



Dokumentation der Messergebnisse Gerhard K., 11.09.2010

definiteAudio GmbH
Peter-Vischer-Str.2
D-91056 Erlangen

Tel: 09131 – 758691
Fax: 09131 – 758691
e-Mail: info@definiteAudio.de
Web: <http://www.definiteAudio.de>
Umsatzsteueridentnummer: DE254963094
HRB 11085 Fürth

Inhalt

Inhalt.....	2
Messausrüstung	2
Hörraum.....	3
Anlagenausstattung.....	3
Grundeinstellung	4
Frequenzweiche.....	4
Lautstärkeanpassung.....	5
Anpassung der Schalllaufzeiten.....	5
Messung zur Berechnung des Optimizers.....	6
Amplitudenfrequenzgang	6
Nachhallzeit	7
Impulsantwort.....	8
IACC	8
Sprungantwort.....	9
Korrektur mit AudioVolver.....	10
Amplitudenfrequenzgänge im Vergleich	10
Amplitudenfrequenzgänge rechts/links nach der Optimierung.....	11
Nachhallzeiten im Vergleich.....	12
Sprungantworten im Vergleich.....	14
Zusammenfassung	16

Messausrüstung

Die Messung wurde mit einem M30BX Messmikrofon der Firma Earthworks durchgeführt. Die Messergebnisse wurden mit Acourate visualisiert. Die Messung erfolgte mit einem logarithmischen Sinus (60s Sweep). Aus dem gemessenen Signal wurde mittels Faltung mit der Inversen des logarithmischen Sinus die Impulsantwort errechnet.

Hörraum

Die Messung erfolgte in einem 39m² großen Dachstudio. Es hat eine Gaube und eine unsymmetrische Dachschräge. Der Raum war gut möbliert und zeigte ein angenehmes trockenes akustisches Klima.

Die Lautsprecher stehen mittig vor der Querwand ca. 1m vor der Wand. Zusätzlich befinden sich in den Raumecken hinter den Lautsprechern Eck-Woofers. Der Hörplatz ist ein Ledersofa, das mittig vor den Lautsprechern steht. Hinter dem Sofa ist der Raum offen.



Abbildung 1: Hörraum und Anlagenausstattung

Anlagenausstattung

Als Hauptlautsprecher kommen „Baltic Evolution“ der Firma Cabasse zum Einsatz. Deren Antrieb übernimmt ein Digitalvollverstärker TDAI 2200 von Lyngdorf. Die beiden W 210 Eckwoofer kommen ebenfalls von Lyngdorf und werden von einer separaten Lyngdorf SDA 2175 Analog/Digital Endstufe angesteuert. Als Lautsprecherkabel werden „In Concerto“ von HMS verwendet.

Als Zuspeler dient ein Naim CD 2 mit L-Clock XO3 Digitalausgang.

Der AudioVolver im System übernimmt viele Funktionen. Er dient als **UPNP-Zuspeler**, er übernimmt die **Amplituden-** und **Zeitkorrektur** und zusätzlich die Aufgabe einer steifflankigen **Frequenzweiche** um die Woofer von den Hauptlautsprechern zu trennen.

Dazu sind die SDA 2175 Endstufen für die Woofer direkt am AudioVolver angeschlossen. Der Digitalausgang des AudioVolvers versorgt den TDAI 2200 mit dem Signal für die Hauptlautsprecher. Der TDAI 2200 wird dabei mit abgeschaltetem Room-Perfect betrieben. Die Lautstärkeregelung des Systems erfolgt über den AudioVolver und wirkt sich damit sowohl auf die Woofer als auch auf die Hauptlautsprecher aus.

Grundeinstellung

Der Betrieb des AudioVolvers als aktive Frequenzweiche wurde nicht ohne Grund vorgenommen. Vorangegangene Versuche mit der in den TDAI 2200 eingebauten Weiche lieferten trotz ausgiebiger Versuche kein befriedigendes akustisches Ergebnis, da der Bass nie perfekt ins Geschehen eingebunden werden konnte.

Damit der AudioVolver auch als Frequenzweiche genutzt werden kann, müssen im Vorfeld folgende Schritte durchgeführt werden:

- Festlegen und Laden der Frequenzweiche
- Angleichen der Amplitude zwischen den Woofern und den Hauptlautsprechern.
- Angleichen der Schalllaufzeiten zwischen Woofern und Hauptlautsprechern.

Frequenzweiche

Als Frequenzweiche wurde eine **Neville Thiele Frequenzweiche** mit einer Eckfrequenz von **150Hz** gewählt. Sie vereint eine hohe Steilheit mit einem guten Impulsverhalten.

Nachdem die Frequenzweiche (anders als konventionelle- und DSP-Weichen) linearphasig ist, addieren sich die beiden Zweige zu einer perfekten Sprungantwort, was die spätere Optimierung durch den AudioVolver erleichtert.

Der Bereich in dem beide Lautsprecher ein nennenswertes Nutzsignal abgeben, ist bei diesem Weichtyp gerade ½ Oktave, womit Lobes, also Schallbündelungen und Auslöschungen praktisch nicht auftreten.



Abbildung 2: Amplitudengang der Neville Thiele Frequenzweiche im AudioVolver
Rot = Woofer, Grün= Hauptlautsprecher

Lautstärkeanpassung

Nach dem Laden der Frequenzweiche in den AudioVolver, wurde eine Messung durchgeführt, um die richtige Lautstärkeeinstellung für den TDAI 2200 zu finden. Ziel war es die Lautstärke dort so einzustellen, dass der Woofer und die Hauptlautsprecher lautstärkemäßig richtig zusammenspielen.

Um eine möglichst tiefe Grenzfrequenz des Gesamtsystems zu realisieren wurden die Woofer lauter als gewöhnlich betrieben.

Als optimale Einstellung wurde **85dB** am TDAI 2200 gewählt. Diese Einstellung wurde fest in den TDAI 2200 einprogrammiert, so dass er nach dem Einschalten immer automatisch auf diese Lautstärke eingestellt ist.

Anpassung der Schalllaufzeiten

Um die Schalllaufzeit zwischen den Lautsprechern und dem Messmikrofon zu ermitteln, wurde in der Frequenzweiche eine Verzögerung von 25ms eingestellt und damit eine Messung durchgeführt.

Die Auswertung der Maxima der Impulsantworten ergab, dass der TDAI 2200 das Signal mehr verzögert als die Abstandsdifferenz zwischen Woffern und Hauptlautsprechern ist.

Es musste deshalb, um die Schallwellen der Hauptlautsprecher und der Woofer zeitgleich zu bekommen, das Signal der Hauptlautsprecher um **1,02ms** verzögert werden. Diese Verzögerung wurde in die Frequenzweiche des AudioVolvers integriert.

Messung zur Berechnung des Optimizers

Nach diesen Vorarbeiten wurde eine Messung durchgeführt, auf deren Basis die Korrektur durch den AudioVolver erstellt wurde.

Amplitudenfrequenzgang

Die Darstellung des Amplitudenfrequenzgangs erfolgt geglättet. Als Glättungsverfahren kam FDW von Acourate zum Einsatz. Der Amplitudenfrequenzgang ist relativ, nicht absolut aufgetragen.



Abbildung 3: Amplitudenfrequenzgang Original: Rot = Linker Kanal, Grün= Rechter Kanal

Deutlich sichtbar ist die gewollte Anhebung des Basses, die später durch den AudioVolver linearisiert wird.

Ferner erscheinen im Bass etliche Raum-Moden die wegen des relativ verwinkelten Dachstudios aber nicht allzu ausgeprägt sind.

Zwischen 200 und 1000Hz zeigt sich eine leichte Überhöhung. Bis zum Beginn des Hochtonbereichs bei 6kHz ist der Amplitudenfrequenzgang etwas wellig um dann um ca. 4dB abzufallen. Im Hochtonbereich zeigt die Messung einen Unterschied von ca. 2dB zwischen den Kanälen, vermutlich eine Auswirkung des unsymmetrischen Raums.

Nachhallzeit

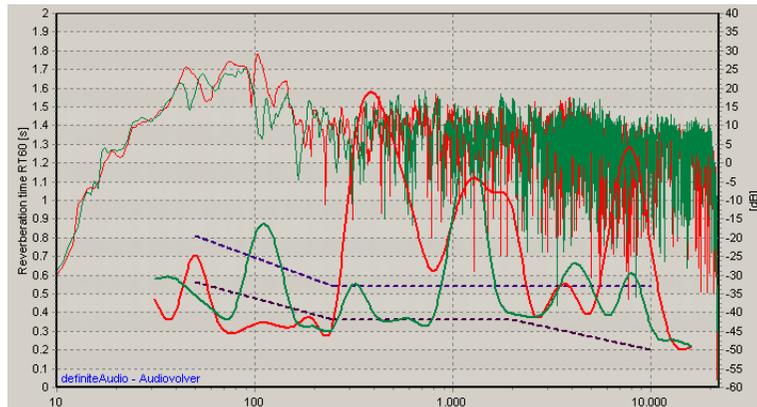


Abbildung 4: Nachhallzeit Original 100m³ Raum: Rot = Linker Kanal, Grün= Rechter Kanal

Der Raum hat ein Gesamtvolumen von 93m³ und ist dafür relativ trocken, was sich an einer Nachhallzeit-Basis von ca. 0,4s zeigt.

Allerdings wurden viele, teils lang nachschwingende Ausreißer bei verschiedenen Frequenzen festgestellt. Dies kommt vermutlich von mitschwingenden Oberflächen irgendwo im Raum. Das können Möbel aber auch mitschwingende Verkleidungen der Dachschrägen sein.

Interessanterweise traten diese Nachschwingungen bei vorangegangenen Messungen nicht auf. Es wird empfohlen zu untersuchen, was in dem Raum das Nachschwingen verursacht.

Wären diese Ausreißer nicht, dann läge die Nachhallzeit perfekt in dem, für einen Raum dieser Größe vorgesehenen Bereich.

Impulsantwort



Abbildung 5: Impulsantwort Original 10ms: Rot = Linker Kanal, Grün= Rechter Kanal

Nach dem initialen Puls sind zwar etliche Reflexionen sichtbar, die aber meist in beiden Kanälen gleich auftreten. Herausragende Reflexionen die einer besonderen raumakustischen Behandlung bedürften, sind nicht zu erkennen.

IACC

Je geringer der Unterschied zwischen den Impulsantworten des rechten und des linken Kanals am Hörplatz ist, umso besser gelingt einem HiFi-Wiedergabesystem die akustische 3D-Raumdarstellung.

Der IACC-Wert (Interaural Cross Correlation, Wertebereich 0 bis 1) berechnet sich aus dem Unterschied zwischen den Messungen der linken und der rechten Impulsantwort. Er ist das Maß für die Qualität der erzielbaren 3D-Raumdarstellung eines HiFi-Wiedergabesystems.

Folgende Tabelle gibt Auskunft über die Klassifizierung des IACC-Wertes.

- < 0,6 schlecht
- > 0,6 gut
- > 0,7 sehr gut
- > 0,8 exzellent
- > 0,9 spektakulär

In Wohnräumen ist unter besten Bedingungen allerhöchstens ein Wert von 0,75 erreichbar. In einem akustisch behandelten Studio kann man jedoch unter guten Bedingungen IACC-Werte von über 0,9 erreichen, was sich dann in einer überwältigenden 3D-Raumdarstellung äußert.

Die durchgeführte Messung liefert einen **IACC-Wert** von **0,483** ein nicht so guter Wert, der von den vielen Reflexionen im Raum herrührt, die dafür sorgen dass sich das Signal zwischen dem rechten und dem linken Lautsprecher unterscheidet.

Der Wert des IACC im entscheidenden Nahbereich (bis 20ms) ist mit **0,633** deutlich höher und erreicht in den ersten 10ms sogar superbe **0,710**.

Sprungantwort



Abbildung 6: Sprungantwort Original 10ms: Rot = Linker Kanal, Grün= Rechter Kanal

Die ideale Kurvenform der Sprungantwort wäre ein steiler Sprung nach oben und ein exponentieller Abfall innerhalb der ersten 10ms. Dieses Verhalten ist so bei der durchgeführten Messung nicht sichtbar.

Durch den absichtlich zu laut eingestellten Bass dominiert die lange Bassschwingung das Bild.

Der TDAI 2200 erzeugt trotz der Deaktivierung von RoomPerfect eine Phasenverzerrung, die sich zu Beginn der Hauptlautsprecherantwort sehr deutlich zeigt. Die Antworten der einzelnen Chassis der „Baltic“ werden dadurch nicht sichtbar.

Die Hauptaufgabe wird es sein, aus dieser Sprungantwort mit dem AudioVolver etwas zu erzeugen, dass dem Ideal deutlich näher kommt.

Korrektur mit AudioVolver

Aus der oben präsentierten Messung wurde mit Acourate ein Optimizer berechnet, der Frequenz- und Zeitverhalten der Lautsprecher - Raumkombination unter Hinzunahme des AudioVolvers optimiert.

Als Zielkurve wurde eine leicht abfallende Gerade gewählt (braun).

Der **IACC-Wert** konnte durch den Optimizer auf **0,545** erhöht werden. Sogar die bereits exzellenten Werte im Nahbereich konnten durch den Optimizer weiter auf **0,664** und **0,720** verbessert werden!

Amplitudenfrequenzgänge im Vergleich

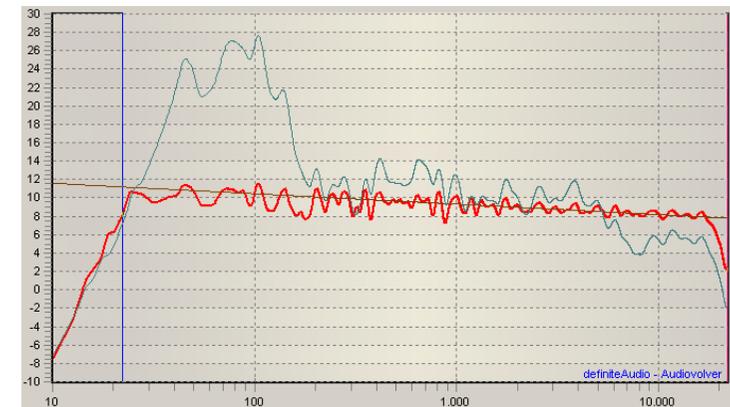


Abbildung 7: Amplitudenfrequenzgang:
Rot = Linker Kanal Original
Türkis= Linker Kanal mit Optimizer

Es wird deutlich, dass beim linken Kanal mit dem AudioVolver ein sehr ausgeglichener Amplitudenfrequenzgang erzeugt werden kann. Der überhöhte Bass und die Raummoden sind komplett verschwunden.

Die Unregelmäßigkeiten im mittleren Frequenzbereich konnten geglättet und der Verlust im Hochtonbereich ausgeglichen werden.

Durch die Anhebung des Basses und die darauffolgende Linearisierung mit dem AudioVolver konnte eine hervorragende sehr tiefe untere Grenzfrequenz von 22Hz erreicht werden, also eine ganze Oktave tiefer als die Basslautsprecher ohne AudioVolver schaffen würden. Im praktischen Betrieb zeigte sich, dass die Woofer und die Bass-Endstufe damit auch bei hohen Pegeln keinerlei Problem haben.

Ein ganz ähnliches Bild ergibt sich auch für den rechten Kanal.

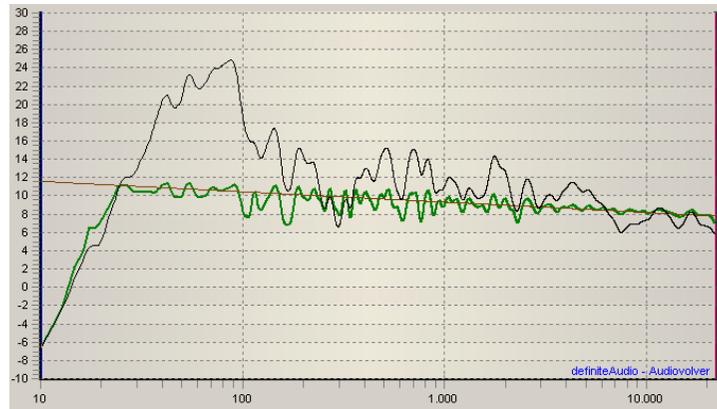


Abbildung 8: Amplitudenfrequenzgang:
Grün = Rechter Kanal mit Optimizer, Schwarz= Rechter Kanal Original

Amplitudenfrequenzgänge rechts/links nach der Optimierung

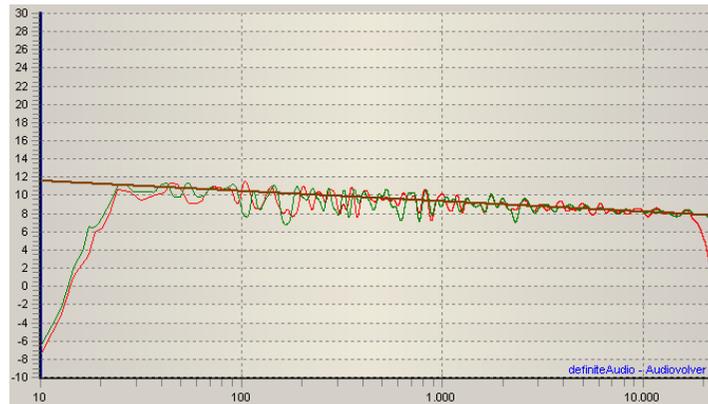


Abbildung 9: Amplitudenfrequenzgang mit Optimizer: Rot = Linker Kanal, Grün = Rechter Kanal

Insgesamt ergibt sich nach der Optimierung mit dem AudioVolver ein praktisch perfekter Amplitudenfrequenzgang, der sich weitestgehend innerhalb eines 2dB Bandes bewegt und bei dem sich beide Kanäle identisch verhalten. Die untere Grenzfrequenz (-3dB) des Gesamtsystems liegt bei ca. 22Hz.

Durch die leicht geneigte Zielkurve ergibt sich ein sehr harmonischer Gesamteindruck mit einem vollen Bass und klaren Höhen.

Nachhallzeiten im Vergleich

Die Optimierung mit dem AudioVolver nimmt Einfluss auf die Anregung des Raumes über die Lautsprecher und wirkt sich damit automatisch auf die Nachhallzeiten aus.

Aus den beiden folgenden Abbildungen ist ersichtlich, wie der AudioVolver die Nachhallzeiten positiv beeinflusst. So konnte das Nachschwingen deutlich reduziert, bei manchen Frequenzen sogar völlig unterdrückt werden.

Aufgrund des bereits sehr trockenen Raums wirkte sich die Reduzierung der Nachhallzeit durch den AudioVolver nur gering aus.

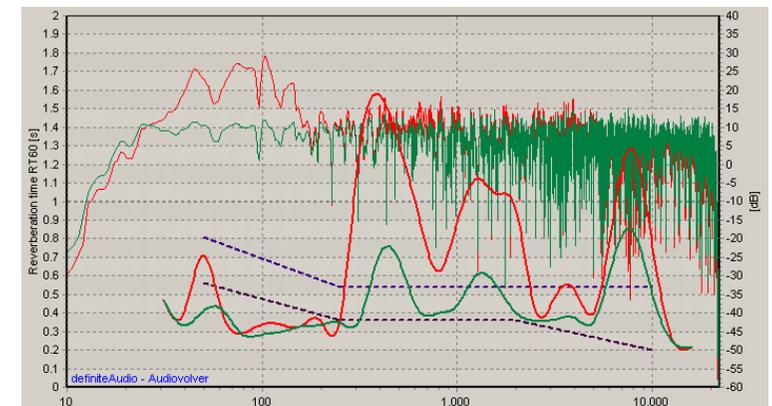


Abbildung 10: Nachhallzeiten im Vergleich:
Rot = Linker Kanal Original, Grün= Linker Kanal mit Optimizer

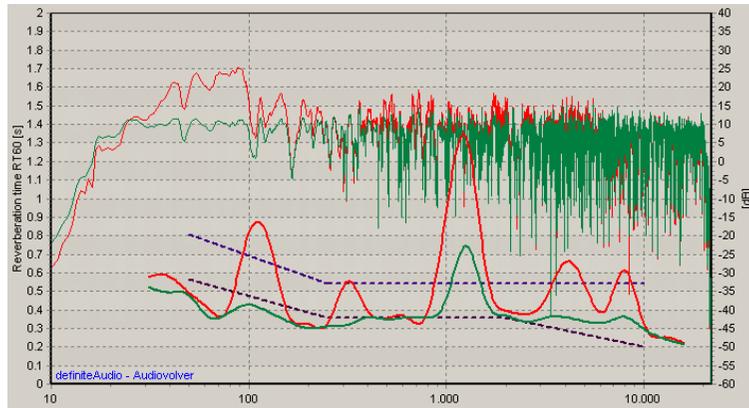


Abbildung 11: Nachhallzeiten im Vergleich:
Rot = Rechter Kanal Original, Grün= Rechter Kanal mit Optimizer

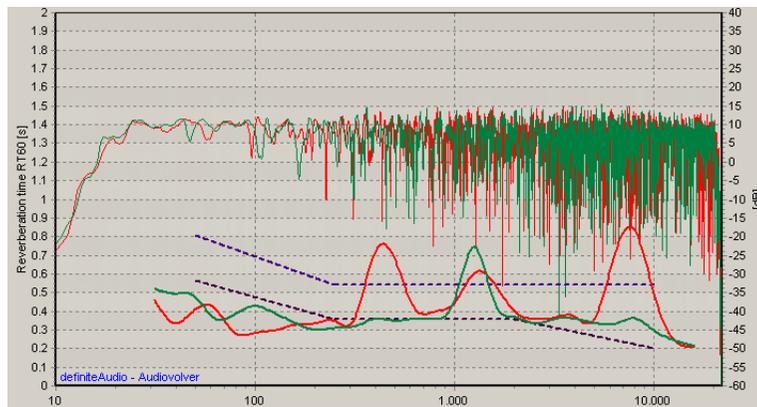


Abbildung 12: Nachhallzeiten mit Optimizer :
Rot = Linker Kanal, Grün= Rechter Kanal

Sprungantworten im Vergleich

Wie man Abbildung 6 entnehmen kann, ist die Sprungantwort ohne AudioVolver geprägt von dem zu laut eingestellten Bass.

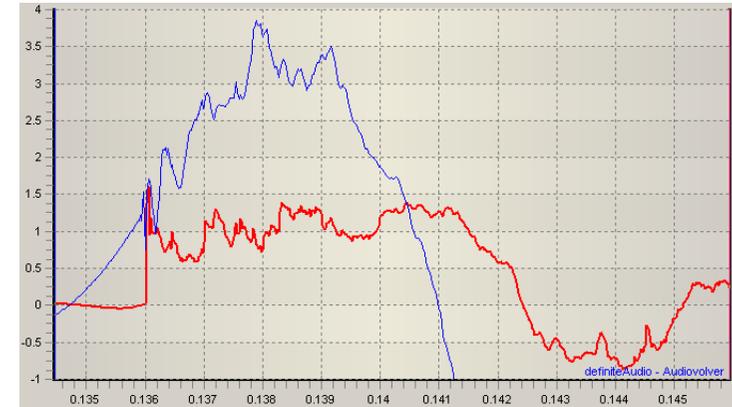


Abbildung 13: Sprungantwort 10ms:
Rot = Linker Kanal mit Optimizer, Blau= Linker Kanal Original

Durch den Einsatz des AudioVolvers hat sich der Sprung dem Ideal deutlich angenähert. Es existiert jetzt eine perfekte Sprungflanke und damit eine lineare Phase am Hörplatz. Aufgrund der tiefen Grenzfrequenz von 22Hz bleibt die Sprungantwort lange auf einem hohen Niveau bevor Sie abfällt.



Abbildung 14: Sprungantwort 10ms:
Grün = Rechter Kanal mit Optimizer, schwarz= Rechter Kanal Original



Abbildung 15: Sprungantwort mit Optimizer 10ms: Rot = Linker Kanal, Grün = Rechter Kanal

Insgesamt ergibt sich eine in den ersten 6ms eine größtenteils deckungsgleiche Sprungantwort, womit die erste Wellenfront der beiden Kanäle weitestgehend identisch ist. Das schlägt sich in einer sehr guten Raumabbildung nach der Optimierung durch den AudioVolver nieder.

Zusammenfassung

Der vorgefundene Raum ist ein Dachstudio und wegen seines unsymmetrischen Aufbaus den vielen Ecken und der Gaube nicht optimal als Hörraum geeignet, da sich raumbedingt viele Reflexionen ergeben.

Aufgrund der vorhandenen Möblierung ist die Nachhallzeit bis auf wenige Ausreißer recht gut.

Durch die Verwendung des AudioVolvers ist es trotz des schwierigen Raums gelungen, einen linearen Frequenzgang und eine perfekte Sprungantwort und damit eine lineare akustische Phase am Hörplatz zu realisieren.

Durch eine absichtlich erhöhte Lautstärke des Basses konnte eine untere Grenzfrequenz von 22Hz realisiert werden.

Der Gesamt IACC ist wegen der vielen Reflexionen trotz AudioVolver mit 0,54 nicht allzu gut. Allerdings kommen die störenden Reflexionen erst sehr spät am Hörplatz an so dass in den ersten 10ms ein IACC-Wert von 0,72 erreicht wird und damit eine hervorragende 3D Abbildung.

Insgesamt findet durch den AudioVolver messtechnisch und akustisch eine deutliche Aufwertung der gesamten Anlage statt.