

**WISSENSWERTES
ÜBER MEINE
PRINZIPIEN IM LAUTSPRECHERBAU**

VON

Hans Deutsch*
Akustikforscher

* Echte von mir konstruierte und abgestimmte Lautsprecher-Boxen sind nur solche, die von der Firma **atlantic** Lautsprecher GmbH, München vertrieben werden und den Hinweis tragen: „Konstruiert und unter Aufsicht getestet von Hans Deutsch Akustikforscher“ und mein Signum.

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de



Hans Deutsch
Akustikforscher

Für die wirklich optimale akustische Reproduktion genügt es noch nicht auf herkömmliche Art und Weise nur Details zu verbessern (z.B. etwa nur den Hochtöner oder seine Lage etc.) Vielmehr sind **alle** menschlichen Hörkriterien festzustellen und ihr Maß, und neue Technologien zu finden. Unter Einsatz dieser, sind Lautsprecherboxen zu entwickeln, deren Meßwerte **immer oberhalb der Hörgrenze** liegen. Ich habe 15 Hörkriterien festgestellt und zahlreiche Erfindungen gemacht, damit Lautsprecherboxen diesen Kriterien genügen können.

beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de

Inhalt

Vorwort	Seite 2
I. Gegenüberstellung von a:b:c um Stellenwert und Ziel des Aufwandes in meinen Lautsprecher-Boxen zu demonstrieren:	Seite 3
a) Formel der Kriterien für eine optimal natürliche Reproduktion in der Akustik. (Diese Formel ist eine objektive Zusammenstellung der Erfordernisse.)	Seite 3
b) Meine Maßnahmen der Formel von a) zu entsprechen.	Seite 3
c) Wirkungen und Effekte meiner den Maßnahmen von b) entsprechenden Erfindungen.	Seite 4
II. Beschreibung der 3 raumakustischen Kriterien im Lautsprecherboxenbau, sowie meine grundsätzlichen Konstruktionsprinzipien:	Seite 5
● Schallführung 1 = Gehäuse	Seite 5
● Schallführung 2 = Horn - Resonator (siehe auch Diagramm 1)	Seite 5
● zur räumlichen Reproduktion: die räumliche Reproduktion (siehe auch Diagramm 2) sowie	Seite 8
● zum elektrischen Teil: akustisch-aktive Frequenzweiche (siehe auch Diagramm 3. u. 4.)	Seite 10
● zum elektroakustischen Teil: Das B & S - System (für höhere Schallschnelle bei gleichzeitig größerer Dämpfung)	Seite 11
III. Platzierung der Reproduktionslautsprecher im Hörraum	Seite 12
IV. Die tatsächlich nur zweitrangige Frage um die Wattanzahl, die HI-FI-Lautsprecher vertragen können sollen, sowie die wirklich wichtige Frage, wieviel Phon bei optimaler Dämpfung HI-FI-Lautsprecher erreichen können sollen	Seite 15
V. Zum Lautsprecherboxen-Hörvergleich	Seite 16
VI. Meßprotokolle (p/f Diagramme) 1 - 4 zu II.	
1 zu Horn-Resonator	
2 zu räumliche Reproduktion	
3,4 zu akustisch-aktive Frequenzweiche	Seite 18

Vorwort:

Mit Folgendem möchte ich ein wenig Einblick in meine Forschungsarbeit geben und die Anwendung ihrer Ergebnisse bei der Konstruktion von Lautsprecherboxen beschreiben.

Zum Verständnis vorliegenden Heftes sind lediglich Grundkenntnisse in der mechanischen- und Elektroakustik nötig.

Auf Maße, Werte, mathematische Formeln und Daten, sowie auf Literaturhinweise wurde hier verzichtet, um den allgemeinen, grundsätzlichen Rahmen nicht zu sprengen.

Weil meine Lautsprecher eine große Vielfalt von Neuheiten in sich bergen, die von der Idee bis zur Durchführung eigener Forschung entstammen, möchte ich technisch interessierten Verwendern hiermit Gelegenheit geben, sich über die akustischen Grundsätze meiner Lautsprecherboxen zu informieren.

I. Gegenüberstellung von a : b : c um Stellenwert und Ziel des Aufwandes in meinen Lautsprecherboxen zu demonstrieren:

- a) Formel der Kriterien für eine optimal* - natürliche Reproduktion in der Akustik. (Diese Formel ist eine **objektive** Zusammenstellung der Erfordernisse).
- b) Meine Maßnahmen der Formel von a) zu entsprechen.
- c) Wirkungen und Effekte meiner den Maßnahmen von b) entsprechenden Erfindungen.

zu a)

Formel der Bedingungen für die optimal* - natürliche Reproduktion eines Klanggeschehens:

a 1) Bezüglich High Fidelity (phönetische Klangtreue):

- Frequenzkurve der Reproduktionsklangkörper optimal* breit (untere Grenze bildet unterste prakt. vorkommende Programm-Frequenz, sowie diese Frequenz, die noch bezüglich Schallschnelle im Verhältnis zur Schallschnelle darüberliegender Frequenzen exakt bewältigt werden kann).
- Schalldruck der Einzelfrequenzen optimal* im Verhältnis zueinander (laut Kennlinie) in Amplitude + Phasenfrequenzgang u.z. ohne künstliche (elektrische etc.) Korrektur der Töner-Frequenzkurve (vor allem nach oben).
- Optimale* Anpassung der Schallabstrahlung, proportional zur abnehmenden Frequenz, an den Umraum (für hohe Dynamik und Schallschnelle und für optimal* geringe phönetische Verzerrungen - also AM, IM, FM, Klirrgrad).
- Optimale* Schwingschnelle der Membranen für optimale* Impulstreue im gesamten Frequenzbereich des praktischen Hörbereiches u.z. nicht nur meßtechnisch, sondern auch für das Hörempfinden.

a 2) Bezüglich stereophoner (= räumlicher) Klangtreue:

- Das räumliche Klangbild der Wirklichkeit (Illusion des Aufführungsraumes und Klangkörpers, akustisch in seiner wahren Größe, bei der Reproduktion), ohne den Amplitudenfrequenzgang dabei zu verzerren und
- bei optimalem* Phasenverhalten im Raum und
- ohne die sonstigen räumlichen Verzerrungen: Fokussierverzerrungen, Laufzeitverzerrungen, Richtungs-differenz- und Raumdimeensionsverzerrungen.

Ein Leitsatz: Ein Geheimnis der physikalischen Akustik liegt im Zusammenwirken ihrer einzelnen, gegeneinander oft widersprüchlich stehenden Gesetze.

zu b)

Meine Maßnahmen der Formel von a) zu entsprechen:

(Das Ziel meiner Arbeit ist es, die Natürlichkeit der Reproduktion eines Klanggeschehens mit Hilfe der physikalischen Akustik und der Erkenntnisse der musikalischen Aufführungspraxis zu optimieren. Letzter bzw. neuester Stand der Technik bildet die Ausgangsbasis.)

Ich formulierte dazu schon vor etwa 10 Jahren folgende Prinzipien zur Ergänzung und Weiterentwicklung der Lautsprecherbox über den herkömmlichen technischen Aufwand von Chassis + Gehäuse hinaus:

Grundsätzlich sollen die Problemstellungen einer jeweiligen technischen Ebene einzig mit den Mitteln dieser Ebene (elektronische Probleme also mit elektronischen Mitteln und mechanisch-akustische mit mechanisch-akustischen Mitteln) **gelöst werden**, um optimal effektiv zu sein und Verzerrungen kleiner zu halten als dies in der herkömmlichen Lautsprecher-Technologie bisher möglich war (wenn bei der Konstruktion von Lautsprechern nicht nach diesen Überlegungen gehandelt wird, muß der Klang solcher Lautsprecher soweit von der Wirklichkeit entfernt bleiben, wie z.B. der Klang eines elektronischen Instrumentes vom Klang eines natürlichen Musikinstrumentes).

- **Anpassungsverbesserung der Abstrahlfläche** vom Baßlautsprecher-Chassis (proportional zur abnehmenden Frequenz) an den Hörraum für optimale Impulswiedergabe und größtmögliche Verzerrungsarmut (vor allem bezüglich IM, AM, FM und Klirrverzerrungen).

*) **optimal** ist hier ein relativer Wert, der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

- Lautsprecheranordnungen von einer solchen Präzision in Amplituden- und Phasenfrequenzgang, sowie Impulsverhalten und Wirkungsgrad, daß **Korrekturglieder wie** herkömmliche **Frequenzweichen** nicht mehr benötigt werden. Vier verschiedene Verzerrungsarten (IM, Phasenmodulation, unkontrollierbarer Frequenzgang im Quellwiderstandsbereich der Übertragungsfrequenzen, Klirrvverzerrungen) werden allein dadurch deutlich reduziert.
- Steigerung der Präzision des Schwingvorganges gegenüber dem Original bezüglich Schallschnelle während des Impulses und höhere Dämpfung gegen das Nachschwingen der Chassismembrane.
- **Das räumliche Klangbild** wie es bei der Aufnahme vorhanden war (zur Vermeidung vor allem von räumlichen Phasenverzerrungen, Fokussierverzerrungen, Laufzeitverzerrungen, Richtungs-differenzverzerrungen und räumlichen Verzerrungen).
(Anm.: Chassis und Gehäuse, auf das hier nicht weiter eingegangen wird, liegen natürlich die neuesten Erkenntnisse bezüglich Verwindungssteife der Membrane, temperaturkonstanter großer Magnet, Elektrethochtöner für große Schallschnelle im Obertonbereich, sowie Form und schwingungsärmstes Material des Gehäuses und eigenresonanzloser, homogener Dämpfschaum, zu Grunde.)

zu c)

Wirkungen und Effekte meiner den Maßnahmen von b) entsprechenden Erfindungen:

● **Der Horn-Resonator:**

Anpassungsverbesserung der Abstrahlfläche von Baßlautsprecher-Chassis (proportional zur abnehmenden Frequenz) an den Hörraum, zur linearen Transformation der unteren Frequenzen in diesen, für optimale* Impulswiedergabe und größtmögliche Verzerrungsarmut, und dies alles bei wohnraumgerechter Größe und Dimension der Lautsprecheranlage. (Zum ausreichenden Erzielen einer solchen wichtigen Wirkung, wie sie in der Aufgabe dargestellt ist, mußte bisher, also bei einer Bauweise nach dem herkömmlichen System, ein Horn in der Größe bis 4 m Höhe und 11 m Länge errichtet werden.)

● **Die akustisch-aktive Frequenzweiche:**

Größtmöglich unverzerrte Wiedergabe der vielfältigen Töne eines Musikstückes in der Original-Dynamik. Bei optimal linearer Frequenzkurve wird ein der Wirklichkeit entsprechend breites, volles und klares Klangbild bei allen Schallstärken erzielt.

● **Das B & S - System:** (Beschleunigungs- & Steuersystem)

- a) Beschleunigung des Schwingvorganges v.a. bei Baßchassis mit ihrer größten Abstrahlfläche (und damit größten bewegten Masse) im Frequenzband, sowie
- b) Unterbinden des unerwünschten Nachschwingens der Chassis-Membranen und damit Senken von nichtlinearen Verzerrungen.

● **Die räumliche Reproduktion:**

Herstellung des räumlichen Klangbildes aus Indirektionen und Direktionen im Wiedergaberaum wie bei der Aufnahme, auch wenn das Klangbild eines großen Aufführungsraumes in einem Wohnraum reproduziert wird.

*) **optimal** ist hier ein relativer Wert, der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

II. Beschreibung der 3 raumakustischen Kriterien beim Lautsprecherboxenbau, sowie meiner grundsätzlichen Konstruktionsprinzipien:

Die 3 raumakustischen Kriterien:

- Schallführung 1 = Gehäuse
- Schallführung 2 = Horn, Horn-Resonator (siehe auch Diagramm 1)
- Die räumliche Reproduktion = räumliche Reproduktion (siehe auch Diagramm 2)

● zu Schallführung 1 = Gehäuse:

(Diesem Punkt wird eigentlich von jedem Lautsprecher-Hersteller Rechnung getragen.)

Ihre Aufgabe: Ein Lautsprecher-Chassis strahlt bekanntlich nach vorne und hinten gleichermaßen Schallwellen ab, die sich in den unteren Frequenzlagen je kugelförmig ausbreiten. In Höhe der verlängert gedachten Membranen-Ebene treffen diese beiden Schallfelder aufeinander u. z. 180° gegeneinander phasengedreht. So erleiden je tiefer liegende Frequenzen immer stärkere Auslöschungen. Es kommt dabei zu einem Absinken des Schallpegels der unteren Frequenzen (mit - 6 dB p. oct. von 150 Hz abwärts). Um dies zu verhindern, wird das Lautsprecher-Chassis in eine sogenannte Schallwand (als Schallführung 1) eingesetzt.

Funktion, Wirkung und Effekt der Schallführung 1: Die Länge des Umfanges einer solchen Schallführung muß gleich sein der Wellenlänge der unterst abgestrahlten Frequenz. Für den unteren Baßbereich ergibt dies eine sehr große Schallwand (z.B. 16 m Umfang = 5,09 m Durchmesser für 20 Hz). Um dieses „Monster“ in für Wohnräume aufstellbare Größen zu bringen, wurde die „unendliche Schallwand“ — die rundherum geschlossene Box — entwickelt. Wertvolle Arbeit zur Perfektionierung dieses Systems hat in den 50er Jahren AR geleistet. So weit, so gut. Eine geschlossene Box ist nun natürlich keine „unendliche Schallwand“ und wirkt auch nicht so, da in der geschlossenen Box die eingespannte Luft — der Luftpolster — zu einem Eigenleben erwacht, das wohl dämpfbar, aber schon rein physikalisch gesehen, nicht vernichtbar ist. Dazu kommt, daß mit einer solchen Box zwar bis zu einer tiefliegenden unteren Frequenz hin reproduziert werden kann (mit weich aufgehängter Membran, günstigem Verhältnis Gehäusevolumen zu Membranfläche usw.), diese unteren Frequenzen aber ungenügend gut angepaßt in den Umraum abgestrahlt werden. Das bedeutet sehr hohen Leistungsverlust (ca. 97 %!) und hohe Verzerrungen (v.a. IM, AM). Die Vermeidung dieser Nachteile bedingt die Verwendung einer weiteren Schallführung:

● zu Schallführung 2 = Horn, Horn-Resonator: (siehe auch Diagramm 1)

Zunächst: warum ist eine wie oben unter Kriterium 1 beschriebene Schallführung 1 schlecht an den Umraum angepaßt:

Die vor der Plazierungswand befindliche Luftmenge muß homogen und im richtigen Größenverhältnis zur Wellenlänge der Grundfrequenz „verschoben“ werden. Dazu muß die Abstrahlfläche möglichst groß im Verhältnis zur Boxenplazierungswand sein. Membranen dieser Größenordnung kommen schon wegen ihres hohen Gewichtes und ihrer großen Verwindbarkeit (daraus Verzerrungen wie z.B. Parzialschwingungen und IM-Verzerrungen), und den riesigen Gehäusen, die für sie nötig wären, nicht in Frage.

(Anm.: Auch großflächige Elektrostaten bieten wegen der winzigen Amplitude zu der sie nur fähig sind und ihren unsteifen Membranen keine optimal* entsprechende Lösung.)

Aufgabe und Definition des Hornes: Die einzige optimale* Möglichkeit zur Lösung oben beschriebenen Problems bietet ein vor die Membrane gesetztes Exponential-Horn mit der in ihm eingespannten Luftmenge, wie in jedem anspruchsvolleren Physikbuch über Akustik und Schallübertragung nachgelesen werden kann. Das Exponential-Horn (richtig konstruiert und gebaut) stellt also die optimale* Lösung bezüglich Anpassungsverbesserung an dem Umraum dar. Die Definition für ein solches Exponential-Horn kann lauten: Das Horn ist ein akustischer Verstärker (durch Raumwinkelverkleinerung und Lufteinspannung). Auf Lautsprecherwiedergabe bezogen, gekoppelt mit der Lautsprechermembrane, ist das Horn außerdem und vor allem der verzerrungsärmste akustische Transformator (= Übertrager). (Durch Anpassungsverbesserung der Baßlautsprecher-Chassisabstrahlfläche an dem Umraum proportional zur abnehmenden Frequenz.)

*) optimal ist hier ein relativer Wert, der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

Die Funktion, Wirkung und Effekt des Horns: Die Lautsprechermembrane stellt eine Kapazität dar, während die Luftmenge im Horn eine Induktivität bildet, diese beiden Größen werden auf gleiches Maß (des Nutzteiles an der Strahlungsimpedanz wegen) abgestimmt. In der Praxis kann man sich die Funktion des Horns vereinfacht so vorstellen: Die Größe einer Klangabstrahlfläche für untere Frequenzen sollte bei optimaler* Anpassung an den Umraum, um verzerrungsfrei arbeiten zu können, das gleiche Größenverhältnis zur durchschnittlichen Plazierungswand des Hörraumes haben, wie das großflächigste Musikinstrument zur Plazierungswand des Aufführungsraumes — oder noch besser, wie die durchschnittliche Gesamtfläche der vorhandenen Musikinstrumente zur Plazierungswand des Aufführungsraumes. Die im Hornmund eingespannte Luft in einem Exponential-Horn kann nun als eine solche Fläche benützt werden. Die relativ große Amplitude der am Hornhals sitzenden Membrane mit ihrer relativ kleinen Abstrahlfläche dazu, wird zum Hornmund hin transformiert und dabei in eine kleine Amplitude mit großer Abstrahlfläche verwandelt. Vom Vorgang her geschieht dies verlustfrei, da die Gesamtsumme der Abstrahlung, nämlich das Verschiebungsvolumen, dabei nicht verkleinert wird. Das Verschiebungsvolumen besteht aus Amplitude und Abstrahlfläche und um das Maß, um welches die Amplitude zum Hornmund hin kleiner wird, wächst die Abstrahlfläche. Faktisch entsteht sogar durch die größer gewordene Abstrahlfläche Verstärkung und durch die kleiner gewordene Amplitude Verzerrungsminderung. Nun noch zwei praktische Beispiele, wie man sich Funktion und Wirkung des Hornes an Hand von Vergleichen gut vorstellen kann:

Die Saite einer Baßgeige schwingt mit großer Amplitude und einer so kleinen Abstrahlfläche wie sie der Oberfläche der Saite entspricht. Dies ergibt mit abnehmender Frequenz eine zu schlechte Anpassung an den Umraum. Umgesetzt über den Baßgeigenboden (Unterfläche des Korpus) wird die für das Instrument typische Anpassung erreicht und damit bis zum untersten Ton des Instrumentes, seinem Klangcharakter entsprechend, abgestrahlt (deswegen seinem Klangcharakter entsprechend, da es sich bei einem solchen Instrument um ein Produktionsinstrument, ein Instrument mit einer bestimmten Klangfarbe, handelt. Im Gegensatz dazu sind Reproduktionsinstrumente wohl nach den gleichen Grundsätzen der Akustik konstruiert, jedoch in Anwendung für höchste Klangneutralität.)

Als 2. Beispiel stelle man sich vor, daß von der Stirnseite eines Schwimmbeckens aus die Wasseroberfläche in ihrer gesamten Breite in homogen-schwingende Wellenbewegungen versetzt werden soll. Wenn man dazu ein kleines Paddel benützt, wird dies bei noch so langhubiger und schneller Bewegung nicht gelingen, die Wellenform wird vom Paddel weg kreisförmig auseinanderstreben. Benützt man hingegen dazu ein sehr breites Brett, sagen wir so breit wie die halbe Stirnseite des Schwimmbeckens, so wird die Wasseroberfläche homogen bewegt. Dabei genügt auch schon eine ganz kleine Bewegung (einer kleinen Amplitude entsprechend).

Die Einsatzmöglichkeiten des Hornes:

Als Grundmodell wird das Horn vor die Membrane des Chassis montiert. Da ein solches Horn für untere Frequenzen sehr große Dimensionen annimmt (5,09 m Durchmesser für 20 Hz z.B.) kann mit Hilfe der Druckkammer auch eine Hornverkleinerung vorgenommen werden. Der Effekt ist natürlich nicht mehr gleich gut wie der des Original-Horns, jedoch deutlich besser als der einer Lautsprecherbox ohne Horn (man bedenke, daß schon die Verdoppelung der Membranabstrahlfläche eine Anpassungsverbesserung im Verhältnis zur Plazierungswand von 1:X auf 1:X/2 bringt.

Eine besondere Lösung stellt dabei der von mir erfundene Horn-Resonator dar, ein Mittelding aus Gegenreflex - Helmholzresonator und Horn, bei welchem ein äußerst guter Kompromiß der Relationen (optimale Anpassung, tiefe Grundfrequenz, hohe Impulstreue, gute Dämpfung und damit kleine Verzerrungen, und dies alles bei handlichem Format der Lautsprecherbox) erzielt wird. Schlußendlich ist noch der Vorteil des Horns zu erwähnen, daß die Membrane (am Hornmund) aus Luft besteht und damit Schallwellenträger und Membranmaterial aus dem gleichen Medium bestehen. Dies stellt physikalisch das erreichbare Optimum dar.

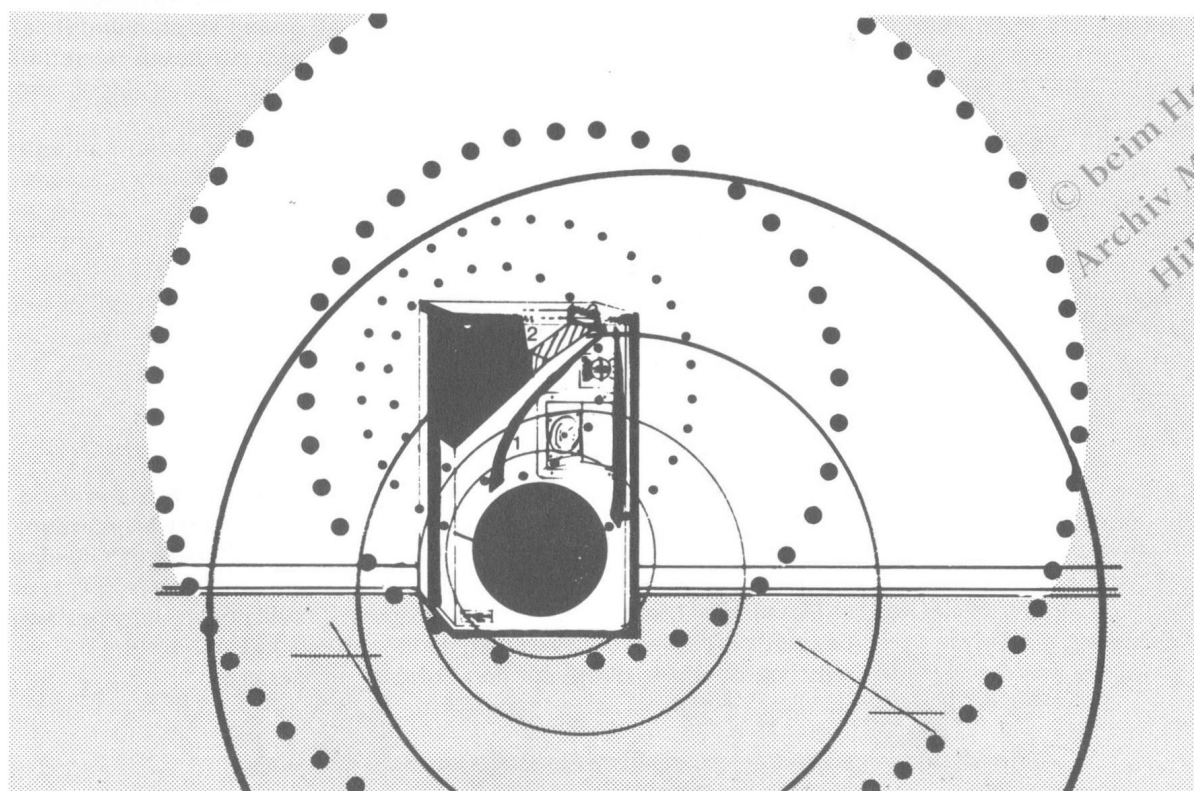
*) optimal ist hier ein relativer Wert der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

Zusammenfassung des Horn-Resonators:

Aufgabe: Anpassungsverbesserung der Abstrahlfläche von Basslautsprecher-Chassis (proportional zur abnehmenden Frequenz) an den Hörraum, zur linearen Transformation der unteren Frequenzen in diesen, für optimale Impulswiedergabe und größtmögliche Verzerrungsarmut, und dies alles bei wohnraumgerechter Größe und Dimension der Lautsprecheranlage. (Zum ausreichenden Erzielen einer solchen wichtigen Wirkung wie sie in der Aufgabe dargestellt ist, mußte bisher, also bei einer Bauweise nach dem herkömmlichen System, ein Horn in der Größe bis 4 m Höhe und 11 m Länge errichtet werden.)

Aufbau und Funktion: Die Schallabgabe der Bässe erfolgt spulenseitig in eine Kammer (1). Die Luftmenge in dieser Kammer wird als „Feder“ benützt. Das Basschassis treibt die Luftmasse im Horn (2). Ihr dynamisches Gewicht ist entsprechend dem der Basschassis-Membrane. Der Horn-Resonator-Hals (3) ist Tiefbassfilter und Druckkammer zugleich. Die aktive Luftmembrane strahlt durch ihre Hornform bestens abgepaßt ab. Für die Frequenzen unter 130 Hz stellt der Horn-Resonator (2) einen zusätzlichen Abstrahlweg (4) dar.

Ergebnis: Der Horn-Resonator setzt schon von seinen Abmessungen her neue Maßstäbe! Mit ihm wird trotz seiner geringen Größe eine gleichartige Wirkung ohne störende Nebenwirkungen, wie mit dem großen Horn, erzielt und zwar explosionsartige, unverfärbt trockene Basswiedergabe unter größtmöglicher Verzerrungsarmut, in verschiedenen großen Hörräumen.



— Abstrahlung des Baßtöners / ●●●- zusätzliche Abstrahlung des Baß -Hornes

© beim Her
Archiv Mi
HiFi

● **zur räumlichen Reproduktion = die räumliche Reproduktion** (siehe auch Diagramm 2)

Unter räumlicher Reproduktion ist die Wiedergabe des Klangbildes zu verstehen, wie es in der Wirklichkeit bei der Aufnahme im Raum geherrscht hat (exakt also aus natürl. Klangkörper + Raum). Das Klangbild besteht bekanntlich aus einem kleinen Teil von Direktionen und einem überwiegenden Anteil (je nach Entfernung von der Schallquelle, sowie Raumdämpfung und Größe) von Indirektionen. Der Hallradius, bis zu dem noch Gleichgewicht zwischen Direktion und Indirektion herrscht, beträgt selbst bei sehr großen Räumen wie Kirchen nicht mehr als 3 - 5 m von der Schallquelle.

Dieses Gebiet ist viel zu umfangreich und komplex, als daß man es auch nur einigermaßen hier darstellen könnte. Ich beschränke mich daher auf den groben Anriß über das Zustandekommen eines räumlichen Klangbildes und dessen Übertragung in einen relativ kleinen Hörraum bei der Reproduktion:

Ein Klang wird nach seinem Entstehen vom Klangerreger weg kugelförmig in den Raum hin abgestrahlt. Bei unteren Frequenzen handelt es sich um eine reine Kugel, mit zunehmender Frequenz wird die Form keulenförmiger. Den Zuhörer erreichen somit direkte Schallwellen, sowie die von Wänden, Boden und Decke reflektierten, wobei das Ohr auf vertikale Reflexionen feiner reagiert. Die Reflexionen von der Decke werden ebenfalls noch wahrgenommen, die vom Boden durch den flachen Winkel sowie die hohe Dämpfung praktisch vollkommen absorbiert. Ein Reflexionsschallstrahl besitzt nun im Verhältnis zu einem Direktionsschallstrahl eine kleinere Schallstärke, eine zu oberen Frequenzen hin stärker abgesenkte Frequenzkurve, eine längere Laufzeit und schließlich einen anderen Einfallswinkel. Weiters unterscheiden wir grundsätzlich zwischen der 1. Reflexion (die Zeitspanne zwischen der Direktion und ihr ist maßgeblich für die Deutlichkeit und räumliche Wahrnehmung von Raumgröße und Orchesterentfernung) und dem Nachhall (Nachhall ist die Summe aller Reflexionen bis zu einer Schallstärke von -60 dB bezogen auf den Abstand 0; der Nachhall ist verantwortlich für die Verschmelzung des Klanges). Ein all diese Faktoren und Relationen berücksichtigendes Klangbild der Aufführung kann dann (in einem kleineren Hörraum) reproduziert werden, wenn das Lautsprecherboxen-Paar eine Frequenz zu Schallstärke und frequenz-zu abstrahlwinkelabhängige entsprechende Abstrahlcharakteristik besitzt.

Anm.: Die Abstrahlcharakteristik einer direkt abstrahlenden Box ist dabei auf jeden Fall vollkommen ungeeignet für diese Aufgabe, da sie weder mit dem Klangbild eines großen Aufnahme-raums der Wirklichkeit noch mit irgendeinem natürlichen Klangbild zu vergleichen ist. Auch sogenannte Indirektstrahler, welche ohne Rücksicht auf die feinen und feinsten akustischen Zusammenhänge, vom Mitteltonbereich angefangen bis hinauf zu den Obertönen einfach nur die Abstrahlung der Lautsprecherbox verbreiten, kommen dem Ideal eines räumlichen Klangbildes in keinsten Weise nahe.

Die von mir erfundene und computeroptimierte Abstrahlweise läßt den Raum der Aufnahme (ob künstlich oder echt der Aufnahme beigegeben), je nach Qualität der Aufnahme selbst, im Hörraum entstehen. Auch das dreidimensionale Phasenverhalten im Raum ist dabei voll im Griff, wie eine Untersuchung mit über 1000 Einzelmessungen an verschiedenen Raumpunkten im Vergleich zur Wirklichkeit gezeigt hat. Die Bässe und Mitten bis 800 Hz werden dabei direkt abgestrahlt, Frequenzen von 800 Hz bis 4 kHz (das sind die Höhen) indirekt spiegelbildlich nach außen Richtung Seitenwände und Decke, und Obertöne ab 4 kHz direkt auf den Zuhörer hin gerichtet.

Die räumliche Reproduktion, wie ich meine Erfindung beziehungsvoll nenne, läßt (zusammengefaßt) folgende Wirkungen entstehen:

1. Richtungshören für Verbesserung der Ortbarkeit als Kompensation der Verschlechterung des Richtungshörens beim menschlichen Ohr mit steigender Frequenz.
2. Kompensation des zu kleinen Chassisabstrahlwinkels ab 800 Hz aufwärts gegenüber der Abstrahlbreite der Produktion (Basisverbreiterung) (ab 4 kHz verhindern diese Abstrahlbreite wieder andere Kriterien*).
3. Phasenkorrekte Abstrahlung (räumlich) gegenüber der Produktion.
4. Laufzeitkorrektur von Direktion zu Reflexionen gegenüber der Produktion (Differenzhören des Ohres nimmt mit steigender Frequenz zu — daher auch seine Kritischkeit gegenüber der Laufzeitdifferenz 2er Töne im Obertonbereich*).

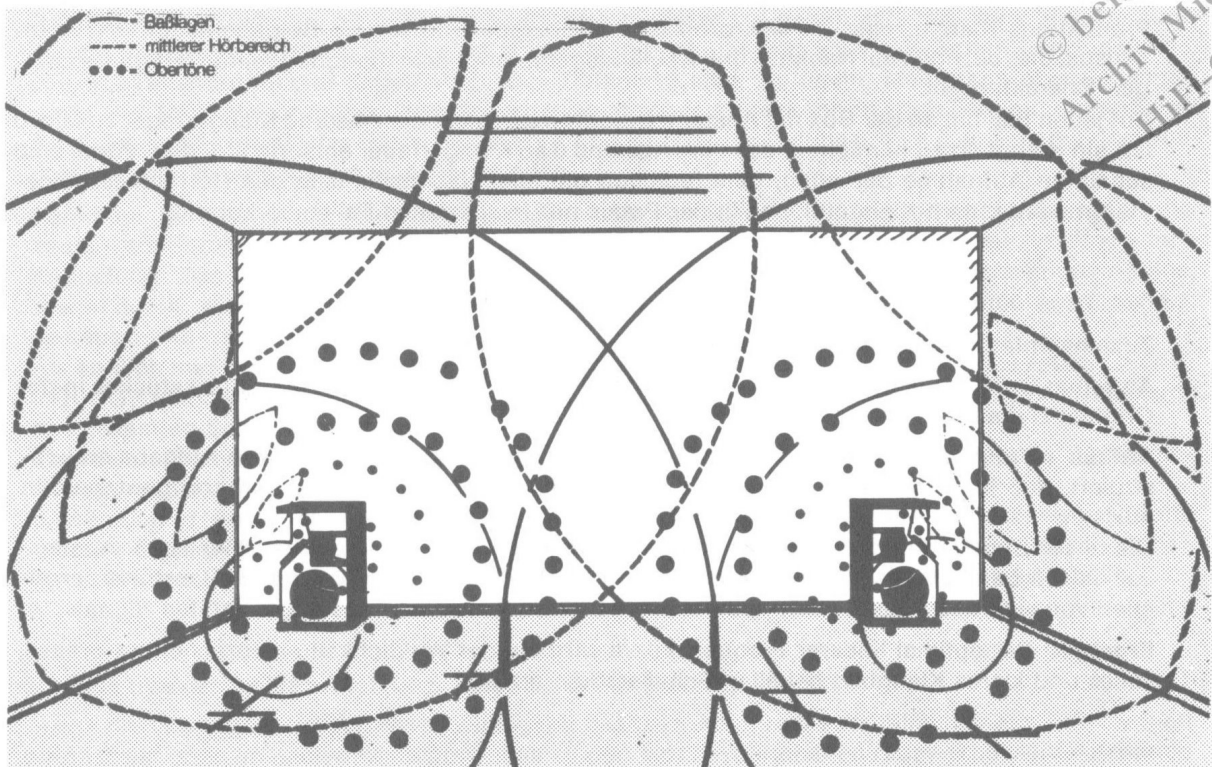
5. Die Differenz des Abstandes vom Schallerreger zur Reflexionswand bei der Produktion zum Abstand des Reproduktions-Klangkörpers zur Reflexionswand bei der Reproduktion wird bezüglich der größeren Absorptionsmenge der oberen Frequenzen im Aufführungsraum gegenüber dem Wiedergaberaum durch Direktstellen des Hochtöners korrigiert. (Der Abstand in der Produktion ist größer als der Abstand bei der Reproduktion, dadurch werden bei der Produktion die Reflexionen der oberen Frequenzen in stärkerem Maße verschluckt. Die natürliche Absorption wirkt also proportional zum Abstrahlverhältnis höhenin-direkt, obertöne-direkt bei der räumlichen Reproduktion nach meinem Prinzip.)
6. Der indirekt abgestrahlte Höhenbereich ist gleichzeitig der Schwerpunkt der Formanten von räumlich großen bzw. vielzähligen Schallerregern.
7. Durch zu große Bündelung der Höhen bei herkömmlichen Direktstrahlern, klingen diese oft blechern und spitz. Bei nach meinem Prinzip der „räumlichen Reproduktion“ konstruierten Lautsprecherboxen ist dies nicht der Fall.

Zusammenfassung der räumlichen Reproduktion

Aufgabe: Herstellung des räumlichen Klangbildes im Wiedergaberaum wie bei der Aufnahme, auch wenn das Klangbild eines großen Aufführungsraumes in einem Wohnraum reproduziert wird.

Aufbau + Funktion: Die Abstrahlung des Gesamtfrequenzspektrums ist hinsichtlich Schallenergiemenge und Abstrahlrichtungen genau aufeinander abgestimmt. Der mittlere Hörbereich (---) wird durch indirekte Schallabgabe auch rund um das Lautsprecherboxen-Paar abgestrahlt, ohne das fertige Stereobild zwischen den beiden Boxen zu stören. Die Basslagen sind direkt gerichtet (—) — sie sind unortbar, aber phasenempfindlich. Die Obertöne haben das direkteste Abstrahlungsfeld (.....), es ist im Winkel von 18 Grad je Lautsprecherbox konsequent auf den Zuhörer gerichtet (indirekte Abstrahlung dieser Frequenzen würde als zu wenig verzögert wahrgenommen werden, außerdem sinkt das Richtungshörvermögen des Ohres mit zunehmender Frequenz).

Ergebnis: Das teilweise indirekte und doch ortbare Klangbild der Wirklichkeit wird natürlich, plastisch und akustisch in seiner wahren Größe (und damit räumlich unverzerrt) wiedergegeben.



Soweit zu den 3 raumakustischen Kriterien und ihrer Berücksichtigung bei der Konstruktion meiner Reproduktions-Lautsprecherboxen.

Für eine akustisch-optimale* Reproduktion sind aber natürlich noch viele andere Faktoren wichtig. Zwei der allerwichtigsten seien hier noch erwähnt.

*) optimal ist hier ein relativer Wert, der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

● **zum elektrischen Teil: akustisch-aktive Frequenzweiche:** (siehe auch Diagramme 3 und 4)

Grundsätzlich: je entsprechender der Frequenzverlauf eines Chassis für den jeweiligen Einsatz zum Erzielen einer linearen p/f-Kurve ist, desto kleiner braucht seine Korrektur zu sein (d.h. als Aufwand die Frequenzweiche) und desto verzerrungsärmer ist damit das Abstrahlergebnis. Man kann also, um hier mit einem weit verbreiteten Irrglauben aufzuräumen, sagen: je größer und aufweniger die Frequenzweiche einer Lautsprecherbox, desto schlechter ist diese grundsätzlich im Verhältnis zu einer gleichartigen Box mit entsprechenderen Chassis und daher einfacherer Frequenzweiche. Weitgehendst ohne elektrische Korrekturen kommen Lautsprecher-Anordnungen aus, die durch eine von mir erfundene „akustisch-aktive Frequenzweiche“ gesteuert werden. Die noch nötigen Korrekturen geschehen hier auf natürliche Weise, ohne verzerrungsfördernde Nebenwirkungen.

Anm.: Zur Lautsprecherboxen-Abstimmung (Verlauf der Frequenzkurve)

Für den richtigen Verlauf der Frequenzkurve (p/f-Diagramm) sind sogenannte Meßkennlinien zu ermitteln. Ein Vorgehen, bei dem mit minutiöser Genauigkeit sozusagen alle Register der mechanischen Akustik zu ziehen sind und hohe Musikalität nötig ist, sowie sehr viele Jahre Erfahrung. In der Folge einer der Grundüberlegungen, warum eine Lautsprecherkennlinie am Meßplatz (der sich in einem bestimmten Abstand und von der Lautsprecherbox befindet) nicht wie ein waagrechter Strich verlaufen kann:

Am Abstand 0 vom Reproduktions-Klangerreger (= theoretischer Abstand) im Hörraum, herrscht Abstandsdämpfung 0, das in die Box gesandte Signal muß in allen Frequenzen mit gleichem Schalldruck wiedergegeben werden. Mit Wachsen des Abstandes, also sich Entfernen von der Box, wächst die Abstandsdämpfung und auch ein klein wenig im Hörraum die Nachhallzeit (das Wenigerwachsen der Nachhallzeit als im Aufführungsraum, sowie auch der kleinere Abstand zur Box ist aber verhältnisgleich auf die Raumgröße Aufführungsraum zu Wiedergaberaum bezogen und die erstellten Meßkurven werden ja in Wiedergabe-Hörräumen erstellt).

In der Praxis ist dies nun so, daß der Gesamtablauf heißt: Produktions-Klangerreger bis Mikrofon = 1. Abstand mit entsprechender Dämpfung daraus, der Abstand zwischen Mikrofon und der Box ist ein theoretischer und immer 0; sodann Box bis Zuhörer = 2. Abstand. Vor allem der Abstand Produktions-Klangerreger bis Mikrofon ist ausschlaggebend für die Beigabemenge an Raumakustik, die (bezogen auf Nachhall und Abstandsdämpfung) dem Klangbild seinen fertigen jeweiligen Charakter gibt.

Auf jeden Fall hat an der Box mit Abstand 0 nicht (wenn nicht der Abstand Klangerreger zu Mic. 0 ist) ein Klangbild zu herrschen, das dem Abstand 0 ab Klangerreger entspricht — dies würde eine schalltote Aufnahme bedeuten, dem lediglich die Mini-Nachhallanteile des Hörraumes beigegeben würden (ein Klangbild, das in der Praxis nur in speziellen Fällen vorkommt).

Zusammenfassung der akustisch-aktiven Frequenzweiche:

Aufgabe: Größtmöglich unverzerrte Wiedergabe der vielfältigen Töne eines Musikstückes in der Original-Dynamik.

Aufbau + Funktion: Meine Lautsprecher-Chassis-Anordnungen sind für diese Aufgabe so konstruiert, daß ihre Frequenzkurven nicht mehr durch herkömmliche Weichen korrigiert werden müssen.

Die verzerrungsfördernde Beschneidung (vor allem „nach oben“) auf elektrische Weise kann daher bei diesen Lautsprecher-Chassis-Anordnungen unterbleiben. Die Töner, z.B. Basstöner, erreichen von sich aus (= aktiv) den optimal exakten Frequenzverlauf des abgestrahlten Signals.

Ergebnis: Bei optimal linearer Frequenzkurve wird ein der Wirklichkeit entsprechendes breites, volles und klares Klangbild bei allen Schallstärken erzielt.

- **zum elektroakustischen Teil: Das B & S-System:** für höhere Schallschnelle bei gleichzeitig größerer Dämpfung.)

Schlußendlich sollte auf die Schallschnelle, also die Impulstreue bei der Wiedergabe Wert gelegt werden. Dies ist mit einer herkömmlichen Messung von Schalldruck/Frequenzdiagrammen keinesfalls erreichbar. Hier steckt die Wurzel warum zwei Boxen mit einer annähernd gleichen Frequenzkurve ziemlich verschieden klingen können. Neue Meßmethoden sind hier notwendig und auch Chassisentwicklungen. Eine meiner Erfindungen dazu ist das B & S-System (Beschleunigungs & Steuersystem), bei welchem die Schallschnelle deutlich erhöht, die Dämpfung für den Nachschwingvorgang jedoch trotz der schnelleren Bewegung gesteigert werden konnte. Das B & S-System, welches eine akustische Serienschaltung *) darstellt und im Ein- und Ausschwingvorgang zum Quadrat schneller, also beschleunigt schwingt, läßt in dieser Phase eine deutlich höhere Impulstreue und damit auch größere Programm-Dynamik erreichen. Der Schwingvorgang, Klirr- und IM-Verzerrungen werden dabei noch durch eine bisher unerreicht strenge Steuerung bis auf ein Drittel bislang erreichter Werte reduziert. Bei herkömmlichem Chassis stehen die Größen der beiden Vektoren Beschleunigung und Verzerrung proportional zueinander.

Als Meßmethode zur Entwicklung für dieses System habe ich das sogenannte „akustische Hologramm“ erfunden, eine mit dem Original vergleichende, an sich 3-dimensionale, der größeren Analytik wegen 2-dimensional dargestellte Meßmethode des gesamten Schwingvorganges.

Aufgabe: des B & S-Systems (Beschleunigungs- und Steuer-System):

- Beschleunigung des Schwingvorganges v.a. bei Baßchassis mit ihrer größten Abstrahlfläche (und damit größten bewegten Masse) im Frequenzband, sowie
- unterbinden des unerwünschten Nachschwingens der Chassis-Membranen und senken von nichtlinearen Verzerrungen.

Aufbau: Das B & S-System stellt eine akustische Serien-Schaltung dar. Zwei Varianten stehen zur Verfügung: Variante 1 ist sowohl in geschlossenen als auch in offenen Boxen einsetzbar, Variante 2 hingegen nur in geschlossenen Boxen.

Bei Variante 1 werden zwei Membranen pneumatisch so gekoppelt, daß eine einzige luftgefüllte Membran entsteht. Diese wird von zwei mit größter Präzision gefertigten Schwingspulen und Magnetanordnungen angetrieben. Bei Variante 2 sitzt die zweite Membrane plus Schwingspule und Magnetanordnung unter teilweise akustischer Abdeckung nach außen, auf der anderen Seite des Gehäuses als das Basis-Baßchassis und ist über die Luftmenge im Gehäuse mit dem vorderen Basis-Chassis pneumatisch verbunden.

Funktion: (gilt für beide Varianten): Im Ein- und Ausschwingvorgang beschleunigen sich die beiden Membranen mit ihren Schwingspulen und Magnetanordnungen gegenseitig durch ihre Koppelung. Das Nachschwingen wird durch die kleinere Trägheit der neuen Gesamtmembrane, sowie durch winzige mutierende Druckunterschiede zwischen den Einzelmembranen optimal gesteuert und damit unterbunden.

Als endlich maßgerechtes Meßverfahren für Lautsprecher wird zur Optimierung das AKUSTISCHE HOLOGRAMM eingesetzt. Es handelt sich dabei um eine 3-dimensionale Vergleichsmessung des gesamten Schwingvorganges.

Ergebnis: Deutlich hörbar höhere Impulstreue (durch zum Quadrat gesteigerte Membranbewegungsschnelle)

damit auch größere Dynamik, bei gleichzeitig bis auf ein Drittel bisher erreichter Werte reduzierte Chassis-Eigengeräusche, sowie Klirr- und AM₁-Verzerrungen. (Bei herkömmlichen Chassis stehen die Größen der beiden Vektoren Beschleunigung und Verzerrungen proportional zueinander).

Eine etwas bissige Schlußbemerkung, (aber durchaus korrekt):

So lange die Grundgesetze der Physik Gültigkeit besitzen, kann real ausschließlich aus Erfindungen und Konstruktionen im Lautsprecherboxenbau zu den hier beschriebenen raum-akustischen Kriterien wirklich Echtes, Neues erwartet werden. Davon allerdings sicher noch Einiges . . .

*) Bei einer Serienschaltung wird die Qualität bei gleichbleibender Quantität erhöht, während bei einer Parallelschaltung die Quantität erhöht wird bei gleichbleibender Qualität.

III. Platzierung der Reproduktionslautsprecher im Hörraum:

Um in den optimalen Hörgenuß von Reproduktions-Lautsprechern zu kommen sind diese entsprechend ihrer Abstimmung im Hörraum aufzustellen und einzupegeln:

Einleitung: Schallereignisse finden immer in Räumen statt (- auch das „free field“ ist akustisch als Raum zu bezeichnen u.z. als 100 % nachhallfreier [schalltoter] Raum). Zwischen den beiden Extremen (schalltoter Raum und Schallraum) befindet sich die Palette aller akustisch überhaupt möglichen und vorkommenden Räume. Alle nur möglichen Wohnräume (mit ihrer Größe, Form und Einrichtung) nehmen darin ein relativ schmales Band und zwar im Mittelfeld ein. Das heißt, sie sind relativ leicht erfaßbar. Lautsprecher-Boxen sollten auf dieses „Mittelfeld“ vom Konstrukteur abgestimmt sein (das heißt: die Raumcharakteristik ist ins Klangbild einbezogen).

Lediglich die Feinabstimmung hat noch zu erfolgen (die physikalische Begründung des jeweiligen Vorgehens siehe 1. - 2.).

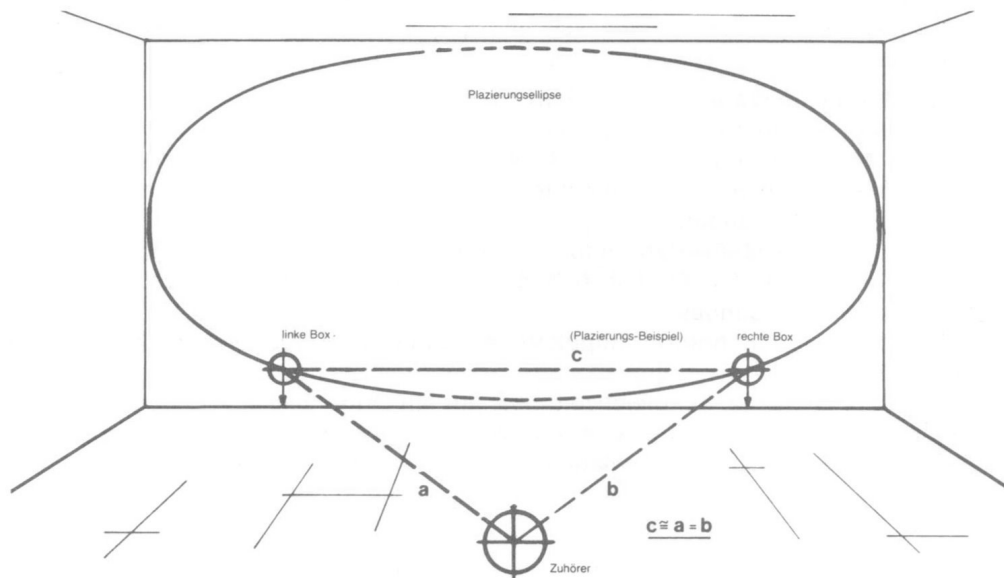
Es wird wie folgt vorgegangen:

1. Platzierung: Verschiedene Aufstellungen von Boxen im Hörraum bedeuten starke frequenzmäßige Veränderungen (Baßschallführung — Horneffekt)! An der Platzierungs-Wand herrscht aber auf allen Punkten der in der Darstellung aufgezeigten Ellipsenteile (= Platzierungsellipse minus Stereoabstand der Boxen) neutrales und damit lineares Klangverhalten bei meinen Lautsprechern, da sie für diese durchschnittliche Aufstellmöglichkeiten eingeppegelt sind. (siehe Zeichnung dazu)

Muß aber trotz dieses breiten Angebotes an Möglichkeiten, z.B. aus einrichtungstechnischen Gründen, anders platziert werden, so gilt als Korrektur:

- a) Bei Platzierung außerhalb der Ellipse (= mehr Horneffekt wird wirksam): zum Ausgleich den Obertonregler im Rahmen des „plus-Bereiches“ der Skala nach Bedarf verstellen.
- b) Bei Platzierung innerhalb der Ellipse (= weniger Horneffekt wird wirksam): zum Ausgleich den Obertonregler im Rahmen des „minus-Bereiches“ der Skala nach Bedarf verstellen.

Anm.: In der horizontalen Achse werden meine Lautsprecher-Boxen parallel zur Platzierungswand (= die Wand, an der die Boxen stehen) aufgestellt. In der vertikalen Achse bei Notwendigkeit für Abstrahlrichtung auf den Zuhörer hin geneigt (z.B. mittels erhältlichem 9°-Untersatz bei Bodenplatzierung).



Der Abstand:

Der Abstand des Zuhörers von jeder der Boxen sollte etwa gleich sein wie deren Abstand zueinander ($c = a=b$).

Der Abstand der Seiten - Raumwände: Der Abstand Seiten - Raumwand zu Mitteltöner (u.zw. damit das Phasenverhalten korrekt bleibt) kann sein: a) Abstand 0 (Seitenwand gegenüber der Horn-Öffnung mit dünnem Filz belegen), b) Abstand 20 cm (Seitenwand glatt = normale Wand), c) Abstand über 100 cm (Seitenwandbeschaffenheit egal).

2. **Hörraumakustik (seine Reflexionen, sein Nachhall):** Die Raumdämpfung ist wie Eingangs beschrieben ein wichtiger Faktor für das Klangverhalten von Boxen in ihm. Um innerhalb des Rahmens der vorkommenden Wohnraumdämpfungen individuell einpegeln zu können ist nach dem 1. Schritt „Plazierung“ beim 2. Schritt wie folgt zu verfahren (betrachten Sie nicht mehr die Pegelstellung „LIN“ des Obertonreglers, sondern die beim 1. Schritt erarbeitete Einstellung als Ausgangsbasis für den 2. Schritt. Die Einstellung nach dem 1. Schritt ist IHRE „lin“-Einstellung, bezogen auf die Plazierung!):

- a) in schallhärteren Räumen (ihre Charakteristika sind: der Größenordnung nach kleinere Räume, glatte Wände, dünner harter Bodenbelag, kleine Postergruppe — auch größerflächiges glattes Holz ist schallhart, wenn es fest eingespannt ist, z.B. Parkettboden etc.) entstehen durch Reflexionen Auslöschungen und durch größere Reflexionsstärke eine Abschwächung im Obertonbereich; es in Richtung „plus-Bereich“ mit dem Obertonregler zu korrigieren.
- b) in schallweichen Räumen (ihre Charakteristika sind: der Größenordnung nach größere Räume, rauhe Wände, dicke Vorhänge, dicker weicher Bodenbelag, große Polstergruppe, rauheres, nicht fest eingespanntes Holz, z.B. Naturholzdecken, etc.) ist die Reflexionsstärke im Obertonbereich kleiner als in durchschnittlichen Räumen; es ist in Richtung „minus-Bereich“ mit dem Obertonregler zu korrigieren.

Bei deutlichem Vorhandensein eines der beiden Raumtypen (schallweich, schallhart) wird auch durch kleine Plazierungsänderung korrigiert wie folgt: bei schallharten Räumen ein wenig innerhalb der Ellipse plazieren (= weniger Horneffekt zur Kompensation der bei glatten Wänden und glattem Boden auftretenden Baßanhebung). Bei schallweichen Räumen ein wenig außerhalb der Ellipse plazieren (= mehr Horneffekt zur Kompensation der bei rauhen Wänden und weichem Boden auftretenden überdurchschnittlichen Baßabsenkung).

Ergänzung: Sollen die Boxen ein wenig von der Plazierungswand in den Raum hinein abgedrückt werden, wird zur Kompensation ein wenig außerhalb der Ellipse plaziert. **(Bei durchschnittlichem Vorhandensein der unter Punkt 2. a) und b) beschriebenen Raumcharakteristika bleibt Punkt 2. bisher unberücksichtigt betreffend das Verstellen der Obertonpegelregler.)**

Mitunter tritt der Fall auf, daß in einem Raum das Klangbild zu „mager“ erscheint, das heißt mittlere Frequenzen (also die Höhen) zu schwach wiedergegeben werden (das kann z.B. vorkommen, wenn ein Raum noch so glatte Wände aufweist, daß sie wohl den Baß noch gut führen, jedoch nicht mehr so glatt genug sind, um die Höhen gut zu reflektieren. Dies bedeutet dann abgesenkte Höhen und angehobene Obertöne durch Fehlen der Reflexionen — die hier Auslöschungen erzeugen würden — im Bereich der obersten Frequenzen). In solchen Situationen ist auf jeden Fall der Seitenabstand 20 cm und schallharte Seitenfläche zu wählen (gegebenenfalls Anbringen eines glatten Reflektors — z.B. Glas — in Größe der Hornöffnung gegenüber dieser an den Reflexionswänden). Auf diese Weise wird auch in solchen Räumen mit natürlichen Mitteln eine frequenzlineare Schalldruckkurve erreicht.

Schließlich können z.B. Glaswände, Mauervorsprünge (vor allem in Nähe der Boxen) etc. das Summen- und Differenztonverhalten des Klangbildes beeinflussen und ist hier nach Bedarf nach bisher beschriebenen Methodik zu verfahren. Wenn diese Korrektur nötig ist, sollte sie bei jeder Box für sich durchgeführt werden.

Zusammenfassung der Relationen zum Erzielen einer linearen Schalldruckkurve im Wiedergaberaum: Fixpunkt bilden die Mitten von 150 - 800 Hz; die Bässe werden durch Plazierung verändert; die Höhen von 800 Hz - 4 kHz durch gestalten der Seitenreflexionswand; die Obertöne schließlich durch Verdrehen des Pegelreglers (siehe dazu jeweils die vorangegangenen Beschreibungen).

Wichtig: Das Einstellen „nach Geschmack irgend eines gefälligen Soundes“ ist für Reproduktion ein Mißbrauch des Obertonreglers und damit falsch!

Anmerkungen zu dieser Beschreibung:

Das Verhalten von Schall im Raum hängt von Schallführung (das ist Verstärkung durch Reflexion, also auch durch Hinleiten oberer Frequenzen sowie bei entsprechender Plazierung verstärken durch Horneffekt der unteren Frequenzen) und Schalldämpfung (das ist Absorbition) ab.

zu 1.) Plazierung (Schallführung):

Wenn bei Lautsprecheraufstellung im Hörraum wie hier (der Plazierung wegen) vom Horneffekt für untere Frequenzen ausgegangen werden muß, handelt es sich um einen akustischen Sonderfall. Durch meine Plazierung der Lautsprecher auf der Plazierungsellipse dominiert als Wirkung für das Klangbild die Schallführung der unteren Frequenzen (also Horneffekt, welcher bei Schallhärte der Wände stark, bei Schallweichheit schwach in Erscheinung tritt). Erst bei mehr oder weniger Wegfall der Schallführung durch Plazierung (Horneffekt) tritt vorrangige Wirkung der allgemeinen Begriffe, der Dämpfung und Schallführung oberer Frequenzen ein. Untere Frequenzen werden also durch den Horneffekt bei entsprechender Plazierung stark beeinflußt.

zu 2.) Absorbition (Dämpfung):

Da es sich bei den die Lautsprecher umgebenden Flächen mit ihrer Beschaffenheit immer um große und noch dazu um den Lautsprechern nahegelegene handelt, z.B. Teppich etc. (groß gemeint im Verhältnis zum gesamten Raum), unterliegen diese unteren Frequenzen auch etwa gleichartiger Absorbition, wie die ansonsten nur durch dieses Material mehr oder weniger durch Skin-Effekt absorbierten oberen Frequenzen (während Absorber, die nur untere Frequenzen verschlucken, grundanders aussehen).

Schließlich nicht von vorher erwähnten Sonderfällen ausgehend, sondern z.B. von Plazierung **ohne** Horneffekt, also mitten in der Wand: glatte Flächen (schallhart) = im Effekt weniger Bässe, viel Höhen; oder z.B. es befinden sich große Dämpfungsflächen ganz nahe der Box (schallweich). Effekt = wenig Bässe, aber auch wenig Höhen.

Eine Kurzform zum allgemeinen Verständnis und zum rasch zielführenden Gebrauch dieser Aufstellungs- und Einpegelanleitung liegt jeder von mir konstruierten Lautsprecher-Box original bei.

Übrigens wird ein nach diesen natürlichen Regeln aufgestelltes Boxen-Paar zu einem sich harmonisch in die Wohnlandschaft einfügenden selbständigen Möbel werden, welches nicht mehr hinter Vorhängen oder in Schränken versteckt zu werden braucht, wo es akustisch auch keineswegs hingehört.

IV. Die tatsächlich nur zweitrangige Zahl um die Wattanzahl die HiFi-Lautsprecher vertragen können sollen, sowie die wirklich wichtige Frage, wieviel Phon bei optimaler Dämpfung HiFi-Lautsprecher erreichen können:

Sie werden schon bemerkt haben, daß die Frage nach der Wattzahl wirklich nur ein Punkt von vielen ist und nicht der einzige, auf den es ankommt! Nur jemand, der sonst nichts zu bieten hat, operiert ausschließlich mit dieser Wattzahl, die primär gar nicht wichtig ist, wie wir gleich sehen werden, vor allem aber nur ganz wenig Aussagekraft besitzt. Der Verwender will ja nicht nur „eine Wattmenge kaufen“, sondern einen bestimmten Schalldruck erzeugen, und hierbei ist die Wattzahl allein noch nicht aussagekräftig, sondern mit auch Verstärker-Eigendämpfung, Lautsprecherboxenwirkungsgrad, sowie Raumdämpfung, -Größe und Hörabstand.

Wer nach folgender Überlegung vorgeht, wird die Sache richtig machen:

Es sollen z.B. maximal 100 dB Schalldruck erzeugt werden in einem Wohnraum, mit Impulsspitzen bis zu 120 dB. Dieser Wert ist leicht erkennbar, auch ohne Meßgerät, weil hier der Schall bereits weh zu tun beginnt und außerdem auf Grund des relativ kleinen Raumes seine Dämpfung zu schwach wird (Interferenzen entstehen).

Wir wollen zur Erzeugung dieses Schalldrucks einen Verstärker verwenden, welcher mind. Eigendämpfungsfaktor 30 - 40 besitzt (wichtiger Faktor! wegen der Steuerungsgenauigkeit für die Lautsprecher), und diesen Verstärker drehen wir zur Erzeugung dieser 100 - 120 dB max. bis drei Viertel auf, (also ca. -5 dB gedämpft). Damit ist die dynamische Reserve berücksichtigt, und durch das „drei Viertel aufdrehen“ des Gerätes ist gewährleistet, daß dieses noch nicht in den steilen Bereich seines Klirrgrades kommt.

Nun ist die Wattzahl des Gerätes das nötig war, um so beschriebene 100 - 120 dB zu erreichen, festzustellen (dabei auf ehrliche Angaben achten: Werte pro Kanal, in Sinus etc.) und nach den Erzeugerangaben prüfen, ob der Lautsprecher diese Wattzahl auf Dauer vertragen kann.

Der Kraftbedarf (in Watt) für den zu erreichenden Schalldruck von 100 - 120 dB hängt also nochmals zusammenfassend vom akustischen her unter anderem ab von der Dämpfung des Wiedergaberaumes und dem Wirkungsgrad des Lautsprechers; vom elektronischen her von der ohmschen Anpassung des Lautsprechers an den Verstärker, vom Innenwiderstand des Verstärkers — also seiner Eigendämpfung — und überhaupt seiner Auslegung (z.B. bezüglich Klirrgrad zu Leistung etc.).

© Archiv HiFi-6
Archiv HiFi-6
HiFi-6

V. Zum Lautsprecherboxen-Hörvergleich:

Hier spielen gleichzeitig subjektive und objektive Momente eine Rolle. Elementar wesentlich ist zu unterscheiden: wo gilt objektives und wo gilt subjektives.

Grundsätzlich halte ich es für falsch, mehrere einem selbst unbekannte Paare Lautsprecher nebeneinander aufzustellen und sie wechselweise mit Musikprogramm zu bespielen und Vergleiche vorzunehmen, welcher Lautsprecher denn natürlicher Klänge.

Dies ist fast jedermann so gut wie unmöglich! Es kann nur so funktionieren, daß neben der Wirklichkeit, neben einem oder mehreren Musikinstrumenten (man wird sich in der Wohnung auf Soloinstrumente oder kleine Gruppen von Schallerregern beschränken müssen) Lautsprecher gespielt werden, mit demselben Programm beschickt (auf eine hervorragende Aufnahme, sowie auf das Vorhandensein durchschnittlicher Hörraumdämpfung und entsprechender Boxen- und Hörer-Plazierung ist dabei zu achten), welches die Instrumente in der Wirklichkeit vorher als Vergleich gespielt haben und so der natürlichst klingende Lautsprecher herausgefunden wird (als Minimum der Spieldauer pro Lautsprecherpaar sollten 10 Sek. eines abwechslungsreichen Programmes **) vorgenommen werden).

Es ist jedoch auch möglich (und in der Praxis leichter), als Maßstab nicht direkt ein natürliches Instrument selbst zu nehmen oder eine natürliche Klangerregergruppe. Man kann auch einen Lautsprecher verwenden (und ein bestimmtes vorzügliches Programm), den man an einigen natürlichen Instrumenten oder einer natürlichen Klangerregergruppe im selben Raum, am selben Platz bereits als möglichst einwandfrei erprobt hat. Dies ist vor allem deswegen ein Vorteil, weil man dann auch in kleinen Räumen Programme mit größeren Schallerregergruppen (wie z.B. Orchesteraufführungen) mit der richtigen Lautstärke (= die beim Zuhörer) wiedergeben und damit Lautsprecher testen kann.

Wird nicht von einem solchen Maßstab ausgegangen, stelle ich das Ergebnis des Testversuches in Frage.

Es gibt kaum jemanden, der sich nicht täuschen lassen würde, wenn er einen beispielsweise zu flach klingenden oder mit zuviel Höhen arbeitenden Klangkörper hört, dann einen zweiten, der dies noch extremer macht und einen dritten, der dies wiederum noch extremer macht, der nicht sagen würde, der Letztere wäre z.B. der Beste — oder auch umgekehrt, und zwar, weil er kein echtes — wirklich echtes, mittelbares Verhältnis zur Wirklichkeit bei solchen Tests vorfindet.

Die einzige Möglichkeit besteht darin, die Natur zu hören und unmittelbar darauf eine Hörprobe über einen Lautsprecher zu machen und damit mit der Natur zu vergleichen. Der einfachste Test ist es, einen Klang den man aus seiner Umwelt genau kennt (und wenn es nur Gewitterdonnern, Blätterrauschen, Schritte, die Stimme seines Nächsten usw., die man sein ganzes Leben gehört hat, ist.) Mit dem Klang des Lautsprechers in der Reproduktion zu vergleichen und nicht nur darauf zu achten, wie viel oder wenig Höhen, wie viel oder wenig Bässe, Verfärbungen oder nicht Verfärbungen zu hören sind, sondern festzustellen: klingt es wie die Wirklichkeit oder negativ gesehen: fehlt hier etwas zum Klang der Wirklichkeit.

(Wesentlich für diesen Versuch ist natürlich die exzellente Aufnahme der oben beschriebenen Geräusche und Klänge; steht eine solche Aufnahme nicht zur Verfügung, sollte man für diesen Test ausschließlich eine Musik wählen, die man tatsächlich schon oft in der Wirklichkeit gehört hat.) Ist die Klangqualität des Lautsprecher-Paars bei geschlossenen Augen (um durch das optische Bild nicht die Illusion zu zerstören) so hoch, daß man sich täuschen läßt, die Wirklichkeit vor sich zu erleben, dann ist das Optimale *) erreicht.

Zusammenfassung und als Fazit daher:

- Subjektiv ist Boxenbeurteilung nur, wenn Boxen verfärben (um z.B. Fehler zu vertuschen) und nicht entschieden wird (oder werden kann), welche Box noch am natürlichsten klingt, sondern welche am gefälligsten (hier werden reproduzierende mit produzierenden Boxen verwechselt).
- Nur bei der Beurteilung von Produktionsinstrumenten entscheidet der Geschmack.
- **Subjektiv hört wohl jeder Mensch, aber die Wirklichkeit gleichartig subjektiv wie die Reproduktion!** Eine Boxenbeurteilung bezgl. natürlicher Reproduktion ist daher objektiv (allerdings muß man dazu das Programm in der Wirklichkeit kennen, sonst wird wieder nach der Gefälligkeit — also subjektiv beurteilt).

**) Bewertungsaktionen und damit auch Anforderungen an das Textprogramm, bestehend aus Beispielen verschiedener Musikrichtungen sind: Dynamik, Klangfülle und -breite (unvermischt), Transparenz, Modulation (Chromatik, AM, FM, IM), Klirrgang, (dies vom phönetischen her), sowie räumliche Auflösung bzw. Reproduktion.

- Sich einen Klang zu merken ist sehr schwer (vor allem über längere Zeiträume, in verschiedenen Räumen und an verschiedenen Plätzen), aber die Wirklichkeit erkennt man genauso in der Produktion, wie auch in der Reproduktion, da man sein ganzes Leben lang die Wirklichkeit gehört hat), wenn die Reproduktionsgenauigkeit oberhalb der Hörgrenze liegt (z.B.: eine auf Tonband gesprochene Ihnen wohlbekannte Stimme können Sie bei der Reproduktion ohne Zuhilfenahme des optischen Sinns nicht von der Wirklichkeit unterscheiden, wenn die Exaktheit der Reproduktion [nach Formel von 1. a] oberhalb der Hörgrenze liegt).
Ansonsten zählt nur der direkte Vergleich mit der „Produktion“.
- Vergleichsmaßstab darf also NUR die Produktion oder ein mit dem Ergebnis „optimal *)“ mit der Produktion verglichenes, hochwertiges Boxenpaar sein.

© beim Herr
Archiv Mir
HiFi-

*) optimal ist hier ein relativer Wert, der ausdrückt: das jeweilige Ergebnis muß bis knapp oberhalb des menschlichen Hörvermögens im durchschnittlichen Hörraum verzerrungsfrei sein.

VI. Meßprotokolle (p/f Diagramme) 1 - 4 zu II.

- 1 zu Horn - Resonator
- 2 zu räumliche Reproduktion
- 3, 4 zu akustisch-aktive Frequenzweiche

Diagramm 1:

Verdeutlichung der Notwendigkeit der Anpassungsverbesserung an den Umraum:

Eine mit Horn-Resonator versehene Box wurde in einem großen Raum aufgestellt, der Horn-Resonator wurde fest verschlossen, sodaß die Box wie eine herkömmliche geschlossene Lautsprecher-Box arbeitete, es ergab sich Frequenzkurve a). Daraufhin wurde der Horn-Resonator geöffnet, es ergab sich Frequenzkurve b). Der Abfall der unteren Frequenzen bei Frequenzkurve a) ergab sich aus der schlechteren Anpassung an den Umraum. Vor allem aber bei Impulsen wird verschiedene Anpassungsgüte schon in viel kleineren Räumen deutlich unterschieden.

steller
ichael Otto
-Classic.de

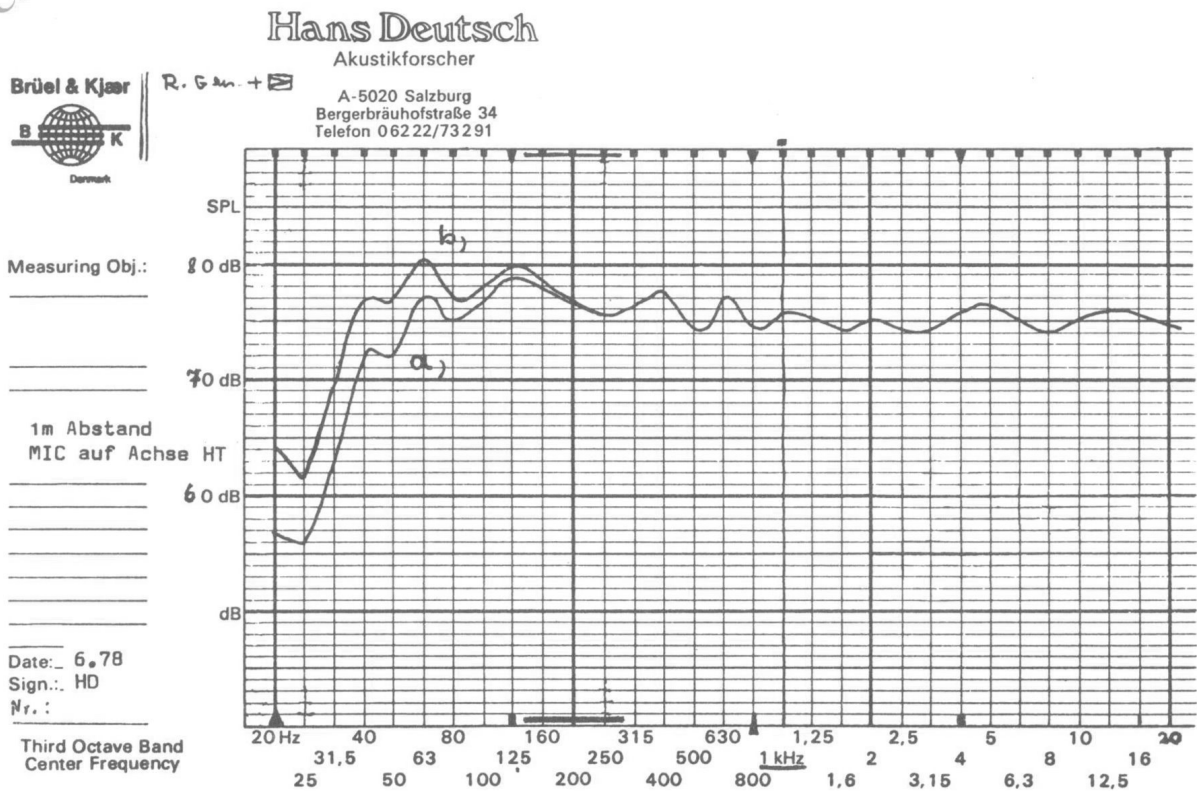
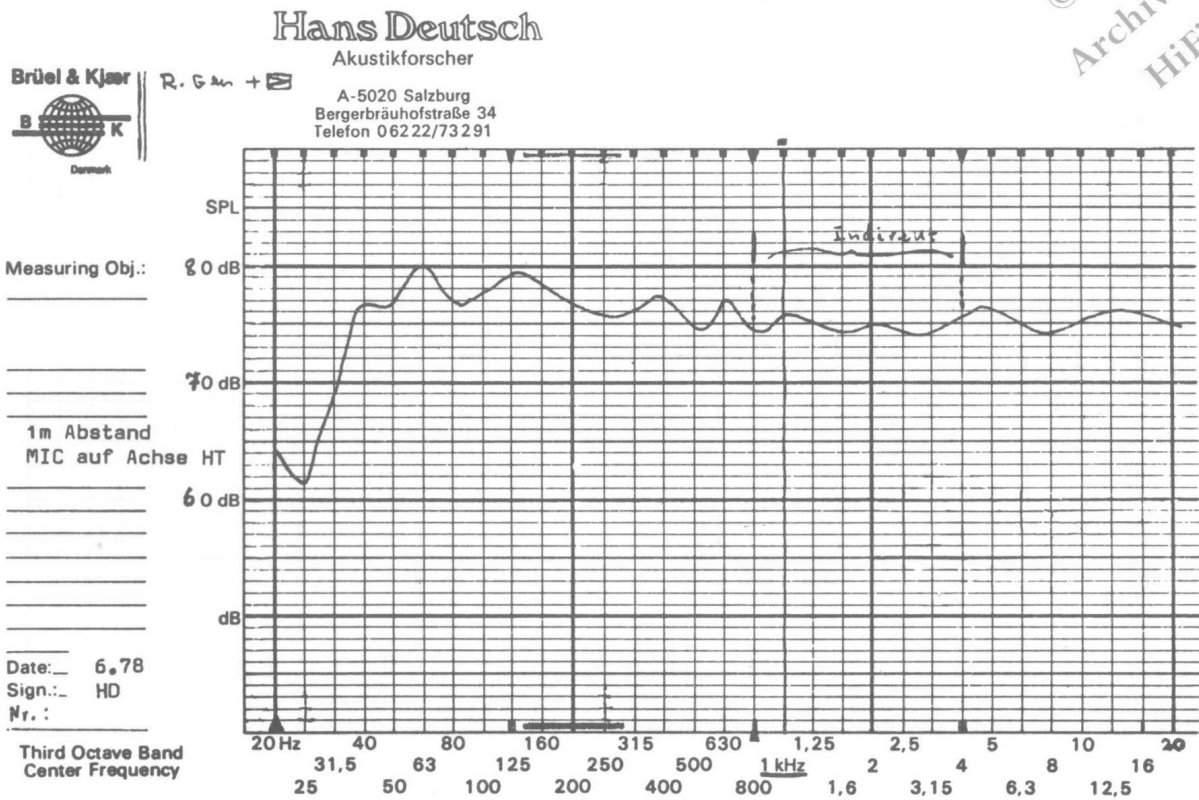


Diagramm 2:

Zur räumlichen Reproduktion:

Obwohl eine nach meinem Prinzip der räumlichen Reproduktion ausgestattete Lautsprecher-Box Mitten- und Höhenfrequenzbereiche indirekt abstrahlt, ist ein p/f Diagramm vom Platz des Zuhörers aus (also im Stereofeld) bei richtiger Plazierung der Box im Hörraum durchaus verzerrungsfrei aufzeichenbar (lediglich die Richtcharakteristik des Mikrofons läßt einen winzigen Einbruch innerhalb des indirekt abgestrahlten Bereiches entstehen).

Eine wüst verzerrte Kurve, wie das bei manchen Indirektstrahlern oft gezeigt wird, stimmt auf keinen Fall, denn: Alles Echte ist auch meßbar!

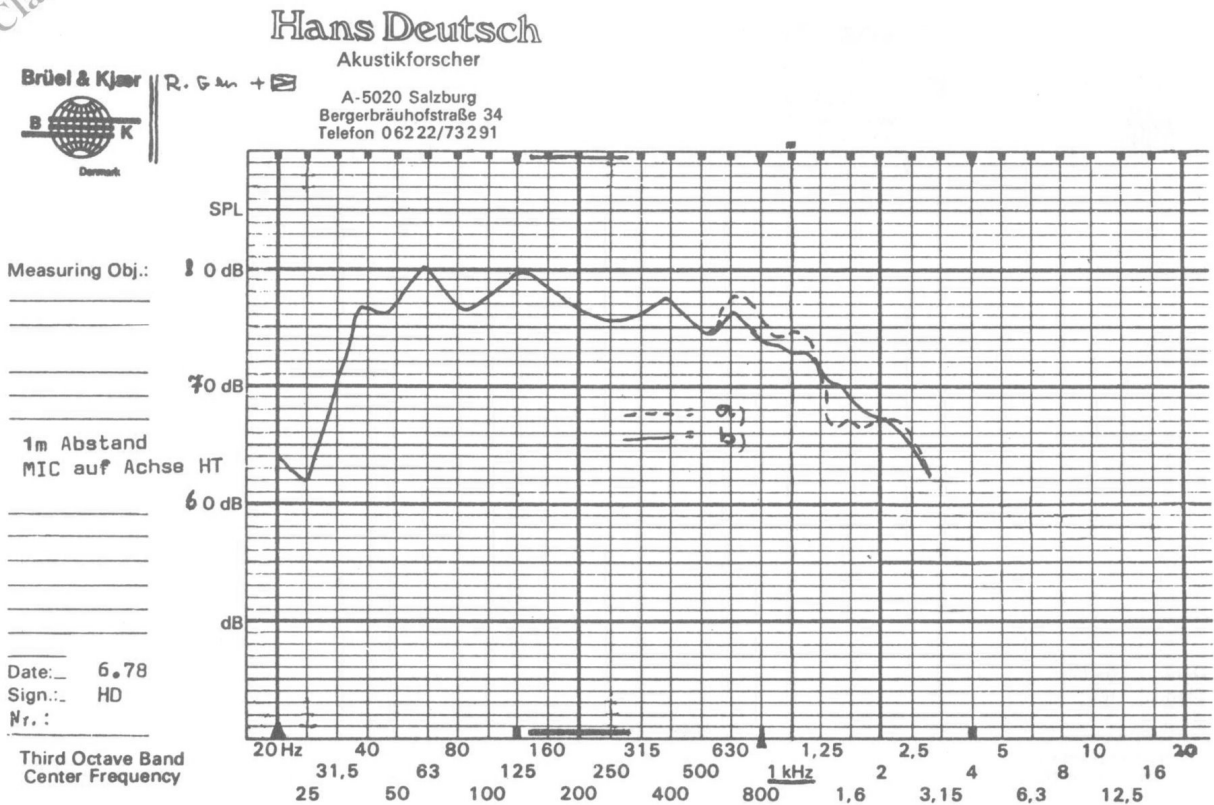


Zu Diagramm 3:

Zur akustisch-aktiven Frequenzweiche:

Kurve a) zeigt einen Baßlautsprecher in einem Gehäuse eingebaut mit einer elektrischen Frequenzweiche nach herkömmlicher Art bei 800 Hz -6dB beschnitten. Kurve b) zeigt den Töner, jedoch mit Hilfe der akustisch-aktiven Frequenzweiche auf eine Frequenzkurve mit gleichartigem Verlauf wie Kurve a) gebracht. Es fällt auf, daß der Kurvenverlauf der Kurve a) deutlich unruhiger (phasenverzerrter) erscheint.

Hersteller
Michael Otto
--Classic.de



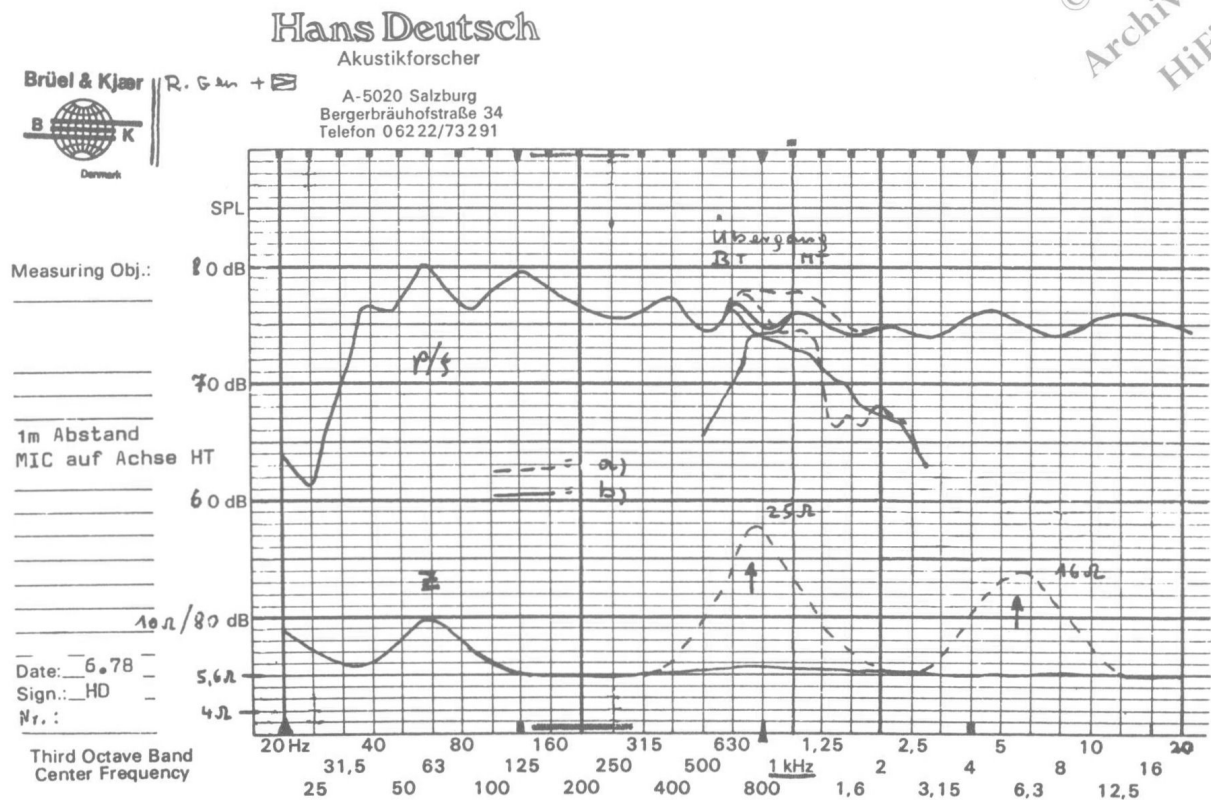
QP 201

Diagramm 4:

Zur akustisch-aktiven Frequenzweiche:
(mit ohmscher Kurve)

Kurven a) die komplette (in dem Fall 2 weg) Lautsprecher-Box mit elektrischer herkömmlicher Frequenzweiche, Kurven b) die Lautsprecher-Box mit akustisch-aktiver Frequenzweiche. Wieder fällt auf, daß der Kurvenverlauf der Schalldruckkurve b) deutlich ruhiger ist. Der unruhige Verlauf der ohmschen Kurve a) (mit elektrischer Frequenzweiche) deutet verglichen mit der Kurve b) vor allem die nicht-linearen Verzerrungen (siehe Pfeile) an, die bei einer Lautsprecher-Box, welche zur Korrektur ihrer Schallpegelkurve eine elektrische Schaltung (= Frequenzweiche) benötigt, entstehen.

© beim Hersteller
Archiv Musik
HiFi



Akustikforscher Hans Deutsch
verfaßt im Juli 1978

Hans Deutsch

