

# Lautsprecherbox B500A

Dokumentation der Entzerrung



Stefan Becker  
im November 2012  
Alle Rechte vorbehalten

## • Inhaltsverzeichnis

1. Anforderung.....	3
2. Messungen.....	4
2.1. Messaufbau.....	4
2.2. Treibermessungen.....	5
3. Entzerrung.....	7
3.1. Treiberentzerrung.....	7
3.2. Treiber-verzögerungen und -pegelanpassungen.....	9
3.3. Gesamtentzerrung.....	10
3.4. Überprüfung der Entzerrung für eine B500A Centerbox.....	11
4. Überprüfung des Abstrahlverhaltens.....	13
4.1. Abstrahlverhalten der B500A.....	13
4.2. Abstrahlverhalten der B500A Center.....	13
5. Interpretation und Fazit.....	15

# 1. Anforderung

Die Lautsprecherbox B500A (Entwicklung siehe entsprechende Entwicklungsdokumentation) soll auf einen Frequenzgang von maximal  $\pm 1,5\text{dB}$  im Frequenzbereich  $40\text{Hz} - 20\text{kHz}$  entzerrt werden. Der Roll-off am unteren Frequenzbereich soll maximal  $-3\text{dB}$  bei  $30\text{Hz}$  betragen. Weiterhin soll ein konstantes Abstrahlverhalten erreicht werden.

Es bestanden zwar weitere Anforderungen an die Lautsprecherbox, diese wurden allerdings bei der Entwicklung bereits definiert und entsprechend umgesetzt. Siehe hierzu entsprechende Entwicklungsdokumentation.

## 2. Messungen

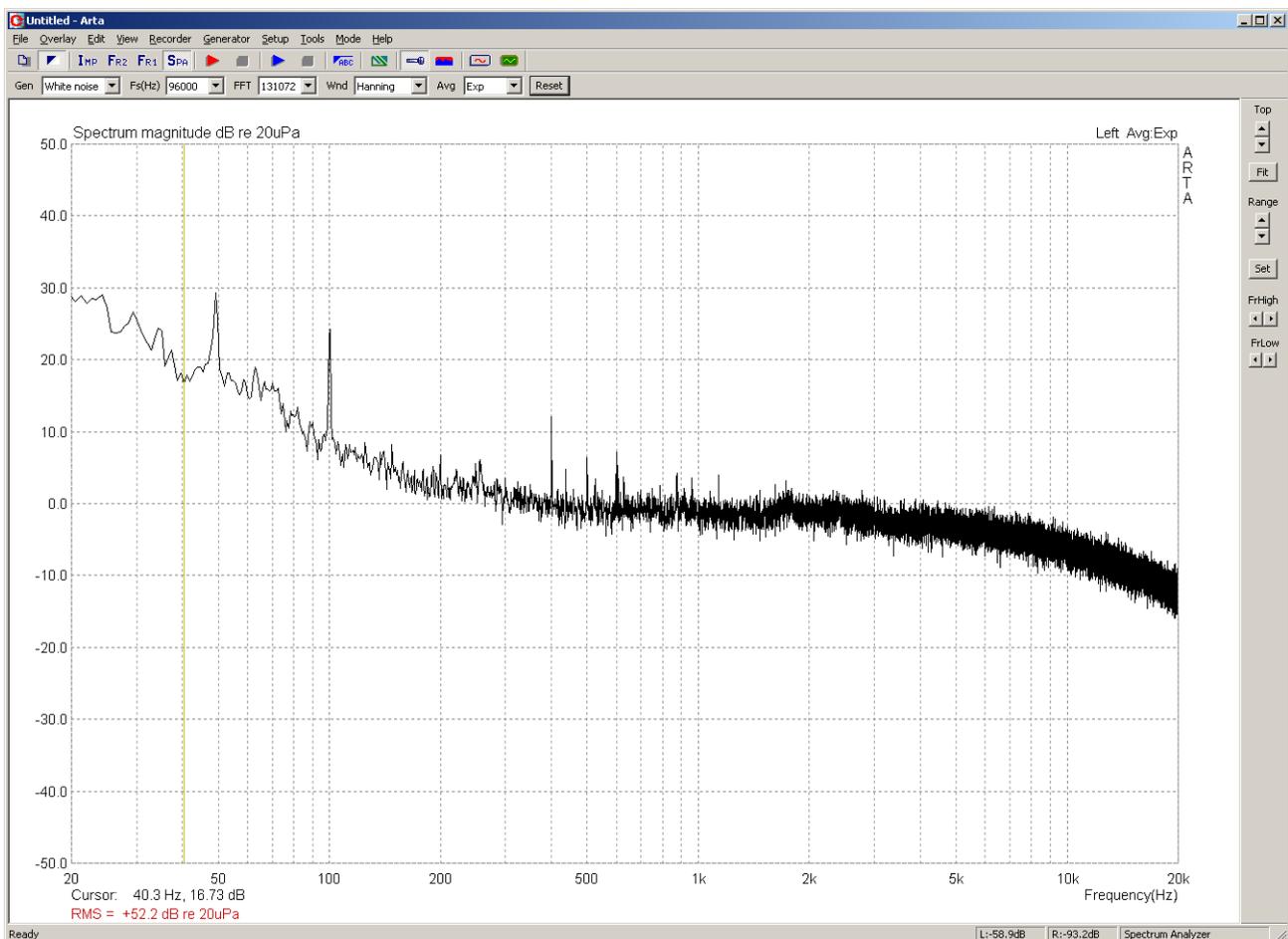
### 2.1. Messaufbau

Die Messungen wurden im großen Reflexionsarmen Raum der TU Dresden (netto 1000 Kubikmeter und brutto 2000 Kubikmeter Volumen) vorgenommen. Als Messequipment kam ein Microtech Gefell Messmikrofon, bestehend aus Kapsel MK221 und Vorverstärker MV225P48, eine RME Fireface UC Soundkarte, das Messprogramm Arta und ein IBM Lenovo Notebook zum Einsatz.

Aufgestellt wurde die B500A mit 8 Meter Abstand zur Rückwand. Dadurch entstand eine Raumreflexion bei 22Hz. Das Messmikrofon befand sich horizontal im Abstand von 3 Meter zur mechanischen Front der Lautsprecherbox. Vertikal befand es sich 0,15 Meter unter der Oberkante des Gehäuses.

Leider konnte mangels eines entsprechenden Kalibrators keine Kalibrierung der Messkette vorgenommen werden, so dass auf eine „Teilkalibrierung“ verzichtet wurde. Daher sind die Pegelangaben absolut nicht zu beachten. Wodurch insbesondere die Verzerrungsauswertungen mit Vorsicht zu genießen sind.

Ruhepegel Reflexionsarmer Raum:



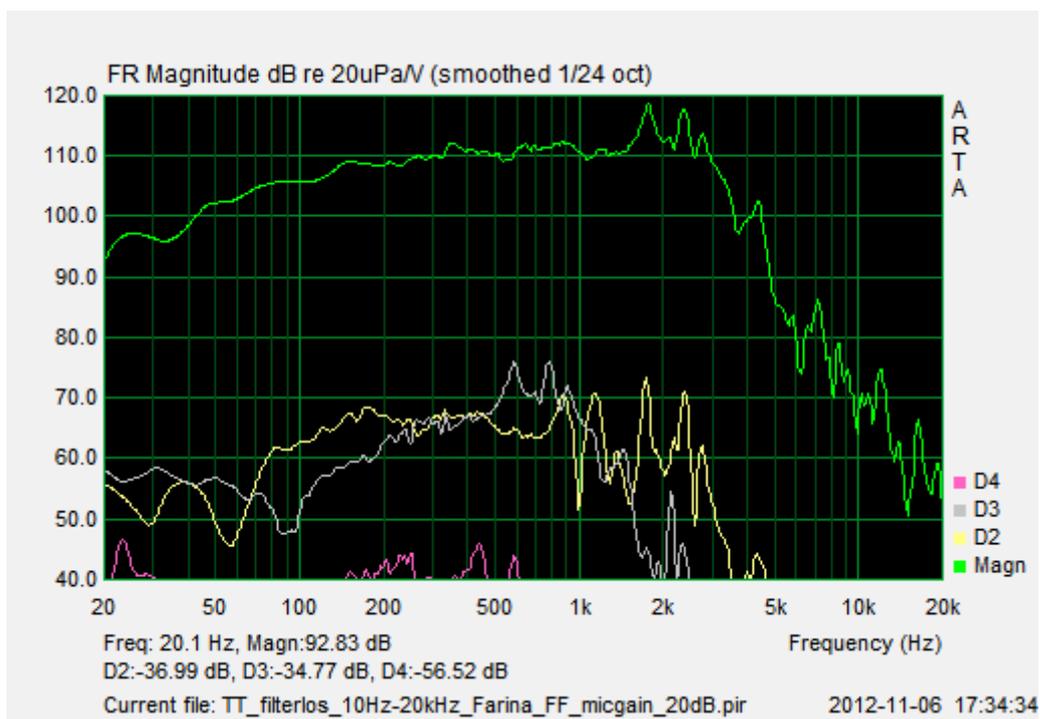
## 2.2. Treibermessungen

Zunächst wurden die einzelnen Treiber (Visaton TIW 300, Dynaudio MD142, Vifa XT25) ohne Einsatz irgendwelcher Filter gemessen. Einzige Ausnahme ist ein „Schutz“Hochpass vor dem Mitteltöner (200Hz 48dB/oct RL) und dem Hochtöner (1kHz 48dB/oct RL). Das Anregungssignal war immer identisch.

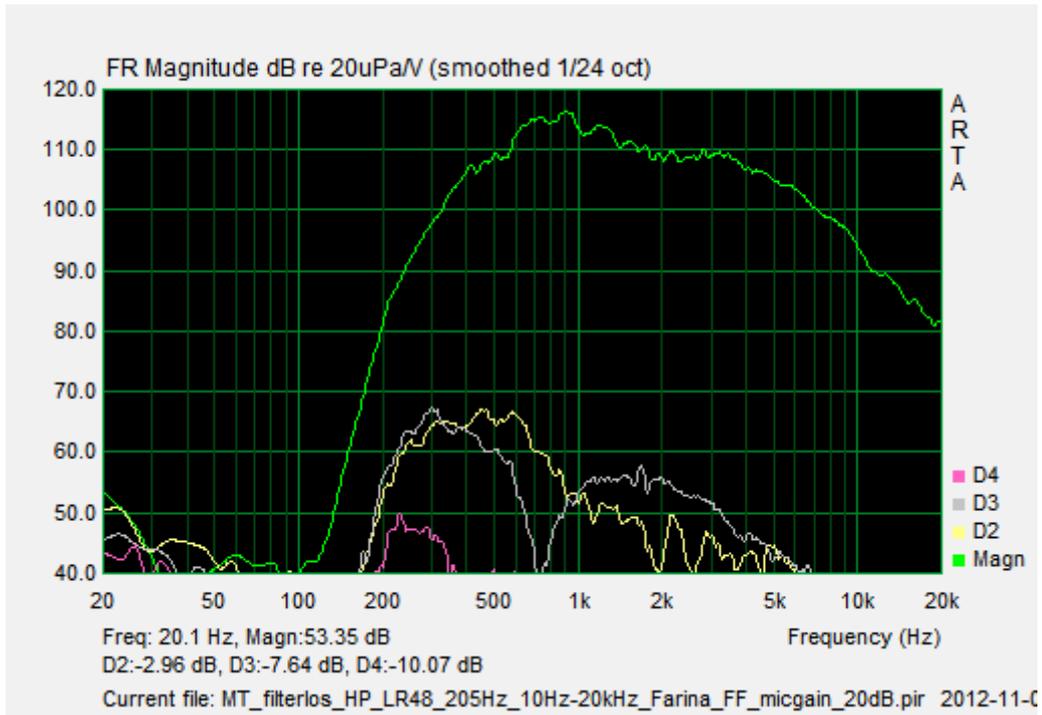
Einstellung Soundkarte Output: Low Gain  
Einstellung Mikrofonverstärkung Soundkarte: 20dB  
Mikrofonempfindlichkeit: 50mV/Pa  
Endstufenverstärkungsfaktor: 26dB  
Einstellung Generator in Arta: -20dB  
Sweep „nach Farina“ bei 96kHz

Es ergaben sich folgende Frequenzgänge:

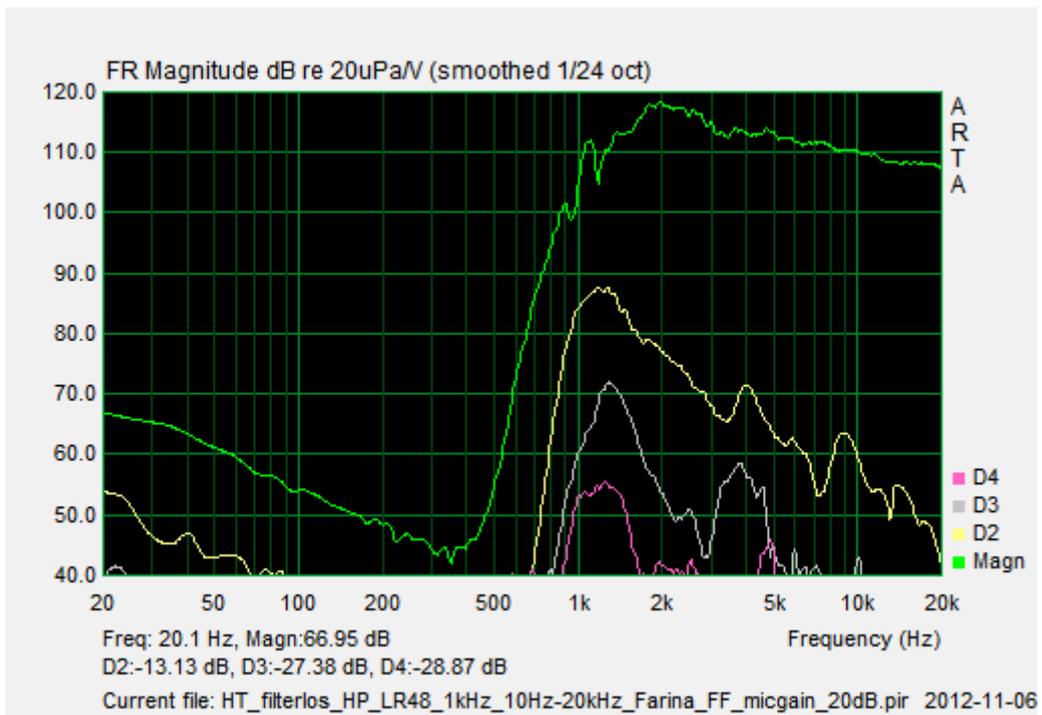
Tieftöner:



Mitteltöner:



Hochtöner:



### 3. Entzerrung

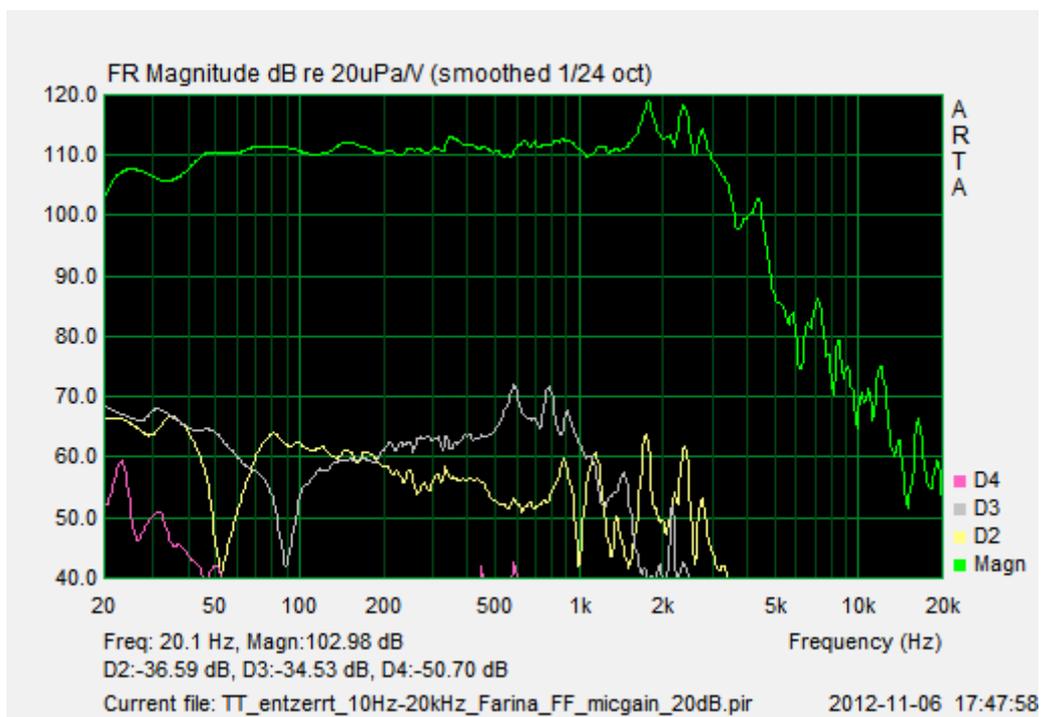
#### 3.1. Treiberentzerrung

Nachfolgend wurden dann die einzelnen Treiber mit Hilfe der Behringer Ultra-Drive Pro 2496 entzerrt. Es kamen noch keine Hoch- und Tiefpässe zum Einsatz, außer die oben benannten „Schutz“hochpässe.

Es ergaben sich folgende Frequenzgänge:

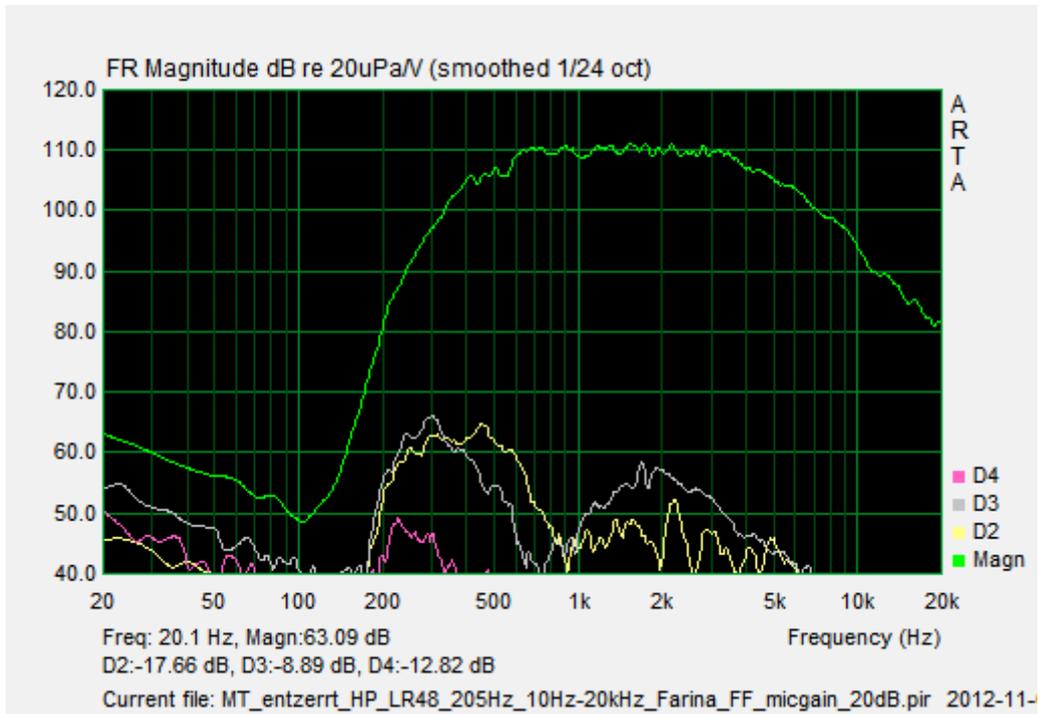
Tieftöner:

Filtereinstellungen: Shelving LP 6dB 40Hz +12dB



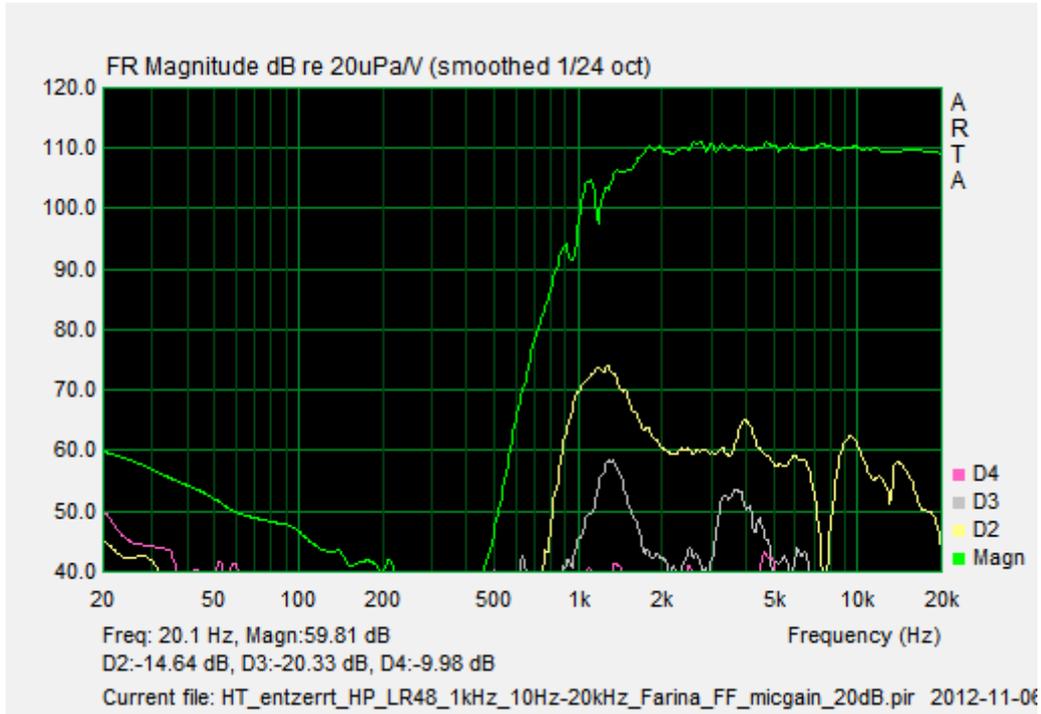
Mitteltöner:

Filtereinstellungen: BP 787Hz -5dB Q1,6  
BP 2,03kHz +1,8dB Q1,6  
BP 937Hz -1,8dB Q7,9  
BP 1,24kHz -1,8dB Q7,9  
BP 647Hz -1,5dB Q3,5



Hochtöner:

Filtreinstellungen: LP 6dB 1,98kHz -10dB  
BP 6,03kHz -2dB Q1,0  
BP 2,11kHz -3dB Q3,2  
BP 3,31kHz +2dB Q7,9  
BP 6,16kHz +1dB Q3,2



### 3.2. Treiber-verzögerungen und -pegelanpassungen

Nach der Entzerrung der einzelnen Chassis wurde anhand der Impulsantwort der Abstand zwischen Mikrofon und Schallentstehungsort des einzelnen Chassis gemessen und die zu nahen Chassis an das entfernteste Chassis angepasst.

Es ergaben sich folgende Verzögerungen:

Tieftöner: 0,00mS  
Mitteltöner: 0,01mS  
Hochtöner: 0,03mS und Invertierung

Weiterhin wurde der Pegel der einzelnen Chassis aufeinander abgestimmt.

Es ergaben sich folgende Pegelinstellungen:

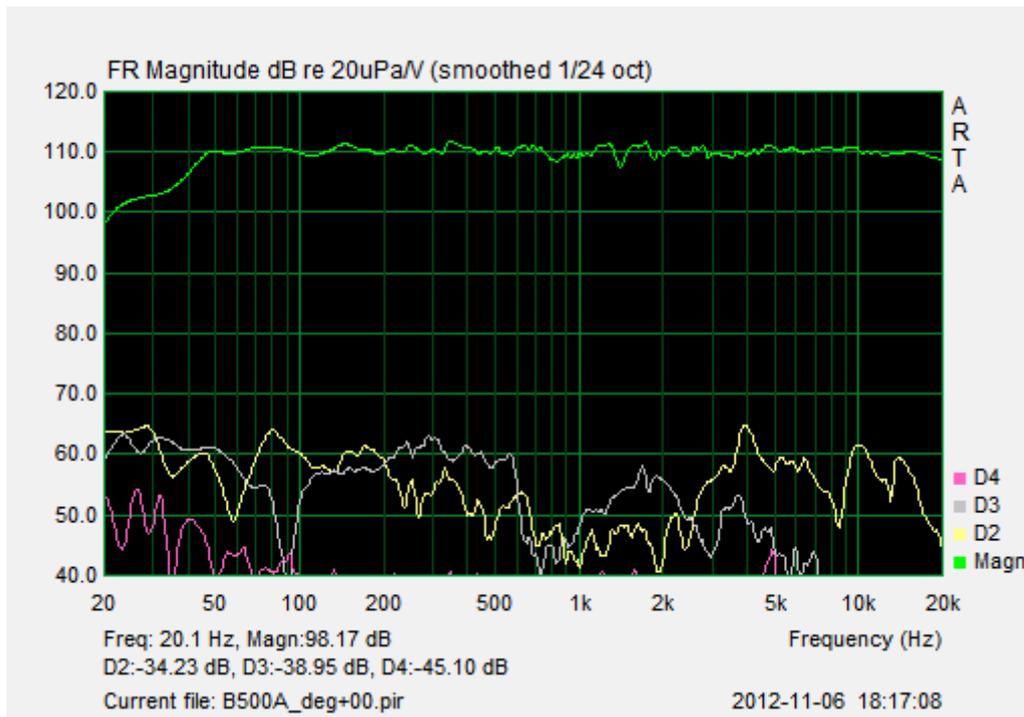
Tieftöner: -0,5dB  
Mitteltöner: +/-0dB  
Hochtöner: +2,0dB

### 3.3. Gesamtentzerrung

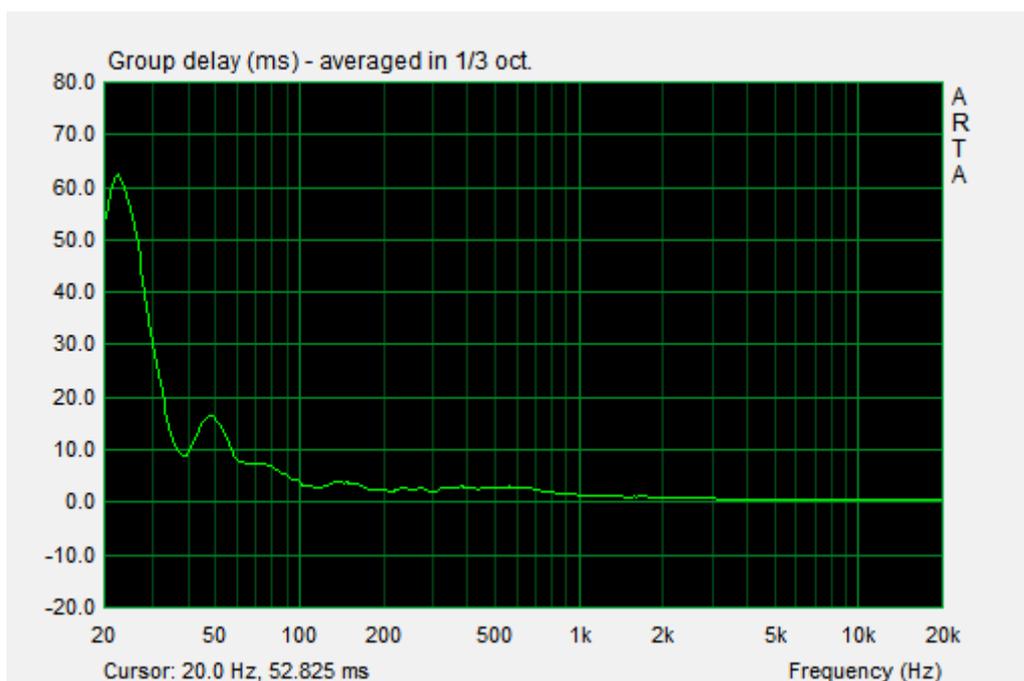
Es wurden folgende Filter eingesetzt:

- TP LR48 568Hz
- HP LR48 510Hz
- TP LR48 2,73kHz
- HP LR48 2,62kHz

Nach Einstellung der einzelnen Hoch- und Tiefpässe ergab sich folgender Gesamtfrequenzgang:



Und es ergab sich folgende Gruppenlaufzeit:



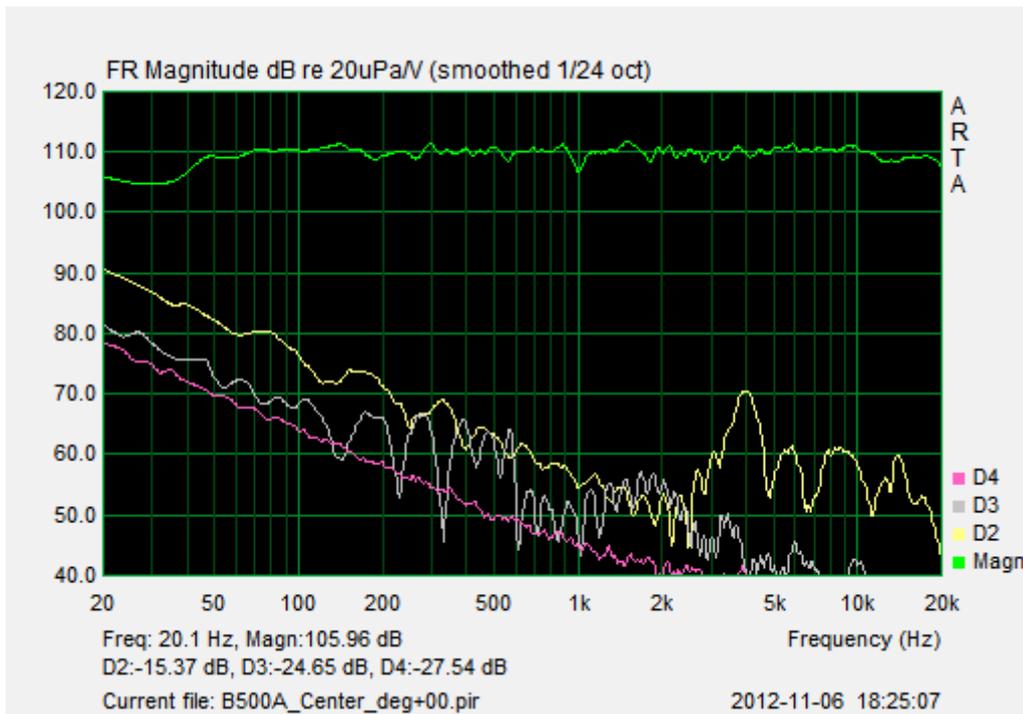
### 3.4. Überprüfung der Entzerrung für eine B500A Centerbox

Da auch eine passende Centerbox zur B500A entwickelt wird, wurde ein erster Prototyp mit in die Entzerrung einbezogen. Hier sollte zunächst überprüft werden, ob die Einstellungen einfach übernommen werden können, da die Anordnung der Chassis bzw. des Waveguides anders ausgeführt wurde.

Ein Bild des ersten Prototyps der B500A Center im Reflexionsarmen Raum der TU Dresden:



Es ergab sich bei gleicher Einstellung folgender Frequenzgang:



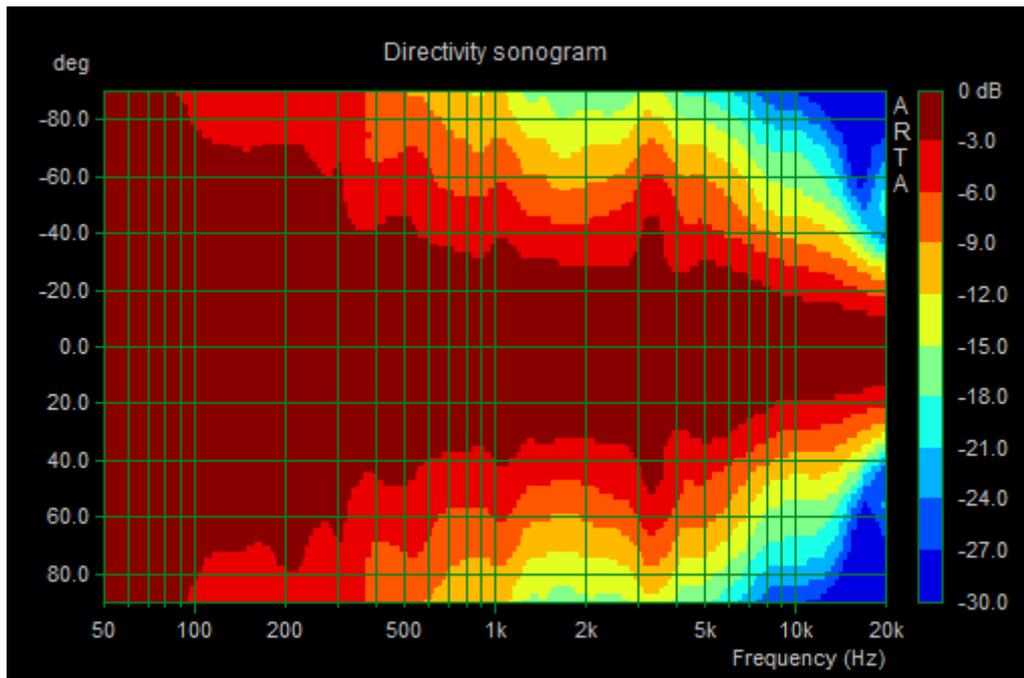
Bemerkt sei an dieser Stelle, dass der Pegel des Hochtöners um 2dB angehoben werden musste.

## 4. Überprüfung des Abstrahlverhaltens

### 4.1. Abstrahlverhalten der B500A

Abschließend wurde das Abstrahlverhalten der B500A gemessen. Hierzu wurde die Lautsprecherbox auf einem Drehteller in 5 Grad Schritten auf +/-90 Grad gedreht. Sämtliche Messbedingungen waren identisch zu den oben beschriebenen Messbedingungen.

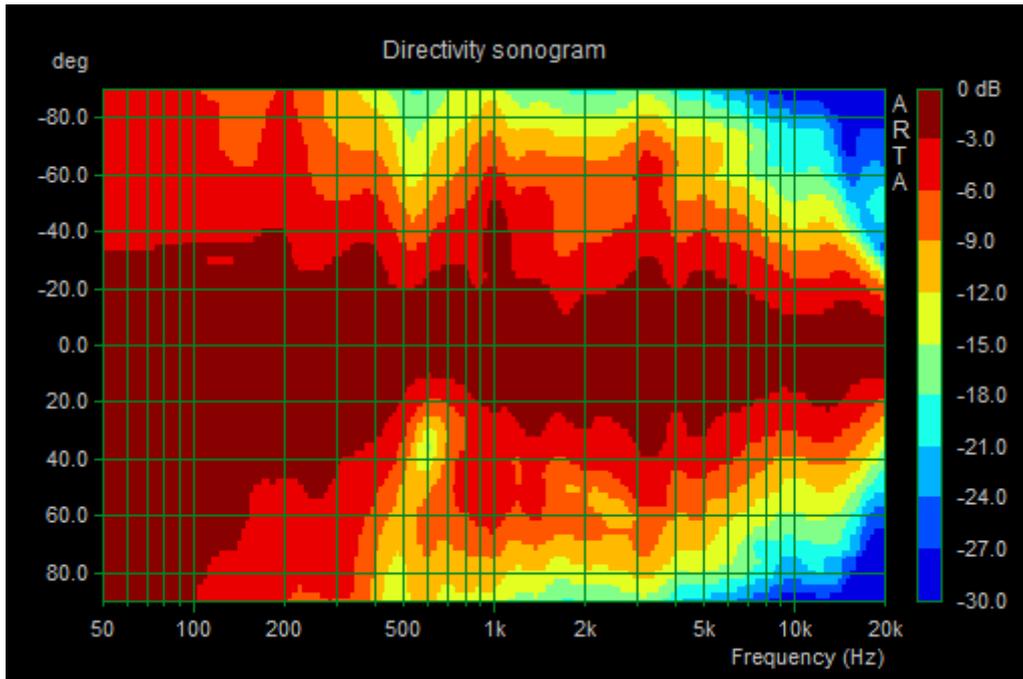
Es ergab sich folgendes Abstrahlverhalten:



### 4.2. Abstrahlverhalten der B500A Center

Es wurde auch das Abstrahlverhalten der B500A Center gemessen, dessen Ergebnis besonders spannend erwartet wurde, aufgrund der Anordnung des Tieftöners neben dem Waveguide.

Es ergab sich folgendes Abstrahlverhalten:



## 5. Interpretation und Fazit

Zunächst möchte ich an dieser Stelle versuchen eine sachliche Interpretation abzugeben.

Es kann festgehalten werden, dass das Ziel nicht ganz erreicht wurde. Aber im Laufe der Messungen und Entzerrungen wurde entschieden, dass eine weitere Anhebung des Tieftonbereiches nicht erfolgen soll, da die Boxen später noch auf den Raum angepasst werden sollen bzw. müssen, da der Raum insbesondere den Tieftonbereich anheben wird, (Stichworte Roomgain und modales Verhalten) aber auch andere Bereiche im Frequenzgang. Es kann aber auch festgehalten werden, dass der Frequenzgang über 40Hz erstaunlich glatt ausfällt. Was auch sehr positiv war, dass der Roll-off der einzelnen Chassis sehr gut zu den Trennfrequenzen passte. Soll heißen, es musste nicht noch weiter über die Trennfrequenzen hinaus angehoben werden, damit die Filter elektrisch gesehen sauber arbeiten können.

Die Verzerrungen, auch wenn die Messungen mit „Vorsicht“ interpretiert werden müssen, sind durchgehend im niedrigen Bereich. Im Mitteltonbereich sind die Verzerrungen besonders gering, was der hervorragenden Mitteltonkalotte, im Zusammenspiel mit ihrem Waveguide, geschuldet ist. Das nun ausgerechnet im Mittelton die Verzerrungen so niedrig sind, wird als sehr positiv angesehen. Bei der Messung des Gesamtfrequenzganges der B500A Center fällt auf, dass die Verzerrungen im Tieftonbereich stark ansteigen, im Gegensatz zu der Messung der B500A. Das liegt schlicht und ergreifend an einem stark erhöhten Ruhepegel bei einer Frequenz von 5Hz. Nach entsprechender Untersuchung und Nachfrage, konnte die Klimaanlage des Reflexionsarmen Raum als Ursache festgestellt werden. Leider hat diese offensichtlich eine Zwangsschaltung und lässt sich nicht ohne Weiteres ausschalten. Da bei der Messmethode nach Farina diese Störung bei der Darstellung des Frequenzganges ausgeblendet wird, wurde die Störung billigend in Kauf genommen, da nicht klar war, wie lange es dauert, bis sich die Klimaanlage wieder ausschaltet.

Ebenso ist die Gruppenlaufzeit durchgehend im niedrigen Bereich, mit Ausnahme des unteren Tieftons. Die Ursache liegt in der Bassreflexausführung und wird als Kompromiss zwischen möglichst tiefer unterer Grenzfrequenz und entsprechend erhöhter Gruppenlaufzeit hingenommen. Dennoch ist sie noch unter der Wahrnehmbarkeitsschwelle, so weit man das nach aktuellem Stand der Wissenschaft beurteilen kann.

Das Abstrahlverhalten der B500A ist relativ konstant und für mich akzeptabel. Lediglich die Ausweitung bei knapp über 3kHz ist unschön. Bei der Prototypbox, welche seinerzeit von mir im Wohnzimmer vermessen wurde, war diese Ausweitung nur ansatzweise zu erkennen, weshalb sie vernachlässigt wurde. Die Wellenlänge beträgt etwa 10cm. Das passt sehr gut zur Geometrie des Hochtonguide in der Horizontalen. Was erklären würde, dass es ansatzweise beim Prototypen erkennbar war. Weiterhin wurde die Prototypenbox nicht oberflächenbehandelt. Es könnte durchaus sein, dass die Lackierung den Effekt (Reflexion im Waveguide) verstärkt.

Interessanterweise musste der Pegel des Hochtöners bei der B500A Center um 2dB angehoben werden, im Gegensatz zur B500A. Das kann unter anderem zwei Gründe haben. Zum einen ist der Hochtöner aus einer anderen Charge. Zum anderen ist der Prototyp nicht oberflächenbehandelt. Es könnte sein, dass das MDF den Hochtönen absorbiert. An der Endstufe kann es nicht liegen, da mit der selben Endstufe gearbeitet wurde.

Tja, nun kommt so ein wenig das Sorgenkind. Das Abstrahlverhalten der B500A Center. Hier fällt auf, dass der Tiefton auf der Seite, auf der das Waveguide liegt, bedeutend leiser ist. Weiterhin fällt die Einschnürung bei ca. 500Hz auf. Das ist der Anordnung des Tieftöners neben dem Waveguide geschuldet. Der Außenabstand Waveguide zu Tieftöner beträgt 64cm. Das entspricht einer Wellenlänge bzw. Frequenz von 536Hz. Das korreliert. Wo die Spitze bei 1kHz her kommt, vermag ich derzeit nicht zu beurteilen. Jedoch passt die Wellenlänge von 34cm zum Abstand des Waveguiderand zur Außenkante des Gehäuses. Es könnte sich also um eine Diffraktion handeln. Dieses gilt es näher zu untersuchen.

Die Frage, ob der Center so umgesetzt wird, oder ob eine andere Lösung für einen Center gesucht wird, kann ich derzeit noch nicht abschließend beantworten. Das hängt in erster Linie von den räumlichen Gegebenheiten ab.

Nun zum persönlichen Fazit.

Meine Anforderungen, die vor der Entwicklung im Geiste erreicht werden sollten, wurden erreicht. Um es ganz einfach auf den Punkt zu bringen, die B500A klingt für meinen Geschmack richtig geil! Aber, man denke immer an Voltaire und seiner Aussage: „Das Bessere ist der Feind des Guten“ ;)

Mein besonderer Dank richtet sich an Dipl.-Ing. Timo Kirschke, der mir bei der Entzerrung mit sehr viel Rat, Tat und insbesondere Know How zur Seite stand.

Timo, vielen Dank!