hinzuschalten von Styroflex-Kondensatoren kleinster Kapazität gänzlich eliminiert wurden.

Zum Aufbau der Schaltung wird eine hochstabile Epoxydgewebeplatte mit 105 µm versilberter Kupferschicht verwendet.

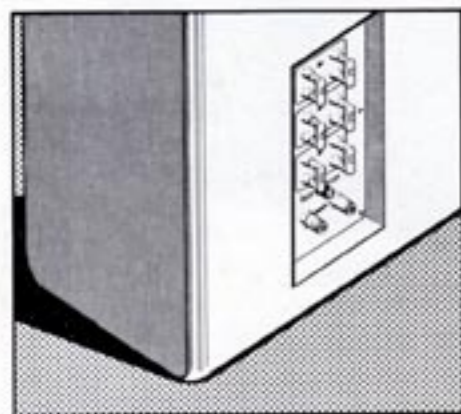
Die Verdrahtung des Lautsprechers mit 4 mm² starker Silberlitze ist die konsequente Abrundung des Einsatzes hochwertigster Materialien.

Anschluß

Auf der Rückseite der Box befindet sich das Anschlußfeld der Box an den Verstärker. An zwei schraubbaren Klemmanschlüssen können die abisolierten Lautsprecherkabel angeschlossen werden.

Wir empfehlen zum Anschluß der Boxen **quadral Hydra High-end-Lautsprecher-Kabel** mit 2 x 4 mm², das im Fachhandel zu erwerben ist. Bei 2 x 4 mm² und einer Länge von bis zu 6 m wird der hohe erzielbare Dämpfungsfaktor, den die Boxen gestatten, voll ausgenutzt.

Oberhalb der Anschlußklemmen befindet sich eine Sicherung für den Bändchenhochtöner mit dem Sicherungswert 0,63 mA mittelträge. Die 6 Brückenstecker erlauben die Auftrennung zwischen Lautsprecherchassis und passiver Frequenzweiche zur Nachrüstung mit einer speziellen **quadral Phonologie-Aktiv-Elektronik**. Zum passiven Betrieb dürfen die Brückenstecker nicht entfernt werden!



Wichtig:

Handelsübliche aktive Frequenzweichen sind aufgrund ihrer theoretisch-mathematisch-variablen Übernahmefrequenzen und Flankensteilheiten **nicht** geeignet, die spezifischen Eigenschaften der quadral-Lautsprecherchassis zu berücksichtigen.

Alles, was wir Ihnen bis zu diesem Punkt geschildert haben, gehört zur **TITAN-Story** und vielleicht können Sie jetzt noch besser verstehen, wie es zu einer derart überzeugenden Klangqualität kommen kann. Aber zur **TITAN III** gehört der kleinere „Bruder“ **VULKAN III**. Um ihn technisch zu begreifen, brauchen Sie nur winzige Details als Änderung zu sehen. Die **VULKAN III** hat, außer kleineren Abmessungen, 250 Watt Belastbarkeit.

Wir sind sicher: Kenner werden sich für die **VULKAN III** entscheiden, wenn z. B. Raumprobleme eine Rolle spielen, wenn also nicht so viel Fläche für die Aufstellung der Boxen zur Verfügung steht.

Die Klangreproduktion liegt sehr nahe an der Leistung der **TITAN III**. Alle **TITAN-** und **VULKAN-**Lautsprecher erhalten, bevor sie ausgeliefert werden, als Zertifikat ein Meßprotokoll.

Damit wird sichergestellt, daß jeder einzelne Lautsprecher in allen Details seiner Leistung dem Urmuster in der Entwicklungs-Abteilung von **quadral** entspricht. Das **quadral-Phonologie-HiFi-Lautsprecher-Programm** besteht aus sieben Typen: **TITAN III, VULKAN III, MONTAN III, WOTAN III, AMUN III, SHOGUN III, TRIBUN III**.

Die **TITAN III** und **VULKAN III** kennen Sie nun und Sie wissen, daß beide nach dem Real-Transmission-Line-System gebaut sind. Die Typen **MONTAN III** und **WOTAN III** wurden im Baßbereich nach dem Open-Loop-Controlled-Diaphragm-Prinzip konstruiert.

Ein in den Schwingkreis „Membran-Luftpolster“ eingebauter Fließwiderstand bedämpft die Baßresonanz um mehr als 50%.

Durch das O.L.C.D.-Prinzip kann der Baßlautsprecher im Resonanzbereich mehr Leistung aufnehmen und schwingt sehr gut aus.

Dies führt zu einer äußerst präzisen Baßwiedergabe und hervorragenden Tiefbaßeigenschaften.

Die Phonologie-Serie von quadral

ist ein typisches Beispiel dafür, wie die Erfüllung hoher Ansprüche an die Wiedergabequalität von HiFi-Lautsprechern über einen weiten Bereich verwirklicht werden kann. Die **TITAN III** setzt die Maßstäbe. Wer sich für die **TITAN III** entscheidet, beweist dadurch, daß sich seine Ansprüche im Bereich des Absoluten bewegen. Die Leistung der **TITAN III** bestätigt voll die Richtigkeit dieser Entscheidung.

Aber auch, wenn man ganz einfach, egal aus welchen Gründen, Konzessionen machen muß, hört in der Phonologie-Serie die perfekte Wiedergabequalität nicht einfach auf – im Gegenteil. Mit der Ausschöpfung aller Möglichkeiten des derzeit Machbaren wurde die unmittelbare Vergleichbarkeit zum Leader der Serie, der **TITAN III**, erreicht.

Die **VULKAN III**, die **MONTAN III**, die **WOTAN III**, die **AMUN III**, die **SHOGUN III** und die **TRIBUN III** unterscheiden sich optisch und im Preis, bedingt durch die unterschiedlichen Einsatz- und Leistungsbereiche, untereinander und von der **TITAN III**. Doch gönnen Sie sich das Vernügen, im Hörvergleich festzustellen, wie dicht die Boxen in der Klangqualität zusammenliegen.

Rein an der Leistung gemessen, ergibt sich so ein sehr günstiges Preis-/Leistungs-Verhältnis, vor allem, wenn man dabei bedenkt, daß jede Phonologie-Box für sich und in ihrer Klasse zu den besten der jeweiligen Kategorie zählt.

5 Jahre Garantie geben volle Sicherheit. Wenn wir auch ums Detail bei der Erklärung der Technik nicht herumkommen, so gipfelt unser wichtigster Rat dennoch in einem einzigen Wort: **Probieren!**

