BMRs in een Array

Inleiding

Met het systeem dat beschreven is in: ''2 BMRs in een Baffle'' ben ik eigenlijk klaar met mijn luidspreker-projecten. Dit systeem voldoet aan de verwachtingen. Het klinkt mooi, is ruimtelijk en de plaatsing is in orde. Toch wil ik nog een beter inzicht krijgen in het verband tussen: ontwerp, 'ruimtelijkheid', klank en 'plaatsing'. Een systeem met goede plaatsing heeft mijn voorkeur omdat het 'de herbeleving' bevredigt. De circulaire arrays doen dat doch klinken minder ruimtelijk en minder aangenaam. Het lijkt of er te veel hoog wordt weergegeven. Dat laatste kan samenhangen met vervorming.
Met de verkrijgbaarheid van de BMR (Balanced Mode Radiator) in het laatste decennium ziet de wereld er anders uit en zullen we eens nagaan of de met piston-luidsprekers gevonden wetmatigheden moeten worden bijgesteld.
Ik ben van plan om een vlakke array van BMRs te maken in een kast die horizontaal afgerond is zodat er weinig of geen baffle step is en daarin verscheidene configuraties uitproberen te beginnen met een enkele BMR (net als in: 'BMR in afgeronde kast') om te zien of de resultaten herhaald kunnen worden. Inmiddels is duidelijk waarom de trillingen door de BMR in dat project niet weggewerkt konden worden. Dit was ook de reden dat ik die kasten gesloopt heb: een BMR moet je niet in een open systeem plaatsen. Hier zullen ze steeds in een jampotje van ⅓ liter gemonteerd worden.

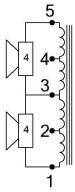
Vooronderzoek

Een enkele BMR of een array met 2 of 3 BMRs (van Cambridge Audio) in horizontaal afgeronde kast van 36 cm hoog en 28 cm breed. De afronding (R = 8 cm) komt van de LS1. De BMRs zitten 9 cm (hart op hart) van elkaar. De BMRs meten 4 Ω. De aansluiting van een enkele BMR is eenvoudig. De andere reeds voorgemonteerde BMRs worden daarbij kortgesloten om hun invloed te minimaliseren.
Bij de eerste proeven hoeft het spul niet vermogens-aangepast te zijn. 12 Ω aan een voor 4 Ω ontworpen versterker is zeer bruikbaar voor metingen en eerste luisterproeven. De impedanties van de BMRs moeten dan onderling niet te veel verschillen.
Bij deze simpele schakelingen kan eenvoudig frequentieafhankelijke **shading** worden toegepast!
Om met één high pass filter te kunnen volstaan, zullen voor de verschillende configuraties bijpassende weerstanden parallel gezet worden. Vooruitlopend op de volgende paragraaf mikken we dan op een totale impedantie van 5,3 Ω.

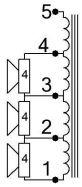
Trafo

Het aanpassen van de arrays op de versterker vraagt om een trafo. De (reeds bestaande) autotrafo's hebben 4 gelijke wikkelingen met de aansluitingen 1, 2, 3, 4 en 5 in serie. Het 'omschakelen' van de ene configuratie naar de andere vraagt dan nogal wat werk. Wellicht is het handig om (met een vijfpolige (DIN)-plug op de trafo en een zespolige plug aan de zijde van de BMRs) vier verbindingskabeltjes te maken voor de vier configuraties. Dan kunnen die ook snel na elkaar gedemonstreerd worden.

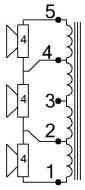
Array met 2 BMR's:
Eén BMR aansluiten tussen 1 en 3, de tweede tussen 3 en 5.
De impedantie tussen 1 en 5 is dan 8 Ω,
tussen 1 en 4 is : $(3/4)^2$. 8 = **4,5 Ω**, <<<
tussen 1 en 3 is: $½^2$. 8 = 2 Ω.



Array met 3 BMR's:
Eén BMR aansluiten tussen 1 en 2, de tweede tussen 2 en 3 en de derde tussen 3 en 4.
De impedantie tussen 1 en 4 is 3 x 4 = 12 Ω,
tussen 1 en 3: $(2/3)^2$. 12 = **5,3 Ω**, <<<
tussen 1 en 2: $⅓^2$. 12 = 1,3 Ω.



Array met drie 6-dB-shaded BMR's:
Eén BMR aansluiten tussen 1 en 2, de tweede (+ 6 dB) tussen 2 en 4 en de derde tussen 4 en 5.
De impedantie tussen 1 en 5: tgv. $R_{12} = 4^2 . 4 = 64\ Ω = R_{12}$',
tgv. $R_{24} = 2^2 . 4 = 16\ Ω = R_{24}$',
tgv. $R_{45} = 4^2 . 4 = 64\ Ω = R_{45}$'.
dus $R_{15} = R_{12}$' // R_{24}' // R_{45}' = 10,67 Ω,
tussen 1 en 4: $(3/4)^2$. 10,67 = **6,0 Ω**, <<< ***Dit kan dus ook zonder trafo!!***
tussen 1 en 3: $(2/4)^2$. 10,67 = 2,67 Ω.

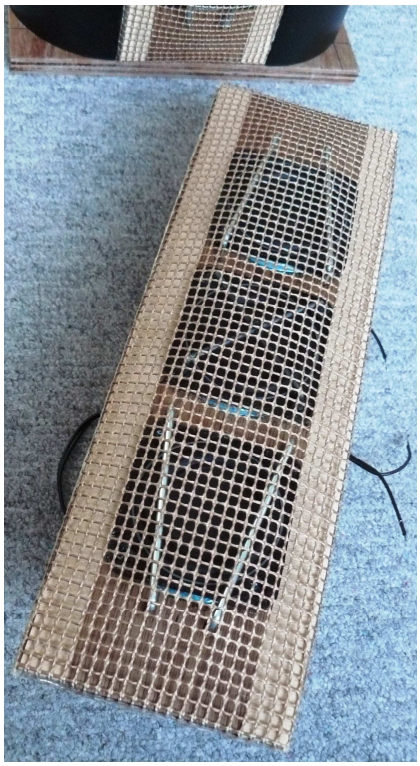


Deze array kan dus ook gemaakt worden door twee-BMRs-parallel in serie met de derde (middelste) BMR te schakelen. De onderlinge impedantie, vooral rond de resonantiefrequentie, moet dan niet te veel afwijken. (Frequentieafhankelijke shading is dan ook eenvoudig.)

Als we het high pass filter ontwerpen voor 5,3 Ω, zitten we er voor de vier variaties niet al te ver naast.

Hoe ziet dat er uit? (Globaal ontwerp)

Dat is het beste uit te leggen met een paar foto's:



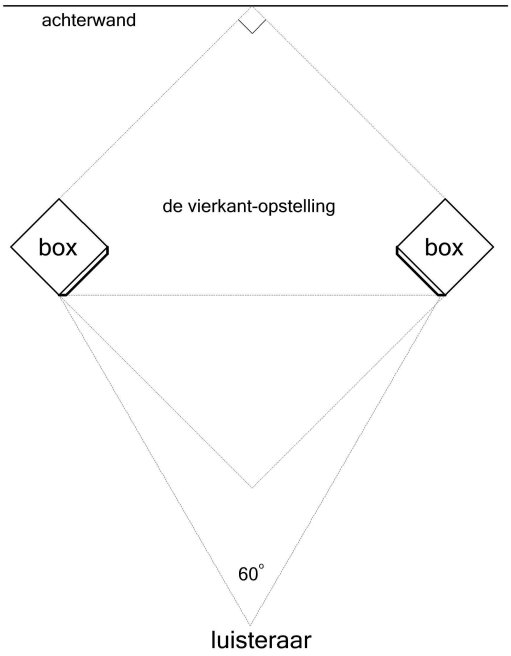
Links toont de BMRs in de jampotdeksel waar een gat van 63 mm in is gesneden. De BMR is daar met 3S-lijm ingezet. Vervolgens zijn de samenstellingen in de frontplaat gekit waarna de jampotjes, met Dr Bailey's longhair er in, op de deksels zijn gedraaid. Voor verdere details van de montage zie men: 'OmniwAve met BMRs?'.
Om de 'BMR-werking' niet te verstoren wordt een zeer grof 'doek' (een BBQ-matje) voor het front gespannen. De breedte van de afgeronde kast is weer 28 cm (= de breedte van de MFB-kast). De hoogte is 36 cm (= de lengte van de horizontale afronding aan de LS1 van Grimm Audio, die zwarte dingen). De hartafstand van de BMRs is 9 cm.

Detailed Design

Het high pass filter zal in de buurt liggen van 68 µF met 1 mH. Dat zagen we eerder bij één jampotje. Bij de BMR in afgeronde kast was L = 2 mH. Dat testen we uit met alleen de middelste BMR, met twee BMRs in serie met 8 Ω parallel en drie BMRs in serie met 9,5 Ω (zeg:10 Ω) er aan parallel. De niet gebruikte BMR(s) sluiten we kort.
De resonantiefrequenties schelen nogal: bovenste BMR: 275 Hz, middelste: 230 Hz en onderste: 240 Hz.

Bij de andere box van boven naar beneden: 240 Hz, 270 Hz en 220 Hz.

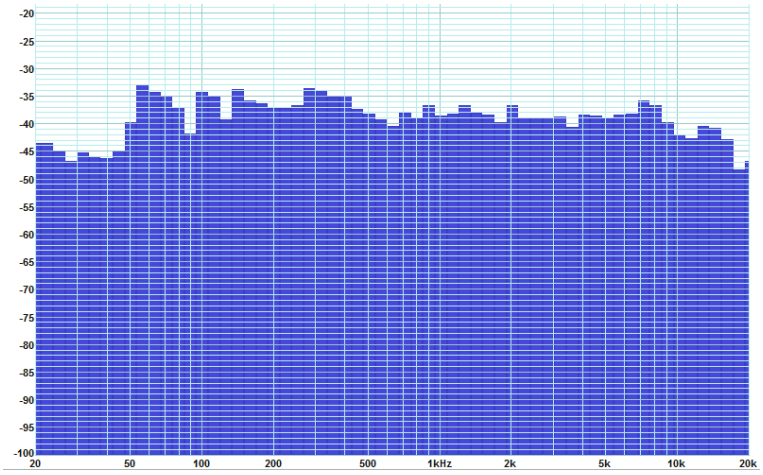
Eén BMR (de middelste)
Het eerste wat opvalt is dat de luidspreker weer zo aanwijsbaar is! In de conventionele (60º, 60º, 60º) opstelling klinkt het goed**:** mooi, (vrij) precies stereobeeld. De klank is aan de harde kant, een beetje in de richting van de 'circular array'. Strijkers klinken minder hard. Stemmen zijn iets breder dan met de 'circular array'. De mussen in de opname van Onno Scholtze 'met het vliegtuig en de vogels', zijn niet hard ***/*** scherp. Het lijkt of er meer hoog uit komt dan met '2 BMRs in een Baffle' (waar ik voortaan mee vergelijk).



Met de '2 BMRs in een Baffle' krijgen we het beste resultaat in de 'vierkant-opstelling' zoals ik die voortaan zal noemen. Dat is hier, met één BMR ook zo. ***Er is eigenlijk weinig slechts over te zeggen.*** De xylofoon in Bartok's tweepiano stuk met slagwerk klinkt net zo als met '2 BMRs in een Baffle' en niet zo scherp en naar de speaker trekkend als met de 'circular array' wat met vervorming verklaard kan worden.
Het is gewoon goed echter minder subtiel dan de '2 BMRs in een Baffle'. Die geven toch een holografischer stereobeeld, meer lucht om de instrumenten. Het is allemaal wat subtieler.
De sweet spot is weer terug!

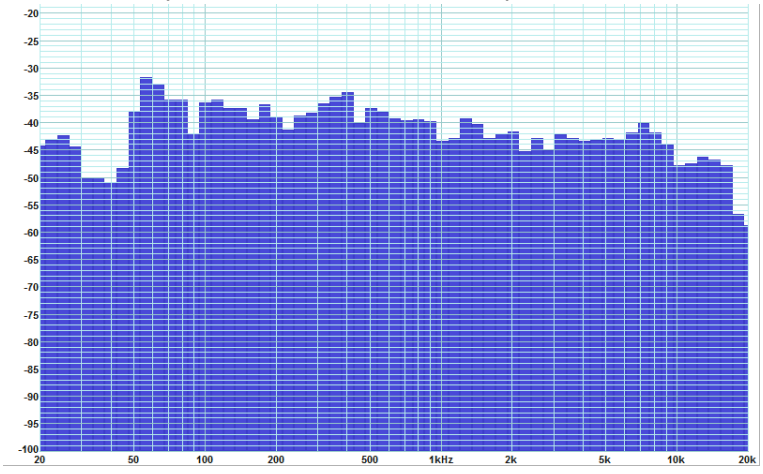
Het verwonderlijke dat bij de 'BMR in afgeronde kast' (in een cardioïde configuratie) gevonden werd bij het verder naar binnen draaien van de boxen totdat zij met de voorkanten naar elkaar toe stonden, kan ik met deze units herhalen. Het stereobeeld is weer diep maar er is minder hoog wat toch onwenselijk is.

We zullen eens zien wat **metingen** opleveren.

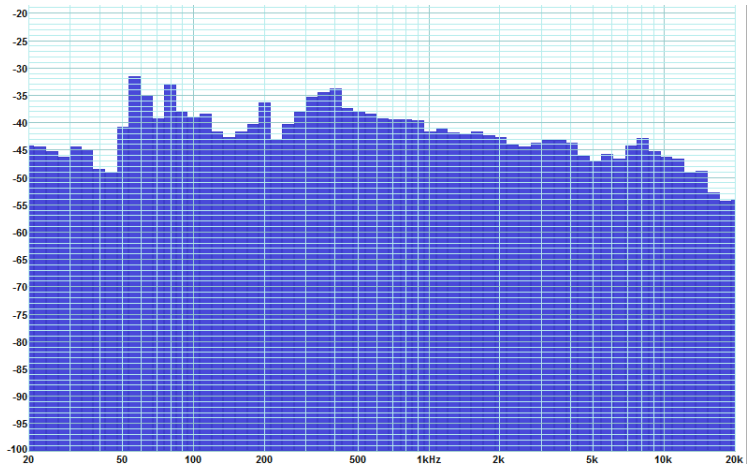


Deze meting is met beide kanalen in de vierkant-opstelling om de reflexies in de kamer uit te middelen. Recht van voren komen de pieken bij 8 en 16 kHz te veel omhoog. Het high pass filter bestaat uit C = 68 µF en L = 2 mH.
Met 1 mH is de piek bij 300 Hz weg, maar tellen hoog en laag niet bij elkaar op.

Twee BMRs (de middelste en de onderste)

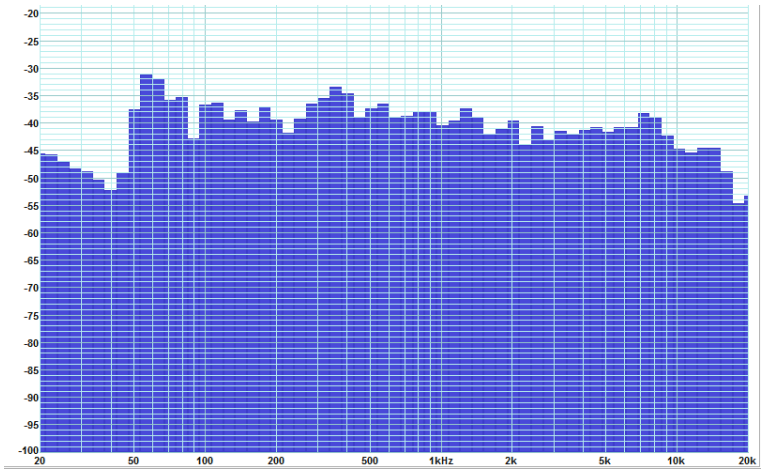


De boxen staan weer in de vierkant-opstelling. De twee BMRs zijn domweg in serie geschakeld wat, mede dank zij de bundeling, meer geluid oplevert natuurlijk. Met roze ruis hoor je dicht bij de boxen duidelijk de vorming van lobben.
Het klinkt allemaal mooi met een precies stereobeeld. Het verschil met één BMR is klein. Het kan zijn dat het stereobeeld in het midden iets verder uit elkaar getrokken is.
Het high pass filter behoeft correctie.
Het kan wel verschrikkelijk hard spelen!

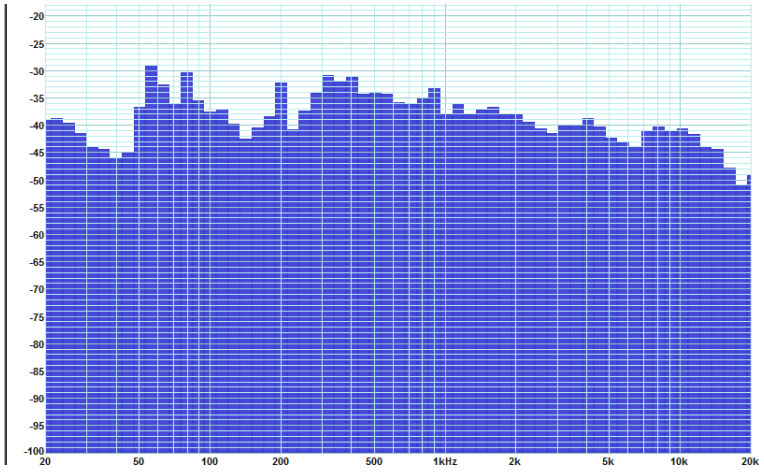


Op 2,5 meter afstand is op 2 meter hoogte is verlies van hoog te constateren/meten maar tijdens het dalen met de microfoon naar BMR-hoogte zijn geen lobben waargenomen.
Het blijft ook aangenaam klinken

Drie shaded BMRs



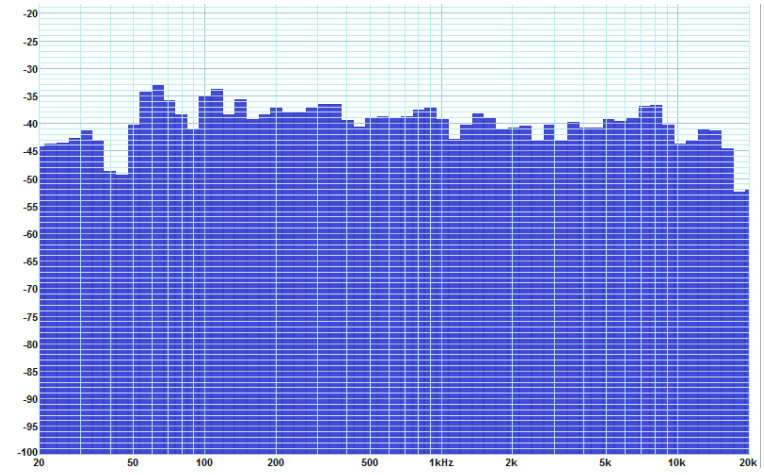
De boxen in de vierkant-opstelling: de onderste- en bovenste BMR staan parallel, en staan in serie met de middelste BMR zodat 6 dB shading ontstaat. Ondanks dat, ontstaan er lobben! Recht naar boven een smerig scherpe.
Trouwens bij het door de kamer lopen hoor je vreemde dingen. Op de 'luisterplaats' klinken S-en soms, afhankelijk van hoe je je hoofd houdt, smerig.
Misschien is er met extra capaciteiten nog wat te verbeteren, maar waarom al die moeite? Met één BMR gaat het uitstekend en kan er voldoende vermogen gemaakt worden.



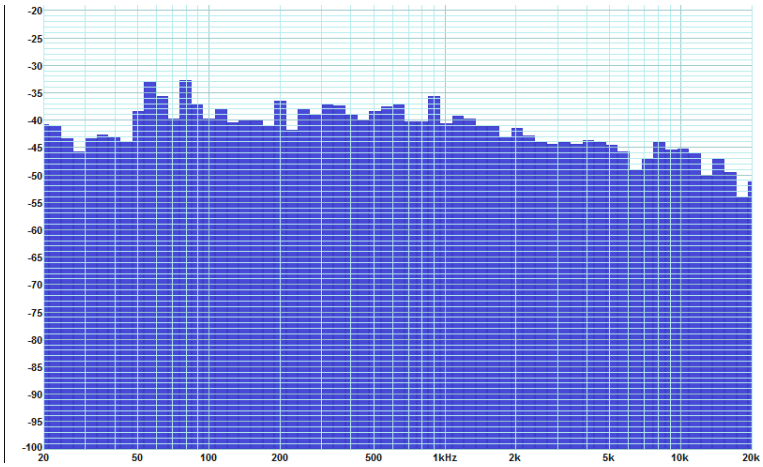
Links boven staat de meting op de luister-plaats van beide boxen.
Ook hier wordt duidelijk dat het high pass filter correctie behoeft.

Links is gemeten op de luisterplaats op 2 meter hoogte. Op ongeveer 1,40 m hoogte worden twee lobben zichtbaar en hoorbaar!

Drie BMRs (in serie)



De boxen staan weer in de vertrouwde gelijkzijdige driehoek opstelling.
De drie BMRs staan domweg in serie met 9 Ω parallel om het high pass filter enigszins aan te passen. De klank van de Barokmuziek op de Exceptional Masterpieces SACD (PCCC-10011SA) is goed. De vorming van lobben valt niet tegen. Je moet niet door de kamer gaan lopen natuurlijk.
Er vindt stevig bundeling plaats. Het Combattimento Consort Amsterdam komt op de rand van het toneel te staan! De plaatsing is natuurlijk erg goed althans op de sweet spot die toch erg scherp is! Zeer geschikt voor zalen.

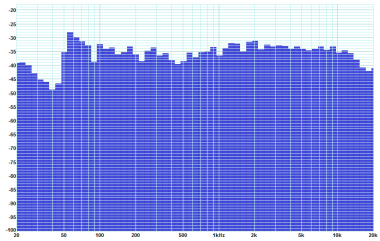


Deze karakteristiek is gevonden op 2 meter hoogte boven de sweet spot.

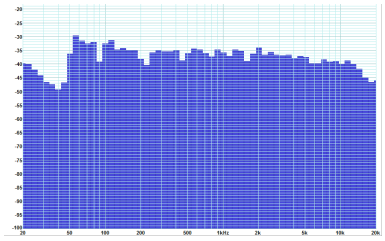
Conclusies

Met piston luidsprekers, die het hele frequentiegebied van ~400 – 20.000 Hz moeten weergeven, kom je niet onder een array-constructie uit omdat een enkel speakertje het gewenste vermogen niet aan kan. BMRs kunnen wel vier keer zo veel vermogen verwerken en kunnen, voor in de huiskamer, dus enkel gebruikt worden voor de weergave van 400 Hz – 20 kHz. Dat gaat gewoon goed zoals hier blijkt.
Arrays bouwen met toch redelijk grote BMRs is geen sinecure. Twee of drie in serie valt toch niet tegen als je de verticale bundeling voor lirf neemt.
Met één BMR en een woofer kan dus een prima luidsprekersysteem gemaakt worden!
Bij het vasthouden van de jampotjes blijken die toch nog aardig te trillen! Àls van een van de configuraties gebruik gemaakt zou worden, denk ik dat de klank zou kunnen verbeteren door de ruimte met de jampotjes met zand te vullen.

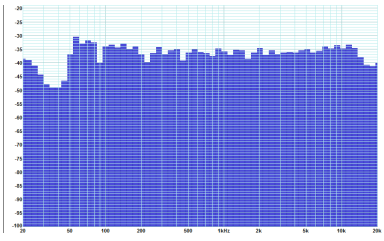
Voor meer ruimtelijkheid verwijs ik terug naar: **‘2 BMRs in een Baffle’** waarbij de tweede BMR aan de achterkant zit. Hierdoor vermeid je de baffle step als de twee BMRs in fase staan, **niet** als dipool dus! Het aardige daarvan is dat daarmee drie configuraties gedemonstreerd kunnen worden: alleen de voorste laten spelen, beide laten spelen en beide laten spelen met frequentieafhankelijke shading (9 µF over de achterste speaker die in serie staat met de voorste). Daarmee wordt duidelijk welk verband er bestaat tussen scherpte van de klank, plaatsing en ruimtelijkheid wat we hier ook gedeeltelijk bevestigd zien. Van die configuratie: ‘2 BMRs in een Baffle’ worden hieronder nogmaals de frequentiekarakteristieken gegeven.



alleen de voorste BMR



beide BMRs



beide BMRs met shading-C

Uit de frequentiekarakteristiek is niet zo veel op te maken. De grote verschillen zitten in het stralingsdiagram. Dat blijkt wel uit de sterk bundelende array met 3 BMRs in serie: die plaatst zeer goed!
Het ziet er naar uit dat ruimtelijkheid en plaatsing strijdig zijn. Nu wil het geval dat de ruimtelijkheid voornamelijk door ‘het middengebied’ (zeg: 500 – 4000 Hz) bepaald wordt en de plaatsing meer door het gebied boven de 3 kHz. Zoiets. De stralingsdiagrammen van die gebieden moeten dus onderzocht worden!! Door nu frequentieafhankelijke shading toe te passen waardoor de voorste BMR meer hoog krijgt dat wordt ‘afgetrokken’ van de achterste BMR, wordt aan beide voorwaarden voldaan: een ruimtelijke (niet aanwijsbare) luidspreker met goede plaatsing van het stereobeeld. Hier is het laatste woord nog niet over gezegd….

Bij langer (een uur) luisteren is de opstelling zonder enige shading toch het fijnst om naar te luisteren, zeker als de beide speakers weer in de gelijkzijdige driehoek-opstelling staan! De plaatsing in het midden van het stereobeeld is minder scherp maar de instrumenten aan de rand zijn goed geprojecteerd.

Dit is de mooiste luidspreker die ik ooit gemaakt heb!

Het enige wat nog moet gebeuren is demping aanbrengen op de voetplaat van deze high/mid-unit. Ik ga ook nog eens proberen of een ander high pass filter de bassen van een piano (Sjostakovitsj) beter op de discant kan brengen in het geluidsbeeld.