

## Messtechnische Dokumentation vom Übertragungsverhalten

Worum geht's?

### Inhalt

Dieser Artikel durchleuchtet das akustische Übertragungsverhalten eines grossen Zweiwege-Lautsprechers. Das technische Equipment ist PC-basierend. Als Software kommt ARTA, STEPS und LIMP zum Einsatz, die sonstige Elektronik besteht aus einer Terratec Phase Firewire Soundkarte, kalibriertem Messmikrofon, Mikrofonvorverstärker und hochwertiger Vor-Endstufen-Kombi.

### Vorgehen

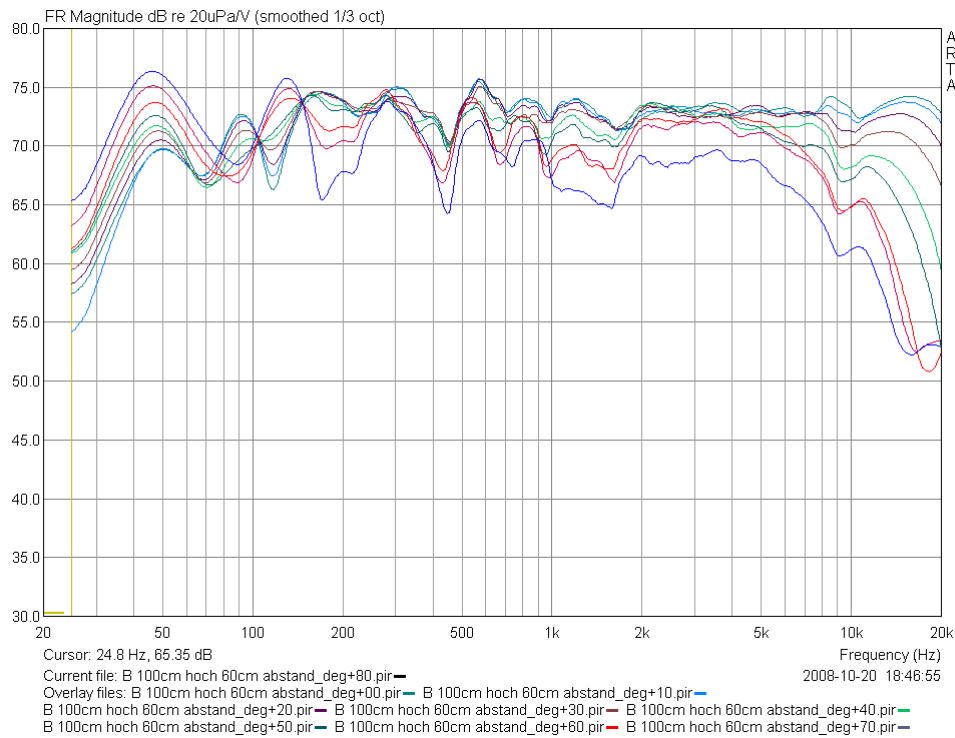
Untersucht wird der Lautsprecher HEX - VEX. Anhand diverser Diagramme wird auf Einzelheiten der Messperformance eingegangen. Ziel ist es, das Verhalten des Lautsprechers möglichst präzise zu beschreiben.

### Hex - Vex



# 1 Messdiagramme

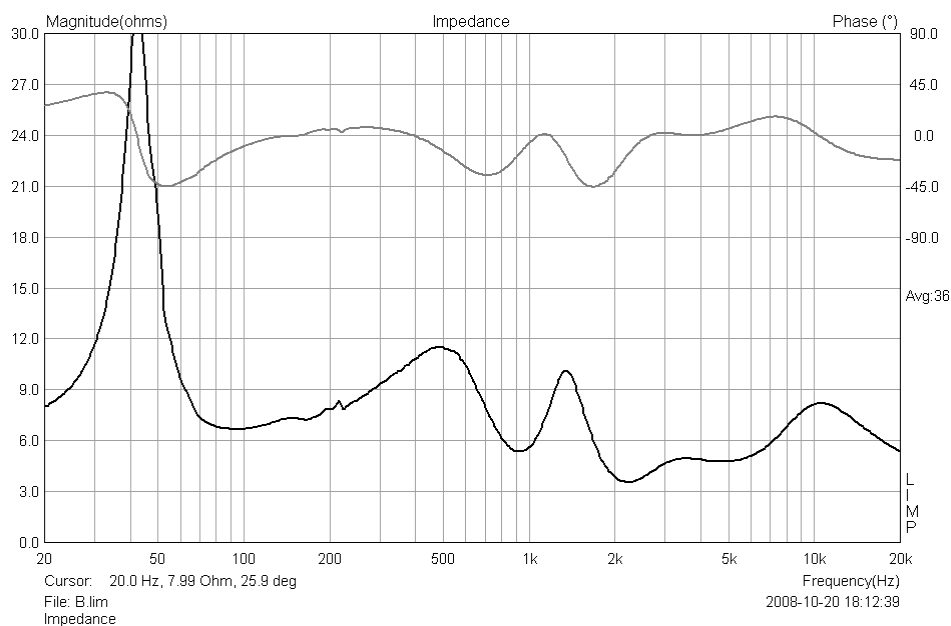
## Frequenzverlauf in 10°-Schritten horizontal



Das Diagramm zeigt den Frequenzverlauf unter verschiedenen Winkeln. Von 0° frontal bis zu 80° horizontalem Winkel. Man sieht eine gewisse Welligkeit im Grundtonbereich, die teilweise von Resonanzen im Hörraum herrührt (unter 300 Hz). Ansonsten ist der Frequenzverlauf im Mittel sehr ausgewogen, bis zu 30° seitlichem Winkel bleibt der Pegel über weite Frequenzbereiche linear. Weiter ausserhalb der Abstrahlachse verliert man am oberen Übertragungsende des Basses Pegel, da hier die Richtwirkung der grossen Membran einsetzt. Ein Kompromiss den man bei grossen Zweivegekonstruktionen eingehen muss. Mehr dazu sieht man in den letzten zwei Diagrammen.

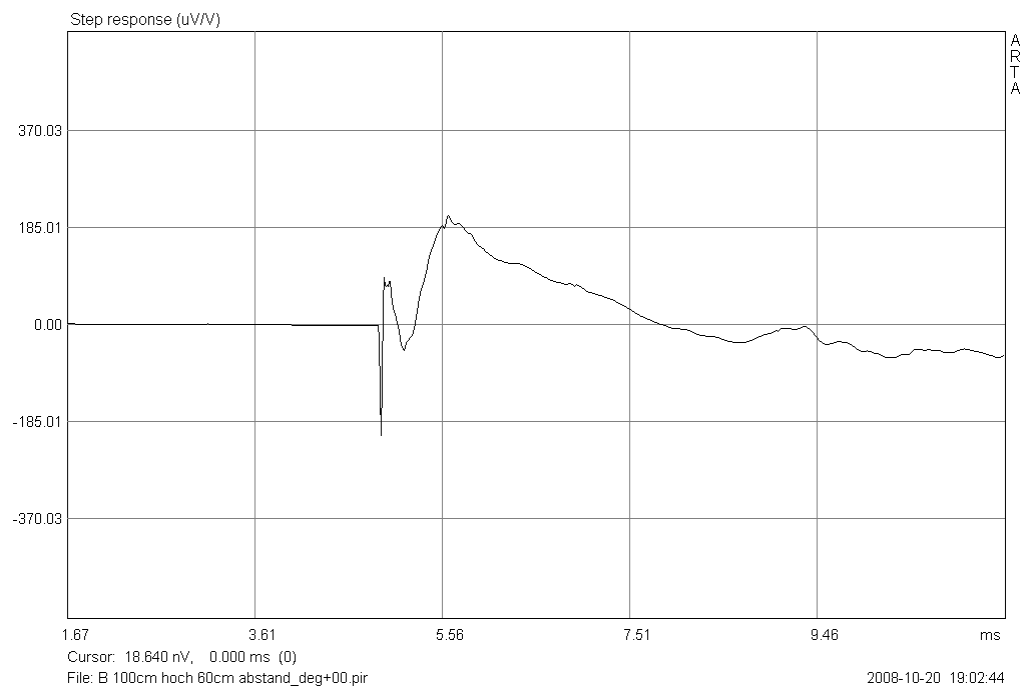
Die Messung oben wurde nicht kalibriert durchgeführt. Der Wirkungsgrad an Normspannung von 2.83V RMS beträgt ungefähr 85 dB.

## Impedanz und Phase



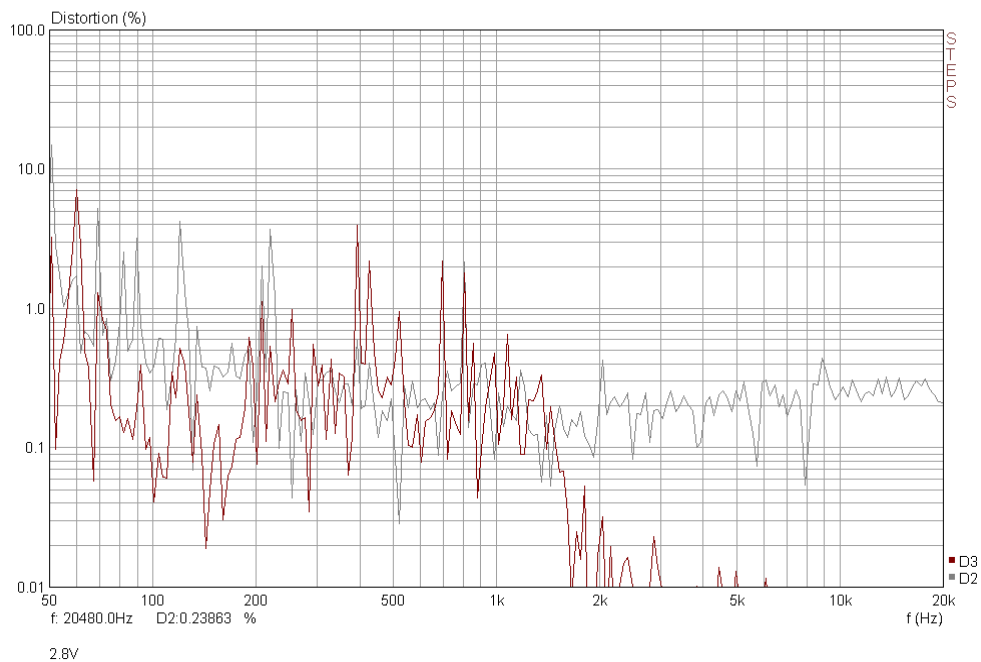
Das Minimum von 3.6 Ohm bei 2 kHz qualifiziert die Hex - Vex als 4 Ohm Lautsprecher. Im Bassbereich ist die Resonanzfrequenz bei knapp über 40 Hz zu erkennen. Will heißen, der Lautsprecher überträgt echte 40 Hz. In einem geschlossenen Gehäuse mit Einbaugüte um 0.7 (gutes Impulsverhalten, sanfter Pegelabfall zu noch tieferen Frequenzen) ist damit ein sehr tiefreichender und kontrollierter Bass zu erwarten. Weiter sind die drei Saug- und Sperrkreise, welche den Frequenzgang ebnen, ersichtlich. Bei 10 und um 3.5 kHz für den Hochtöner, eine Bafflestep-Korrektur zw. 600 Hz und 1200 Hz. Grundsätzlich stellt der Lautsprecher keinen Verstärker vor Probleme. Will man im Bass optimal von der tiefen Gruppenlaufzeit profitieren, und auch aufgrund der beachtlichen Dynamikfähigkeit, lohnt sich ein Modell mit 200W Leistung und hohem Dämpfungsfaktor auf jeden Fall.

## Sprungantwort



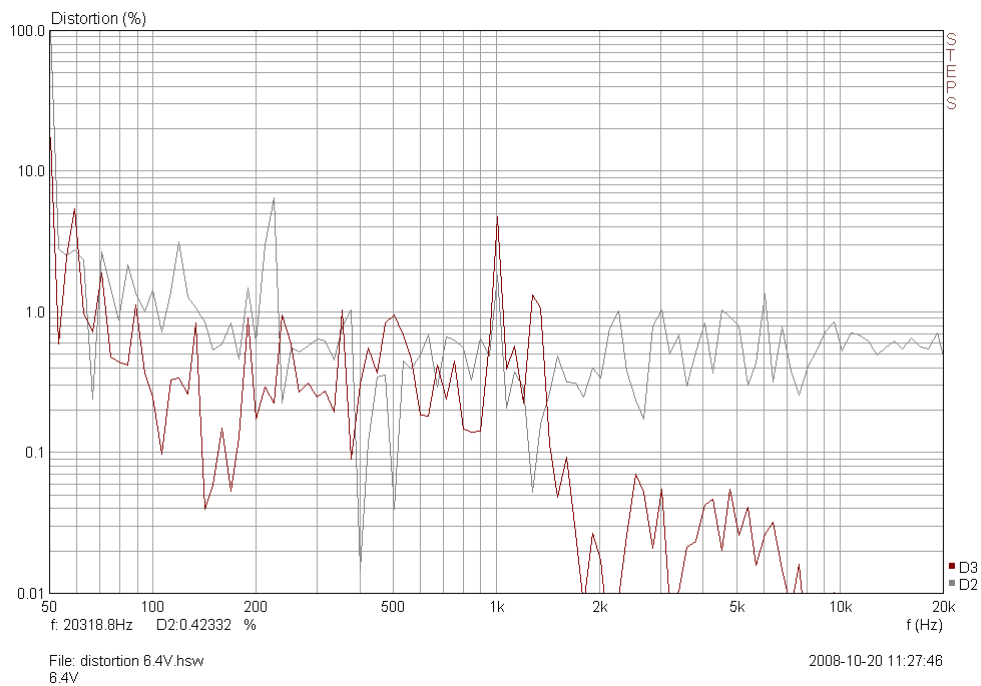
Der Lautsprecher reagiert bei der Sprungantwort zuerst mit einem negativ auschlagenden Hochtöner, nach einem kurzen Überschwinger folgt der Bass in positiver Richtung. Man sieht hier nicht die theoretisch optimalste Sprungantwort wie bei einem Breitbänder, oder wie sie minamalphasige 2-Wegelautsprecher vorweisen können. Es wurden bei diesem Lautsprecher bewusst steilere Filter gewählt. Einerseits weil die verwendeten Chassis nicht den dafür nötigen fehlerfreien Überlappungsbereich aufweisen. Andererseits kann damit eine stabilere Wiedergabe an verschiedenen Hörpositionen im Raum erreicht werden.

### Verzerrungen bei 2.8V RMS



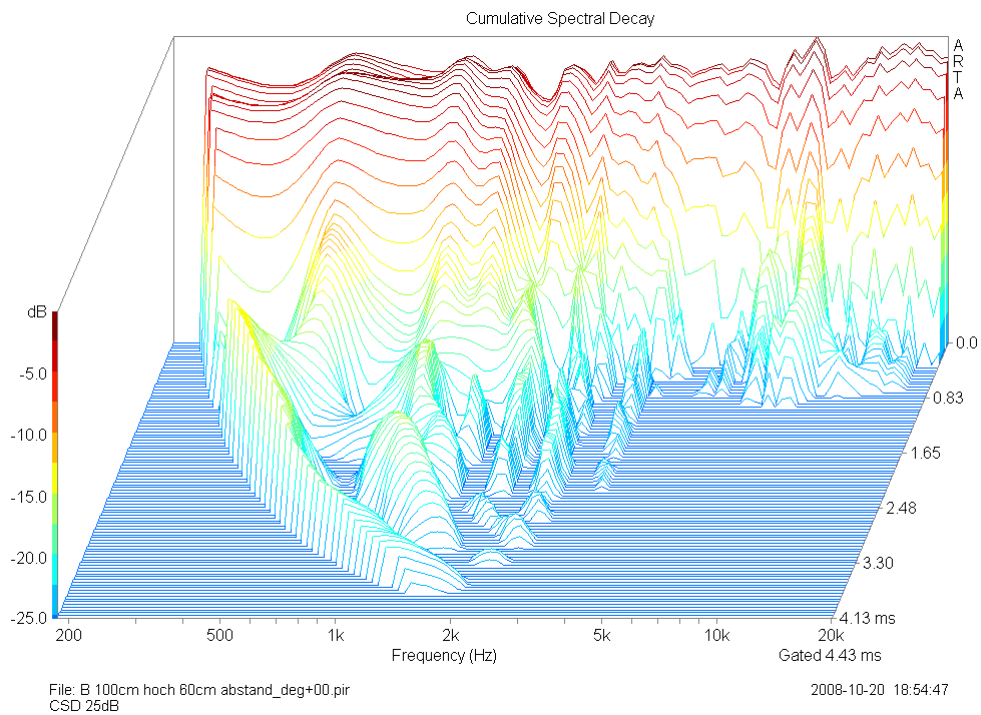
Die ungeglättete Verzerrungsmessung bei 2.8V zeigt ein im Schnitt gutes Niveau von weniger als 1%. Hier zeigt sich die herausragende Qualität des Air Motion Transformer Hochtöners, dessen K2 bei 0.3% liegt, der schneller wahrnehmbare K3 bei 0.01%, also 80! dB unterhalb vom Nutzsignal. Um dies überhaupt messen zu können, braucht man ganz ordentliche Elektronik.

### Verzerrungen bei 6.4V RMS



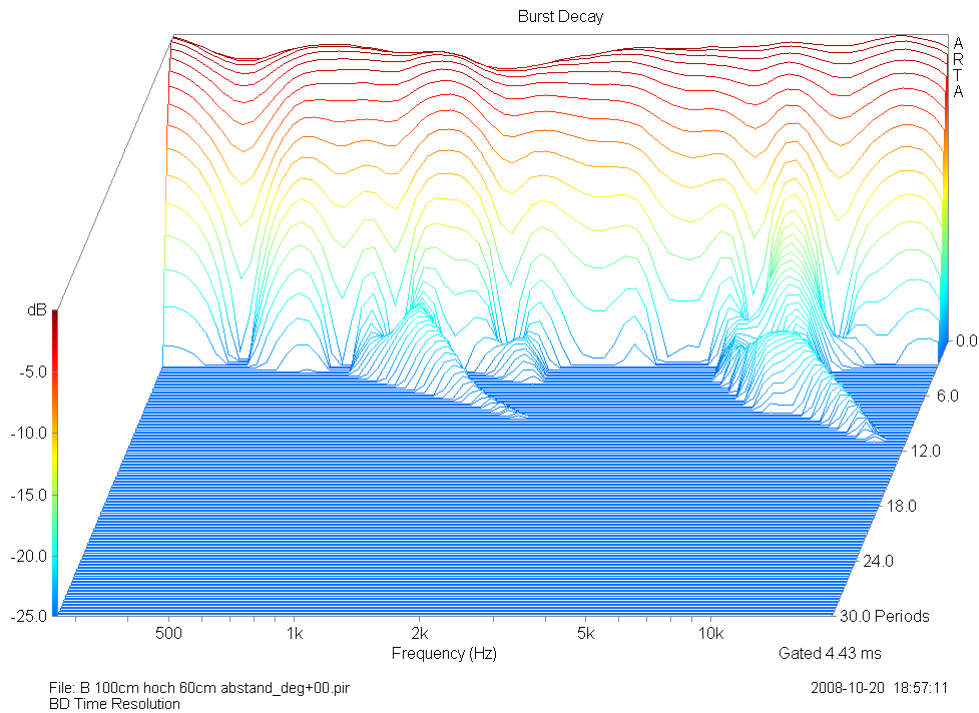
Steigt der Pegel weiter, steigt auch das Verzerrungsniveau leicht an, alles bleibt aber im grünen Bereich (mehrheitlich unter 1%). Nach wie vor arbeitet der Hochtöner besser. Viel lauter kann ich in meiner Wohnung aus Rücksicht zu den Nachbarn nicht messen.

### Wasserfalldiagramm



Das Wasserfalldiagramm zeigt, wie schnell der Lautsprecher nach Signalanregung wieder zur Ruhe kommt. Er klingt über alles recht zügig ab, im Mittel- und Grundton naturgemäss etwas langsamer. Wieder zeigt sich hier der ausgewogene Frequenzverlauf.

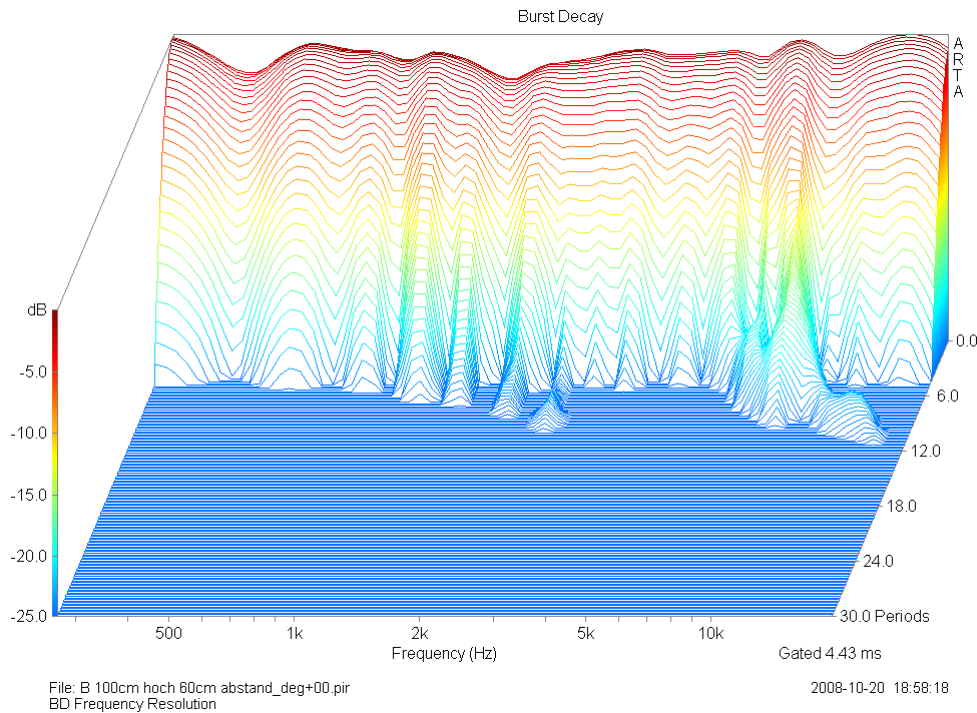
### Burst Decay – Time Resolution



Hier wird das Abklingen des Lautsprechers nicht ins Verhältnis zur Zeit gesetzt, sondern ins Verhältnis zur Schwingungsperiode, die zu tiefen Frequenzen ja immer länger wird. Das sieht dann im Grundtonbereich ganz o.k. aus. Anzumerken ist, dass wer nicht über einen schalltoten Messraum verfügt, hier nie ganz schöne Kurven hinbekommt. Typisches Beispiel sind die schräg nach rechts vorne verlaufenden „Kreten“. Sie haben ihre Ursache in Raumreflexionen.

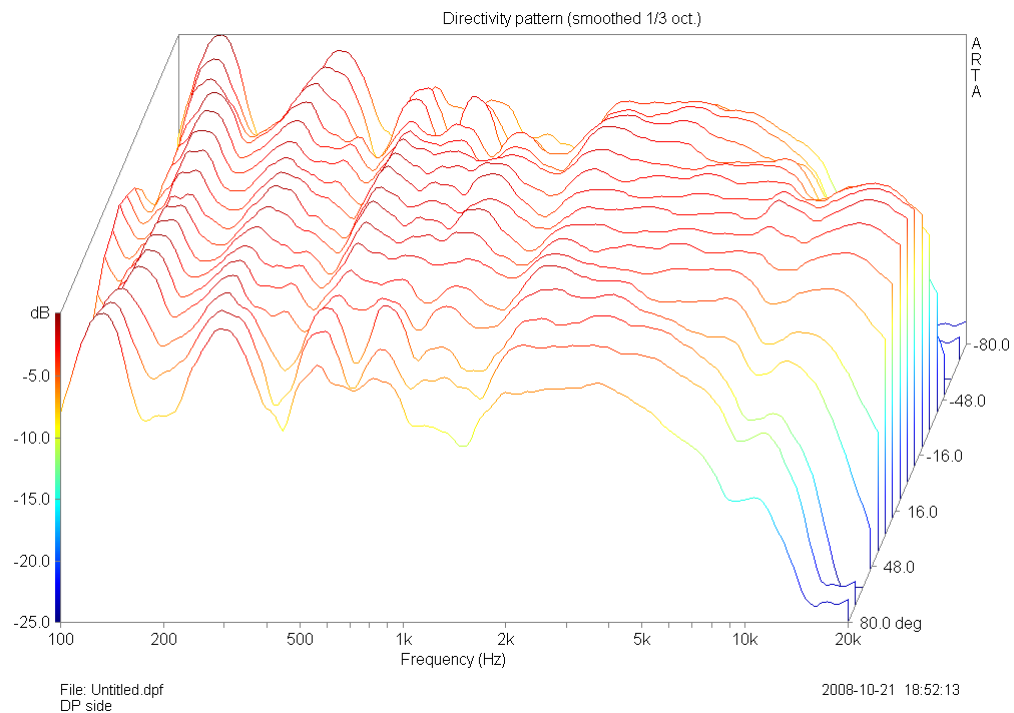


### Burst Decay – Frequency Resolution



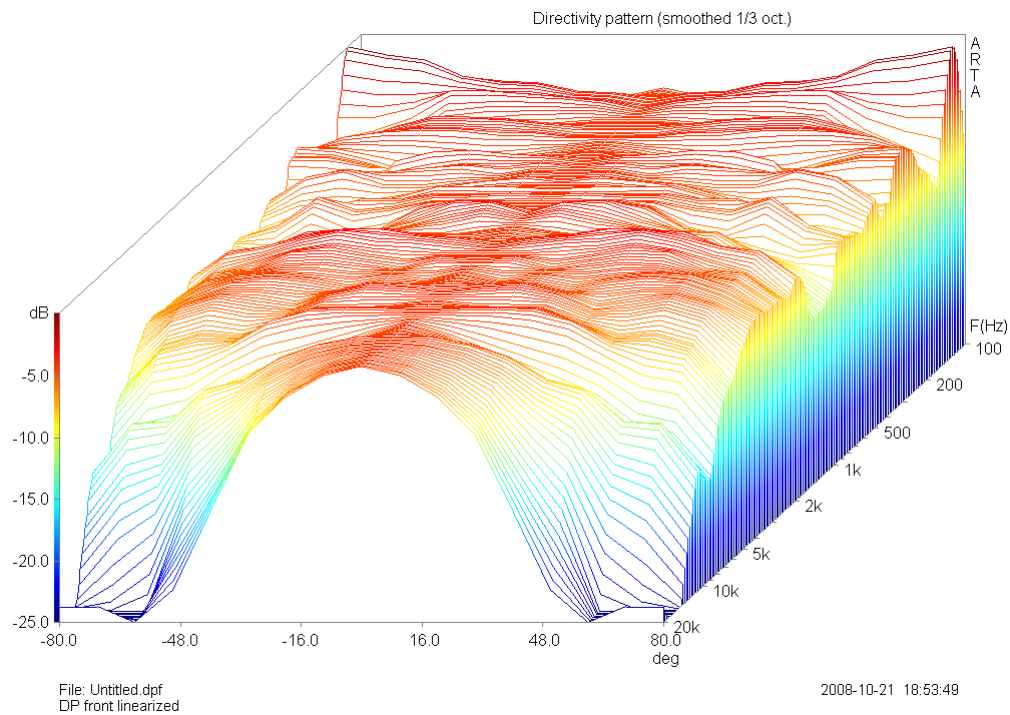
Dies ist eine ähnliche Grafik wie das Time Resolution Diagramm, nur dass hier bei der Messsignal- auswertung eine andere Berechnungsroutine den Fokus auf Frequenzgenauigkeit legt. Während dem man im ersten Burst Decay Diagramm die Raumresonanzen erkennen kann, sieht man hier nur, dass noch bei einigen Frequenzen verzögertes Abklingen vorhanden ist, es ist aber nicht klar, ob die Ursache der Raum ist oder die Box selbst. Die drei letzten Diagramme zusammengefasst kann gesagt werden, dass kleine Membranresonanzphänomene um 500 Hz, 1200 Hz bis 2 kHz und ca. 10 kHz vorhanden sind. Alle sind gut bedämpft und kommen immer noch rasch zur Ruhe.

## Directivity Pattern 1



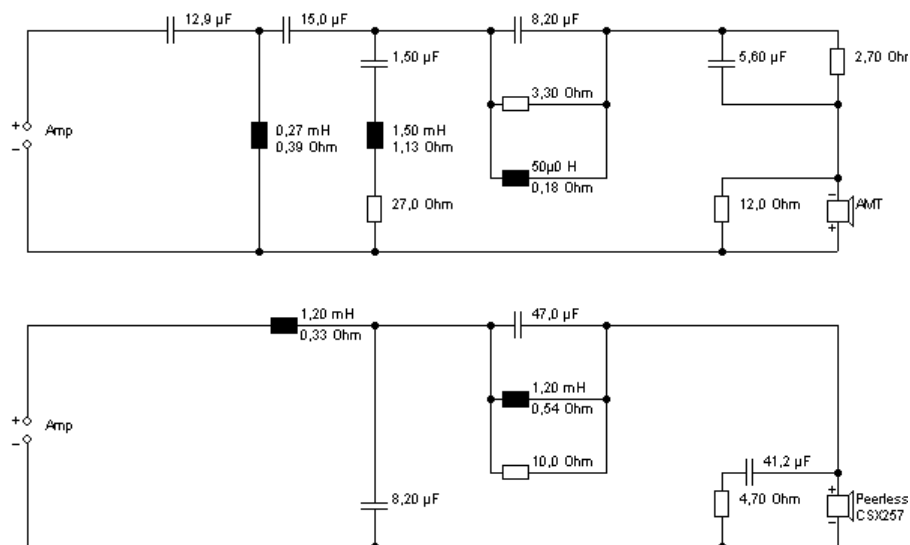
Dieses Diagramm zeigt das Rundstrahlverhalten. Bis 500 Hz wie erwähnt eine gewisse Welligkeit, dann gutmütiges Verhalten bis ans Übertragungsende. Ebenfalls sieht man, dass der Bass um 1 kHz zu bündeln beginnt. Sobald der Hochtöner ab ca. 2 kHz übernimmt, strahlt der Lautsprecher wieder breiter ab, um dann bei 8 kHz erneut zu bündeln.

## Directivity Pattern 2



Die gleiche „Datengrundlage“ wie im vorigen Diagramm, jedoch wurde hier die Nullgradachse linearisiert. D.h., die seitlichen Abweichungen (Welligkeiten) zeigen alleine, wie sich der Pegel zu zunehmenden Winkeln über das ganze Frequenzband im Vergleich zur 0°-Messung ändert. Bis zu einem Winkel von 30° verläuft die Abweichung in engen Grenzen erst oberhalb von 8 kHz übersteigt sie Abweichung 1 dB.

## Frequenzweiche



Die Frequenzweiche ist für ein Zweiwege-Lautsprecher relativ aufwendig aufgebaut.

Oben der Hochtön. Er wird per 18 dB-Filter von tiefen Frequenzen entlastet. Es folgt ein Saugkreis, der bei 3.5 kHz leicht eingreift. Der Sperrkreis reduziert eine leichte Übertreibung bei 10 kHz. Der Hochtöner wurde im Pegel zum Tieftöner passend abgesenkt, allerdings überbrückt ein Kondensator diese Absenkung oberhalb von 12 kHz und kompensiert den bei diesem Hochtöner sonst üblichen Hochtönpegelabfall.

Der Bass wird per 12 dB Filter getrennt. Zusammen mit seinem ungefilterten Pegelabfall an seinem oberen Übertragungsende ergibt sich wie beim Hochtöner eine akustische Flankensteilheit von 24 dB / Oktave. Ein Saugkreis greift von 600 bis gut 1.2 kHz korrigierend ein, die Impedanznarisierung direkt vor dem Bass schafft gute Arbeitsbedingungen der anderen Filterbauteile.

## 2 Fazit

Nun stellt sich die Frage, was diese Messwerte über die Qualität des Lautsprechers aussagen? Eigentlich sollte man dies dem Leser überlassen.

Um weiter vorne zu beginnen, sei erläutert, welche Ziele bei dieser Konstruktion verfolgt wurden.

Ziel der Konstruktion war es, mit nur zwei Chassis eine möglichst pegelfeste und wohnzimmer-taugliche HiFi-Box zu erstellen. Mit im Pflichtenheft stand eine tiefe und kontrollierte Basswiedergabe. Dabei sollten in keiner Disziplin störende Nachteile erkaufte werden. Zudem wurde ein möglichst vorteilhaftes Kosten-/Nutzenverhältnis angestrebt. D.h., auf das letzte Quentchen Performance beim Chassismaterial, welches man sich teuer erkaufen muss, wurde verzichtet. Dafür wurde mehr Aufwand in einen soliden Gehäuseaufbau und eine ausgefeilte Frequenzweiche gesteckt.

Die Messwerte bescheinigen der HEX – VEX eine neutrale Wiedergabe, falls allenfalls eine tonale Färbung vorhanden ist, dann eher ins tonal „wärmere“, will heissen eher mehr Grundton und minimalste Zurückhaltung im Präsenzbereich. Diese Färbungen sind vor allem raumabhängig („Roomgain“ in kleineren Hörräumen) oder haben ihre Ursache im Rundstrahlverhalten. Aufgrund der tiefen Basswiedergabe eignen sich Räume ab 25 m<sup>2</sup>.

Die Verzerrungen liegen auf gutem Niveau, der Hochtöner gehört zu den Besten am Markt verfügbaren. Auch in seinem unteren Arbeitsbereich um 2 kHz („Stressbereich“ jedes Hochtöners) steigen die Verzerrungen nicht stärker an. Der Bass fällt im Vergleich etwas ab, bleibt aber im Mittel mit 1% tadellos. Die grosse Membranfläche ermöglicht zusammen mit dem linearen Hub solide Bassattacken, die Freude bereiten. Hochtöner und Bass spielen gut zusammen, die Integration kann als gelungen bezeichnet werden. Man hört die einzelnen Chassis nicht heraus.

Die Wasserfalldiagramme zeugen ebenfalls von guter Integration der beiden Chassis. Man erkennt keine Problemfelder, die aufwendige Frequenzweiche zeigt ihre Wirkung. Es sei angefügt, dass beide Chassis grundsätzlich pflegeleicht in der Beschaltung sind. Die Eingriffe beschränken sich auf Frequenzgangkorrekturen innerhalb des Arbeitsbereichs der Chassis.

Das Rundstrahlverhalten zeigt deutlich den Richtstrahleffekt der grossen Bassmembran. Trotzdem ist dieser im Vergleich zum Bündelungseffekt im Hochtonbereich (den man per se einfach hinnehmen muss) gering.

Messtechnisch gesehen ist das eine solide Leistung, die sich auch in den Klang überträgt. Man kann jede Art von Musik geniessen: Metallica, Chris Barber, John Lee Hooker, Prodigy, Mozart, Movie Themes, Kammermusik, Dj Tiesto, Eminem. Dies muss als Klangbeschreibung genügen.