

PFLEID

**HIGH
FIDELITY
FÜR
LAUTSPRECHER**



Ausgezeichnet
mit dem Impulse
Erfinderpreis 1984

LAUTSPRECHER

Sie erzeugen Schall mit Hilfe der Technik,
gut klingen sie nur mit Hilfe der Akustik.

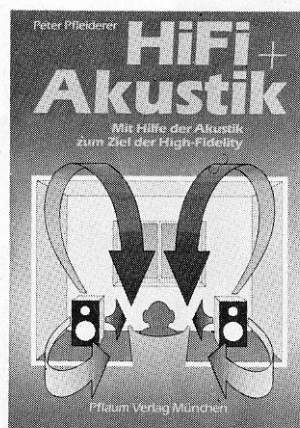
HIFI UND AKUSTIK

Raumakustische Probleme haben mit der Lautsprechertechnik nichts zu tun. Durch rein technische Verbesserungen am Lautsprecher selbst sind sie nicht zu lösen. Wenn Lautsprecher schlecht klingen, kann das oft an rein akustischen Gründen liegen. Ebenso wie bei Live-Musik breitet sich auch eine vom Lautsprecher erzeugte Schallwelle von ihrem Entstehungspunkt weitgehend kugelförmig im Raum aus. Dabei wird der Hörer immer nur von einem geringen Bruchteil der Schallenergie auf direktem Wege erreicht. In allen Hörräumen erreichen die überwiegenden Anteile der Schallwellen den Hörer erst Sekundenbruchteile später, nachdem sie von den Hörraumwänden einmal oder mehrfach zurückgeworfen worden sind. Diese räumlich und zeitlich versetzt eintreffenden Reflexionen haben auch bei der HiFi-Wiedergabe einen wesentlichen Einfluß auf die Klangqualität. Schlagworte wie „Direktschall–Indirektschall“ als Verkaufsargument für direkt/indirekt abstrahlende HiFi-Boxen verschweigen leider oft, daß es Hunderte von Konzertsälen mit Direkt- und Indirektschall gibt, die miserabel klingen, und daß es daher nicht allein auf das mengenmäßige Verhältnis von Direkt- und Indirektschall ankommt, sondern auf die Berücksichtigung akustischer Grundregeln. Solange man sich diese akustischen Grundvoraussetzungen nicht gegenwärtigt, geschieht es immer wieder, daß der gleiche Lautsprecher von der einen HiFi-Redaktion gut und von der anderen schlecht eingestuft wird, in verschiedenen HiFi-Geschäften grundverschieden klingt, oder daß der Käufer mit Lautsprechern, die im Geschäft gut geklungen haben, zu Hause nur eine schlechte akustische Qualität erlebt. Entscheidende Fortschritte in der High-Fidelity lassen sich nicht mehr im technischen, sondern nur noch im akustischen Bereich erzielen. Das Fachbuch „HiFi und Akustik“, verfaßt von Peter Pfleiderer und erschienen im Pflaum-Verlag München, verhilft dem

Musikliebhaber und HiFi-Freund zu jenem akustischen Grundwissen, anhand dessen er selbständig und gezielt die klangliche Qualität seiner Anlage **akustisch** optimieren kann.

Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Lautsprecherwiedergabe in Wohnräumen betreiben wir seit 1975. Damals verstand man unter einem guten HiFi-Studio noch einen stark bedämpften Hörraum, im Idealfall einen schalltoten, reflexionsfreien Raum.

Heute hat sich der Begriff „Wohnraumakustik“ schon fest eingebürgert. Dazu beigetragen hat ein von uns entwickeltes, spezielles Schallabstrahlverfahren, bei dem die Zimmerwände als Reflexionsflächen für die Klangwiedergabe so einbezogen werden, daß gerade im Wohnraum gute Akustik entsteht – zugleich ist es uns gelungen, auf diese Weise das Verständnis für richtige Boxenaufstellung im Hörraum zu fördern. Das Schallabstrahlprinzip für unsere Lautsprecher ist mittlerweile als „Pfleidprinzip“ patentiert. Wir haben den Trugschluß widerlegt, Wohnraumakustik sei ein Frequenzgangproblem und wirke sich lediglich in Gestalt einer überzogenen oder flachen Baß- bzw. Hochtongwiedergabe aus. Mit einem Griff zum Baß- oder Höhenregler ist dieses Problem nicht zu lösen – auch nicht mit Equalizern. Untermauert werden diese Forschungsergebnisse inzwischen durch deren logische Anwendung auf die Kopfhörerwiedergabe, für die wir ebenfalls ein bereits patentiertes Verfahren entwickeln konnten, das sich als „Kopfhörerakustik“ in einigen Jahren zweifellos durchgesetzt haben wird.



DAS PFLEID PRINZIP

Jede Schallquelle klingt nur dann optimal, wenn die Schallwellen **beim Hörer** so eintreffen, daß sein Gehör sie optimal verarbeiten kann. Diese Bedingung zur Wahrnehmung guter Akustik gilt für das Hören ganz allgemein: für Konzertsäle ebenso wie für Wohnräume, für Musiker wie für Lautsprecher- oder Kopfhörerwiedergabe. Wie jedoch in normalen Wohnräumen eine hochwertige Akustik erzeugt wird, zeigen wir Ihnen mit Hilfe unserer Wohnraumlautsprecher und des „Pfleidprinzips“.

Räumliche Schallfelder

Mit Hilfe des „Pfleidprinzips“ wird unter wohnraumakustischen Hörbedingungen eine ebenso hochwertig empfundene Akustik erzeugt, wie sie von guten Plätzen in berühmten Konzertsälen bekannt ist. Wie im guten Konzertsaal können wir die beste Akustik nur dann erleben, wenn die räumlichen Schallfelder so eintreffen, daß unser Gehör sie optimal aufnehmen und verarbeiten kann. Ist dies nicht der Fall, bekommen wir einen minderwertigen Musikeindruck. Allein vom Gehör hängt es ab, ob wir einen guten oder schlechten Musikeindruck wahrnehmen. Die räumlichen Schallfelder müssen, entsprechend der Arbeitsweise unseres Gehörs ganz allgemein, akustisch richtig strukturiert sein, für Konzertsäle wie für Wohnräume, für Live-Aufführungen wie für Lautsprecher- und Kopfhörerwiedergabe. Wie diese Strukturierung zu erfolgen hat, ist durch einen jahrhundertelangen Optimierungsprozeß im Konzertsaalbau schon erkannt worden. Durch die Tatsache, daß es auch innerhalb dieser Räume noch gute und schlechte Plätze gibt, war es für Akustiker nicht schwer, über das unterschiedliche räumliche Eintreffen der Reflexionen auch die Arbeitsweise des menschlichen Gehörs zu erforschen.

Drei Faktoren guter Akustik

Für die Wahrnehmung einer guten Akustik sind im wesentlichen drei Faktoren maßgebend:

Der Direktschall: Er dient zur Ortung.

Die ersten schallstarken Reflexionen, die bis zu 50 Tausendstel Sekunden nach dem Direktschall eintreffen, jedoch nicht als Reflexionen gehört werden: Sie erhöhen durch eine Art Integrationsprozeß die wahrgenommene Direktschalllautstärke und weiten durch das räumliche Eintreffen den Raumeinfallswinkel auf. Ihr räumliches und zeitliches Eintreffen prägt die Akustik am stärksten.

Der Nachhall: Als Häufung der Reflexionen bildet er sehr diffuse Schallfelder, deren Schalldruckpegel jedoch rasch absinkt und die Nachhallzeit bestimmt.

Keinen dieser die Klangqualität bestimmenden Faktoren hören wir isoliert. Denn das menschliche Gehör verarbeitet diese verschiedenen und zeitlich nacheinander eintreffenden Reize – ungeachtet ständig nachfolgender Schallereignisse – zu einer zusammengehörigen Empfindung. Diese drei Faktoren bestimmen allein, ob wir den Klang der musikalischen Darbietung als schön oder weniger beeindruckend empfinden. Ändert sich einer dieser Faktoren, dann ändert sich auch unser Gesamthöreindruck.

Akustische Maßnahmen

Wenn Konzertsäle eine optimale Größe überschreiten, z.B. zu hoch sind (Berliner Philharmonie, Tonhalle Düsseldorf), und sich mehr als 40 Tausendstel Sekunden Zeitdifferenz zum direkten Schall ergeben, ist der Einbau von Schallreflektoren über dem Podium erforderlich. Das verkürzt die Schallwege – die ersten schallstarken Reflexionen können so in einem Zeitraum von 10-40 ms von vorne oben beim Hörer eintreffen.

In Konzertsälen mit kleineren und mittleren Ausmaßen entfällt diese Notwendigkeit. Hier liegen die Laufzeiten sowie die Einfallswinkel der ersten schallstarken Reflexionen von vorne oben und von den Seiten innerhalb des erforderlichen Spielraums. **Bei Darbietung des Klanggeschehens in kleineren, niedrigeren Räumen, wie Wohnräumen, ist die Sachlage umge-**

kehrt. Hier erreichen die Reflexionen durch die zwangsweise kürzeren Laufwege des Schalls den Hörer bereits sehr früh. Aber auch in diesem Fall gilt es, nach den gleichen akustischen Gesetzmäßigkeiten des Konzertsaals, **erste schallstark reflektierte Schallwellen** so zu verzögern, daß sie in einem zeitlichen Abstand von 10-40 ms nach dem Direktschall und von vorne oben und seitlich aus dem Raum am Hörplatz eintreffen. Auch bei vorherigen Frühreflexionen von hinten wird das Klangbild erst **hierdurch** psychoakustisch günstig strukturiert.

Wenn ein Streichquartett z.B. in einem **durchschnittlich großen Wohnraum** spielt, kann jeder sofort feststellen, daß das Klangbild merklich an Klarheit und Durchsichtigkeit verliert, es wird aufdringlich und überpräsent. Bisher half man sich mit der vagen Erklärung, der Klang könne sich nicht entfalten.

Herkömmliche Lautsprecherboxen

Ähnliches geschieht bei konventionellen HiFi-Boxen. Geht man während einer Konzerteinspielung aus dem Aufnahme-raum in den Regieraum und hört dort die Musik noch vor der Bandaufzeichnung mit den besten Studiowiedergabegeräten, zeigt sich auch für den Laien sofort der Unterschied zum Original: Die letzten Feinheiten und der Glanz fehlen; außerdem wirkt alles flacher. Man merkt: Die bisherige Aufnahme- und Wiedergabetechnik ist mit Mängeln behaftet, die sich durch technische Verbesserungen allein nicht aus der Welt schaffen lassen. Deshalb erkennt man allmählich auch in eingeleichteten HiFi-Kreisen, daß es nicht mehr darauf ankommt, den Schall meßtechnisch noch um einige Promille klirrärmer und verzerrungsfreier über Verstärker und Lautsprecher zu erzeugen. Genau hier setzt das „Pfleidprinzip“ an.

Was machen wir anders?

Um die akustische Lösung für HiFi-Anlagen mit dem Pfleidprinzip und unseren Wohnraumlautsprechern zu verdeutlichen, zunächst die Merkmale der bisher propagierten Lautsprecherarten:

Die Direktstrahler: Da Direktstrahler darauf angelegt sind, den Hörraum überhaupt nicht miteinzubeziehen und da die ersten schallstarken Reflexionen nur von hinten kommen, wird der Raumeinfallswinkel nicht aufgeweitet und nur ein flaches, unräumliches Klangbild erzeugt.

Die Raumstrahler: Bei allen direkt und indirekt abstrahlenden HiFi-Boxen kommen unter wohnraumakustischen Bedingungen die vorne von den Wänden einfallenden, ersten schallstarken Reflexionen viel zu schnell nach dem Direktschall, verwischen die Einschwingvorgänge und beeinträchtigen die Ortbarkeit. Das Klangbild wird undeutlich, überräumlich.

Unsere Wohnraumlautsprecher PP8 MkII und PP18

Die PP8 MkII, das Nachfolgemodell der bereits legendären PP8, sowie unsere „große“ HiFi-Box, die PP18, strahlen einen Teil des Schalls unmittelbar nach vorne ab: Den Direktschall, die erste Schallwelle, empfängt der Hörer wie im Konzertsaal. Den anderen Teil des von ihnen erzeugten Schalls strahlen sie über ein gefaltetes Exponentialhorn aus Marmor fast senkrecht nach oben ab. Am Gehäuse der Lautsprecherbox fällt auf, daß die Oberseite völlig offen ist: Es handelt sich um die Schallaustrittsöffnung des Exponentialhorns. Ein Blick hinein zeigt, daß es sich nach unten stark verjüngt. Bis der Schall aus der Öffnung tritt, hat er bereits einen Weg von einem halben Meter zurückgelegt. Das bedeutet, er ist bereits später dran als der direkt nach vorne abgestrahlte Schallanteil. Außerdem hat ihn das System nach oben gerichtet gebündelt. So trifft er auf die Zimmerdecke und wird von ihr reflektiert. Wie im Konzertsaal treffen den Hörer erste schallstarke Reflexionen von vorne oben und von den Seitenwänden. Die Strecke im Horn, der Abstand zur Zimmerdecke und von dort zum Hörer machen den Weg dieser Wellenfront immerhin so lang, daß sie mit einer optimalen zeitlichen Verzögerung am Ohr ankommt. Erst hierdurch wird das Klangbild psychoakustisch günstig strukturiert und der Raumeinfallswinkel aufgeweitet, auch bei vorherigen Frühreflexionen von hinten. Der Laufzeitunterschied zwischen direktem Schall und

MARMOR

Lautsprechergehäuse und Exponentialhorn werden aus Marmor gefertigt.

ersten schallstarken Reflexionen hängt zwar auch von den Abmessungen des Wohnraums ab, in dem die Boxen stehen, erreicht aber mit Sicherheit 10 Tausendstel Sekunden. Damit liegt er in dem für das Musikhören vorteilhaften Bereich.

Pfleidprinzip für Kopfhörer

Der unüberhörbare Erfolg des „Pfleidprinzips“ unter wohnraumakustischen Bedingungen veranlaßte uns, auch die räumlich richtige und akustisch hochwertige Musikwiedergabe über Kopfhörer zu verwirklichen: durch elektronische Beifügung der akustisch wichtigen Reflexionen mit dem Echtzeitprozessor PP9. Hierbei werden lediglich diese Einzelreflexionen für Kopfhörerwiedergabe richtig nachgebildet. Wir konnten nachweisen, daß sich bei dem psychoakustischen Optimierungsprozeß für Kopfhörerwiedergabe dieselben Strukturen hinsichtlich der ersten schallstarken Reflexionen ergaben wie in „guten“ Konzertsälen und bei Lautsprecherwiedergabe unter wohnraumakustischen Bedingungen mit unseren Wohnraumlautsprechern. Auch hier konnte der Trugschluß widerlegt werden, der Frequenzgang der Ohrhörer (freifeld- oder diffusfeldentzerrt) sei das Problem der Kopfhörerwiedergabe.

Erfinderpreise

Für jede dieser richtungsweisenden Erfindungen in der Lautsprecher- und Kopfhörerwiedergabe, die nach dem Pfleidprinzip arbeiten und die Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse der Akustik auch auf dem HiFi-Bereich ermöglichen, wurde Herrn Pfleiderer 1982, 1983 und 1984 der Impulse-Erfinderpreis verliehen, überreicht durch die niedersächsische Ministerin für Wirtschaft und Verkehr, Frau Breuel, und den Präsidenten des Deutschen Patentamtes, Herrn Dr. Häuser.

Die Produkte sind weltweit zum Patent angemeldet und in einigen Ländern bereits patentiert. Sie werden von der Patentstelle für die Deutsche Forschung sowie dem Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.

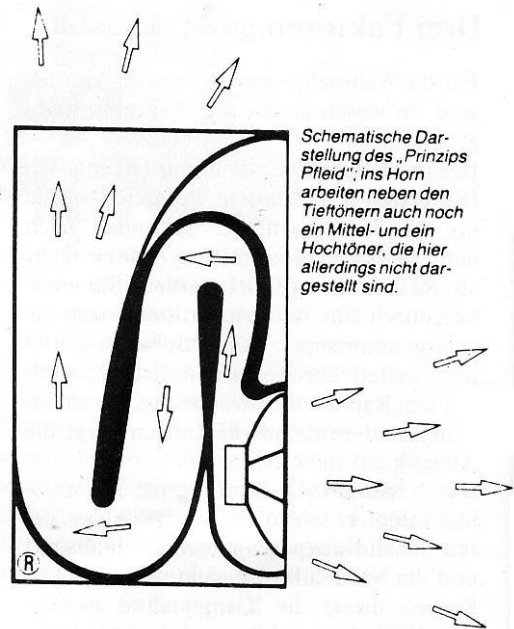
HIFI UND TECHNIK

Obwohl akustische Faktoren die Wiedergabe am stärksten beeinflussen, haben wir auch die technischen Aspekte bei den Lautsprechern selbst optimiert.

Unser patentiertes offenes Lautsprechergehäuse mit kurzem Exponentialhorn aus Marmor

Die Gehäuse unserer Wohnraumlautsprecher PP8 MkII und PP18 haben gegenüber geschlossenen HiFi-Boxengehäusen neben den akustischen auch rein technische Vorteile. Da von allen schwingenden Lautsprechermembranen der Schall mit gleicher Intensität nach vorne wie nach hinten abgestrahlt wird, bekommt bei geschlossenen HiFi-Boxen das Gehäuse vom Baßlautsprecher über die wenige eingeschlossene Luft die gleiche Schallenergie wie der vergleichsweise große Hörraum, in dem die Box steht. Alle Versuche, bei Holzboxen diese Energie durch Versteifungen und Füllen des Hohlraums mit Dämmmaterial zu vernichten, bleiben Stückwerk. Die Gehäuse nehmen die Schwingungen auf und werden zu klangverfärbendem Mitschwingen angeregt. Da der rückwärtige Schall aber nicht sofort vernichtet wird, trifft er die Membrane noch mehrmals von hinten und bewirkt Störungen im Schwingverhalten, sowie Teil-schwingungen der Membranfläche, die sich ebenfalls als Klangverfärbungen äußern.

Unsere Wohnraumlautsprecher PP8 MkII und PP18 werden deshalb nur aus dem besten akustisch neutralen Material, aus Stein, gebaut. Zudem bildet das Marmorgehäuse eine Baßdruckkammer und ein gefaltetes Exponentialhorn nach (Bild). Bei dem offenen, gefalteten Exponentialhorngehäuse strahlt der Baßlautsprecher frei sowohl nach vorne, als auch ebenso frei nach hinten über das Horn in den Hörraum. Das Gehäuse muß im Gegensatz zu geschlossenen HiFi-Boxen keinerlei



Schematische Darstellung des „Pfleidprinzips“: ins Horn arbeiten neben den Tieftönen auch noch ein Mittel- und ein Hochtöner, die hier allerdings nicht dargestellt sind.

Schallenergie vernichten! So ergibt sich ein hoher Wirkungsgrad bei nur minimalen Membranauslenkungen und einem sehr geringen Klirrfaktor. Die Schallabstrahlung wird völlig verfärbungsfrei.

In einem Test der PP18 hat die Zeitschrift fono forum diese Angaben untersucht und für richtig befunden:

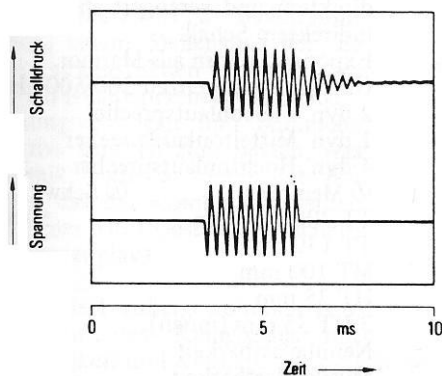
„Die Hornbauweise der PP18 bestätigte in unseren Messungen den erwarteten guten Wirkungsgrad; man kommt also mit einer vergleichsweise geringen Verstärkerleistung zur Aussteuerung der PP18 zum Ziel. Wie relativ diese Aussage ist, erhellt sich durch die Tatsache, daß man schon mit etwa 250 Watt pro Kanal antreten sollte – ein Hinweis auf den gewaltigen (unverzerrten) Schalldruckpegel, den das patente Horn zu liefern in der Lage ist. 105 dB in 3 Metern Abstand sind schon ein Wort. Damit lassen sich auch größere Räume problemlos beschallen.

Da der Baßlautsprecher wie gesagt nach hinten auf ein Horn arbeitet, was einen hohen Strahlungswiderstand bzw. eine gute Anpassung an die Luft bedeutet, ist auch bei größeren Schallpegeln und tiefen Frequenzen nur eine relativ geringe Auslenkung der Membran erforderlich. Angesichts dessen sind die Klirrrprodukte und nichtlinearen Verzerrungen entsprechend gering.“

fono forum 3/84

Einschwingvorgänge der Lautsprechermembranen

Bei Tonbursts schwingen die Lautsprechermembranen vor allem im Baßbereich erst mit Verzögerung ein, wobei es manchmal eine volle Schwingungsperiode dauern kann, bis die vorgesehene Maximalamplitude erreicht wird, bei Signalende wiederum schwingen die Membranen nach. Maßgebend hierfür sind die Membranmasse sowie der Luftwiderstand. Kleine, geschlossene HiFi-Boxengehäuse erhöhen diesen Luftwiderstand nochmals erheblich. Wenn leichte Konusmembranen nicht genügend steif sind, verwölben sie sich bei plötzlichen Impulsen von der Mitte aus, dort wo über die Schwingspule die Kraft eingeleitet wird, und die Membran schwingt in sich selbst mit Partialschwingungen. Aus diesem Grund verwenden wir im Baßbereich bereits seit 1976 eine Flachmembran aus einem sehr leichten, aber stabilen Styroporblock, und das in einem offenen Lautsprechergehäuse. Dies sind ideale Voraussetzungen für exakte Ein- und Ausschwingvorgänge größerer Baßlautsprechermembranen.



Wiedergabe eines elektrischen Schwingungspulses durch einen dynamischen Lautsprecher.
Unten: Spannung an der Schwingspule
Oben: Schalldruck der abgestrahlten Welle.

Signalveränderungen durch die Frequenzweiche

Alle Frequenzweichen, ob aktiv oder passiv, sind Hoch-, Tief- oder Bandpaßfilter. Sie begrenzen den Frequenzbereich des daran arbeitenden Lautsprecherchassis so, daß der Hochtöner nur hohe Frequenzen, der Baß nur tiefe Frequenzen zugeleitet

bekommt. Die Dämpfung des unterdrückten Frequenzbereichs kann allmählich einsetzen, z.B. mit 6 dB/Oktave, steiler, mit 12 dB/Oktave, oder noch steiler, z.B. mit 18 oder 24 dB/Oktave erfolgen.

Je größer die Flankensteilheit einer Frequenzweiche gewählt wird, desto mehr Bauteile braucht man, und umso mehr Verzerrungen ergeben sich bei der Impulswiedergabe, und zwar schon für das elektrische Signal, das ja erst noch dem Lautsprecherchassis zugeleitet werden muß. Diese Fehler im elektrischen Signal treten in Gestalt von Einschwingfehlern sowie als Überschwinger und Phasenverschiebungen auf. Deshalb haben wir, als beste Voraussetzung für exakte mechanische Einschwingvorgänge der nachgeordneten Lautsprecherchassis, optimale und nicht zu steilflankige Frequenzübergänge gewählt. Außerdem besteht unsere Weiche nur aus so wenig Bauteilen wie möglich, nämlich 3 Drosseln und 2 hochwertigen Folienkondensatoren. Diese verlust- und dämpfungsfreien passiven Bauelemente beeinflussen das Audiosignal weniger als z.B. eine steilflankige aktive Weiche.

Frequenzgang

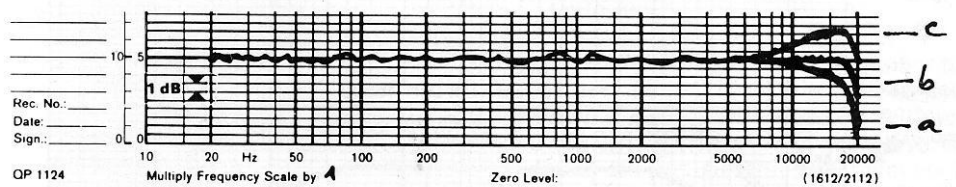
Alle Lautsprecher sollten eigentlich einen linearen Frequenzgang anstreben. Jedoch stellt sich die Frage, in welchem Abstand diese Linearität meßbar sein soll. Im Hochtonbereich bei 15.000 – 20.000 Hz, also extrem kurzen Wellenlängen, führt bereits die Weiterleitung der Schalldruck-

welle durch die Luftmoleküle zu einer sehr starken Dämpfung: Je weiter z.B. ein Gewitter entfernt ist, desto mehr kommen nur noch die tief grollenden Donnerschläge zum Hörer, die hochfrequenten Schallanteile werden durch den Übertragungsweg in der Luft vollständig weggefiltert.

Auch ein HiFi-Lautsprecher, in einem Meter Abstand vor dem Hochtöner oder in drei Meter Abstand gemessen, liefert bereits bis zu 10 dB Lautstärkeunterschied in den Höhen relativ zum Mittel- und Tieftonbereich. Diese Klangfarbenveränderung durch den Übertragungsweg ermöglicht den natürlich empfundenen Bezug zur Entfernungswahrnehmung von Schallquellen.

Außerdem kommt es bei Kalottenhochtönern, in der Achse gemessen, bei ca. 17.000 Hz zu einem Schalldruckabfall, bedingt durch den Einbau in eine ebene Schallwand.

Ein neutraler Lautsprecher mit linearem Frequenzgang hat also mit zunehmendem Meßabstand einen stärkeren Abfall in den obersten Frequenzen (siehe Kurve a im Bild). Es ist neuerdings zu beobachten, daß entgegen der DIN-Messung, die in einem Meter Abstand von der Box im schalltoten Raum durchgeführt wird, sich eine Meßmethode im Hörraum eingebürgert, bei der das Meßmikrofon in ca. 2 – 3 Metern Abstand zu den Lautsprechern in „Hörposition“ steht. Hiergegen wäre nichts einzuwenden, wenn nicht akustisch unkundige Meßtechniker versuchen würden,



Meßmikrofon 3 m von den Lautsprechern entfernt

- Kurve a Der Lautsprecher selbst hat einen linearen Frequenzgang. Die Absenkung in den Höhen entsteht durch die Meßentfernung.
- Kurve b Die gemessene gerade Frequenzganglinie bedeutet bei diesem Meßabstand bereits eine Höhenanhebung.
- Kurve c Ein solcher Frequenzgang bedeutet, gemessen im Abstand von 3 m, aggressive Höhen und ist akustisch falsch.

PASSIV - LAUTSPRECHER

PP8 Mk II

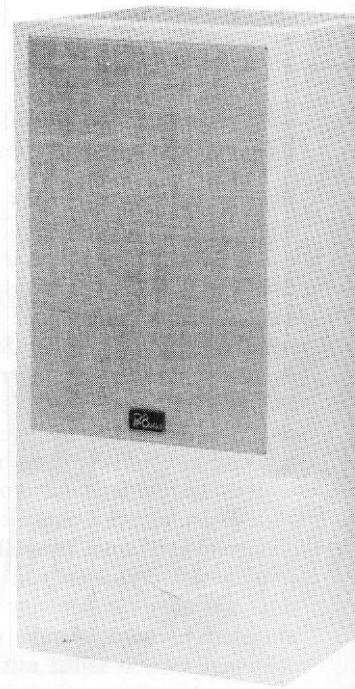
in diesem Meßabstand den linearen Frequenzgang als ideal hinzustellen (siehe Kurve b im Bild). Geradezu absurd ist es, daß man bei diesem Meßabstand in „Hörposition“ zusätzlich versucht, den Pegel bei den unhörbaren 20.000 Hz auf ± 0 dB anzuheben (siehe Kurve c im Bild). Dabei werden im hörbaren Hochtonbereich von 8000 – 17.000 Hz nicht selten Überhöhungen von 6 dB (also doppelter Lautstärke) und mehr gegenüber einem geraden Frequenzverlauf, der aber schon ein Zuviel an Höhen bedeutet, in Kauf genommen. Das Ergebnis sind (Referenz-) Lautsprecher mit schrillen Höhen, von manchen Testern je nach Philosophie als hochtonbrillant gerühmt, von anderen als aggressiv bemängelt. Ein solches Konzept jedenfalls ist akustisch falsch.

Mehr Höhen oder Bässe müssen nicht unbedingt größere Klangqualität bedeuten. Messungen sagen hier nichts aus, weil nicht definiert ist, wo gemessen werden soll. Vor allem im Wohnraum läßt sich an allen unterschiedlichen Hör- und Meßplätzen jedes beliebige Meßprotokoll mit den unterschiedlichsten Frequenzgängen erzeugen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß nur durch die Summe sowohl der akustischen als auch aller technischen Details das Optimum an Klangqualität erzeugt werden kann – gute Musikaufnahmen vorausgesetzt.

Aufstellhinweise und einige Bemerkungen zur akustisch guten Gestaltung von Wohnräumen

Für rechteckige Räume gilt, daß die Boxenaufstellung an der längeren Wandseite der akustisch günstigste Fall ist. Nur wenn dies nicht möglich ist, sollte man die Lautsprecher vor der kürzeren Wandseite aufstellen. Hierbei empfiehlt sich ein größerer Abstand der Boxen zur Rückwand (ca. 1 m) als bei Aufstellung an der längeren Seite (ca. 0,4 m). In beiden Fällen gilt jedoch als Faustregel, daß der Boxenabstand untereinander sowie zu den seitlichen Begrenzungswänden je $1/3$ der Wandlänge sein sollte, vor der die Boxen stehen. Die Boxen sollten vor eine schallharte Wand gestellt werden. Auch die Zimmerdecke soll schallreflektierend sein. Zum Musikhören empfehlen wir „normale“ Wohnräume ohne spezielle Schalldämpfungsmaßnahmen. Wenn HiFi-Geschäfte schallschluckende Wände und Decken haben, können die wichtigen Reflexionen nicht erzeugt werden. Bestehen Sie deshalb auf einer Heimvorführung und probieren Sie auch mehrere Aufstellvarianten aus. So läßt sich durchaus in Ihrem Wohnraum zu Hause das akustische Ebenbild eines guten Konzertsaals verwirklichen.



TECHNIK DATEN

3-Weg HiFi-Box mit 7 Lautsprechern, direktem und verzögert abgestrahltem indirektem Schall.

Exponentialhorn aus Marmor.

Übergangsfrequenzen 500/5000 Hz

2 dyn. Tieftonlautsprecher

1 dyn. Mitteltonlautsprecher

4 dyn. Hochtonlautsprecher

Ø Membrane

Ø Schwingspule

TT 300/200 mm

50.8 mm

TT 130 mm

25.0 mm

MT 100 mm

25.0 mm

HT 25 mm

25.0 mm

3 HT 35 mm (innen)

12.0 mm

Nennbelastbarkeit

100 Watt

Musikbelastbarkeit

140 Watt

Spitzenbelastbarkeit

200 Watt

Übertragungsbereich

25–25000 Hz

prakt. Betriebsleistung

1.2 Watt

Klirrfaktor ab 250 Hz

0,40 %

ab 2000 Hz

0,25 %

Impedanz (min.)

3.6 Ω /10.000 Hz

Impedanz (max.)

18 Ω /75 Hz

geeignet für Ausgänge mit 4 – 8 Ω

alle Werte nach DIN 45 500

LCR-Netzwerk aus Kupferdrosseln und Folienkondensatoren

Abmessg. B, T, H

34, 30, 75 cm

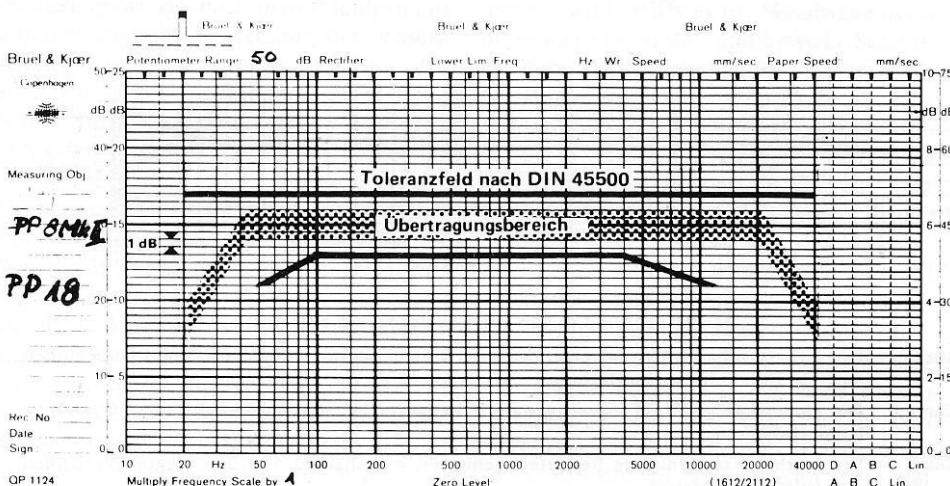
Gewicht

70 kg

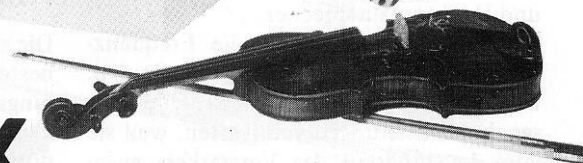
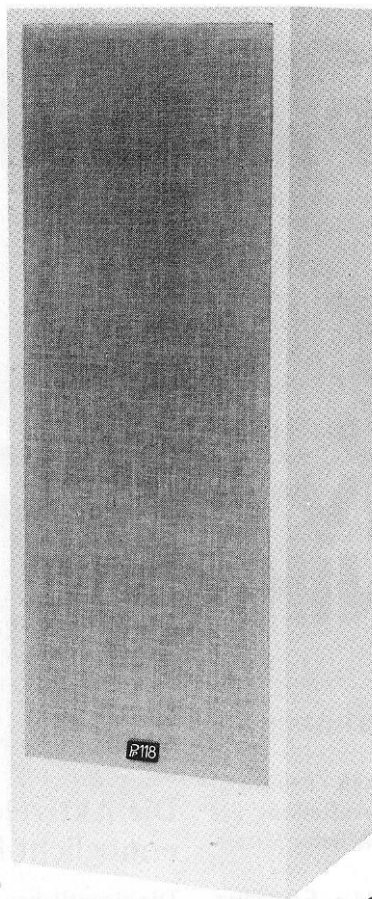
Bespannung schwarz, hellgrau, braun

Techn. Änderungen vorbehalten.

Übertragungsbereich schematisch, vom Hörraum abhängig.



PP18



TECHNIK DATEN

Die PP8 MkII ist die Nachfolgerin und technische Weiterentwicklung der schon legendären PP8 Wohnraum-HiFi-Box, einem Meilenstein für die Verbreitung akustischen Verständnisses bei der HiFi-Lautsprecherwiedergabe. „Auflösungsvermögen und räumliche Perspektive gehören zum Besten, was Tontechnik heute zu bieten hat. Ein Ergebnis, das der Kombination einen Platz in der HiFi-Geschichte sichern wird.“ (Stereoplay)

Sie kombiniert außergewöhnlich gute Räumlichkeit des Klangbildes mit Durchsichtigkeit und Klarheit. „Der Boxentest war eine kleine Offenbarung. Die Box ist Direktstrahlern in ihrer analytischen, exakt reproduzierenden Art ebenbürtig, schlägt diese aber in der räumlichen Wirkung um Längen. Beim Zuhören ist man nicht sklavisch an einen optimalen Punkt gefesselt, da die räumliche Wirkung durch den indirekt abgestrahlten Schallanteil der PP8 erzeugt wird. Es entsteht ein Klangbild, das dem akustischen Geschehen in einem Konzertsaal verblüffend nahe kommt. Bei geschlossenen Augen ist die Illusion perfekt.“ (Schöner Wohnen)

3-Weg HiFi-Box mit 7 Lautsprechern, direktem und verzögert abgestrahltem indirektem Schall.

Exponentialhorn aus Marmor.

Übergangsfrequenzen 500/5000 Hz

2 dyn. Tieftonlautsprecher

1 dyn. Mitteltonlautsprecher

4 dyn. Hochtוןlautsprecher

Ø Membrane Ø Schwingspule

TT 300/200 mm 50.8 mm

MT 100 mm 25.0 mm

HT 25 mm 25.0 mm

3 HT 35 mm (innen) 12.0 mm

Nennbelastbarkeit 120 Watt

Musikbelastbarkeit 160 Watt

Spitzenbelastbarkeit 200 Watt

Übertragungsbereich 20–25000 Hz

prakt. Betriebsleistung 1.0 Watt

Klirrfaktor ab 250 Hz 0,40 %

ab 2000 Hz 0,25 %

Impedanz (min.) 3.6 Ω/10.000 Hz

Impedanz (max.) 25 Ω/60 Hz

geeignet für Ausgänge mit 4 – 8 Ω

alle Werte nach DIN 45 500

LCR-Netzwerk aus Kupferdrosseln und

Folienkondensatoren

Abmessg. B, T, H 34, 30, 100 cm

Gewicht 100 kg

Bespannung schwarz, hellgrau, braun

Techn. Änderungen vorbehalten.

Die PP18 ist unsere „große Wohnraum-HiFi-Box“. Bei ihr kommen die Tester noch mehr ins Schwärmen.

„Das Klangbild, das man von der PP18 vorgesetzt bekommt, ist schlichtweg faszinierend.

Unheimlich der räumliche Eindruck: Ziemlich gleichgültig, wo man sitzt oder steht, die Ortbarkeit der einzelnen Instrumente im Orchester oder die Abbildung von Sängerstimmen ist beeindruckend. Sowohl in Breite als auch in Tiefe ist keinerlei Einengung des Klanges spürbar. Luftig und leicht die Auflösung.“ (Vox)

Obwohl die PP18 nur 25 cm größer ist als die PP8 MkII – oder gerade deshalb: Sie wirkt schlanker. Mit zeitloser Eleganz fügt sie sich in jeden Wohnraum ein und gibt ihm außerdem noch den Hauch des Außergewöhnlichen und Exklusiven.

Wer von sich behaupten kann, er habe HiFi-Lautsprecher aus Marmor bei sich zu Hause, die gleichzeitig sowohl technisch als auch akustisch führend sind, zeigt hiermit seinen hohen Anspruch und seinen erlesenen Geschmack auf.

AKTIV- LAUTSPRECHER

HIFI UND AKTIV TECHNIK

Passive Lautsprecherboxen

Mehrwege-Lautsprecherboxen benötigen eine Frequenzweiche zur Aufteilung des elektrischen Signals auf den Baß-, Mittel- und Hochtוןlautsprecher.

Bei Passivboxen besteht die Frequenzweiche aus Kondensatoren und Spulen. Diese sogenannten passiven Bauteile müssen hohe Leistungen verarbeiten, weil sie vom Leistungsteil des Verstärkers angesteuert werden. Das in die verschiedenen Frequenzbereiche aufgeteilte Leistungssignal wird danach den einzelnen Lautsprecherchassis zugeführt. Nicht optimal konstruierte Passivweichen verursachen Leistungsverluste und beeinträchtigen die vom Endverstärker bewirkte, direkte Membransteuerung und Membranbedämpfung.

Aktive Lautsprecherboxen

Aktive Frequenzweichen lassen sich aus Operationsverstärkern aufbauen. Sie müssen nicht wie passive Weichen hohe Ausgangsleistungen eines davor angeordneten Leistungsverstärkers verarbeiten, ihnen genügt die weitaus schwächere Ausgangsleistung eines Vorverstärkers. Das von einer solchen Weiche in Baß-, Mittel- und Hochtוןbereich aufgeteilte Signal muß in entsprechend getrennte Endverstärker eingespeist werden. Diese nach der Frequenzweiche angeordneten Endverstärker, die zweckmäßigerweise in den Lautsprecherboxen untergebracht sind, treiben die einzelnen Lautsprecherchassis direkt an. Bei Lautsprecherboxen, die in Aktivtechnik ausgeführt sind, ist die Abstimmung der Weiche hinsichtlich Übernahmefrequenz, Flankensteilheit der Filterkurven und Phasenfrequenzgang einfach. Auch die Pe-

gel von Baß-, Mittel- und Hochtון lassen sich leicht aufeinander abstimmen. Außerdem kommt die Membranbedämpfungseigenschaft des Endverstärkers voll zur Wirkung.

Diese Ziele lassen sich allerdings auch mit einer optimal ausgelegten Passivweiche erreichen. Es erfordert nur einen erheblich größeren Abstimmungsaufwand. Insofern sind Aktivboxen nicht von vornherein besser als optimal aufgebaute Passivboxen. Eine solch einfache Aktivboxenkonstruktion schöpft allerdings die Möglichkeiten der Aktivtechnik in kleinster Weise aus.

Die Aktivtechnik ermöglicht Regelungen

Die eigentlichen Vorzüge der Aktivtechnik bestehen nämlich darin, daß man Regelungseingriffe in das Signal vornehmen kann. Solche Regelungseingriffe sind dort nötig, wo systembedingte Eigenschaften der Lautsprecher oder der Weiche zu Verfälschungen führen.

Frequenzgangfehler:

Beim elektrodynamischen Lautsprecher geschieht dies im Übertragungsfrequenzgang, der nur in einem bestimmten Teilbereich linear verläuft, jedoch am oberen und unteren Ende des Übertragungsbereichs stark abfällt und dazwischen noch eine Resonanzstelle aufweisen kann.

Phasenfehler:

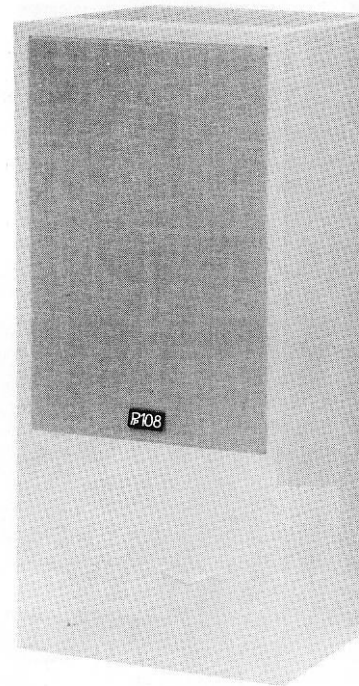
Zum anderen reagiert die Membran auf das elektrische Signal zwar sofort, jedoch schwingt das Masse-Feder-Schwingssystem des elektrodynamischen Wandlers in eingeschwungenem Zustand gegenüber dem elektrischen Signal mit einer zeitlichen Verzögerung, also phasenverschoben. Dies bedeutet: Bei Impulsen finden im Einschwingvorgang sowie im Ausschwingvorgang **systembedingte** Phasendrehungen statt, die die Wiedergabe verfälschen (Bild 1).

Die bisherigen Lösungsversuche:

Sie betrafen lediglich die Frequenzgangfehler und konnten deswegen die Gesamtsystemproblematik des elektrodynamischen Wandlers nicht erfassen, geschweige denn lösen.

Mit Equalizern wurden Senken oder Resonanzüberhöhungen der Frequenzgangkennlinie ausgeglichen. Aber auch konstruktiv bedingte Details wie einen zu schwachen

PP108



TECHNIK DATEN

3-Weg HiFi-Box mit 6 Lautsprechern, direktem und verzögert abgestrahltem indirektem Schall.

Exponentialhorn aus Marmor.

Übergangsfrequenzen 500/5000 Hz

Aktive patentierte PFLEID-Frequenzweiche.

PFLEID-MembranVORAUStellung für Baß-, Mittel- und Hochtוןbereich.

1 dyn. Tieftonlautsprecher

1 dyn. Mitteltonlautsprecher

4 dyn. Hochtוןlautsprecher

Ø Membrane Ø Schwingspule

TT 300/200 mm 50.8 mm

MT 100 mm 25.0 mm

HT 25 mm 25.0 mm

3 HT 35 mm (innen) 12.0 mm

bipolare Endstufe im Baß

V-Mos Endstufe im Mittelton

V-Mos Endstufe im Hochtון

Hybrid Endstufe für Hornlautsprecher

Hornlautsprecherpegel getrennt regelbar

Nennleistung insgesamt 175 Watt

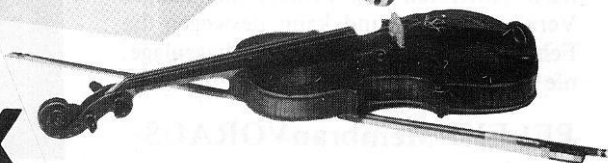
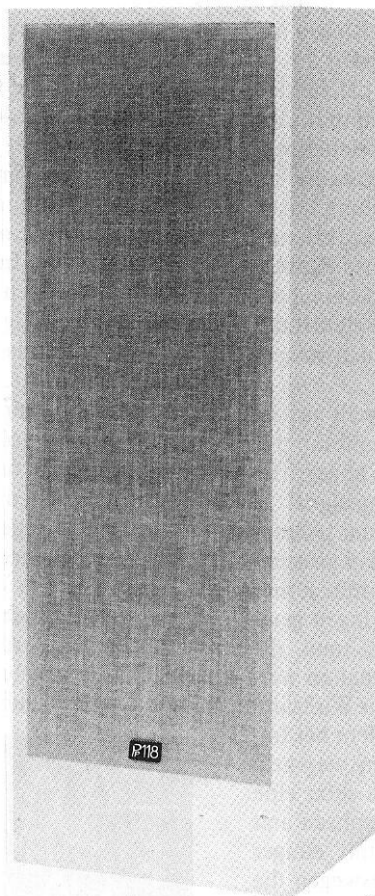
Musikleistung insgesamt 350 Watt

Spitzenleistung bei Impulsen 525 Watt

Eigenes Netzteil für den Baßbereich

Eigenes Netzteil für den Mittel-Hochtוןbereich

PP118



TECHNIK DATEN

Lautsprecherschutzschaltung getrennt
für Baß-, Mittel- und Hochtonbereich
Übertragungsbereich ohne Raumeinfluß
25–20.000 Hz $\pm$ 2 dB

Nennimpedanz 47 k Ω
Klirrfaktoren ab 250 Hz 0,2%
Klirrfaktoren ab 2000 Hz 0,1%

Umschaltbare Eingangsempfindlichkeit
vom Vorverstärker 1V/47k Ω
vom Lautsprecherausgang 20V/2.5k Ω

Verstärker schaltet sich automatisch
durch das Musiksinal ein und ca. 5 Mi-
nuten nach dem letzten Ton wieder aus.
Leistungsaufnahme Stand by 8 Watt
Betrieb max. 160 Watt

Anschlüsse Chinchbuchse
Alle Werte nach DIN 45 500

Netz-Sicherung von außen zugänglich
Stromkabel 3 m
abgeschirmtes NF-Kabel 7 m
Abmessg. B, T, H 34, 30, 75 cm
Gewicht 80 kg
Bespannung schwarz, hellgrau, braun

Techn. Änderungen vorbehalten.

3-Weg HiFi-Box mit 7 Lautsprechern,
direktem und verzögert abgestrahltem
indirektem Schall.

Exponentialhorn aus Marmor.
Übergangsfrequenzen 500/5000 Hz
Aktive patentierte PFLEID-Frequenz-
weiche.

PFLEID-MembranVORAUSregelung für
Baß-, Mittel- und Hochtonbereich.

2 dyn. Tieftonlautsprecher
1. dyn. Mitteltonlautsprecher
4 dyn. Hochtonlautsprecher
Ø Membrane Ø Schwingspule
TT 300/200 mm 50.8 mm
MT 100 mm 25.0 mm
HT 25 mm 25.0 mm
3 HT 35 mm (innen) 12.0 mm

bipolare Endstufe im Baß
V-Mos Endstufe im Mittelton
V-Mos Endstufe im Hochton
Hybrid Endstufe für Hornlautsprecher
Hornlautsprecherpegel getrennt regelbar
Nennleistung insgesamt 200 Watt
Musikleistung insgesamt 400 Watt
Spitzenleistung bei Impulsen 600 Watt
Eigenes Netzteil für den Baßbereich
Eigenes Netzteil für den Mittel-Hochton-
bereich

Lautsprecherschutzschaltung getrennt
für Baß-, Mittel- und Hochtonbereich
Übertragungsbereich ohne Raumeinfluß
20–20.000 Hz $\pm$ 2 dB

Nennimpedanz 47 k Ω
Klirrfaktoren ab 250 Hz 0,2%
Klirrfaktoren ab 2000 Hz 0,1%

Umschaltbare Eingangsempfindlichkeit
vom Vorverstärker 1V/47k Ω
vom Lautsprecherausgang 20V/2.5k Ω

Verstärker schaltet sich automatisch
durch das Musiksinal ein und ca. 5 Mi-
nuten nach dem letzten Ton wieder aus.
Leistungsaufnahme Stand by 8 Watt
Betrieb max. 160 Watt

Anschlüsse Chinchbuchse
Alle Werte nach DIN 45 500

Netz-Sicherung von außen zugänglich
Stromkabel 3 m
abgeschirmtes NF-Kabel 7 m
Abmessg. B, T, H 34, 30, 100 cm
Gewicht 110 kg
Bespannung schwarz, hellgrau, braun

Techn. Änderungen vorbehalten.

Baß bei kleinen Lautsprechergehäusen hat man auf diese Weise kompensiert.

Mit der Membrannachregelung, die zu kleine oder zu große Bewegungsamplituden durch Korrektursignale auszugleichen versucht, wird im wesentlichen dasselbe angestrebt. Durch eine Nachregelung lassen sich jedoch nur so simple Konstruktionen wie die konstante Drehzahl eines Plattenspielers kontrollieren, sie versagt bei einem so komplexen System wie dem elektrodynamischen Wandler und impulsförmigen Signalen.

Die Nachregelung kann die jeweils auftretenden Bewegungsfehler der Membran nur wirksam korrigieren, wenn das abgegriffene Signal zum Originaleingangssignal in gleicher Phasenlage ist. Wegen der phasendrehenden Eigenschaften des Lautsprechers würde ein Regelkreis mit hoher Schleifenverstärkung ins Schwingen geraten. Um das zu verhindern, muß die Schleifenverstärkung gering gehalten werden. Dies aber beeinträchtigt die Wirksamkeit der Rückkoppelung, vor allem bei Impulsen. Musik besteht aber im wesentlichen aus Impulsen. Im übrigen setzt eine derartige Nachregelung der Membran erst nach Auftreten des Fehlers mit einiger Verzögerung ein und kann deswegen die Fehler, besonders bei falscher Phasenlage, nie von vornherein verhindern.

PFLEID-MembranVORAUSregelung

Im Gegensatz zur untauglichen Nachregelung kommt hier eine Vorausregelung zum Einsatz. Bei diesem Verfahren geht man davon aus, welche prinzipbedingten Fehler die nicht-idealen elektrodynamischen Wandler hinsichtlich ihres Amplituden- und Phasenganges erwarten lassen. Eine auf dieses genau vorhersagbare Wandlerverhalten abgestimmte Vorverzerrung des zugeführten Signals bezüglich Amplituden- und Phasengang wird durch die bekannten Wandlerverfälschungen exakt wieder ausgeglichen und veranlaßt den Wandler zur Ausgabe eines einwandfreien Signals.

Es werden somit nicht erst die Folgen des Wandlerverhaltens, d.h. das von ihm erzeugte Signal, korrigiert. Vielmehr erhält der Wandler ein Signal, dessen Struktur ihn dazu bringt, genau die erwünschten Schwingungen auszuführen. Mit dieser Maßnahme wird verhindert, daß der Wandler jene systemtypischen Fehler erzeugt, deren nachträgliche Korrektur aufgrund ihrer Komplexität sich als undurchführbar erwiesen hat. Diese Fehler treten daher im Ausgangssignal gar nicht mehr auf. Im Gegensatz zur „dummen“ Nachregelung, die erst abwarten muß, welcher Fehler

an der Membran auftritt, um ihn dann zu bearbeiten, weiß die „intelligente“ Vorausregelung alle systembedingten Fehler im voraus und kann sie so von vornherein verhindern.

Es ergeben sich ganz neue Dimensionen der Übertragungsqualität z.B. für die Wiedergabe von Tonbursts (Abb. 2):

Bereits die erste Impulsspitze von Tonbursts in der ersten halben Schwingungsperiode wird richtig wiedergegeben. Auch Überschwinger oder das Nachschwingen werden nicht mehr, wie bei der Nachregelung, bedämpft und gegenkorrigiert, sondern im Ansatz voll verhindert. Es wird erstmals möglich, daß auch die Feinstruktur des elektrischen Signals akustisch einwandfrei wiedergegeben wird.

In einem gesonderten Artikel haben wir die Wirkungsweise dieses neuartigen Verfahrens ausführlich beschrieben (siehe hierzu den Sonderdruck „PFLEID-MembranVORAUSregelung für Elektrodynamische Lautsprecher“).

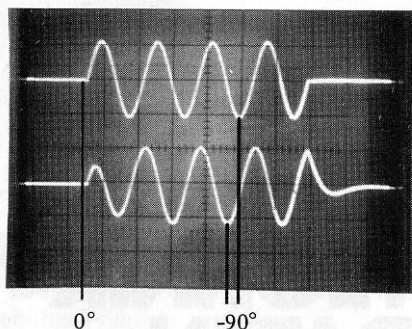


Bild 1: Tonburst bei 75 Hz
oben: Eingangssignal
unten: Ausgangssignal ungeregelt
Phasenverschiebung ca. -90° , deshalb schlechtes Ein- und Ausschwingen

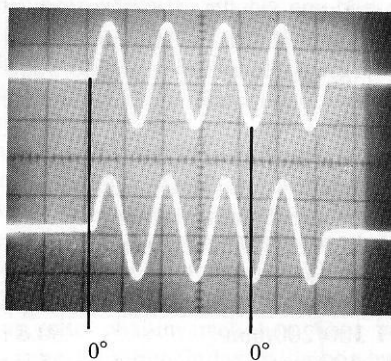


Bild 2: Tonburst bei 75 Hz
oben: Eingangssignal
unten: Ausgangssignal geregelt
Phasenverschiebung nicht meßbar
keine Ein- und Ausschwingfehler

PFLEID-Frequenzweiche

Jede aktive Frequenzweiche ist eine Filterkonstruktion. Für den Hochtöner, Mitteltöner und Baß werden die jeweils nicht zu übertragenden Frequenzen herausgefil-

tert. Dies erzeugt bei allen konventionell aufgebauten aktiven Weichen Phasenfehler und somit bereits Ein- und Ausschwingfehler im elektrischen Signal, noch bevor es dem Lautsprecher zugeleitet wird.

Da aber Lautsprecherchassis ohne Membranvorausregelung bei der Umsetzung der elektrischen Signale in akustische Schallwellen ihrerseits wesentlich größere Fehler erzeugen, waren diese Übertragungsfehler der bisherigen Aktivweichen vernachlässigbar.

Um die Vorteile der PFLEID-MembranVORAUSregelung voll auszuschöpfen, haben wir auch die Aktivweiche weiterentwickelt. Die PFLEID-Frequenzweiche ist deshalb ebenfalls geregelt. **Während die PFLEID-MembranVORAUSregelung die systemspezifischen Fehler der elektrodynamischen Wandler in geeigneter Weise verhindert, kompensiert die PFLEID-Frequenzweichenregelung die systemspezifischen Fehler der Frequenzweichen.**

Sowohl das Verfahren zur PFLEID-MembranVORAUSregelung als auch die neue PFLEID-Frequenzweichenkonstruktion sind durch mehrere Patentanmeldungen abgesichert, teilweise bereits patentiert. Die Entwicklungen wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanziell gefördert, vom VDI-Technologiezentrum in Berlin betreut und mit dem Impulse-Erfinderpreis 84 gewürdigt.

PFLEID-Schallabstrahlprinzip

HiFi-Lautsprecher erzeugen Schall mit Hilfe der Technik, gut klingen sie nur mit Hilfe der Akustik. Deshalb kommt die neuartige Technik der MembranVORAUSregelung und der Weichenkonstruktion am besten mit Hilfe des akustischen Schallabstrahlverfahrens gemäß dem PFLEID-Prinzip zur Geltung. Eine ausführliche Beschreibung des ebenfalls patentierte Schallabstrahlprinzips für HiFi-Boxen unter wohnraumakustischen Bedingungen finden Sie im Prospekt über die Passivboxen.

Auch bei der Konstruktion unserer neuen Passivboxen PP8MkII und PP18 haben wir die Entwicklungsergebnisse dieser Aktivtechnik sinngemäß berücksichtigt. Sie klingen merklich besser als viele aufwendige Aktivboxen ohne Membranvorausregelung.

Genau wie unsere Passiv-Lautsprecherboxen einen Meilenstein für die Neuorientierung des akustischen Verständnisses bei der HiFi-Lautsprecherwiedergabe darstellen, zeigen unsere Aktivboxen, was mit einer intelligenten aktiven Regelungstechnik noch an zusätzlichem Fortschritt zu erreichen war.

PFLEID

Wohnraumakustik GmbH
Erhardtstr. 9, 8000 München 5
Tel. 089 / 201 60 50

Informationsmaterial, Testberichte und Prospekte
gegen Einsendung von DM 3,- in Briefmarken