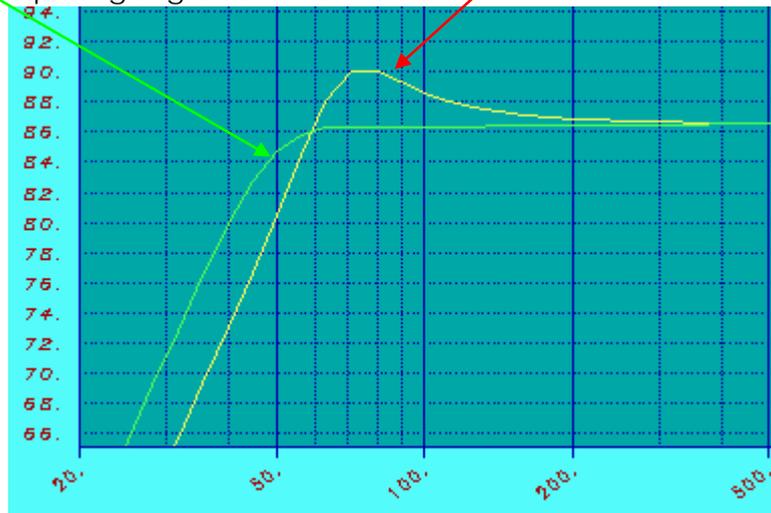


Wenn es um die Gehäuseauslegung von (Tiefton-)Lautsprechern geht, dann wissen die Lautsprecherbauer, dass Einbau-Gesamtgüten von Q_{tc} weit oberhalb dem Wert von 1 eher „fett“ und „druckvoll“ klingen und Q_{tc} -Werte unterhalb 0,5 eher „schlank“ und „stramm“. Das kann man recht gut an den entsprechenden Frequenzgangmessungen sehen, wo die Töner mit hohen Güten am unteren Ende der Frequenzskala dann noch mal leicht hoch laufen bevor sie ganz unten dann keinen Schalldruck mehr produzieren (Bild 1). Durch geeignete Korrekturen mittels Equalizer kann man auch einen mit übermäßigem Q_{tc} versehenen Woofer einen eher passenden Frequenzgang anziehen.

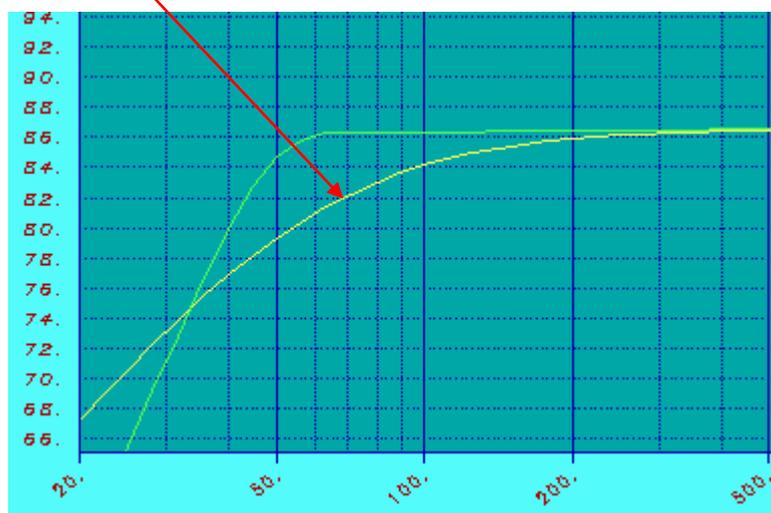
1



Hier nimmt man im gezeigten Beispiel dem Signal im Bereich von 60 bis 200 Hz unterschiedlich viel Pegel weg und dreht drunter etwas dazu; letztlich wird dann der korrekte Frequenzgang einen Teil seines Futters immer noch von kaum bedämpften Nachschwingern des (massenträgen) Lautsprechers bekommen und das eigentliche gewollte Soll-Signal schon vor'm Verstärker entsprechend reduziert.

Geeignete Frequenzverläufe kann man allerdings auch mit Tieftönern produzieren, die „zu“ kleine Gütewerte (unter 0,6) haben und dann durch gezieltes Equalizing unten aufgefüttert werden (Bild 2). Im gezeigten Beispiel wird der Signalpegel im Bereich von 35 bis 200 Hz erhöht. Der Nutzpegel besteht dann aus reinem Soll-Signal ohne (allzu viele) Nachschwinger. Zum Vergleich ist in beiden Bildern ein für diesen 8 Zoll Tieftöner eigentlich anzustrebender Frequenzgang in grüner Farbe dargestellt.

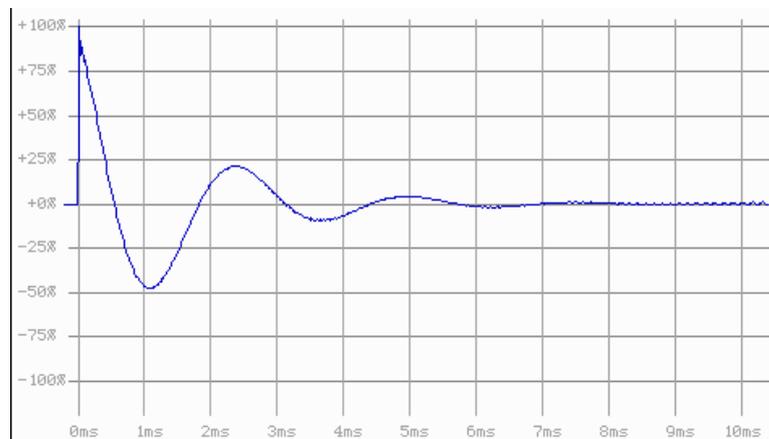
2



Vergleicht man nun zwei solchermaßen bzgl. ihres entsprechend korrigierten (grünen) Frequenzgangs eigentlich „gleiche“ Lautsprecher klanglich miteinander, wird man Unterschiede hören. Denn der mit dem schwingmechanisch kleinen Qtc klingt deutlich sauberer ohne wummerig und unkontrolliert zu tönen.

Ja, wie kann das sein? Der Frequenzgang ist doch gleich!

Das liegt an der Art und Weise, wie der Schalldruck im unteren Frequenzbereich erzeugt wird. Bei unterdämpften Konstrukten, also Einbauten mit Qtc-Werten über 1, schwingt die Konusmembran im Bereich der Einbauresonanzfrequenz nach einmaliger Anregung noch mehrfach nach. Das liegt an der Tatsache, dass die Tieftöner mit vergleichsweise schweren bewegten Teilen (Membran und Schwingspule) arbeiten und in entsprechend harten Federn (Sicke, Zentrierspinne und Luftpolster des Gehäuses) aufgehängt sind. Und somit ein typisches (schwach bedämpftes) Feder-Masse-System darstellen, wo aufgrund der Massenträgheit und der Federn die kinetische Energie der bewegten Teile in den Federn gespeichert wird und im Bereich der Resonanzfrequenz von den Federn wieder freigegeben wird. Das schwingt solange hin und her, bis die Dämpfung dem Spiel nach ein paar Millisekunden ein Ende bereitet. Hier ist es wichtig zu wissen, dass mit zunehmender Magnetstärke (und somit niedrigem Qtc) der Lautsprecher entsprechend mehr elektromagnetische Dämpfung verarbeiten kann, wenn der treibende Verstärker einen passend niedrigen Ausgangswiderstand hat. Solch schwach bedämpftes Verhalten kann man in der Messung der Impulsantwort sehen (Bild 3).

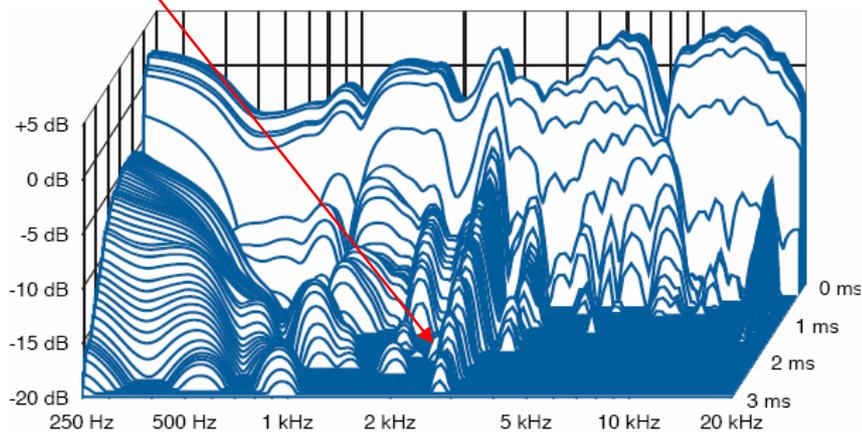


Das bedeutet, dass ein kurzer Anregungsimpuls reicht, die Membran mehrfach hin- und her „nach“ paddeln zu lassen. Dabei wird dann das Luftvolumen, das dem „Hubraum“ des Konus entspricht, also „Membranfläche mal Membranhub“, nicht nur einmal verschoben, sondern beim Nachschwingen (zeitlich nach dem eigentlichen Signal) mit abnehmendem Hub noch mehrfach – folglich wird entsprechend viel (zu viel) Luft hin- und her schaufelt. Der gemessene Schalldruck ist das Maß für die Menge der verdrängten Luft. Sprich: das Nachschwingen erhöht im Bereich der Frequenz, die nachschwingt, den Schalldruck über das vom Signal gewollte Maß hinaus. Das ist ja genau der Grund, warum man in Schalldruckwettbewerben (SPL) gerne mit extrem hohen Q-Werten agiert. Dieses Nachschwingen wird, wie gesagt, über den (möglichst geringen) Ausgangswiderstand des treibenden Verstärkers elektrisch bedämpft. Sprich: ein niedriger Ausgangs-R bringt einen hohen Dämpfungsfaktor und der Bass klingt durch das dadurch stark gebremste

Nachschwingen trockener. Umgekehrt dämpfen Röhrenverstärker wegen Ihrer hochohmigen Ausgangstransformatoren das Nachschwingen fast gar nicht. Brauchen also für sauberen Bass ein eher niedriges Qtc des Lautsprechers. Mit dieser Betrachtung kann der oft als „weich“ bezeichnete Bassklang von Röhrenverstärkern erklärt werden. Denn hier kommen meist unterdämpfte Basslautsprecher (zu hohe Qtc-Werte) mit unterdämpften Verstärkern zusammen. Und schon schwabbelt's.

Ein sauber abgestimmter Woofer folgt dem anregenden Impuls exakt, das heißt bei einem Signalimpuls des durch die Schwingspule fließenden Stroms folgt der Konus genau einmal vor und zurück. Und nicht etliche Male. Das erzeugt logischerweise weniger Schalldruck (siehe Frequenzgang), es erzeugt aber auch keine falschen Schallereignisse, lange, nachdem die elektrische Anregung schon vorbei ist. Sprich: die Membran tut genau das, was sie soll und kein bisschen mehr. Für Schalldruckfans ist das nicht wünschenswert, für Freunde eines authentischen Klangs allerdings unabdingbar.

Diese Nachschwingungen sind folglich nichts anderes als Veränderungen des gewollten Klangs und für korrekte Klangreproduktion unbedingt zu vermeiden! Man kann sie messtechnisch in den so genannten Wasserfalldiagrammen gut erkennen (Bild 4).



Dort, wo die „Berge“ weit nach vorne reichen, sind Resonanzen im Spiel, die durch unkontrolliertes Nachschwingen im entsprechenden Frequenzbereich Verzerrungen produzieren, also Klangereignisse zeitlich nachlaufend vortäuschen, wo eigentlich gar mehr keine sind. Im gezeigten Beispiel kommt die Spitze bei ca. 2,7kHz von der (zu schwach bedämpften und durch falsche Filterung noch zu stark angeregten) Grundresonanz des Hochtöners. Denn normalerweise versucht der Boxenabstimmer, die Treiber nicht im Bereich ihrer Grundresonanz spielen zu lassen. Leider hat er aber beim Tieftöner gar keine andere Wahl!

In der obigen Betrachtung, wo man einen hoch bedämpften Tieftöner (kleines Qtc) mittels Filterung auf den gewünschten Frequenzgang auffüttert (Bild 2), erhöht man in den korrigierten Frequenzbereichen die zugeführte Signalspannung, erzeugt folglich den erwünschten Schalldruck in diesen Frequenzbereichen mittels mehr Signalspannung, nicht aber mittels signal-verfälschender Nachschwinger. Das geht solange gut, bis die Grenzen des linearen Magnetfelds im Lautsprecherantrieb überschritten werden oder bis die zugeführte Verstärkerleistung für die Belastbarkeit des Lautsprechers zu hoch wird. Solche Frequenzgangkorrekturen kann man mit analogen Filtern bewerkstelligen, die dann aber andere Nebenwirkungen haben, meist sind das Phasenverzerrungen. Besser und heutzutage bezahlbar, sind dafür die „DSP“ genannten digitale Filter geeignet.

So – mit diesem Wissen betrachten Sie nun mal bitte die in Lautsprechertests veröffentlichten Frequenzgänge. Immer dann, wenn die Dinger zu tiefen Frequenzen hin erstmal einen Buckel machen, bevor sie dann endlich weglafen (siehe Bild 1), haben wir es mit durch Nachschwingen produziertem „künstlichem“ zusätzlichem Schalldruck zu tun, also Schall, der im Signal gar nicht vorhanden ist. Das hat mit dem Originalklang nun mal nichts zu tun! Leider bezeichnen viele der solche Fehlkonstrukte lobenden „Fach“redakteure den sich ergebenden Klang als „druckvoll“, „warm“ oder „mächtig“. Alles blumige Worte, die akustische Fehler positiv beweihräuchern. Denn - und das haben wir nun hoffentlich gelernt - der Lautsprecher selbst sollte immer schlank klingen indem er sehr präzise dem elektrischen Signal folgt. Will der Hörer mehr „Druck“, dann sollte er sich den auf der Basis einer „schlanken“ Grundabstimmung mittels passender Filterung („Equalizer“) so korrigieren, wie er das gerne hat. Dann klingt das nachher auch „druckvoll“, „warm“ und „mächtig“, aber nicht wummerig, brummig und unkontrolliert.

Oder für die Leute, die diese physikalischen Begriffe kennen: Frequenzgänge von Gehäusesubwoofern, die „Chebichev“ Filterungen ähneln (Bild 1), „lügen“ Frequenzen hinzu, wo keine hingehören. „Bessel“ Verläufe (Bild 2) klingen sehr sauber, aber unkorrigiert eher (zu) schlank. „Butterworth“ Verläufe sind ein akustischer Kompromiss, der bei passiven (also unkorrigierten) Konzepten eine akzeptable Balance zwischen brummigem Nachschwingen und korrektem Ausschwingen aber zu schlank wirkendem Klang darstellt. Das sollten sich viele der Car-Audio-Fans mal klar machen, bevor sie ihre Monstersubwoofer in viel zu kleine Gehäuse stecken und ihre 5 dB Bassüberhöhung aus den zu hohen Qtc's wegen zu kleiner Gehäuse als „guten Wirkungsgrad“ missverstehen.

Alles klar? Frequenzgänge sind gut, wenn man weiß, sie richtig zu lesen. Wasserfälle sagen mehr. Aber erst das Ohr sagt alles.

Diese Betrachtung gilt genauso für andere Resonanzstellen, die von instabilen Membranen oder anderen Fehlern verursacht werden. Deshalb neigen mache leichtmembranigen Breitbänder oft zum „Quäken“ (so um die 1,6 kHz) und metallmembranigen Hochtöner zu unangenehmem „quietschen“ (so bei 5 – 8 kHz).

... du meine Güte ...