

ISOPHON- Lautsprecher richtig eingebaut.

eller
mael Otto
classic.de



Lieber Isophon-Fan,

mit Ihrem Interesse an einem unserer Erzeugnisse erweisen Sie einem Unternehmen Ihr Vertrauen, das mit Recht als Deutschlands größte Lautsprecher-Fabrik bezeichnet wird.

Nicht nur in den meisten Markenerzeugnissen der deutschen Phonoindustrie, sondern auch in vielen anderen Ländern dieser Erde werden Isophon-Lautsprecher in hochwertige Rundfunk-, Phono- und Tonbandgeräte eingebaut.

Die Entwicklung von Isophon-Lautsprechern können Sie mit der Geschichte des Rundfunks gleichsetzen. In unseren Werken wurde stets und wird noch heute nach dem Prinzip gearbeitet, durch ständigen technischen Vorsprung maßgeblich zum technischen Fortschritt in der Phono-Industrie beizutragen. Aus diesem Grund stellen wir auch die Membranen und Magnete in eigener Regie her, um bereits im Vorstadium entscheidenden Einfluß auf die Qualität und die akustische Eigenschaften unserer Lautsprecher zu nehmen.

Der Grund für die vor Ihnen liegende Broschüre, die in der vierten Auflage erscheint, ist in den tagtäglich an uns herangetragenen Problemen zu suchen, die wir unmöglich alle erschöpfend beantworten können. Wir unternehmen deshalb in dieser Druckschrift den Versuch, einen weitgehenden Überblick zu geben und einen Großteil jener technischen Probleme zu beleuchten, die bei dem Versuch entstehen, in einem Lautsprecher mehr zu sehen, als ein technisches Mittel zur Wiedergabe von Tönen. Sicherlich werden auch Sie zum Teil wertvolle Anregungen finden, wie sich ein auf Ihre Umgebung abgestimmtes individuelles Klangbild durch den Einsatz von Isophon-Lautsprechern herstellen läßt. Wir wünschen Ihnen jedenfalls viel Spaß und vor allem Erfolg bei einem Hobby, das höchste Anforderungen an Ihr technisches Sachverständnis und Können stellt.

Inhaltsverzeichnis

1. **Erläuterungen der technischen Daten von Lautsprechern**
2. **Auswahl der geeigneten Lautsprecher und des zugehörigen Verstärkers**
 - 2.1 Auswahl nach dem abzustrahlenden Frequenzbereich
 - 2.2 Auswahl nach der richtigen Widerstandsanpassung an den Verstärker
 - 2.3 Auswahl nach der Belastbarkeit der Lautsprecher
 - 2.4 Gesichtspunkte für Verstärkerleistungen
3. **Das Zusammenschalten mehrerer Lautsprecher**
 - 3.1 Zusammenschaltung von Lautsprechern mit verschiedenen Frequenzbereichen
 - 3.2 Zusammenschaltung mehrerer Lautsprecher mit gleichem Frequenzbereich
4. **Bewährte Lautsprecherkombinationen**
 - 4.1 Vorgefertigte Kombinationen zum Selbsteinbau
 - 4.2 Selbstbauvorschläge
 - 4.3 Breitbandsysteme
5. **Lautsprechergehäuse**
 - 5.1 Wirkungsweise
 - 5.2 Ausführung von Lautsprechergehäusen
6. **Lautsprecheraufstellung**
 - 6.1 Raumeinflüsse
 - 6.2 Anordnung von Lautsprechern im Raum

1. Erläuterung der technischen Daten von Lautsprechern

Die in unseren Listen und Datenblättern angegebenen Lautsprecherdaten sind nach den Norm-Vorschriften DIN 45 500, DIN 45 570, DIN 45 573, DIN 45 574 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 Nennwerte handelt, und die tatsächlichen Werte der gelieferten Lautsprecher — innerhalb der Toleranzen — von diesen Werten abweichen können.

- 1.1 Die Nennbelastbarkeit (Dauerbelastbarkeit) wird nach DIN 45 573, Bl. 2 durch Messung mit Rauschen ermittelt. Diese Belastbarkeit vertragen Lautsprechersysteme in ihrem ungünstigsten Betriebszustand (d. h. freiliegend) im Dauerbetrieb, ohne daß bleibende Schäden auftreten. Nach Einbau in ein Gehäuse oder eine Schallwand liegt die Belastbarkeit je nach Bedämpfung höher. Bei Gehäuselautsprechern gelten die Angaben der Nennbelastbarkeit für die gesamte Kombination. Die Prüfung der Dauerbelastbarkeit in einzelnen Frequenzgebieten mit Sinustönen ist nur zulässig, wenn die Sinusleistung der entsprechenden Leistung im Rauschspektrum entspricht. (Diese Belastbarkeitsprüfung darf nicht verwechselt werden mit der Belastbarkeitsprüfung bei Verstärkern. Diese werden nur bei 1000 Hz Sinuston gemessen, wobei die Verstärker diese Leistung „mindestens 10 min“ vertragen müssen).
- 1.2 Die Musikbelastbarkeit (bisher Grenzbelastbarkeit) gibt an, welche Belastungsspitzen bei Betrieb des Lautsprechers mit Sprache und Musik unter normalen Einbaubedingungen kurzzeitig ohne Gefahr für den Lautsprecher auftreten dürfen. Bei günstigen Betriebsverhältnissen, d. h. kein akustischer Kurzschluß und besonders gute Bedämpfung bei Tieftonlautsprechern bzw. Unterdrückung tiefer Frequenzen durch einen Vorschaltkondensator bei Mittel- und Hochtonlautsprechern, liegt die zulässige Belastung noch über den Listenangaben. Für HiFi-Lautsprecher ist in DIN 45 500 Blatt 7 die Messung der Musikbelastbarkeit (bisher Grenzbelastbarkeit genannt) genormt. Der Lautsprecher muß von 250 Hz bis zur unteren Grenzfrequenz eine Belastung mit Sinustönen in Höhe der Musikbelastbarkeit kurzfristig, d. h. höchstens 2 sec vertragen, ohne daß ein Anstoßen der Schwingspule oder Membrane hörbar wird oder sonstige auffallende Klirrscheinungen auftreten. (Der Begriff der Musikbelastbarkeit wird wahrscheinlich im zunehmenden Maße nicht genormte Begriffe, wie Spitzenbelastbarkeit, maximale Belastbarkeit usw. ablösen).
- 1.3 Die Resonanzfrequenz (Eigenresonanz f_n) versteht sich mit einer Toleranz von ± 10 Hz bei Frequenzen unter 100 Hz bzw. ± 10 % bei Frequenzen über 100 Hz. Bei den Gehäuselautsprechern sind Lautsprechersysteme und Gehäuse aufeinander abgestimmt. Die Toleranzen der Nennresonanzfrequenz liegen bei diesen Typen noch enger.
- 1.4 Der Übertragungsbereich (Frequenzbereich) unserer Lautsprecher ist so ermittelt, daß der Schalldruckabfall bei den Grenzfrequenzen gegenüber dem mittleren Schalldruck 10 dB beträgt. Für HiFi-Lautsprecher beträgt nach DIN 45 500 Blatt 7 der Übertragungsbereich mindestens 50 Hz bis 12 500 Hz, wobei hier nicht wie bei den übrigen Lautsprechern mit Sinustönen, sondern mit Terzrauschen gemessen wird. Der Abfall gegenüber dem Mittelwert im Bereich 100 Hz bis 4000 Hz darf dabei nur 8 dB betragen.
- 1.5 Die Impedanz (Nennscheinwiderstand Z_n) der Schwingspulen bezieht sich auf eine Frequenz von 1000 Hz. Ihre Toleranz beträgt maximal ± 10 %. Bei den Tieftonlautsprechern bezieht sie sich auf 400 Hz.
- 1.6 Die magnetische Induktion gibt die Dichte des magnetischen Feldes im Luftspalt an. Da sie sich leicht messen läßt, wird sie bei der Fertigung von Magnetsystemen zur Kontrolle der gleichbleibenden Qualität eines Magnetsystemtyps benutzt. Die zulässigen Abweichungen vom Nennwert betragen nach DIN 45 578 ± 7 %.

- 1.7 Der magnetische Fluß ist rechnerisch das Produkt aus magnetischer Induktion und der Luftspaltfläche.
- 1.8 Das Magnetgewicht wird auf besonderen Wunsch unserer überseeischen Kunden angegeben. Die in eigener Gießerei hergestellten Alnico-Spezial-Magnete besitzen durch Vorzugskristallisation sowie magnetische Vorzugsrichtung besonders hohe Energiedichten, die zu kleineren Abmessungen und geringeren Gewichten führen als bei herkömmlichen Materialien. Daher lassen Magnetgewichtsangaben keinen Schluß auf die Qualität eines Lautsprechers zu.
- 1.9 Die Übertragungskurve der Lautsprechersysteme wird im schalltoten Raum auf unendlicher Schallwand und die der Gehäuselautsprecher unter Freifeldbedingungen aufgenommen. Der Meßpunkt liegt dabei in 1 m Entfernung vom Lautsprecher in dessen Mittelachse. In Sonderfällen ist auch ein Meßabstand von 3 m möglich. Die Übertragungskurve wird mit 1-W-Eingangleistung aufgenommen. Dem 12-dB-Wert der Ordinate unserer Übertragungskurve entspricht ein Schalldruck von $1 \mu\text{bar}$. Dieser entspricht wiederum 74 Phon bzw. dB als Lautstärkemaß. HiFi-Lautsprecher, die den Bedingungen nach DIN 45 500 Blatt 7 entsprechen sollen, werden mit Terzrauschen gemessen, wobei dem Lautsprecher je Terz 1 W zugeführt wird. Hierdurch ergibt sich die entsprechende Übertragungskurve als Treppenkurve.
- 1.10 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 Energieinhalt des verwendeten Magneten.
- 1.11 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 bis 4000 Hz, erzeugen. Bei Lautsprechersystemen ohne Gehäuse gilt dieser Wert bei Einbau in die unendliche Schallwand.
- 1.12 Die Betriebsleistung gibt an, welche Leistung erforderlich ist, um im freien Schallfeld einen mittleren Schalldruck von $12 \mu\text{bar}$ (96 dB bzw. Phon) in 1 m Abstand im Frequenzbereich von 100 Hz bis 4000 Hz zu erzeugen.

2. Auswahl der geeigneten Lautsprecher und des zugehörigen Verstärkers.

- 2.1 Auswahl nach dem abzustrahlenden Frequenzbereich.
Es ist nicht möglich, den gesamten Tonfrequenzbereich von 20 bis 20 000 Hz mit einem einzelnen Lautsprecher richtig wiederzugeben, da der Wiedergabebereich jedes Lautsprechers von seiner Bauart und seiner Größe abhängt. Für die Wiedergabe tiefer Töne muß die Membrane eines Lautsprechers relativ groß sein und eine hohe Nachgiebigkeit haben. Für die Wiedergabe hoher Töne muß die Membrane klein und leicht sein.
Man teilt daher 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 45 500 beträgt er mindestens 50 bis 12 500 Hz) sind immer Kombinationen aus mehreren Lautsprechersystemen erforderlich. Für untergeordnete Zwecke, z. B. als Zweitlautsprecher oder für Sprachwiedergabe genügt häufig ein Mitteltonsystem, das einen ausreichenden Anteil an tiefen und hohen Frequenzen mit abstrahlt (Breitbandsystem). Prinzipiell ist es gleichgültig, ob bei einer Kombination mehrere Lautsprechersysteme zusammen in einem Gehäuse untergebracht sind oder jedes System ein eigenes Gehäuse besitzt. Diese Tatsache kann man sich bei der Zusammenstellung von Lautsprecher-Anlagen zunutze machen, indem man bereits vorhandene Lautsprecher (z. B. in einem Rundfunkgerät) mit verwendet. Häufig wird es dadurch möglich, die viel Platz wegnehmenden Tieftongehäuse räumlich von der für die Ortungsmöglichkeiten wichtigen Mittel- und Hochtonwiedergabe zu trennen.

Besonders wichtig ist, darauf wird unter Punkt 6 näher eingegangen, die richtige Ausführung der Gehäuse. Insbesondere für eine gute Tieftonwiedergabe sind große stabile Gehäuse erforderlich. Ausnahmen in dieser Hinsicht machen nur die sogenannten Kompaktboxen (z. B. unsere HSB-Typen), die durch Verwendung von Spezial-Tieftonsystemen mit kleineren Gehäusen auskommen. Es sei in diesem Zusammenhang noch auf die weitere physikalische Gesetzmäßigkeit hingewiesen, daß hohe Frequenzen von Lautsprechern gebündelt abgestrahlt werden. Die Bündelung bei den herkömmlichen Konus-Lautsprechern ist um so stärker, je höher die Frequenz und je größer der Membrandurchmesser ist. Wenn eine räumliche Abstrahlung aller Frequenzen gewünscht wird, muß man mehrere Hochtönlautsprecher gegeneinander gewinkelt anordnen. Der Winkel zweier Lautsprecherabstrahlachsen zueinander soll dabei etwa 30° betragen. Ein anderer Tatbestand ergibt sich bei einer unseren Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Hochtöner, beim ISOPHON-Kugelkalottenstrahler KK 10. Hier findet eine sehr kleine Membran in Kugelkalottenform Verwendung, und so ermöglicht dieser Kugelkalottenstrahler eine breitwinklige Abstrahlung der Höhen, so daß der Einsatz eines einzigen solchen Spezialhochtöners absolut genügt

Die Abstrahlcharakteristik des KK 10 sieht wie folgt aus:

bei 4 000 Hz . . . Raumwinkel von 180°
bei 8 000 Hz . . . Raumwinkel von 120°
bei 16 000 Hz . . . Raumwinkel von 100°

Der Kugelkalottenstrahler KK 10 kann als 2-Weg-Kombination ideal mit dem Tieftöner PSL 130 S, im Rahmen einer 3-Weg-Kombination mit den Spezialtönern PSL 170 oder PSL 203 S oder PSL 245 oder PSL 300/45 mit entsprechenden Frequenzweichen eingesetzt werden. Für die erwähnten 3-Weg-Kombinationen können dann im Mitteltonbereich entweder der PSL 130 S oder jeweils 2 Stck BPSL 100 mit Abdeckhauben verwendet werden.

2.2 Auswahl nach der richtigen Widerstandsanpassung an den Verstärker

Sämtliche ISOPHON-Lautsprecher haben eine Impedanz (Scheinwiderstand) zwischen 4 und 5 Ohm oder eine Impedanz von 8 Ohm. Sie eignen sich damit zum Anschluß an die üblichen Verstärkerausgänge von 4—6 Ohm. Die Lautsprecher mit 8 Ohm Impedanz können außerdem an Verstärker mit 8-Ohm-Ausgängen angeschlossen werden. Lautsprecher mit 8 Ohm Impedanz sind außerdem für Lautsprecherkombinationen günstig, denn bei der Parallelschaltung von z. B. zwei Lautsprechern mit je 8 Ohm ergibt sich ein Gesamtwiderstand von 4 Ohm, wodurch die sogenannte Anpassung an Verstärker mit 4—6-Ohm-Ausgängen günstig ist.

Ist die Impedanz des Lautsprechers kleiner als der Anschlußwert des Verstärkers, spricht man von Unteranpassung, im umgekehrten Falle von Überanpassung. Unteranpassungen sind, insbesondere bei Transistorverstärkern, zu vermeiden. 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 einer Impedanz von 16 Ohm an einen Verstärker für einen Anschlußwert von 4 Ohm angeschlossen wird.

Die Maßnahmen, die erforderlich sind, um auch bei der Kombination mehrerer Lautsprecher die richtigen Anpassungsverhältnisse zu erhalten, werden unter Punkt 3.1 und 3.2 näher beschrieben.

2.3 Auswahl nach der Belastbarkeit der Lautsprecher

Die unter 1.1 erläuterte Nennbelastbarkeit eines Lautsprechers gibt an, welche Belastung der Lautsprecher im Dauerbetrieb aushalten kann. Eine weitere wichtige Kenngröße ist die unter 1.2 erläuterte Musikbelastbarkeit.

Die Nennbelastbarkeit eines Lautsprechers oder einer Lautsprecherkombination sollte grundsätzlich höher sein als die beim Betrieb tatsächlich auftretende Belastung, um in dem Bereich kleinster Lautsprecherverzerrungen zu bleiben. Geht man von einer vorhandenen Verstärkerleistung aus, so sollte die Musikbelastbarkeit der Lautsprecher keinesfalls weit unter der maximalen Verstärkerleistung liegen, damit eine versehentliche Zerstörung der Lautsprecher ausgeschlossen wird.

Wie hoch die Belastung eines Lautsprechers während des Betriebes ist, läßt sich nicht allgemeingültig sagen, da dieser Wert zu sehr von den räumlichen Verhältnissen und von dem Störgeräuschpegel abhängt. In Wohnräumen kann man bei „Zimmerlautstärke“ mit einem Mittelwert von 20—50 mW rechnen, was bei Tanz- und Marschmusik Spitzenwerten von etwa 60 mW bis 150 mW entspricht. Bei Orchesteraufnahmen auf guten Schallplatten sind bei gleicher mittlerer Leistungsaufnahme Spitzenwerte bis 15 Watt und darüber hinaus möglich.

2.4 Gesichtspunkte für Verstärkerleistungen

Aus dem vorhergehenden Kapitel 2.3 ergibt sich, daß es ohne weiteres zulässig ist, einen Lautsprecher oder eine Lautsprecherkombination mit 10 Watt Dauerbelastbarkeit aus einem Verstärker mit 30 Watt Ausgangsleistung zu betreiben. Andererseits wird daraus auch klar, daß die gleiche Lautsprecherkombination auch aus einem kleinen Transistorgerät betrieben werden kann, wenn auch mit teilweise erheblich leiserer Wiedergabe. Da die Berechnung der für eine Wohnraumbeschallung erforderliche Verstärkerleistung über den Rahmen dieser Broschüre hinausgehen würde, seien hier nur allgemeine Gesichtspunkte dargelegt.

Um eine hohe Wiedergabequalität zu gewährleisten, ist in DIN 45 500 eine Verstärkermindestleistung von 10 Watt für Monobetrieb bzw. $2 \times 6 \text{ W}$ für Stereobetrieb vorgeschrieben. Hierdurch ergibt sich eine genügende Verstärkungsreserve zur unverzerrten Übertragung hoher Schallspitzen. Darüber hinaus kann man auch für Wohnraumbeschallung höhere Verstärkerleistungen vorsehen.

Bei der Betrachtung von Verstärkerleistungen muß man berücksichtigen, daß das Gehör eine sogenannte logarithmische Empfindungseigenschaft hat. Bei der Verdopplung 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 Lautsprecherbetrachtungen auch noch berücksichtigen, daß in vielen Fällen eine Reserve für Baßanhebung vorhanden sein muß, wenn wegen der Lautsprechereigenschaften oder des Wiedergaberaumes eine Korrektur des Frequenzganges erforderlich ist. 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.

3. Das Zusammenschalten mehrerer Lautsprecher

Wie aus den unter Punkt 2.1 erläuterten Gesichtspunkten hervorgeht, ist es immer, wenn eine hochwertige Anlage verlangt wird, erforderlich, 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 mehrerer Räume notwendig werden.

Um bei Parallelbetrieb von Lautsprechern ein gleichphasiges Abstrahlen zu gewährleisten, ist ein Anschluß 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 der einen mit dem roten Pol des anderen verbunden. Bei Parallelschaltung werden jeweils die roten Pole der Lautsprecher miteinander verbunden.

3.1 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 der Induktivität der Drosseln bzw. dem Kapazitätswert der Kondensatoren ab.

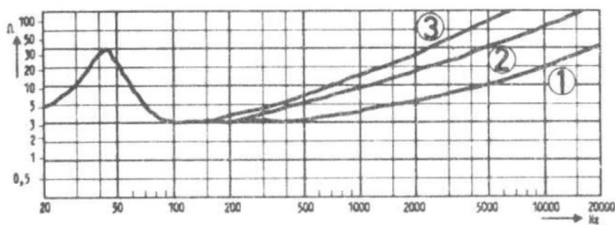


Abb. 1
Scheinwiderstandsverlauf eines Tieftonlautsprechers
1. ohne Drossel
2. mit Drossel 1,5 mH in Reihe
3. mit Drossel 3 mH in Reihe

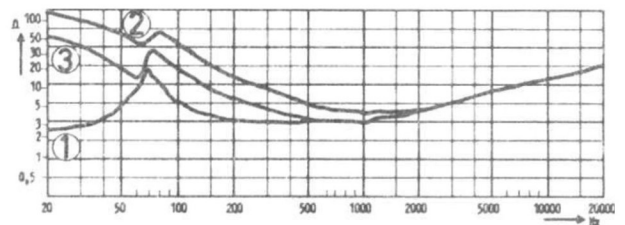


Abb. 2
Scheinwiderstandsverlauf eines Mitteltonlautsprechers
1. ohne Kondensator
2. mit Kondensator 50 µF in Reihe
3. mit Kondensator 100 µF in Reihe

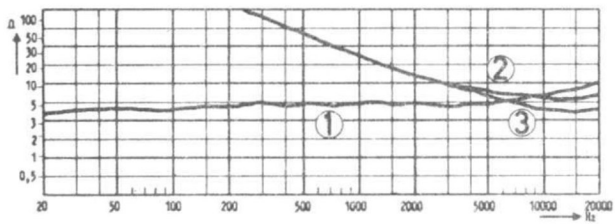


Abb. 3
Scheinwiderstandsverlauf eines Hochtוןlautsprechers
1. ohne Kondensator
2. mit Kondensator 5 µF in Reihe
3. 2 Stück — mit einem gemeinsamen Kondensator 5 µF in Reihe — parallel

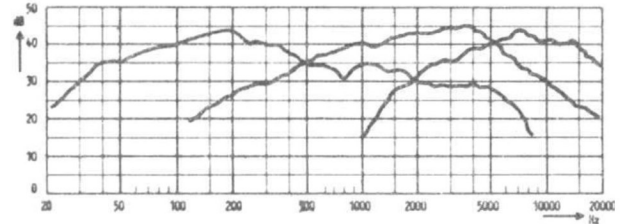


Abb. 4
Prinzipieller Schalldruckverlauf der einzelnen Lautsprecher in der Schaltung nach Abb. 5

Die erforderlichen Induktivitäts- und Kapazitätswerte richten sich nach den gewünschten Übergangsfrequenzen zwischen den einzelnen Lautsprechern und deren Scheinwiderständen. Bewährt haben sich bei Verwendung eines Tief-, eines Mittel- und eines Hochtönsystems als Übergangswerte etwa die Frequenzen 500 Hz und 4000 bis 5000 Hz. Bei Verwendung eines Tief- oder Mittelton- und eines Hochtönsystems wählt man als Grenzfrequenz etwa 4000 Hz. 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. 4 gezeigt. Man erkennt deutlich die Übergangsfrequenzen 500 und 5000 Hz.

Die überschlägige Berechnung der erforderlichen Vorschalt-elemente (Drossel bzw. Kondensator) läßt sich entsprechend der Schaltung nach Abb. 5 folgendermaßen durchführen:

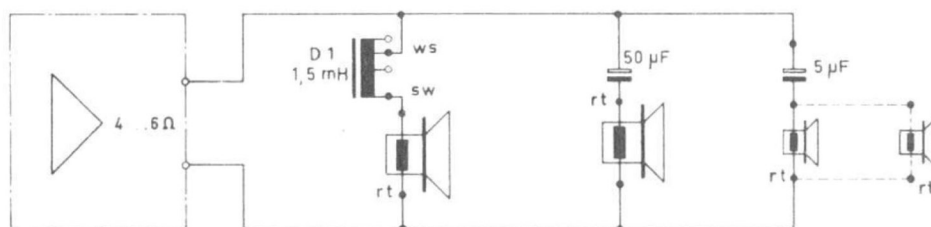


Abb. 5: Schaltung einer Kombination aus Tief-, Mittel- und Hochtönlautsprecher.
(rt = rote, sw = schwarze, we = weiße Kennzeichnung des Anschlusses)
Die Drossel vor dem Tieftönlautsprecher soll bis 500 Hz die tiefen Frequenzen durchlassen und von da ab die hohen Frequenzen sperren. Bei 500 Hz muß daher der Widerstand der Drossel so groß sein, wie der Scheinwiderstand des Lautsprechers. Der Scheinwiderstand einer Drossel ist $2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, der Scheinwiderstand des Lautsprechers bei 500 Hz etwa 4,5 Ohm. Daraus folgt:

$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 4,5$ oder $L = 4,5$ dividiert durch $2 \cdot \pi \cdot 500 = 0,0014$ H oder 1,4 mH. Dieses Verhalten von Drosseln und Kondensatoren macht man sich bei der Aufteilung des Tonfrequenzbereichs auf mehrere Lautsprecher zunutze. Dem Lautsprecher für die tiefen Frequenzen schaltet man eine Drossel und dem für die hohen Frequenzen einen Kondensator vor. In Abb. 1 bis 3 ist der Scheinwiderstandsverlauf verschiedener Lautsprecher mit dem zugehörigen Vorschaltelement dargestellt.

Der Kondensator vor dem Mitteltonlautsprecher soll die tiefen Frequenzen bis 500 Hz fernhalten und erst von da ab die Schallabstrahlung ermöglichen. Der Scheinwiderstand eines Kondensators beträgt 1 dividiert durch $2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$ und der Scheinwiderstand des Lautsprechers bis 500 Hz kann mit 4,5 Ohm angenommen werden. Es gilt dann:

1 dividiert durch $2 \cdot \pi \cdot 500 \cdot C = 4,5$ oder $C = 1$ dividiert durch $4,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 500 = 0,000071$ Farad oder $71 \mu\text{F}$

Der Hochtonlautsprecher soll ab 5000 Hz die Schallabstrahlung übernehmen, woraus sich entsprechend der vorhergehenden Berechnung ein Vorschaltkondensator von $7 \mu\text{F}$ ergibt.

Wie bereits erwähnt wurde, ist die Berechnung nur überschlägig, da die Phasenbeziehungen der kompletten Widerstandsteile nicht berücksichtigt wurden. Andererseits ist es nicht kritisch, ob die Übergangsfrequenz bei z. B. 600 Hz statt bei 500 Hz liegt. Man wählt daher entsprechend der Überschlagsrechnung die nächstliegenden Normwerte und kommt dann zu den Größen, die in Abb. 5 eingetragen sind. Als Drossel kann dabei der Isophon-Typ D 1 verwendet werden, der verschiedene Abgriffe hat. Als Kondensatoren sollten verlustarme Elektrolytkondensatoren verwendet werden, wie sie in unserem Handelsprogramm aufgeführt sind.

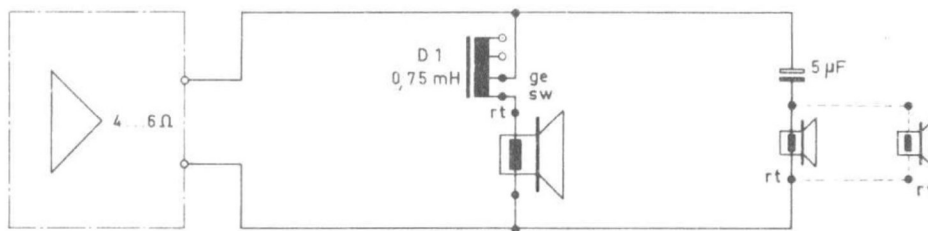


Abb. 6: Schaltung einer Kombination aus Tief- oder Mittelton- und Hochtonlautsprecher

(rt = rote, sw = schwarze, ge = gelbe Kennzeichnung des Anschlusses)

Die Abb. 6 zeigt eine weitere Kombinationsmöglichkeit, wobei ebenso wie in Abb. 5 wahlweise 1 oder 2 Hochtonlautsprecher vorgesehen sind. Wie unter Punkt 2.1 bereits erwähnt wurde, kann man zwei Hochtonlautsprecher unter einem Winkel zueinander anordnen, um eine räumlich breitere Schallabstrahlung zu erreichen. Wie Versuche ergeben haben, ist der Unterschied bezüglich des Vorschaltkondensators so geringfügig, daß man ohne weiteres mit dem einen $5 \mu\text{F}$ -Kondensator für beide Lautsprecher auskommt.

Wichtig ist in beiden Schaltungen 5 und 6 die Polarität der angeschlossenen Lautsprecher. Wie bereits in der Einführung zu Punkt 3 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.

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 Tiefton- und Mitteltonlautsprecher am meisten belastet. Er 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 Tieftonlautsprecher für 20 W, der Mitteltonlautsprecher 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 mit genau definiertem Rauschen entsprechend DIN 45 573 Bl. 2 durchgeführt werden.

3.2 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 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, wie es in den Beispielen der Abb. 7 und 8 gezeigt ist.

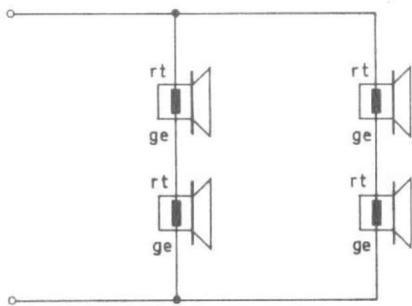


Abb. 7
Zusammenschaltung von 4 Stück Lautsprechern zu je 4,5 Ohm zu insgesamt 4,5 Ohm

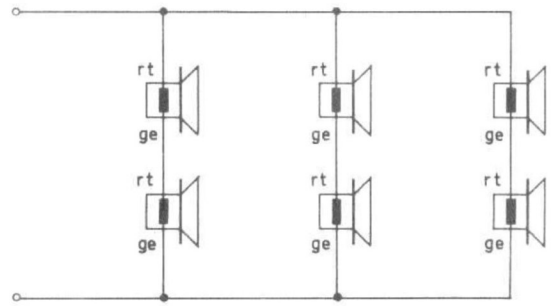


Abb. 8
Zusammenschaltung von 6 Stück Lautsprechern zu je 5 Ohm zu insgesamt 3,3 Ohm

An einem 4—6-Ohm-Verstärkerausgang 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. 7).

Will man eine hoch belastbare Lautsprechergruppe mit breitem Streuwinkel aus Mittel-Hochtonlautsprechern, z. B. als Kugellautsprecher, zusammenstellen, so kann man 6 Stück nach Abb. 8 schalten. Die geringfügige Fehlanpassung schadet dabei im allgemeinen nicht, wenn man nur dafür sorgt, daß die Wiedergabe durch Vorschalten eines 50- μ F-Kondensators vor die Kombination auf die hohen Frequenzen beschränkt bleibt.

$$\frac{4,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 500}{1} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 500 \cdot C}{1}$$

$$= \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{4,5}$$

= 4,5 oder C =

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 den Abb. 7 und 8 angegeben ist.

4. Bewährte Lautsprecherkombinationen

4.1 Vorgefertigte Kombinationen zum Selbsteinbau

BS 10/5, BS 15/4, BS 20/4, BS 35/8, G 3037.

Unsere vorgefertigten Schallwände zeichnen sich dadurch aus, daß die einzelnen Lautsprechertypen aufeinander abgestimmt sind. Hierdurch ist ein gleichmäßiger Frequenzverlauf gewährleistet.

4.2 Selbstbauvorschläge

A: 1 P 25, 1 P 1521 K und 1 HM 10 C (Abb. 5)

B: 1 P 30/37*) und zwei HMS 1318/120 (Abb. 5)

C: 1 P 38 A*) und zwei HMS 1318/120 (Abb. 5) oder 1 DHB 6/2

D: 1 P 46 A*) und 8 HMS 1318

E: 1 PSL 130 S und 1 HMS 8 oder KK 10 (Abb. 6, D 1 = 1,5 mH)

F: 1 PSL 130 S und 1 HMS 6,5 oder HMS 5,1 (Abb. 6, D 1 = 0,75 mH)

G: 1 PSL 170 und 1 HMS 8 oder HMS 1318/95 (Abb. 6, D 1 = 1,5 mH)**

H: 1 PSL 170 und 1 HMS 6,5 oder HMS 5,1 (Abb. 6, D 1 = 0,75 mH)

I: 1 PSL 203 S und 1 HMS 1318/120 (Abb. 6, D 1 = 1,5 mH)**

K: 1 PSL 245 und 1 HMS 1318/120 (Abb. 6, D 1 = 1,5 mH)**

L: 1 PSL 300/45 und 1 HMS 1318/120 Cu (Abb. 6, D 1 = 1,5 mH)**

M: 1 PSL 300/45 und 1 HMS 1318/120 Cu sowie 2 HMS 5,1, (D 1 = 1,5 mH, die beiden HMS 5,1 jedoch in Reihe geschaltet)

*) Drossel kann entfallen

***) siehe auch 2.1 Kugelkalottenstrahler KK 10

4.3 Breitbandsysteme

Diese Systeme sind in der Lage, einen breiten Frequenzbereich ohne zusätzliche Lautsprecher und ohne Frequenzweichen zu übertragen.

A: BPSL 100

B: BPSL 130

C: PH 2132 E

D: Orchester

Die Lautsprecher PH 2132 E und Orchester bestehen je aus einer baulichen Einheit von Tief-Mitteltonsystem und Hochtonsystem.

Alle unter 4.1 und 4.3 aufgeführten Kombinationen haben eine obere Grenzfrequenz von mindestens 18 000 Hz. Die untere Grenzfrequenz ist vom Einbau im Gehäuse abhängig.

5. Lautsprechergehäuse

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

5.1 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 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 abgestrahlt. Bei einem Lautsprecherdurchmesser von $\frac{1}{3}$ der Schallwellenlänge beträgt die abgestrahlte Energie z. B. 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 ist es 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 die gleichen Eigenschaften wie eine entsprechend große Schallwand auf. Zusätzlich können allerdings noch Gehäuse resonanzen verschlechternd auftreten.

Verschließt man ein solches Gehäuse vollständig, so ist kein akustischer Kurzschluß mehr möglich, man hat die Wirkung einer „unendlichen Schallwand“. Leider hat dieses Verfahren den Nachteil, daß — wenn das Gehäusevolumen klein ist — die Resonanzfrequenz des Lautsprechers stark ansteigt. Da unterhalb dieser die Schallabstrahlung stark abfällt, tritt 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... und als Bausatz (fertig verdrahtet mit Hochtonlautsprecher und Frequenzweichen) unter der Serienbezeichnung BS... angeboten. Die für den Selbstbau der zugehörigen Gehäuse erforderlichen Angaben sind in der nachstehenden Tabelle 1 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 Gehäuse resonanz so ab, daß sie zur Anhebung der sonst nur noch schwach abgestrahlten tiefen Frequenzen dient. Baßreflexgehäuse für hohe Wiedergabequalität benötigen relativ große Volumen und exakt dimensionierte Reflexöffnungen. Da sie inzwischen von den geschlossenen Kompaktboxen fast vollständig verdrängt wurden, werden in dieser Broschüre keine näheren Bauanleitungen für Baßreflexgehäuse über die Tabelle 2 hinaus gegeben.

Tiefton- lautsprecher	Hochton- lautsprecher	Schallwand	Gehäuse- volumen innen	Füllmenge Polsterwatte	Resonanz- frequenz d. Tieftöners	Belast- barkeit
BPSL 100	—	—	3,5 l	30 g	85 Hz	5 W
BPSL 130	—	—	6,5 l	40 g	50 Hz	6 W
PSL 130 S	HMS 8*	—	5 l	40 g	40 Hz	12 W
PSL 130 S	HMS 8*	—	10 l	80 g	40 Hz	12 W
PSL 170	HMS 8**	—	10 l	80 g	40 Hz	15 W
PSL 170	HMS 8**	—	20 l	160 g	40 Hz	15 W
PSL 170	HMS 1318/95**	BS 15/4	10 l	80 g	40 Hz	15 W
PSL 170	HMS 1318/95**	BS 15/4	20 l	160 g	40 Hz	15 W
PSL 203 S	HMS 1318/120**	BS 20/4	20 l	160 g	25 Hz	25 W
PSL 203 S	HMS 1318/120**	BS 20/4	40 l	320 g	25 Hz	20 W
PSL 245	HMS 1318/120**	—	40 l	320 g	28 Hz	25 W
PSL 245	HMS 1318/120**	—	60 l	480 g	28 Hz	20 W
PSL 300/45	HMS 1318/120**	—	70 l	550 g	22 Hz	40 W
PSL 300/45	HMS 1318/120	—	70 l	550 g	22 Hz	40 W
—	+ 2 HMS 5,1	BS 35/8	43 l	350 g	28 Hz	20 W

*) oder KK 10

**) bzw. zusätzlich KK 10

Tabelle 1

Lautsprecher-typ	Gehäuse- volumen innen	Ausgleichsöffnung	untere Grenzfrequenz		Dauer- belastbarkeit
			mit Öffnung	ohne Öffnung	
PT 203 C	20 l	—	—	70 Hz	12,5 W
	45 l	64 cm ²	50 Hz	60 Hz	
	100 l	50 cm ²	40 Hz	50 Hz	
P 25 A	45 l	64 cm ²	55 Hz	60 Hz	12,5 W
	100 l	50 cm ²	45 Hz	50 Hz	
	160 l	100 cm ²	40 Hz	45 Hz	
PH 2132 E	30 l	—	—	70 Hz	15 W
	45 l	64 cm ²	55 Hz	60 Hz	
	100 l	50 cm ²	45 Hz	50 Hz	
	160 l	100 cm ²	40 Hz	45 Hz	
P 30/31 A	100 l	50 cm ²	45 Hz	55 Hz	12,5 W
P 30/37 A	160 l	100 cm ²	40 Hz	50 Hz	15 W
G 3037	240 l	360 cm ²	35 Hz	45 Hz	15 W
Orchester	100 l	50 cm ²	40 Hz	50 Hz	25 W
	160 l	100 cm ²	35 Hz	45 Hz	
	240 l	360 cm ²	30 Hz	40 Hz	
P 38 A	100 l	50 cm ²	50 Hz	60 Hz	40 W
	160 l	100 cm ²	40 Hz	45 Hz	
P 46 A	240 l	360 cm ²	30 Hz	35 Hz	80 W

Tabelle 2

5.2 Ausführung von Lautsprechergehäusen

Wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, dient ein Gehäuse in erster Linie zur Erzielung einer einwandfreien Tieftonwiedergabe. Deshalb beziehen sich die nachfolgenden Angaben ausschließlich auf Gehäuse für Tieftonlautsprechersysteme. Mittel- und Hochtonsysteme können in das gleiche Gehäuse mit eingesetzt werden. Sie dürfen aber — um Interferenz- und Intermodulationserscheinungen zu vermeiden — nicht von dem Tieftonlautsprecher zum Schwingen angeregt werden. Mittel- und Hochtonlautsprecher sollten daher auf jeden Fall mit einer zusätzlichen rückwärtigen luftdichten Abdeckung versehen werden. Zur Vermeidung von Resonanzen sollte diese mit Steinwolle oder Polyesterwatte locker gefüllt werden. Es ist dabei — notfalls durch Anbringen eines Schutzbeutels aus weitmaschigem Gewebe — dafür zu sorgen, daß das Dämpfungsmaterial nicht an die Lautsprechermembran kommen kann. Die Größe dieser Abdeckung ist nicht kritisch. Bei Hochtonlautsprechern ist diese Abdeckung häufig bereits vom Werk her in Form eines geschlossenen Lautsprecherkorbes vorhanden. Das fertige Gehäuse soll — insbesondere bei Kompaktboxen — möglichst luftdicht sein, da sich jede Undichtigkeit verschlechternd auf die Baßwiedergabe auswirkt. Zum Abdichten von miteinander verschraubten Gehäuseteilen empfehlen wir, selbstklebenden Schaumstoffstreifen oder ein anderes Dichtungsmaterial zwischen diese Teile zu legen.

5.21 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 10 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 45 l Inhalt und weniger genügt als Baumaterial meist sogar 16-mm-Tischlerplatte und bei Gehäusen mit weniger als 8 l Inhalt 8-mm-Tischlerplatte.

Zur Bespannung der Frontseite des Gehäuses wählt man ein möglichst lockeres und dadurch schalldurchlässiges Gewebe. 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.

5.22 Bedämpfung von Lautsprechergehäusen

Im Innern eines Lautsprechergehäuses dürfen sich keine stehenden Wellen ausbilden. Deswegen sollen die Wände innen nicht schallreflektierend sein. Die gewünschte Reflexionsverminderung erreicht man durch Auskleiden des gesamten Gehäuses mit einer — je nach Gehäusegröße — bis zu etwa 8 cm starken Schicht Dämpfungsmaterial.

Insbesondere bei vollständig geschlossenen Kompaktboxen ist über die Bedämpfung der Wände hinaus häufig eine zusätzliche Bedämpfung des Tieftonlautsprechers erwünscht. Dazu wird das gesamte Gehäuse locker mit Dämpfungsmaterial gefüllt. Soweit keine genauen Erfahrungswerte für den betreffenden Lautsprechertyp vorliegen, kann die richtige Menge an Dämpfungsmaterial leicht erprobt werden: Ist der Klang der Box in den Bässen unsauber und röhrig, so ist die Box zu wenig bedämpft. Können sich im Gegensatz dazu die Bässe nicht richtig entfalten und klingen unterdrückt, so ist der Tieftonlautsprecher zu stark bedämpft. Zu beachten ist bei den Versuchen, daß die gleiche Menge Dämpfungsmaterial um so stärker wirkt, je näher sie an den rückwärtigen Schallöffnungen des Tieftonlautsprechers angeordnet ist. Gut geeignet als Dämpfungsmaterial sind Stein- und Glaswolle, Polyesterwatte und offenporiger Schaumstoff.

In Tabelle 1 sind Mindestmengen an Dämpfungsmaterial bei der Verwendung von Polyesterwatte angegeben. Die maximale Menge, die bei einer eigenen Erprobung erforderlich werden kann, ist etwa das Doppelte der in Tabelle 1 angegebenen Menge. Bei Verwendung von Glas- bzw. Steinwolle oder offenporigem Schaumstoff ist etwa die doppelte Gewichtsmenge wie bei der Verwendung von Polyesterwatte erforderlich.

5.23 Gehäuseabmessungen

Wie aus Punkt 5.1 hervorgeht, besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen Lautsprecherkombination und Gehäusegröße. In der Tabelle 1 sind für die einzelnen Lautsprechertypen sowie Kombinationen die optimalen Gehäusevolumen angegeben. Geringfügige Abweichungen nach unten oder oben sind ohne wesentlichen Einfluß. Wie bereits unter Punkt 5.1 angedeutet ist, verschiebt sich bei Verkleinerung des Gehäusevolumens die Resonanzfrequenz des Tieftonlautsprechers nach oben und die Baßwiedergabe wird schwächer. Bei Vergrößerung des Volumens wird die Baßwiedergabe stärker, jedoch wird die maximale Belastbarkeit des Tieftonlautsprechers kleiner.

Die in Tabelle 1 und 2 angegebenen Volumen in Literabmessungen sind Nettovolumen, d. h. die im Innern des Gehäuses für den Tieftonlautsprecher wirksame Luftmenge. Wie man aus den angegebenen Volumenabmessungen 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.

6. Lautsprecheraufstellung

6.1 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 benachteiligt werden. Die Wiedergabe in einem solchen Raum klingt stumpf und ohne große Dynamik. Werden die gleichen Einrichtungsgegenstände in einem größeren Raum angebracht, 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 zu 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, wodurch die Reflexionen zwischen den Wänden gestört werden.

6.2 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 sich 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 sowie zum Fußboden variiert. Hierbei ergeben sich häufig auch günstige Punkte gegenüber störenden Raumresonanzen.

Während obige Hinweise sich vorwiegend auf monophone Wiedergabe beziehen, 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 eine 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 zugeordnet. 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 Eigenschaft des Gehörs eine Rolle. 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 günstigsten 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. Durch die neue ISOPHON-Raumstrahlerkombination LUNA 2000 hingegen ist es jetzt möglich, jedes gewünschte Klangbild zwischen direkter und diffuser Beschallung herzustellen. Die formal und technisch neuartige Lösung liegt in der bis zu 360° möglichen Schwenkbarkeit jeder einzelnen Lautsprecherkapsel. Weitere Möglichkeiten bietet die universell mögliche Installation an Decke, Wand und im Regal. Der besondere technische Effekt liegt darin, daß sich die „Lautsprecher-Kapseln“, jede mit drei Spezialhochtonsystemen bestückt, gegeneinander drehen lassen. Dadurch lassen sich bei Frequenzen ab 2000 Hz besonders klanggünstige Variationsmöglichkeiten erzielen.

Weitere Einzelheiten zu dem großen Bereich der Beschallung mit Lautsprechern würden über den Umfang dieser Broschüre hinausgehen. Wer sich weitgehender über die Probleme der Lautsprechertechnik orientieren möchte, dem empfehlen wir unser Lautsprechertaschenbuch, das zum Preis von 7,— DM per Nachnahme von uns bezogen werden kann.

Wir wünschen allen Isophonfreunden viel Erfolg beim Selbstbau von Lautsprecherboxen.

ISOPHON-WERKE GmbH

©
A

©
A

ISOPHON-WERKE GMBH
1000 Berlin 42
Eresburgstr. 22/23
Telefon: (03 11) 75 06 01
Fernschreiber: 01-83 282
Telegramme: ISOPHON Berlin

70-8-009

© beim H
Archiv M
Hir