

CHLANG 2



D'Appolito-Box mit zwei 17ern in einer Transmissionline und Folienhochtöner unter 200 € pro Box

Welchen Selbstbauer juckt es da nicht in den Fingern? Fehlt nur noch das geeignete Rezept, um den Appetit weiter zu steigern.

IMPULS

Eigentlich sollte es ja wieder ein großer Breitbänder werden – eben räumliche Abbildung auf den Punkt, homogenes Klangbild und ansprechende Dynamik. Der Vergleich einer JM Lab Mini-Utopia mit einem Visaton B 200 brachte dann aber die Erkenntnis: Auch mit einer D'Appolito-Box kann man die oben genannten Anforderungen hinbekommen. Und noch mehr als das, die Auflösung im Hochtonbereich steigt naturgegeben mit einem Hochtöner als Spezialisten, aber auch die Ausgewogenheit und erstaunlicherweise gerade die punktgenaue Räumlichkeit, der anscheinend auch wieder die Auflösung im Hochtonbereich zugute kommt, kann bei einer gelungenen D'Appolito-Box nochmal zulegen.

Wo sollte die Reise also hingehen? Focal-Chassis sind für den Selbstbauer nicht mehr so

leicht verfügbar und ein „einfacher“ Klon sollte es ja auch nicht werden. Im Bass, aber auch im Mittelton ist eine ansprechende die Dynamik gefragt. Zudem musste es wieder eine Transmissionline sein und eine Folie im Hochton steht auch noch auf der Wunschliste...

CHASSIS

Sich aus dem Stand mit einer Mini-Utopia anzulegen und entsprechend hochwertiges Material bei einem ersten Boxenentwurf nach neuem Muster einzusetzen, schien dann doch etwas zu gewagt. Also wurde nach Chassis gesucht, die nicht zu teuer sind, aber ein gutes bis sehr gutes Preis-Leistungsverhältnis aufweisen und damit ein erstes, aber realistisches Bild von den Möglichkeiten einer D'Appolito-Box geben können. Gesucht waren also ein

17er mit guten Mitteltonqualitäten, einem QTS größer 0,4, mit einigermaßen langhubigem Antrieb und einer Resonanzfrequenz um die 40 Hz, da er in einer Transmissionline spielen sollte. Dazu ein Folienhohtöner, der laut genug spielt, um es mit zwei parallel geschalteten 17ern aufnehmen zu können. Wegen der D'Appolito-Anordnung sollte der Hohtöner auch noch möglichst tief zu trennen und nicht zu groß sein. Und all das zusammen zu einem Preis, der auch bei einem Scheitern des Versuchs noch kein finanzielles Fiasko bedeutet hätte. Hilfe boten die Chassis-Tests in der Zeitschrift Hobby-Hifi (www.hobbihifi.de).



Abb. 1: Tiefmitteltöner Tang Band W6-623C (Bild-Quelle: www.lautsprechershop.de)

Bei einem 17er-Vergleichstest hat der Tang Band W6-623C sehr gut abgeschnitten und auch in Berichten anderer Selbstbauer wurde er ob seiner Qualitäten sehr gelobt. Zudem entspricht er mit seinen Messwerten dem Beuteschema: $Q_{ts} = 0,41$; $F_s = 45$ Hz; $X_{max} = \pm 4$ mm und der Preis ist mit knapp über 30 Euro pro Stück auch erschwinglich.

Nach einem günstigen, einigermaßen tief trennbaren, mehr als 90 dB lauten und dennoch kompakten Folienhohtöner musste ich länger suchen. Erst die Veröffentlichung des Mivoc KFT 130 M hat hier eine praktikable und mit 50 Euro bezahlbare Lösung gebracht. Mit laut Test für einen Magnetostaten relativ niedrigen Klirrwerten und über 90 dB Schalldruck ab 1.500 Hz schien das die geeignete

Lösung zu sein, auch wenn der Frequenzgang etwas unruhig verläuft.



Abb. 2: Magnetostat Mivoc KFT 130 M (Bild-Quelle: www.lautsprechershop.de)

MACHBARKEIT

Glücklicher Weise gibt es heutzutage leistungsfähige Simulationsprogramme, mit denen man schon im Vorfeld abklären kann, ob denn die gewünschte Chassis-Kombination prinzipiell zusammen spielt und wie die optimale Schallwandgeometrie aussehen könnte. Mit Boxsim (Quelle: www.boxsim.de) ist ein solches Simulationsprogramm sogar als Freeware verfügbar. Als ein vom Chassis-Produzenten Visaton gesponsertes Programm enthält seine Datenbank zwar nur dessen Produkte, es bietet aber die Möglichkeit, entsprechende Messwerte zu importieren. Dazu muss zunächst nicht einmal selbst gemessen werden: Die Messwerte können für einen ersten Versuch aus den einschlägigen Testzeitschriften entnommen werden. Auch die Schalldruck- und Impedanz-Frequenzgänge können mittels des Programms SplTrace (Quelle: www.pvconsultants.com/audio/utility/spl.htm) aus den in den Zeitschriften veröffentlichten Frequenzverläufen bequem ausgelesen werden.

Wenn man die Daten korrekt in Boxsim eingibt, kann man zunächst die Schallwandgeometrie und Einbauposition der Chassis soweit

optimieren, dass dabei schon mal ein möglichst linearer Frequenzgang heraus kommt. Entgegen der ursprünglichen Absicht, eine Breite und dafür wenig tiefe Box zu konstruieren, zeigten die Chassis in einer nur 24 cm breiten Box den ausgeglichensten Frequenzgang. Nachdem die Schallwandmaße und die Chassis-Positionen feststanden, war auch schnell eine virtuelle Weichenabstimmung gefunden, die die Chassis harmonisch aneinander fügt. Dass dies nur eine erste Näherung sein kann ist klar, da die für eine aussagekräftige Simulation notwendigen akustischen Phasengänge der Chassis im Gehäuse leider nicht vorliegen. Das Ergebnis gilt somit nur als Machbarkeitstest, als das es auch gedacht war. Es sieht aber schon recht ermutigend aus.

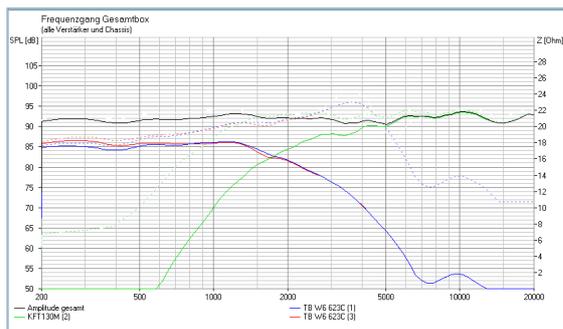


Abb. 3: Boxsim-Simulation der Frequenzgänge der Chassis in der Box auf Basis der Daten aus der Zeitschrift Hobby-Hifi

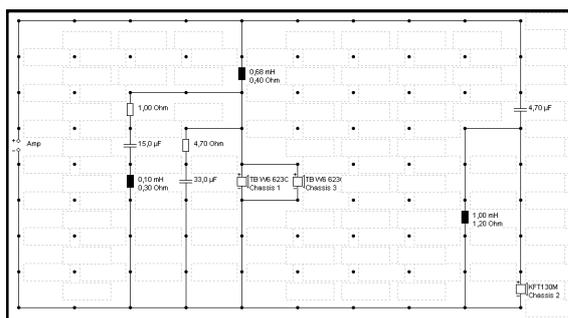


Abb. 4: Weichenschaltung der zugehörigen Boxsim-Simulation auf Basis der Daten aus der Zeitschrift Hobby-Hifi

Die prinzipielle Machbarkeit und die Schallwandmaße stehen damit fest. Jetzt müssen die Chassis noch in ein Gehäuse eingebaut werden, das die Tiefmitteltöner bei der Arbeit im Bass unterstützt.

GEHÄUSE

Rational ist es nicht zu begründen, aber es musste einfach wieder eine Transmissionline werden, da dieser spezielle Klang den Ohren einfach schmeichelt. Für Chassis mit einem Qts größer 0,4 und kleiner 0,5 hat sich eine Bauform bewährt, bei der sich der Querschnitt der Line relativ stark vom 1,5-Fachen auf die Hälfte der eingesetzten Membranfläche vermindert. Der Auslass der TML soll für die Unterstützung durch die Grenzflächen des Raumes am Boden und, um evtl. emittierte Mitteltonanteile zu minimieren, auch hinten liegen. Aus der angestrebten Lauflänge von ca. 2 Metern ($c/Fs/4 = 340(m/s)/45(1/s)/4 = 1,88 m$) und aus der Forderung, dass der Hochtöner einigermaßen auf Ohrniveau liegen, die Box aber gleichzeitig gefällige Proportionen haben sollte, ergibt sich fast von selbst das Gehäuse für die angestrebte Transmissionline.

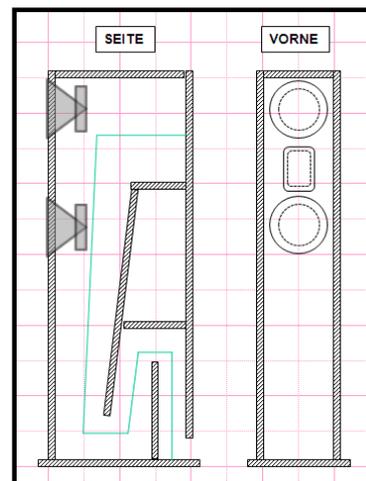


Abb. 5: Skizze des TML-Gehäuses

Das Gehäuse hat eine Breite von knapp 24 cm, eine Höhe von 110 cm und eine Tiefe von 40 cm und damit noch recht gefällige Proportionen und wird aus MDF oder Spanplatte in einer Stärke von 19 mm aufgebaut. Die Lauflänge der TML (hellblaue Linie) lässt sich zu 189 cm bestimmen und es bleibt eine komfortabel große Kammer, in die die Frequenzweiche eingebaut werden kann. Zudem zeigt die Faltung der TML Eigenschaften, die sich erfahrungsgemäß positiv auswirken, wie eine sehr

ungleichmäßige Struktur, die die Ausbildung von Resonanzen minimiert, sowie einige Knicke, die bei der Bedämpfung von Mitteltonanteilen am TML-Ausgang hilfreich sind.

Dass das dann erfahrungsgemäß ganz gut klingt, zumal die TML wegen Unterstützung des Auslasses durch den Boden auch recht stark bedämpft werden kann, ist die eine Sache. Sind die ausgewählten Chassis aber auch wirklich für diese TML geeignet? Eine recht genaue Vorhersage liefern auch hier Simulationsprogramme. Ein kostenfreies und sehr umfangreiches Programm, das aber auch entsprechend schwierig zu bedienen ist, steht mit AkAbak (Quelle: www.randteam.de/AkAbak/Index.html) dem Lautsprecherelbstbauer zur Verfügung. Die Bedienung des Programms vereinfacht sich enorm, wenn man für das zu simulierende Gehäuse schon das richtige Skript zur Hand hat. Auch hier hat die Selbstbaugemeinde in der Gestalt des Lautsprecherentwicklers „Castorpollux“ die entsprechende Lösung bereits entwickelt. Unter www.sinuspollux.de/downloads.html stehen AkAbak-Skripte zur Verfügung, mit denen man beliebige TMLs auch mit doppelter Chassis-Bestückung im Bassbereich simulieren kann. Das Ergebnis einer solchen Simulation sieht für das entworfene Gehäuse mit den vorgesehenen Tiefmitteltönern dann wie folgt aus.

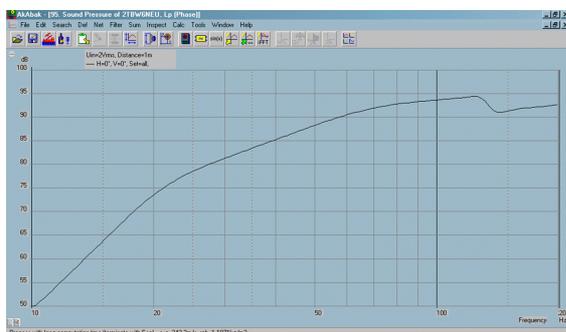


Abb. 6: AkAbak-Simulation der Treiber im vorgesehenen, relativ stark bedämpften Gehäuse

Die Simulation zeigt einen relativ ausgewogenen Frequenzgang mit gering ausgeprägtem TML-Loch oberhalb von 130 Hz. Der Schall-

druck fällt wie angestrebt langsam von 60 Hz bis unter 30 Hz mit ca. 12 dB pro Oktave ab. In diesem Bereich sollte die Unterstützung durch den Boden und evtl. die Rückwand einen entsprechenden Pegelgewinn bringen, so dass die Box je nach Aufstellung im Raum hörbaren Schall bis ca. 40 Hz abstrahlen sollte. Die Simulation lässt für das entworfene Gehäuse also auch für den Bassbereich ein ansprechendes Ergebnis erwarten.

Da die Optik ja auch nicht zu kurz kommen soll, wurde, damit die Proportionen stimmen, zunächst mal eine Skizze in einem einfachen Zeichenprogramm vom Aussehen der Box entworfen und für brauchbar empfunden.

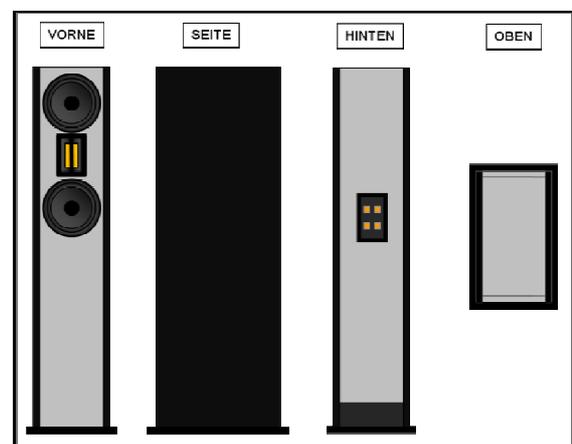


Abb. 7: Skizze zur Optik der Box

Damit steht dem Erwerb der Chassis sowie dem Bau des Gehäuses nichts mehr im Wege und die nächste Phase der Lautsprecherentwicklung kann angegangen werden: Messen der Chassis im Gehäuse und erster Entwurf einer Weiche per Simulation, basierend auf den tatsächlich gemessenen Frequenzgängen im Gehäuse.

WEICHE

Die Weiche sollte so einfach wie möglich gestaltet werden, die Chassis aber trotzdem möglichst optimal aneinander fügen, was wie sich zeigen sollte dann doch etwas aufwändiger wurde.

Basis aller Weichenentwicklung ist die Messung der Chassis im Gehäuse. Begonnen wurde bei der Entwicklung der Weiche mit den Basschassis, die gemeinsam und parallel geschaltet in einer Entfernung von 1,5 Metern gemessen wurden. Als Messprogramm kam Arta (Quelle: <http://www.fesb.hr/~mateljan/arta/>) zum Einsatz, das als Testversion, ohne die Möglichkeit Daten abzuspeichern, sogar kostenfrei zur Verfügung steht, bei häufigem Einsatz die derzeit für eine Lizenz geforderten knapp 80 € aber mehr als Wert ist. Die Mess-Hardware bestand aus einer qualitativ hochwertigen Soundkarte und einem samt Bausatz-Vorverstärker bei Hifi-Selbstbau (www.Hifi-Selbstbau.de) kalibrierten Selbstbaumikro. Die Messung wurde im Mittelpunkt der symmetrischen Chassis-Anordnung in einem Winkel von 0° durchgeführt. Zur Kontrolle des Abstrahlverhaltens und der Kanteneffekte wurden unter sonst identischen Messbedingungen auch Messungen unter 10° und 30° Messwinkel durchgeführt, die aber der Übersichtlichkeit halber in diesem Abschnitt nicht dargestellt werden. Zur Berücksichtigung des korrekten Schallentstehungsortes wurde die tatsächliche Entfernung der Tiefmitteltöner zum Mikrofon über die binomische Formel aus der Entfernung Mikrofon/Lautsprecherbox und dem Abstand der Chassis zum Mittelpunkt der Chassis-Anordnung errechnet. Dadurch wird die korrekte Phasenlage der gemessenen Signale in der Hörentfernung, die in der Regel größer als 1,5 Meter sein wird, richtig simuliert.

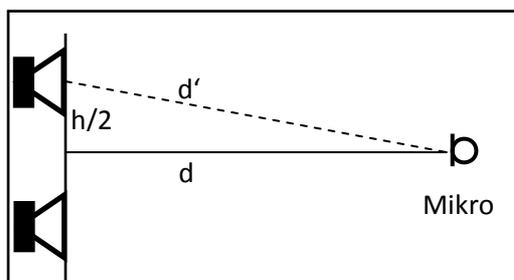


Abb. 8: Bestimmung des realen Messabstands mit der binomischen Formel: Realer Messabstand $d' = \sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + d^2}$

Die Messung der beiden parallelgeschalteten Tiefmitteltöner ergab folgendes Bild:

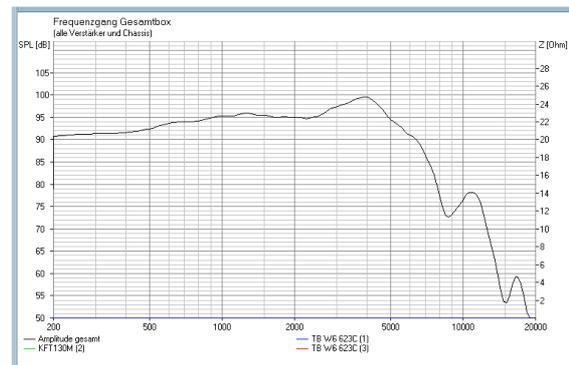


Abb. 9: Boxsim-Simulation des im Gehäuse axial gemessenen Frequenzgangs der beiden parallel geschalteten Tiefmitteltöner

Um dem zu entwickelnden Filter die Arbeit zu erleichtern, wurde zunächst die Impedanz der Chassis mit einer Parallelschaltung eines Kondensators mit 22 µF und eines Widerstandes mit 4,7 Ohm weitgehend linearisiert. Mit einer 1,0 mH-Spule konnte der Frequenzgang dann bereits in die Horizontale gebracht werden.

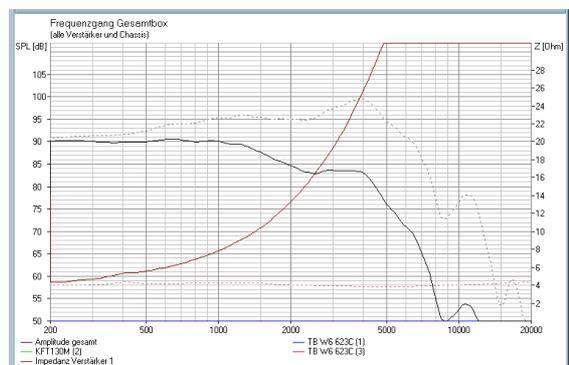


Abb. 10: Boxsim-Simulation des Frequenzgangs der Tiefmitteltöner, beschaltet mit einer 1,0 mH-Spule und einer Impedanzlinearisierung aus 22 µF und 4,7 Ohm

Störend wirkt nun lediglich noch der Buckel im Frequenzgang der Chassis bei 4 kHz, der die abfallende Flanke verzerrt, dem aber mit einem Saugkreis relativ leicht beizukommen ist. Als optimale Dimensionierung haben sich, wie bereits in der Simulation ermittelt, 15 µF, 0,10 mH und ein Gesamtwiderstand einschließlich dessen der Spule von 1,3 Ohm herausgestellt.

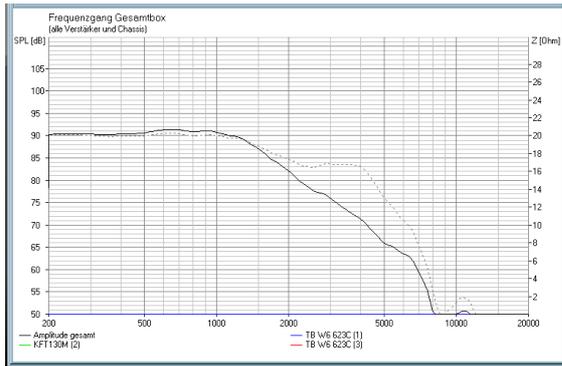


Abb. 11: Boxsim-Simulation des Frequenzgangs der Tiefmitteltöner beschaltet mit Impedanzlinearisierung, Tiefpassspule sowie Saugkreis

Hiermit ergibt sich eine schön gleichmäßig abfallende Flanke mit einer akustischen Flankensteilheit von ca. 12 dB Abfall je Oktave. Der natürliche Abfall des Chassis hin zu höheren Frequenzen überlagert sich hierbei dem durch die Spule hervorgerufenen Frequenzgangabfall von 6 dB/Oktave.

Leider verstärkt der Saugkreis den Bereich zwischen ca. 500 und 1.000 Hz um bis zu einem dB, dem aber durch vergrößern des Kondensators von 22 auf 33 μF und des Widerstands von 4,7 auf 8,2 Ohm in der „Impedanzlinearisierung“ entgegengewirkt werden kann.

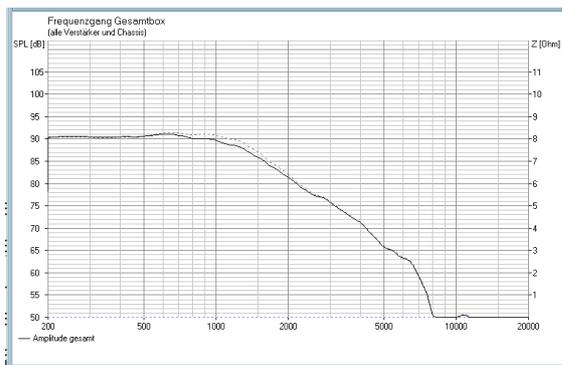


Abb. 12: Boxsim-Simulation des Frequenzgangs der Tiefmitteltöner beschaltet mit angepasster Impedanzlinearisierung, Tiefpassspule sowie Saugkreis

Nachdem der Frequenzgang der Tiefmitteltöner bereits recht ordentlich aussieht, ist es an der Zeit, sich um die Ankopplung des Hochtöners zu kümmern.

Die Messung des unbeschalteten Hochtöners im Gehäuse zeigt sowohl einen ausreichend

großen Überlappungsbereich mit dem Frequenzgangverlauf der beschalteten Tiefmitteltöner als auch ausreichend Schalldruck.

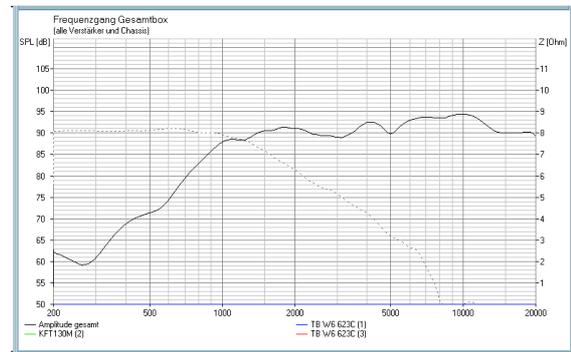


Abb. 13: Boxsim-Simulation des Frequenzgangs des unbeschalteten Hochtöners im Gehäuse

Das Vorschalten eines Kondensators mit 6,8 μF führt schon zu einem relativ ausgeglichenen Summenfrequenzgang. Die Phasenbeziehung der Chassis im Bereich der Trennfrequenz und damit die Schalladdition sind aber nicht optimal.

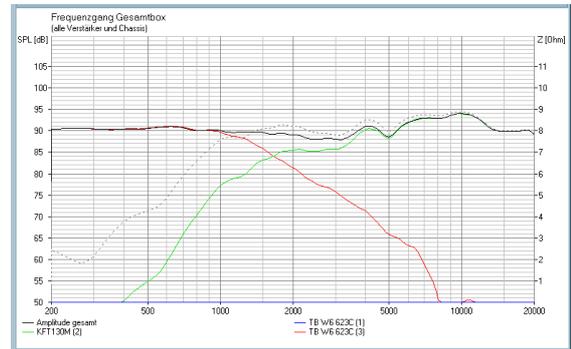


Abb. 14: Boxsim-Simulation der Einzel- und des Summenfrequenzgangs des mit 6,8 μF beschalteten Hochtöners und der beschalteten Tiefmitteltöner im Gehäuse

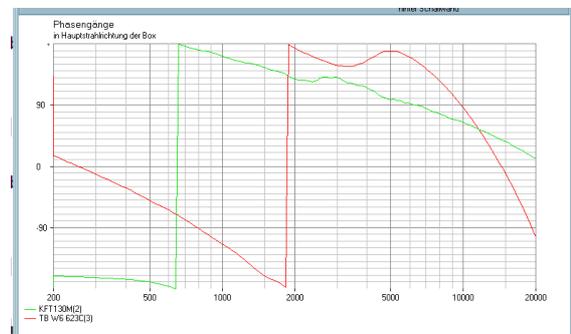


Abb. 15: Boxsim-Simulation des Phasenverlaufs der beschalteten Tiefmitteltöner und des mit 6,8 μF beschalteten Hochtöners im Gehäuse

Zudem liegt die Trennfrequenz recht niedrig und die Filterdämpfung des 6 dB-Filters im Bereich unterhalb der Trennfrequenz ist ziemlich gering, was angesichts der hier stark ansteigenden Verzerrungen des Magnetostaten als kritisch zu betrachten ist.

Aus diesen Gründen wurde ein Filter 2. Ordnung durch zuschalten einer Spule mit 0,47 mH erzeugt. Sowohl Filterwirkung, Frequenzgang, Phasenverlauf und Schalladdition werden dadurch positiv beeinflusst. Lediglich die Symmetrie der Filterflanken zwischen Tiefmittel- und Hochtönern ist nicht ganz optimal.

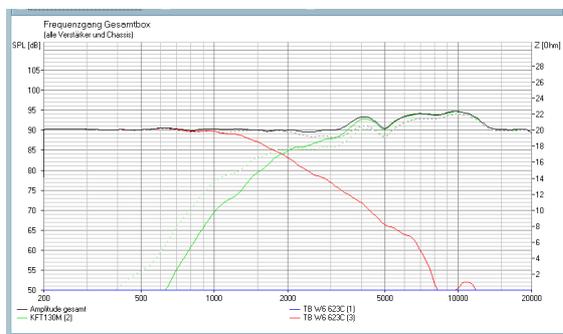


Abb. 16: Boxsim-Simulation des Summen- und der Einzelfrequenzgänge des mit 12 dB beschalteten Hochtöners und der beschalteten Tiefmitteltöner im Gehäuse

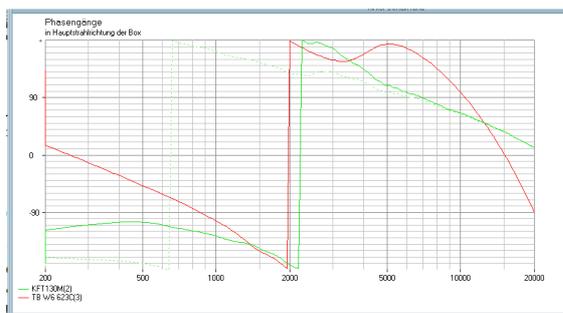


Abb. 17: Boxsim-Simulation der Phasengänge des mit 12 dB beschalteten Hochtöners und der beschalteten Tiefmitteltöner im Gehäuse

Der Pegel des Hochtöners liegt auf Achse gemessen jetzt noch ab 3.500 Hz bis zu 5 dB zu hoch. Zudem zeigt sich unter Winkeln eine Betonung des Bereichs zwischen 1.500 und 3.000 Hz, was sowohl Messtechnisch als auch im Hörtest nachvollziehbar war. Durch Vorschalten eines recht großen Widerstandes mit 8,2 Ohm wurde der Pegel des Hochtöners

entsprechend abgesenkt, wobei gleichzeitig zur Anhebung des Superhochtonbereichs der Vorwiderstand noch mit einem 3,3 µF Beipasskondensator gebrückt wurde.

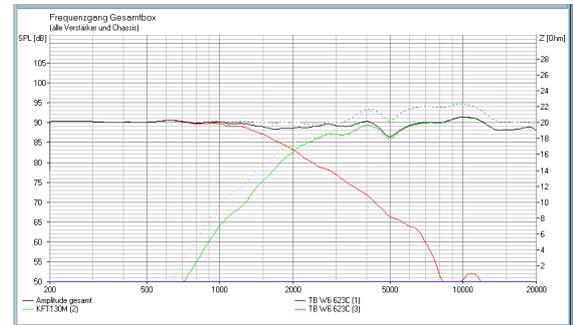


Abb. 18: Boxsim-Simulation der Frequenzgänge des mit 12 dB und Vorwiderstand mit Beipasskondensator beschalteten Hochtöners und der beschalteten Tiefmitteltöner im Gehäuse

Immer noch zu laut zeigte sich in der Winkelmessung sowie im Hörtest der Bereich zwischen 2 und 4 kHz der unter Winkel eine Betonung mit ca. 2 dB zeigt. Durch Vorschalten eines Widerstands mit 2,2 Ohm vor die Spule im Parallelglied der Hochtönerweiche, konnte der Bereich entsprechend abgesenkt werden.

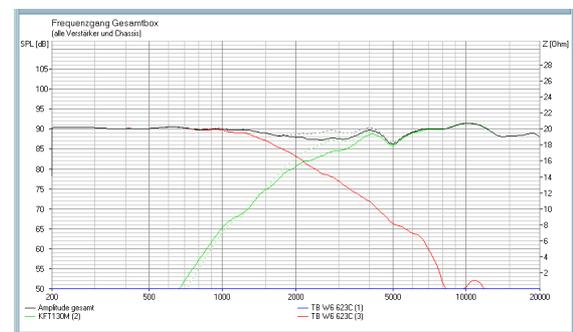


Abb. 19: Boxsim-Simulation der Frequenzgänge der vollständig beschalteten Chassis

Das Ergebnis der endgültigen Weichenabstimmung kann sich damit sehen und vor allem auch hören lassen. Die Weiche ist nicht mehr ganz puristisch, holt aber klanglich viel aus den verwendeten Chassis und bleibt trotzdem noch im Rahmen des für die relativ günstigen Chassis vertretbaren Aufwands.

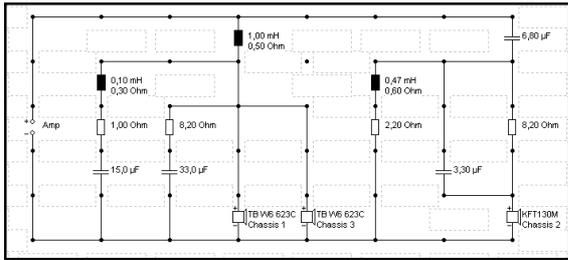


Abb. 20: Endgültige Weichenschaltung

MESSUNGEN

Es ist ja doch immer wieder verblüffend, wie genau die abschließenden Messungen dann mit den Simulationsergebnissen übereinstimmen. Trotzdem entstand die endgültige Version der Box nicht ausschließlich mittels Simulation – die in der Simulation entwickelten Weichenentwürfe wurden immer wieder auch durch Hörtests überprüft, bis die abschließende Abstimmung stand. Hörsitzungen, Simulation und Messung unterstützen sich gegenseitig und helfen, das Erfahrene zu verstehen.

Die Messungen ergeben insgesamt ein für das relativ günstige Chassis-Material erfreulich ausgewogenes Bild.

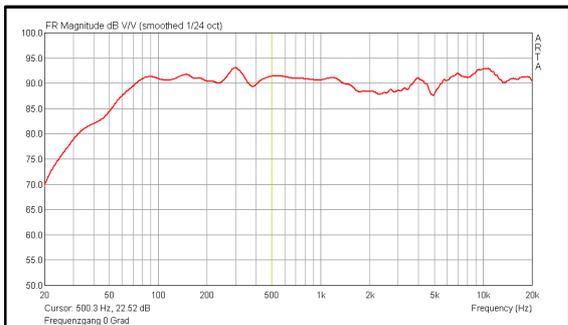


Abb. 21: Axialer Frequenzgang

Der axiale Frequenzgang zeigt zwischen 1,5 und 3,5 kHz eine im Wesentlichen durch Beugung des Schalls an den Kanten des Gehäuses hervorgerufene Senke, die unter Winkel wieder aufgefüllt wird. Ebenso wird der leichte Anstieg ab 5 kHz unter Winkel durch die zunehmende Bündelung des Hochtöners kompensiert. Unter 30 Grad zeigt sich ein recht

linearer Verlauf, der ab ca. 500 Hz leicht fallende Tendenz aufweist.

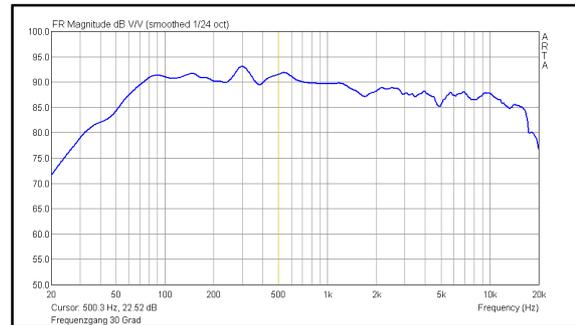


Abb. 22: Frequenzgang unter 30 Grad

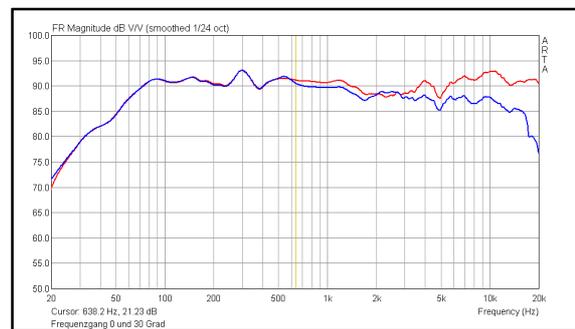


Abb. 23: Frequenzgang unter 0 und 30 Grad

Die durch den Frequenzgang des Hochtöners und die Transmissionline bedingten kleinteiligen Unregelmäßigkeiten sind auf recht schmale Bereiche begrenzt, womit sie sich klanglich kaum auswirken dürften.

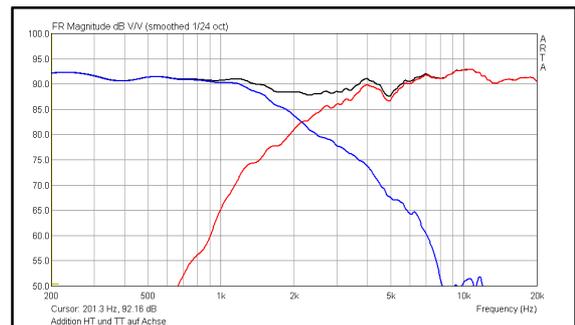


Abb. 24: Weichenzweige axial

Die Addition der Einzelkurven der Chassis zum Summenfrequenzgang gelingt sowohl axial als auch unter Winkel perfekt, selbst die Trennfrequenz ändert sich unter Winkel nur marginal. Die Summenkurve liegt an allen Punkten oberhalb der Einzelkurven der Chassis, was die korrekte Phasenlage im Übernahmereich

ebenso dokumentiert, wie der 6 dB unter der Summenkurve liegende Kreuzungspunkt der Kurven. Die Trennfrequenz liegt mit 2,1 kHz im angestrebten Bereich.

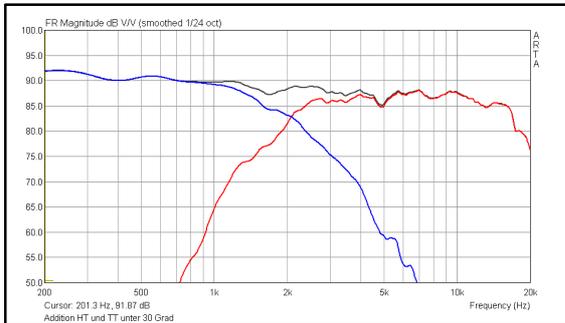


Abb. 25: Weichenzweige unter 30 Grad

Unter Winkel ist auf Grund der Bündelung der Tiefmitteltöner die Symmetrie der Filterflanken nahezu perfekt, auf Achse fallen die Tiefmitteltöner geringfügig flacher ab als die Flanke des Hochtöners ansteigt.

Das Ausschwingverhalten (Wasserfall) ist nicht zu beanstanden, lediglich der Hochtöner zeigt um 5 kHz einen leichten Anflug von Resonanzen. Die Resonanzstelle der Tiefmitteltöner bei 4 kHz unterdrückt das Filter mit Saugkreis perfekt. Unter 500 Hz beginnt die Transmissionline sich einzumischen und das Ausschwingverhalten verschlechtert sich naturgemäß, was akustisch aber erfahrungsgemäß nicht ins Gewicht fällt.

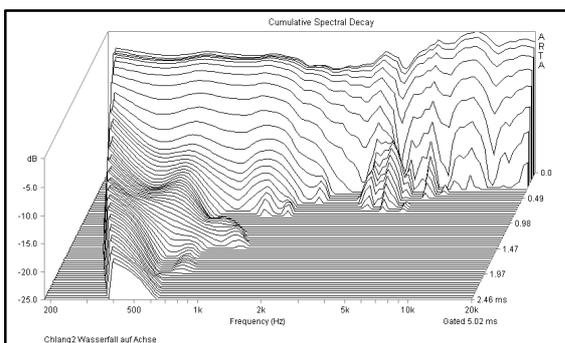


Abb. 26: Wasserfallspektrum axial gemessen

Die Impedanz zeigt den Verlauf einer relativ stark bedämpften Transmissionline mit tiefer Abstimmung bei ca. 30 Hz. Durch die etwas aufwändigere Weiche verläuft die Impedanz

nicht unbedingt sehr linear. Mit im Minimum 3,2 Ohm (der Messaufbau hat ein Offset von 0,8 Ohm) bei ca. 200 Hz wird die Konvention für 4-Ohm-Lautsprecher gerade eben noch eingehalten.

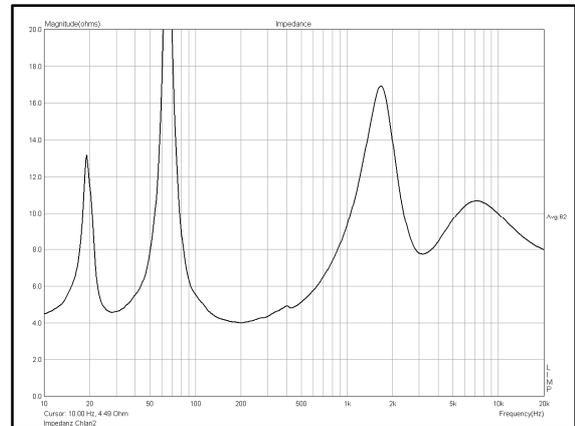


Abb. 27: Impedanzfrequenzgang (zu berücksichtigen ist ein Offset des Messaufbaus von 0,8 Ohm!)

Eine Frage, die auch messtechnisch beantwortet werden sollte, war: Wie gut funktioniert die Transmissionline?

Die Nahfeldmessung zeigt, dass die Line den Frequenzgang der Tieftöner ab ca. 100 bis 20 Hz hinab mit 2 bis 6 dB unterstützt. Der Frequenzgangabfall hin zu tiefen Frequenzen ist wie angestrebt und durch die Simulation zu erwarten war, relativ flach – sogar noch etwas flacher als es das geschlossene Gehäuse zeigt. Damit bestätigt die Messung die der Gehäusekonstruktion zugrunde liegenden Überlegungen.

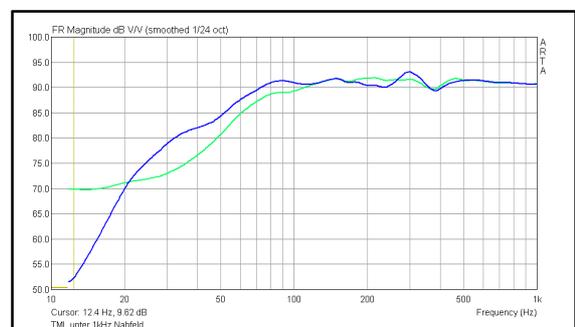


Abb. 28: Nahfeldmessung im Bassbereich ohne (grün) und mit Berücksichtigung der TML-Öffnung

Diese „Quasi-Freifeldmessung“ zeigt aber nicht, wie sich die Transmissionline dann tatsächlich im Raum verhält. Die Gehäusekonstruktion bezieht, ähnlich wie ein Horn, bewusst den Raum in das Verhalten der Box im Bassbereich mit ein. Um diesen Effekt nachzuweisen wurde der Frequenzgang am vorgesehenen Hörplatz (ca. 3 m Hördistanz) einmal mit geschlossener und einmal mit offener TML-Öffnung gemessen.

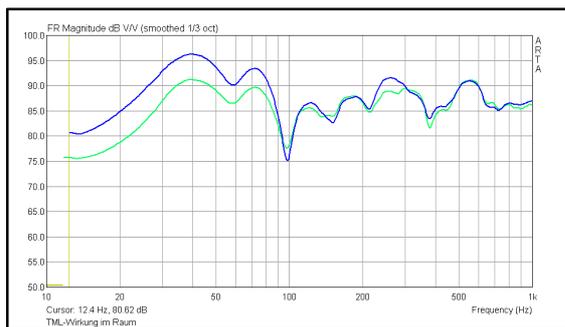


Abb. 29: Messung der Wirkung der Transmissionline am Hörplatz im Raum mit geschlossener (grün) und offener (blau) TML-Öffnung

Im Raum ist die Wirkung der TML nochmals verstärkt, da die TML-Öffnung durch den Boden als Begrenzungsfläche zusätzliche Unterstützung erfährt. Die Wirkung setzt bei ca. 90 Hz ein und steigert sich bis 20 Hz hinab auf gut 6 dB. Schall wird im Raum bis in den Tiefstbass mit ausreichendem Pegel abgestrahlt. Je nach Raumakustik kann es Sinn machen, die TML mehr oder weniger stark zu bedämpfen.

KLANG

Eigentlich könnte hier nur stehen, dass das eingangs genannte Ziel „räumliche Abbildung auf den Punkt, homogenes Klangbild und ansprechende Dynamik“ erreicht, wenn nicht übertroffen wurde. Dass das den Leser, der sicher mehr über das Thema wissen will, nicht zufriedenstellt, ist aber nachvollziehbar. Deshalb wird der Versuch unternommen, die klanglichen Eigenschaften doch noch näher zu beschreiben. Einen ersten Eindruck der Qualitäten zeigt vorab Abbildung 30.

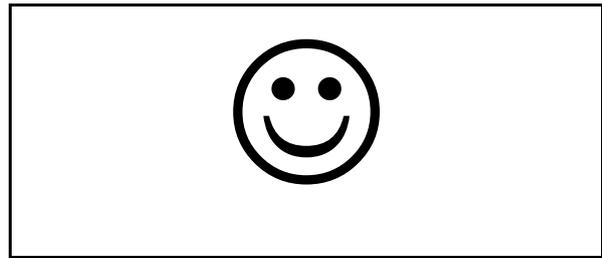


Abb. 30: Klangeindruck

Die Aufstellung der Boxen ist relativ unkritisch, sie sollten nach Möglichkeit aber nicht näher als einen halben Meter vor der Rückwand stehen – sollte der Bassbereich zu stark eindicken, kann zusätzliches Dämpfungsmaterial im oberen Bereich der TML angebracht werden. Selbst wenn die Entfernung zwischen den Boxen leicht größer als die Hörentfernung ist, entsteht kein Loch im Klangbild, die Basis kann also relativ breit gewählt werden. Die Lautsprecher müssen nicht exakt auf den Hörer ausgerichtet werden, leichtes Anwinkeln, so dass man die innere Seitenfläche der Box gerade eben noch sieht, fokussiert Stimmen und Instrumente etwas stärker, dafür wird die Bühne leicht schmaler. Hochtonenergie ist auch bei parallel stehenden Boxen ausreichend im Raum vorhanden.

Die Musik löst sich laut wie leise vollständig von den Boxen, mit geschlossenen Augen kann ihre Position nicht mehr bestimmt werden. Die Bühne erstreckt sich über den gesamten Bereich zwischen den Lautsprechern und geht bei einzelnen Stücken auch leicht darüber hinaus. Bei guten Aufnahmen entsteht der Eindruck eines realistischen Raums, in dem das musikalische Geschehen stattfindet. Die Bühne beginnt gut einen Meter vor den Boxen und erstreckt sich je nach Aufnahme auch deutlich in die Tiefe. Phänomenal gelingt die Positionierung von Stimmen und Instrumenten, sie stehen an exakten Punkten im Raum mit viel Luft zwischen ihnen.

Die Tonalität ist ausgewogen, wenn auch die Box eher warm als aufgeregt klingt, was der Langzeitauglichkeit sehr zugute kommt.

Stimmen klingen plastisch, Männerstimmen haben, anders als bei manchen Transmissionlines, auch in den tieferen Lagen das richtige Volumen. Frauenstimmen wirken ebenfalls homogen, die SägerInnen stehen so, wie es sein soll, in voller Größe deutlich vor den übrigen Instrumenten. S-Laute bilden ebenfalls keinen Stolperstein und werden nicht überbetont. Trotzdem löst der Hochtonbereich dank des Magnetostaten sehr gut auf, Becken klingen äußerst realistisch. Gerade Schlagwerk ist ein Lieblingsfutter der Box – Schlagzeug klingt von den Becken hinab bis zur Basedrum sehr authentisch: Kickbass ist da und auch das tiefe Ausschwingen der Basedrum wird schön reproduziert. Auch eine Snare klingt bei der richtigen Aufnahme so als ob man davor sitzen würde und sie mit einem bzw. zwei Drumsticks bearbeitet und man hört deutlich, ob das Fell dabei in der Mitte oder eher am Rand getroffen wird.

Insgesamt also eine ausgewogene Hifi-Box mit guter Auflösung in allen Frequenzbereichen, der man einen gewissen Hang zur Life-Darbietung nicht absprechen kann. Das Experiment, mit preiswerten Chassis die Möglichkeiten einer D'Appolito-Box mit Folienhochtöner auszuloten, ist also gelungen, wobei die Frage bleibt: Kann das Ergebnis mit vertretbarem Aufwand überhaupt noch deutlich übertroffen werden?

WAS ES ALLES NOCH SO BRAUCHT

Alle folgenden Angaben beziehen sich jeweils nur auf eine Box!

Kosten

Ab ca. 200 € pro Box.

Chassis

Zwei Tang Band W6-623C
Ein Mivoc KFT 130 M

Weiche

Stückliste

Luftspule (0,5 Ohm)	1,00 mH
Luftspule (0,6 Ohm)	0,47 mH
Luftspule (0,3 Ohm)	0,10 mH
Kondensator MKT	33,0 µF
Kondensator MKT	15,0 µF
Kondensator MKP	6,8 µF
Kondensator MKP	3,3 µF
Widerstand (10 Watt)	8,2 Ohm
Widerstand (10 Watt)	1,0 Ohm
Widerstand (5 Watt)	8,2 Ohm
Widerstand (5 Watt)	2,2 Ohm

Weichenschaltung: Siehe Abbildung 20.

Die Weiche wird sinnvoller Weise in der freien Kammer im hinteren Gehäuseteil untergebracht. Damit der Zugang leicht gelingt, ist es ratsam, ein relativ großes Anschlussterminal (z.B. Bi-Wiring-Terminal) an die entsprechende Stelle der Rückwand einzubauen.

Gehäuse

Stückliste

Material 19 mm MDF oder Spanplatte

1 x Frontwand	20,0 x 110,0 cm
1 x Rückwand	20,0 x 103,0 cm
1 x Deckel	20,0 x 36,2 cm
1 x 1. Teiler senkrecht	20,0 x 65,0 cm
1 x 2. Teiler senkrecht	20,0 x 28,0 cm
1 x 1. Teiler waagrecht	20,0 x 17,0 cm
1 x 2. Teiler waagrecht	20,0 x 19,0 cm
2 x Seitenwände	40,0 x 110,0 cm
Fase 45°, 1cm: Vorne, hinten und oben	

Material 22 mm MDF oder Spanplatte

1 x Bodenplatte	46,0 x 30,0 cm
Fase 45° 1,5 cm an allen 4 Seiten	

Aufbau

Das Gehäuse wird auf einer Seitenwand unter der Zuhilfenahme von Holzleim aufgebaut. Alle Bretter werden von außen nach innen stumpf nach dem Schema verleimt, das in der Gehäuseskizze (Abb. 31) zu sehen ist (evtl.

abdichten der Fugen mit Leim nicht vergessen). Die Bodenplatte wird als Zugang zum unteren Gehäusebereich nur verschraubt und mit Schaumstoffdichtstreifen abgedichtet.

Bedämpfung

Im Bereich hinter den Chassis werden Seitenwände, Rückwand und Deckel mit Noppenschaumstoff bedämpft. Noppenschaumstoff erstreckt sich in der ersten Kammer zudem über den ganzen ersten Teiler und über die Bodenplatte. Der Bereich hinter den Chassis wird je nach benötigtem Bassvolumen bis etwa zur Hälfte des Gehäuses mit Polyester-

watte gefüllt (Standard: Lockere Füllung, wobei bei der TML-Kanal eine Handbreit frei bleibt).

Sonstiges

- Schrauben für Chassis und Anschlussterminal sowie Bodenplatte.
- Schaumstoffdichtstreifen für den luftdichten Einbau der Chassis und der Bodenplatte.
- Anschlussterminal.
- Innenverkabelung.
- Dämmmaterial: Zwei Platten Noppenschaumstoff (schwere Qualität), ca. ein Beutel Polyesterwatte.

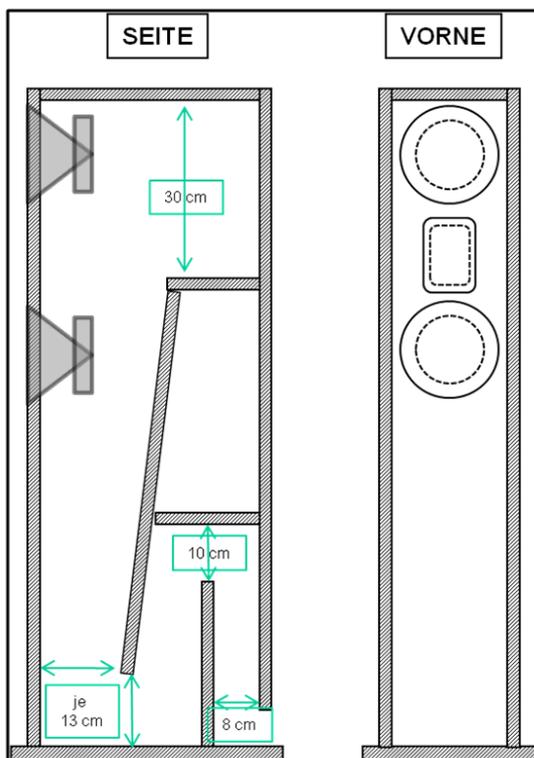


Abb. 31: Gehäuseskizze mit minimaler Bemaßung; die restlichen Maße sind in der Gehäuse-Stückliste zu finden

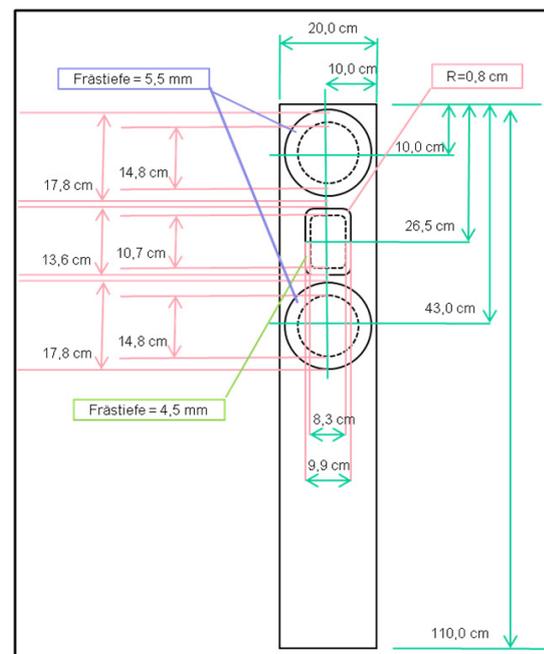


Abb. 32: Skizze Frontplatte

DISCLAIMER

Der Autor lehnt jede Haftung ab. Die Rechte zur Nutzung liegen beim Autor. Private Nutzung kostenfrei – jede Art gewerblicher Nutzung muss ausdrücklich vom Autor genehmigt werden.

Sie erreichen den Autor unter der E-Mail-Adresse: Chlang2 (at) arcor.de.

Der Thread zur Boxen-Entwicklung ist zu finden unter: www.hifi-forum.de/viewthread-205-128.html