

De betekenis van het begrip HiFi (updated english version [here](#))

Deel 4, De Ideale Luidspreker, Reflecties en Resonanties

Inmiddels weten we dat HiFi eigenlijk twee verschillende, onverenigbare, idealen kent, te weten het “hier en nu” versus het “daar en toen”. Alleen bij audio opslag en transport (deel 1) kunnen we een één-één-duidelijk ideaal definiëren: transparantie. We hebben wel met behulp van het begrip transparantie de twee onverenigbare idealen “hier en nu” versus “daar en toen” kunnen opstellen (deel 2) wat in deel 3 leidde tot een revolutionair luidsprekerontwerp voor de “daar en toen” illusie. In dit deel wordt ingegaan op de rol van reflecties en resonanties.

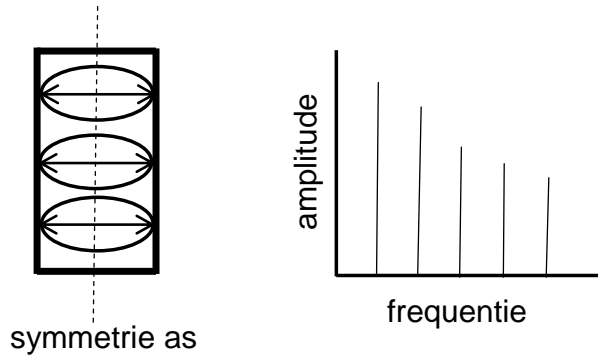
Reflecties en resonanties hebben veel met elkaar te maken, reflecties veroorzaken staande golven, resonanties. Nu heb ik in deel 3 uitgelegd dat reflecties een kern element zijn van een goede luidsprekerweergave. In essentie komt het erop neer dat je niet moet proberen een soort dode kamer te maken maar dat je juist die reflecties moet uitbuiten. Nu zijn er wel luidsprekers die dat in hun ontwerpfilosofie hebben ingebakken maar bijna al deze ontwerpen doen dat niet volgens de optimale “equalised diffuse field” methode. Ook ligt er nog een probleem op de loer als je reflecties in de huiskamer gaat uitbuiten, ze kunnen aanleiding geven tot staande golven. Een golf die een aantal malen reflecteert gaat “staan” en zo krijg je resonanties in een ruimte.

Als ontwerper van muziekinstrumenten ben je heel blij met resonanties, ze maken het mogelijk om de juiste kleur aan een instrument te geven. Als ontwerper van luidsprekers ben je helemaal niet blij met resonanties, ze maken het onmogelijk om een natuurgetrouwe (HiFi) weergave te bereiken. Als eerste heb je last van resonanties in de luidsprekerkast en verder krijg je ook nog de resonanties in de huiskamer die het geluid kleuren. Om te beginnen met de luidspreker, kun je geen resonantievrije behuizing ontwerpen? Of nog beter een luidspreker bouwen zonder kast. Dat is erg lastig, het geluid wat een luidspreker naar achteren straalt staat in tegenfase met het geluid wat naar voren wordt gestraald, waardoor er bij lage frequenties een akoestische kortsluiting ontstaat. Als je geluid wat naar achter straalt wegvangt met een kast heb je de kortsluiting opgelost. Je kunt natuurlijk ook proberen om het geluid wat naar achteren straalt in fase te krijgen maar dat leidt onherroepelijk tot grote luidsprekers. Je ontkomt er bijna niet aan, je moet de luidspreker in een kast zetten en proberen om die resonanties zoveel mogelijk te dempen. In bijna iedere luidsprekerkast die je open maakt vindt je dan ook demping materiaal, en als je het niet vindt is het geen HiFi luidspreker.

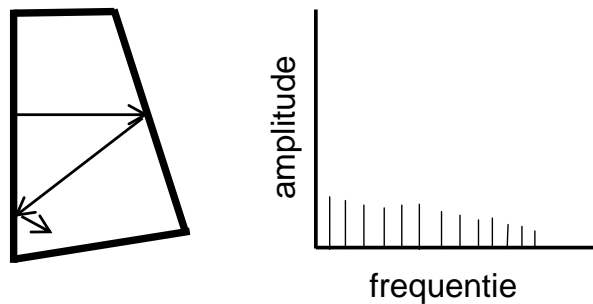
Als je nadenkt over het ontstaan van resonanties dan begrijp je dat ze ontstaan door reflecties waarbij de gereflecteerde golf interfereert met zichzelf. Het ergste wat je kunt doen is twee parallelle wanden maken, er ontstaan dan allemaal constructieve interferenties op exact dezelfde frequentie, zie Figuur 1. Het beste wat je kunt doen is asymmetrie aanbrenge, zie Figuur 2 waar we één van de wanden schuin hebben geplaatst zodat het veel moeilijker wordt voor een golf om te gaan “staan”.

We kunnen het probleem van de resonanties ook wiskundig benaderen. Bij het oplossen van een differentiaal vergelijking kunnen we de verdeling van de eigenwaarden van het systeem, de resonantie frequenties, direct voorspellen aan de hand van de symmetrie in het systeem. Hoe symmetrischer het systeem, hoe meer eigenwaarden samenvallen en des te groter de amplitudes van de bij deze eigenwaarden behorende resonanties. Dit leidt tot de volgende stelling: *“De ideale luidsprekerbehuizing kent geen punt, lijn of*

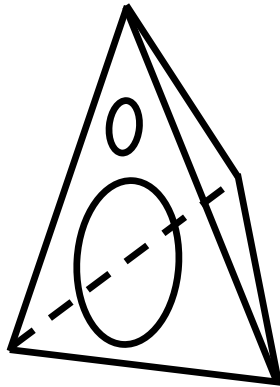
vlaksymmetrie ten aanzien van zijn inhoud en ten aanzien van zijn begrenzende vlakken". In Figuur 3 een voorbeeld, maar ik geef toe dat het geen ontwerp is wat je makkelijk op de markt brengt. Het ergste is dat je voor een acceptabel ontwerp de linker en rechter luidspreker enantiomorf moet maken (elkaars spiegelbeeld).



Figuur 1. Schematische weergave van het ontstaan van resonanties door parallelle wanden. De symmetrie as veroorzaakt samenvallende eigenwaarden van het systeem, er ontstaat een beperkte set van resonanties met grote amplitudes.



Figuur 2. Schematische weergave van het ontstaan van resonanties door schuine wanden. Er is geen symmetrie as in het systeem en er zijn dus geen samenvallende eigenwaarden, er ontstaat een grote set van resonanties met kleine amplitudes.



Figuur 3. De ideale tetraëdervormig [luidsprekerbehuizing](#): er is geen punt, lijn of vlaksymmetrie ten aanzien van de inhoud en ten aanzien van de begrenzendende vlakken. Er zijn geen parallelle wanden die aanleiding geven tot sterke resonanties.

We kunnen alle argumentatie voor asymmetrie natuurlijk ook loslaten op onze luisterruimte, alleen wie gaat er in een tetraëder wonen? Een acceptabel lapmiddel is het plaatsen van grote, symmetrie brekende, objecten zoals de professioneel vaak toegepaste Quadratic Residue Diffusoren (QRD's).

En hoe zit het met die geweldige concertzalen als het Amsterdamse Concertgebouw en de zaal van de Wiener Musik Verein, dat zijn toch geen tetraëders? Dat klopt, maar een concertzaal mag best een eigen karakter hebben terwijl een huiskamer ieder willekeurige zaal neutraal moet afbeelden door gebruik te maken van de in deel 3 beschreven "equalised diffuse field" methode. Verder zijn concertzalen zo groot dat de lage, meest dominante, resonanties niet worden aangeslagen. Ik zou trouwens wel eens een concertzaal willen horen waarvan alle wanden schuin staan en waar het concept van asymmetrie tot in zijn uiterste consequentie is doorgevoerd.

John G. Beerends

Gepubliceerd in Hifi Video Test 1/2008, herzien maart 2012