



# Sound of Science

## “Biologie deel 1”

Mentoren

D. Vansteenlandt  
K. Werbrouck  
K. Geeraert  
D. Goethals  
T. Vandenbulcke

Naam leerling(en)

Ward Luysen  
Tine Gadeyne

---

## 1. Inhoud

2.	Inleiding.....	4
3.	Anatomie van het oor .....	5
3.1	Buitenoor .....	5
3.1.1	Oorschelp.....	5
3.1.2	Gehoorgang .....	6
3.1.3	Trommelvlies .....	7
3.2	Middenoor .....	7
3.2.1	Gehoorbeentjes.....	7
3.2.2	De buis van Eustachius .....	7
3.3	Binnenoor .....	8
3.3.1	Slakkenhuis.....	8
3.3.2	Orgaan van Corti.....	9
3.3.3	Gehoorzenuw .....	10
3.3.4	Halfcirkelvormige kanalen .....	10
4.	Gehoorproblemen.....	11
4.1	Tinnitus .....	11
4.2	Lawaaislechthorendheid.....	11
4.3	Diplacusis .....	12
4.4	Distorsie .....	12
4.5	Hyperacusis.....	13
4.6	Ouderdomslechthorendheid.....	13
5.	Oplossingen.....	14
5.1	Tinnitus .....	14
5.2	Lawaaislechthorendheid.....	14
5.3	Diplacusis .....	15
5.4	Hyperacusis.....	15
5.5	Ouderdomslechthorendheid.....	15
6.	Audiogram.....	16
6.1	Experiment.....	16

---

6.2	Werkwijze .....	16
6.3	Code .....	17
6.4	Resultaat .....	17

## 2. Inleiding

Onze GIP gaat over allerlei wetenschappelijke aspecten van geluid. De nadruk in dit verslag ligt op de biologie van het menselijk oor. Komen aan bod:

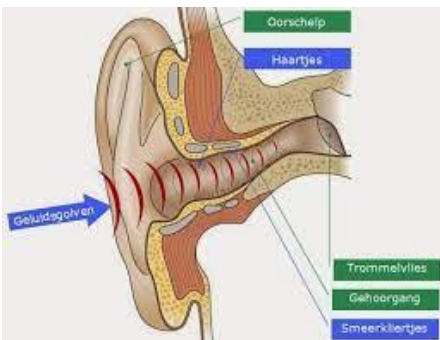
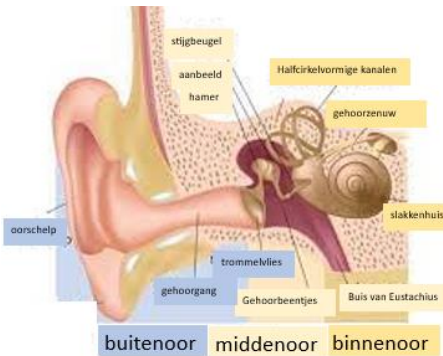
- de anatomie van het oor;
- soorten gehoorschade en mogelijke oorzaken;
- oplossingen voor gehoorschade;
- zelfgemaakte gehoortest met bijhorende audiogrammen.

Wij hebben gekozen om een verslag te schrijven over de biologie van het oor, omdat dit weinig aan bod komt in onze opleiding Industriële Wetenschappen. We waren nieuwsgierig naar de precieze werking van het oor. Graag bedanken we ook Sil, die ook geholpen heeft bij dit onderdeel.

### 3. Anatomie van het oor

In dit hoofdstuk spreken we over alle onderdelen die meehelpen een geluidsgolf te begeleiden naar de hersens.

Het oor kunnen we opsplitsen in 3 grote delen: het buitenoor, het middenoor en het binnenoor. Elk deel kun je nog opsplitsen in nog kleinere onderdelen, elk met een eigen functie.



#### 3.1 Buitenoer

In het onderdeel buitenoor bespreken we de werking van de oorschelp, de gehoorgang en tot slot het trommelvlies.

##### 3.1.1 Oorschelp

Hiermee vangen we geluiden op, de plooiën in de oorschelp zorgen ervoor dat de geluiden de gehoorgang binnenkomen. De oorschelp is een uitwendig deel van het gehoororgaan. Bij vele zoogdieren is de oorschelp beweeglijk en kan het dier door met de oorschelp te bewegen de richting waarin het beste gehoord wordt, beïnvloeden. De meeste mensen kunnen met de oorspijlen hun oorschelp helemaal niet bewegen, enkelen kunnen dat wel, maar die beweging is miniem en heeft geen invloed op het richtinghoren.

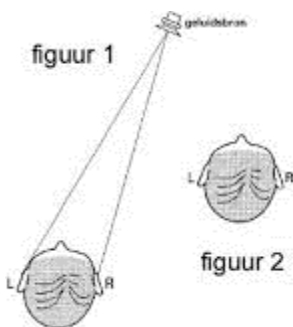
Hoewel oorschelpen vrijwel niet kunnen bewegen, kunnen onze hersenen toch achterhalen waarvandaan een geluid komt, het zogenaamde richtinghoren. Met behulp van zijn twee oren kan een mens waarnemen of een geluid van links of rechts komt. De vorm van de oorschelpen helpt met het onderscheid maken tussen geluiden van voor of achter en geluiden van boven of onder.

##### Richtinghoren

Dit is het vermogen van mens of dier om niet alleen de sterkte van een geluid waar te nemen, maar ook te horen uit welke richting het komt.

##### Links of rechts

Als een geluidsbron zich aan de rechterkant bevindt, komt het geluid eerder in het rechteroor aan dan in het linkeroor. De mens gebruikt dat verschil in aankomsttijden, ook wel de fase van de geluidsgolven, om de geluidsbron te lokaliseren. De maximale frequentie waarbij deze verschillen worden waargenomen wordt steeds lager



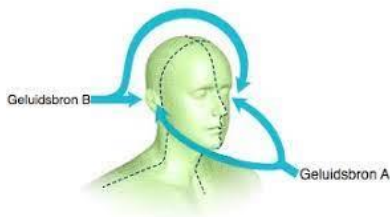
naarmate een geluidsbron zich van links naar rechts of visa versa rondom de luisteraar verplaatst.

Daarnaast speelt het verschil in geluidsterkte een rol. Geluid van rechts komt zwakker door in het linkeroor, omdat het hoofd in deze situatie als een soort geluidsscherm dient. Voor lage frequenties is het hoofd geen obstakel. Door deze niveauverschillen tussen het linker- en rechteroor wordt vastgesteld hoe ver links of rechts een geluidsbron zich bevindt.

### Voor of achter en boven of onder

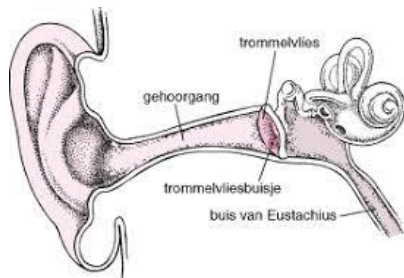
Het onderscheid tussen voor, achter, boven en onder is lastiger. Zo komt bijvoorbeeld het geluid dat recht van voor komt gelijktijdig en even luid aan in beide oren. Voor een geluidsbron recht achter geldt precies hetzelfde. Toch kan de mens ook deze richtingen waarnemen voor veel soorten geluid, bijvoorbeeld spraak. Het geheim schuilt in de grillige asymmetrische vorm van de oorschelp.

De manier waarop het geluid in de oorschelp wordt gereflecteerd is, door de onregelmatige vorm, sterk afhankelijk van de richting van het geluid. Bij geluid dat recht van voor komt, kunnen daardoor bepaalde hoge tonen versterkt worden, en andere juist verzwakt. Bij geluid uit een iets andere richting kan dat precies andersom zijn. Elke richting heeft zo zijn eigen karakteristieke reflecties in de oorschelp.



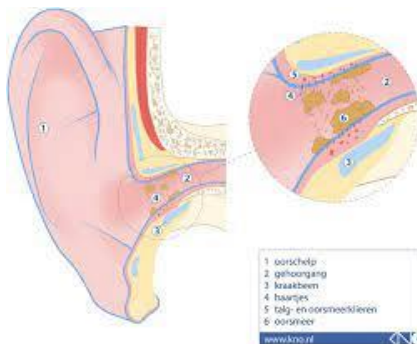
### 3.1.2 Gehoorgang

De uitwendige gehoorgang loopt van de oorschelp tot aan het trommelvlies en leidt het geluid naar het trommelvlies. De uitwendige gehoorgang is een licht gebogen kanaal bekleed met huid. Bij volwassenen is de gehoorgang ongeveer 2,5 cm lang en ongeveer 1 cm in doorsnede. Dit dient om geluiden te begeleiden naar het trommelvlies, het bestaat uit lucht, dat is de middenstof waarin geluid zich voortbeweegt. De gehoorgang is bezet met haartjes.



### Haartjes

In de gehoorgang liggen per oor meer dan 15 000 haartjes die elke trilling registreren. Deze haartjes zijn het communicatiemiddel tussen het oor en onze hersenen. Zij geven de informatie door aan de gehoorzenuw die het signaal dan weer doorstuurt naar de hersenen. In de hersenen wordt dit omgezet in een boodschap die voor ons iets betekent. Deze haartjes zijn echter enorm gevoelig en kunnen door te veel lawaai of een te lange blootstelling aan lawaai beschadigd worden. De haarcellen kunnen eventueel recupereren, maar dat gebeurt enkel in de eerste 48u na blootstelling aan lawaai. Daarna zijn ze ofwel volledig gerecupereerd ofwel afgestorven. Haartjes die dood zijn, groeien helaas nooit meer terug.





### 3.1.3 Trommelvlies

Het trommelvlies heeft meerdere functies, het dient als afsluiting voor vuiligheid en vloeistoffen, ook geeft het de trillingen door aan de gehoorbeentjes. Het trommelvlies is een membraan waarmee het oor geluid opvangt en doorgeeft aan de gehoorbeentjes. Het trommelvlies bevindt zich aan het einde van de gehoorgang en vormt de overgang tussen het buitenoor en het middenoor. Het trommelvlies bestaat uit twee gedeelten, een pars tensa en een pars flaccida. Beide bestaan uit drie cellagen.

## 3.2 Middenoor

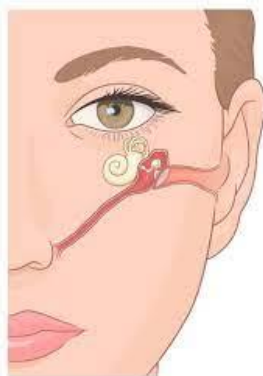
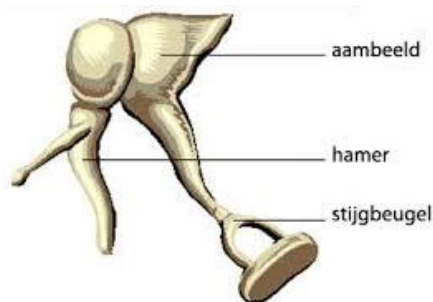
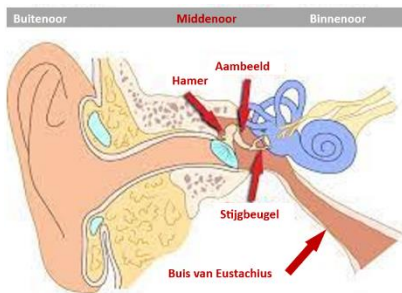
In dit hoofdstuk leggen we de belangrijkste onderdelen van het middenoor uit. Namelijk de gehoorbeentjes en de buis van Eustachius.

### 3.2.1 Gehoorbeentjes

Deze bestaan uit de hamer, het aanbeeld en de stijgbeugel. Deze zijn verbonden met het trommelvlies en het ovale venster. Door deze mechanische koppeling brengen de gehoorbeentjes de trillingen die optreden in het trommelvlies over op het ovale venster. Het ovale venster brengt de trillingen weer over op de vloeistof in het slakkenhuis. Door de onderlinge hefboomen van de beentjes worden de trillingen van het trommelvlies enigszins in amplitude versterkt. Een ander effect dat voor de versterking zorgt is dat het trommelvlies groter is dan het ovaal venster. Maar de belangrijkste functie van de gehoorbeentjes is de impedantieaanpassing die nodig is om trillingen in lucht over te brengen in trillingen in vloeistof. Dit effect is veel groter dan die van de hefboomwerking.

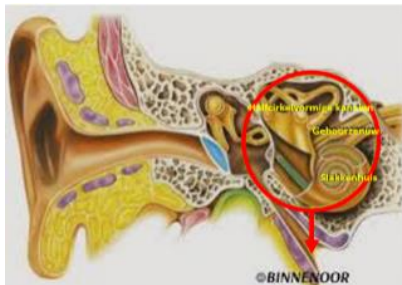
### 3.2.2 De buis van Eustachius

De buis van Eustachius vormt de verbinding tussen de middenoorholte en de keelneusholte. Door het elastische kraakbeen en de slappe wanden is de buis van Eustachius afgesloten, waardoor bacteriën en ongewenste stoffen geen kans hebben vanuit de keel in het middenoor te komen. Bij slikken, kauwen, geeuwen en spreken zorgen twee spiertjes ervoor dat deze buis heel even opengaat. Hierdoor blijft de luchtdruk aan beide kanten van het trommelvlies gelijk. De buis zorgt ook voor



verversing van de lucht in het middenoor, beschermt het middenoor tegen vocht uit de neusholte en zo ook tegen ziekmakende bacteriën.

De buis van Eustachius is zo'n 3 à 4 centimeter lang, bestaat uit elastisch kraakbeen en heeft slappe wanden. De doorgang ervan is erg smal. De wanden van de Buis van Eustachius zijn rondom bekleed met slijmvlies. De buis van Eustachius komt aan beide zijden in de neusholte uit. Rondom de opening in de neusholte van de buis van Eustachius zitten spiertjes die de buis kunnen openen en afsluiten. De buis van Eustachius is het merendeel van de tijd gesloten. Wanneer de luchtdruk rondom ons heen afneemt, drukt de lucht in het middenoor het trommelvlies in eerste instantie naar buiten. Dit komt doordat de druk op dat moment in het middenoor groter is dan aan de buitenkant van het trommelvlies. Hierdoor kan het trommelvlies minder goed bewegen en horen we alles wat doffer. De buis van Eustachius zorgt er uiteindelijk voor dat de druk aan beide zijden van het trommelvlies weer gelijk wordt door heel even open te gaan. Dit kan door te geeuwen of te slikken, maar waarschijnlijk opent de buis ook vanzelf. Door het openen is er even een open verbinding tussen de holte in het middenoor en de buitenlucht. Zo kan onderdruk en ook overdruk worden opgeheven. Met het openen van de buis van Eustachius kan er ook slijm worden afgevoerd.



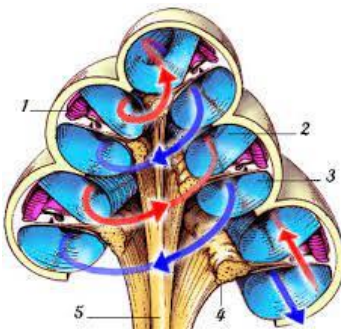
### 3.3 Binnenoor

In dit hoofdstuk leggen we alle onderdelen van het binnenoor uit. We beginnen bij het slakkenhuis, vervolgens het orgaan van Corti dan de gehoorzenuw en tot slot de halfcirkelvormige kanalen.

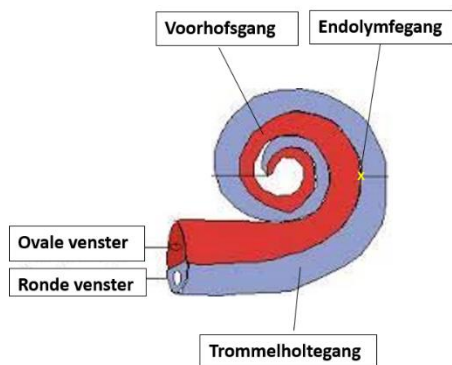
#### 3.3.1 Slakkenhuis

Dit is een opgerolde buis met vloeistof waar duizenden trilhaartjes de trillingen doorgeven aan de gehoorzenuw. Het begin van het slakkenhuis verwerkt de hoge tonen, verder in het slakkenhuis worden de lage tonen verwerkt. De gehoorzenuw geeft het signaal door aan de hersenen, waar het geluid herkend wordt.

Het slakkenhuis begint in het ovale venster en eindigt in het ronde venster. Het slakkenhuis is gelegen in het harde rotsbeen, en bevat zintuigcellen die geluid registreren. Het is ontrolt 35 mm lang, heeft een diameter van 2 mm en bestaat uit 2,5 omwentelingen. Het bestaat uit 3 compartimenten gevuld met vloeistof.







### Voorhofsgang

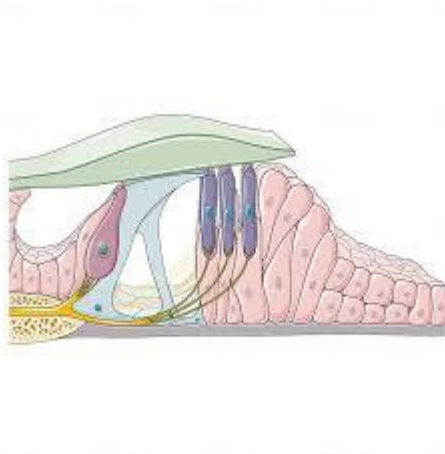
Dit is de bovenste gang en deze gang start in het ovale venster. Deze gang is benig en gevuld met perilymfe. Hierlangs komen de geluidsgolven het slakkenhuis binnen.

### Endolymfegang

Deze deelt het slakkenhuis horizontaal in 2. Deze afgesloten holte is vliezig, en gevuld met endolymfe. Het is hier dat de zintuigcellen of fonoreceptoren zich bevinden. Dat wordt ook wel het orgaan van Corti genoemd.

### Trommelholtegang

Dit is de onderste gang en loopt van de top van het slakkenhuis tot in het ronde venster. Deze gang heeft een elastisch membraam, maar is ook gevuld met perilymfe.



### 3.3.2 Orgaan van Corti

Dit orgaan zit in het slakkenhuis en bevat twee soorten haarcellen: binnenste haarcellen en buitenste haarcellen. In totaal zijn er vier rijen haarcellen: 1 rij binnenste haarcellen en 3 rijen buitenste haarcellen. Aan de binnenste haarcel, waarvan er zo'n 3500 zijn, zitten ongeveer 20 zenuwvezels. Van de buitenste haarcellen bestaan er veel meer namelijk zo'n 25.000. Deze trilhaarcellen bevinden zich endolymfegang en worden ook wel fonoreceptoren genoemd.

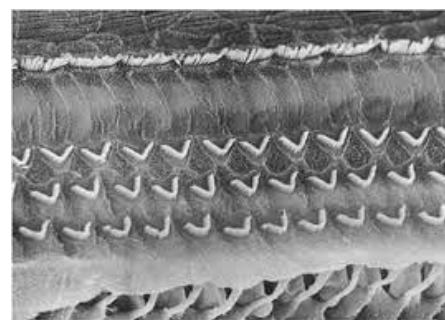
Als de vloeistof tegen het onderste membraam golft, worden de trilharen in de richting van het dakmembraan bewogen en hierdoor ook afgebogen. En daardoor worden de fonoreceptoren geactiveerd.

### Toonhoogte

De hoge tonen worden vooraan waargenomen en de lage tonen achteraan in het orgaan van Corti. De trilhaartjes in het orgaan van Corti hebben elk hun eigen resonantiefrequentie, de kleine haartjes ontvangen de hoge tonen en de lange haartjes de lage tonen. En wanneer deze trilhaartjes resoneren worden de fonoreceptoren geactiveerd. En naargelang welke geactiveerd worden, weten we of het een lage of hoge toon is.

### Gehoorgrens

Als we juist geboren zijn, horen we normaal tussen de 20 Hz en 20 kHz Maar door ouderdom en eventuele gehoorschade verandert dit natuurlijk. Vooral de hoge frequenties zullen we niet meer horen. Wanneer we een toon niet meer horen? is dit omdat deze haartjes zijn gestorven. En als een haartje is beschadigd? zal het binnen de 48u moeten herstellen anders sterft het af.

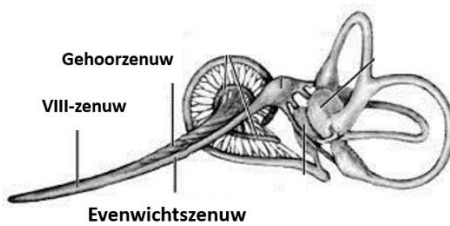


### Toonsterkte

Dit heeft ook allemaal te maken met de trilhaartjes die elk hun eigen resonantiefrequentie hebben. En wanneer deze trilhaartjes resoneren worden de fonoreceptoren geactiveerd. En naargelang hoe hard de haartjes meetrillen weten we hoe luid de toon is.

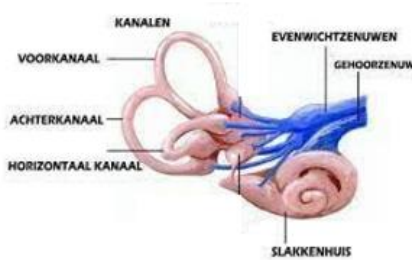
### 3.3.3 Gehoorzenuw

Deze zenuw geeft het signaal door aan de hersenen, waar het geluid herkend wordt. De gehoorzenuw is een van de twee takken van de VIIIe zenuw. De gehoorzenuw verbindt de trilhaarcellen in het slakkenhuis met de hersenen waardoor het mogelijk wordt geluid te ervaren. De gehoorzenuw ontspringt uit het slakkenhuis en loopt naar de hersenstam, waar de vezels contact maken met de kern van het slakkenhuis, waar de gehoorprikkelers verder worden verwerkt.



### 3.3.4 Halfcirkelvormige kanalen

Deze kanalen zijn gevuld met lymfe. Deze registreren de beweging van ons lichaam. Aan het einde van de kanalen zitten kanaalverbredingen. Deze bevatten zintuigcellen met zintuigharen. Omdat deze haren in een gelatineuze stof zitten, sluiten ze het kanaal af. Ook werkt daardoor de traagheidswet hierop in: 'een vloeistof komt steeds achter op de beweging', de vloeistof gaat later in beweging en komt later tot stilstand. Hierdoor bewegen de haarcellen altijd in een tegengestelde richting. De zintuigcellen geven dan de info door aan je hersens.



---

## 4. Gehoorproblemen

Gehoorproblemen zijn zo goed als altijd blijvend. Het is daarom dus heel belangrijk dat je gehoorbescherming draagt in omgevingen met veel geluid.

### 4.1 Tinnitus

Tinnitus is een verzamelnaam voor allerlei suis-, piep-, fluit- of bromgeluiden die alleen voor de persoon zelf hoorbaar zijn. Het gaat om 'schijngeluiden', die ontstaan als je oren of gehoorzenuw uit zichzelf, zonder aanleiding, signalen doorgeven. In de hersenen krijgen die de betekenis 'geluid'. De bekende piep in je oren na een avondje stappen is al een eerste teken van schade, ook als de piep de volgende dag (gelukkig) weer is verdwenen. Tinnitus kan allerlei oorzaken hebben, variërend van hoge bloeddruk tot infectieziekten. Het kan ook een bijwerking zijn van medicijnen. Maar lawaai is de bekendste boosdoener.

### 4.2 Lawaaislechthorendheid

Deze vorm van gehoorschade wordt ook wel 'disco-dip' genoemd. In de audiogram zit namelijk precies een dip op 4000 hertz (Hz), de toonhoogte van spraak en muziek.

Het verband tussen overmatige blootstelling aan geluid en gehoorschade is al vele jaren bewezen. In onze huidige samenleving is lawaai overal. Lawaaislechthorendheid is de op een na belangrijkste beroepsziekte. Ongeveer 10 tot 12% van de actieve beroepsbevolking loopt het risico op ernstige slechthorendheid. Veel mensen lopen ook gehoorschade op door luidruchtige activiteiten in hun vrije tijd: cinema, concert, discotheek enz. Lawaaislechthorendheid wordt onderverdeeld in twee soorten.

#### **Akoestisch trauma**

Een akoestisch trauma is gehoorverlies dat plotseling optreedt. De oorzaak is een intens geluid van gemiddeld rond de 130-140 dB(A). Meestal gaat het om impulslawaai, een krachtig geluid dat maar een fractie duurt. Het lawaai beschadigt vermoedelijk cellen in het slakkenhuis. Het gehoorverlies varieert van licht tot ernstig. Patiënten worden het gehoorverlies meteen gewaar. Soms voelen ze ook pijn en hebben ze last van oorsuizen.

#### **Chronische lawaaislechthorendheid**

Chronische lawaaislechthorendheid is gehoorverlies dat zich gradueel opbouwt. De oorzaak is een blootstelling aan continu geluid met hoge intensiteiten, gecombineerd met episodische impact- of impulslawaai. Meestal doet chronische lawaaislechthorendheid zich in min of meer gelijke mate voor aan beide oren. De ernst van de gehoorschade hangt af van de kracht en de duur van het geluid. Doordat de haarcellen in het slakkenhuis schade oplopen, neemt het vermogen af om geluiden te onderscheiden. Daardoor wordt het moeilijker om een gesprek te volgen.

---

### 4.3 Diplacusis

Diplacusis staat ook bekend als dubbel horen. Het is een vorm van slechthorendheid wanneer je hetzelfde geluid per oor verschillend waarneemt. Uw hersenen interpreteren de geluiden die je hoort. Wie lijdt aan dubbel horen, hoort twee afzonderlijke geluiden met een verschillende locatie, timing of toonhoogte. Leven met deze aandoening is voor de meeste mensen bijzonder frustrerend en irritant. Sommigen hebben dit slechts tijdelijk, maar anderen permanent.

#### Oorzaak diplacusis

De oorzaken van deze aandoening zijn nog niet helemaal duidelijk. Deskundigen geloven dat diplacusis kan optreden bij zowel eenzijdig als tweezijdig gehoorverlies. Eenzijdig gehoorverlies betreft slechts één oor, bij de andere variant zijn beide oren getroffen. Zo kan diplacusis bijvoorbeeld al optreden bij een bepaalde mate van gehoorverlies aan één oor. Het kan zich ook voordoen als de mate van gehoorverlies in het ene oor groter is dan in het andere.

Meestal doet diplacusis zich plotseling voor. Factoren die oorbeschadiging kunnen veroorzaken zijn gehoorverlies door lawaai, hoofdletsel en specifieke medicijnen. Veel mensen merken het begin van hun symptomen na een akoestisch trauma. Een explosie of blootstelling aan ander overmatig lawaai kunnen traumatisch zijn voor uw oren.

Medicijnen die uw gehoor kunnen beschadigen, noemen we ototoxisch. Tegenwoordig zijn er meer dan 200 ototoxische geneesmiddelen op de markt. Sommige hiervan zijn bestemd voor de behandeling van ernstige aandoeningen, zoals infecties, hartaandoeningen en zelfs kanker.

Een verstopte oorholte kan ook de oorzaak zijn van uw problemen. Een zware oorontsteking of verstopping van de gehoorgang kan uw normale gehoor verminderen. Ook overtollig oorsmeer of een tumor kunnen leiden tot de ontwikkeling van diplacusis.

### 4.4 Distorsie

Bij distorsie neemt u geluiden vervormd waar in toonhoogte of tijdsduur. Dit kan tijdelijk of blijvend zijn. Ook is er een verschil in gevoeligheid tussen uw linker- en rechteroor. Hierdoor kunt u moeilijk geluiden onderscheiden in een ruimte met veel achtergrondgeluiden.

## 4.5 Hyperacusis

Overgevoelig voor alledaagse geluiden, zoals het uitruimen van de vaatwasser of het roeren met een lepeltje in een kopje. De overgevoeligheid ontstaat doordat de oren hun 'dynamische bereik' hebben verloren. Ze kunnen zich niet meer instellen op snelle veranderingen in volume, waardoor geluiden keihard binnenkomen. Dat kan ook pijnlijk zijn. De aandoening kan verschillende oorzaken hebben, zoals hoofdletsel, bepaald medicijngebruik of een tumor in het hoofd. Maar de meest voor de hand liggende oorzaak is schade door te hard geluid.

## 4.6 Ouderdomsslechthorendheid

Het aantal trilhaartjes in je binnenoor dat nog goed werkt, neemt met de jaren af. De trilharen vooraan in het slakkenhuis, die de hoge tonen oppikken, zijn het kwetsbaarst. De terugval begint dus eerst bij de hoge tonen, al vanaf ongeveer je 20e levensjaar. Extra schade door hard geluid, die je in je leven oploopt, maakt je gehoor natuurlijk nog slechter. Ouderen die in een stil gebied hebben gewoond, horen vaak beter dan leeftijdgenoten die tussen machines, verkeer en muziek hebben geleefd.

---

## 5. Oplossingen

In dit hoofdstuk leg ik de oplossingen uit voor enkele gehoorproblemen. Weet wel dat deze oplossingen niet het probleem genezen, maar ze zorgen ervoor dat je er kan mee leven.

### 5.1 Tinnitus

Er is meestal geen behandeling die de blijvende fantoomgeluiden laat verdwijnen. Als je last hebt van tinnitus dan kunnen de volgende tips helpen om er mee om te gaan. Stress kan je tinnitus verergeren. Door regelmatig ontspanningsoefeningen te doen, kun je je stress verminderen.

Afleiding zoeken: richt je aandacht op andere geluiden zodat de tinnitus minder aanwezig is. Denk aan zachte muziek afspelen of natuurlijke geluiden zoals vogelzang. Er bestaan ook speciale apparaatjes om op je oor te plaatsen, die een aangenaam geluid maken, dat het oorsuizen kan overstemmen.

Gehoorbescherming: draag gehoorbescherming zoals oordopjes als je verwacht in een omgeving te komen waar harde geluiden zijn. Bijvoorbeeld bij het klussen of tijdens concerten, want als je al gehoorbeschadiging hebt, ben je gevoeliger om er nog meer op te lopen.

### 5.2 Lawaaislechthorendheid

Helaas is gehoorschade die is ontstaan door lawaai niet meer te herstellen. Mocht het gehoor als gevolg van het lawaai zo slecht zijn geworden, kan een hoortoestel een oplossing bieden.

Werking hoortoestel

- De microfoon pikt geluiden op.
- De verwerkingschip analyseert de geluiden.
- De verwerkte geluiden worden naar de versterker gestuurd.
- De versterkte geluiden worden doorgezet naar de luidspreker.
- De luidspreker stuurt de geluiden naar het binnenoor (via een buisje in een oorstuk in de gehoorgang of via een dun draadje naar een ontvanger in het oor).
- In het binnenoor wordt het geluid getransformeerd tot elektrische impulsen.
- De hersenen pikken de impulsen op en verwerken ze.

---

### 5.3 Diplacusis

Blijvende diplacusis wordt over het algemeen behandeld met een hoortoestel. De diplacusis blijft, maar het hoortoestel speelt in op het verschil in perceptie van het geluid.

Soms leidt otosclerose ook tot diplacusis. Bij otosclerose groeit er te veel bot in het middenoor. In uitzonderlijke gevallen wordt het slakkenhuis aangetast. Dit noemen we cochleaire otosclerose. Ook in die gevallen kan een hoortoestel uitkomst bieden. Met de juiste instellingen kan een hoortoestel als het ware het dubbel horen verminderen.

### 5.4 Hyperacusis

Dit valt niet te genezen. Het is een symptoom en kan hierdoor samen met de aandoening verdwijnen. Dit is bijvoorbeeld vaak het geval bij chronische oorpijn. Medisch is er nog niets te doen aan deze overgevoeligheid voor geluid. Gehoorbescherming zoals oordopjes helpt om de harde en pijnlijke geluiden te filteren en af te zwakken. Met een hoorapparaat kan je de geluiden waarvoor je overgevoelig bent dempen tot een niveau dat je hersenen aankunnen.

Raar maar waar: de stilte opzoeken is niet altijd een optie. Voor de ene wel, maar voor de andere is het een echte nachtmerrie. Want zonder omgevingsgeluid klinken andere geluiden nog veel luider. Net zoals je 's nachts ook meer hoort doordat het stil is. Je omgeving opvullen met geluid is dan een oplossing. Een rustgevend muzikje of geluid verlaagt het contrast met het storende geluid.

### 5.5 Ouderdomslechthorendheid

#### Gehoorapparaten

Een gehoorapparaat is de voornaamste oplossing bij presbycusis of ouderdomslechthorendheid. Dit komt omdat een hoortoestel het geluid versterkt. Zo wordt het gehoorverlies gecompenseerd.

#### Cochleair implantaat

Een cochleair implantaat is een chirurgisch geïmplanteerd hoortoestel. Het biedt geluid wanneer je ernstig gehoorverlies hebt. Het implantaat stimuleert de gehoorzenuw. Het helpt je hersenen om in de loop van de tijd dit geluid te kunnen interpreteren. Het wordt gebruikt in de meest ernstige gevallen.

## 6. Audiogram

Hierop zie je welke hoeveelheid decibels je nodig hebt om een bepaalde frequentie te kunnen horen. Dit wordt gebruikt om gehoorverlies te vinden. Een audiogram is voor iedereen verschillend.

### 6.1 Experiment

We hebben om dit te testen onze eigen gehoortest opgesteld. Sil heeft een code geschreven in python om verschillende pieptoonpjes van verschillende frequenties op verschillende decibels te laten horen.

### 6.2 Werkwijze

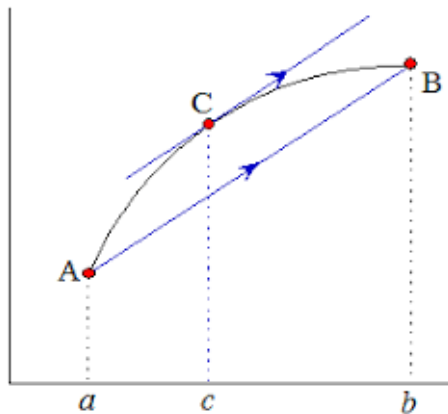
De frequentiewaarden waren 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 18000 Hz. Deze waarden vallen binnen onze gehoorgrenzen. Hogere en lagere tonen konden we niet meten met onze apparatuur. De geluidsniveaus varieerden van 0dB tot -20dB, dit is zeker niet de geluidintensiteit, maar de signaalsterkte die naar de hoofdtelefoon is gestuurd, waarbij 0db de maximale geluidsterkte is die de koptelefoon aankan en -20 een waarde die wij zeker niet kunnen horen. De koptelefoon was niet gekalibreerd, dus heeft een grafiek met resultaten van één oor niet veel nut. Je kan wel 2 waarden met elkaar vergelijken, bv. je linker- t.o.v. je rechteroor of 2 personen t.o.v. elkaar. En zo kan je zien wie er beter of slechter hoort dan een andere persoon op een bepaalde frequentie.



### 6.3 Code

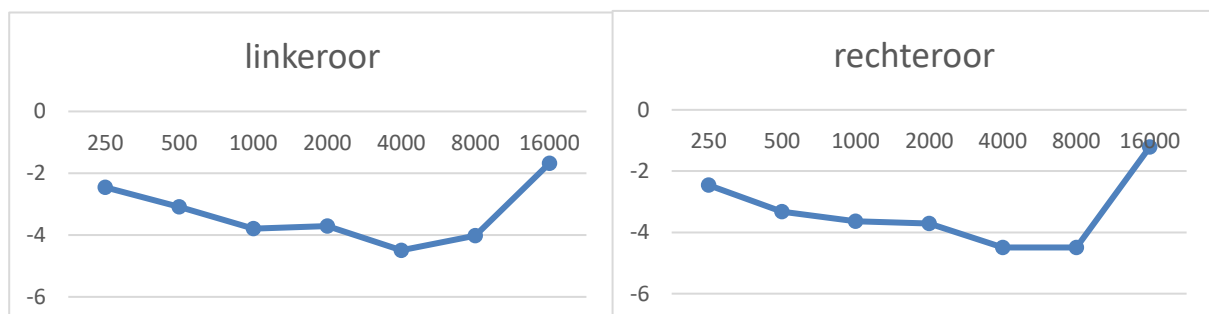
Bij het schrijven van de code in python paste Sil het principe van de middelwaardestelling toe en dit bij iedere frequentie apart.

We begonnen bij 250 Hz op een waarneembaar aantal decibel. Als de persoon de tuut hoorde, verlagen we het aantal decibel en als hij het niet hoorde, verhoogden we de decibels. Dit deden we 8 keer. Zo kregen we een bepaald punt dat we op de grafiek konden zetten. Dit punt stelt dan het aantal decibel voor dat voor die persoon nodig is om deze frequentie te horen. Meer decibels hoort hij automatisch ook, maar minder normaal niet. Je zou dit ook de gehoorgrens van deze persoon kunnen noemen bij een bepaalde frequentie. We zouden dit meer dan 8 keer kunnen doen, maar dan duurt dit veel langer en we hebben in de wiskundelessen geleerd dat je al heel snel met de middelwaardestelling tot een juist resultaat komt.



### 6.4 Resultaat

Op de onderstaande grafieken zie je dat er voor deze persoon maar weinig hoorcapaciteitsverschil is tussen het linker- en het rechteroor. Je weet ook dat deze persoon het best hoort op een frequentie van 4000 Hz. Dit kun je zien omdat de laagste waarde volgens de y-as bij 4000 Hz ligt. En hoe lager op de y-as hoe minder decibels je nodig hebt om deze frequentie te horen.



Bij deze proefpersoon zien we dat de frequenties boven 16 kHz zo goed als niet hoorbaar zijn. Deze proefpersoon is ongeveer 40 jaar, en als je weet dat je gehoorcapaciteit daalt met de leeftijd dan mogen we dit als een normale audiogram beschouwen voor deze persoon.

