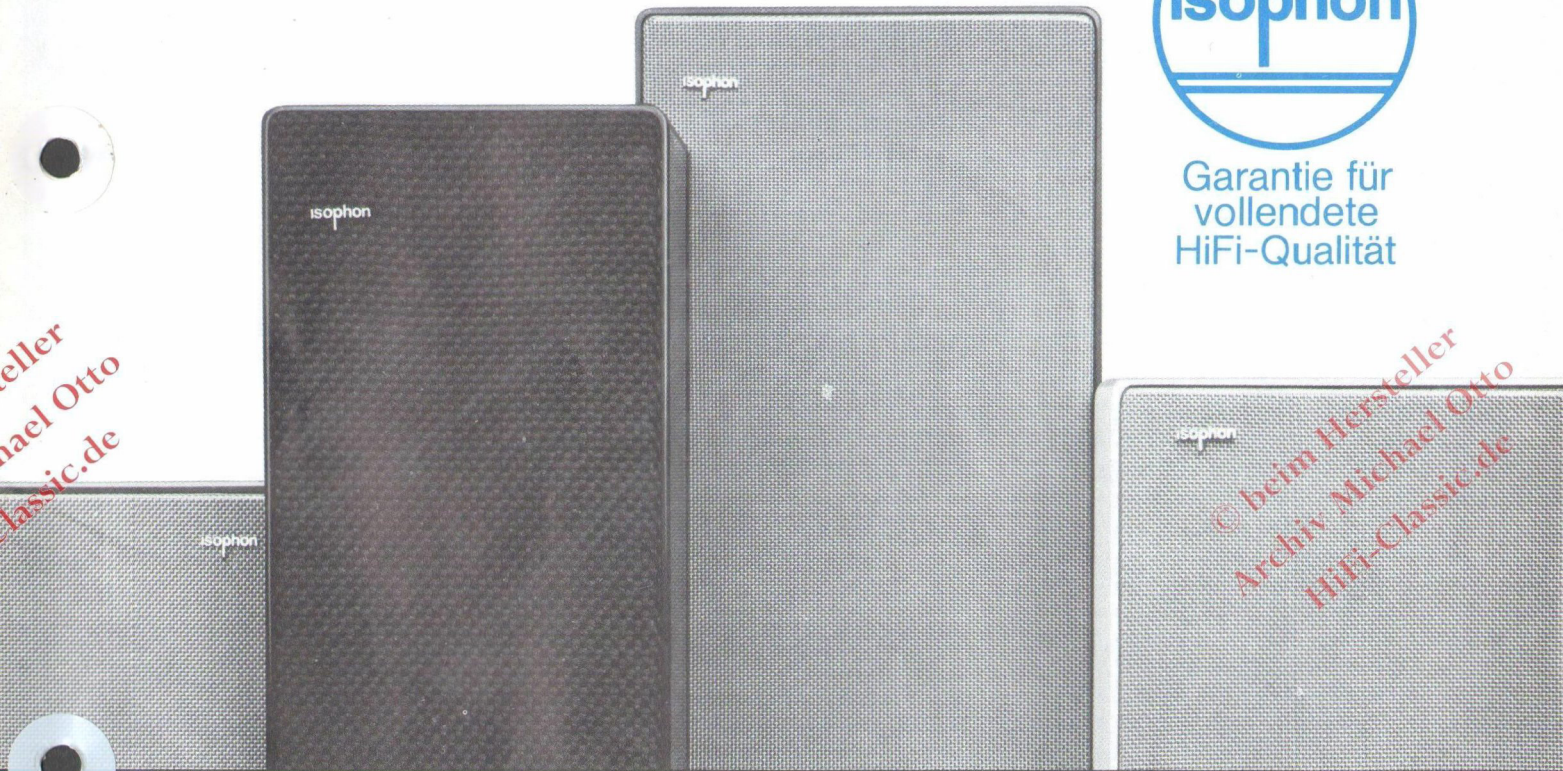


Alles über HiFi-Stereophonie und die Klang-Dynamischen von ISOPHON

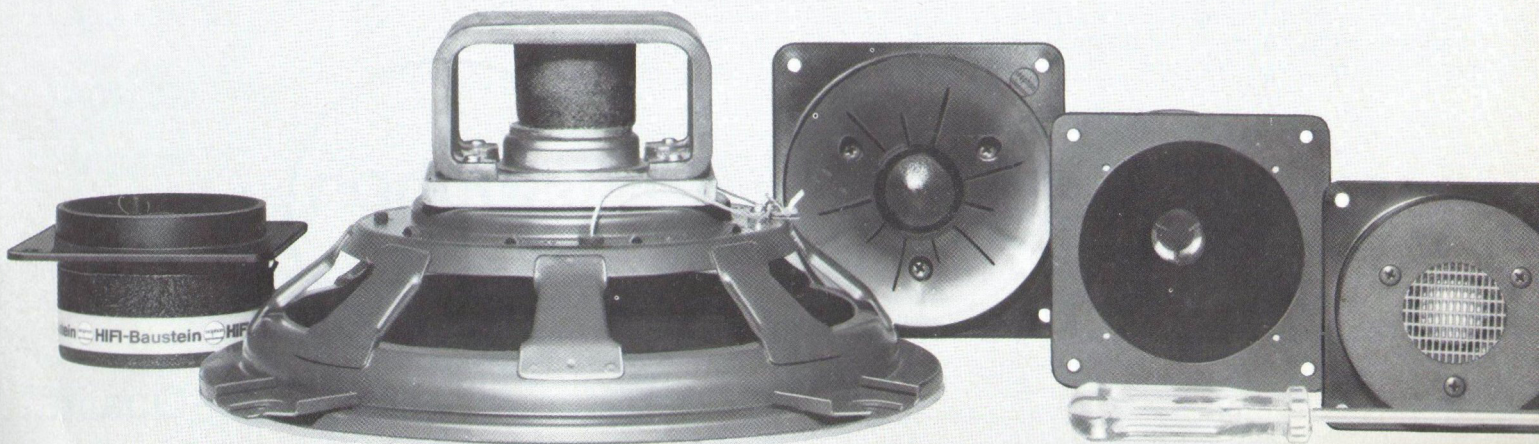
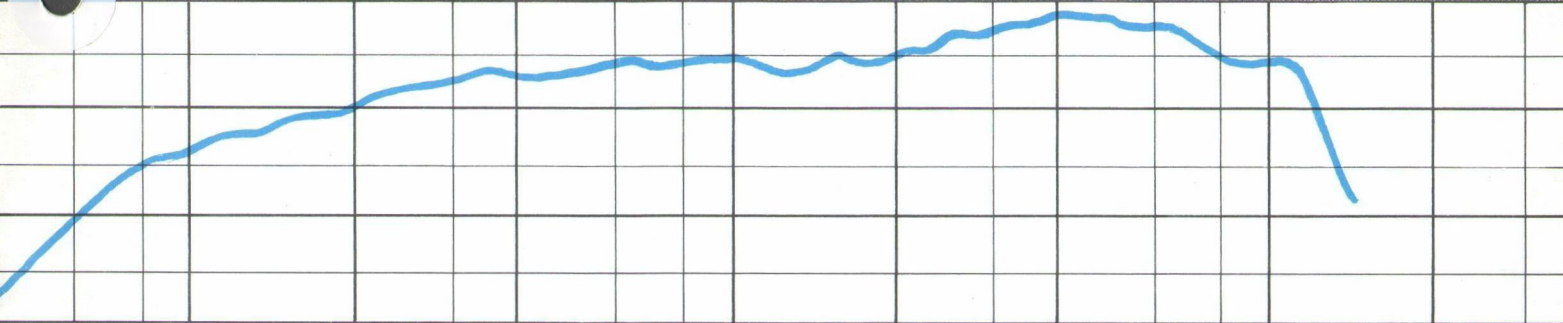


Garantie für
vollendete
HiFi-Qualität



eller
Michael Otto
Classic.de

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de



HiFi-Baustein

Die Geschichte des Rundfunks ist zugleich die Geschichte der ISOPHON-Werke, die in rund 50 Jahren die Entwicklungen auf allen Gebieten der Lautsprechertechnik maßgeblich beeinflusst haben, von den ersten Schallgebern der Rundfunktechnik bis hin zu den heutigen HiFi-Lautsprechern. Die damit verbundenen technischen Anforderungen brachten es mit sich, daß ISOPHON z. B. sämtliche Membranen, Magnete, Schwingspulen selber produziert.

Anfang der fünfziger Jahre erfolgte die Entwicklung der ersten Koaxialsysteme, Breitbandkombinationen und Spezialhochtonchassis, dann die der Ovalsysteme und leistungsstarken Druckkammereinheiten. Den augenblicklichen Stand dokumentieren z. B. der Exponentialstrahler DKT 11/C 110/8 mit extrem hohem Schalldruckpegel, der Energiestrahler ES 120 und PROFI-SOUND SK 9003.

Beispielgebend im Bereich der Stereophonie entwickelte ISOPHON die hochwertigen HiFi-Tieftonchassis der PSL-Serie, die ebenso hochbelastbaren Kalottenmitteltonstrahler der KM-Serie und die Kugelkalottenstrahler mit dem Erfolgstyp KK 10 für eine klare, transparente Höhenwiedergabe.

Die vorliegende Informations-Broschüre soll Sie mit der Lautsprechertechnik und den verschiedenen technischen Begriffen der Elektro-Akustik vertraut machen. Sie enthält außerdem Ratschläge über den Einsatz von Lautsprechereinheiten sowie Kombinations- und Schaltvorschläge für den Selbstbau von HiFi-Lautsprecherboxen.

Hiermit wollen wir dienen, weil wir von ISOPHON meinen, daß beim Selbstbauen noch ein schönes Stückchen Individualismus erlebt werden kann. Dazu und dabei wünschen wir Ihnen viel Spaß.

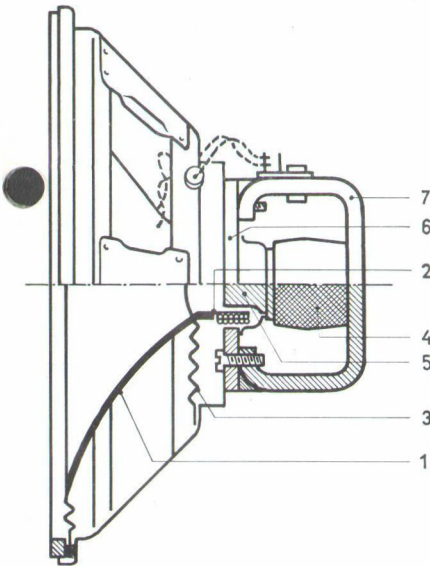


Garantie für vollendete HiFi-Qualität

Aufbau eines Lautsprechers

und Erläuterung technischer Daten

Ein Lautsprecher soll alle hörbaren Schallschwingungen (oder Schallfrequenzen), die bei Musik und Sprache vorkommen, wiedergeben können. Diese Schallschwingungen reichen von ca. 25 Hz bis über 10000 Hz (Hz = Hertz: Schwingungen pro Sekunde). Das sind mehr als 10 musikalische Oktaven. Ein so breites Frequenzgebiet läßt sich nicht mit einem einzigen Lautsprecher einwandfrei übertragen. Denn jeder Lautsprecher arbeitet physikalisch immer nur für ein bestimmtes Frequenzgebiet am besten. Im wesentlichen hängt dies mit der Größe der Lautsprecher zusammen. Für tiefe Frequenzen verwendet man Lautsprecher mit großen Membranendurchmessern. Für höhere Frequenzen verwendet man kleinere Lautsprecher. Eine hochwertige Box enthält immer mehrere Lautsprechersysteme, damit das gesamte Frequenzgebiet aufgeteilt werden kann. Die Unterscheidung von Lautsprechern kann nach ihren elektromechanischen Antriebsarten erfolgen. So gibt es magnetische, dynamische, elektrostatische usw. Lautsprecher. Dabei werden die dynamischen Lautsprecher am meisten verwendet. Sie haben hervorragende akustische Eigenschaften und lassen sich besonders rationell fertigen.



- 1 Membrankegel
- 2 Schwingspulkörper mit Spule
- 3 Zentriermembran
- 4 Magnetblock
- 5 Polkern
- 6 Magnetplatte (Polplatte)
- 7 Bügel (Joch)

Abb. 1
Die Einzelteile eines dynamischen Lautsprechers

Um Lautsprecher miteinander in ihren elektrischen und akustischen Daten vergleichen zu können, hat man be-

stimmte Kenngrößen und ihre Meßverfahren genormt.

Die in allen ISOPHON-Listen und -Datenblättern angegebenen Lautsprecherdaten sind nach den Normvorschriften DIN 45500 – Bl. 7 (HiFi), DIN 45570, DIN 45573 – Bl. 1 und 2, DIN 45574 und speziellen Werknormen festgelegt. Auf die folgenden Einzelheiten, die sich aus den angeführten DIN-Normen ergeben, möchten wir besonders hinweisen. Beachten Sie bitte, daß es sich bei allen Angaben um sog. Nennwerte handelt, die fertigungsmäßige Mittelwerte darstellen und bei den Einzelexemplaren fertigungsbedingte Toleranzen auftreten können, die teilweise sogar in der Norm festgelegt sind.

Nennbelastbarkeit

Die Nennbelastbarkeit (Dauerbelastbarkeit) wird nach DIN 45473, Bl. 2 durch Messung mit Rauschen in einem 100-Std.-Test ermittelt. Dieses Rauschen entspricht den bei Musik und Sprache vorkommenden statistischen Frequenz- und Intensitätsschwankungen, woraus sich eine Nachahmung des normalen Lautsprecherbetriebes ergibt. Bei Gehäuselautsprechern gelten die Angaben der Nennbelastbarkeit für die gesamte Kombination. Die Prüfung der Nennbelastbarkeit in einzelnen Frequenzgebieten mit Sinustönen ist unzulässig. (Diese Belastbarkeitsprüfung darf nicht mit der Leistungsangabe bei Verstärkern verwechselt werden, denn diese werden nur bei 1000 Hz Sinuston gemessen.)

Musikbelastbarkeit

Die Musikbelastbarkeit (früher Grenzbelastbarkeit) gibt an, welche Belastungsspitzen bei Betrieb des Lautsprechers mit Sprache und Musik unter normalen Einbaubedingungen kurzzeitig z. B. bei Paukenschlägen usw. ohne Gefahr für den Lautsprecher auftreten dürfen. Sie wird in Watt angegeben. Für HiFi-Lautsprecher ist in DIN 45500, Blatt 7, die Messung der Musikbelastbarkeit genormt. Der Lautsprecher muß danach eine Belastung mit Sinustönen in Höhe der Musikbelastbarkeit kurzfristig, d. h. bis zu 2 sec. vertragen, ohne daß ein Anstoßen der Schwingspule oder Membrane hörbar wird oder sonstige auffallende Klirrscheinungen auftreten. Dies gilt allerdings nur für das Frequenzgebiet unterhalb 250 Hz, weil sich alle Fehlermöglichkeiten in diesem Frequenzgebiet auswirken.

Resonanzfrequenz

Die Resonanzfrequenz (Eigenresonanz) wird mit einer Toleranz von ± 10 Hz bei Frequenzen unter 100 Hz bzw. ± 10 % bei Frequenzen über 100 Hz angegeben. Bei Gehäuselautsprechern

sind die Lautsprechersysteme und Gehäuse aufeinander abgestimmt. Deshalb liegen die Toleranzen bei diesen Typen noch enger.

Übertragungsbereich

Der Übertragungsbereich (Frequenzbereich) der ISOPHON-Lautsprecher ist so ermittelt (DIN 45573, Bl. 1), daß der Schalldruckabfall bei den Grenzfrequenzen gegenüber dem mittleren Schalldruck 10 dB beträgt, gemessen mit Sinustönen.

Für HiFi-Lautsprecher beträgt der Übertragungsbereich nach DIN 45500, Bl. 7, mindestens 50–12500 Hz. Die Messung erfolgt hierbei mit Terzrauschen. Der Abfall gegenüber dem Mittelwert im Bereich 100–4000 Hz darf dabei nur 8 dB betragen.

Nennscheinwiderstand

Der Nennscheinwiderstand (Impedanz) der Schwingspulen bezieht sich immer nur auf eine bestimmte Frequenz. Diese beträgt bei weich eingespannten Systemen 400 Hz, sonst 1000 Hz. Die Toleranz der Ohm-Angabe beträgt maximal ± 10 %.

Magnetische Induktion

Die magnetische Induktion oder Flußdichte gibt die Dichte des magnetischen Feldes im Luftspalt an. Sie ist maßgebend für den Wirkungsgrad eines Lautsprechers und wird bisher in Gauß-Werten angegeben.

Seit Einführung des neuen gesetzlichen Maßsystems heißt die Maßeinheit Tesla. Die Umrechnung der Werte ergibt sich aus: 1 Tesla = 10000 Gauß oder 100 Gauß = 1 Zentitesla (CT). Bei ISOPHON wird jedes Magnetssystem in eigener Fertigung hinsichtlich seiner magn. Induktion geprüft.

Magnetischer Fluß

Der magnetische Fluß ist rechnerisch das Produkt aus magnetischer Induktion und der mittleren Luftspaltfläche. Er läßt daher einen Schluß auf die maximal möglichen Amplituden der Schwingspulen zu und wird bisher in Maxwell-Einheiten angegeben. Die neue Maßeinheit heißt Weber. Die Umrechnung ergibt sich aus: 1 Weber = 100 Millionen Maxwell oder 10000 Maxwell = 100 Mikroweber (μWb).

Luftspaltenergie

Die Luftspaltenergie gibt die Energiemenge an, die im Luftspalt eines Magnetsystems vorhanden ist. Sie wird aus dem Volumen des Luftspalts und dem Quadrat der Induktion errechnet. Sie ist gleichzeitig ein Maß für den Energiegehalt des verwendeten Magnetmaterials. Sie wird in Wattsekunden angegeben.

Magnetgewicht

Magnetgewichtsangaben lassen keinen Schluß auf die Qualität eines Lautsprechers zu, da unterschiedliche Materialien mit unterschiedlicher Dichte zu nicht vergleichbaren Magnetgewichten führen. Aus diesen Gründen enthalten Isophon-Unterlagen diese Angaben nicht mehr.

Kennempfindlichkeit

Die Kennempfindlichkeit gibt an, welchen mittleren Schalldruck Lautsprecher in 1 m Entfernung, gemessen auf der Mittelachse bei einer Eingangsleistung von 1 Watt im Frequenzbereich von 250–4000 Hz erzeugen. Bei Lautsprechersystemen ohne Gehäuse gilt dieser Wert bei Einbau in die unendliche Schallwand. Die Maßgröße ergibt sich zu μbar pro Wurzel aus Watt. Mißt man den Schalldruck in dB-Maß, ergibt sich dabei der *mittlere Kennschalldruckpegel*.

Betriebsleistung

Die Betriebsleistung gibt an, welche elektrische Leistung erforderlich ist, um im freien Schallfeld einen mittleren Schalldruck von $12 \mu\text{bar}$ (96 dB) in 1 m Abstand im Frequenzbereich von 100–4000 Hz zu erzeugen. Sie ist eine wichtige Kenngröße zur Projektierung von Beschallungsanlagen und gleichzeitig ein Hinweis auf den Wirkungsgrad eines Lautsprechers oder einer Lautsprecherbox. Der Wirkungsgrad ist um so größer, je kleiner die erforderliche elektrische Leistung ist.

Da dieser Zusammenhang wegen der gegenläufigen Wertzuordnung wenig anschaulich ist, arbeitet man beim Vergleich von Lautsprechern besser mit dem Kennschalldruckpegel. Ein Lautsprecher, der bei der gleichen zugeführten elektrischen Leistung von 1 Watt einen höheren Schalldruckpegel erzeugt, hat danach auch einen höheren Wirkungsgrad.

Übertragungskurve

Die Übertragungskurve der Lautsprechersysteme wird im reflexionsarmen Raum auf unendlicher Schallwand und die der Gehäuselautsprecher unter Freifeldbedingungen aufgenommen. Der Meßpunkt liegt dabei in 1 m Entfernung vom Lautsprecher in dessen Mittelachse. Die Übertragungskurve wird mit 1 Watt Eingangsleistung aufgenommen. Dem 12-dB-Wert der Ordinate unserer Übertragungskurve entspricht ein Schalldruck von $1 \mu\text{bar}$. Dieses entspricht im Pegelmaß wiederum 74 dB. HiFi-Lautsprecher, die den Bedingungen nach DIN 45500, Blatt 7, entsprechen sollen, werden mit Terzrauschen gemessen, wobei dem

Lautsprecher je Terz 1 Watt zugeführt wird. Hierdurch ergibt sich die entsprechende Übertragungskurve als Treppenkurve.

Der **Übertragungsbereich** dieses Lautsprechers reicht von 30–7000 Hz, weil diese Werte je 10 dB unterhalb der bei 40 dB liegenden Mittellinie der Kurve liegt.

Da der Lautsprecher bei 1 Watt Eingangsleistung und in 1 m Abstand auf Mittelachse gemessen wurde, läßt sich der **mittlere Kennschalldruckpegel** bestimmen. Entsprechend der Eichung, daß 12 dB Meßausschlag einer Größe von $74 \text{ dB} = 1 \mu\text{bar}$ entspricht, ergibt sich der mittlere Kennschalldruckpegel zu $74 + 28 = 102 \text{ dB}$. Die **Betriebsleistung**, die für einen Pegel von 96 dB oder $12 \mu\text{bar}$ benötigt wird, ergibt sich aus einer um 6 dB kleineren Leistung, d. h. also zu 0,22 Watt.

Man kommt zu dem gleichen Wert, wenn man den bei 1 Watt erzeugten Pegel von 102 dB in μbar umrechnet. Dabei ergibt sich ein Schalldruck von $26 \mu\text{bar}$. Da sich die Schalldrücke wie die Wurzelwerte der Leistungen verhalten, ergibt sich hierfür eine Leistung von 0,22 Watt. Die Kennempfindlichkeit ergibt sich zu $26 \mu\text{bar}$ geteilt durch Wurzel aus W. Siehe Abb. 2.

von $74 + 16 = 90 \text{ dB}$. Der **Übertragungsbereich** – entsprechend DIN-Blatt – reicht von 50–12500 Hz. Die **Kennempfindlichkeit** ergibt sich zu $6,3 \mu\text{bar}$ geteilt durch Wurzel aus W, und die **Betriebsleistung** zu 3,7 Watt. Bei der Betrachtung der Meßkurven muß man berücksichtigen, daß die Messungen in einem schalltoten Raum oder im Freien durchgeführt werden. Damit ergeben sich Vergleichsmöglichkeiten verschiedener Lautsprecher und Boxen untereinander, ohne daß die Einflüsse eines Wiedergaberaumes hinzukommen. Siehe Abb. 3.

Anforderungen an eine hochwertige Beschallung in einem Wohnraum

Die Anforderungen an eine gute Lautsprecherbeschallung lassen sich erst genauer erkennen, wenn man die Voraussetzungen bei einer Originaldarbietung in einem Konzertsaal betrachtet.

Ein Orchester setzt sich aus einer größeren Anzahl verschiedener Instrumente zusammen, die ihre arteigenen Tonfrequenzen mit unterschiedlicher

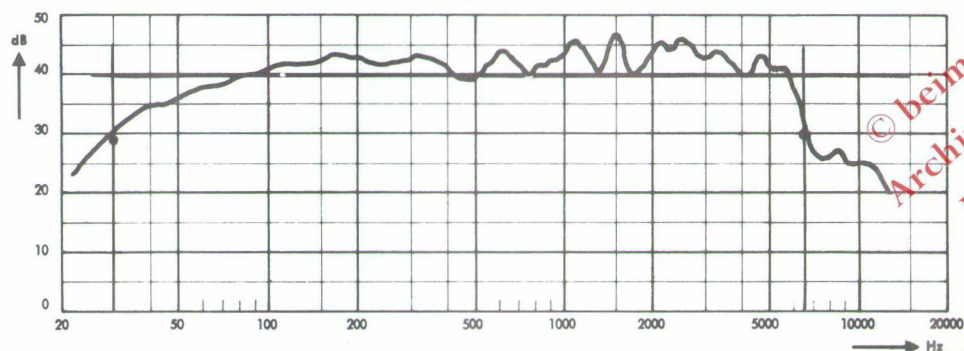


Abb. 2 Übertragungskurve eines Lautsprechers von 30 cm \varnothing

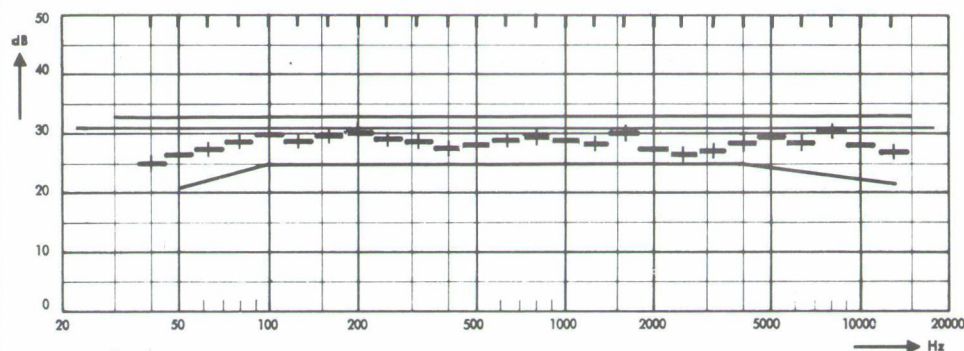


Abb. 3 Übertragungskurve einer Lautsprecherbox

Die abgebildete Übertragungskurve einer Box wurde in Terzschritten mit rosa-Rauschen bei 1 Watt in 1 m Abstand ermittelt. Gleichzeitig sind die Toleranzgrenzen nach DIN 45500, Bl. 7, eingetragen. Aus der Darstellung ergibt sich, daß die Box die DIN-Vorschrift erfüllt. Die Mittellinie des Bereiches von 100–4000 Hz liegt bei 28 dB des Meßausschlages, d. h. bei einem **mittleren Kennschalldruckpegel**

Intensität abstrahlen. Die Tonfrequenzen verschiedener Musikinstrumente sind in Abb. 4 dargestellt. Die Darstellung zeigt die Grundtöne dick ausgezogen. Die charakteristischen Obertöne, die erst das jeweilige Instrument erkennbar machen, sind dünnlinig dargestellt. Die im Anfangs- und Endbereich eingezeichneten kleinen Kreise spielen für die Lautsprecherwiedergabe eine große Rolle,

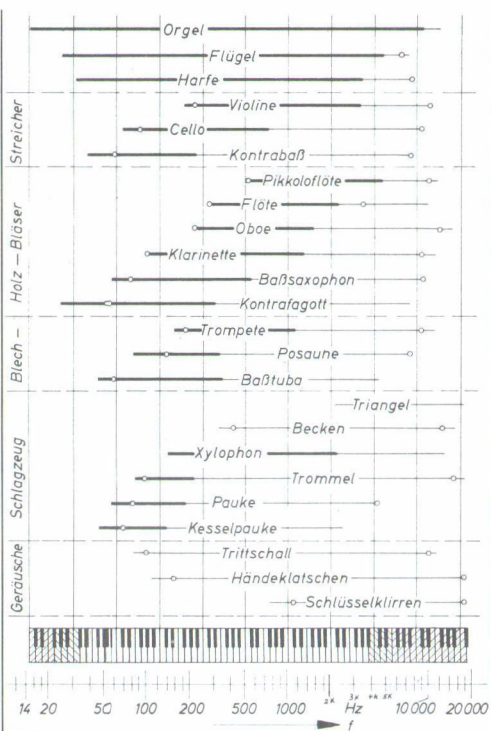


Abb. 4 Grund- und Obertonbereiche verschiedener Original-Schallquellen

denn alle Frequenzen innerhalb dieser Abgrenzung müssen bei einer hochwertigen Wiedergabe reproduziert werden. Erst dann gibt es gegenüber dem Original keine Verfälschungen.

Wenn eine Lautsprecherbox z. B. nur bis 10000 Hz überträgt, dann klingt eine Oboe nicht mehr echt! Bei den tiefen Frequenzen kann man andererseits auf die Wiedergabe von Frequenzen unterhalb von z. B. 90 Hz verzichten, ohne daß der Klang eines Cellos beeinträchtigt wird.

Aus diesen Beispielen heraus versteht man, daß die DIN 45500, Blatt 7, einen Mindestübertragungsbereich von 50–12500 Hz vorschreibt.

Aus der unterschiedlichen Intensität, mit der die verschiedenen Töne der Instrumente abgestrahlt werden, und aus den starken Schwankungen im Schallstärkenbereich ergibt sich ein großer Intensitätsumfang, der vom Lautsprecher erzeugbar sein muß. DIN 45500 schreibt daher für Lautsprecher einen Schalldruck von $12 \mu\text{bar} = 96 \text{ dB}$ vor, die erreicht werden müssen, ohne daß dabei Verzerrungen hörbar werden.

Die musikalischen Originalklänge haben aber noch weitere Merkmale, die bei der Übertragung von Wichtigkeit sind. Melodie und Rhythmus bestehen aus einer Folge von Tönen, die äußerst selten länger anhaltende Dauerklänge darstellen. Sie setzen sich aus An- und Abklingen zusammen und gehen laufend ineinander über. Ohne diese charakteristischen Ein- und Ausschwingvorgänge sind Musikinstrumente kaum zu erkennen. Die Wiedergabeprobleme der Ein- und Ausschwingvorgänge bei Lautsprecherboxen bestehen darin, daß die Lautsprecher selbst auch schwingungsfähige Gebilde darstellen, die

eigene Ausgleichvorgänge erzeugen. Dauern diese Ausgleichvorgänge länger als die des wiederzugebenden Instruments, dann entsteht eine Verfälschung, die als typischer Lautsprecherklang hörbar wird.

Um diese Erscheinung zu beseitigen, werden die Lautsprecher in den Gehäusen bedämpft. Diese Bedämpfung darf jedoch nicht zu weit getrieben werden, weil sonst schnelle Einschwingvorgänge von Musikinstrumenten nicht richtig reproduziert werden können. Daher gehört das richtige Bedämpfen mit zu den entscheidenden Maßnahmen der Boxen-Hersteller. Besonders wichtig ist die Bedämpfung der Eigenresonanz des Tieftonlautsprechers. Das wird an der Übertragungskurve einer Lautsprecherbox erkennbar. Sie muß im unteren Frequenzbereich einen flachen Abfall zu den tieferen Frequenzen hin aufweisen. DIN 45500, Bl. 7, schreibt hierfür vor, daß die Steilheit des abfallenden Bereiches nicht größer als 12 dB je Oktave betragen darf.

Weiterhin muß bei der Beurteilung der Wiedergabeeigenschaften von Lautsprecherboxen berücksichtigt werden, daß der Raum, in dem der Lautsprecher arbeiten soll, das Schallfeld zusätzlich beeinflusst.

Deshalb gibt es keine optimale Übertragungskurve für eine Lautsprecherbox, die für jeden beliebigen Wiedergaberaum gültig ist. Vielmehr benötigt man für jeden Raum eine ganz bestimmte Übertragungskurve, die auf die jeweiligen akustischen Eigenschaften des Raumes abgestimmt sein muß.

Deshalb enthält die DIN 45500, Bl. 7, auch keine engen Bedingungen für den Frequenzverlauf der Übertragungskurve einer Box sondern einen Toleranzstreifen bestimmter Breite, in dem die Kurve einer Box, die die Qualitätsnorm erfüllen soll, liegen muß.

Eigenschaften des menschlichen Gehörs

Inwiefern eine akustische Darbietung in einem Wohnraum als HiFi-Qualität empfunden wird, hängt nicht nur von den physikalischen Voraussetzungen bei der Schallerzeugung durch die Lautsprecher ab. Die Eigenschaften des menschlichen Gehörs sind mitentscheidend.

Hierbei muß man unterscheiden zwischen den anatomischen Hörorganen Außenohr – Mittelohr – Innenohr (physiologischer Bereich) und dem Gehirnbereich, der die Sinneseindrücke in bestimmte Empfindungen umwandelt (psychologischer Bereich). Das Ohr vermittelt dem Hörzentrum im Gehirn die akustischen Reize in Form von Impulsen. Im Gehirn befindet sich aufgrund der Lebenserfahrung ein Speicher. Während des Hörens

vergleicht das Gehirn laufend das Gehörte mit dem Speicherinhalt und kann daraufhin erkennen, um was es sich handelt.

Die vom Ohr wahrgenommenen Schallschwingungen bezeichnet man allgemein als Informationen. Das Gehörzentrum wertet diese Informationen in drei Grundkategorien aus: Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe.

Tonhöhe:

Das Gehör kann etwa 3000–4000 verschiedene Tonfrequenzen unterscheiden, wobei es je nach Tonhöhe eine verschieden starke Auflösungs-möglichkeit besitzt.

Am empfindlichsten ist es im Bereich 1000–4000 Hz. Dort hat es eine Unterscheidungsfähigkeit von etwa 3%, d. h., das Gehör kann einen 1003 Hz-Ton von einem 1000 Hz-Ton unterscheiden.

Der gesamte Hörbereich erstreckt sich von etwa 16 Hz bis etwa 16000 Hz.

Die obere Grenze geht mit zunehmendem Alter zurück. Dieser Rückgang ist jedoch nicht wesentlich und wird in vielen Publikationen übertrieben bewertet. Würde man alle hörbaren Töne entsprechend Abb. 4 auf einem Klavier unterbringen, wären etwa 65 weiße Tasten erforderlich. Ein Hörverlust z. B. von 16000 auf 12500 Hz würde dann bedeuten, daß nur die letzten 3 weißen Tasten fehlen würden. Bei der Schallempfindung des Gehörs für einzelne Töne muß man sich vergegenwärtigen, daß physikalisch ein Ton ein Schwingungsvorgang mit abwechselnd positiven und negativen Amplituden ist. Unterhalb von 16 Hz empfindet das Gehör diese Schwingungsamplituden als einzelne Stöße. Erst wenn die Stöße schneller folgen, verschmelzen sie aufgrund einer Gehörträchtigkeit zu einer Tonempfindung.

Lautstärke:

Für Intensitätsunterschiede bei den Tönen und Klängen hat das Gehör einen sehr großen Empfindungsbereich. So ist bereits das Summen einer Mücke in 10 cm Abstand vom Ohr hörbar. Andererseits verarbeitet das Gehör sehr große Schallenergien z. B. bei Paukenschlägen, Düsenlärm usw.

Der Energieumfang von Schallquellen derart unterschiedlicher Lautstärke liegt bei der erstaunlichen Größe von mehr als 1:1000000. Diesen großen Schallstärkeumfang setzt das Gehör in einen empfundenen Lautstärkebereich um, der eine bestimmte Stufung besitzt. Diese Stufung entspricht etwa einer Logarithmierung. Zu Ehren von Graham Bell werden diese Logarithmuswerte in Bel-Einheiten angegeben. Zur besseren Verständlichkeit hat man das Bel in 10 Dezi-Bel eingeteilt. Der Vorteil liegt darin, daß man dabei dann keine Kommawerte braucht, denn das Gehör kann den Bereich von 1 Dezi-Bel = 1 dB gerade

als Lautstärkenänderung wahrnehmen. Nach diesem dB-Maß umfaßt das Gehör einen Bereich von etwa 120 bis 130 dB. Bei der Verwendung dieses Maß-Systems muß man sich immer vergegenwärtigen, daß dabei große Schallstärkebereiche in kleine Zahlenbereiche übertragen werden. So entspricht der Zuwachs von z. B. um 3 dB einem Leistungszuwachs vom doppelten Wert – also z. B. von 10 Watt auf 20 Watt. Andererseits bedeuten 20 dB bereits einen Unterschied von z. B. 10 Watt zu 1000 Watt! Hieraus wird verständlich, daß für die HiFi-Wiedergabe in Wohnräumen bereits Verstärker mit mehr als 200 Watt angeboten werden. So erzeugt ein Verstärker von 200 W nur 3 dB mehr als ein 100 W-Verstärker und nur 6 dB mehr gegenüber einem 50 W-Verstärker.

Klangfarbe:

Die Klangfarbe ist eine subjektive Empfindung, die erst im Gehirn entsteht. Diese Wahrnehmung entsteht durch die empfundene Verschmelzung aller Obertöne eines Klanges. Durch Experimente hat man zwar feststellen können, welche Frequenzen auf die Klangfarbenempfindung Einfluß haben, jedoch ist die Gesetzmäßigkeit dazu noch ziemlich ungeklärt.

Infolge der subjektiven Empfindung der Klangfarbe unterliegt die Beurteilung von Lautsprechern natürlich individuellen Schwankungen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, wenn beim Test von Lautsprechern innerhalb einer Jury unterschiedliche Bewertungen auftreten.

Neben den beschriebenen 3 Grund-Informationswerten analysiert das Gehör die empfangenen Reize noch auf weitere Informationen. Dazu gehört die Bestimmung der Richtung und der Entfernung einer Schallquelle. Hierbei spielt der Vergleich der mit beiden Ohren gehörten Schallreize eine große Rolle. Befindet sich eine Schallquelle seitlich zum Kopf, dann empfangen die beiden Ohren die Schallwellen trotz des geringen Abstandes zueinander mit unterschiedlicher Intensität und zu unterschiedlicher Zeit. Dabei ist das Gehör in der Lage, noch Zeitunterschiede von einer millionstel Sekunde auszuwerten. Die Unterscheidungsfähigkeit von Intensitäten nutzt man bekanntlich für die Stereowiedergabe bei Lautsprecherdarbietungen aus.

Nun setzt sich aber das Schallfeld in einem Wohnraum nicht nur aus dem sog. direkten Schall der Lautsprecher zusammen. Hinzu kommen indirekte Anteile durch Reflexionen. Je höher der Anteil dieser Reflexionen ist, desto diffuser erscheint das Schallfeld für den Hörer. Trotz dieser Reflexionen ist dem Gehör eine Ortung der Schallquelle selbst in stark hallenden Räumen möglich, da das Gehör in der Lage ist, zwischen dem direkten Schall und dem indirekten Schall

einen zeitlichen Unterschied festzustellen (sog. Gesetz der ersten Wellenfront).

Verfahren der Schallwiedergabe über Lautsprecher

Bei der Entwicklung der Schallübertragung über Lautsprecher lassen sich bis heute verschiedene Entwicklungsstufen erkennen.

Beim Aufkommen der Rundfunktechnik (Deutschland 1923) und beim Beginn der Lautsprechertechnik in den dreißiger Jahren übertrug man monophon, d. h., man verwendete nur einen einzigen Übertragungskanal und war stolz, Musikinstrumente und Stimmen unterscheiden zu können. Damals ging es noch um die Frage WAS wurde übertragen? In der Folgezeit wurden die Lautsprecher vervollkommen. Mit dem sog. 3D-Klang – Abstrahlung von monophonem Schall über mehrere Lautsprecher in dreidimensionaler Richtung – erreichte man eine große Steigerung der Wiedergabequalität. Es ging dabei also zusätzlich um das WIE!

In dieser Zeit erkannte man auch die Qualitätssteigerung durch die sog. Pseudo-Stereophonie (einkanalige Abstrahlung über mehrere im Raum verteilte Lautsprecher).

In den sechziger Jahren kam dann die echte Stereophonie auf. Diese Übertragung über zwei Kanäle löste das Problem: WO! Z. Zt. befinden wir uns in einem Entwicklungsstadium, das einen noch höheren ästhetischen Hörgenuß verspricht. Bei der stereophonen Wiedergabe über zwei Kanäle kann man zwar Richtung und Entfernung empfinden, jedoch ist die Abbildung des umgebenden Raumes, wie man ihn bei einem Originalkonzert empfindet, noch unvollkommen. Der Nachteil des Zweikanaligen Stereoverfahrens besteht darin, daß bei der Wiedergabe sowohl der Instrumentenklang als auch der Raumklang aus der gleichen Richtung gehört werden. Einen besseren räumlichen Effekt erreicht man bereits, wenn man Lautsprecher im Viereck um den Hörer aufstellt und die beiden Stereo-Kanäle auf die vier Lautsprecher aufteilt. Die Untersuchungen mit dieser sog. *Pseudoquadrophonie* haben dazu geführt, daß eine Steigerung der räumlichen Empfindung erreicht wird, wenn man aus der zweikanaligen Übertragung auf der Wiedergabeseite die Rauminformationen durch eine besondere Matrixschaltung abtrennt und allein über 2 rückwärtige Lautsprecher abstrahlt. Mit dieser *Quasiquadrophonie* kann man z. B. zur Zeit die vorhandenen Stereoschallplatten mit höchster Qualität wiedergeben. Zu diesem Zweck haben die Isophon-Werke einen besonderen Verstärker ASV 100 auf den Markt gebracht.

Dieser wird mit Analyser bezeichnet, weil die eingebaute Matrixschaltung die zweikanaligen Stereoinformationen analysiert und die enthaltenen Rauminformationen für zwei rückwärtige Lautsprecher bis zu 40 W je Kanal verstärkt, so daß jede vorhandene zweikanalige Stereoanlage auf Quasiquadrophonie erweitert werden kann. Dieser Verstärker ist so universell ausgelegt, daß man zwei gleiche Verstärker verwenden kann, um eine komplette 4kanalige Anlage aufzubauen. Inzwischen ist das Zeitalter der echten Quadrophonie über 4 Kanäle ange laufen und man kann die für das Hörerlebnis so wichtige Raum-Information mit großer Vollkommenheit übermitteln. Somit befriedigt man auch die Antwort auf die Frage nach dem WOHER!

Zur Zeit gibt es für Quadro-Schallplatten verschiedene Übertragungsverfahren, z. B. SQ, CD 4 usw., welche unterschiedliche Decodergeräte hinter dem Schallplattenabspielgerät erforderlich machen, damit eine echte 4-Kanalwiedergabe entsteht. Welches der verschiedenen Verfahren sich durchsetzen wird, ist noch nicht abzusehen. Der Universalverstärker ASV 100 ist mit seinen Eingangsbuchsen so ausgelegt, daß man mit ihm die technischen Weiterentwicklungen auf dem Quadrobeit ohne weiteres mitmachen kann, indem man z. B. über vorzuschaltende Decoder die verschiedenen Quadroplatten oder auch vierkanalige Tonbandaufnahmen abspielen kann.

Lautsprecher-aufstellung

Raumeinflüsse auf die Wiedergabe

Nicht nur der sorgfältige Einbau eines Lautsprechers oder einer Kombination in ein günstiges Gehäuse ist von Einfluß auf die Wiedergabequalität, auch der Wiedergaberaum hat entscheidende Eigenschaften, die sich auf die Lautsprecherwiedergabe von Sprache und Musik auswirken. Die sogenannte Hörsamkeit oder das akustische Klima in einem Wohnraum werden dabei von vielen Faktoren bestimmt, von denen einige erläutert werden sollen.

Der Haupteinfluß wird bestimmt von dem Verhältnis der schallabsorbierenden Einrichtungsgegenstände zu dem Volumen des Raumes. Ist ein relativ kleiner Raum mit großflächigen Teppichen, Gardinen, Polstermöbeln usw. ausgestattet, dann wird viel Schall absorbiert, wobei besonders die hohen Frequenzen bedämpft werden. Die Wiedergabe in einem solchen Raum klingt stumpf und ohne große Dynamik. Werden die gleichen Einrichtungsgegenstände in einem größeren Raum verwendet, so wird die Wiedergabe plastischer, lebendiger, Befinden sich wenige absorbierende Gegenstände in einem Raum, ergibt

sich eine Halligkeit, die ein helles und dabei meist schrilles Klangbild verursacht, das auf die Dauer ermüdend wirkt. Wichtig ist bei dem Verhältnis von Absorption zum Raumvolumen auch die Frequenzabhängigkeit. Günstig ist es, wenn außer den porigen Oberflächen der Teppiche usw., die die hohen Frequenzen besonders stark absorbieren, auch andere Einrichtungsgegenstände vorhanden sind, die in gleichem Maße die tiefen Frequenzen absorbieren. Hierzu gehören schwingungsfähige Holzflächen z. B. von Schränken, Türen und Wandverkleidungen.

Weitere Einflüsse ergeben sich durch Raumresonanzen. Diese hängen ab von dem Abstand der Wände zueinander, wobei durch Vielfachreflexionen des Schalls zwischen den Wänden bestimmte Dröhneffekte auftreten können. Abhilfe gegen derartige Erscheinungen kann man durch stärkeres Aufgliedern des Raumes mit Tischen, Stühlen usw. erreichen, durch die Reflexionen zwischen den Wänden gestört werden.

Anordnung von Lautsprechern im Raum

Stellt man einen Gehäuselautsprecher frei in einen Wohnraum, so daß er ungehindert den Schall abstrahlen kann, dann kann man folgendes feststellen: Die hohen Töne werden mehr oder weniger gerichtet in einem bestimmten Winkelbereich abgestrahlt, während die tiefen Töne sich etwa kugelförmig um das Gehäuse herum ausbreiten. Stellt man das Lautsprechergehäuse gegen eine Zimmerwand, dann werden die Schallwellen der tiefen Töne, die sich um das Gehäuse ausbreiten, von der Wand teilweise reflektiert, so daß die Wiedergabe der tiefen Frequenzen im Raum kräftiger wird. Noch stärker wirkt dieser Effekt aus, wenn man das Lautsprechergehäuse in eine Zimmerecke stellt. Es ergibt sich aus diesen Gesetzmäßigkeiten, daß es im Raum optimale Aufstellungspunkte gibt, über die man sich orientieren muß. Grundsätzlich sollte man dabei so vorgehen, daß man die Hochton- und Mitteltonlautsprecher wegen ihrer Richtwirkung in Ohrhöhe strahlen läßt und den Abstand des Gehäuses zu Zimmer- und Möbelwänden variiert. Hierbei ergeben sich häufig auch günstige Punkte gegenüber störenden Raumresonanzen. Während sich der obige Hinweis vorwiegend auf monophone Wiedergabe bezieht, ergeben sich bei Stereo-Wiedergabe noch weitere Gesichtspunkte. Damit man eine räumliche Orientierung in bezug auf rechte und linke bzw. vordere und hintere Schallquellen vermittelt bekommt, wird die sogenannte zweikanalige Übertragung über eine Lautsprecherbasis vorgenommen. Hierbei wird gewissermaßen der links stehende Lautsprecher dem linken Ohr und der rechts stehende Lautsprecher dem rechten Ohr zuge-

ordnet. Mit Stereokopfhörern läßt sich eine getrennte Übertragung leicht durchführen, bei Lautsprecherbetrieb jedoch kann man nicht immer verhindern, daß z. B. der vom rechten Lautsprecher kommende Schall das linke Ohr erreicht. Die Lautsprecher müssen daher einen solchen Abstand untereinander und zum Hörer haben, daß ein optimaler Stereoeffekt beim Hörer entsteht. Hierbei spielt zusätzlich noch eine wichtige Rolle die Eigenschaft des Gehörs. Das Gehör nimmt die Ortung einer Schallquelle immer aus den zuerst beim Ohr eintreffenden Schallwellen wahr. Weitere Schallwellen des gleichen Signals, die über Raumreflexionen auch nur kurze Zeit später beim Ohr eintreffen, werden nur zur Ergänzung des Höreindrucks bewertet. Aus allen angeführten Gesetzmäßigkeiten wurde ermittelt, daß es einen günstigen Winkelbereich für das Stereohören gibt, der bei 55 bis 60° zu den beiden Basislautsprechern liegt. Die hiervon abgeleitete Regel für die Lautsprecheraufstellung lautet daher: die beiden Lautsprecher und der Hörort sollen möglichst ein gleichseitiges Dreieck bilden (ist der Winkel zu groß, zerreißt das akustische Panorama und in der Mitte entsteht ein „Loch“). Die Regel gilt jedoch nur unter den Voraussetzungen, daß die beiden Lautsprecher gleiche Strahlungseigenschaften haben und der Wiedergaberaum in akustischer Hinsicht symmetrisch ist. Hinsichtlich der ersten Bedingung ist es also vorteilhaft, möglichst zwei gleiche Lautsprecherboxen zu verwenden. In Bezug auf die zweite Bedingung bleibt nur übrig, durch Probieren im vorhandenen Wohnraum und vom vorgesehenen Hörplatz aus die günstigste und dabei räumlich zweckmäßigste Aufstellung der Stereobasis zu finden.

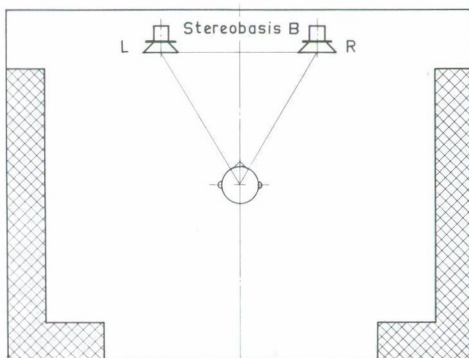


Abb. 5
Lautsprecheranordnung zur quasi-quadrophonen Stereowiedergabe

Für die quasiquadrophone Stereowiedergabe müssen die zusätzlichen Quadro-Lautsprecher nicht genau im gleichen Abstand zum Hörer stehen wie die beiden Stereo-Lautsprecher. Im Gegenteil – der Abstand zum Zuhörer sollte sogar größer sein. Entsprechend der Abb. können sich die zusätzlichen Quadro-Lautsprecher

an irgendeinem Ort innerhalb der schraffierten Fläche befinden. Eine größere Hörfläche für räumlichen Klangeindruck ergibt sich, wenn die Lautsprecher innerhalb des Aufstellungsbereiches höher und leicht nach unten geneigt installiert werden.

Auswahl der geeigneten Lautsprecher

Auswahl nach dem abstrahlenden Frequenzbereich.

Man teilt die Lautsprecher allgemein in Tiefton-, Mittelton- und Hochton-Lautsprecher ein. Vielfach können auch zwei Bereiche von einem Lautsprechersystem wiedergegeben werden. Dadurch entstehen Bezeichnungen wie Mittel-Tiefton-Lautsprecher und Hoch-Mittelton-Lautsprecher. Wegen des geforderten Frequenzbereiches (bei HiFi-Anlagen nach DIN 45500 beträgt er mindestens 50 bis 12500 Hz) sind immer Kombinationen aus mehreren Lautsprechersystemen erforderlich.

Besonders wichtig ist die richtige Ausführung der Gehäuse. Die weit verbreitete Ansicht, je größer das Gehäuse, je besser die Tiefenwiedergabe, trifft heute nur noch für unsere Großlautsprecher (z. B. P 38 A) zu. Dank unserer PSL-Tieftöner ist es möglich, trotz verhältnismäßig kleiner Rauminhalte eine optimale Tiefenwiedergabe und eine tiefe untere Grenzfrequenz zu erreichen. Auch ein zweites bestehendes Problem, nämlich daß bei herkömmlichen Konus-Lautsprechern bei hohen und mittleren Frequenzen eine starke Bündelung eintritt, wurde dank unserer Kalottenmitteltonstrahler KM 11 bzw. KM 13 und dank unseres Kalottenhochtoners KK 10 aus der Welt geschafft. Es ist also nicht mehr notwendig, mehrere Hoch- oder Mitteltoner winklig anzuordnen, um den Abstrahlwinkel zu verbreitern.

Auswahl nach der richtigen Widerstands-anpassung an den Verstärker

Sämtliche ISOPHON-Lautsprecher haben einen Nennscheinwiderstand zwischen 4 und 8 Ohm. Sie eignen sich damit zum Anschluß an die üblichen Verstärkerausgänge von 4–8 Ohm. Lautsprecher mit 8 Ohm Nennscheinwiderstand sind außerdem bei Parallelschaltung von Lautsprecherkombinationen günstig, denn zwei Lautsprecher mit je 8 Ohm parallel ergeben einen Gesamtwiderstand von 4 Ohm, wodurch die sogenannte Anpassung an Verstärker mit 4-Ohm-Ausgängen wieder stimmt. Ist der Nennscheinwiderstand des Lautsprechers kleiner als der Anschlußwert des Verstärkers, spricht man von Unteranpassung, im umgekehrten Falle von Überanpassung. Unteranpassungen sind, insbesondere bei Transistorverstärkern, zu ver-

meiden, soweit diese nicht besonders kurzschlußfest sind. Überanpassungen dagegen schaden dem Verstärker nicht, führen jedoch zu einer Verminderung der Leistungsabgabe an den Lautsprecher, die aber erst bei über 50 % Fehlanpassung hörbar wird. Dies ergibt sich zum Beispiel, wenn ein Lautsprecher mit einem Nennscheinwiderstand von 16 Ohm an einen Verstärker mit einem Anschlußwert von 4 Ohm angeschlossen wird.

Die Maßnahmen, die erforderlich sind, um auch bei der Kombination mehrerer Lautsprecher die richtigen Anpassungsverhältnisse zu erhalten, werden noch näher beschrieben.

Auswahl nach der Belastbarkeit der Lautsprecher

Die auf S. 3 erläuterte Nennbelastbarkeit eines Lautsprechers gibt an, welche Belastung der Lautsprecher im Dauerbetrieb aushalten kann. Eine weitere wichtige Kenngröße ist die auf S. 3 erläuterte Musikbelastbarkeit. Die Nennbelastbarkeit lt. DIN einer Lautsprecherbox sollte gleich oder größer als die Sinusleistung des Verstärkers sein, dann ist eine Überlastung der Boxen so gut wie ausgeschlossen. Es ist auch durchaus sinnvoll, einen Verstärker zu verwenden, dessen Sinusleistung der Musikbelastbarkeit einer Box entspricht. Allerdings ist hier eine vorsichtige Handhabung notwendig. Es ist allerdings auch möglich, z. B. eine Box mit der Nennbelastbarkeit von 50 W an einem Verstärker von 100 W zu betreiben, wenn man bei der Lautstärkeregelung besonders vorsichtig verfährt. Man darf dabei den Verstärker nur soweit aufdrehen, bis eine mittlere Wiedergabe-Lautstärke für den durchschnittlichen Pegel der Musik im Raum entsteht. Hierzu wird in der Regel dem Verstärker nur eine Leistung entnommen, die erheblich unterhalb der Dauerbelastbarkeit der 50 W-Box liegt. Die Leistungsreserve des Verstärkers bis zu 100 W ermöglicht dann die exakte Wiedergabe von impulshaltigen Klängen im Vergleich zu normalen Verstärkern, so daß beim Betrieb mit Verstärkern hoher Leistung die Wiedergabe eine große Dynamik erhält und noch natürlicher klingt.

Gesichtspunkte für Verstärkerleistungen

Um eine hohe Wiedergabequalität zu gewährleisten, ist in DIN 45500 eine Verstärkermindestleistung von 10 Watt für Monobetrieb bzw. 2x6W für Stereobetrieb vorgeschrieben. Hierdurch ergibt sich eine genügende Verstärkungsreserve zur unverzerrten Übertragung hoher Schallspitzen. Diese Angabe ist unserer Meinung nach inzwischen überholt. Bei der Betrachtung von Verstärkerleistungen muß man berücksichtigen, daß das Gehör eine sogenannte logarithmische Empfindungseigen-

schaft hat. Bei der Verdoppelung einer Leistung wird danach nur eine Lautstärkeerhöhung von 3 Phon wahrgenommen. Diese Gesetzmäßigkeit führt schnell auf hohe Leistungszahlen. Geht man z. B. vom vorerwähnten Leistungswert von 10 W aus, dann benötigt man für die gehörmäßige Steigerung um 3 Phon eine Leistung von 20 W, zur Steigerung um 6 Phon 40 W, um 9 Phon 80 W usw. Man muß bei diesen Lautstärkebetrachtungen auch noch berücksichtigen, daß in vielen Fällen eine Reserve für Baßanhebung vorhanden sein muß, um Lautsprechereigenschaften oder Raumeigenschaften auszugleichen. In solchen Fällen braucht man hohe Leistungswerte, ohne befürchten zu müssen, daß Wohnnachbarn durch zu hohe Lautstärken belästigt werden. Faßt man die Gesichtspunkte für die Wahl der Verstärkerleistung zu einem einfachen Satz zusammen, dann ergibt sich: je höher die gewählte Verstärkerleistung, um so besser ist die Wiedergabequalität.

Das Zusammenschalten mehrerer Lautsprecher

Wie aus den erläuterten Gesichtspunkten hervorgeht, ist es immer erforderlich, wenn eine hochwertige Anlage verlangt wird, mehrere Lautsprecher zu kombinieren. Kombinationen können – außer für einen geforderten großen Frequenzbereich – auch für eine gleichmäßige Beschallung eines Raumes von verschiedenen Punkten aus oder sogar für mehrere Räume notwendig werden. Um bei Parallelbetrieb von Lautsprechern ein gleichphasiges Abstrahlen zu gewährleisten, ist einer der beiden Anschlüsse unserer Lautsprecher rot gekennzeichnet. Legt man zur Prüfung oder zum Vergleich mit Lautsprechern unbekannter Polarität an den roten Anschluß den Pluspol einer 3-Volt-Taschenlampenbatterie (die kurze Kontaktfahne bei Flach- bzw. der isolierte Mittelpol bei Rundbatterien), dann bewegt sich die Membran aus dem Lautsprecher heraus.

Bei der Reihenschaltung von Lautsprechern wird der gelb oder nicht gekennzeichnete Pol des einen mit dem roten Pol des anderen verbunden. Bei Parallelschaltung werden jeweils die roten Pole bzw. gelben der Lautsprecher untereinander verbunden.

Zusammenschaltung von Lautsprechern mit verschiedenen Frequenzbereichen.

Hierbei sei vorausgeschickt, daß bekanntlich Drosseln (Induktivitäten) und Kondensatoren (Kapazitäten) einen von der Frequenz abhängigen Wechselstromwiderstand (Scheinwiderstand, Impedanz) haben. Bei tiefen Frequenzen ist er bei Drosseln sehr niedrig und bei Kondensatoren sehr hoch. Mit steigender Frequenz

nimmt dieser Unterschied immer mehr ab, bis sich die Verhältnisse bei hohen Frequenzen sogar umkehren. Bei welcher Frequenz der Übergangspunkt liegt, hängt von dem Induktivitätswert der Drosseln bzw. dem Kapazitätswert der Kondensatoren ab.

Die erforderlichen Induktivitäts- und Kapazitätswerte richten sich nach den gewünschten Übernahmefrequenzen zwischen den einzelnen Lautsprechern und deren Scheinwiderständen wie die Abb. 6a, b und c zeigen.

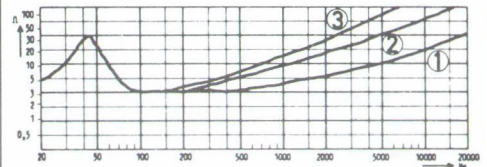


Abb. 6a

Scheinwiderstandsverlauf eines Tieftonlautsprechers

1. ohne Drossel
2. mit Drossel 1,5 mH in Reihe
3. mit Drossel 3 mH in Reihe

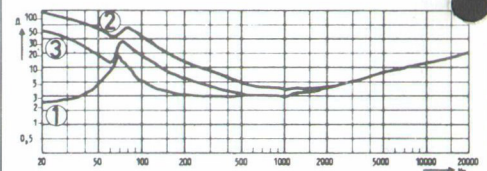


Abb. 6b

Scheinwiderstandsverlauf eines Mitteltonlautsprechers

1. ohne Kondensator
2. mit Kondensator 50 µF in Reihe
3. mit Kondensator 100 µF in Reihe

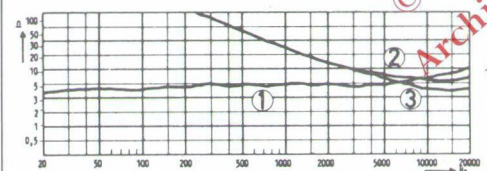


Abb. 6c

Scheinwiderstandsverlauf eines Hochtonlautsprechers

1. ohne Kondensator
2. mit Kondensator 5 µF in Reihe
3. 2 Stück – mit einem gemeinsamen Kondensator 5 µF in Reihe – parallel

Der exakte Übergangspunkt liegt bei der Frequenz, bei der der Scheinwiderstand paralleler Stromkreise gleich groß ist.

Wie sich eine solche Schaltung auf die Schallabstrahlung der einzelnen Lautsprecher auswirkt, wird im Prinzip in Abb. 7 gezeigt, wobei die abfallenden und ansteigenden Pegel der einzelnen Lautsprecher sich zu einer waagerechter Pegellinie ergänzen.

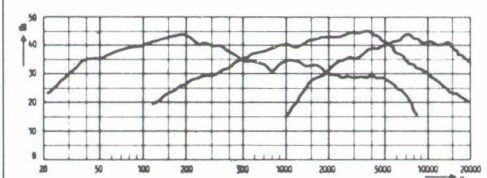


Abb. 7

Prinzipieller Schalldruckverlauf der einzelnen Lautsprecher einer Kombination

Als Drossel können dabei jeweils der ISOPHON-Typ D 1 verwendet werden, der verschiedene Abgriffe hat oder unsere Luftdrosseln Ld 1, Ld 2, Ld 3 und Ld 4. Als Kondensatoren sollten verlustarme Elektrolyt- oder metallisierte Kunststoffkondensatoren verwendet werden. Bei Verwendung von Isophon-Kombinationsvorschlägen empfehlen wir unsere kompletten HiFi-Frequenzweichen FW 1, FW 2 und FW 3.

Wichtig ist bei allen Schaltungen die Polarität der angeschlossenen Lautsprecher. Wie bereits in der Einführung erwähnt wurde, müssen Lautsprecher den Schall gleichphasig abstrahlen. Da aber Drosseln und Kondensatoren die Phasen in entgegengesetzter Richtung drehen, muß man diese Eigenschaften kompensieren, indem man einen der Lautsprecher umgepolt betreibt, wie es in den Schaltungen angegeben ist. Dies stimmt leider nicht in allen Fällen, da schon die Lautsprecher selbst einen Phasenwinkel haben, außerdem geht der Abstand auf der Montagewand mit ein. Am sichersten ist es, die richtige Phase durch Hörversuche zu bestimmen.

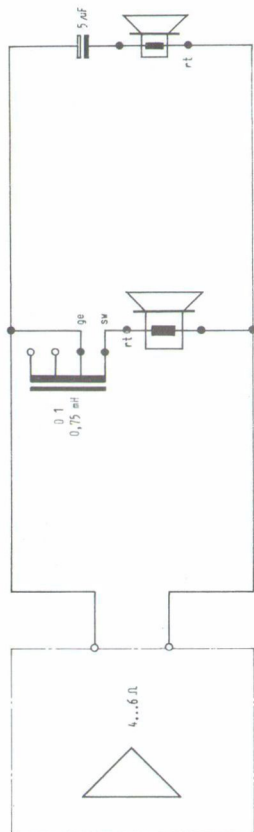


Abb. 8 Schaltung einer Kombination aus Tief- und Hochtonlautsprecher

Hinsichtlich der Belastung der einzelnen Lautsprecher in einer Kombination ergibt sich folgendes: da bei Sprache und Musik die größten Energien unterhalb von 1000 Hz vorkommen, werden die Tief- und Mitteltonlautsprecher am meisten belastet. Es ist daher ausreichend,

wenn man bei Kombinationen die Leistungsbereiche aufteilt etwa im Verhältnis 10:5:1,5. Das bedeutet z. B. bei einer Lautsprecherkombination für 20 W, daß der Tief- und Mitteltonlautsprecher für 20 W, der Hochtonlautsprecher für 10 W und der Hochtonlautsprecher für 3 W Belastung bemessen sein muß. Hieraus ergibt sich auch, daß eine solche Lautsprecherkombination nicht mit Sinustönen bei 20 W über den genannten Frequenzbereich geprüft werden darf, weil dabei insbesondere die Hochtonlautsprecher beschädigt werden. Eine Prüfung der Belastbarkeit darf nur, wie bereits auf S. 3 erläutert ist, mit genau definiertem Rauschen entsprechend DIN 45573 Bl. 2 durchgeführt werden.

Zusammenschaltung mehrerer Lautsprecher mit gleichem Frequenzbereich

Hiervon macht man Gebrauch, wenn eine Verstärkerleistung auf mehrere gleichartige Lautsprecher aus Belastungsgründen verteilt werden muß, oder wenn man einen Raum gleichmäßig mit mehreren gleichen Lautsprechern beschallen will. Es ist dann notwendig, die Zusammenschaltung so durchzuführen, daß man im Bereich des vom Verstärker aus geforderten zulässigen Anpassungswiderstandes bleibt. Hierbei müssen eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten beachtet werden. Schaltet man zwei gleichartige Lautsprecher in Reihe, dann addieren sich die Scheinwiderstände. Schaltet man sie parallel, dann geht der Gesamtwiderstand auf die Hälfte herunter. So ergeben also zwei Lautsprecher von je 4,5 Ohm bei Reihenschaltung 9 Ohm, bei Parallelschaltung jedoch nur 2,25 Ohm. Um in einem bestimmten Widerstandsbereich zu bleiben, müssen dann bestimmte Gruppenschaltungen aus Reihen- und Parallelschaltungen durchgeführt werden. An einem 4-Ohm-Verstärkeranschluss kann man z. B. vier Lautsprecher zu je 4,5 Ohm anschließen, indem man je zwei Stück in Reihe und die beiden Gruppen parallel schaltet (s. Abb. 9).

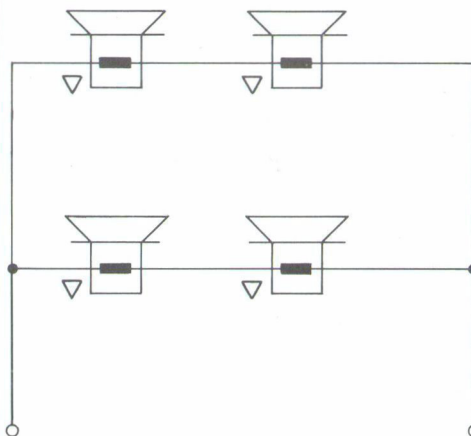


Abb. 9 Zusammenschaltung von 4 Stück Lautsprechern zu je 4,5 Ohm zu insgesamt 4,5 Ohm

Grundsätzlich sollte man, wenn man die Wahl zwischen verschiedenen Möglichkeiten hat, eine Parallelschaltung oder eine gemischte Parallelschaltung einer reinen Reihenschaltung vorziehen, da bei Reihenschaltungen die Resonanzfrequenzen der Einzelsysteme sich gegenseitig beeinflussen. Damit alle Lautsprecher gleichphasig arbeiten, muß man bei der Schaltung auf die richtige Polung achten, wie es in der Abb. angegeben ist.

Bewährte Lautsprecherkombinationen

In unseren Tabellen auf den Seiten 24 bis 26 unseres Kataloges finden Sie eine Aufstellung bewährter Selbstbaukombinationen, HiFi-Kombinationen für luftdicht geschlossene und bedämpfte Boxen sowie Kombinationen für unbedämpfte Gehäuse und Baßreflexboxen.

Die erste Gruppe ist hauptsächlich für Heimstereoanlagen gedacht, wogegen die andere Gruppe speziell für den kommerziellen Sektor (Diskotheken, Gitarre und Gesang) entwickelt wurde.

Lautsprechergehäuse

Da die ISOPHON-Werke sich ausschließlich mit der Serienfertigung von Lautsprechern befassen, ist es ihnen nicht möglich, Gehäuse oder einzelne Gehäuselautsprecher in Sonderanfertigung zu liefern. Die nachstehenden Anleitungen sollen es dem Interessenten ermöglichen, Gehäuse nach seinen eigenen Wünschen anzufertigen oder von einem Tischler anfertigen zu lassen.

Wirkungsweise

Lautsprechergehäuse stellen nicht allein eine mehr oder weniger gut aussehende Verkleidung der Lautsprecher dar, sondern sollen in erster Linie die Abstrahlung der tiefen Frequenzen ermöglichen. Sie sind daher ebenso wichtig für eine gute Wiedergabe wie die Lautsprecher selbst. Betreibt man ein Lautsprecherchassis freistehend, so wird der Schall von der Membran sowohl nach vorn als auch nach hinten abgestrahlt. Ist der Durchmesser des Lautsprecherchassis klein gegenüber der Wellenlänge des Schalls (das ist bei tiefen Frequenzen immer der Fall), so findet ein Druckausgleich zwischen Membran-Vorderseite und Rückseite statt. Dadurch gelangt kein Schall in die weitere Umgebung des Lautsprechers. Man spricht dann von akustischem Kurzschluß. Nähert sich bei steigender Frequenz die Schallwellenlänge den Lautsprecherabmessungen, so wird mehr Energie in den Raum abgestrahlt. Bei einem Lautsprecherdurchmesser von z. B.

$\frac{1}{3}$ der Schallwellenlänge beträgt die abgestrahlte Energie 80% der maximal möglichen.

Bringt man jedoch rings um den Lautsprecher eine Schallwand an, so wird der akustische Kurzschluß entsprechend der Schallwandgröße verhindert und die Tieftonwiedergabe verbessert. Um bei 30 Hz noch 80% der möglichen Leistung abstrahlen zu können, ist z. B. ein Schallwanddurchmesser von 3,5 m erforderlich. Bei 100 Hz beträgt er nur noch 1 m. Schallwände in der erforderlichen Größe lassen sich im allgemeinen nicht unterbringen. Man knickt daher die Schallwand nach hinten um, so daß ein auf einer Seite offenes Gehäuse (wie z. B. bei Rundfunkgeräten) entsteht. Ein solches Gehäuse weist weitgehend die gleichen akustischen Eigenschaften wie eine entsprechend große Schallwand auf.

Verschließt man ein solches Gehäuse vollständig, so ist kein akustischer Kurzschluß mehr möglich, man erzielt die Wirkung einer „unendlich großen Schallwand“. Leider hat dieses Verfahren den Nachteil, daß – ist das Gehäusevolumen klein – die Resonanzfrequenz des Lautsprechers stark ansteigt. Da unterhalb dieser die Schallabstrahlung stark abfällt, tritt dadurch eine Verschlechterung der Tieftonwiedergabe ein. Um diesen Effekt möglichst gering zu halten, müssen für vollständig geschlossene „Kompaktboxen“ besonders tief abgestimmte Tieftonsysteme, die für extrem große Membranhübe ausgelegt sind, verwendet werden. Solche Lautsprecher werden von den ISOPHON-Werken einzeln unter der Serienbezeichnung PSL . . . , als Bausatz (BS . . .) und als HiFi-Schallwand (fertig verdrahtet mit Hochtonlautsprecher und Frequenzweichen) unter der Serienbezeichnung S . . . ange-

boten. Die für den Selbstbau der zugehörigen Gehäuse erforderlichen Angaben sind in den Tabellen des Kataloges sowie in der jedem Lautsprecher beiliegenden Gebrauchsanleitung aufgeführt. Bringt man an einem vollständig geschlossenen Gehäuse eine zusätzliche Öffnung an, so ist ein gewisser Druckausgleich möglich, ohne daß ein vollständiger akustischer Kurzschluß stattfindet. Ein spezieller Sonderfall eines solchen Gehäuses ist das „Baßreflexgehäuse“. Bei diesem stimmt man die Gehäuseresonanz so ab, daß sie zur Anhebung der sonst nur noch schwach abgestrahlten Frequenzen dient. Baßreflexgehäuse für hohe Wiedergabequalität benötigen relativ große Volumina und exakt dimensionierte Reflexöffnungen. Diese Baßreflexgehäuse kommen jedoch nur für Großlautsprecher (P 30/37 A, P 38 A, P 385/100 A, P 46 A) sowie für das System K 9003 in Frage.

Ausführung von Lautsprechergehäusen

a) Kompaktboxen

Diese Boxen sollten auf jeden Fall luftdicht gebaut werden, da sonst die Belastbarkeit der hierfür entwickelten Lautsprechersysteme stark sinkt. Auch ist eine Dämpfung unbedingt erforderlich, um Gehäuseresonanzen zu unterdrücken und um die Lautsprecherresonanz zu dämpfen. Als Faustregel gilt, daß das ganze Gehäuse locker mit Dämpfungsmaterial gefüllt wird. Das notwendige Gehäusevolumen richtet sich ausschließlich nach dem Tieftonlautsprecher, Richtwerte finden Sie in unseren Tabellen im Katalog. Sollte das Dämpfungsmaterial sehr krümelig sein, so empfiehlt es sich, den hinten offenen Tieftöner mit weitmaschigem Gewebe, z. B. Nessel, abzudecken. Bei Verwendung von hinten offenen Mitteltönern ist es

unbedingt notwendig, diese mit einem separaten Gehäuse (z. B. Styroporblumentopf, Kunststoffschüssel, Holzkasten, usw.) gegen die Schwingungen des Tieftöners zu schützen, da der Mitteltöner sonst von den Schwingungen angeregt wird.

Je nach akustischer Anforderung und physikalischen Gesetzen ergeben sich mitunter komplizierte Gehäuse. So zeigt Abb. 10 die Gehäuseabmessungen der ISOPHON Box Prominent 2002, bei der der Tieftonlautsprecher nach hinten strahlt. Auf diese Ausführung hat ISOPHON Gebrauchsmusterschutz, so daß ein gewerblicher Nachbau dieses Gehäuses ohne Zustimmung nicht gestattet ist.

b) unbedämpfte Gehäuse, Baßreflexboxen
Diese Boxenart hat auch heute noch, trotz der großen Gehäuseabmessung, ihre Berechtigung, verfügt sie doch gegenüber den Kompaktboxen über eindeutige Vorteile, insbesondere über höheren Wirkungsgrad bei tiefen Frequenzen. Diese Kriterien werden gerade von Musikkapellen (Bands) und Diskotheken immer wieder gewünscht. Wichtig bei diesen Boxen ist eine stabile Bauweise, so sollte man mindestens 22-mm-Spanplatten verwenden und noch zusätzlich die Ecken versteifen. Eine Dämpfung ist nicht erforderlich, es hat sich jedoch als günstig erwiesen, die Rückwand innen mit Dämmmaterial zu bekleben. Man kann bei dieser Gehäuseart den Klang der tiefen Frequenzen durch eine Ausgleichsöffnung beeinflussen. Richtwerte finden Sie in unserer Tabelle auf Seite 26 des Kataloges, wobei die Angaben sich auf das angegebene Mindestvolumen beziehen. Auch hier sollten offene Mitteltonsysteme vor den Schwingungen des Tieftöners durch separates Gehäuse geschützt werden.

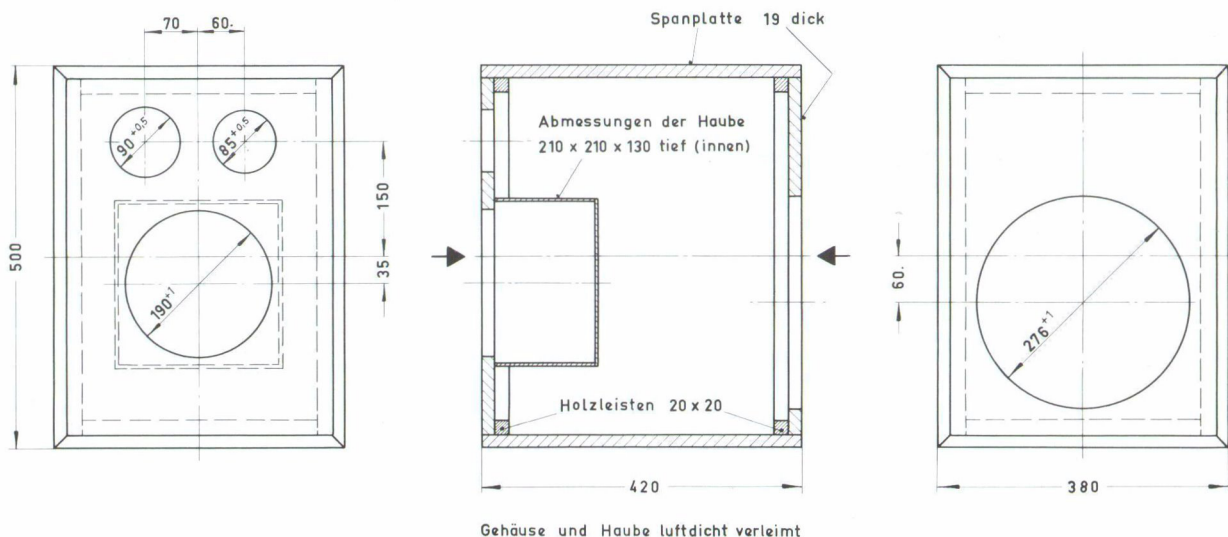


Abb. 10 Gehäusevorschlag für eine Kombination nach Schaltvorschlag 3 des Kataloges.

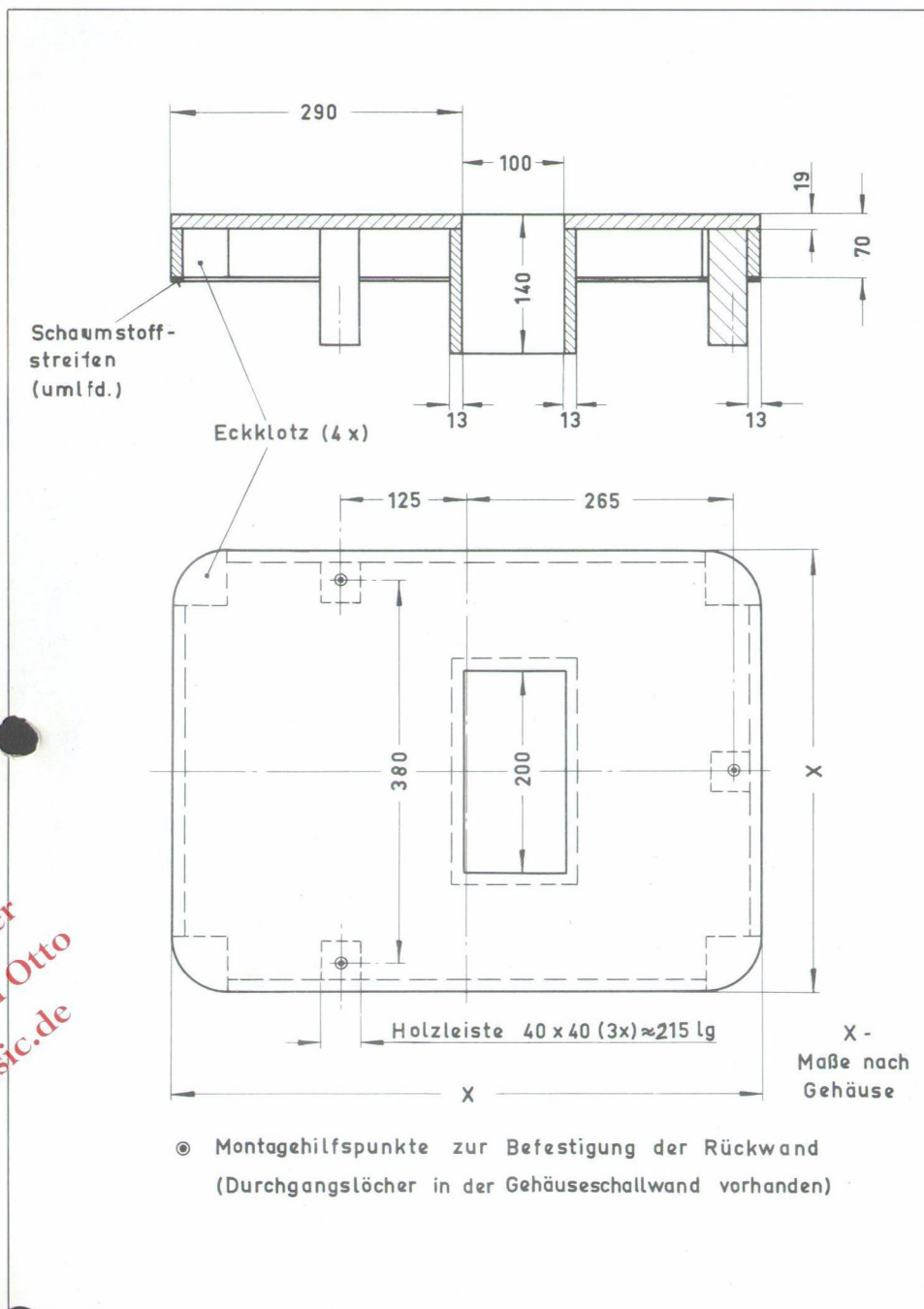


Abb. 11 Rückwand für SK 9003 zum kleinstmöglichen Reflexgehäuse.

Will man bei einer größeren Lautsprecherkombination mit einem kleinstmöglichen Volumen auskommen, dann ergeben sich Gehäuseausführungen von besonderen Abmessungen. Abb. 11 zeigt die Rückwand zum Gehäuse der Lautsprecherkombination SK 9003.

Gehäusematerial

Die Wände eines Lautsprechergehäuses sollen so stabil sein, daß sie möglichst nicht mitschwingen. Dazu müssen sie aus ausreichend dickem Material bestehen, das – z. B. mit Kaltleim – an den Stoßkanten sorgfältig zu verleimen ist. Abnehmbare Gehäusewände sind mit kräftigen Schrauben zu befestigen.

Für mittlere Gehäusegrößen dürfte 16 mm starke Spanplatte oder auch Tischlerplatte angemessen sein. Ist trotzdem noch ein Schwingen der Gehäusewände zu bemerken, so hilft

das Aufleimen kräftiger Leisten. Für Gehäuse mit einem Inhalt um die 40 l genügt als Baumaterial 19-mm-Tischlerplatte und bei Gehäusen mit weniger als 8 l Inhalt 11-mm-Tischlerplatte. Zur Bespannung der Frontseite des Gehäuses wählt man ein möglichst lockeres und dadurch schalldurchlässiges Gewebe oder ein perforiertes Alu-Blech. Am besten eignen sich spezielle Lautsprecherbespannstoffe, die in einschlägigen Fachgeschäften erhältlich sind.

Die übrigen Gehäusewände können je nach Geschmack beliebig, d. h. mit Furnier, Stoff, Plastikfolie oder Lack, beschichtet werden.

Dämpfungsmaterial

Gut geeignet als Dämpfungsmaterial sind Stein- und Glaswolle, Polyesterwolle und offenerporiger Schaumstoff. Styropor ist, weil es nicht offenerporig ist, ungeeignet zur Schalldämpfung.

Gehäuseabmessungen

Wie aus den Tabellen im Katalog hervorgeht, besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen Lautsprecherkombination und Gehäusegröße. Geringfügige Abweichungen nach unten oder oben sind ohne wesentlichen Einfluß. Bei Verkleinerung des Gehäusevolumens verschiebt sich die Resonanzfrequenz des Tieftonlautsprechers nach oben und die untere Grenzfrequenz verschiebt sich zu höheren Werten hin. Bei Vergrößerung des Volumens wird die Baßwiedergabe voluminöser, jedoch wird die maximale Belastbarkeit des Tieftonlautsprechers kleiner. Die in den Tabellen angegebenen Volumina in Literabmessungen sind Bruttovolumina. Wie man aus den angegebenen Voluminaabmessungen die Breite, Höhe und Tiefe des Gehäuses bestimmt, ist nicht kritisch. Man kann also je nach vorgesehener Aufstellung das Gehäuse als Flach- oder Tiefbox, Hoch- oder Breitbox ausführen. Wenn man vom Standpunkt der Aufstellung her vollkommene Freiheit in den Abmessungen hat, empfiehlt sich ein Verhältnis der Wandabstände zueinander wie 10:7:5. Hierdurch liegen die Gehäuseresonanzen in einem harmonischen Verhältnis zueinander, und man kommt mit weniger Dämpfungsmaterial aus, so daß das freie innere Luftvolumen größer wird.

Hinweis

Im vorliegenden Text ist wiederholt auf unseren Katalog hingewiesen worden. Diesen umfangreichen Spezial-Katalog über HiFi-Lautsprecherbausätze, – Schallwände und Einzelsysteme können Sie entweder über unsere örtlichen Vertretungen, den Fachhandel oder aber direkt von ISOPHON kostenlos beziehen.

Sollten sie aus bestimmten Gründen weitere Informationen benötigen, so steht Ihnen unsere Kundendienst-Abteilung jederzeit für weitere Auskünfte zur Verfügung.

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de

© bei
Archi



ISOPHON-WERKE BERLIN

1 Berlin 42, Eresburgstraße 22-23, Telefon (030)753051, Telex 01-83282, Telegramme Isophon Berlin

Ordentliches Mitglied des dhfi Deutsches High Fidelity Institut e.V.

750911