

TECHNISCHES GLOSSAR

Aktive Frequenzweichen

Aktive Frequenzweichen gibt es in analogen und digitalen Versionen. Analoge Frequenzweichen sind niedrigpegelige elektronische Schaltungen, die bei einem Lautsprechersystem vor den Verstärkern sitzen. Da es sich um niedrigpegelige Schaltungen handelt, können die Filter bezüglich ihres Frequenz- und Phasengangs genauer definiert werden, als das bei passiven Frequenzweichen möglich ist. Digitale Frequenzweichen sind noch enger definiert und können eine zusätzliche Signalbearbeitung bieten, die bei analoger Elektronik unpraktisch oder unmöglich ist. Zudem ändern aktive Frequenzweichen ihre Eigenschaften durch Erwärmung während des Lautsprecherbetriebs nicht oder nur sehr wenig – was bei passiven Systemen in der Regel erheblich stärker ausgeprägt ist. Klein + Hummel brachte den weltweit ersten 3-Wege-Lautsprecher mit integrierten aktiven Frequenzweichen, den OY, im Jahre 1967 auf den Markt. Inzwischen ist die professionelle Rundfunk- und Aufnahmebranche fast komplett zu aktiver Technik gewechselt.

Akustische Achse

Die akustische Achse ist eine Linie, die lotrecht zur Vorderseite des Lautsprechers verläuft, entlang derer das Mikrofon während der Monitorentwicklung aufgestellt wurde. Indem man die akustische Achse auf horizontaler und vertikaler Ebene auf die Abhörposition des Tontechnikers oder in die Mitte des Hörbereichs richtet, erhält man die beste gemessene und wahrgenommene Klangqualität.

Akustischer Raum (Freifeld, Halbraum, Viertelraum und Achtelraum)

Ein Lautsprecher befindet sich im „**Freifeld**“, wenn er in einem Raum ohne Reflexionen oder Begrenzungen aufgestellt ist, die die Schallabstrahlung einschränken. Diese Bedingungen findet man hoch oben am Himmel (zum Hören und Messen ungeeignet) und in reflexionsarmen Räumen. In der Praxis kann man einen Lautsprecher, der weit entfernt von den Raumwänden auf einem Ständer aufgestellt ist, als im Freifeld stehend betrachten.

Ein Lautsprecher befindet sich im „**Halbraum**“, wenn er in der Nähe einer großen, schallharten Oberfläche, z. B. einer Wand oder dem Fußboden, aufgestellt ist. Die Oberfläche (akustische Begrenzung) beschränkt die Schallabstrahlung auf die Hälfte der im Freifeld möglichen Abstrahlung. Dadurch werden Frequenzen verstärkt, die sich omnidirektional ausbreiten (d. h. tiefe Frequenzen). Die Höhe der Verstärkung richtet sich nach der Festigkeit der Oberfläche (theoretisch 6 dB, in der Praxis etwa 4 dB), der Frequenzbereich richtet sich nach der Größe des Lautsprechers. Dies lässt sich mit dem entsprechenden Filter, bei Klein + Hummel Lautsprechern heißt er „Bass“, korrigieren. In der Praxis ist der Halbraum anzutreffen, wenn ein Lautsprecher in der Nähe einer Wand aufgestellt oder in die Wand eingebaut ist.

Entsprechend befindet sich ein Lautsprecher im „**Viertelraum**“, wenn er in der Nähe von zwei großen Oberflächen, z. B. Wand und Fußboden oder Vorderwand und Seitenwand, aufgestellt ist. Die Oberflächen beschränken die Schallabstrahlung auf ein Viertel der im Freifeld möglichen Abstrahlung. Dadurch ist die Verstärkung der tiefen Frequenzen doppelt so hoch wie im Halbraum. Dies lässt sich mit dem entsprechenden Filter („Bass“ und eventuell auch etwas „Mid“) oder bei Subwoofern durch Verringern des Ausgangspegels korrigieren.

Der „**Achtelraum**“ ist in den Ecken von Räumen anzutreffen. Er bewirkt eine sehr hohe Verstärkung der tiefen Frequenzen. Dies ist eine gute Position für Subwoofer, da das gesamte Durchlassband



verstärkt wird. Dies kann man einfach durch Verringern der Ausgangsleistung korrigieren. Aus dem gleichen Grund klingen in Ecken aufgestellte Lautsprecher generell sehr basslastig. Diese Platzierung ist daher für neutrales und kritisches Abhören nicht empfehlenswert.

Analoge und digitale Signale

Analog ist eine zeitkontinuierliche Darstellung eines Signals mittels elektrischer Spannung oder akustischem Druck. Analoge Signale benötigen eine analoge Eingabequelle. Der elektrische Anschluss kann symmetrisch oder asymmetrisch ausgeführt sein. Symmetrische Anschlüsse können mittels Elektronik oder Transformatoren umgesetzt werden. Es gibt einen maximalen Eingangspegel, bei dessen Überschreitung das Signal gekappt wird (Clipping). Die Signalverbindung wird über verschiedene Anschlüsse hergestellt, z. B. Cinch, Klinken und XLR.

Digital ist eine zeitdiskrete Darstellung eines Signals mittels numerischer Werte. Digitale Signale benötigen eine digitale Eingabequelle. Die Parameter des Eingangsanschlusses müssen für das Signal geeignet sein: Format, Bit-Tiefe und Samplerate. Beispiel: AES3, 24-Bit, 192 kHz. In der Praxis bedeutet dies, wenn die Samplerate eines Digitalsignals – wie beim Rundfunk üblich – immer 48 kHz beträgt, reicht ein 48 kHz Interface aus. Die Signalverbindung wird über verschiedene Anschlüsse hergestellt, z. B. Cinch, BNC und XLR.

Analoge und DSP-Lautsprecher

Analoge Lautsprecher besitzen eine analoge Frequenzweiche aus diskreten Bauteilen, wie Operationsverstärkern, Widerständen und Kondensatoren. Das Eingangssignal für einen analogen Lautsprecher kann analog oder digital sein. Digitalsignale werden sofort mit einem Digital/Analog-Wandler (DAC) in analoge Signale konvertiert.

DSP Lautsprecher besitzen eine Frequenzweiche, die einen digitalen Signalprozessor und Firmware verwendet. Das Eingangssignal für einen digitalen Lautsprecher kann analog oder digital sein. Analogsignale werden noch in der Eingangsstufe sofort mit einem Analog/Digital-Wandler (ADC) in digitale Signale konvertiert. Man kann die ursprüngliche Samplerate der Digitalsignale beibehalten und die Koeffizienten des internen Filters an diese Samplerate anpassen. Da jedoch für jede Samplerate ein Set an Koeffizienten erforderlich ist und derzeit viele verschiedene Sampleraten verwendet werden, ist dies in der Praxis keine gute Lösung. Daher wandelt man das digitale Eingangssignal mit einem Sampleraten-Konverter (SRC) in eine feste interne Samplerate um. Obwohl hierfür zusätzliche Hardware benötigt wird, ist die interne DSP-Implementation viel einfacher, da nur ein Set an Koeffizienten benötigt wird. In der Vergangenheit reichte die Qualität von Sampleraten-Konvertern nicht für den Einsatz in hochwertigen Lautsprechern aus, aber dies hat sich mittlerweile geändert.

Bass-Management

Das Bass-Management verlagert den tieffrequenten Anteil eines Signals von dem Lautsprecher, der normalerweise für die Reproduktion dieses Kanals zuständig ist, auf einen anderen Lautsprecher. Beispiel: Der Bass des Center-Kanals wird von einem Subwoofer wiedergegeben. Da insbesondere tiefe Frequenzen große Dimensionen von Lautsprecherchassis und Gehäusen erfordern, kann man an seiner Stelle jetzt einen kleineren Lautsprecher verwenden oder den Lautsprecher bei gleicher Größe mit weniger Verzerrungen bzw. einem höheren Pegel betreiben. Zudem wird der LFE-Kanal zu Subwoofern und/oder Lautsprechern geleitet, die dieses hochpegelige tieffrequente Signal korrekt



reproduzieren können. Schließlich kann man die Quelle der tieffrequenten Energie flexibler im Raum aufstellen und dadurch eventuell die Klangqualität verbessern.

Dezibel (dB)

Das menschliche Gehör arbeitet im Prinzip logarithmisch, wodurch die Zahlen zur Beschreibung der akustischen Wahrnehmung schnell ziemlich klein oder groß werden können, was den Umgang mit diesen Zahlen erschwert. Indem man diese logarithmisch angeordneten Zahlen in eine lineare Skala umwandelt, lassen sich diese komfortabler verarbeiten und lesen. Das Dezibel besitzt keine feste Größe, da es das Verhältnis von zwei Werten gleicher Größenordnung ausdrückt. Die klassische Bel-Berechnung liefert aus praktischen Gründen ziemlich kleine Werte, also arbeitet man mit dem Faktor 10, um Dezibel zu erhalten.

$$W = 10 \log_{10} (P/P_{\text{ref}}) \text{ dBW}$$

wobei $P_{\text{ref}} = 1 \text{ Watt}$

Einige vereinfachte Beispiele: Ein Verstärker mit 100 W kann mit 20 dBW ausgedrückt werden. Wenn ein Lautsprechertreiber eine Empfindlichkeit von 90 dB/W/m besitzt, würde die maximale Ausgangsleistung mit einem 100 W Verstärker folglich $90 + 20 = 110 \text{ dB SPL}$ betragen. Wenn die Abhörposition 4 m entfernt ist, würde der Maximalpegel folglich $110 - 12 = 98 \text{ dB SPL}$ betragen, da sich der Schalldruck mit jeder Verdopplung der Entfernung halbiert.

Man verwendet den zusätzlichen Faktor 2, wenn es sich bei den Verhältniswerten um Druck oder Spannung anstatt Energie oder Leistung handelt.

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (p/p_{\text{ref}}) \text{ dB SPL}$$

wobei $p_{\text{ref}} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pascal}$

Einige vereinfachte Beispiele: Ein Schalldruck von $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$, der die Hörschwelle markiert und als Referenzpegel verwendet wird, lässt sich einfacher auszudrücken mit 0 dB SPL. 1 Pa entspricht 94 dB SPL und 130 dB, was die Schmerzgrenze markiert, entspricht 64 Pa. Wenn zwei Lautsprecher mit 94 dB SPL betrieben werden, würde der Gesamtpegel 100 dB SPL betragen.

Frequenzgangtoleranz

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die untere und die obere Grenzfrequenz eines Lautsprechers anzugeben:

Die **-3 dB** Punkte sind als die Frequenzen definiert, bei denen der Frequenzgang um 3 dB gegenüber dem Durchschnittspegel des Durchlassbands des Lautsprechers abgefallen ist. Diese am häufigsten angegebenen Werte kann man einfach zwischen Lautsprechern vergleichen, sogar zwischen Modellen verschiedener Hersteller. Beispiel: 30 – 24k Hz $\pm 3 \text{ dB}$.

Die Punkte des **Durchlassbands** sind als die Frequenzen definiert, bei denen die untere Toleranzkurve von der Kurve des Frequenzganges geschnitten wird. Diese Werte definieren die tiefste bzw. höchste Frequenz, bei der der Lautsprecher Audiomaterial mit innerhalb der angegebenen Toleranz reproduziert. Die Werte können nur dann zwischen unterschiedlichen Lautsprechern verglichen werden, wenn diese die gleiche Durchlassband-Toleranz besitzen. Wenn die Toleranz des Durchlassbands weniger als $\pm 3 \text{ dB}$ beträgt, liegen die speziellen Frequenzen innerhalb der



Frequenzen, die durch die ± 3 dB Punkte markiert werden. Beispiel für den gleichen Lautsprecher wie oben: 32 – 20k Hz ± 2 dB.

Der **nutzbare Betriebsfrequenzbereich** ist definiert durch zwei Frequenzen, die 10 dB tiefer als der Durchschnittspegel des Durchlassbands des Lautsprechers liegen. Dieser Spezifikation begegnet man häufig bei Lautsprechern für die Festinstallation und Live-Beschallung. Beispiel: 58 – 22k Hz bei einem Lautsprecher mit einem Frequenzgang von 90 – 19k Hz ± 3 dB.

Geschlossene und Bassreflex-Gehäuse

Ein Bassreflexgehäuse besitzt an irgendeiner Stelle einen Luftkanal, dem sogenannten Bassreflexkanal. Das akustische System bestehend aus Lautsprechergehäuse, Lautsprecherchassis und Bassreflexkanal ist dann in einem bestimmten Frequenzbereich resonant. Durch eine geschickte Abstimmung des Systems wird erreicht, dass im Bereich dieser Tuningfrequenz die Schallabstrahlung erhöht wird. Dadurch wird viel Schall bei geringer Bewegung des Basstreiberkonus erzeugt. Die Vorteile sind weniger Bassverzerrungen und ein höherer Maximalpegel bei geringerer Verstärkerleistung. Die Nachteile sind eine längere Gruppenlaufzeit bei tiefen Frequenzen, eine komplexe Luftkanalkonstruktion, potentielle Turbulenzen und Geräusche im Luftkanal sowie zusätzlicher Platz für den Kanal und seine Öffnung. Des Weiteren können im Gehäuse auftretende außen Resonanzen einfacher hörbar werden.

Ein geschlossenes Gehäuse besitzt keine Bassreflexkanäle oder -öffnungen, wodurch der maximale Ausgangspegel bei tiefen Frequenzen begrenzt ist. Die Nachteile sind höhere nichtlineare Bassverzerrungen sowie ein niedrigerer Maximalpegel bei höherer Verstärkerleistung. Die Vorteile sind eine kürzere Gruppenlaufzeit bei tiefen Frequenzen, keine aufwendige Luftkanalkonstruktion sowie keine Turbulenzen und Geräusche im Luftkanal und kein zusätzlicher Platzbedarf für den Kanal und seine Öffnung.

Es gilt immer von Fall zu Fall abzuwägen, welchem akustischen Prinzip der Vorzug zu geben ist. Es lässt sich nicht generell sagen, welches Verfahren das bessere ist.

Mit Ausnahme der Luftkanäle bei einem Bassreflexgehäuse müssen beide Gehäusetypen vollständig luftdicht sein. Kleine Öffnungen können pfeifende Geräusche erzeugen und die akustische Leistung des Systems beeinträchtigen.

Low Resonance Integral Molding™

Je nach Lautsprechermodell sind das gesamte Gehäuse, die Schallwand oder nur die Schallführungselemente – siehe Mathematically Modeled Dispersion™ - eines Lautsprechers mit Low Resonance Integral Molding™ Materialien (LRIM™) konstruiert. Dieses Material verfügt über ausgezeichnete akustische und mechanische Eigenschaften. Es ist hart genug, um robust gegen mechanische Beanspruchung zu sein, andererseits besitzt es eine hohe mechanische innere Dämpfung, um nicht zu resonieren. Es lässt sich weiterhin in annähernd jede beliebige Form bringen, was der Kontur der aufwendig gestalteten Waveguides entgegenkommt.

Magnetische Abschirmung

Der „Motor“ eines Lautsprechers besteht aus einer Spule, die sich in einem Permanentmagneten bewegt. Der Magnet besitzt ein nutzbares Magnetfeld, in dem sich die Schwingspule befindet, und ein magnetisches Streufeld im Außenbereich des Treibers. Abhängig von den verwendeten



Gehäusmaterialien gelangt dieses Streufeld der Magneten auch außerhalb des Gehäuses. Dieses führt in der Nähe von Röhrenbildschirmen zu Bildverzerrungen in Form von Farbstörungen und es kann auf magnetischen Speichermedien, z. B. Festplatten und Bändern, Daten zerstören. Um das magnetische Streufeld zum Großteil auszulöschen, wird ein Doppel-Magnet (ein kleinerer Magnet mit entgegengesetzter Polarität) auf die Rückseite des Hauptmagneten geklebt.

Pegelbewertung (Lin, A, B, C, D, Z)

Eine Messung des Schallpegels kann entweder bei bestimmten Frequenzen oder als breitbandige Summierung über einen definierten Frequenzbereich, z. B. 100 – 6k Hz, erfolgen. Da das Ohr nicht auf alle Frequenzen gleich empfindlich reagiert, benötigt man eine Emulation, um den Pegel eines Klangs abschätzen zu können. Zudem ändert sich das Empfindlichkeitsprofil des Ohrs pegelabhängig: Es wird bei höheren Pegeln linearer. Die Frequenzprofile (Bewertungen) sind in der IEC 61672:2003 definiert. Die unterschiedlichen Bewertungen waren eigentlich für unterschiedliche Schallpegel konzipiert, der Einfachheit halber werden jedoch nur noch die A- und C-Bewertungen benutzt, was zu einer gewissen Beliebigkeit führte.

„**Linear**“ oder „**Lin**“ wird für die Messung von Spitzenpegeln verwendet. Manchmal werden LP- und/oder HP-Filter eingefügt.

„**A**“ wird zum Messen von Klängen mit niedrigem Schalldruck (40 Phon) verwendet. Die tiefen Frequenzen werden stark und die hohen Frequenzen mittelstark bedämpft.

Da sich unterschiedliche Lautsprecher in der Regel am meisten an den Bandgrenzen unterscheiden, bietet es sich bei Lautsprechervergleichstest immer, mit einem „A“-gewichteten Pegelmessgerät die verschiedenen Lautsprecher auf gleichen Pegel abzugleichen.

„**B**“ wird zum Messen von Klängen mit mittlerem Schalldruck (70 Phon) verwendet. Wird nur selten benutzt.

„**C**“ wird zum Messen von Klängen mit hohem Schalldruck (100 Phon) verwendet. Die tiefen und hohen Frequenzen werden leicht bedämpft.

„**D**“ und „**E**“ werden zum Messen von Klängen mit sehr hohem Schalldruck verwendet, z. B. Flugzeuglärm.

„**Z**“ oder „**Zero**“ wird zum Messen von Spitzenpegeln verwendet. LP- und/oder HP-Filter sind nicht erlaubt.

Es gibt noch weitere Bewertungen für Spezialzwecke, beispielsweise das Messen von Infraschall.

Zusätzlich werden Mittelwerte auf der Zeitebene verwendet: Slow (1 s), Fast (1/8 s) und Integrate.

„Slow“ wird normalerweise zum Abstimmen von Soundsystemen verwendet, da sich das Display relativ langsam ändert und so das Ablesen eines zeitlich schnell variierenden Signals, z. B. Musik, ermöglicht. „Fast“ und „Integrate“ werden hauptsächlich für Lärmprüfungen eingesetzt.

Zum Messen eines Soundsystems wird normalerweise „C-bewertet“ und „Slow“ verwendet.



Level Weighting Filters

