

Mini Bandpass



Bei einigen Liebhabern wird der Bandpass als eine Geheimwaffe angesehen. Ultimativ tiefer Bass bei hohem Wirkungsgrad – was will man mehr. Nun, es ist wahrhaftig so, der Schalldruck kann einige dB über dem eines Reflexgehäuses liegen. Die abgestrahlte Energie wird in einem schmalen Peak gebündelt und je schmaler die Frequenzantwort ist, desto höher ist der Schalldruckanstieg.

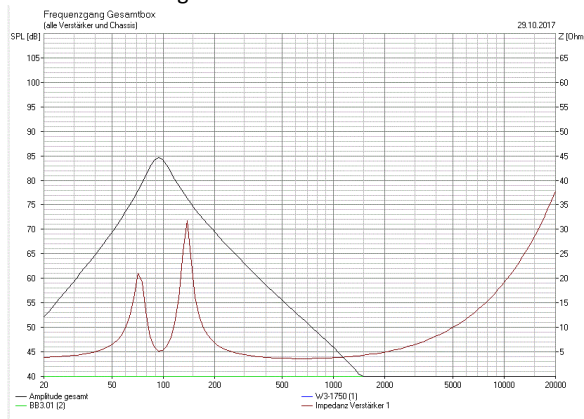
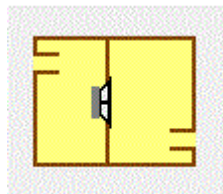
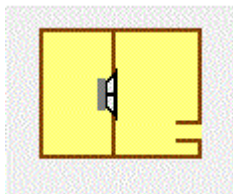


Abbildung 1, Simulation BP 4. Ordnung

Anhand des Frequenzganges wird ein weiterer Vorteil ersichtlich. Da der Pegel allein durch die Bauart im Frequenzumfang begrenzt ist, kann auf eine Weichenschaltung verzichtet werden. Das Ding lässt sich simpel als Subwoofer an einen vorhandenen Lautsprecher ankopplern.



Zwei Bauarten finden allgemein Anwendung. Der 4. Order und der 6. Order Bandpass (im Folgenden BP genannt).

Das Bild links zeigt den einseitig ventilierten (4. Order) und daneben den doppelseitig ventilierten (6. Order) BP. Der doppelseitig ventilierte BP besitzt zwei unterschiedlich abgestimmte Reflexgehäuse.

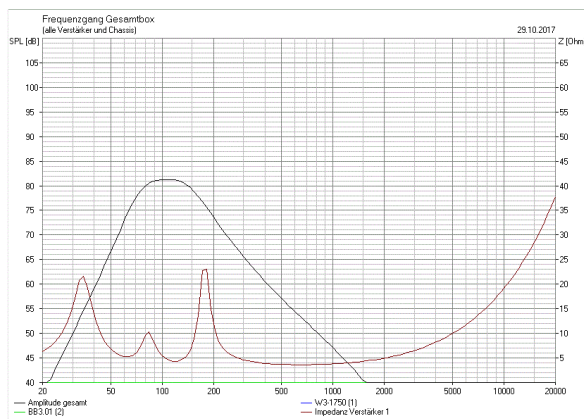


Abbildung 2, Simulation BP 6. Ordnung

Liegen die Frequenzen sehr nahe beieinander so kommt es aufgrund der Phasendrehung zu Auslöschungen. Immerhin strahlt die Membran mit der Front- sowie mit der Rückseite um 180 Grad phasenverschoben ab. Liegen die beiden Resonanzfrequenzen dagegen weit auseinander, so ergibt sich ein Einbruch im Frequenzgang zwischen den Resonanzen. Je breiter das Frequenzband und je tiefer die Frequenz desto geringer fällt der Schalldruck aus. Und noch eine Besonderheit sollte Berücksichtigung finden. Die beim Bassreflexsystem bekannten Kanalresonanzen sind auch hier auffällig. Der reale Frequenzgang zeigt dies deutlich.

Leider bleiben die Pegel der Rohrresonanzen unabhängig vom Nutzpegel stets in gleicher Höhe erhalten. Da hilft auch kein Bedämpfen, denn man müsste die Bedämpfung im Rohr anbringen. Im Ergebnis wäre das Reflexrohr wirkungslos. Bei einem Subwooferverstärker mit aktiver Trennung, ist diese Sorge allerdings unerheblich.

Der Frequenzgang des BP 6. Ordnung ähnelt keinem Dreieck sondern eher einem Trapez. Die Simulation des Frequenzganges sieht vergleichsweise besser aus als die des BP 4. Ordnung. Aber der Teufel steckt im Detail. Bei genauer Betrachtung erkennt man, dass der Schalldruck um 4 dB unter dem des einfach ventilierten BP liegt.

Und auf diese Weise zeigen sich bereits die Grenzen des Bandpassgehäuses. Je lauter die Wiedergabe, umso schmaler fällt die Frequenzantwort aus. Bisher noch nicht genannt ist die Linearität des Frequenzganges. In der Fachzeitschrift Hobby HiFi, Heft 4/2017, wurden dazu einige Beispiele genannt. Da beim doppelt ventilierten BP für beide Reflexrohre unterschiedliche Resonanzfrequenzen eingestellt werden, kann sich nur in einem bestimmten Bereich ein gradliniger Frequenzgang einstellen.

Dimensionierung des Bandpass- Systems

Selbst im Internet muss man lange suchen, bis man Berechnungen für Bandpasslautsprecher findet. Einerseits ist deren Verbreitung in unserem Land begrenzt und zum anderen können je nach Anwendungsfall viele Varianten zu einer Lösung führen.

Trotzdem, einfach so ohne Orientierung drauf los simulieren, ist ebenfalls keine Lösung.

Es bieten sich folgende Möglichkeiten an:

Doppelt ventilierter Bandpass

<http://www.mh-audio.nl/Bandpass.asp>

Einfach ventilierter Bandpass

<http://audiojudgement.com/4th-order-bandpass-design/>

Das Simulationsprogramm Boxsim bietet ebenfalls eine Lösung an. Unter "Extras" sind Hilfsberechnungen für eine geschlossene und eine Bassreflexbox zu finden. Da der einfach ventilerte Bandpass eine Fügung aus geschlossener Box und Reflexbox ist, kann mit den angezeigten Werten begonnen werden. Mit der Bandpass-Simulation tastet man sich danach an das gewünschte Ergebnis heran.

Der Aufbau

Gründe für wenige Angebote von Bandpasslautsprechern bei den Massenproduzenten liegen in mehreren Punkten vor.

- Einmal ist das Volumen vielfach größer als bei herkömmlichen Lautsprechergehäusen.
- Die Erhöhung des Wirkungsgrades bringt heutzutage wenig Effekt, da Verstärker mit ausreichend Leistung billig beschaffbar sind.
- Aufgrund der vielen Freiheitsgrade in der Berechnung gibt es nicht nur eine Lösung, sondern eine Vielzahl von Varianten, die zeitaufwendig erprobt werden müssen.

Dies alles stört jedoch keinen Selbstbauer. Umso schwieriger und zeitaufwendiger eine Aufgabe ist, desto interessanter wird diese für DIY.

Mit Basteln und Probieren begann es auch in diesem Fall. Ein Bandpass 6. Ordnung sollte es werden, der einen breiten linearen Frequenzgang erzeugt. Zwei Chassis aus dem Hause blue planet acoustic erschienen als geeignet:

**Subwoofer W3-1750S und
Omnes Audio BB 3-01.**

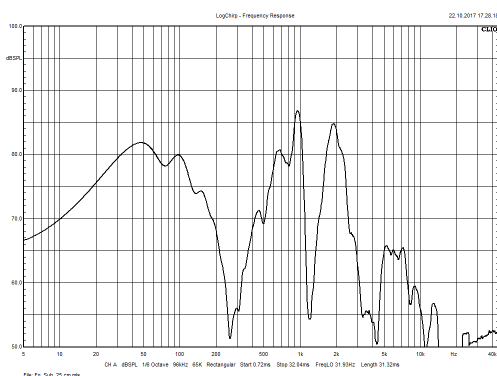


Abbildung 3, Messung BP 6. Ordnung

Ein Versuchsaufbau mit berechneter rückseitiger Abstimmung $f = 125$ Hz bei 0,65L Volumen und frontseitiger Abstimmung von 65 Hz bei 1,4L Volumen zeigte nur wenig Erfolg.

Man sieht nur einen angedeuteten Frequenzganghügel kurz über 100 Hz einen zweiten bei ca. 60 Hz und dazwischen eine Senke. Demgegenüber sind die Rohrresonanzen extrem hoch. So wird das nichts. Dieser Versuch wurde verworfen.

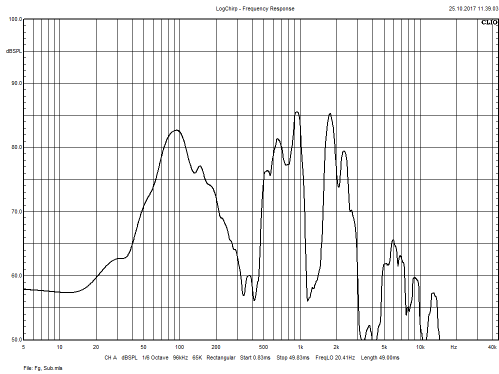


Abbildung 4, Messung BP 4. Ordnung

Der nächste Versuch war ein Bandpass 4. Ordnung. Die Abstimmfrequenz wurde dabei auf 90 Hz erhöht und die Simulation mit gemessenen Einzelwerten zeigte ein besseres Ergebnis:

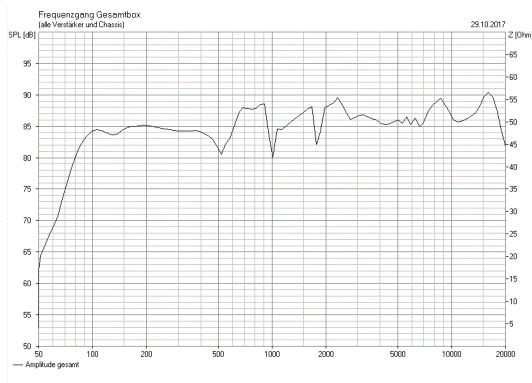
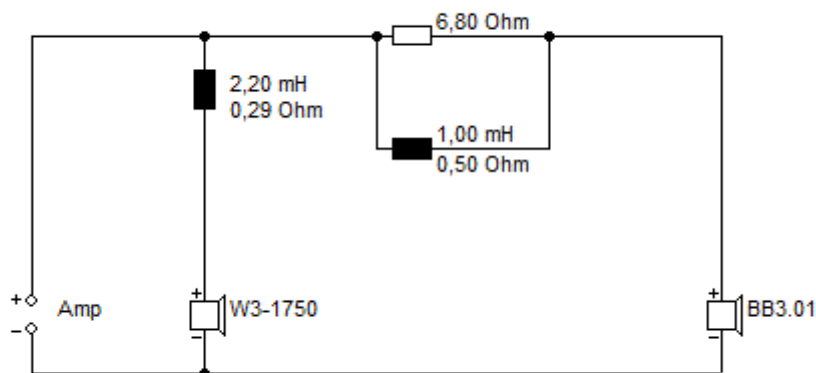


Abbildung 5, Simulation mit gemessenen Daten

Die Messwerte wurden jetzt in Boxsim importiert und bevor weiter probiert wurde, sollte mittels Simulation die Machbarkeit des Projektes überdacht werden. Das Ergebnis ist prinzipiell nicht schlecht. Der Tieftonbereich entspricht bereits unserer Vorstellung. Lediglich die Mitten werden durch die Rohrresonanzen des Bandpasses stark beeinträchtigt. Dieses Problem ist jedoch lösbar.

Die Frequenzweiche

Es wäre zu einfach, sollten wir ohne Frequenzkorrektur auskommen. Zwei Korrekturglieder waren erforderlich. Die Spule 2,20 mH drosselte den Einfluss der Rohrresonanzen im Mittelton und das RL Glied glich den Baffle Step aus. Beide Chassis müssen in diesem Fall gleich gepolt werden, da das Subwoofer Chassis den Schalldruck mit der Membranrückseite erzeugt. Die Drehung des Chassis und die Phasenverschiebung durch den Reflexkanal gleichen sich aus.



Diese wenigen Bauteile wurden auf der Rückwand montiert.



Klang

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich der Aufwand für den integrierten Subwoofer durchaus lohnt. Nicht nur im Klang ist eine deutliche Erhöhung des Basspegels wahrnehmbar, dies lässt sich genauso in der Simulation belegen.

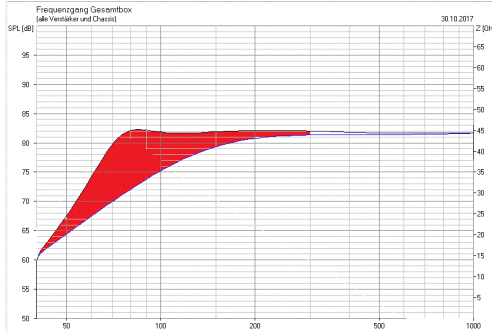
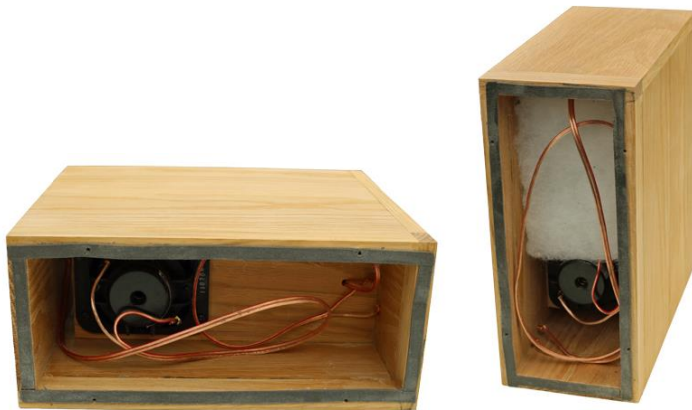
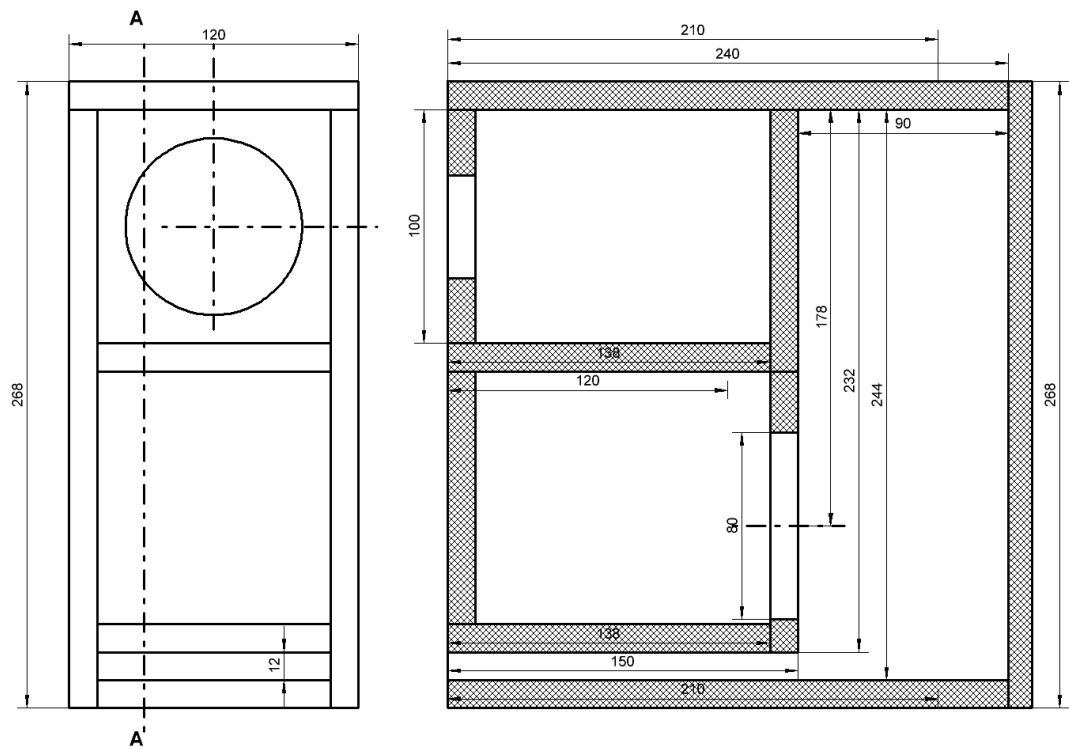


Abbildung 6, Sub-Anteil am Gesamtfrequenzgang

Gehäuse

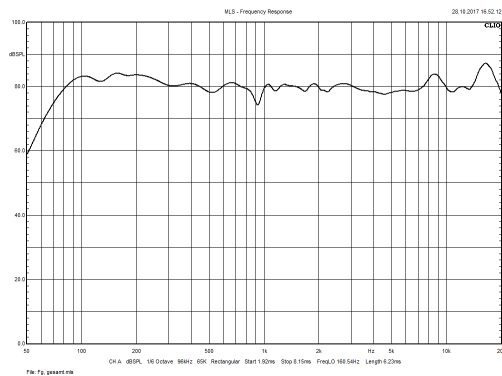


Technische Daten der Lautsprecherbox

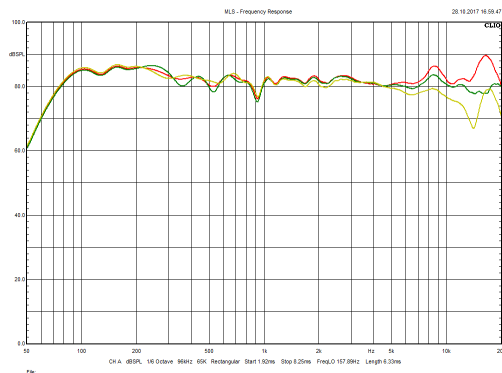
Prinzip:	FAST (fullrange with subwoofer technology)
Nennimpedanz:	4 Ohm
Belastbarkeit (Musik):	50 W
Übertragungsbereich:	65...20000Hz
Kennschalldruck:	80 dB
Abmessungen (HxBxT):	268 mm x 120 mm x 250 mm
Material:	Leimholz Eiche 12 mm

Messungen

Frequenzgang



Frequenzgang unter Winkeln (0; 15; 30)



Benötigte Bauteile

- Chassis W3-1750S
- Chassis BB 3.01
- 0, 5 Beutel Dämmmaterial
- Rollenkerne HQ40/2.2/095
- Rohrkerne HQR32/1.0/71
- Mox Widerstand 6,8 Ohm, 10 Watt