

## Der Bausatz MZB 1000

Viele Lautsprecher klingen neutral und trotzdem wird die Wiedergabe häufig als lau empfunden, es fehlt einfach die Dynamik, die Lässigkeit der Wiedergabe und der kohärente Sound. In der Praxis ist daraus zu schlussfolgern, dass Lautsprecher mit hohen Wirkungsgraden einen grundsätzlichen Vorteil bieten.

Die typische HiFi Box mit einem Kennschalldruck von 83 dB/1W/1m benötigt für einen üblichen Schalldruck im Raum ca. 25 Watt Verstärkerleistung. Kommt dann eine Signalspitze die 100 dB im Hörabstand erfordert hinzu, dann sind wir rechnerisch schon bei einer Verstärkerleistung von 200 Watt angekommen. Damit liegen wir beim Lautsprecher und beim Verstärker bereits im Grenzbereich der Belastung.

Ganz anders verhalten sich schalldruckstarke Lautsprecher. In unserem Beispiel kann die Spitze von 100 dB bereits mit einem 2 x 10 Watt Röhrenverstärker erzeugt werden. Selbst bei dieser geringen Leistung ist eine kraftvolle, unangestregte Wiedergabe möglich. Bevor wir ins Detail gehen, beginnen wir mit dem ursprünglichen Gedanken zu diesem Projekt.

### Das Design

Schaut man sich in der HiFi-Szene ein wenig um, dann findet man überwiegend 6 Zoll Tiefmitteltöner in Verbindung mit 1 Zoll Kalottenhoctönern. Die Frequenzgänge werden auf Linearität getrimmt, so dass jegliche Eigenständigkeit verloren geht. Ähnlich ist es bei den Verstärkern und bei den CD-Playern oder anderen Datenquellen. Wen wundert es folglich, wenn einige unerschrockene HiFi-Freaks sich an die „alten Zeiten“ zurückerinnern. Nicht umsonst findet man neuerdings ein verstärktes Interesse an Röhrenverstärkern und den dazu passenden Lautsprechern.

Genau hier setzt unser Vorschlag an. Wir gestalten ein Mehrzellenhorn, wie es in den Anfängen der Tonfilmwiedergabe verwendet wurde. Berühmt geworden sind die Hörner der Firma Altec "VOTT - Voice of the Theatre". Diese wurden für den Einsatz in Theatern, Kinos, Stadions und Nachtclubs entwickelt. Der Einsatz erfolgte zu einer Zeit, in der es noch keine leistungsfähigen Transistorverstärker gab und folglich wurde die Anpassung für Röhrenverstärker optimiert. Auch heute kann man vereinzelt noch gebrauchte VOTT-Lautsprecher für ca. 3000,-€ kaufen. Für den interessierten Selbstbauer lässt sich der obengenannte Bausatz jedoch wesentlich preiswerter mit modernen Bauteilen herstellen.

Zum Schluss bleibt noch eine Frage offen, warum sollte man ein herstellungsintensives Mehrzellenhorn verwenden, wenn man mit einem Kugelwellenhorn aus GFK einen ebenso hohen Schalldruck erzeugen kann? Die Frage ist durchaus berechtigt, lässt sich allerdings auch einfach beantworten. Man muss dazu nur einmal genau die Hochglanzprospekte der Hersteller betrachten. Kugelwellenhörner werden in Räumen mit großen Deckenhöhen betrieben. Durch die längere Flugzeit des Schalls zwischen Decke und Hörer reduzieren sich die unangenehmen frühen Reflexionen. Anders verhält es sich in normalen Wohnräumen. Folglich ist es hier von Vorteil die Schallleistung zum Fußboden und zur Decke zu reduzieren. Beim Mehrzellenhorn ist dies konstruktiv gegeben. Man muss dazu keine Pegelmessungen unter Winkel anfertigen, allein die Form der Hörner zeigt die unterschiedliche Abstrahlung deutlich auf.

Ein weiterer Vorteil der verwendeten Klug-Hörner (<https://klughoerner.com/>) soll nicht unerwähnt bleiben.



Der Werkstoff Holz in Verbindung mit einer Korkbeschichtung verhindert jegliches Klingeln, so wie es von Metall- oder Kunststoffhörnern durchaus bekannt ist.



## Das Konzept

Natürlich wird niemand behaupten die industrielle Produktion könne solche Hornlautsprecher nicht herstellen. Die Herstellung wäre allerdings aufwendig und teuer und damit nur wenigen Käufern vorbehalten. Unter der Überschrift „Es geht auch anders“ stellen wir Kreativität und Erfindungsgabe in den Vordergrund. Die Idee wird weniger aufwendig, kleiner und passend für normale Wohnverhältnisse umgesetzt.

Eine Drei-Wege-Box mit 18 Zoll Tieftöner muss nicht sein, uns reicht schon allein aus Kostengründen eine Zwei-Wege-Box. Dieser Grundgedanke wird weiter konsequent verfolgt. Nehmen wir das Chassis TF 1225 von Celestion, das in mehreren Testberichten das Prädikat „ideales zweiwegtaugliches 30 cm Chassis“ erhalten hat. Entsprechend der Randbedingungen kann in einem 70 bis 80 Liter Gehäuse ein Frequenzgang bis 2000 Hz ohne schädliche Membranresonanzen wiedergegeben werden. Der Tiefmitteltöner lässt sich mit dem Celestion Druckkammertreiber CDX1-1747 kombinieren, der nur nebenbei erwähnt mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode entwickelt wurde. Die sehr weiche Polyamidmembran des CDX1-1747 gestattet im HiFi-Einsatz sogar eine untere Grenzfrequenz von 1000 Hz. Das Ganze passt ideal zum Horn, welches bereits ab 800 Hz einsetzbar ist. Das Grundgerüst besteht eben nur aus diesen drei Elementen, die konstruktionsbedingt schon ein hohes Klangniveau und damit ein solides Hörvergnügen bieten können.

## Das Gehäuse

Beim Gehäuse nutzen wir das Bassreflexprinzip. Eigentlich wäre aufgrund der T+S Parameter eine geschlossene Box eher geeignet, aber die untere Grenzfrequenz läge dann selbst mit Hochpasskondensator bei nur 68 Hz. Für eine gute HiFi-Wiedergabe ist das etwas zu wenig. Im Bassreflexbetrieb können wir 45 Hz bei -8 dB erzielen. Das ist ein Wert, der die Raummoden wenig anregt und andererseits den Höreindruck kaum beeinflusst (siehe Messung im Raum).

Etwas problematisch gestaltete sich die Anordnung der Bassreflexrohre. Bei einem Standgehäuse und einem eher niedrigem Membrangewicht von 48 g können einem die Stehwellen im Gehäuse mächtig Ärger bereiten. Viel Dämpfungsmaterial hilft zwar auch viel, reduziert aber zum anderen den Schalldruck im Tieftonbereich. Das konnte nicht die Lösung sein. Erst nach einigen Versuchen wurde deutlich, welches die effektivste Methode zur Verringerung der Stehwellen ist. Die Halbwelle im Inneren des Gehäuses weist nämlich an den Begrenzungsflächen immer ein Druckmaximum und mittig dazwischen ein Schnelleximum auf. Wenn nun am Boden kein völlig geschlossenes Ende vorhanden ist, wird die Stehwelle eine geringere Wirkung haben. Folglich ist es sinnvoll die Bassreflexrohre am Boden enden zu lassen. Im Detail wird das auf der Visaton Grundlagenseite erklärt (<http://www.visaton.de/service/technische-grundlagen/position-der-bassreflexoeffnung>).

In diesem Zusammenhang steht natürlich ebenso die Menge und Anbringung des Dämpfungsmaterials. Um den Kenschalldruck gering zu beeinflussen, wurde nur dort Dämpfungsmaterial angebracht, wo es unbedingt nötig erschien. Einmal um das Chassis herum

und zum anderen zwischen dem Chassis und den Bassreflexrohren. Damit die Gehäusewände nicht unnötig angeregt werden, wird die breite Seite des Gehäuses zweifach abgestützt.

## Die Frequenzweiche

Auch hier gilt, weniger ist mehr. Der Tiefmitteltöner wird mittels 12 dB Weiche bei 1200 Hz getrennt. Beim CDX1-1747 war sogar nur ein 6 dB Hochpass zur Trennung erforderlich. Da der Einsatz mittels Röhrenverstärker vorgesehen ist, wurde zwangsläufig noch eine Impedanzlinearisierung vorgenommen. Sollte man einen Class D Transistorverstärker anschließen wollen, dann wäre die Impedanzlinearisierung ebenfalls sinnvoll.

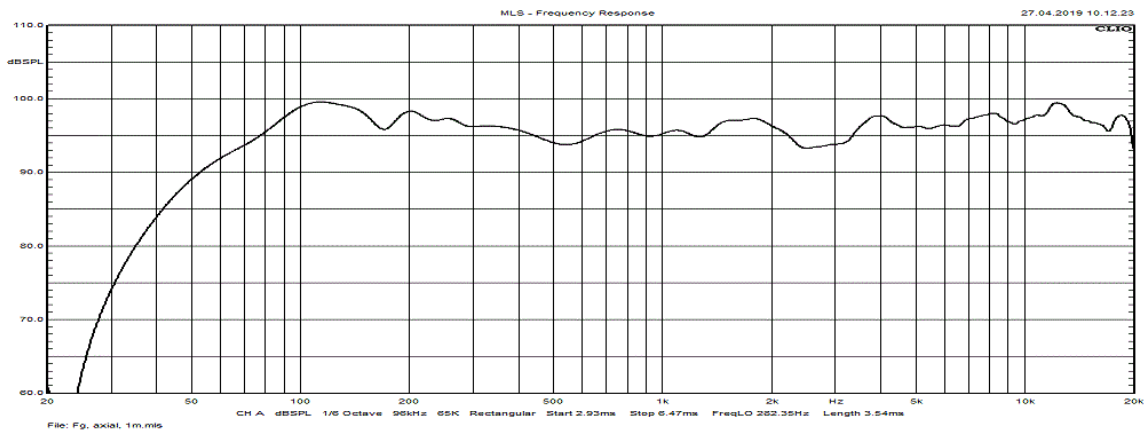
Die Frequenzweichenbauteile wurden auf einer Lochrasterplatte verlötet und die fertige Weiche wird in einem Fach im oberen Teil des Lautsprechergehäuses untergebracht. Eine Unterbringung im Gehäuse könnte durch die hohen Schalldrücke den Mikrofonieeffekt der Bauteile zusätzlich verstärken. Wer das Weichenfach als extra Gehäusevolumen nutzen will, kann die Frequenzweiche extern anbringen.

## Technische Daten der Lautsprecherbox

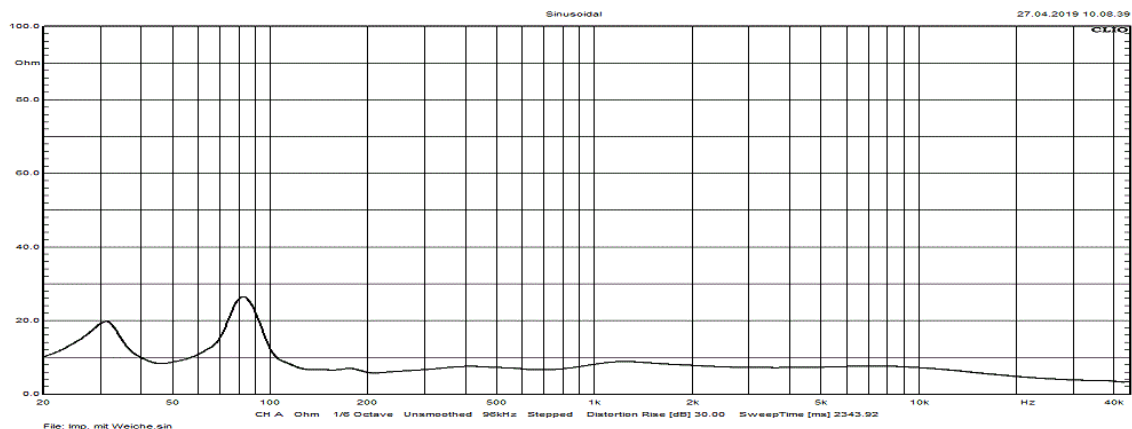
Nennimpedanz:	8 Ohm
Belastbarkeit :	400 W
Prinzip:	Bassreflex
Übertragungsbereich (f8):	45...20000Hz
Kennschalldruck:	95 dB
Trennfrequenz:	1200 Hz
Frequenzweiche:	12/6 dB
Max. Schalldruck:	124 dB (250 Hz...8000 Hz)
Geeignete Raumgröße:	40...100 qm

## Messungen

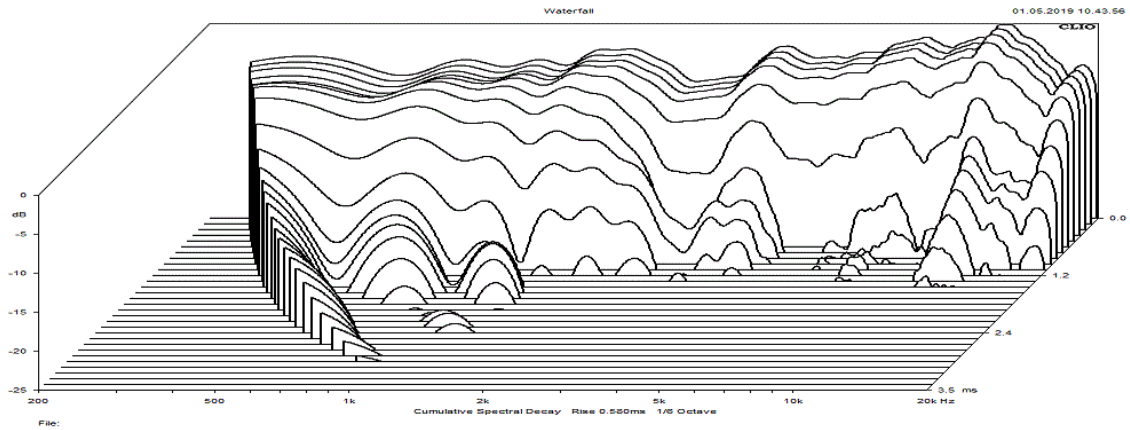
### Frequenzgang axial



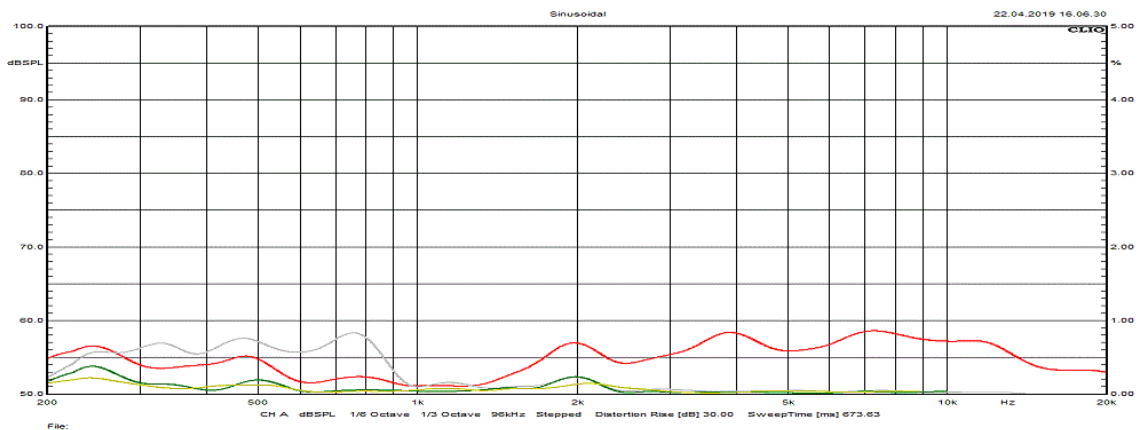
### Impedanzgang



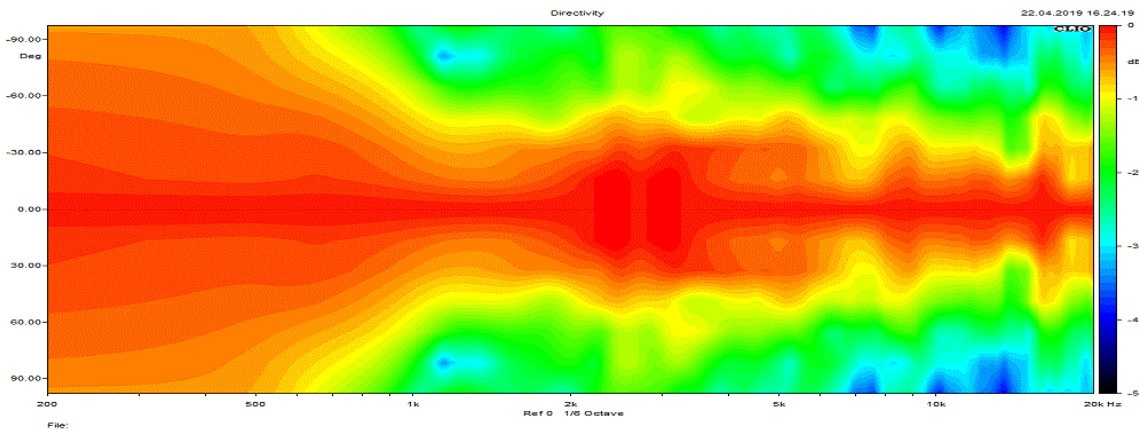
## Wasserfalldiagramm



## Klirr bei 95 dB



## Sonogramm



## Zusammenfassung der Messergebnisse

Die Frequenzgangmessung zeigt eine leichte Welligkeit mit einer kleinen Mittensenke auf. Der Messabstand von nur einem Meter entspricht eben nicht dem Hörabstand und so zeigen sich Phasenunterschiede, die in Realität nicht hörbar sind.

Der Impedanzgang ist typisch für eine Bassreflexbox. Man erkennt hier deutlich den Einfluß des Dämmmaterials. Zwei bis 3 Beutel Polyesterwatte sind pro Gehäuse erforderlich. Verringert man das Dämmmaterial im Schnellebereich dann erhöht sich die untere Impedanzspitze, gleichzeitig wird eine Stehwelle bei 170 Hz deutlicher sichtbar. Ein höherer Anteil Polyesterwatte linearisiert den Frequenzgang schluckt aber auch Tieftone, deshalb bleibt es jedem überlassen welchen Kompromiss er tolerieren möchte.

Die Impedanzspitze in Höhe der Trennfrequenz ist linearisiert. Ohne Linearisierung erreicht diese breitbandig ca. 30 Ohm, zuviel für einen Röhrenverstärker.

Das Wasserfalldiagramm zeigt keine Auffälligkeiten. Die Dämpfung des Horns durch eine Korkbeschichtung trägt wesentlich zu diesem guten Ergebnis bei. Messungen von Plast- und GFK-Hörnern zeigen dagegen wesentlich mehr Resonanzen.

Der Klirrfaktor bei 95 dB hält sich sehr moderat unter 1%. Bei der Anwendung eines 6 dB Hochpasses könnte man schlechtere Ergebnisse erwarten. Selbst eine Messung bei 100 dB ergab keine nennenswerte Erhöhung des Klirrfaktors. Es ist davon auszugehen, dass der Druckkammertreiber weit unter seinem eigentlichen Arbeitsbereich belastet wird und damit wenig K2 und K3 erzeugt. Die höher liegenden Oberwellen sind kaum messbar.

Im Sonogramm sind einige Welligkeiten erkennbar, die nach unserer Meinung auf den zu kurzen Messabstand zurückzuführen sind. Bei größerem Messabstand dürfte sich ein horizontaler Abstrahlwinkel von +/-45 Grad ergeben. Im Vergleich mit anderen Hornkonstruktionen bleibt der Winkel über ein breites Frequenzband konstant.

## Klang

In unserem leider zu kleinem Hörraum wurden zwei Lautsprecher im Stereodreieck von ca. 2,5 m beurteilt. Zur Verfügung standen:

- ein Cayin Röhrenverstärker, der zwei 10 Watt Endstufen mit 4 x EL 84 Endröhren aufweist und
- ein NAD 326 Transistorverstärker mit 2 x 50 Watt Mindestausgangsleistung bei geringsten Verzerrungen.

Bei der Beurteilung mit beiden Verstärkern kam zum Ausdruck, dass Maximalpegel, Klangvolumen und Substanz im Vergleich mit üblichen Lautsprechern, deren Kennschalldruck zwischen 85 und 88 dB/Watt/Meter lag, grandios überzeugte.

Es wäre nun einfach falsch zu behaupten andere Vergleichslautsprecher klingen besser oder schlechter, nein der Klang ist einfach verschieden. Diese enorme Dynamik eröffnet neue Horizonte.

Im Vergleich mit einem AMT Hochtöner ist das Horn nicht im Nachteil. Gleichwohl empfindet man keinen Mangel beim Tieftönen. Da sich die Bassreflexrohre kurz über dem Fußboden öffnen, gestattet die Bodenreflexion eine Verstärkung der Tieftonausbeute.

Wie bereits erwähnt, wurde die vertikale Abstrahlung bewusst klein gehalten. Obwohl beim Hörvergnügen keine Abstrahlkeulen lokalisiert wurden, bietet der Lautsprecher vorn höhenverstellbare Füße an, die bedarfsweise ein leichtes Kippen des Gehäuses ermöglichen.

Abschließend sollte noch der Einfluß der Verstärkerbauart getestet werden. Der Röhrenverstärker brachte uns einen Tick bessere Auflösung, während der Transistorverstärker im Bass etwas prägnanter auftrat. Auch ein kleiner Class D Verstärker dürfte hier gute Dienste leisten. Man sollte allerdings beachten, dass Class D Verstärker im Bereich der Vollast häufig ansteigende Verzerrungen aufweisen, die dann gnadenlos offenbart werden.

Nun die Raummessung:

