

Der Bausatz Unit III



Dieser Lautsprecher erforderte im Vorfeld wesentlich mehr Überlegung als das üblicherweise der Fall ist.

Es war zuerst die häufig vernachlässigte Frage zu klären: „Welche Musikrichtung soll überwiegend gehört werden?“ Beim Pkw würde niemand auf den Gedanken kommen einen Landrover für die schnelle Autobahnfahrt zu kaufen, das sollte beim Lautsprecher nicht anders sein. In unserem Fall ist Klassik, Jazz und Soul vordergründig und daraus leiten sich Eigenschaften wie Feinauflösung, Räumlichkeit und Dynamik ab. Die stereofone Bühne sollte sich präzise darstellen und die Wiedergabe selbst bei geringer Lautstärke sollte hoch aufgelöst sein.

Mit den herkömmlichen Mehrwegelautsprechern lassen sich diese komplexen Forderungen nur schwer erfüllen, da die räumliche Distanz der Chassis keine homogene Richtwirkung ermöglicht. Es bilden sich sogenannte „Abstrahlkeulen“, die das Richtverhalten beeinträchtigen. Die konsequente Lösung des Problems ist die Punktschallquelle, welche durch ein Breitbandchassis oder durch ein Koaxialchassis zu realisieren ist.

Leider ist die Lösung nicht ohne Ecken und Kanten. Kleine Breitbandchassis zeigen zwar ein gewolltes Abstrahlverhalten, können aber nur wenig Tieftone wiedergeben und haben einen geringen Schalldruck. Die größeren Chassis dagegen bündeln im Hochton extrem und weisen starke Resonanzen in der Hochtonwiedergabe auf. Alle Varianten bilden Interferenzen, die bei der Wiedergabe mehrerer Frequenzen aus einem Schalltrichter entstehen. Es wird also schwierig den optimalen Weg zu finden.

Da für den Selbstbau nichts zu schwer ist, gibt es natürlich auch hier eine Lösung. Das FAST-System (Fullrange And Subwoofer Technology) vereint die Vorteile von Breitbändern und Mehrwegsystemen. Bei den FAST-Lautsprechern liegt die Trennfrequenz im Bereich von 100 Hz bis 300 Hz. Damit wird der sensible Bereich unseres Gehörs, der zwischen 1 kHz und 4 kHz liegt, nicht durch Zeitverzögerungen, Verzerrungen und Sprüngen in der Abstrahlcharakteristik beeinflusst. Der Subwoofer entlastet den Breitbandlautsprecher, so dass dieser sehr vorteilhaft besonders klein ausfallen kann. In diesem Fall ist auch die räumlich verteilte Anordnung der beiden Schallquellen zu vernachlässigen.

Die Größe des Basschassis wird lediglich durch den Kennschalldruck limitiert. Das vereinfacht die Sache nicht unbedingt. Wenn also jemand aus optischen Gründen einen großen Subwoofer einsetzen möchte, dann benötigt man einen Breitbänder mit hohem Kennschalldruck.

Das Design

Die Auswahl nach der Musikrichtung haben wir bereits vorgenommen, an zweiter, jedoch nicht unwichtiger Stelle steht die Auswahl nach dem Design.

Wir stellen eine Box für den kleinen bis mittleren Wohnraum her, also 15...35 qm Fläche des Raumes. Das Aussehen ist einfach und funktionsbetont. Unser Lautsprecher ist schmal und mit 16 cm Breite grade ausreichend für den Breitbänder auf der Vorderseite. Im Gegensatz dazu haben die bekannten Bauanleitungen für FAST-Lautsprecher den Subwoofer auf der Front platziert, wer möchte sich solch ein Monstrum ins Wohnzimmer stellen. Der Sub und das ist kein kleiner, sondern ein 28 cm Bolide, fungiert als Seitenbass.

Die Chassis

Das Chassis für den Seitenbass wurde von Anfang an gesetzt, der Wavecor Woofer SW280WA01.



Die geringe Einbautiefe von nur 70 mm gestattet den Bau eines derart schmalen Gehäuses. Entsprechend der Gehäuseempfehlung des Distributors sind bei geschlossener Bauweise bereits 13,4 Liter Volumeninhalt ausreichend. Bei einer Resonanzfrequenz von 26 Hz können auch ohne Bassreflexabstimmung bereits 31 Hz untere Grenzfrequenz erzielt werden. Mit einem Kurzschlussring zur Minimierung der Verzerrungen bietet das Chassis höchstes Qualitätsniveau. Der Kennschalldruck von 86 dB(2,83V/1m) gestattet allerdings nur die Kombination mit ausgewählten Breitbandchassis.

Ich verrate nicht zu viel, wenn ich erkläre, dass die Suche nicht einfach war.

Nach mehreren Versuchen sind wir beim Visaton B100 gelandet. Mit 88 dB(2,83V/1m) erwies sich dieses Chassis als geeignet.

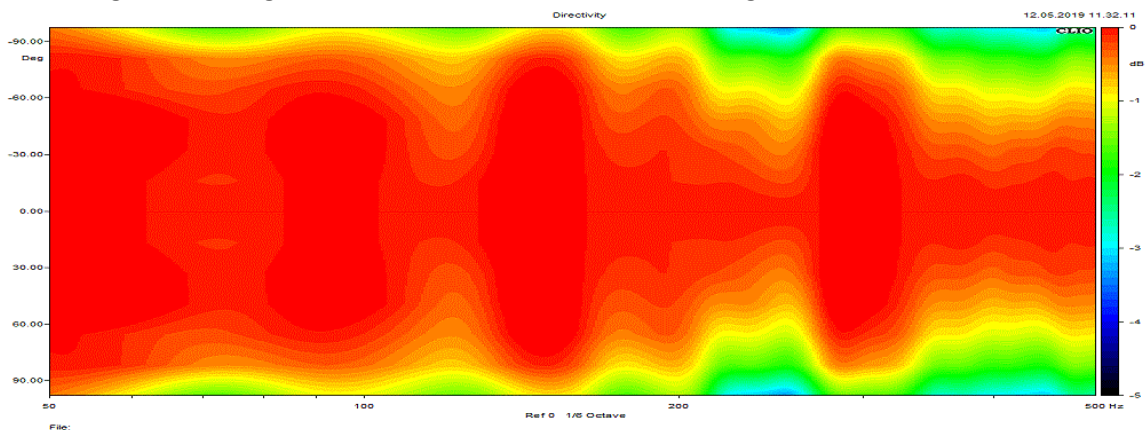


Die Papiermembran mit einer Masse von nur 3,3 Gramm ermöglicht den hohen Kennschalldruck und geringste mechanische Verluste. Unsere einleitende Forderung nach Feindynamik und hohem Auflösungsvermögen auch bei niedriger Lautstärke wird damit erfüllt. Mit Kupferringen zur Impedanzkontrolle werden die unangenehmen Oberwellen K3 und K5 im Zaum gehalten und gestatten eine exzellente Klangqualität. Die Wiedergabekurve verläuft sehr linear mit etwas ansteigender Tendenz. Ein Umstand, der bei vielen Breitbandchassis vorzufinden ist. Die Korrektur ist jedoch

durch eine RL-Kombination sehr einfach zu realisieren.

Die Frequenzweiche

Auch bei der Trennfrequenz haben wir uns auf einen festen Wert geeinigt. Diese soll möglichst bei 150 Hz liegen. Grundlage dafür war das schnell ermittelte Sonogramm des Subwoofers.

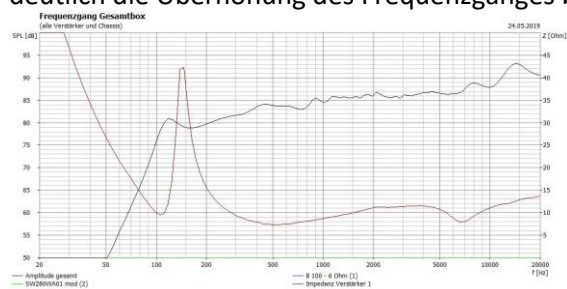


Im Bereich von f_u bis 200 Hz verringert sich der unter 90 Grad abgestrahlte Schallanteil nur um max. 1 dB. Die Abstrahlung unter 150 Hz ist also näherungsweise kugelförmig, folglich beeinflusst die seitliche Chassisanbringung den Gesamtfrequenzgang nicht.

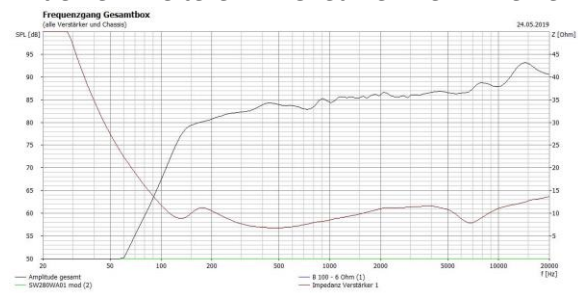
So gesehen bestätigt sich unsere Trennfrequenz, die mittels passiver Bauteile realisiert werden soll. Trotz der Leitlinie möglichst wenig Schalldruck durch aufwendige Bauteilanhäufungen zu reduzieren, kommen wir um einige Maßnahmen nicht umhin.

Einerseits sollte der ansteigende Frequenzgang und zum anderen die schmalbandige Membranresonanz bei 7000 Hz des B100 korrigiert werden. Dem Frequenzgang begegnen wir mit einem (neudeutsch) Selving Filter, deutsch Kuhschwanzfilter. Die Membranresonanz korrigieren wir mit einem Saugkreis.

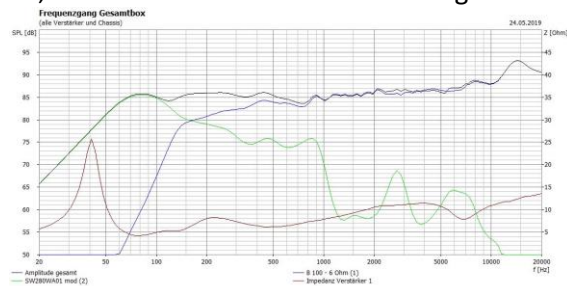
Jetzt ist das Werk bis auf eine Kleinigkeit fast vollbracht. Die niedrige Trennfrequenz liegt dicht an der Einbauresonanz des Breitbanders, das beeinflusst den Frequenzgang gewaltig. Man erkennt deutlich die Überhöhung des Frequenzganges bei 120 Hz.



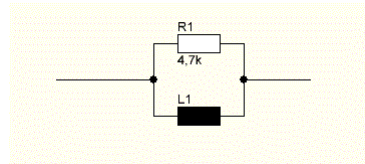
Mit einem weiteren RL-Glied nehmen wir eine Korrektur vor.



So, nun sieht es schon besser aus. Zu guter Letzt fügen wir den Subwoofer in der Simulation hinzu.



Der Frequenzgang zeigt immer noch einen leichten Anstieg. Dies ist jedoch gewollt, da durch das Bündelungsverhalten des Breitbanders der Reflexschall von den Raumwänden mit steigender Frequenz abnimmt. Um dem entgegen zu wirken muss etwas mehr Hochtonenergie in den Raum abgestrahlt werden. Dazu wird lediglich der Widerstand im Selving Filter angepasst. Ein kleiner Widerstandswert verstärkt die Hochtonwiedergabe, während ein größerer Widerstand eine Schwächung des Hochtons bewirkt. Im Original verwenden wir Mox 4,7 Ohm, bei Änderung auf Mox 6,8 Ohm wird der Frequenzgang linear.



Aufgrund der beengten Einbausituation wurde für den Aufbau der Frequenzweiche eine Lötösenleiste verwendet. Man beachte, dass die Achsen der Spulen im 90 Grad Winkel stehen, um transformatorische Wirkungen zu verhindern.

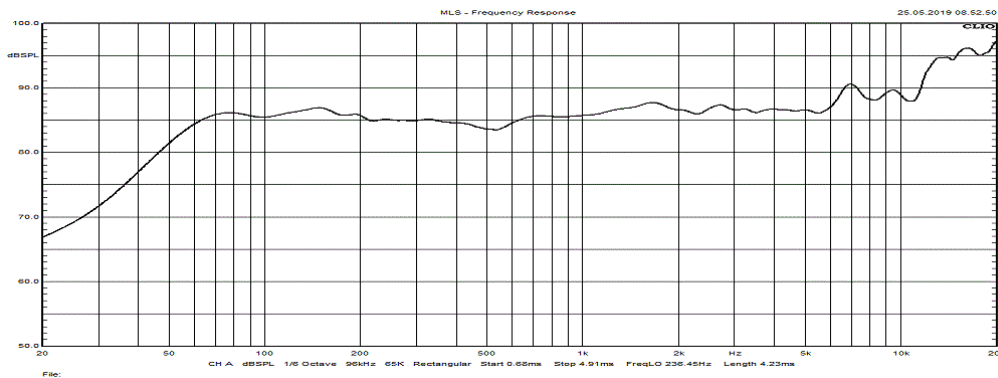


Technische Daten der Lautsprecherbox

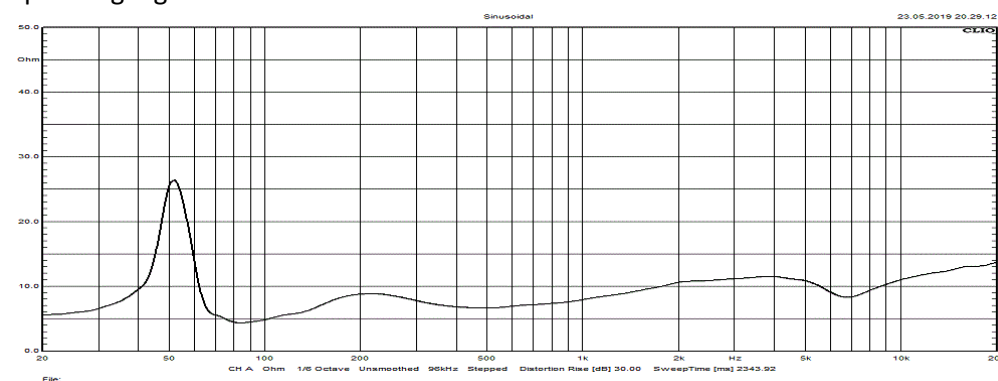
Nennimpedanz:	6 Ohm
Belastbarkeit :	60 W
Prinzip:	FAST
Übertragungsbereich (f8):	40...20000Hz
Kennschalldruck:	85 dB
Trennfrequenz:	160 Hz
Frequenzweiche:	6/12 dB
Max. Schalldruck:	104 dB (250 Hz...8000 Hz)
Geeignete Raumgröße:	15...35 qm
Gewicht:	13,8 kg

Messungen

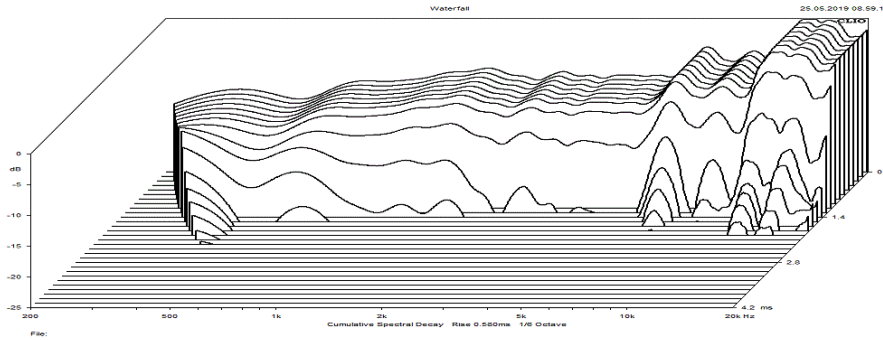
Frequenzgang axial



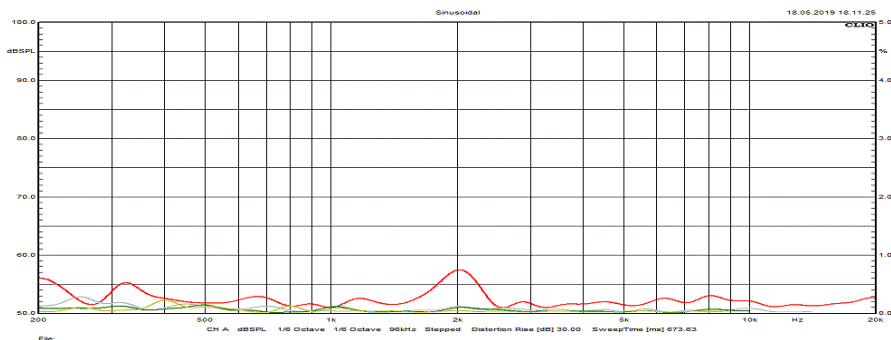
Impedanzgang



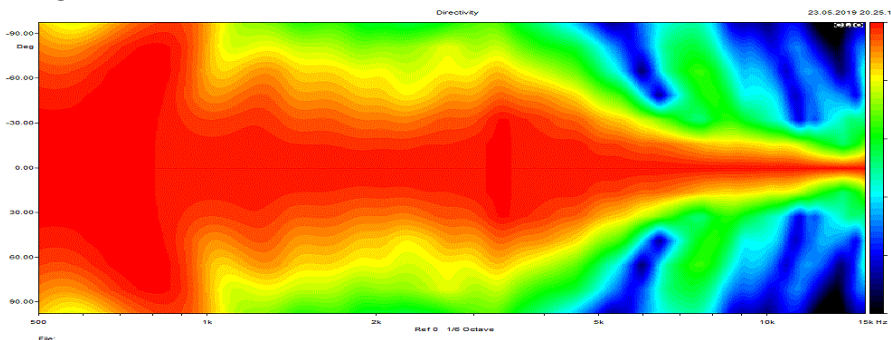
Wasserfalldiagramm



Klirr bei 85 dB



Sonogramm



Zusammenfassung der Messergebnisse

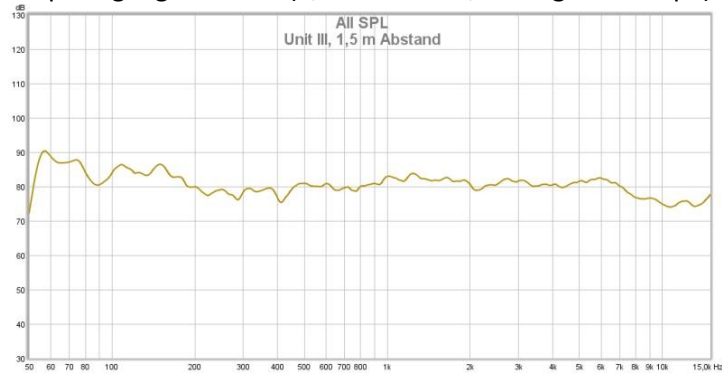
Man erkennt im Sonogramm, dass ab ca. 5 kHz die Verteilung im schmalen Winkel erfolgt. Vergleicht man das Sonogramm mit dem eines Kalottenhochtöners, dann strahlt eine Kalotte bei 5 kHz und darüber etwa doppelt so breit ab. Der Kalottenhochtöner wirft also mehr Energie in den Raum. Um das damit entstehende Defizit an Reflexschall im Raum beim Breitbänder wieder auszugleichen ist es sinnvoll, den Frequenzgang tendenziell ansteigen zu lassen. Das Diagramm des Frequenzganges zeigt diesen Anstieg.

Der Impedanzgang verläuft sehr gleichmäßig und auch im Wasserfalldiagramm sind keine störenden Resonanzen zu erkennen. Sicher ein Hinweis auf die Kupferringe zur Impedanzkontrolle beim B100 Chassis.

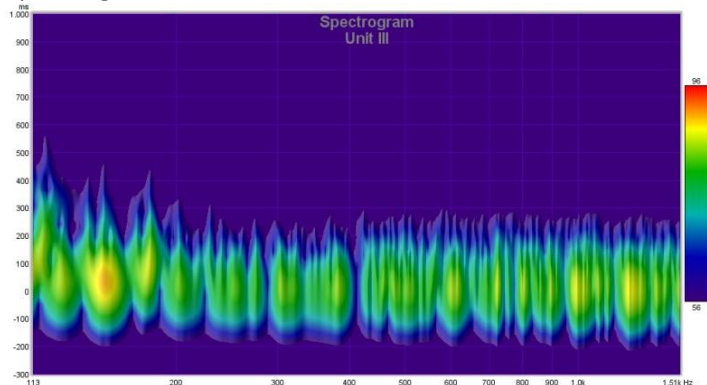
Besonders hervorzuheben ist der niedrige Klirrfaktor. Selbst der noch angenehm klingende K2 (im Diagramm die rote Kurve) verläuft exakt unter 1%, ist also unhörbar. Die unangenehmen Klirrkomponten K3 und K5 sind kaum messbar.

Weitere Messungen, die den Klangcharakter des Lautsprechers bestimmen

Frequenzgang im Raum (1,5 m Abstand, Raumgröße 22 qm)



Spektrogramm



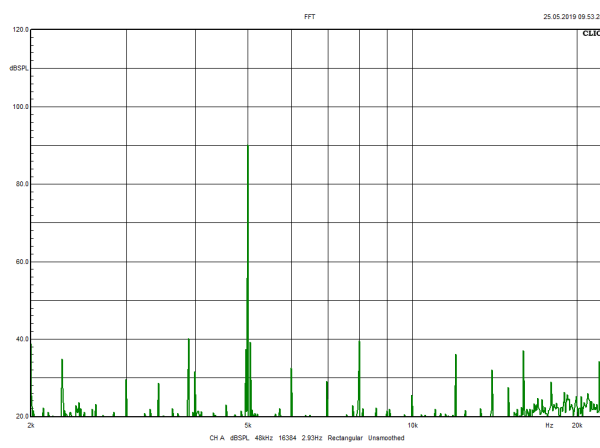
Mit den beiden Raummessungen, Frequenzgang und Spektrogramm, werden unsere bisherigen Freifeldmessungen bestätigt. Der Frequenzgang im Raum ist beinahe schon zu linear. Man rechnet im Allgemeinen mit einem leicht stetigen Abfall im Raum, um optimale Klangqualität zu erreichen. Durch Verändern eines einzelnen Widerstandes im Selving Filter lässt sich jedoch leicht eine Anpassung vornehmen.

Das Spektrogramm ist vorbildlich. Das schnelle Ausschwingen ist mit Sicherheit auf die Qualität des Sub-Chassis und auf die geschlossene Bauweise zurückzuführen.

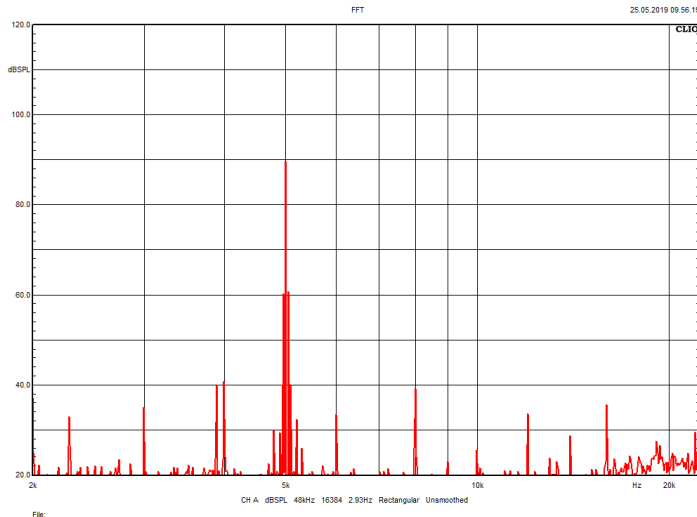
Die beiden folgenden Messungen zeigen welchen zusätzlichen Einfluss die Belastung des Breitbanders mit tiefen Frequenzen hat. Beim Bassreflexbetrieb muss eine Membran sowohl tiefe als auch hohe Frequenzen zugleich wiedergeben. Das bleibt nicht ohne Folgen, es bilden sich Intermodulationsprodukte, die einen sauberen Klang verschmieren. Anders ist es beim FAST System, da die Wiedergabe über getrennte Chassis erfolgt.

Zur Feststellung möglicher Unterschiede im Klang beider Lautsprecher wurde das Zweitonverfahren genutzt. Den Lautsprechern wurde ein 50 Hz und ein 5000 Hz Sinussignal gemeinsam zugeführt und der abgestrahlte Schall wurde gemessen.

1. FAST



2. Bassreflex

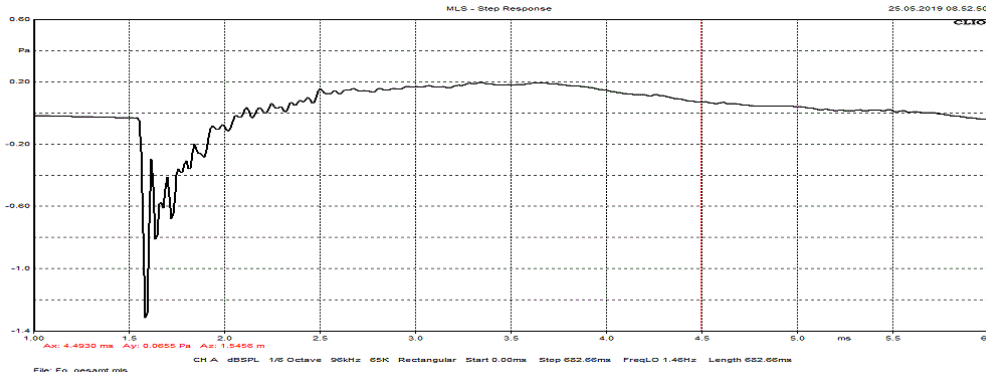


Das Nutzsignal bei 5000 Hz liegt bei 90 dB. Beim FAST Lautsprecher sieht man Verzerrungen mit einer Intensität von 40 dB, währenddessen die Verzerrungen beim Bassreflexsystem bis zur Höhe von 60 dB ansteigen und sich darunter noch weiter verbreitern. Rechnet man nun die Verzerrungen in Prozent um, so ergibt sich:

Bassreflex – 3%,
FAST – 0,3%.

3% Verzerrungen bei 5000 Hz sollten bereits hörbar sein. Eine impulsgetreue und präzise Wiedergabe ist beim Bassreflexsystem schwierig.

Sprungantwort



Die Sprungantwort zeigt das Zeitverhalten des Lautsprechers. Innerhalb der ersten halben Millisekunde, das entspricht den Frequenzen ab 2000 Hz aufwärts, sind einige Resonanzen zu erkennen. Diese sind im Frequenzgang ebenfalls minimal sichtbar. Insgesamt liegt jedoch ein idealer Verlauf vor, der keine Sprünge im Zeitverhalten aufweist. Vorteilhaft – die niedrige Trennfrequenz hat in dem Bereich keinen Einfluss. Das Wort „zeitrichtig“ ist zutreffend. Der typische Zeitversatz von Zweiweg-Systemen zwischen Tiefmittel- und Hochtöner tritt hier nicht auf.

Klang

Was unserer Lautsprecher zu bieten hat, bewies der Klangtest. Mit der Manger CD „Musik wie von einem anderen Stern“ sollte sich zeigen, ob der Lautsprecher alles richtig macht. Eigentlich dürfte der B100 Breitbander klanglich garnicht so weit von den Manger Wandlern entfernt sein, denn in vielen Punkten wurden gleiche Ziele verfolgt. Da wären:

- Punktschallquelle, zeitrichtige Wiedergabe (Bühne),
- Feindynamik und Auflösungsvermögen und
- Verzerrungsarmut und schnelles Ausschwingen.

Einige Eigenschaften sind direkt miteinander verbunden, da wäre z.B. die zeitrichtige Wiedergabe zu nennen, die natürlich mit der Punktschallquelle sehr wesentlich erfüllt wird. Bei sämtlichen Titeln der CD ist die damit verbundene Ortbarkeit sehr präzise. Der Klang löst sich perfekt von den Lautsprechern.

Zeitrichtig bedeutet aber auch ein schnelles Ein- und Ausschwingen der Membran. Obwohl in einigen audiophilen Kreisen der Begriff zeitrichtig als unbedeutend abgetan wird, gingen die Untersuchungen des Erfinders Josef W. Manger in eine andere Richtung: „Evolutionsbedingt erkennt der Mensch zuerst Entstehungsort und Ausmaß des Schallereignisses und erst danach die Tonhöhe.“ Inzwischen stellt die Hörphysiologie eine Zeitauflösung von 10 Mikrosekunden (100 kHz) als gegeben fest (www.fairaudio.de/test... Zerobox-109).

Beim „Unit III“ zeigen die Messungen und auch die Klangbeispiele der Manger CD diesen Vorteil auf. Schnelle Schlagzeugwirbel, flinke Anschläge am Klavier oder das Schwingen der Saiten des Kontrabass, alles wird mit höchster Präzision wiedergegeben. Der Klang der Stimmen wirkt weder spitz noch dumpf, sondern einfach nur authentisch. Um in den Genuss zu kommen, bedarf es jedoch hochwertigen Musikmaterials, schlechte Aufnahmen treten schnell zutage.

Für den Bass reicht ein geschlossenes System. Für einen aufgedickten Bass ist unsere Box nicht konzipiert. Das würde auch nicht zur Präzision in der Wiedergabe des Breitbanders passen. Jedenfalls ist für unsere ausgewählte Musikrichtung der Bass genau richtig konzipiert.