

Over dB's gesproken.

Inleiding.

Geluid is een trilling, die ontstaat doordat een geluidsbron trilt in een akoestisch midden. Onder akoestisch midden verstaan we een stof in gasvormige, vaste of vloeibare toestand.

Doorgaans horen we geluid dat zich voortplant via de lucht, maar geluid kan zich ook voortplanten via een vaste stof (de indiaantjes die hun oor op de spoorwegrails te luisteren legden) of via een vloeistof (de sonar van een onderzeeër). Geluid plant zich niet voort in het luchtledige (er is daar geen vaste, vloeibare of gasvormige stof). Hoe hard je ook zou kunnen roepen, Jantje op de maan zou je nooit kunnen horen!

Een mooi voorbeeld om de drie manieren waarop een trilling zich voortplant te illustreren is de volgende:

Een draaiende mixer:

- horen we via de luchttrilling (gasvormige stof)
- voelen we trillen doordat we hem vasthouden (vaste stof)
- zien we de trilling door de beweging in het deeg (vloeibare stof)

Geluid wordt in hoofdzaak door twee karakteristieken bepaald: de frequentie en het niveau/de geluidsdruk.

Met het begrip frequentie geven we het aantal malen dat de trilling zich herhaalt binnen één seconde aan. Het aantal trillingen per seconde wordt weergegeven in Hertz (Hz). 1 Hz betekent één trilling per seconde. 500 Hz wil zeggen dat de geluidsbron 500 keer per seconde dezelfde trilling produceert.

Met het begrip niveau/geluidsdruk geven we de maatstaf aan van de energie die als gevolg van de geluidsdruk per seconde op een oppervlak van 1m^2 valt. De druk wordt uitgedrukt in de drukeenheid Pascal, energie drukken we uit in W/m^2 (Watt per vierkante meter).

Voorgaande is eenvoudig te illustreren.

Je kan snel of traag in de handen klappen. Het aantal keren dat je in de hand klapt in één seconde noemen we de frequentie van het klappen.

Je kan zacht in de handen klappen, maar ook hard in de handen klappen. Hoe harder je in de handen klapt hoe meer geluidsdruk je produceert.

Een geluidsbron die een geluid produceert met een lage frequentie (weinig trillingen per seconde) zullen we als een lage toon waarnemen.

Een geluidsbron die een geluid produceert met een hoge frequentie (veel trillingen per seconde) zullen we als een hoge toon waarnemen.

Een geluidsbron die een geluid met een lage geluidsdruk produceert zullen we als een stil geluid waarnemen.

Een geluidsbron die een geluid met een hoge geluidsdruk produceert zullen we als een luid geluid waarnemen.

Een voorbeeld van een geluidsbron met een grote geluidsdruk is een overvliegende straaljager.

Een overvlieger met een uitermate zwakke geluidsdruk is een mug.

Bij deze is dan ook bewezen dat geluid niet intens moet zijn om storend te zijn.

Er is een groot verschil tussen hinderlijk en schadelijk geluid.

Geluidsdruk kan men opmeten. Men meet de druk in pascal.

Bij de mens heeft men onderzocht hoeveel geluidsdruk er nodig is om bij een geluidsbrontrilling van 1000 Hz het geluid net hoorbaar te maken. Men vond dat dit bij twintig jarigen ongeveer $20\mu\text{Pa}$ is, (μPa is micropascal / micro is één miljoenste of 10^{-6}). Uitgedrukt in intensiteit is dit 10^{-12} W/m^2 .

Bij afspraak is men $20\mu\text{Pa}$ 0dB SPL (Sound Pressure Level of geluidsdruk niveau) gaan noemen.

Watt/m ²	10^{-12}	10^{-10}	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	1
dB SPL	0	20	40	60	80	100	120

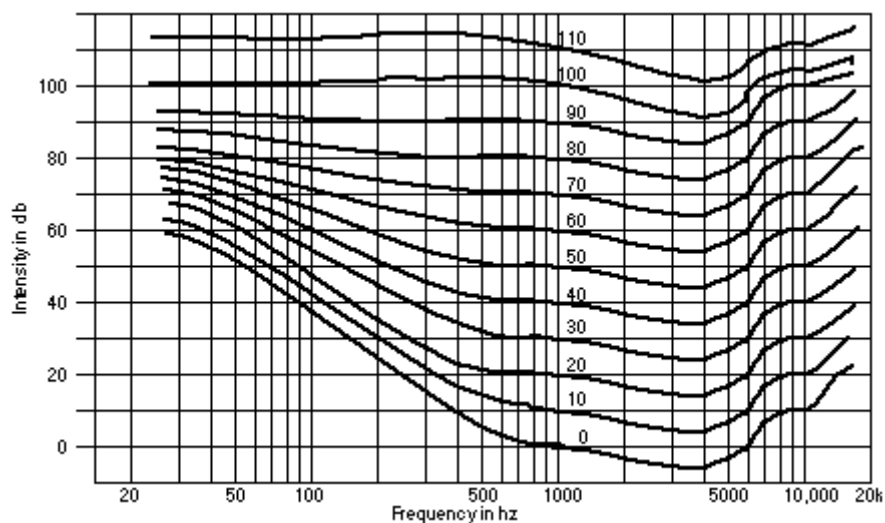
Een aantal voorbeelden van geluidssterkte in dB SPL.

Ongeveer de gehoordrempel	0 dB SPL
Een vallend papertje	10 dB SPL
Fluisteren in de bib	30 dB SPL
Een zacht spelende radio	40 dB SPL
De normale spreekstem	65 dB SPL
De luide spreekstem	80 dB SPL
Schreeuwen in je oor	105 dB SPL
Een bromfiets zonder uitlaat op 1 meter	120 dB SPL = de pijndrempel
Een straaljager op 10 meter	140 dB SPL

Geluid en het menselijk gehoor.

De Fletcher Munson Curve.

Fletcher & Munson onderzochten de hoordrempel van de mens nauwkeurig en zijn tot de vaststelling gekomen dat de menselijke gehoordrempel niet voor alle frequenties gelijk gelegen is. Zij publiceerden hun gegevens in 1933 en 1937. De hoordrempel en de pijndrempel die ze bij de mensen vonden, worden de Fletcher-Munson curves genoemd. Het onderzoek gebeurde in dB SPL.



In de grafiek staat de gehoordrempel uitgetekend met als ordinaten de frequentie in Hz en het geluidsniveau in dB SPL.

De drempel bij 1000 Hz ligt bij 0 dB SPL.

We zien dat voor de frequenties lager dan 1000 Hz er veel meer energie nodig is opdat de mens de geluidstrillingen kan waarnemen.

Voor de frequenties tussen 1000 en 4000 Hz zien we dat er zelfs bij -5 dB SPL nog gehoord wordt.

Bij de frequenties hoger dan 4000 Hz is het oor dan weer minder gevoelig dan 0 dB SPL.

De curve van Fletcher-Munson gaf ook andere informatie.

Men nam als referentie een toon van 1000 Hz.

Men liet deze 1000 Hz horen bij een intensiteit van 10 dB SPL en men liet de proefpersonen aangeven bij welke intensiteit een toon van een andere frequentie net even luid klinkt als de referentietoon van 1000 Hz.

Al deze nieuw gevonden punten (voor de verschillende frequenties) gaat men nu verbinden en deze nieuwe lijn noemt men nu de 10 foon lijn.

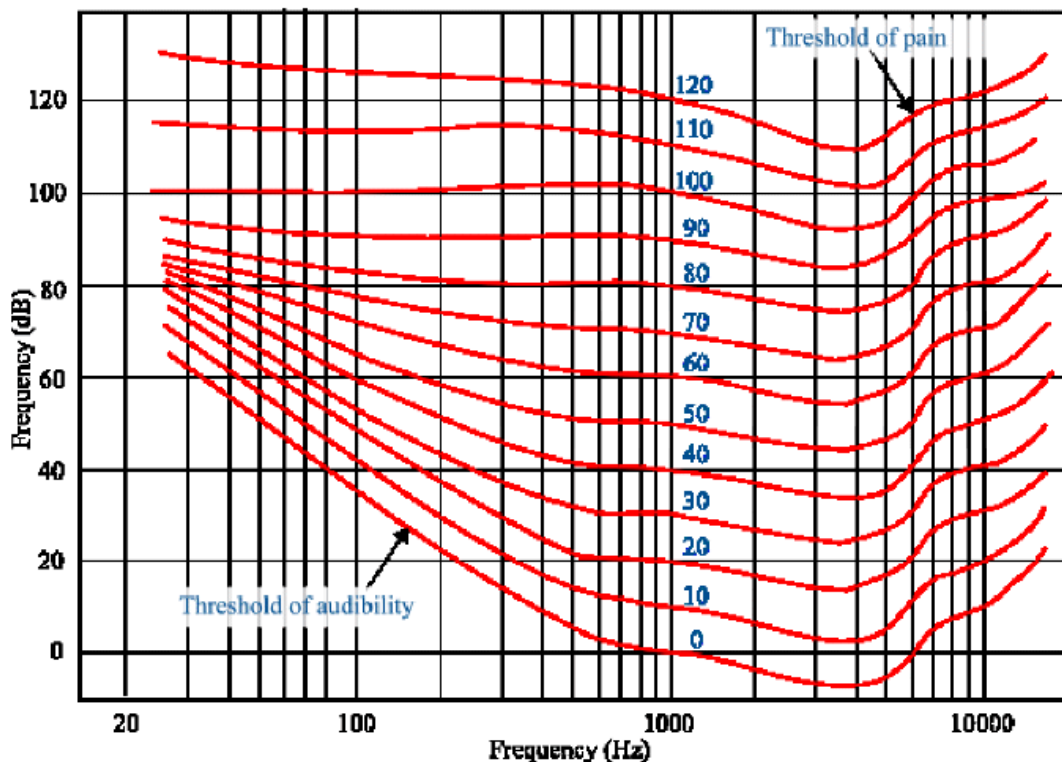
Een foon-lijn is dus een lijn van gelijke luidheidswaarneming door het menselijk oor. De foon is geen akoestische eenheid, maar wel een psycho-akoestische eenheid. De eenheid is geënt op het menselijk gedrag. De verschillende lijnen noemt men isofonen, lijnen van gelijke (foon) luidheid.

In mensentaal: foon is de aandoening van hoe luid een geluid klinkt in een menselijk oor.

Binnen de akoestiek, bestudeert en benoemt men het geluid vanuit het natuurkundig standpunt.

Binnen de psychoakoestiek, bestudeert en benoemt met het geluid vanuit de sensatie die het geluid bij de mens veroorzaakt.

Dezelfde methodiek volgt men met als referentie 20 dB SPL – 30 dB SPL enz. (bij 1000 Hz). De gevonden lijnen worden nu isofonen 20 -30 en zo verder genoemd.

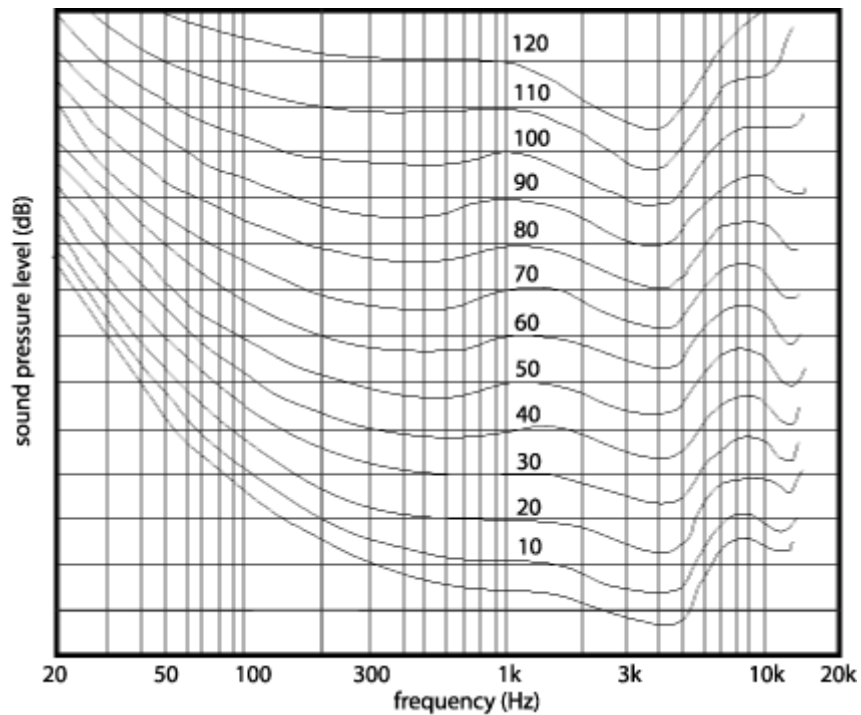


Bekijken we de isofonen dan zien we dat zij niet evenwijdig met mekaar verlopen.

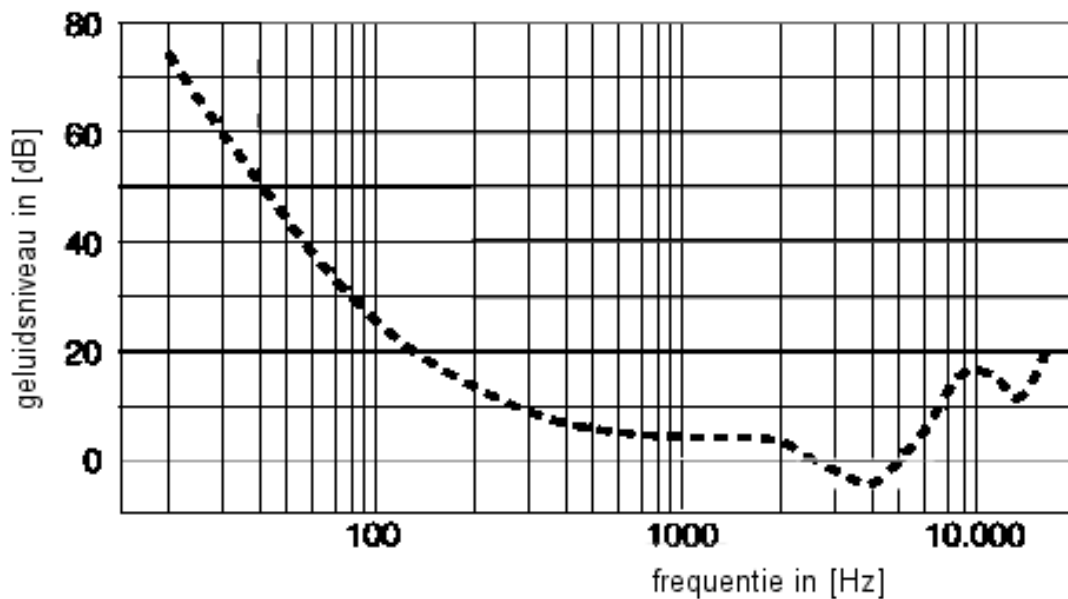
De Robinson en Dadson curves.

In 1956 reviseerden Robinson en Dadson deze curves van Fletcher-Munson.

De hoordrempel werd hierbij lichtjes gecorrigeerd.



Deze figuur die afkomstig is van Robinson en Dadson verschilt duidelijk van deze van Fletcher en Munson (zie bvb naar de o foon lijn). In de literatuur maakt men niet altijd duidelijk onderscheid tussen deze beide. Vaak wordt de figuur van Robinson en Dadson dan ook als Fletcher-Munson benoemd.



Men vindt over de hoordrempel verschillende waarden. Dit komt doordat de meetomstandigheid verschilt. Men krijgt namelijk andere waarden wanneer men de menselijke gehoordrempel opmeet onder koptelefoon aan één oor of men meet de gehoordrempel op in vrij veld (FF) waarbij de proefpersoon luistert met de twee oren.

Voor wie hierover meer informatie wenst:

Hoordrempel gemeten onder koptelefoon, drempel gemeten aan één oor (in dB SPL).

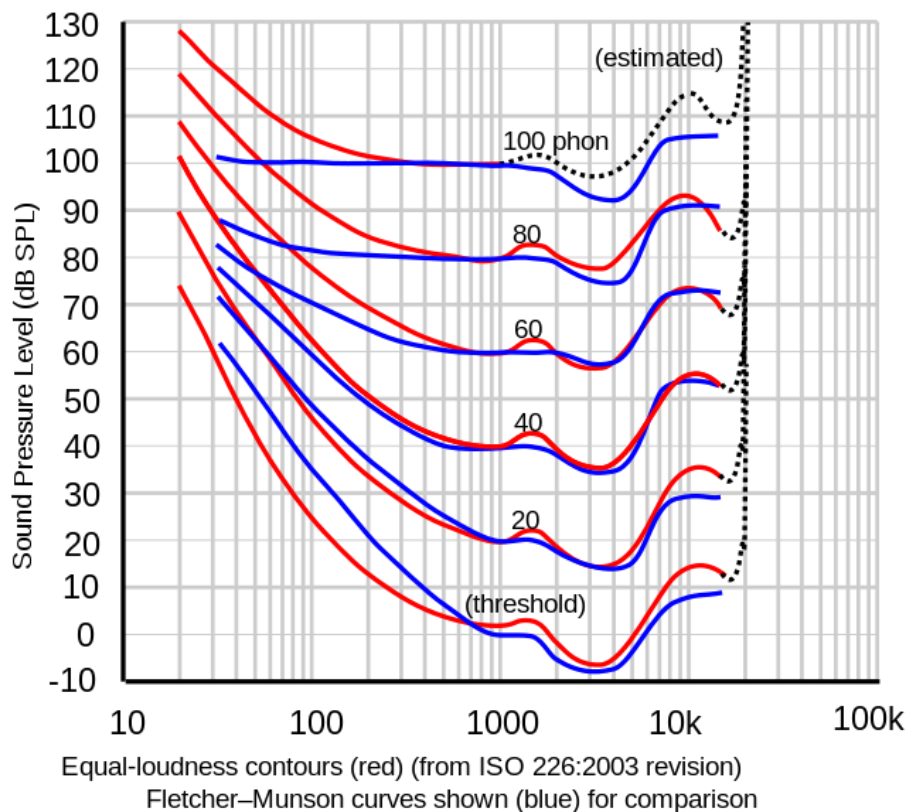
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	1.5kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
45	22.5	11.5	7	6.5	9	10	9.5	15.5	13

Hoordrempel gemeten in vrij veld, drempel met beide oren (volgens ISO 389-7) in dB SPL

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	1.5kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
22	11	4	2	0.5	-1.5	-6.0	-6.5	2.5	11.5

kHz staat voor kilohertz. Kilo is de aanduiding 10^3 , kilo betekent dus de eenheid maal duizend.

Op basis van de Gegevens van Robinson en Dadson werd een ISO richtlijn opgesteld (iso 226:2003 revision).

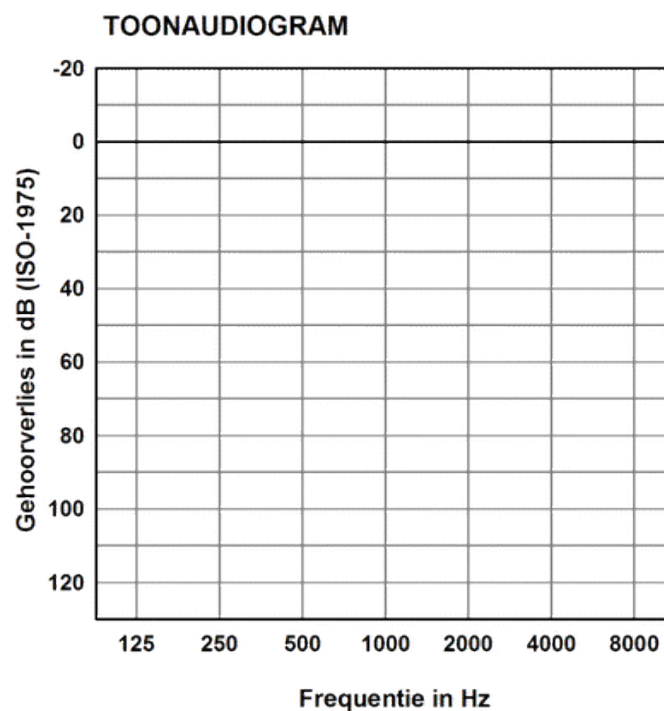


De dB HL / de schaal om het gehoor& gehoorverlies in kaart te brengen.

De 0 foon lijn (threshold in het rood) die in voorgaande figuur staat afgebeeld (iso 226.2003 revision), gaf aanleiding tot het ontstaan van een nieuwe (fysiologische) eenheid: dB HL(Hearing Level of Human Level).

De gehoordrempel stelt men voor als een rechte lijn die men nu 0 dB HL noemt.

Men heeft hierbij voor de drempel in FF gekozen. Deze drempel wordt ook soms aangeduid als MAF (minimal audible field). Het verschil in drempelwaarden tussen de drempel in FF en KTF (koptelefoon) staat in de hoger opgenomen tabellen.



Meet men het gehoor van iemand op in de dB SPL, dan moet men om de ernst van het verlies te kunnen interpreteren steeds de vergelijking maken met de drempel van een normaalhorende.

Stel iemand heeft een drempel van 45 dB SPL bij 125 Hz, bij 1000 Hz en bij 4000 Hz. Dit zou betekenen dat er nagenoeg geen verlies is bij 125 Hz, maar dat er bij 1000 en 4000 Hz reeds een merkbaar minder goed gehoor is dan bij de normaalhorende (ongeveer 35/40 dB groot).

Door de drempel van de gemiddelde normaalhorende 0 dB HL te noemen, zal men het gehoorverlies van de gehorgestoorde onmiddellijk kunnen aflezen in vergelijking met de drempel van de normaalhorende.

De audiometer zal steeds een fysisch geluid produceren (dus geluid in dB SPL) maar de afleesschaal zal de correctie naar de menselijke gehoordrempel weergeven in dB HL. Steeds meer audiometers laten de keuze tot aflezing in dB SPL of dB HL over aan diegene die met het toestel werkt (te kiezen instelling).

Tekst: Herman Ketels, lector Arteveldehogeschool Gent
Opleidingen Logopedie & Audiologie en Hoorexpert Partner
CAR Sint-Lievenspoort vzw.

De dB schalen.

Bij geluidsmetingen – om daaruit dan gevolgen te trekken naar hoorbaarheid / schadelijkheid voor de mens - is het niet aangewezen om het geluid in dB SPL in kaart te brengen.

Wanneer men dit gaat doen dan weet men alleen wat de fysische kenmerken zijn van dit geluid, maar wordt het geluid niet gerelateerd aan de menselijke gevoeligheid voor geluid. Deze gevoeligheid van de mens voor geluid staat uitstekend uitgedrukt in de ISO 226.2003 revision curve. Hiertoe heeft men correctiefilters in het leven geroepen.

De dB schaal gebruikt bij gehoormetingen / De dB HL schaal.

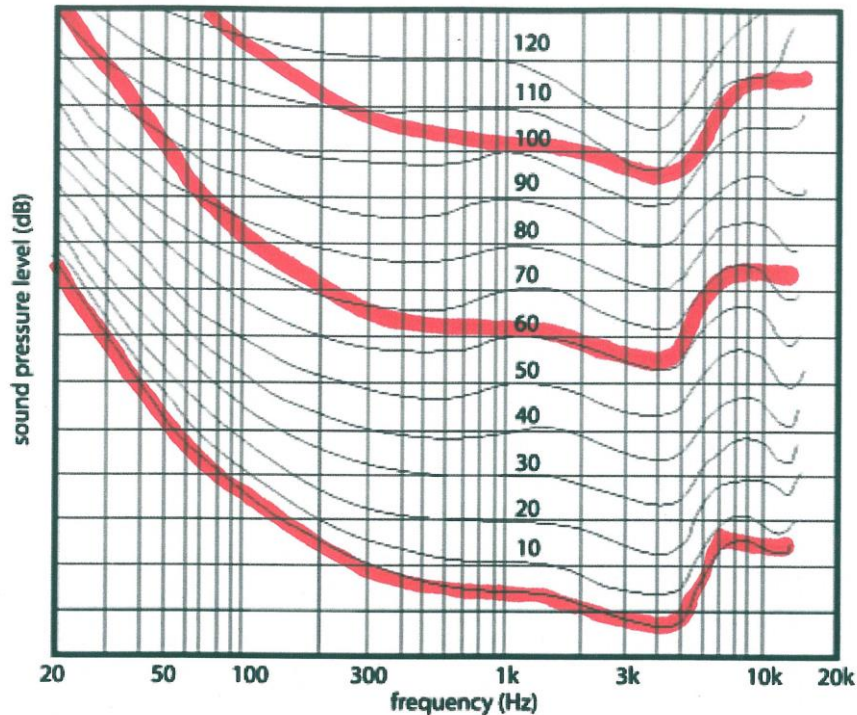
Een eerste correctiefilter is de correctie – zoals reeds hoger besproken - die gehanteerd wordt bij de audiometrie. Dit is een correctie volgens de isofoonlijn 0. Wanneer we deze correctie uitvoeren dan krijgen we de grafiek die in de audiometrie wordt gebruikt.

De isofoonlijn 0 wordt als referentie gebruikt voor de hoordrempel (in het audiogram de 0 dB HL lijn).

Men gaat nu deze lijnvorm telkens met 10 dB verschuiven op de as die door 1 kHz loopt. De curve verschuift lineair met stappen van 10 dB op de as 1 kHz.

Verschuift men van 0 dB HL naar 10 dB HL, dan wil dit zeggen dat er voor alle frequenties een toename is met een niveau van 10 dB.

Verschuift men de as naar bvb 60 dB, dus de 60 dB HL waarde, dan zal het niveau ten opzichte van de 0 foon curve bij alle frequenties met 60 dB zijn toegenomen.



Let wel er zal een ongelijke toename zijn van de luidheidsperceptie! Dit verschil in luidheidsperceptie zal des te groter zijn naarmate men het niveau sterker laat stijgen.

In een voorbeeld:

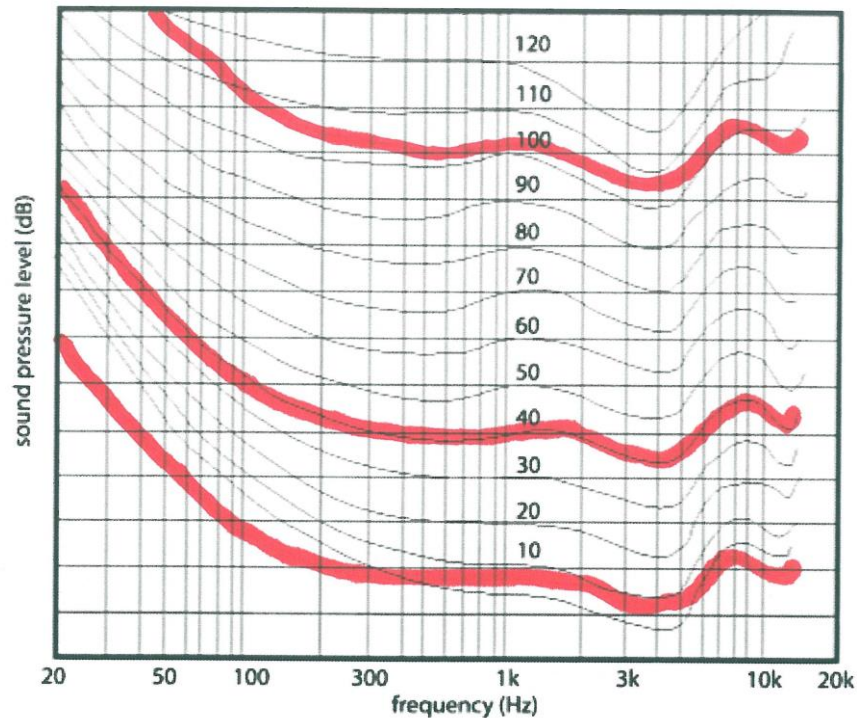
Volgen we de 60 dB HL lijn (de rode lijn die door 60 dB SPL loopt bij 1kHz) dan heb je hierbij een sensatie van 60 foon bij 1 kHz, maar van ongeveer 90 foon bij 500 Hz (dit zie je door te kijken waar de rode lijn 60 dB HL bij de frequentie 500 Hz de foonlijn snijdt.

Wanneer je de 100 dB HL lijn bekijkt dan zal je snel begrijpen waarom een audiometer bij 125 Hz ons niet toelaat een stimulus te genereren van bvb 110 dB HL.

De dB schalen bij geluidsmetingen. (sonometrie)

De dB A schaal.

De correctie toegepast volgens de isofoon(vorm) 40 wordt meting in dBA genoemd. Dit wil zeggen dat 1000 Hz 40 foon nu 40 dBA wordt genoemd. Bij 1000 Hz zien we dat de 40 fooncurve voor deze frequentie gelegen is bij 40 dB SPL (cfr. De definitie van de foon), dit wordt nu 40 dBA. De 40 foon curve wordt dus recht getrokken en noemt nu 40 dBA lijn. Deze 40 foon curve wordt nu lineair toegepast, wat wil zeggen dat zij telkens met 10 dB verschoven wordt naar een hoger of lager niveau maar de vorm van de curve wordt behouden. Dit betekent dat we bijvoorbeeld bij een hogere intensiteit een afwijking krijgen ten opzichte van de daar gevonden fooncurve. Dit heeft als gevolg dat de dBA meting een relevante meting is om geluiden van gemiddelde sterkte op te meten.



De overige dB schalen.

Wordt een correctie volgens de isofoon 70 toegepast dan spreken we over dBB. Deze schaal is de meest aangewezen schaal om harde geluiden op te meten.

Bij geluidsmetingen om de schadelijkheid van het geluid voor het menselijk gehoor in kaart te brengen gebruikt men de dBA meting.

Is de correctie toegepast volgens de isofoon 110 (ongeveer de pijngrens) dan spreken we over dBC.

Herman Ketels
Audioloog

Hoorexpert Partner
CAR Sint-Lievenspoort vzw
Sint-Lievenspoortstraat 129
9000 Gent
T09/268.26.26.
F09/223.59.30.
Audio.reva@slp-gent.be
www.slp-gent.be
h.ketels@slp-gent.be

Lector Arteveldehogeschool Gent
Opleidingen Logopedie & Audiologie
Voetweg 6
9000 Gent
h.ketels@arteveldehs.be