

Analoger „Bass-Verbieger“ oder „à la Sentry III“

Wer hätte nicht gerne eine tolle Bass-Wiedergabe aus einem eher großen Bass-Chassis in einem nicht zu großen Gehäuse?

Leider braucht ein großes Bass-Chassis in der Regel auch ziemlich viel Volumen. Gerade edle Perlen aus vergangenen Zeiten mit sehr tiefer Resonanzfrequenz, kräftigem Antrieb und hohem Äquivalentvolumen laufen meist erst mit weit über 100 Litern im Rücken zur Höchstform auf, und auch nur dann, wenn ein Reflexrohr mitspielt. Ein Weg zum Ziel ist es, beim Volumen bis zum (für den Lebens-Abschnitts-Gefährten) gerade noch akzeptablen reduzieren und dann recht tief abstimmen. Dann fällt der Frequenzgang zwar untenrum früh ab, aber das „roomgain“, also die Anhebung durch nahe Begrenzungsflächen des Raumes, wie Boden, Rückwand und ggf. Seitenwände gleichen das im Idealfall weitgehend wieder aus. Wenn das passt - alles gut. Was aber, falls der Raum, bzw. die gewünschte Aufstellung da nicht mitmacht?

Jetzt kann man ja mit Klangreglern, DSP und/oder *Dirac* und Co. das alles gerade rücken, oder? Falls man das will, oder bereits macht, nicht weiterlesen, dann hat man seinen Weg gefunden.

Falls man das aber nicht will und möglichst den direkten Weg von der Quelle zum passiven Lautsprecher anstrebt, wird das schwierig, weil passiv eigentlich nur ein größeres Gehäuse hilft.

Ich habe da einen Lösungsansatz, der braucht nur was analoges zwischen Vor- und Endstufe und sonst nix (ist aber weitgehend hilflos gegen Moden und sonstige bösen Raumeinflüsse).

Wer hat's erfunden ?

Es war einmal ein kleiner Student, Ende der Siebziger und die Unibücherei der „Ingenieurschule“ in Kassel. Die hatten den „*Speakerbuilder*“ und den „*Audio Amateur*“ aus den US of A im Programm, ein Traum! In letzterem gab es 1978 einen Artikel von dem hier



Don Keele, damals in Diensten von *Electro Voice*, mit dem Titel:

A New Set of Sixth-Order Vented-Box Loudspeaker System Alignments*

D. B. KEELE, JR.

Electro-Voice, Inc., Buchanan, Mich. 49107

A new and useful set of low-frequency assisted alignments contain Thiele's sixth-order Butterworth (B_6) alignment as a central member. The new alignments provide the same low cutoff with moderate amplifier boost (+6 dB) and low out-of-band driver excursion as the assisted B_6 alignment 15 of Thiele. The method of alignment generation is based on shifts of driver suspension compliance.

Das dort beschriebene Prinzip hat dann *ElectroVoice* damals bei der *SENTRY III* und bei den „Griechen“ (... Interface *DELTA*, *GAMMA* und so) eingesetzt, um tieferen Bass aus noch moderaten Kisten zu holen.



Electro Voice SENTRY III

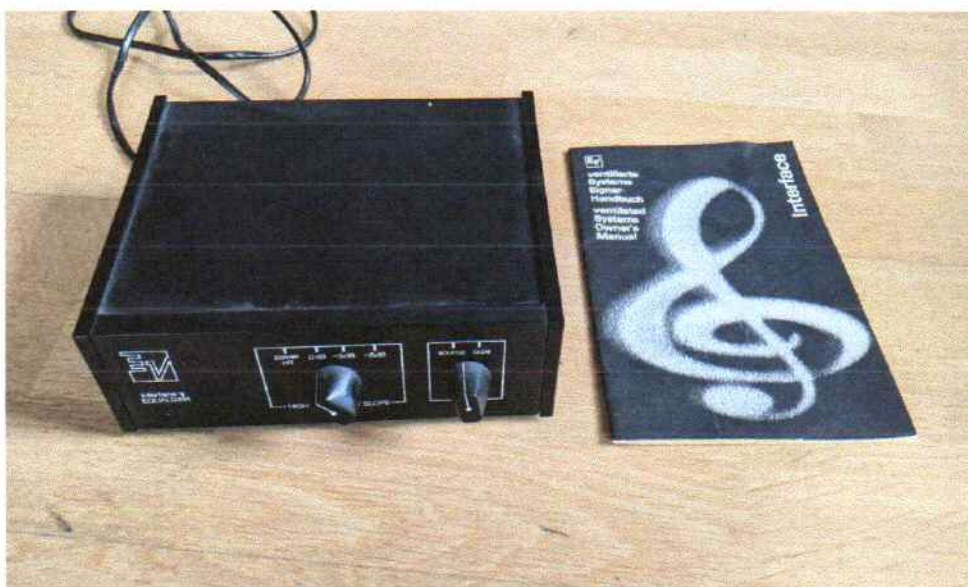


Electro Voice Interface DELTA

Wie funktioniert es?

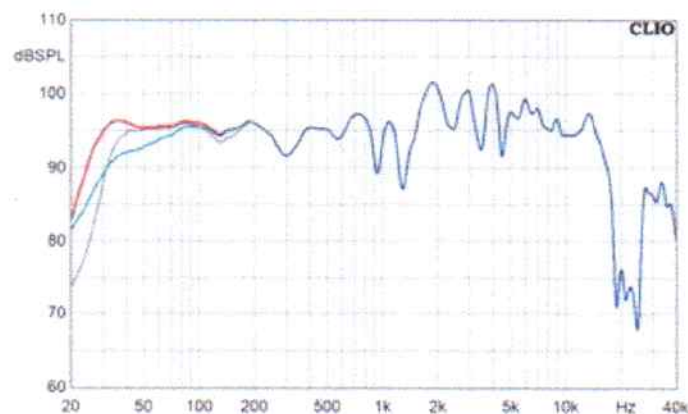
Also grundsätzlich wird das Gehäuse gerade so groß gewählt, dass das Chassis bei etwas zu tiefer Abstimmung auf der Bassreflex-Frequenz auf etwa -9dB abgefallen ist. Zusammen mit einem aktiven Hochpassfilter mit hoher Güte ($Q=2$ entsprechend +6dB) vor der Endstufe ergibt das dann einen ausgeglichenen Bass-Frequenzgang mit -3dB bei der Abstimmungsfrequenz.

Der im Lieferumfang von *Electro Voice* enthaltene Equalizer dazu, der für den Bassbereich nur eine Einstellung hat (Ein-Aus), aber auch noch eine Beeinflussung des Hochtonbereichs ermöglichte, sah bei den verschiedenen Electro Voice Modellen so aus:



Im „hifitest“ hat Thomas Schmidt die Funktion mal für die SENTRY III dokumentiert:

„Also hat man man sich etwas überlegt und einen kleinen Equalizer entwickelt, der bei der tief abgestimmten Variante den Tieftonbereich entzerrt.“



Wir sehen hier, dass der zum Bass abfallende Frequenzgang voll entzerrt wird, man sieht um die 30 Hertz sogar eine minimale Betonung.

Die bis in den untersten Bassbereich entzernte Sentry III ist natürlich extrem beeindruckend - so viel Pegel bei so viel Tiefgang haben wir selten einmal im Hörraum gehabt - klar, das ist natürlich ein eher billiger Trick mit dem Equalizer, aber er funktioniert.“

(Quelle: hifitest.de)

Die Methode funktioniert mit sinnvollen Ergebnissen nicht für jede Chassis/Gehäuse-Kombination; je nach den TSP kommen da auch unbrauchbare Filterfrequenzen oder Volumina heraus (zu hoch, zu tief oder zu groß). Don Keele hat in seinem Artikel auch Berechnungsgleichungen aufgestellt, mit denen sich abschätzen lässt, ob da etwas sinnvolles zu erzielen ist.

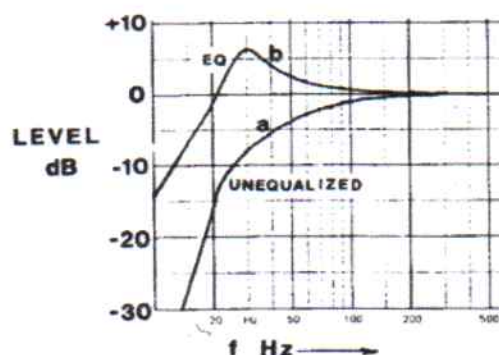
Für die Filterfrequenz des Hochpasses, die gleichzeitig die Reflex-Abstimmungsfrequenz und die untere Grenzfrequenz des gefilterten Systems darstellt, gilt:

$$f_3 = f_b = f_{aux} = 0.3 \times f_s / Q_{ts}$$

und für das dazu gehörige Gehäusevolumen:

$$V_b = 4.1 \times V_{as} \times Q_{ts}^2$$

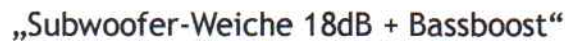
Der Frequenzgang des Chassis im Gehäuse und des aktiven Hochpasses sehen dann so aus:



Man kann das übrigens mit winISD auch schön für verschiedene Chassis simulieren; es gibt dort unter dem Reiter „Filter“ die Funktion „2nd order peaking highpass“, eben genau das, was wir hier machen.

Heute ist das meines Wissens im industriellen Bereich lange vergessen, mit zwei Ausnahmen:

-



-

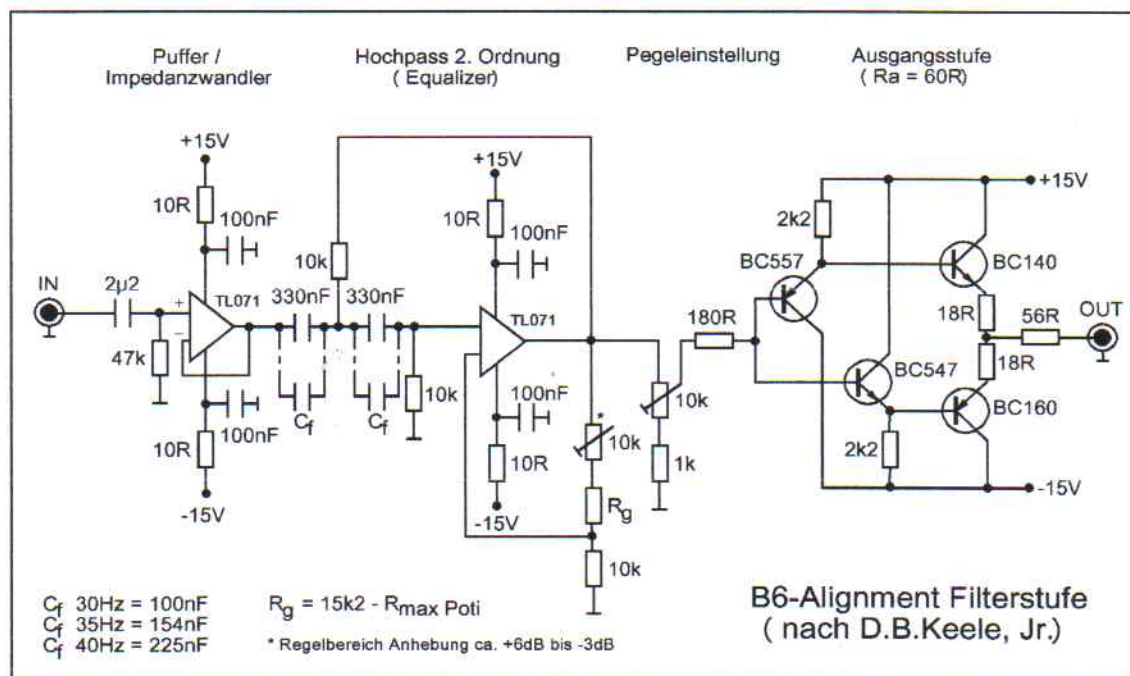
Beides halt alte Herren, die ein gutes Gedächtnis haben ...

Und wie geht das praktisch als DIY?

Ich habe vor vielen Jahren aus einem Platinen-Layout einer 3-Weg-Aktivweiche aus der „elrad“ (ehemalige Bastlerzeitung neben Elektor) einen Hochpass 2. Ordnung rausgezogen und so abgeändert, dass da ein Filterzug mit schaltbarer Einsatzfrequenz und per Poti einstellbarer Güte entsteht. Nebenbei ist da hinter den OpAmp-Stufen noch eine Class A-Ausgangsstufe angeordnet die so ziemlich alles an Kabellängen und Endstufen (Röhren !) treiben kann - passt.

Filterfrequenzen von 30 - 35 - 40 Hz sind wählbar und Gütwerte, die eine Anhebung von zwischen +6dB und -3dB per Poti ermöglichen. Diese Einstellparameter haben sich als sehr praxisnah bewährt, die passen fast immer.

Die Schaltung dazu für einen Kanal sieht so aus:

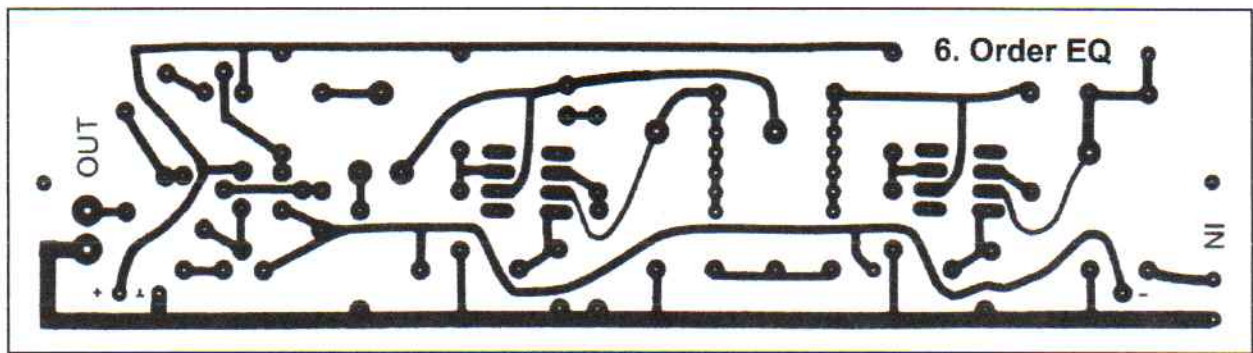


Über einen Eingangspuffer geht das Signal an einen Hochpass 2. Ordnung (12dB/Oktave). Die Verstärkung des Filters ist per Trimmer einstellbar; sinnigerweise wird Verstärkung = 1 eingestellt (so laut wir rein geht's auch raus).

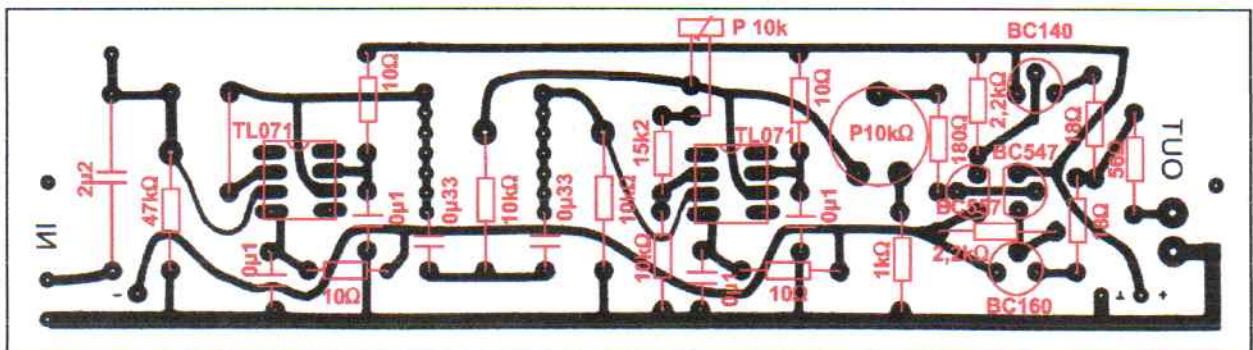
Die Güte, also die Anhebung bzw. Abschwächung bei der Einsatzfrequenz des Filters wird über ein Stereo-Poti (10k linear) eingestellt. Die Einsatzfrequenz ist über zwei Kondensatoren je Kanal definiert. Diese ausgemessenen Folienkondensatoren sitzen auf einem Schiebe- oder Stufenschalter mit drei Stellungen und werden zur Vermeidung von Schaltknacksen jeweils zu einem Kondensator auf der Platine parallel geschaltet. Die Werte lassen sich durch Ausmessen, Selektieren und Parallelschalten exakt einhalten; mit den Normwerten von 100, 150, 220 und 330 nF kommt man aber auch ausreichend genau hin.

Eingeschleift wird die Filterschaltung zwischen Vor- und Endstufe oder am Tape-Monitor von Vollverstärkern ohne die Möglichkeit der Auftrennung.

Die Platine (Lötseite) sieht dann so aus:



und die Bestückungsseite (Oberseite) so:



Für den Betrieb der Filterplatinen wird dann noch ein Netzteil mit +/- 15V Gleichspannung gebraucht.

Das ganze in einem Kunststoff-Gehäuse eingebaut sieht so aus:

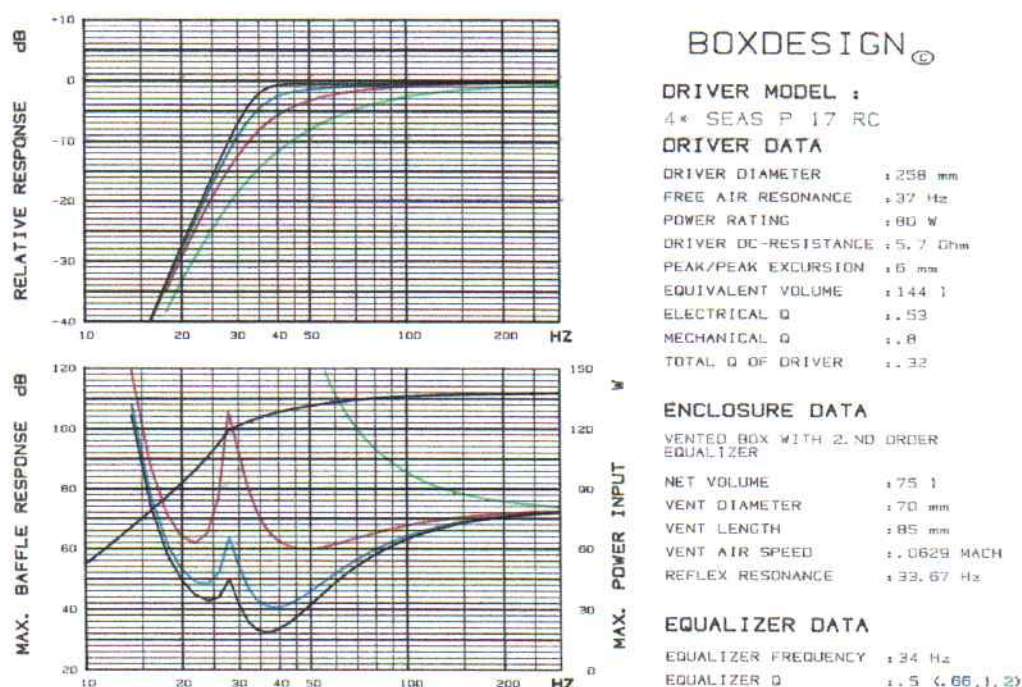


Ganz elegant ist es, den Trafo zusammen mit der Netz-Sicherung in ein Steckernetzteil-Leergehäuse einzubauen und die Sekundärspannungen über ein 3-poliges Kabel (15V AC - GND - 15V AC) zum eigentlichen Filtergehäuse zu leiten. Man kann dafür beidseitig 3,5mm Stereo-Klinkenbuchsen verwenden, dann passt ein fertig gekauftes Stereo-Klinken-Verbindungskabel.

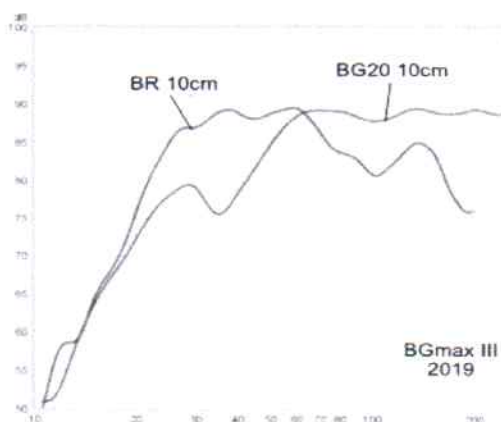
Vorteil dieser Methode ist, dass dann im eigentlichen Filtergehäuse keine gefährlichen Spannungen mehr anliegen und das Thema „Elektrische Sicherheit“ dort gewährleistet ist.

Was habe ich damit schon gemacht?

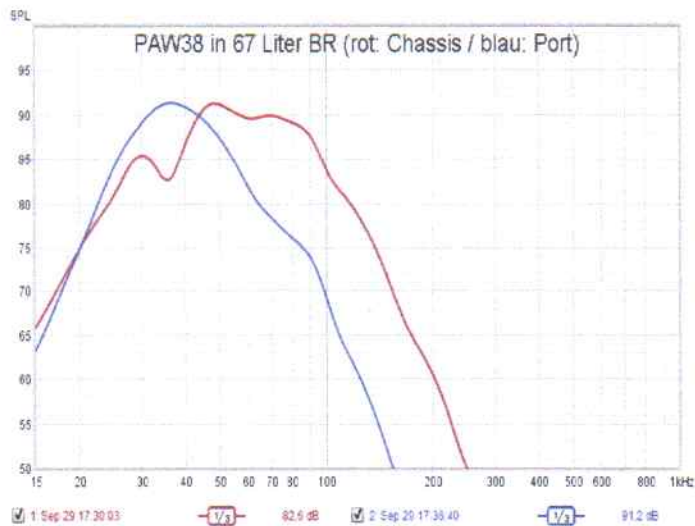
- Mein Erstling damit vor fast 40 Jahren: Vier SEAS-Sechszöller in insgesamt 70 Litern, abgestimmt auf 34 Hz mit der entsprechenden Filtercharakteristik:



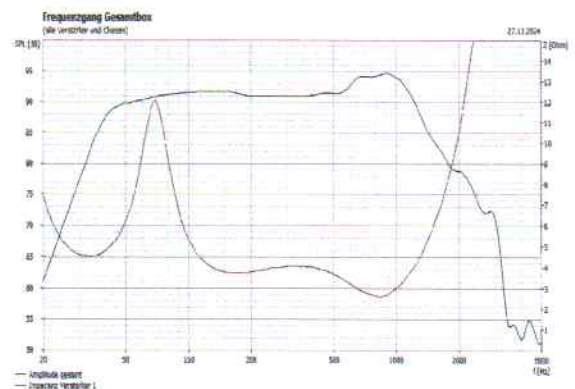
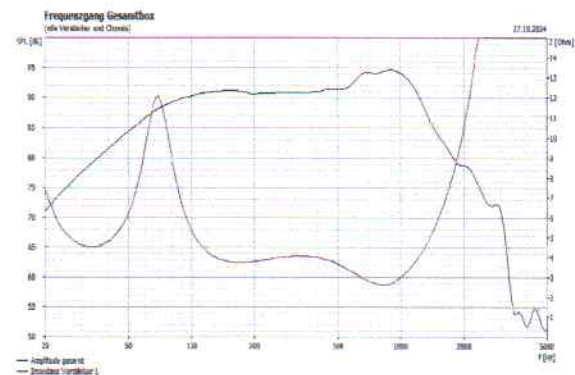
- BGmax, ein Derivat des CT 273 Pseudo-Koax aus der Klang und Ton 4/2014. Der VISATON BG20 sitzt bei mir in 60 Litern BR, abgestimmt auf 36 Hz. Bis auf den steileren Roll-off (36dB/Okt. statt 24dB/Okt.) bekommt man in etwa das, was die CT 232 (Klang und Ton 5/2007) mit dem gleichen Chassis aus 140 Litern herausholt. Dabei ist erstaunlich, was mit der zusätzlichen Entlastung ganz unten aus +/- 2 mm pegelmäßig so machbar ist!



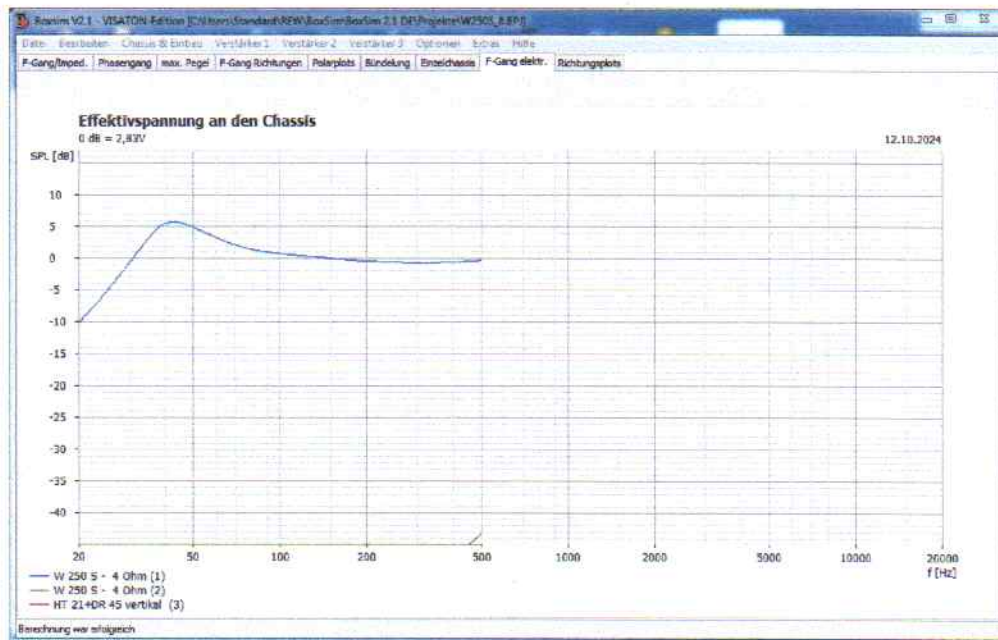
- Die TRITON, in der ein VISATON PAW38 Fünfzehnzöller unter 100 Hz in 67 Litern BR (auch abgestimmt auf 36 Hz). Für einen derart großen Bass ist das Gehäusevolumen schon fast winzig. Was da rauskommt, hat der Olli schon mal abgenickt ...



- Die RUMPELSTILZ, mit je zwei VISATON W250S-4 in je 40 Litern. Ohne HP-Filter braucht dieses Chassis jeweils mindestens 80 Liter BR, sonst ist nix mit Tieftön.



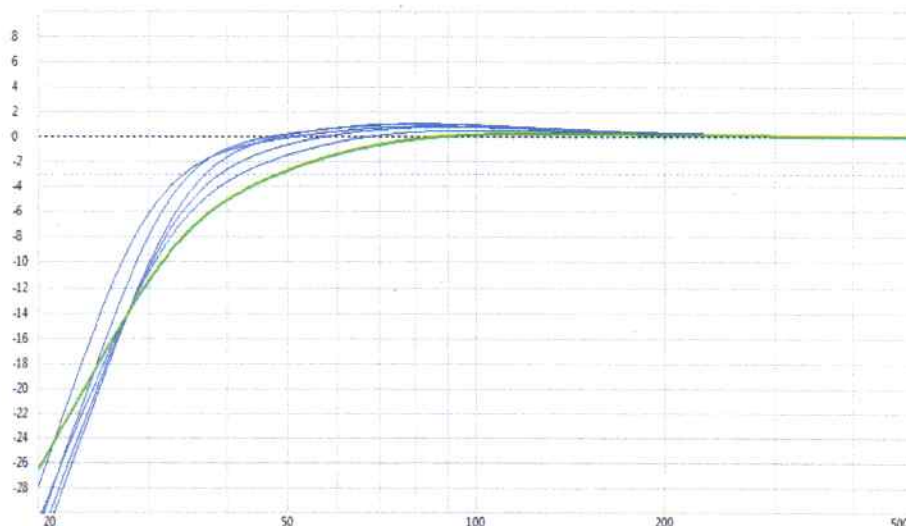
Bassfrequenzgang ohne (oben) und mit HP-Filter $f=40\text{Hz}$ / $Q=2$ (unten)



Filtercharakteristik HP $f=40\text{Hz}$ / $Q=2$

Was macht das ganze so flexibel?

Die Flexibilität bzw. die Möglichkeit, die Basswiedergabe an die individuelle Situation anzupassen ist sehr umfangreich. Nimmt man die Simulation eines Basstreibers (Thomann The box 12-280/8-A in 85 Litern BR) in winISD als Basis, sieht man die Auslegung ohne Hochpassfilter als durchgezogene Linie (grün) und mit Hochpassfilter die mögliche Beeinflussung des Bass-Roll-Offs in Abhängigkeit der Güte, also Poti-Einstellung und der Einsatzfrequenz des Filters, also Position Stufenschalter.



Man kann hier das Beste an der HP-Filterei sehen: Man kann nicht nur zielgerichtet genau da anheben, wo es fehlt, sondern auch sehr elegant in weiten Grenzen den Roll-Off bis hin zur Absenkung* stufenlos einstellen und so direkt auf die Position im Raum (bzw. Hörschmack) einstellen. Im Gegensatz zum Bassteil eines üblichen Klangreglers wird hier nur der untere Bassbereich beeinflusst.

* winISD mag keine „negative Anhebung“

Was spricht dagegen ?

Erstmal ist halt etwas „zusätzliches“ im Signalweg, was den Puristen natürlich nicht so begeistert. Es klirrt, brummt und rauscht aber nix (bei mir zumindest) und das Ding hat oberhalb des Bassbereiches theoretisch eine Verstärkung von 1 (bei entsprechender Einstellung). Theoretisch deshalb, weil sich der Ausgangspegel mit der Güte geringfügig ändert, d.h. bei maximaler Güte bzw. Anhebung um 6dB wird der Pegel insgesamt, also über den gesamten Durchlassbereich gegenüber der „0dB-Anhebung“ um etwa 1,5dB höher. Die Änderung der Einsatzfrequenz hat keine Auswirkungen auf den Ausgangspegel. Falls man das HP-Filter nicht in einer Aktivbox vor der Bassendstufe einfügt, ist das aber nicht relevant, da es eben den Lautsprecher nur geringfügig lauter oder leiser macht.

Die Anhebung ist mit erhöhtem Leistungsbedarf im betroffenen Frequenzbereich verbunden, d.h. die Endstufe muss also schon etwas Strom schieben können. „Kleinleistungs-Endstufen“ wie kleine Röhren oder Class A Verstärker sind nicht die Kandidaten der Wahl.

Und dann wird natürlich die Gruppenlaufzeit höher (6. Filterordnung statt 4. Ordnung bei Bassreflex alleine. Das dürfte in der Wirkung ähnlich wie das manchmal passiv realisierte BRHP (Bassreflex mit Vorkondensator) ausfallen (5. Ordnung). Ich habe da noch nichts signifikant störendes feststellen können. Ist halt wie praktisch alles im Lautsprecherbau - ein Kompromiss.

Die Abstimmung über ein passendes Volumen zu realisieren ist immer vorzuziehen, nur sind halt (bei meinen Beispielen) 140 Liter für den BG20 und ideale 120 Liter für den Bass in der Triton nicht für jeden unterzubringen und, ganz wichtig, wenn das dann dem Raum zu viel wird, per Poti richtig zu stellen. Es bleibt dann nur die Socke im Rohr, oder noch besser, der Ansatz mit vielen Rohren & Socken ...

Interessant ist die Umsetzung bei der *Sentry III* mit fixem HP-Equalizer und alternativer Bass-Abstimmung durch ein Brettchen vor dem Port. Also etwas höhere Abstimmung für den Betrieb ohne EQ und tiefere Abstimmung passend zum EQ durch Verkleinerung der Port-Öffnung:



... und wie kann man das ganze jetzt in der eigenen Kette umsetzen ?

Falls man weiss, wo das heiße Ende beim LötKolben ist und eine Platine belichten und ätzen kann, auf geht's und einfach machen.

Im speziellen Fall, dass ein DIY-Subwoofer verwendet werden soll, kann man die Aktivweiche von *AudioCreativ* ausprobieren.

Auch ein Versuch mit *Nubert* 's „Aktive Tuning Module“ (ATM) sollte sich lohnen. Wenn die Frequenzschriebe von *Nubert* authentisch und exakt sind, liegt die (feste) Einsatzfrequenz des Hochpassfilters bei ca. 35 Hz bei der „Kompakt“-Variante und ca. 30 Hz bei der Type „Stand“. Der Einstellbereich der Anhebung liegt bei 15dB. Eine recht sachgerechte Einstellung des Frequenzganges im Mittel-Hochton-Bereich gibt es gleich noch dazu. Ausprobiert habe ich das aber nicht.

Ideal wäre es, wenn ein fachkundiger Frickler mittels CAD eine Platine routet, mit allen frequenzbestimmenden Bauteilen, Schaltern, Poties und Buchsen direkt auf der Platine, so dass man per Gerber-Files Platinen für kleines Geld in Auftrag geben kann. So etwas wäre dann vergleichsweise einfach aufzubauen. Das benötigte Netzteil gäbe es bei seriösen Anbietern wie z.B. *audiophonics* komplett fertig bestückt. Alternativ könnte man das Netzteil bis auf den Trafo mit auf die Platine packen und diesen dann, wie bereits erwähnt, in ein Steckernetzteil-Gehäuse auslagern.

Fazit

Ich mag das „Gizmo“ vom Don einfach - es ermöglicht Kompaktboxen mit erstaunlichem Tiefgang bei ebenso erstaunlichem Maximalpegel und macht den 15-Zöller Wohnzimmer-tauglich. Wichtig ist dabei, den Lautsprecher möglichst von vorne herein so ausulegen, dass im Zusammenspiel mit dem Equalizer ein lineares Verhalten resultiert.

Also: Fein gemacht Don B. Keele jr. !