

Bassreflex 5. Ordnung

Durch einen passiven Hochpass unterstützte Bassreflex-Konstruktionen zählen zu den Exoten im Lautsprecherbau. Kein Wunder: Um die unbestreitbaren Vorzüge dieser Konstruktionsschule nutzen zu können, bedarf es eines Tieftöners mit sehr speziellen Eigenschaften.

Damit unter Mitwirkung von nicht weniger als fünf Energiespeichern – daher die Bezeichnung als (Bassreflex-)System fünfter Ordnung (BR5) – eine optimal ausgewogene Wiedergabe aller Tieftonfrequenzen entsteht, bedarf es eines Tieftöners mit Parametern, die diesen in einer weniger exotischen Einbausituation als ziemlich unbrauchbar erscheinen ließen: Grundvoraussetzung ist eine hohe Resonanzgüte oberhalb von 0,5, und darüber hinaus hilfreich ist eine sehr harte Membraneinspannung, also nicht sonderlich tiefe Resonanzfrequenz. Ist nämlich die Membran so weich aufgehängt, wie es bei HiFi-Tieftönern mit ihren üblicherweise sehr niedrigen Resonanzfrequenzen die Regel ist, dann lassen sich mit BR5 zwar irrwitzig niedrige Grenzfrequenzen erzielen, aber zu einem hohen Preis: Als Boxenvolumen wird etwa das Dreifache des Äquivalentvolumens (V_{GS}) benötigt, bei Vas-Werten im dreistelligen Liter-Bereich natürlich das K.O. für fast jedes Lautsprecher-Projekt.

Focals Elfzöller 11W7670 lässt mit deutlich über 50 Hertz Resonanzfrequenz, einer Resonanzgüte von 0,53 und gerade mal 19 Litern Äquivalentvolumen den Betrachter stutzen: Für eine „normale“ Bassreflexkonstruktion sind das nicht gerade vielversprechende Werte, und für eine geschlossene Box spricht zwar die hohe Güte, nicht aber die ebenfalls hohe Resonanzfrequenz. Für ein Hochpassunterstütztes Bassreflex-System sind diese exotischen Parameter dagegen schlicht perfekt: Selbst das dreifache Äquivalentvolumen bleibt mit 57 Litern Gehäusegröße im bestens handhabbaren Bereich,

Das Ausschwingverhalten ist signifikant besser als bei Bassreflex 4. Ordnung.

und mit einer Grenzfrequenz von um die 30 Hertz sind die allermeisten Tiefbass-Aufgaben lösbar. Die Vorteile von BR5 gegenüber einer Bassreflexabstimmung vierter Ordnung (also ohne Hochpass-Filterung) können sich sehen lassen: Sehr tiefe (Stör-)Frequenzen weit unterhalb der Lautsprecher-Grenzfrequenz, die z. B. bei Schallplattenwiedergabe für das auffällige Flattern der Tieftonmembranen verantwortlich sind, fischt der Hochpass zuverlässig

ab. Und das Ausschwingverhalten ist – erstaunlicherweise, die Theorie lässt das Gegenteil erwarten – signifikant besser. Unsere Messungen an der Triga Neo Pro (s. u.) belegen es.

Berechnung

Die Dimensionierung eines BR5-Gehäuses ist eine einfache Kopfrechenaufgabe: Einen Tieftöner mit Q_{TS} zwischen 0,5 und 0,7 vorausgesetzt, verdreifachen Sie dessen Äquivalentvolumen, um auf das Gehäusevolumen zu kommen. Die Bassreflex-Abstimmfrequenz f_b liegt bei 60 Prozent der Chassis-Resonanzfrequenz f_s :

$$f_b = 0,6 * f_s$$

Das ist auch gleichzeitig die untere Grenzfrequenz. Der Hochpasskondensator muss experimentell optimiert werden, da auch rechnerisch kaum erfassbare Einflüsse, vor allem die Induktivität der Schwingspule, dessen Größe beeinflussen. Ein günstiger Ausgangswert ist

$$C = \frac{200.000}{f_b * Z}$$

Z ist dabei die (Nenn-)Impedanz des Tieftöners. Diese Formel liefert C bereits in Mikrofarad.

Der Bassreflexkanal ergibt sich aus der folgenden Formel, wobei der Durchmesser d eines runden Kanals vorgegeben wird:

$$l = \frac{2.340d^2}{f_b^2 V_b} - 0,8d$$

In diese Formel wir das Gehäusevolumen V_b in Litern, die Abstimmfrequenz f_b in Hertz und der Bassreflexkanal-Durchmesser d in Millimetern eingesetzt. Als Ergebnis ergibt sich die Reflexrohrlänge

l in Millimetern.

Beispielrechnung

Focals 11W7670 benötigt bei 19 Litern Äquivalentvolumen das Dreifache an Gehäusevolumen,

also 57 Liter.

Die Abstimm- und gleichzeitig untere Grenzfrequenz errechnet sich aus $f_s = 55$ Hertz zu $f_b = 33$ Hz. Bei 57 Litern und 100 Millimetern Bassreflexkanal-Durchmesser liefert die Bassreflexformel eine Tunnellänge von 300 Millimetern.

Der Hochpass-Kondensator schließlich errechnet sich zu 1.515 Mikrofarad.

Diese Werte liegen sehr nah an den tatsächlich rea-

lisierten Daten des Lautsprechers. Schon mit dieser sehr einfachen Methode sind also vorzügliche Resultate möglich. Wirklich perfekt wird eine akustische Abstimmung allerdings immer erst durch Versuch und Irrtum. Dabei leistet ein entsprechend qualifiziertes Simulationsprogramm, etwa AJHorn oder BoxSim, wertvolle Hilfe: Die Auswirkungen bei Variation der errechneten Daten lassen sich mit diesen Programmen schnell und einfach erkunden.

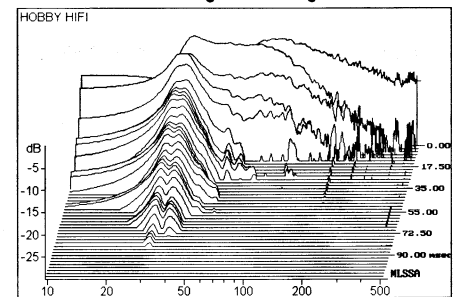
Natürlich gelingt das auch ohne Computerhilfe: Bassreflexkanal und Hochpasskondensator sind schließlich experimentell leicht veränderbar. Wenn Sie das Gehäuse etwas größer als berechnet bauen, können Sie durch Einbringen von MDF-Reststücken sogar mit dem Gehäusevolumen spielen. Die Ergebnis-Kontrolle führen Sie dann mit Ihrem besten Messgerät durch: dem Gehör.

Fazit

Hochpass-gefilterte Bassreflexsysteme lassen sich erstaunlich leicht berechnen, und sie bieten gegenüber „normalen“ Bassreflexboxen erhebliche Vorteile. Allerdings ist längst nicht jeder Tieftöner für eine solche Konstruktion geeignet: Die Resonanzgüte sollte zwischen 0,5 und 0,7 liegen.

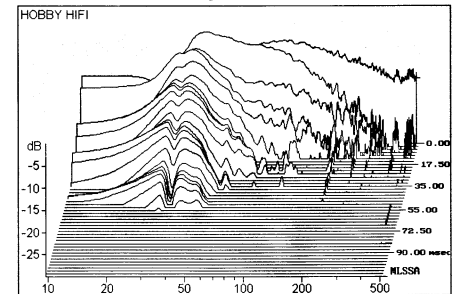
Eine ausführliche messtechnische Untersuchung von BR5 bzw. BRHP finden Sie in HOBBY HiFi 1/2008.

Triga Neo Pro: Tiefton-Ausschwingverhalten mit Bassreflex-Abstimmung 4. Ordnung



Starkes Nachschwingen auf der Bassreflex-Frequenz.

Triga Neo Pro: Tiefton-Ausschwingverhalten mit Bassreflex-Abstimmung 5. Ordnung



Der Hochpass-Kondensator verbessert das Ausschwingen auf der Bassreflex-Frequenz signifikant.