

Messtechnische Untersuchung des Bassmanagements an einer AV-Vorstufe

Yamaha CX-A5100

1. Inhaltsverzeichnis

2.	Einleitung	3
3.	Messaufbau	3
a.	Verwendete Hard- und Software	3
b.	Einstellungen der Soundkarte	3
c.	Einstellungen der AV-Vorstufe	3
d.	Beschreibung des Vorgehens	3
4.	Messungen bei Einstellung „large“	4
e.	Frequenzgänge	4
Vollbereichskanal	4	
LFE	4	
f.	Tiefpassfunktion	5
LFE	5	
g.	Pegelverhältnisse	5
LFE und Vollbereichskanal	5	
h.	Zusammenfassung des Unterpunktes	6
5.	Messungen bei Einstellung „small“	6
i.	Frequenzgänge	6
LFE und Vollbereichskanal	6	
j.	Tiefpassfunktion	7
Vollbereichskanal	7	
k.	Hochpassfunktion	7
Vollbereichskanal	7	
l.	Hoch und Tiefpassfunktion	8
Vollbereichskanal	8	
m.	Zusammenfassung des Unterpunktes	8
6.	Messungen bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“	8
n.	Frequenzgänge	9
Vollbereichskanal und LFE Kanal	9	
o.	Tiefpassfunktion	9
LFE Kanal	9	
p.	Zusammenfassung des Unterpunktes	10
7.	Mischbetrieb Vollbereichskanal Center auf „small“ bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“ 10	
q.	Frequenzgänge	10
Vollbereichskanal	10	

r.	Tiefpassfunktion.....	11
	Vollbereichskanal	11
s.	Hochpassfunktion	11
	Vollbereichskanal	11
t.	Zusammenfassung des Unterpunktes.....	12
8.	Mischbetrieb Vollbereichskanal Surround Links auf „small“ bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“	12
u.	Frequenzgänge.....	12
	Vollbereichskanal	12
v.	Zusammenfassung des Unterpunktes.....	13
9.	Verzerrungen in verschiedenen Einstellungen.....	13
w.	Vollbereichskanal bei Einstellung „large“	13
	Ausgang Vorne Links	13
x.	Vollbereichskanal bei Einstellung „small“	14
	Ausgang Vorne Links	14
	Ausgang Subwoofer	14
y.	LFE Kanal bei Einstellung „small“ oder „large“.....	14
	Ausgang Subwoofer	14
z.	LFE Kanal bei Einstellung „kein Subwoofer“	15
	Ausgang Vorne Links	15
aa.	Zusammenfassung des Unterpunktes	15
10.	Zusammenfassung	15

2. Einleitung

Hier soll messtechnisch untersucht werden, wie das Bassmanagements einer AV-Vorstufe funktioniert und welche Konsequenzen daraus in der Praxis entstehen. Hier wird der Einfachheit halber zwischen LFE und Vollbereichskanal unterschieden. Was technisch nicht ganz korrekt ist, denn auch der LFE Kanal ist ein Vollbereichskanal (siehe weiter unten). Es wurde, wenn nicht anders erwähnt, immer der Kanal Front Links als Vollbereichskanal gewählt.

3. Messaufbau

a. Verwendete Hard- und Software

- MacBook Pro mit Windows 10
- Room EQ Wizard (REW)
- Asio4All
- RME FireFace UC

b. Einstellungen der Soundkarte

- Eingangspegel +4dBu
- Eingangsmixer 0dB

c. Einstellungen der AV-Vorstufe

- Masterlautstärkeeinstellung –20dB
- Kanaleinstellung im Menü 0dB

d. Beschreibung des Vorgehens

Das Messsignal wurde vom MacBook per HDMI ausgegeben. Der Vorstufenausgang wurde als symmetrisches Signal in die Soundkarte eingespeist.

4. Messungen bei Einstellung „large“

Stellt man die Lautsprecher der Vollbereichskanäle im Menü der AV-Vorstufe auf large, wird deren Signal voll auf ihren zugehörigen Ausgang ausgegeben. Es findet kein Routing statt.

e. Frequenzgänge

Vollbereichskanal

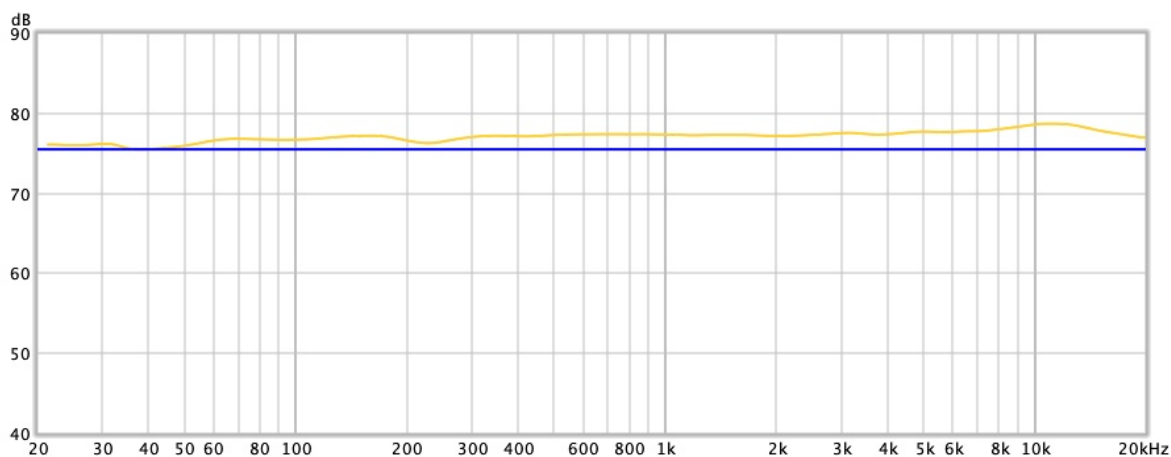


Abbildung 1: Gelb = Vorne Links Blau = Lineares Target bei 75,5dB

Das Signal des Vollbereichskanal wird ausschließlich und vollumfänglich auf dem zugehörigen Ausgang ausgegeben. Auffällig ist, dass der Frequenzgang nach oben ab etwa 50Hz um 1,5dB ansteigt. Das zieht sich insgesamt durch alle nachfolgenden Messungen in allen Konstellationen durch.

LFE

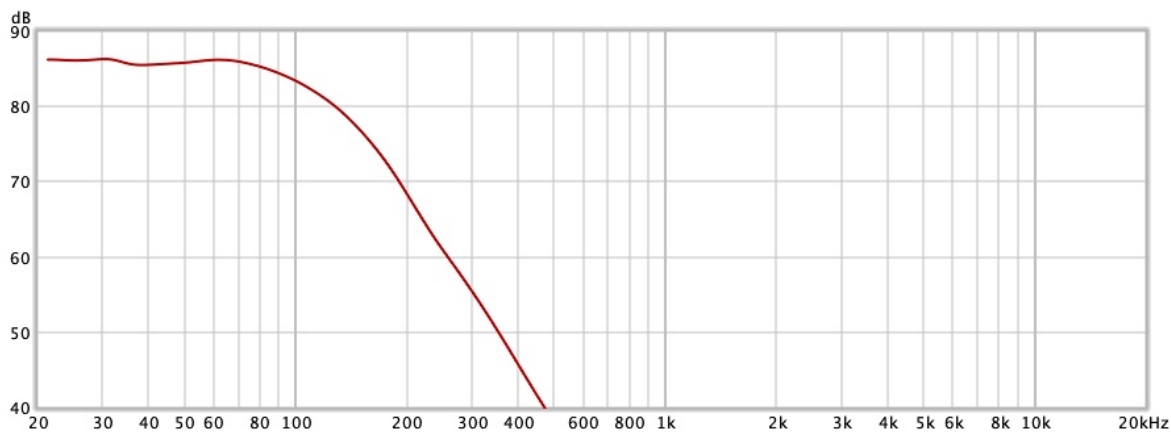


Abbildung 2: Rot = LFE

Das Signal des LFE Kanals wird ausschließlich auf dem Subwooferausgang ausgegeben. Laut Whitepaper der Dolby Laboratories „What is the LFE channel?“ ist der LFE Kanal auch ein Vollbereichskanal, soll aber nur Frequenzen bis 120Hz übertragen. Das Messprogramm REW gibt auf dem LFE Kanal ein Vollbereichssignal aus, was man während der Messung in REW feststellen kann. Das bedeutet, dass die AV-Vorstufe hier einen Tiefpass implementiert hat, welcher das LFE Signal beschneidet. Ob das „korrekt“ ist, ist wohl eine Frage der Sichtweise.

f. Tiefpassfunktion

LFE

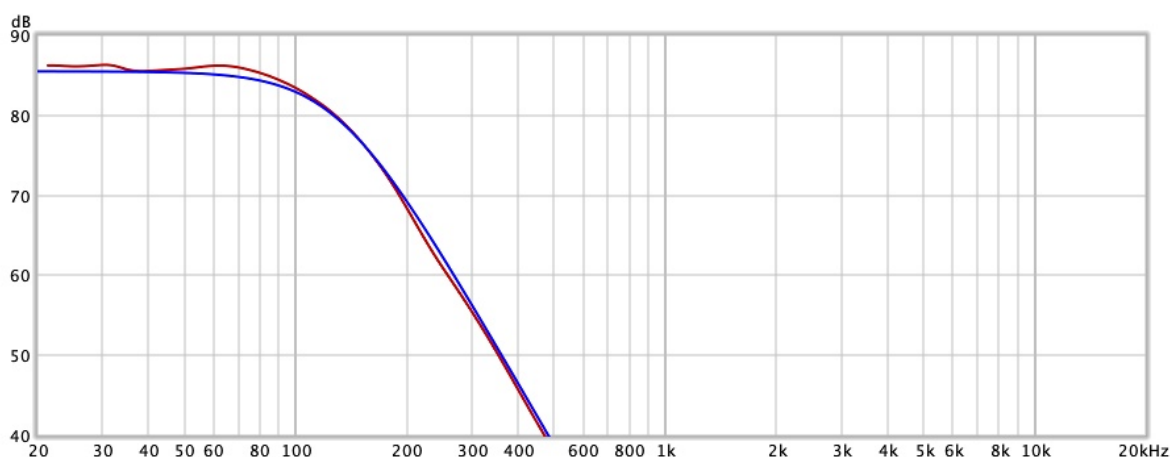


Abbildung 3: Rot = LFE am Subwooferausgang Blau = Tiefpassziel

Hier wurde mit Hilfe der EQ Funktion überprüft, welche Tiefpassfunktion dem LFE Kanal hinzugefügt wurde. Die Trennfrequenz ist 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave und der Pegel liegt bei 85,5dB.

g. Pegelverhältnisse

LFE und Vollbereichskanal

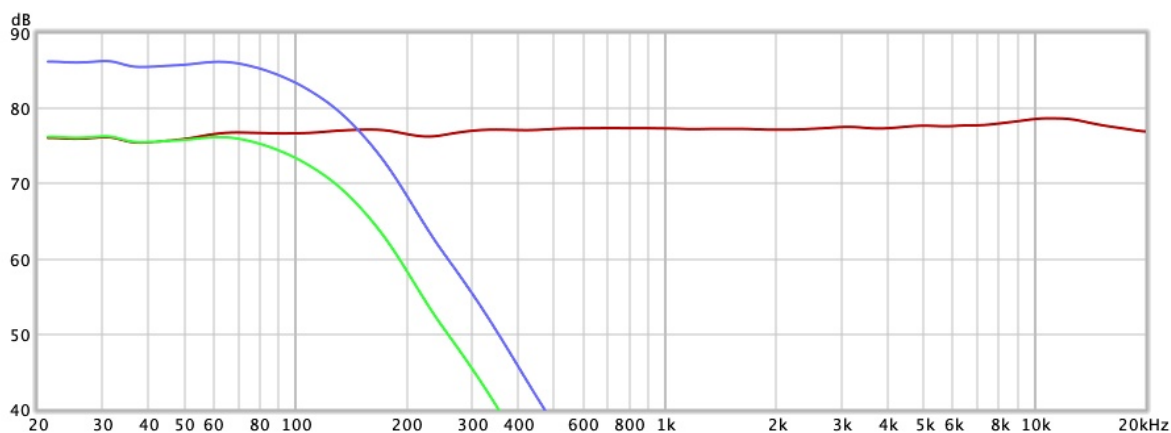


Abbildung 4: Rot = Front Links large Blau = LFE Grün = LFE -10dB skaliert

Es wurde der Pegel des Vollbereichskanals am zugehörigen Ausgang mit dem Pegel des LFE Kanals am Subwooferausgang verglichen. Der Pegel des LFE Kanals ist normgerecht 10dB höher.

Während der Messung wurde im REW darauf geachtet, ob der Pegel des Vollbereichskanals und des LFE Kanals den gleichen Wert hat. Das ist der Fall. Somit ist nachgewiesen, dass die AV-Vorstufe für die Erhöhung des LFE Pegels um 10dB zuständig ist und der Pegel des LFE Signals im HDMI Datenstrom nicht um 10dB erhöht ist.

h. Zusammenfassung des Unterpunktes

Das LFE Signal wird mit einem Tiefpass bei 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave versehen und um 10dB angehoben.

Das Signal des Vollbereichskanals wird unverändert und vollumfänglich an seinem zugehörigen Ausgang ausgegeben.

5. Messungen bei Einstellung „small“

Stellt man die Lautsprecher der Vollbereichskanäle im Menü der AV-Vorstufe auf small, wird deren Bassanteil mit Hilfe des Bassmanagements auf den Subwooferausgang geroutet.

i. Frequenzgänge

LFE und Vollbereichskanal

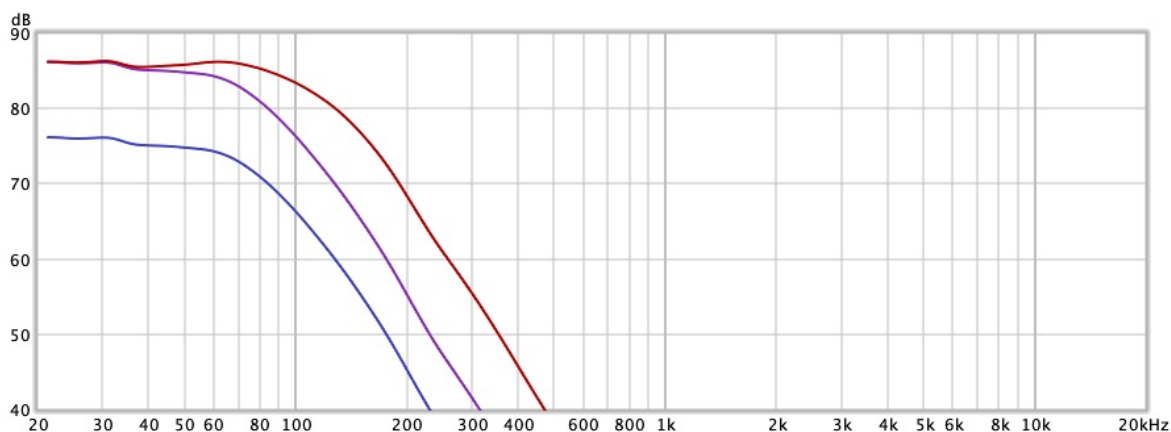


Abbildung 5: Rot = LFE Blau = Subanteil Front Links Lila = Subanteil Front Links um +10dB skaliert

Es wurde der Vollbereichskanal im Menü der AV-Vorstufe auf small gestellt und als Trennfrequenz wurde 80Hz ausgewählt.

Anschließend wurde am Subwooferausgang nacheinander das Signal des Vollbereichskanals gemessen und das Signal des LFE Kanals. Man sieht, dass das Ergebnis beim Signal des LFE Kanals unabhängig von der Einstellung small oder large identisch ist.

j. Tiefpassfunktion

Vollbereichskanal

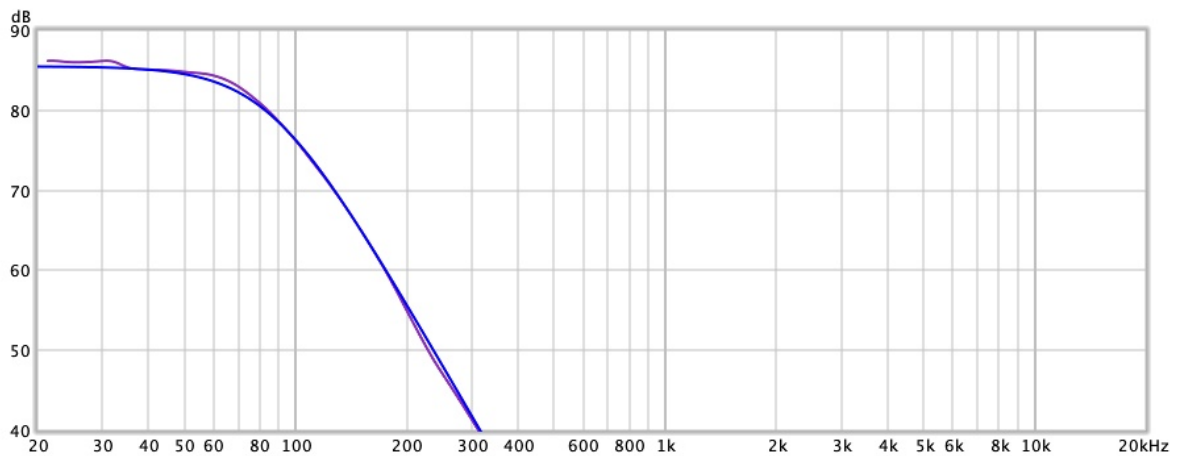


Abbildung 6: Lila = Front Links am Subwooferausgang Blau = Tiefpasstarget

Nun wurde mit Hilfe der EQ Funktion das gemessene und um +10dB skalierte Signal des Vollbereichskanals am Subwooferausgang mit einem Tiefpass 24dB/Oktave bei 85Hz und 85,5dB als Target verglichen. Das passte überein. Man muss aber auch feststellen, dass die Angabe im Menü der AV-Vorstufe (80Hz) nicht stimmt.

k. Hochpassfunktion

Vollbereichskanal

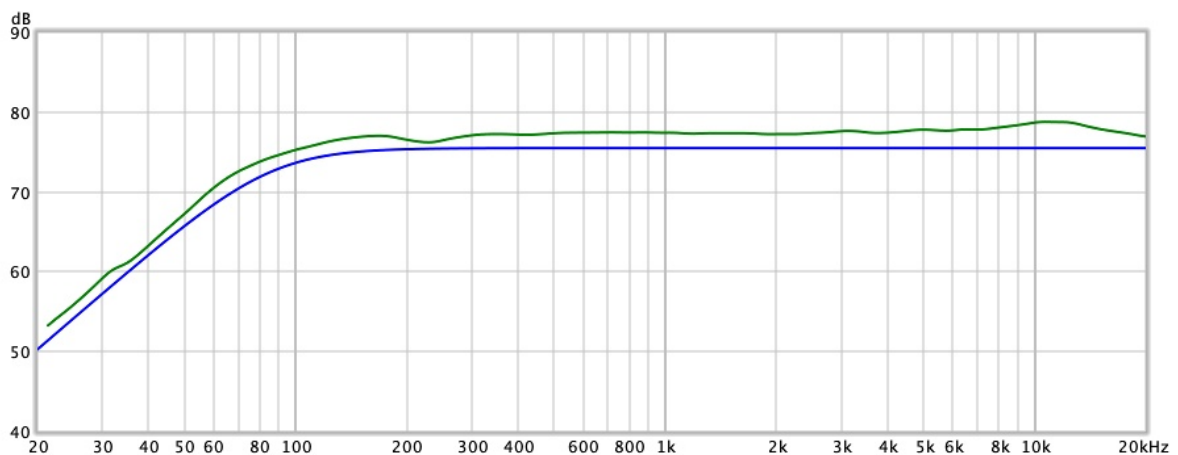
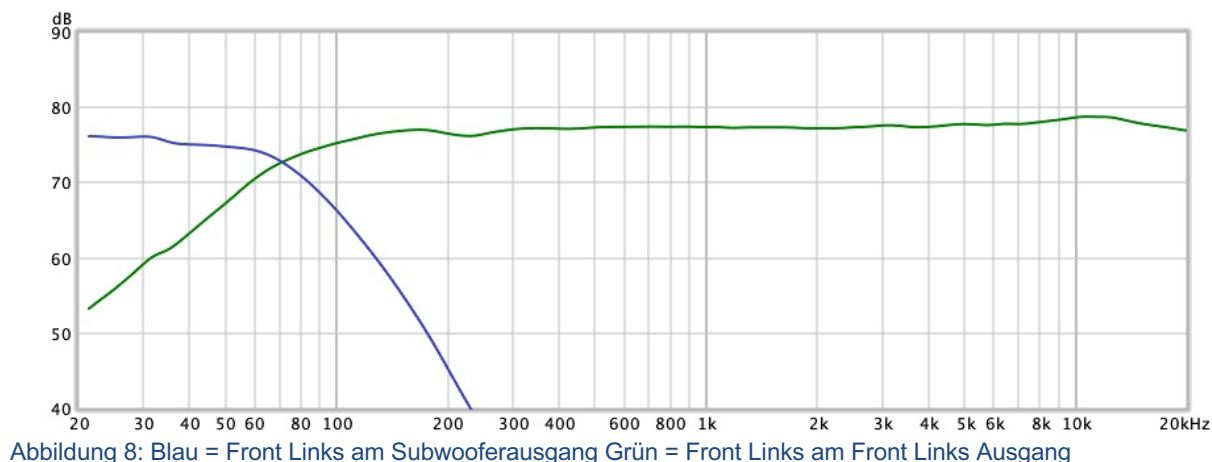


Abbildung 7: Grün = Front Links Blau = Tiefpasstarget

Es wurde mit Hilfe der EQ Funktion das gemessene Signal des Front Links Kanals am Front Links Ausgang mit einem Hochpass 12dB/Oktave bei 85Hz und 75,5dB (10dB weniger, da unskaliert) als Target verglichen. Das passte nicht ganz überein. Der Pegel ist 77dB, also 1,5dB zu hoch. Die Trennfrequenz passt überein.

1. Hoch und Tiefpassfunktion

Vollbereichskanal



Hier wurde der Vollbereichskanal nacheinander am Subwooferausgang und am Front Links Ausgang gemessen. Es werden die bereits oben gezeigten Kurven in einem Diagramm dargestellt. Wie bereits erwähnt, wird der Tiefpassanteil des linken Kanals mit 24dB/Oktave getrennt und der Hochpassanteil mit 12dB/Oktave.

m. Zusammenfassung des Unterpunktes

Das LFE Signal wird mit einem Tiefpass bei 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave versehen und um 10dB angehoben.

Das Signal des Vollbereichskanals wird mit einem Tiefpass von 24dB/Oktave versehen und auf den Subwooferausgang umgeleitet und dort gemeinsam mit dem LFE Signal ausgegeben.

Außerdem wird das Signal des Vollbereichskanals mit einem Hochpass von 12dB/Oktave versehen und an seinem zugehörigen Ausgang ausgegeben. Das Signal wird elektronisch unsymmetrisch getrennt. Technisch gesehen erscheint das zunächst als Katastrophe. Wenn man jedoch bedenkt, dass das historisch erwachsen ist und aus der THX Norm entstammt, erschließt sich der Grund hierfür. Denn in der THX Norm wurde festgehalten, dass der Lautsprecher des Vollbereichskanals akustisch einen konstruktiven Abfall von 12dB/Oktave bei 80Hz Trennfrequenz haben soll und das Bassmanagement elektronisch. Somit addieren sich die Flankensteilheiten und in Summe sind es wieder 24dB/Oktave und es wird symmetrisch.

6. Messungen bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“

Stellt man die Lautsprecher der Vollbereichskanäle im Menü der AV-Vorstufe auf large und den Subwoofer auf kein Subwoofer, wird der LFE Kanal auf die Vollbereichskanäle Front Links und Front Rechts umgeleitet. Die Vollbereichskanäle Front Links und Front Rechts lassen sich dabei nicht mehr auf small stellen. Die anderen Vollbereichskanäle schon.

n. Frequenzgänge

Vollbereichskanal und LFE Kanal

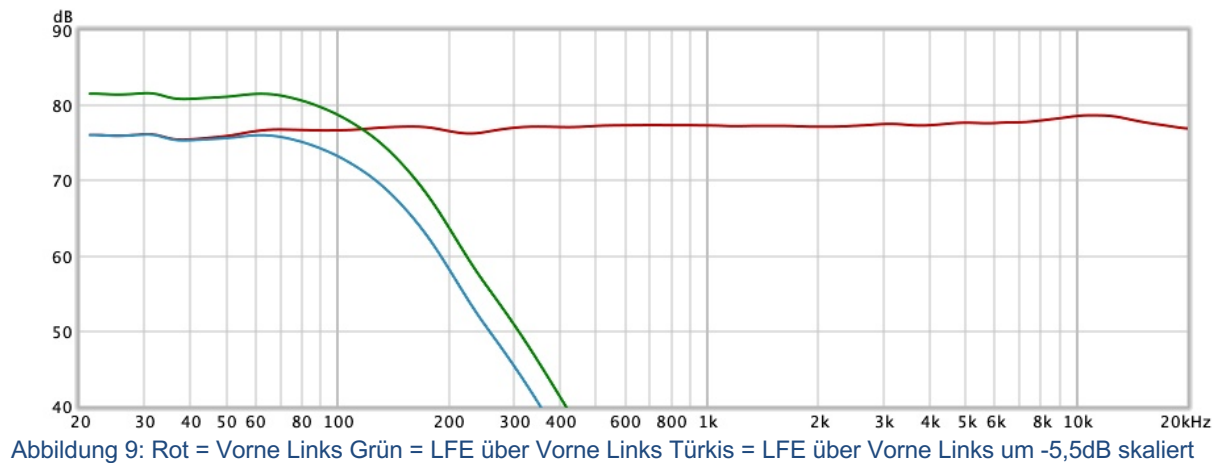


Abbildung 9: Rot = Vorne Links Grün = LFE über Vorne Links Türkis = LFE über Vorne Links um -5,5dB skaliert

Hier wurde am Ausgang Vorne Links gemessen. Man sieht das unveränderte, vollumfängliche Signal des Vollbereichskanals und man sieht das Signal des LFE Kanals. Das LFE Signal wird hier um 5,5dB angehoben. Da das auch auf dem Vollbereichskanal Vorne Rechts geschieht, addiert es sich auf 11,5dB. Das sind 1,5dB zuviel.

o. Tiefpassfunktion

LFE Kanal

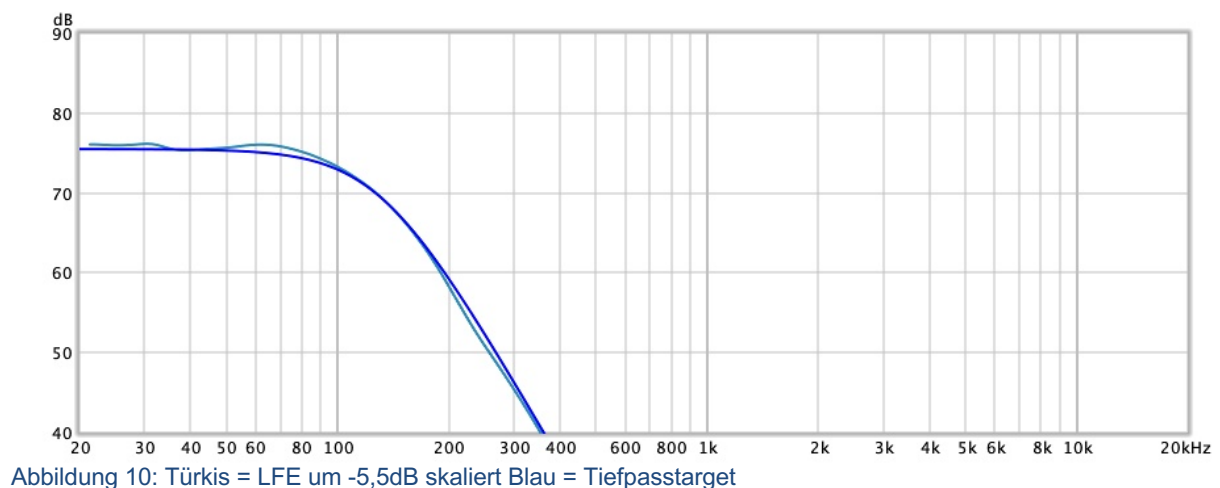


Abbildung 10: Türkis = LFE um -5,5dB skaliert Blau = Tiefpasstarget

Man sieht, dass das LFE Signal am Front Links Ausgang wieder eine Tiefpassfunktion mit 24dB/Oktave bei 130Hz bekommt.

p. Zusammenfassung des Unterpunktes

Das LFE Signal wird mit einem Tiefpass bei 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave versehen und auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet und dort mit dem jeweiligen Vollbereichssignal ausgegeben. Dabei wird es jeweils um 5,5dB angehoben. In Summe beträgt die Anhebung 11,5dB.

Das Signal des Vollbereichskanals wird unverändert an seinem zugehörigen Ausgang, gemeinsam mit dem umgeleiteten LFE Signal, ausgegeben.

7. Mischbetrieb Vollbereichskanal Center auf „small“ bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“

Stellt man in dieser Einstellung den Vollbereichskanal Center auf small, wird deren Bassanteil auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet.

q. Frequenzgänge

Vollbereichskanal

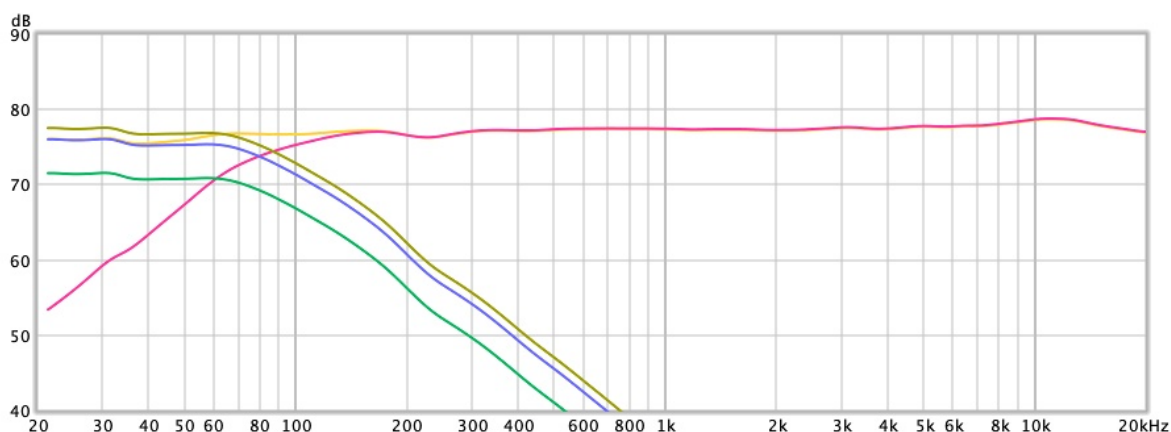


Abbildung 11: Orange = Vorne Links Rot = Center small Grün = Center Bassanteil Blau = Center Bassanteil +4,5dB skaliert Okker = Center Bassanteil +6dB skaliert

In dieser Messung wurde der Vollbereichskanal auf small gestellt und es wurde nacheinander am Ausgang Center und Vorne Links gemessen. Der Bassanteil des Vollbereichskanal Center wird auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet. Dazu wird es jeweils um 4,5dB abgesenkt. Hier also auf 71dB. Wenn nun beide Vollbereichskanäle 71dB wiedergeben, ist es in Summe 77dB (+6dB). Das ist 1,5dB zu viel, denn es darf hier nur 75,5dB sein.

r. Tiefpassfunktion

Vollbereichskanal

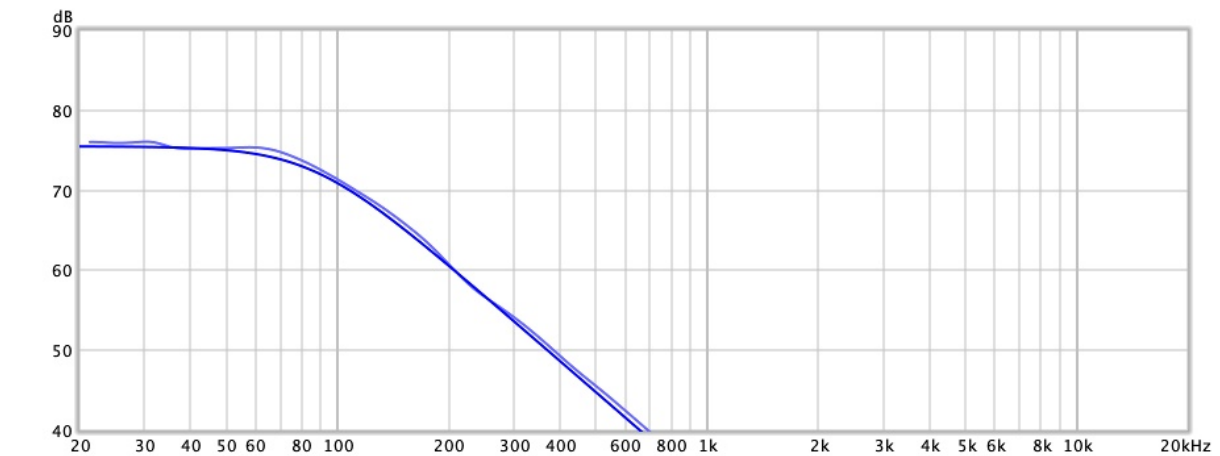


Abbildung 12: Hellblau = Bassanteil Center Dunkelblau = Tiefpasstarget

Hier wurde das Vollbereichssignal Center am Ausgang Vorne Links gemessen. Es wird ein Tiefpass mit 12dB Flankensteilheit bei 85Hz angewendet.

s. Hochpassfunktion

Vollbereichskanal

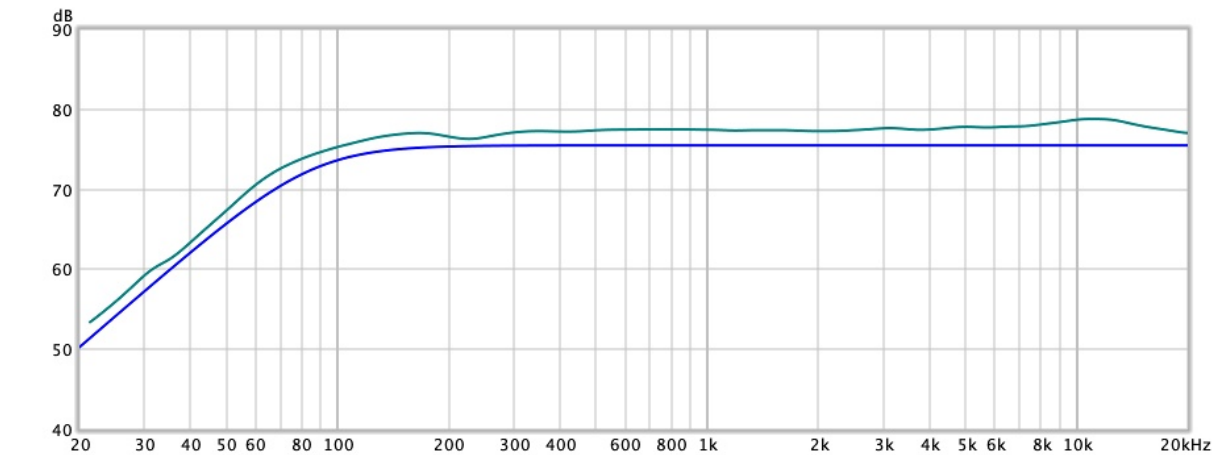


Abbildung 13: Grün = Center Blau = Hochpasstarget

Das Signal des Vollbereichskanal Center wird mit einem Hochpass mit einer Flankensteilheit von 12dB/Oktave bei 85Hz versehen. Es fällt auf, dass der Pegel des Signals um 1,5dB zu hoch ist.

t. Zusammenfassung des Unterpunktes

Das LFE Signal wird, wie zuvor, mit einem Tiefpass bei 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave versehen und auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet und dort mit dem jeweiligen Vollbereichssignal ausgegeben. Dabei wird es jeweils um 5,5dB angehoben. In Summe beträgt die Anhebung 11,5dB.

Das Signal des Vollbereichskanals Center wird mit einer symmetrischen Flankensteilheit von 12dB/Oktave getrennt und der Tieftonanteil wird um 4,5dB abgesenkt und auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet.

8. Mischbetrieb Vollbereichskanal Surround Links auf „small“ bei Einstellung „kein Subwoofer vorhanden“

Stellt man in dieser Einstellung den Vollbereichskanal Surround Links auf small, wird deren Bassanteil auf den Ausgang Vorne Links umgeleitet.

u. Frequenzgänge

Vollbereichskanal

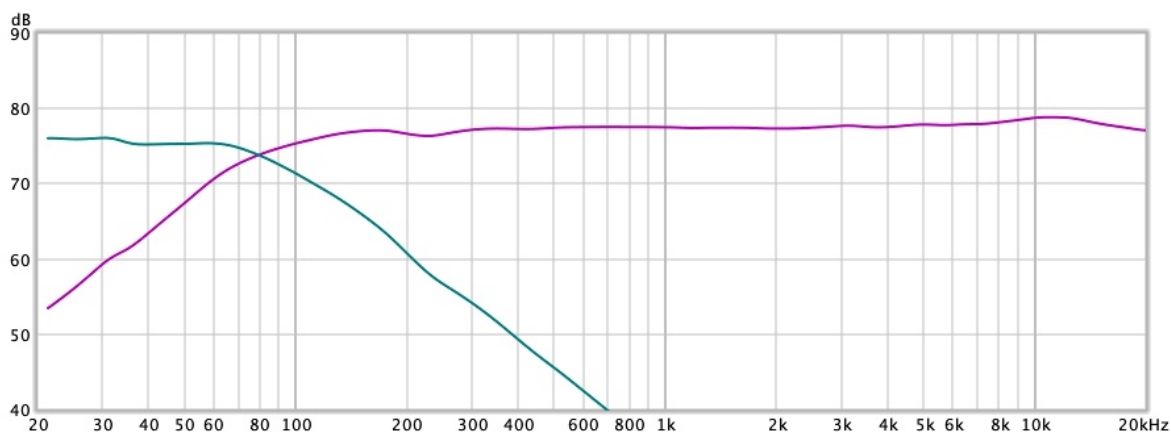


Abbildung 14: Lila Ausgang Surround Links Grün = Ausgang Front Links

In dieser Messung wurde der Vollbereichskanal Surround Links auf small gestellt und es wurde nacheinander am Ausgang Surround Links und Vorne Links gemessen. Der Bassanteil des Vollbereichskanals wird auf den Ausgang Vorne Links umgeleitet. Der Pegel wird nicht verändert. Somit passt der Pegel.

Man erkennt auch, dass sich die Tief- und Hochpassfunktion gleich verhält, wie beim Vollbereichskanal Center.

Der Vollbereichskanal Surround Rechts wird analog des Vollbereichskanals Surround Links behandelt, nur dass sein Bassanteil auf den Ausgang Vorne Rechts umgeleitet wird.

v. Zusammenfassung des Unterpunktes

Das LFE Signal wird, wie zuvor, mit einem Tiefpass bei 130Hz mit einer Flankensteilheit von 24dB/Oktave versehen und auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet und dort mit dem jeweiligen Vollbereichssignal ausgegeben. Dabei wird es jeweils um 5,5dB angehoben. In Summe beträgt die Anhebung 11,5dB.

Das Signal des Vollbereichskanals Links Surround wird mit einer symmetrischen Flankensteilheit von 12dB/Oktave getrennt und der Tieftonanteil wird im Pegel unverändert auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet.

9. Verzerrungen in verschiedenen Einstellungen

Bei den Verzerrungsmessungen wurde abweichend die Masterlautstärke auf 0dB gestellt. Um eine Übersteuerung der Soundkarte zu vermeiden, wurde vor deren Eingang ein Dämpfungsglied mit ca. -18dB eingesetzt.

w. Vollbereichskanal bei Einstellung „large“

Ausgang Vorne Links

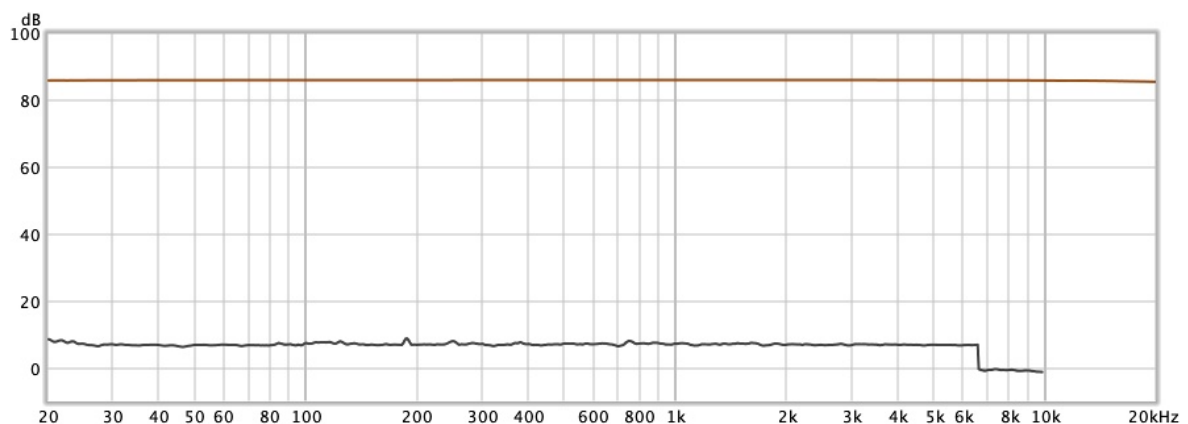


Abbildung 15: Vorne Links am Ausgang Vorne Links

x. Vollbereichskanal bei Einstellung „small“

Ausgang Vorne Links

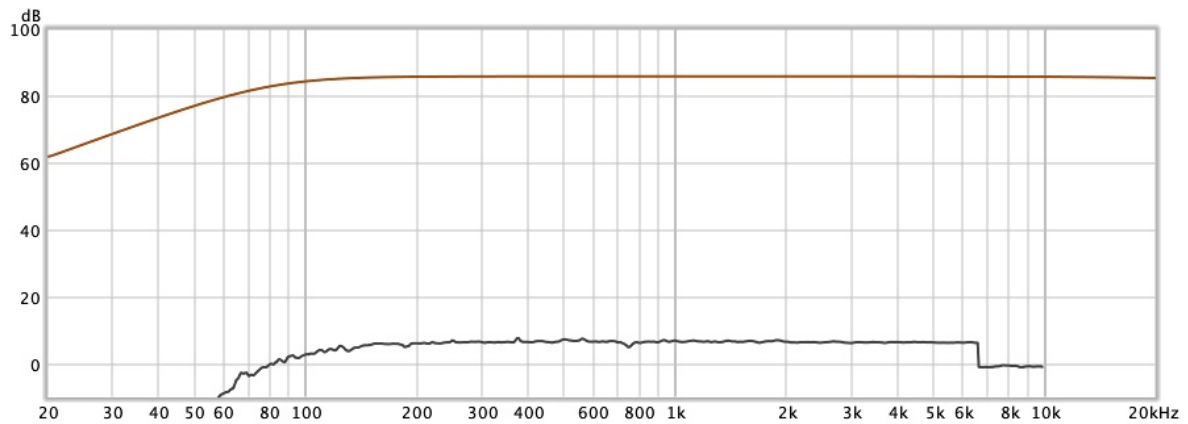


Abbildung 16: Vorne Links am Ausgang Vorne Links

Ausgang Subwoofer

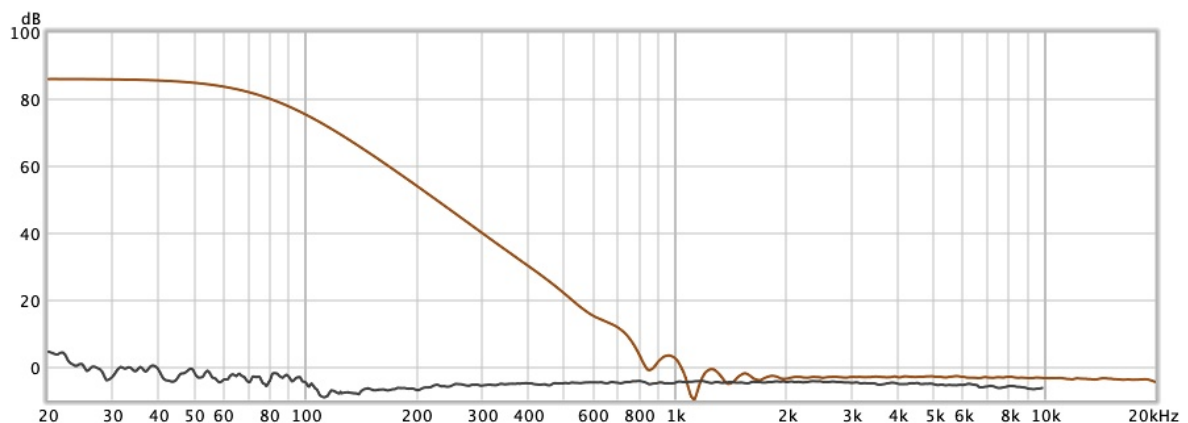


Abbildung 17: Vorne Links am Ausgang Subwoofer

y. LFE Kanal bei Einstellung „small“ oder „large“

Ausgang Subwoofer

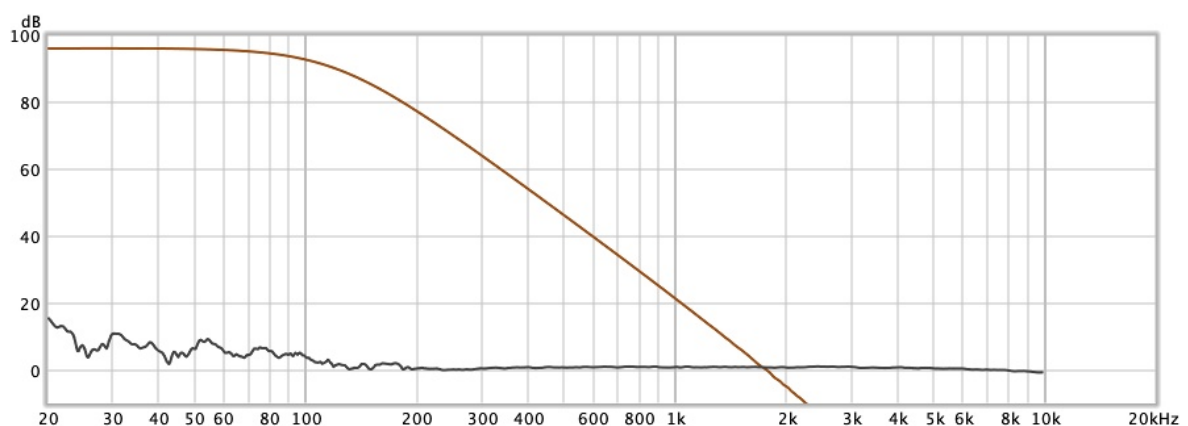


Abbildung 18: LFE am Ausgang Subwoofer

z. LFE Kanal bei Einstellung „kein Subwoofer“

Ausgang Vorne Links

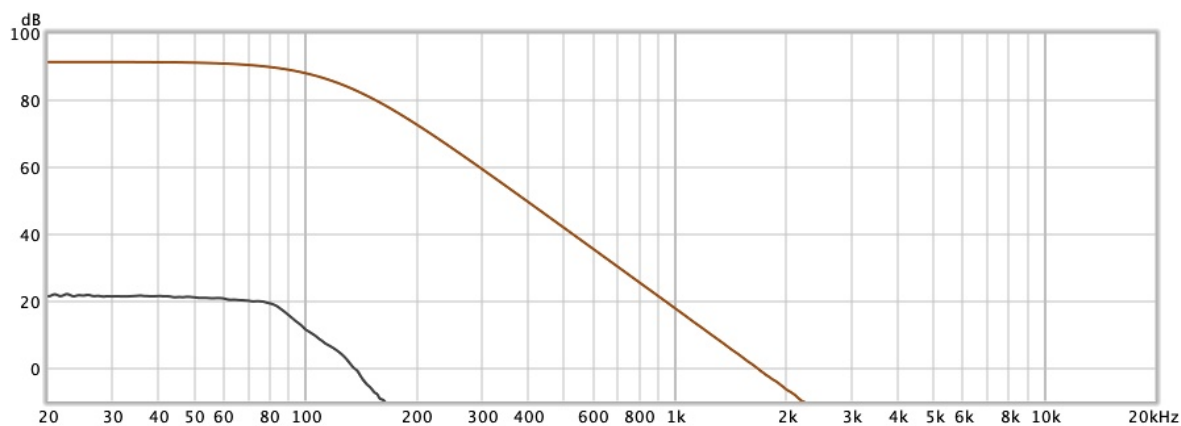


Abbildung 19: LFE am Ausgang Vorne Links

aa. Zusammenfassung des Unterpunktes

Die Verzerrungen im Nutzbereich verhalten sich bei large und small am Vorne Links Ausgang identisch.

In der small Einstellung fallen die Verzerrungen am Subwooferausgang um ca. 10dB geringer aus, als am Vorne Links Ausgang. Das fällt auf und lässt darauf schließen, dass hier bewusst für die 10dB Anhebung des LFE Kanals Reserve gelassen wurde.

Bei der LFE Messung am Subwooferausgang sind die Verzerrungen, trotz 10dB höherem Signal, wieder auf dem Niveau des Vorne Links Ausgangs.

Im Umkehrschluss fällt in der Einstellung kein Subwoofer besonders negativ auf, dass die Verzerrungen des LFE Signals am Vorne Links Ausgang satte 13dB höher sind als das Vorne Links Signal. Okay, das Nutzsignal ist auch 10dB höher. Also sind es „nur“ 3dB mehr. Diese sind vermutlich der Masterlautstärke Einstellung geschuldet.

10. Zusammenfassung

An dieser Stelle der Versuch einer Zusammenfassung und Interpretation. Es soll hier ausdrücklich beachtet werden, dass es sich hier um die persönliche Meinung des Erstellers handelt, was sicherlich nicht vollständig objektiv ist.

Es gibt im Prinzip 3 mehr oder weniger sinnvolle Möglichkeiten, wenn man davon ausgeht, dass man ein potentes Subwoofersystem, beispielsweise ein DBA, einsetzt.

1. Man belässt die Vollbereichskanäle auf large und gibt lediglich den LFE Kanal über das Subwoofersystem wieder. Diese Option ist eher suboptimal, da man sehr Basspotente Lautsprecher für die Vollbereichskanäle benötigt. Man stelle sich so einen Lautsprecher unter der Decke montiert vor. Weiterhin ist in dieser Konstellation die Gestaltung der Raumakustik recht schwierig und aufwändig.

2. Man stellt alle Vollbereichskanäle auf small und gibt den Bassanteil des LFE Kanals und aller anderen Vollbereichskanäle über das Subwoofersystem wieder. Hier muss man die Lautsprecher der Vollbereichskanäle im Raum so entzerren, dass sie der Zielfunktion eines Hochpasses mit 24dB Flankensteilheit folgen. Das Subwoofersystem muss einer Zielfunktion mit einem Tiefpass mit 24dB Flankensteilheit folgen. Wichtig ist hier, dass sich die entsprechend eingestellte AV-Vorstufe in der Messkette befindet. Nur dann gelingt eine korrekte Addition und Phasenanpassung.

Macht man es anders, beispielsweise indem man die AV-Vorstufe nicht in der Messkette hat und min. eine Oktave tiefer bzw. höher linear entzerrt, kommt es zu keiner sauberen Addition im Übernahmebereich, da die Flankensteilheiten unsymmetrisch sind.

Es gibt hier einen Nachteil. Dadurch, dass man im Raum auf die Zielkurve mit Tiefpass hin entzerrt, beeinflusst man das Signal des LFE Kanals negativ. Man nimmt ihm Pegel, entsprechend der Zielfunktion.

3. Man stellt in der AV-Vorstufe auf kein Subwoofer vorhanden und alle anderen Vollbereichskanäle, mit Ausnahme Vorne Links und Vorne Rechts, auf small. Dann wird das Signal des LFE Kanals und der Vollbereichskanäle auf die Ausgänge Vorne Links und Vorne Rechts umgeleitet. Wenn man nun ein potentes Subwoofersystem einsetzt, muss man nachgelagert ein zweites Bassmanagement einsetzen. Mit diesem nachgelagerten Bassmanagement muss man die Trennung des Tief- und Hochpass der Vollbereichskanäle Vorne Links und Vorne Rechts bewerkstelligen. Dann muss man die beiden Tiefpasssignale addieren und im Raum auf eine Zielfunktion hin entzerren, welche dem Tiefpass der anderen Vollbereichssignale entspricht. Also mit 12dB Flankensteilheit. Und man muss die beiden Hochpasssignale im Raum auf eine passende Zielfunktion hin entzerren. Dann sollte eine korrekte Addition möglich sein und auch die Phasenanpassung sollte möglich sein.

Jedoch gibt es auch hier Nachteile. Die Verzerrungen der Vollbereichskanäle Vorne Links und Vorne Rechts steigen drastisch an. Weiterhin wird der nutzbare Maximalausgangspegel für die beiden Hochpasssignale stark sinken, da man genügend Reserve (Headroom) einplanen muss, da sämtliche Bassanteile auf diese beiden Kanäle geleitet wird. Das bedeutet ein deutlich schlechterer Signal/Rauschabstand, was insbesondere bei Verwendung von wirkungsgradstarken Lautsprechern problematisch ist.

Als einen weiteren Nachteil muss man sicherlich auch die relativ flache Trennung mit 12dB/Oktave ansehen.

Wie immer in der Akustik kann man sich zwar für eine Bestimmte Lösung entscheiden, wird jedoch nie die perfekte Lösung finden. Es ist immer mit einem Kompromiss behaftet. Welchen Kompromiss man eingehen kann bzw. möchte, muss man dabei selbst entscheiden.

Aus unserer Sicht stellt die Lösung 2. einen sehr guten Kompromiss dar. Daher werden unsere Lautsprecher entsprechend entwickelt und Installationen mit unseren Lautsprechern so eingerichtet.