De status van het gehoor van musici

van vijf symphonieorkesten

E.J.M. Jansen[1]

M. Neerings[1]

J.A.P.M. de Laat[2]

W.A. Dreschler[1]

[1]***Klinische & Experimentele Audiologie***
AMC – Amsterdam

[2]***Afdeling Audiologie***
LUMC- Leiden

INHOUD

SAMENVATTING **3**

1 INLEIDING **4**

2 VORMEN VAN GEHOORSCHADE **5**

2.1 VERHOOGDE TOONDREMPEL 5
2.2 AFWIJKINGEN IN LUIDHEIDSPERCEPTIE 6
2.3 OTO-AKOESTISCHE EMISSIES 8
2.4 SPRAAKVERSTAAN 9
2.5 TINNITUS 10
2.6 DIPLACUSIS 10
2.7 HET AUDITIEVE FILTER 11

3 METHODE EN RESULTATEN **12**

3.1 DEELNEMERS 12
3.2 SUBJECTIEVE WAARDERING VAN HET GEHOOR 14
3.3 VERHOOGDE TOONDREMPELS 15
3.4 LUIDHEIDPERCEPTIE 15
3.5 DE OAE-METINGEN 15
3.6 SPRAAK-IN-RUISTEST 15
3.7 TINNITUSANALYSE 15
3.8 DIPLACUSISANALYSE 15

4 DISCUSSIE **15**

REFERENTIES **15**

SAMENVATTING

In Nederland raken beroepsmusici arbeidsongeschikt door gehoorafwijkingen die veroorzaakt worden door te frequente, te lange blootstelling aan te hard geluid. Om dit probleem aan te pakken hebben de overheid en de sociale partners een ARBO-convenant gesloten met de elf grote Nederlandse symfonieorkesten. Onderdeel van dit convenant vormt het onderhavige onderzoek naar de huidige status van het gehoor van musici die deel uit maken van een klassiek symfonieorkest.
Doel van het onderzoek was na te gaan wat de status van het gehoor van musici is, of bij musici andere afwijkingen vast te stellen zijn dan met het traditionele toonaudiogram mogelijk is en inzicht verkrijgen in de ontwikkeling van het gehoor van musici op de langere termijn. Een nevendoel was om meer inzicht te verkrijgen in de geluiddosis/effect relatie.

Het onderzoek is uitgevoerd bij vijf professionele symfonieorkesten waarvan in totaal 250 musici deelnamen. De deelnemers vulden een vragenlijst in die bestond uit een anamnese van het gehoor, een eigen inschatting van gehoor en vragen over het gedrag ten aanzien van hard geluid en gehoorbescherming. Vervolgens doorliepen de deelnemers een uitgebreide gehoortestbatterij (een toonaudiogram, een spraak-in-ruistest, een auditieve filtertest, een tinnitusanalyse, een diplacusisanalyse, een test voor luidheidsperceptie en OAE-metingen. Daarnaast werden geluiddosismetingen uitgevoerd tijdens repetities en concerten bij één van de vijf orkesten.

Uit de voorlopige resultaten blijkt dat het gehoor van musici die deel uitmaken van een symfonie-orkest zwaar belast is door veel en harde muziek, terwijl er relatief weinig gehoorschade vastgesteld kan worden in de toonaudiogrammen. Musici hebben echter wel veel andere (subjectieve) klachten, zoals tinnitus, hyperacusis en diplacusis. Het lijkt daarom van groot belang om juist voor musici de traditionele meting van het toonaudiogram aan te vullen met andere metingen, zodat eventueel dreigende schade in een zo vroeg mogelijk stadium kan worden onderkend.

Om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het gehoor van musici in de tijd en zo meer vat te krijgen op de interpretatie van de oto-akoestische emissies zouden op de langere termijn nogmaals metingen uitgevoerd dienen te worden. Daarnaast dient bij de nu beschikbare gegevens nog een aantal analyses uitgevoerd te worden, voornamelijk met betrekking tot de samenhang tussen de verschillende gehoortesten die uitgevoerd zijn. Zodra alle analyses zijn uitgevoerd zal een update van de resultaten volgen.

1 INLEIDING

Zeer regelmatige en/of langdurige blootstelling aan (te) hard geluid kan gehoorbeschadigingen veroorzaken. In Nederland raken musici die deel uitmaken van symfonie-orkesten arbeidsongeschikt door dergelijke lawaaibeschadigingen. Om dit probleem aan te pakken hebben de overheid en de sociale partners een ARBO-convenant gesloten met de elf grote Nederlandse symfonie-orkesten. Eén van de doelstellingen van dit convenant dat onder de naam "orkest en gehoor" (zie www.orkestengehoor.nl) opereert, is het terugdringen van het risico op het ontstaan van gehoorschade bij musici. De eerste stap hierin is de inventarisatie van de gehoorproblematiek bij musici. In deze context werd de onderhavige studie uitgevoerd.

Het doel van dit onderzoek is drieledig:

1) Een inventarisatie maken van de status van het gehoor van musici die deel uitmaken van een klassiek symfonieorkest.
2) Inzicht verwerven in de specifieke gehoorklachten van musici, anders dan een drempelverschuiving voor het horen van zuivere tonen.
3) Inzicht verkrijgen in de geluidsniveaus waaraan musici in symfonieorkesten blootgesteld worden.

In hoofdstuk 2 van dit rapport zullen de meest voorkomende vormen van gehoorschade worden besproken en de manier waarop ze gewoonlijk getest. Daarop wordt in hoofdstuk 3 besproken welke methoden er gebruikt zijn om inzicht te krijgen in het gehoor van musici en wordt er aandacht besteed aan de resultaten. In hoofdstuk vier volgt een korte beschrijving van de methoden en de resultaten van de metingen van de aanwezige geluidniveaus, die vervolgens samen met de resultaten op de gehoortesten in hoofstuk 5 ter discussie staan.

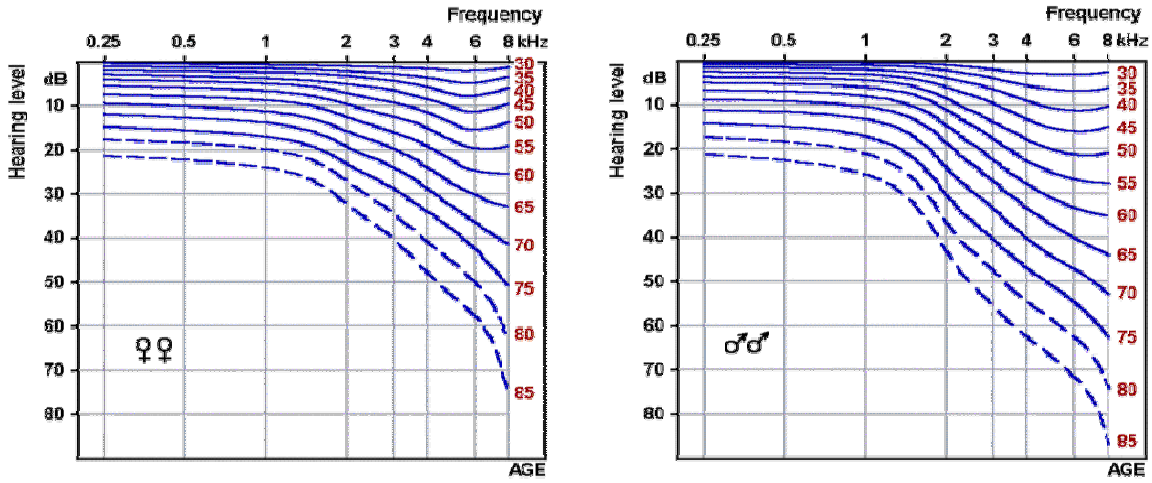
2 VORMEN VAN GEHOORSCHADE

In dit hoofdstuk komt een breed assortiment van gehoorbeschadigingen en de testen die hiermee geassocieerd worden aan bod.

2.1 Verhoogde toondrempel

De toondrempel is de minimale sterkte waarbij een individu nog in staat is een toon van een bepaalde frequentie te horen. In een audiogram worden de toondrempels op een aantal kritische frequenties opgezocht en vastgelegd.

In het toonaudiogram wordt per frequentie (toonhoogte) vastgesteld hoe sterk de tonen moeten zijn opdat ze nog net hoorbaar zijn voor de persoon bij wie het toonaudiogram wordt afgenomen. De waarnemingsdrempels van het individu worden weergegeven ten opzichte van de gemiddelde drempels van een groep normaal horende jonge mensen, die wordt weergegeven in de horizontale 0-lijn. De meest voorkomende verschuiving van de gehoordrempel wordt veroorzaakt door het toenemen van de leeftijd.
De mate waarin de toondrempels met leeftijd verschuiven is ook afhankelijk van geslacht. In figuur 1 is voor mannen en vrouwen aangegeven wat de gemiddelde toondrempels zijn voor personen van verschillende leeftijden. Horizontaal bovenaan staat de toonhoogte (frequency) vermeld in kiloHertz (kHz). Verticaal links staat de sterkte in decibel ten opzichte van normaalhorende jonge mensen (Hearing Level). Verticaal rechts staat de leeftijd in jaren. Een vrouw van 50 jaar heeft gemiddeld 15 dB verlies op 8 kHz, terwijl een man van 50 jaar gemiddeld 20 dB verlies heeft op deze frequentie.



Figuur 1. De verschuiving van de gemiddelde gehoordrempel voor vrouwen (links) en voor mannen (rechts) met het toenemen van de leeftijd (Spoor e.a.,1966).

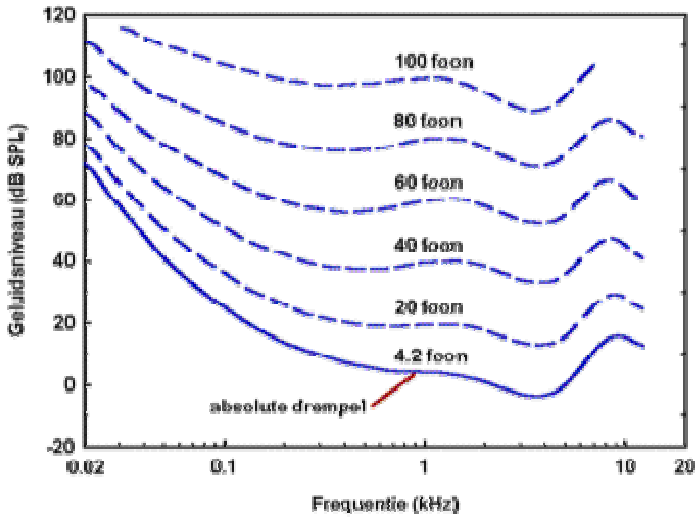
Een audiogram dient in een geluiddichte kamer te worden afgenomen via een hoofdtelefoon. In sommige gevallen zal de toondrempel ook worden vastgesteld via een trilblokje dat op de schedel achter het oor wordt geplaatst. De gehoorbeentjesketen (hamer, aambeeld, stijgbeugel) in het middenoor wordt dan overgeslagen door directe trillingen van het bot. Vergelijking van de meting met de hoofdtelefoon en het trilblokje kan duidelijk maken wat de oorzaak is van het hoorprobleem: of het gaat om een geleidingsverlies waarvan de oorzaak in het buiten- of middenoor ligt of een perceptief verlies waarvan de oorzaak in het binnenoor of de gehoorzenuw ligt.

Audiogrammen van mensen met een lawaaibeschadiging kenmerken zich door een karakteristieke drempelverschuiving op 4 en/of 6 kHz, terwijl er op 8 kHz weer een duidelijk herstel gemeten wordt. Bij een dergelijk audiogram spreken we dan van een lawaaidip. Dat lawaai vooral invloed heeft op deze frequentie(s) heeft te maken met de anatomie en fysiologie van het oor.

Op dit moment is het toonaudiogram de gouden standaard voor het vaststellen van gehoorverlies. Helaas wordt gehoorverlies met toonaudiometrie doorgaans pas opgemerkt als er al een zekere mate van onherstelbaar verlies is, waardoor preventieve maatregelen alleen nog zinvol zijn om verder verlies of andere gehoorklachten te voorkomen. Daarnaast zit er een subjectieve component in het vaststellen van de toondrempel doordat de luisteraar zelf dient aan te geven of hij of zij een specifieke toon nog hoort. De vraag is daarom of er in aanvulling op het huidige (toon)audiometrische onderzoek betrouwbare auditieve tests bestaan waarmee gehoorschade in een zo vroeg mogelijk stadium kan worden gesignaleerd.

2.2 Afwijkingen in luidheidsperceptie

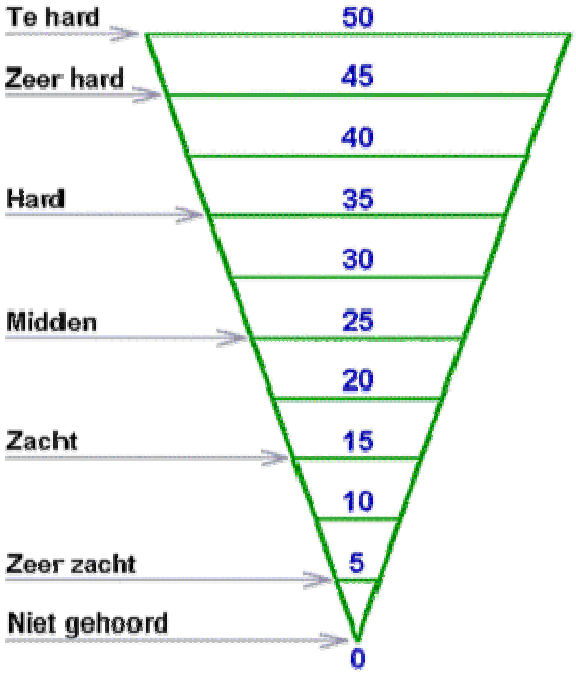
Luidheid is een subjectief begrip. Het geeft aan hoe sterk een geluid ervaren wordt. De luidheid van een geluid is afhankelijk van onder andere het fysische geluidsniveau van dat geluid, de frequentie(s) die het bevat (het spectrum) en de duur. Twee tonen die wel dezelfde geluidsenergie maar niet dezelfde frequentie bezitten, hoeven dus niet even luid te klinken. Bovendien zullen lage tonen relatief veel sneller van zacht naar hard aanzwellen dan de tonen van het middengebied.
Een methode om het begrip luidheid te kwantificeren is de vergelijkingsmethode. Hiertoe wordt de luidheid die verschillende signalen bij de luisteraar veroorzaken onderling vergeleken. Voor zuivere tonen is op deze wijze voor normaal horende personen het verband tussen geluiddrukniveau, frequentie en luidheid vastgelegd in curven van gelijke luidheid, de zogenaamde isofonen (zie figuur 2). De onderste lijn in deze grafiek komt overeen met de gehoordrempel.



Figuur 2. Isofonen voor zuivere tonen met verschillend geluidniveau en frequentie, conform de ISO 226 (1987)

Bij signalen met een grotere bandbreedte (bestaande uit meerdere frequenties) wordt de waarneming van de luidheid groter dan die van een zuivere toon met gelijk geluiddrukniveau. De bovenste luidheidsgrens van een waarneembaar geluid wordt gevormd door de pijngrens. Doorgaans wordt hiervoor de Engelse afkorting van Uncomfortable Loudness Level, UCL gebruikt. De pijngrens is echter niet identiek aan de grens van schadelijk geluid; deze wordt helaas eerder bereikt! Het meest kwetsbare gebied ligt tussen 2000 en 3000 Hertz; daar is volgens bepaalde criteria 85 dB al schadelijk. Dat betekent dat het gehoor al beschadigd kan raken voordat het pijn doet. In het algemeen kan gesteld worden dat de onaangename luidheidsdrempel van mensen met een verhoogde toondrempel niet in dezelfde mate toeneemt. Het gebied tussen de hoordrempel waarbij een toon net wordt gehoord en waarbij het als onaangenaam hard wordt ervaren, wordt het dynamisch bereik genoemd. Bij sommige slechthorenden is ook de onaangename luidheidsdrempel verschoven. Bij een veel lager intensiteitsniveau vinden zij geluiden onaangenaam. Deze slechthorenden worden als het ware van twee kanten af benadeeld: aan de ene kant door de verhoogde toondrempel en aan de andere kant door de verlaagde drempel voor de onaangename luidheid. Beide zorgen voor verkleining van het dynamisch bereik.

Een methode voor het vaststellen van de UCL en het dynamisch bereik is ACALOS (Adaptive procedure for CAtegorical LOudness Scaling). Bij deze methode worden tonen of smalbandige ruizen aangeboden aan de luisteraar. De luisteraar dient een inschatting te maken van de luidheid van de aangeboden signalen. De waarde van de schatting kan aangegeven worden op een schaal van 0, niet hoorbaar, tot 50, te hard (zie figuur 3 voor een weergave van deze schaal). Tijdens de test worden signalen van verschillende sterkte en frequentie door elkaar aangeboden. Hiermee wordt de kans op volgorde effecten verkleind. Deze betrouwbaarheid van deze test is vergelijkbaar met die van het conventionele toonaudiogram.



Figuur 3. Overzicht van de beoordelingsschaal voor ACALOS

2.3 Oto-Akoestische emissies

In de jaren zeventig ontdekte Kemp dat wanneer het oor gestimuleerd wordt door een korte stimulus (een klikgeluid) er ongeveer 5 tot 10 ms later een signaal terug kwam uit het oor. Het verschijnsel waarbij het oor geluid voortbrengt, wordt Oto-Akoestische emissie (OAE) genoemd. De OAEs ontstaan door de activiteit van de buitenste haarcellen in het slakkenhuis dat deel uitmaakt van het binnenoor. Dit zijn actieve spierachtige cellen die fungeren als een cochleaire versterker. Een sterk verminderde functionaliteit van de buitenste haarcellen leidt tot een permanent gehoorverlies. Dit is terug te vinden in een verlies van de interne versterking (uiteindelijk leidend tot een verhoogde hoordrempel), maar ook in een achteruitgang van frequentie-selectiviteit van het gehoor (zie 2.7; Schorn & Zwicker, 1990) en een verandering van de luidheidsopbouw (zie 2.2).

Omdat juist de buitenste haarcellen het meest kwetsbaar zijn voor schade door lawaai is, lijkt de OAE-meting uiterst relevant, omdat dit een vrij direct beeld geeft van de werking van de buitenste haarcellen. De OAEs kunnen met een microfoon in het oor gemeten worden en met een speciale techniek gescheiden worden van geluiden die het oor binnenkomen. Afwijkingen in het middenoor kunnen invloed hebben op de gemeten sterkte van de OAEs, maar kunnen gemakkelijk onderscheiden worden van verliezen ten gevolge van afwijkingen in het binnenoor. In het algemeen geldt: hoe sterker de Oto-Akoestische emissies, hoe beter het gehoor.

Het voordeel van OAE-metingen boven het gebruik van het conventionele toonaudiogram is dat de test objectief is. OAEs worden niet beïnvloed door de motivatie, vermoeidheid, etc. van de luisteraar. Daarnaast is de test minder gevoelig voor achtergrondlawaai en is de testduur relatief kort. Op dit moment worden metingen van OAEs voornamelijk gebruikt voor een snelle, objectieve screening van het gehoor, bijvoorbeeld bij pasgeborenen.
In dit onderzoek wilden we nagaan wat nu precies de relatie is tussen frequente blootstelling aan hard geluid en OAEs. Het is bekend dat lawaai de goede werking van de buitenste haarcellen in het slakkenhuis aan kan tasten. Het idee is dat schade aan het gehoor door lawaai in de OAEs al in een vroeg stadium zichtbaar wordt, zo mogelijk nog vóórdat er in het toonaudiogram iets aan de hand lijkt te zijn. Pas wanneer de functionaliteit van de buitenste haarcellen voor een groot gedeelte is aangetast en lawaaidoofheid een feit is, is dit ook te zien in het toonaudiogram. Helaas is het dan al te laat en is herstel niet meer mogelijk.

2.4 Spraakverstaan

Een van de eerste tekenen van slechthorendheid is vaak dat het moeilijke wordt om gesprekken te volgen in lawaaiige omstandigheden (bijvoorbeeld in geroezemoes of met muziek op de achtergrond tijdens recepties, verjaardagen, vergaderingen etc.). Terwijl spraakverstaan in een rustige omgeving vaak goed mogelijk is, levert de aanwezigheid van soms maar een geringe hoeveelheid 'rumoer' erg veel hinder op. Er is geen verband aangetoond tussen de mate waarin dat stoorgeluid hinderlijk is en de mate van (audiometrisch) gehoorverlies. Er is wel een duidelijk verband tussen leeftijd een spraakverstaan. Naar mate men ouder wordt, krijgt men meer moeite met het verstaan van spraak in een lawaaiige omgeving. In dit onderzoek willen we nagaan of er een verband bestaat tussen beschadiging van het oor door hard geluid en een verminderd spraakverstaan in lawaaiige omgevingen.
Om na te gaan of iemand aan deze veelkomende vorm van slechthorendheid lijdt, worden spraak-in-ruistesten gebruikt. Bij dergelijke testen wordt een spraaksignaal, meestal woorden of zinnen, aangeboden in een stoorgeluid (continue of fluctuerende ruis).

Een voorbeeld van een veelgebruikte spraak-in-ruistest is gebruik gemaakt van de cijfertest, die is ontwikkeld door de Vrije Universiteit te Amsterdam. De test is speciaal ontwikkeld om mensen zelf de kwaliteit van hun gehoor te laten screenen via de telefoon. Er worden steeds drie cijfers uitgesproken in een continue ruis en het is de bedoeling dat de luisteraars de cijfers die ze horen op hun telefoon intoetsen. De test geeft een grove indicatie van de kwaliteit van de gehoorfunctie van het binnenoor, uitgedrukt in een Speech Reception Threshold (SRT), een score die aangeeft hoe sterk het signaal aangeboden moet zijn ten opzichte van de ruis, wil de luisteraar het nog kunnen horen.

2.5 Tinnitus

Er is sprake van tinnitus als iemand een geluidsgewaarwording heeft zonder dat er een externe bron aan te wijzen is. Een dergelijk geluid kan in alle mogelijke vormen voorkomen: ruisen, geluid als van de zee, fluiten, suizen, muzikale geluiden, hoog of laag, continu of afwisselend, hard of zacht. De oorzaak van deze gehoorstoornis is niet bekend. Wel wordt het vaak in verband gebracht met gehoorverlies en belasting met (te) hard geluid.

Door middel van een tinnitusanalyse kan vastgesteld worden wat ongeveer de toonhoogte, de luidheid en het karakter van de tinnitus (oorsuizen) is. Meestal gebeurt dit door de tinnitus in het ene oor of in het hoofd te vergelijken met (verschillende soorten) geluiden die aan het andere (of beste) oor worden aangeboden. Deze methode wordt tinnitus-matching genoemd.

2.6 Diplacusis

Het beoordelen van toonhoogten van geluiden (de zgn. "pitch") en het horen van verschillen of veranderingen in toonhoogte zijn eigenschappen van het gehoor die voor normaalhorenden bekend zijn. Normaalhorenden kunnen twee tonen van 1000 Hz en 1003 Hz al van elkaar onderscheiden (3‰ verschil). Wanneer verschillende tonen aan verschillende oren worden aangeboden, worden de tonen waargenomen als één percept als de toonhoogten minder dan 1% van elkaar verschilt. Bij verschillen van 2% of meer ontstaan duidelijk twee afzonderlijke tonen en treedt geen fusie meer op.
Diplacusis is het verschijnsel dat de toonhoogtecodering tussen beide oren verschillend verloopt. Twee verschillende tonen aangeboden aan verschillende oren kunnen dan soms niet van elkaar onderscheiden worden in toonhoogte, hoewel het onderlinge verschil (in Hz) meer dan 2% is. Dit verschil kan het gevolg zijn van een afwijking van één van beide oren, of een afwijking aan beide oren die verschilt per oor. Niet zelden wordt diplacusis ook gevonden in een beginnend stadium van lawaai-slechthorendheid. Juist in dit onderzoek wordt onderzocht of diplacusis kan worden gebruikt als een indicatie voor vroege schade van het gehoor ten gevolge van hard geluid.

Of er al dan niet sprake is van diplacusis bij een luisteraar wordt gewoonlijk nagegaan door middel van een matching procedure waarbij een toon afwisselend wordt aangeboden aan de beide oren. De frequentie van de toon aan het ene oor wordt vervolgens aangepast aan de frequentie in het andere oor (al dan niet voorafgegaan door aanpassing van de luidheid).

2.7 Het auditieve filter

Het vermogen van het oor om klankpatronen, zoals verschillende klinkers en de klank van verschillende muziekinstrumenten, van elkaar te onderscheiden wordt het discriminatievermogen van het oor genoemd. Wanneer het discriminatievermogen goed is, zeggen we dat het auditieve filter, het bakje waarin een bepaalde frequentie valt voor de luisteraar, smal is. Iemand met een smal auditief filter heeft dus veel verschillende "bakjes" en kan daarmee verschillende frequenties goed onderscheiden (goede frequentieresolutie). Bij een breed auditief filter vallen meer geluiden in één grote "bak" en is het discriminatievermogen verminderd. Vele slechthorenden met verlies in het binnenoor (ook door lawaai) hebben last van een slechte frequentieresolutie t.g.v. brede auditieve filters. Over hoe dit proces van verbreding van de auditieve filter verloopt, is nog erg weinig bekend. Vandaar dat het van belang is ook na te gaan of er een verband is tussen een eventuele lawaaibeschadiging en het verbreden van het auditieve filter.

In de auditieve filtertest ontwikkeld door Leeuw en Dreschler (1994) wordt een adaptieve procedure gebruikt. Na bepaling van de drempelwaarde, krijgt de deelnemer een bandruis te horen met daarin een toon op een specifieke frequentie. Rondom de frequentie van de piep worden steeds meer frequenties uit de ruis gehaald. Het is de bedoeling dat de deelnemers aangeven wanneer ze de toon horen. Op dat moment is het gat in de ruis groot genoeg om de toon te kunnen onderscheiden van de ruis aan weerszijden van de toon. Hoe groter het gat in de ruis, hoe breder het auditieve filter.

Omdat de methoden voor de analyse van deze test nog niet helemaal bekend zijn, zal in deze rapportage nog niet ingegaan worden op de resultaten van deze test.

3 METHODE EN RESULTATEN

3.1 Deelnemers

In totaal namen 250 professionele musici die deel uitmaken van een symfonieorkest deel aan dit onderzoek. 231 daarvan zijn tot nu toe meegenomen in de analyse.

De deelnemers vulden eerst een vragenlijst in, bestaande uit een korte anamnese van hun gehoor, hun gedrag ten aanzien van muziek en (hard) geluid en de subjectieve waardering van hun gehoor en gehoorbescherming. Een aantal van de vragen zullen in dit hoofdstuk kort besproken worden.

Vervolgens doorliepen de musici een uitgebreide gehoortest cyclus bestaande uit de volgende testen:

1. Een zuivere toonnaudiogram. Hierbij worden de toondrempels van een individu vastgesteld.
2. Een test voor luidheidperceptie middels de ACALOS-methode. Hierbij wordt de grens van de oncomfortabele luidheid (UCL) van een individu vastgesteld.
3. Een meting van de Oto-Akoestische emissies waaruit de functionaliteit van de buitenste haarcellen van een individu kan worden afgeleid.
4. Een spraak-in-ruis test waarmee vastgesteld kan worden hoe goed een individu in staat is spraak te verstaan in een lawaaierige omgeving.
5. Een diplacusis analyse. Hierbij wordt nagegaan of er een verschil is in de waarneming van tonen tussen de beide oren.
6. Indien van toepassing een tinnitus analyse. Hierbij wordt getracht de aard van de tinnitus bij individuen met tinnitus te achterhalen
7. een auditieve filtermeting waarbij wordt nagegaan hoe goed een individu in staat is verschillende tonen (frequenties van elkaar te onderscheiden).

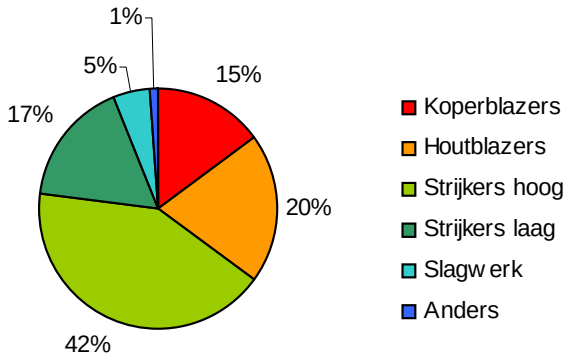
Op basis van het instrument dat de deelnemers speelden werden zij ingedeeld in één van de onderstaande instrumentgroepen:

- Hoge snaarinstrumenten (strijkers hoog): viool en altviool
- Lage snaarinstrumenten (strijkers laag): contrabas en cello
- Houtblazers: hobo, klarinet, fluit, Engelse hoorn, fagot, piccolo
- Koperblazers: hoorn, trompet, trombone, tuba
- Slagwerk: slagwerk en pauken
- Anders: harp, piano, dirigent, etc.

In tabel 1 wordt de man/vrouw verdeling, de leeftijdsverdeling en de verdeling van de musici over de verschillende instrumentgroepen weergegeven. Daarnaast, in het taartpuntdiagram de percentage verdeling van de musici in de verschillende instrumentcategorieën.

Aantal 231	Geslacht	
Instrument-Categorie	**Vrouwen**	**Mannen**
Koperblazers	5	29
Houtblazers	21	25
Strijkers hoog	62	36
Strijkers laag	17	22
Slagwerk	0	11
Anders	1	1
Totaal	107	124
Gemiddelde leeftijd	43	47

Tabel 1: Verdeling van vrouwen en mannen over de instrumentcategorieën en hun leeftijdsverdeling



Figuur 4: Percentages musici in verschillende instrumentgroepen en hun leeftijdsverdeling

In tabel 2 wordt weergegeven op welke leeftijd de musici gemiddeld zijn begonnen met het bespelen van een instrument, hoeveel jaren ze lid zijn van het orkest waar ze op dit moment bij spelen en hoe oud ze op dit moment zijn. Er worden de laagste (min) en de hoogste leeftijd (max) en de standaarddeviatie (sd) worden hierbij ook aangegeven. Dit zijn maten voor spreiding. In tabel 3 wordt weergegeven hoeveel tijd in uren er aan muziek in de vorm van zelfstudie, orkestrepetities, concerten en lesgeven luisteren naar muziek. Hierbij moet opgemerkt worden dat de meeste musici aangaven dat het gemiddelde aantal uren besteed aan muziek of het spelen van een instrument sterk omhoog ging vanaf 17-18 jaar, omdat zij dan begonnen met hun studie aan het conservatorium. Ook bij deze gemiddelden wordt weer het minimale en het maximale aantal uren dat musici aan muziek besteden om de spreiding van dit aantal uren aan te geven. Ook de standaarddeviatie is een maat voor spreiding. De getallen in tabel 2 en 3 zijn gebaseerd op de vragen in de vragenlijst.

Leeftijd in jaren	**Min**	**Max**	**Gem.**	**SD**
Begonnen met instrument	3	21	8	2
Lid orkest	19	49	28	5
Nu	23	64	45	10

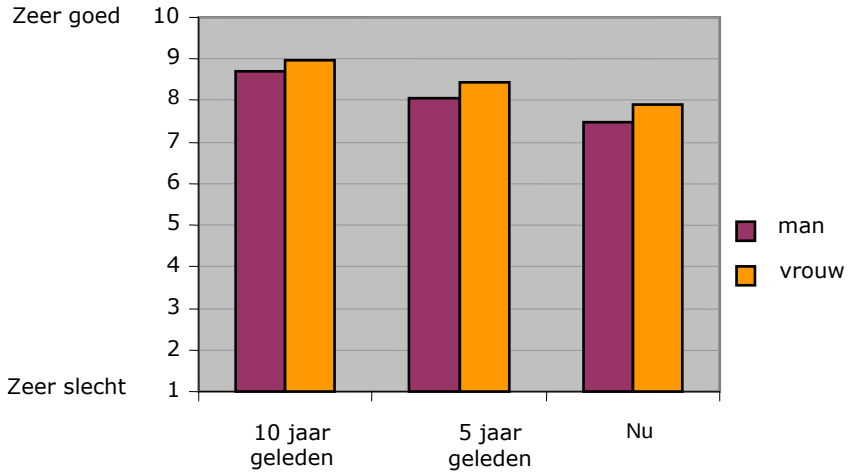
Tabel 2: Aanvangsleeftijd, instrument, leeftijd waarop musicus lid werd van het orkest en de huidige leeftijd.

Uren per week	**Min**	**Max**	**Gem**	**SD**
Tot 10 jaar	0	35	4	4
10-20 jaar	0	70	15	10
Nu	3	60	28	10
Zelfstudie	0	34	9	6
Orkestrepetitie(s)	2	30	15	6
Concerteren	0	40	8	4
Lesgeven/luisteren	0	25	5	5

Tabel 3: Uren per week besteed aan het spelen van een instrument

3.2 Subjectieve waardering van het gehoor

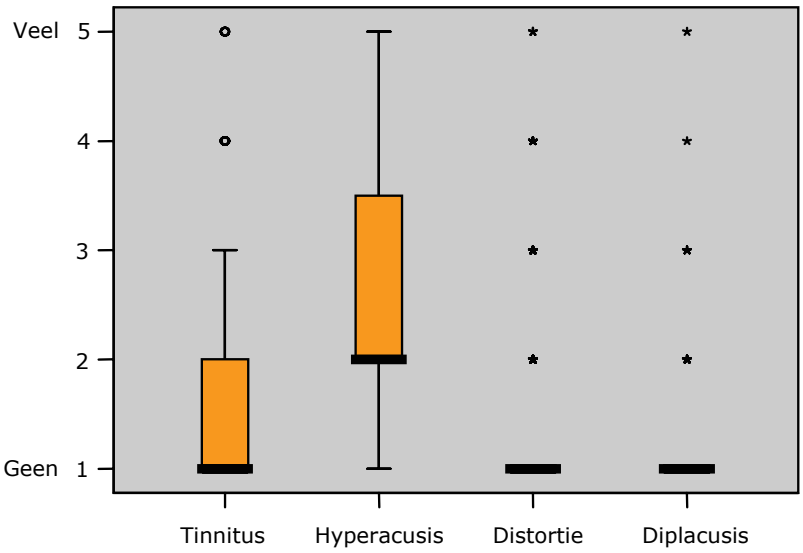
De musici werd gevraagd hun eigen gehoor als geheel en een aantal aspecten ervan te beoordelen. In figuur 5 is de subjectieve beoordeling van het gehoor als geheel weergegeven. Door de bank genomen zijn musici van mening dat hun gehoor 10 jaar geleden beter was dan 5 jaar geleden en 5 jaar geleden weer beter dan nu op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 10 (zeer goed). De verschillen tussen 10 jaar geleden, 5 jaar geleden en nu zijn significant. Vrouwen waarderen hun gehoor in het algemeen significant beter dan de mannen.



Figuur 5: De subjectieve beoordeling van het gehoor 10 en 5 jaar geleden en nu.

Ook gaven de musici hun oordeel over het voorkomen van de gehoorklachten: tinnitus, hyperacusis, distortie en diplacusis. Tinnitus en diplacusis zijn in het voorgaande hoofdstuk besproken. Hyperacusis is een overgevoeligheid voor hard geluid en distortie is vervorming van het waargenomen geluid. Hyperacusis blijkt als klacht het vaakst voor te komen. Op een schaal van 1 (geen last) tot 5 (veel last) zegt 50% van de mensen geen last te hebben van hyperacusis. De andere 50% van de mensen heeft dus wel (eens) last van hyperacusis en 5% heeft er echt veel last van (score 5). Na hyperacusis komt tinnitus het vaakst voor. De meeste musici die (wel eens) last van tinnitus hebben scoren 2. Slechts een enkeling geeft aan last te hebben van distortie of diplacusis. De resultaten van de beoordelingen zijn weergeven in figuur 6.

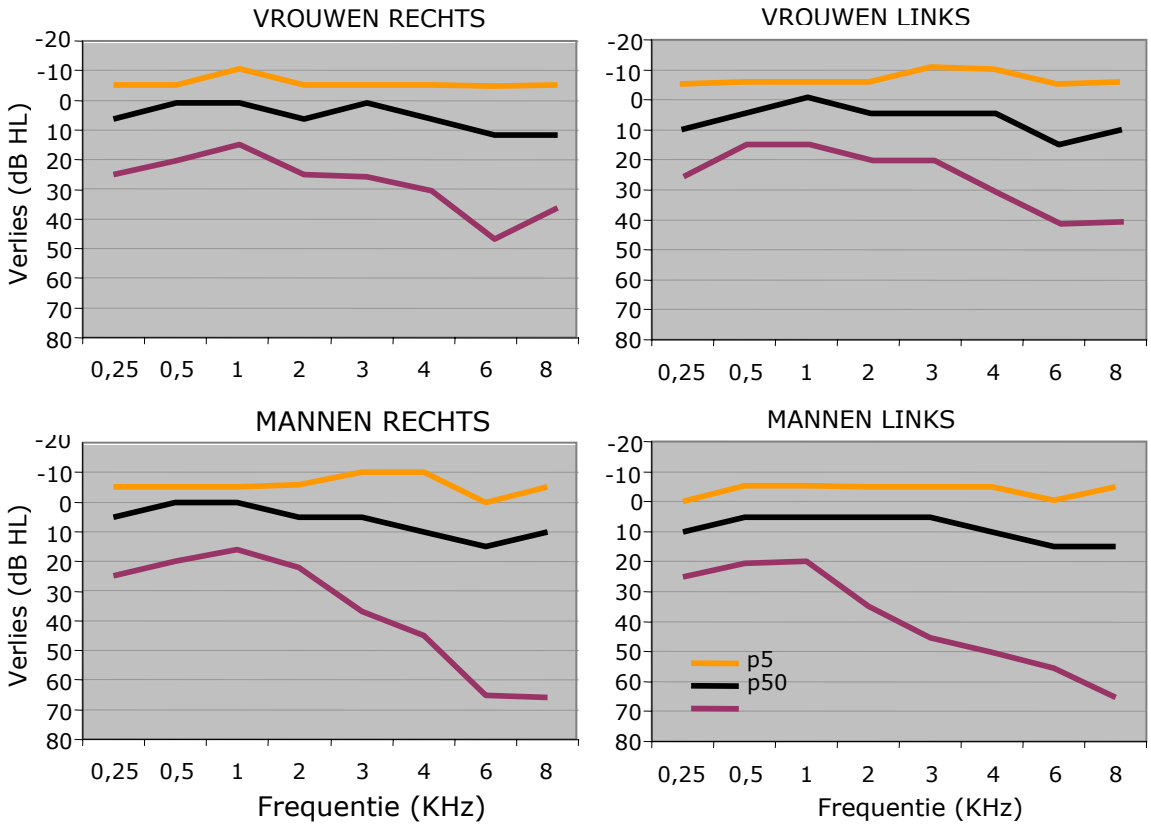
47% van de musici gaf aan gehoor bescherming te dragen tijdens repetities tegen 39% tijdens concerten en 38% tijdens andere gelegenheden. Dit is een relatief hoog percentage als je het vergelijkt met andere populaties. Het is opvallend dat een vrij groot deel van de geteste musici zich zou schamen voor eventuele gehoorproblemen 19%. Hieruit zou kunnen worden afgeleid dat hoorproblemen bij musici nog steeds enigszins een taboe zijn. Dit is jammer, omdat dit vroegtijdige signalering en behandeling van hoorproblemen in de weg zou kunnen staan.



Figuur 6: Subjectieve beoordeling van de gehoorklachten tinnitus, hyperacusis, distortie en diplacusis.

3.3 Verhoogde toondrempels

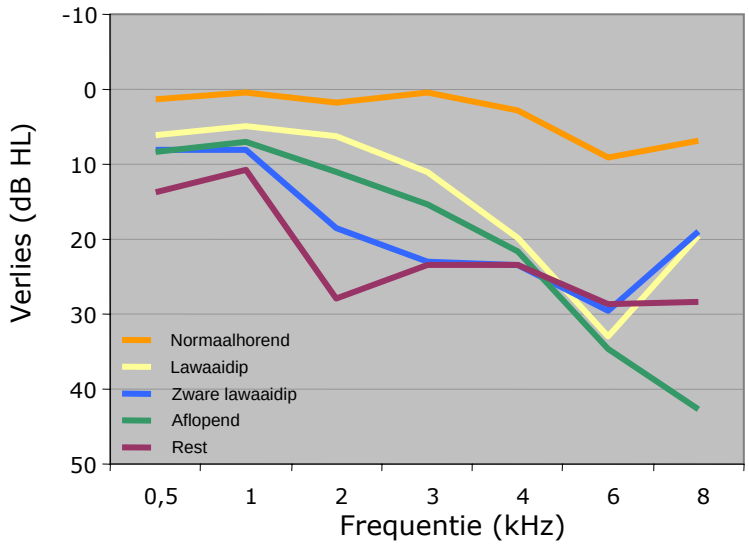
In figuur 7 zijn de gemiddelde audiogrammen van de geteste musici weergegeven voor mannen en vrouwen apart weergegeven. Audiogrammen worden altijd weergegeven zoals degene die de test uitvoert tegen degene van wie de toondrempels gemeten worden. Het audiogram voor het linkeroor staat derhalve gewoonlijk rechts en dat voor het rechteroor links. De p50 geeft de mediaan aan, 50% van de geteste musici heeft toondrempels die daarboven liggen (lager in het audiogram) en 50% van de geteste musici heeft toondrempels die daaronder liggen (hoger in het audiogram). Naast de mediaan worden de p5 en de p95 weergegeven. 5% van de audiogrammen van de geteste musici heeft lagere toondrempels dan de p5 en 5% heeft hogere toondrempels dan de p95. Kijkend naar het gemiddelde gehoorverlies van de musici valt op dat er relatief weinig gehoorverlies is, terwijl je dat op basis van hun belastingspatroon niet zou verwachten. Vrouwelijke musici vertonen gemiddeld minder verlies dan mannen. Dit is vooral te zien in de p95. Dit resultaat komt overeen met wat er in groepen normaalhorenden wordt gevonden (zie ook figuur 1, 2.3).



Figuur 7: Mediaan, 5de en 95ste percentielen voor mannen en vrouwen, rechter en linker oor

Om een beeld te krijgen van het aantal normaalhorende musici en die met een afwijkend gehoor en hun verdeling over de verschillende instrumentgroepen zijn de audiogrammen verdeeld in vijf categorieën. De indeling is geschied op basis van kennis van ervaren audiologen: de audiogrammen die op alle frequenties een verlies van minder dan 20 dB HL of gelijk aan 20 dB HL vertoonden worden "normaal" genoemd. Wanneer het maximale verlies in een audiogram op een of meer van de lawaaifrequenties (3, 4, 6 KHz) 20 dB of meer is dan het verlies op 2 kHz en 10 dB of meer dan op 8 kHz wordt dat audiogram geclassificeerd als "lawaaidip". Audiogrammen die ook verliezen van meer dan 20 dB HL vertonen op de lagere frequenties samen met een groter verlies op de lawaaifrequenties en herstel op 8 kHz worden "zware lawaaidip" genoemd. Hierbij dient opgemerkt te worden dat niet duidelijk is of het grotere verlies op de lagere frequenties ook door blootstelling aan lawaai is veroorzaakt.

Audiogrammen waarin het verlies op 8 kHz 5 dB of groter is dan het verlies op de lawaaifrequenties noemen we "aflopend". Je zou dit kunnen zien als het begin van presbyacusis, gehoorverlies door veroudering (zie ook figuur1, 2.3).
De overige audiogrammen zijn niet goed te classificeren en worden dus ingedeeld in een restgroep. In figuur 8 zijn de verschillende voorkomende audiogrammen weergegeven.



Figuur 8: Onderverdeling in audiogramcategorieën

In tabel 4 is de gemiddelde leeftijd en het percentage oren per audiogram weer gegeven. Het percentage oren van musici dat in de normaalhorende categorie valt is hoog (61%, 282 van de 462 oren) de vorm van het audiogram lijkt enigszins te correleren met leeftijd. De musici met een normaal audiogram zijn relatief het jongst. Degenen met een aflopend audiogram zijn conform de verwachting het oudst. Een aflopend audiogram hangt in de regel samen met veroudering. Relatief weinig musici vallen in de zware lawaaidip- of restcategorie.

Audiogram	Normaal	Lawaaidip	Zware lawaaidip	Aflopend	Rest
Leeftijd	41	48	51	52	49
% Oren	61%	11%	2%	20%	5%

Tabel 4: Leeftijdsverdeling en percentage oren verdeeld over de audiogramcategorieën

Wanneer we kijken naar de verdeling van de musici over de audiogrammen wordt duidelijk dat in iedere instrumentgroep het grootste deel van de musici in de normaalhorende groep valt. In de instrumentgroep waarin de leeftijd gemiddeld het hoogst is (strijkers laag) valt een wat hoger percentage in de audiogramcategorie “aflopend”. Aangezien het aantal musici per instrumentgroep zeer sterk verschilt, kunnen we op basis van de gegevens verder niet veel zeggen over de verschillen tussen de instrumentcategorieën. De enige instrumentcategorie (slagwerk) waarvan relatief minder mensen in de normaalhorende categorie vallen is eigenlijk te klein om mee te nemen in een vergelijking.

		Houtblazers	Koperblazers	Strijkers laag	Strijkers hoog	Slagwerk
Audiogram	**Leeftijd**	43	44	50	45	44
	Normaal	57%	67%	57%	50%	50%
	Lawaaidip	13%	13%	16%	7%	27%
	Zware lawaaidip	3%	3%	1%	5%	0%
	Aflopend	18%	16%	22%	21%	14%
	Rest	10%	2%	4%	7%	9%

Tabel 5: Gemiddelde leeftijd per instrumentcategorie en de verdeling van de percentages musici per instrumentgroep over de audiogramcategorieën.

3.4 Luidheidperceptie

We zijn in dit onderzoek ook nagegaan wat de UCL van de musici was bij verschillende ruisbanden. In principe werd dit onderzoek uitgevoerd in het vrije veld, dat wil zeggen zonder hoofdtelefoon en met een luidspreker in de cabine. De deelnemers dienden hiertoe op ongeveer gelijke afstand van de luidspreker te zitten. In drie testen werd de UCL en de drempelwaarde bepaald van drie verschillende bandruizen (750 Hz, 3 kHz als centrumfrequentie en breedband). De ruis werd steeds met een bepaalde intensiteit voor de duur van 1,5 sec. aangeboden. Het was de bedoeling dat de deelnemers de luidheid van de ruis beoordeelden door dit aan te geven op een beoordelingsschaal zoals in figuur 3 getoond is. Dit gebeurde via een touch screen. Wanneer de UCL beneden de 85 dB lag, of wanneer de musicus daar zelf om vroeg, werd de UCL ook via de hoofdtelefoon voor de beide oren apart bepaald. In tabel 6 zijn de verschillende UCLs en het dynamisch bereik, het verschil tussen de UCL en de drempelwaarde, weergegeven.

Vrije Veld						**Hoofdtelefoon**					
UCL (in dB)			**DB (in dB)**			**UCL (in dB)**			**DB (in dB)**		
750 Hz SB	**3 kHz SB**	**BB**	**750 Hz SB**	**3 kHz SB**	**BB**	**750 Hz SB**	**3 kHz SB**	**BB**	**750 Hz SB**	**3 kHz SB**	**BB**
103	100	105	82	80	82	119	122	115	79	88	80

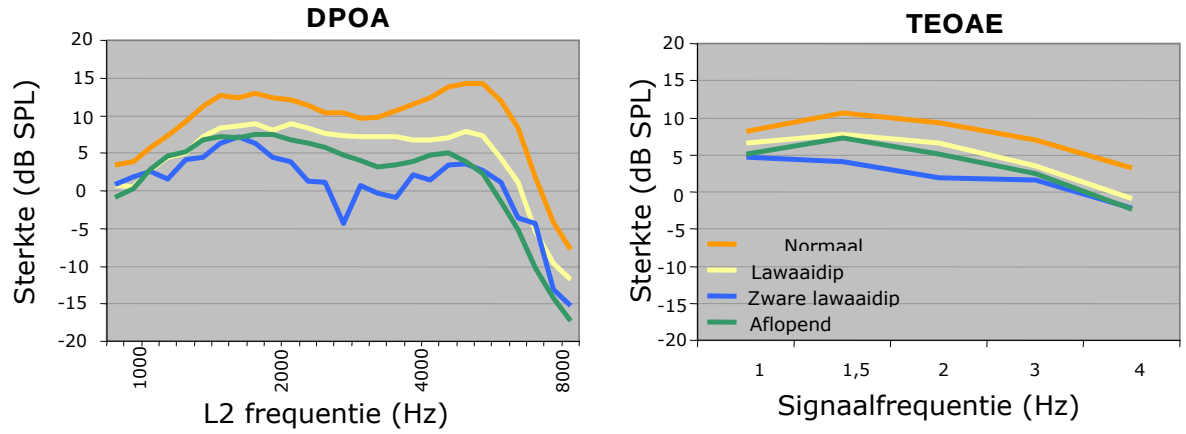
Tabel 6: Gemiddelde UCLs en dynamisch bereik (DB) voor smalband (SB) en breedbandruizen (BB).

Hoewel veel musici voordat ze aan de luidheidsperceptietest begonnen, aangaven erg gevoelig te zijn voor hard geluid en dit ook de meest genoemde klacht was in de vragenlijst (zie ook figuur 6), wijken de gevonden gemiddelde UCLs en dynamisch bereik niet af van deze waarden bij een groep normaalhorenden. Het is daarom niet aannemelijk te stellen dat musici gevoeliger zijn voor hard geluid dan niet musici. Wanneer de test via de hoofdtelefoon werd afgenomen, was de UCL in het algemeen zelfs nog iets hoger dan wanneer hij in het vrije veld afgenomen werd.

3.5 De OAE-metingen

De musici hebben twee soorten OAE-testen ondergaan aan ieder oor. Eerst werden transient-evoked Oto-Akoestische emissies (TEOAEs) gemeten. Dit zijn OAEs die opgewekt worden met lange series pulsjes of klikjes. Vervolgens werden de distortieproduct Oto-Akoestische emissies (DPOAEs) gemeten. Deze worden gemeten nadat in het binnenoor vervorming van geluid is opgetreden na het aanbieden van twee tonen. Bij de TEOAEs werd de signaalsterkte en de ruis bij 1 kHz, 1,5 kHz, 2kHz, 3 kHz en 4 kHz gemeten en de reproduceerbaarheid van de meting (de mate waarin een herhaling van de meting dezelfde emissie geeft).
Bij de DPOAEs werden 27 maal twee tonen van verschillende frequenties aangeboden die een emissiefrequentie produceerden van 841 Hz tot 8000 Hz. De laagste toon had steeds een niveau van 75 dB en de hoogste van 70 dB. De signaalsterkte (amplitude) van de OAEs op de verschillende frequenties werd hierbij gemeten.

Om de relatie tussen de toonaudiogrammen en de OAEs na te gaan werden de OAEs van de musici ingedeeld in dezelfde klassen als waarin ook de audiogrammen eerder waren ingedeeld: normaal, lawaaidip, zware lawaaidip, aflopend en rest. In figuur 9 zijn de TEOAEs en de DPOAEs weergegeven volgens deze indeling. Als we de verschillende OAE metingen in ogenschouw nemen valt op dat de OAEs van de normaalhorende groep gemiddeld het sterkst zijn (significant verschillende van de andere groepen. Echter, de OAEs binnen de groep normaalhorenden vertonen grote individuele verschillen. Het is nog onduidelijk wat deze verschillen ons vertellen over de mogelijkheid van een toekomstige lawaaibeschadiging. Het is van belang de ontwikkeling van de OAEs van de personen in de normaalhorenden groep te blijven volgen. Pas als we deze ontwikkeling in kaart hebben gebracht is het mogelijk de voorspellende waarde van OAEs te beoordelen.

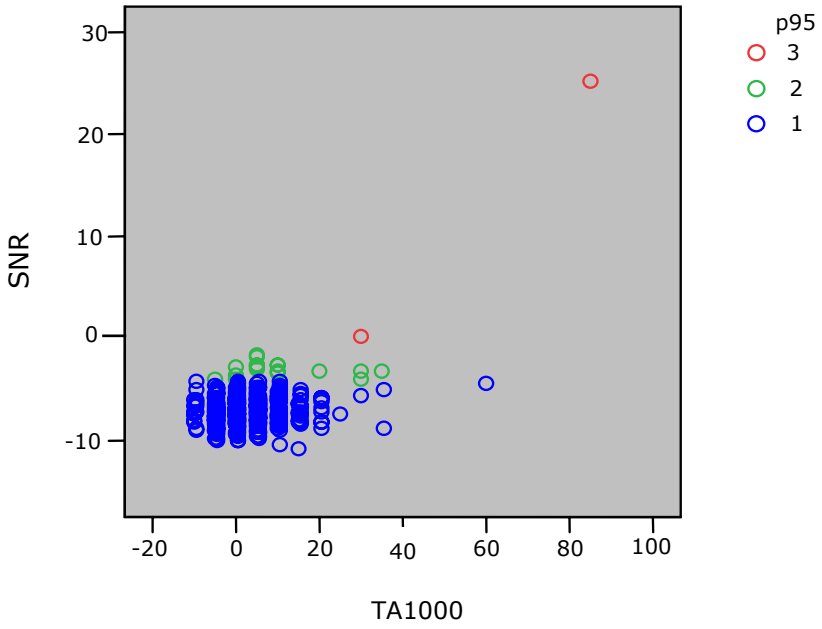


Figuur 9: Gemiddelde DPOAEs en TEOAEs ingedeeld naar de audiogramcategoriën

3.6 Spraak-in-ruistest

Voor dit onderzoek werd de cijfertest gebruikt die ook besproken is in hoofdstuk 2. Aan elk oor werden 26, drie-cijferige reeksen aangeboden. Na elke reeks diende de musicus de cijfers in te toetsen op de laptop vanaf waar de test gedraaid werd.

Zoals verwacht correleerde de prestatie op de cijfertest slechts zeer beperkt met de prestatie op de audiometrie frequenties. De grootste correlatie met het toonaudiogram werd gevonden bij de frequentie 1 kHz (r=0,44) en met de gemiddelde prestatie op de frequenties 1, 2, 3 en 4 kHz (r=0,41), de spraakgerelateerde frequenties. In figuur 10 is de correlatie tussen de prestatie op de spraak-in-ruistest, de signal to noise ratio (SNR), afgezet tegen de winst/verlies op 1 kHz in het toonaudiogram. Hoe lager de SNR, hoe zwakker de cijfers konden worden aangeboden ten opzichte van de ruis. In totaal werden er 462 oren getest. Volgens de VU scoringsmethode scoorden twee van deze oren slecht op de test. Hierbij moest het signaal minder dan 1,4 dB zachter zijn dan de ruis wilde de deelnemer het signaal nog kunnen verstaan (groep 3: signal reception threshold of SRT=-1.4). Achttien oren scoorden onvoldoende (groep 2: SRT tussen -4,1 en -1,4). De overige musici scoorden echter goed (groep 1: SRT≤ -4.1)



Figuur 10: de correlatie van de toondrempels op 1000 Hz met de signal to noise ratio (SNR).

3.7 Tinnitusanalyse

Wanneer de deelnemers bij aanvang van de testcyclus aangaven op dat moment last te hebben van tinnitus, werd bij hen een tinnitusanalyse uitgevoerd. In deze analyse werd getracht de tinnitus een toon/ruis aan te bieden die qua aard, frequentie en intensiteit het meest op de tinnitus van de deelnemer leek. Bij de deelnemers bij wie de tinnitus duidelijk in een specifiek oor te horen was, werd de toon aan het andere oor, dus het oor zonder tinnitus, aangeboden. De toon werd vervolgens gevarieerd in aard (ruis, toon of warble), frequentie en intensiteit tot dat de deelnemer voldoende tevreden was met de gelijkenis van de toon met de tinnitus. Wanneer de tinnitus niet in een specifiek oor te horen was, werd de toon aangeboden aan het beste oor.

17% van de geteste musici had op het moment van het onderzoek last van tinnitus. De mediaan voor de signaalsterkte (de waarde waar 50% van de deelnemers onder scoorden en 50% boven) lag op 4 dB SL (SL is sensation level, de gehoorde luidheid ten opzichte van de toondrempel in HL). De minimale gevonden signaalsterkte was 0 en de maximale 32 dB SL!

In figuur 11 zijn de gemiddelde toondrempels van musici zonder tinnitus en van musici met tinnitus afgebeeld. Het is duidelijk dat de toondrempels van de musici met tinnitus gemiddeld lager zijn dan die van de musici zonder tinnitus. In tabel 7 is het percentage musici dat lijdt aan tinnitus in een instrumentgroep per instrumentcategorie weergegeven. Tinnitus blijkt het vaakst voor te komen onder koperblazers onder wie bijna een kwart op het moment van het onderzoek aan tinnitus leed.

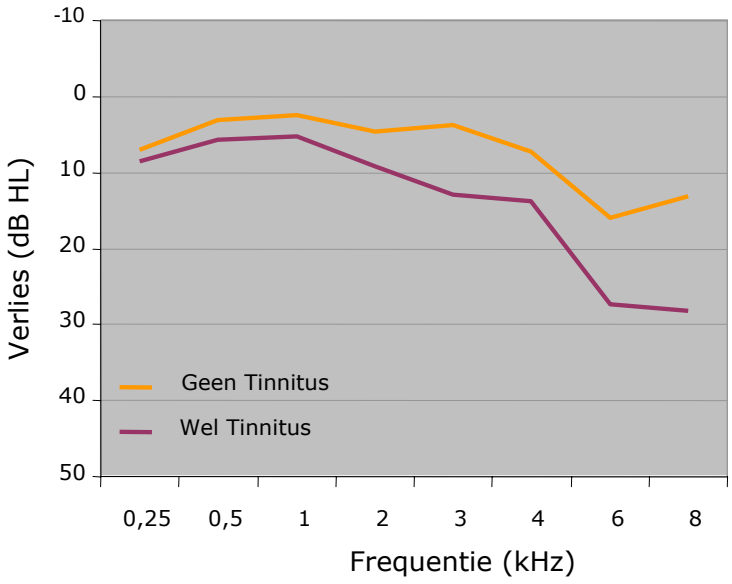
Houtblazers	**Koperblazers**	**Strijkers laag**	**Strijkers hoog**	**Slagwerk**
20%	23%	15%	16%	18%

Tabel 7: % musici binnen instrumentcategorie met tinnitus

De frequentie van de tinnitus ligt het vaakst tussen 4 en 8 kHz of boven 8 kHz. Een groot deel van de tinnitus zit dus op dezelfde plaats als de lawaaidip. Het is daarom aannemelijk dat tinnitus ook een duidelijke vorm van lawaaibeschadiging is.
In tabel 8 is het percentage tinnitus weergeven per octaaf.

<0,25 kHz	0,25-0,5 kHz	0,5-1 kHz	1–2 kHz	2-4 kHz	4-8 kHz	>8 kHz
2%	2%	2%	7%	5%	44%	37%

Tabel 8: % tinnitusfrequentie per octaaf



Figuur 11: Gemiddelde toonaudiogrammen van musici met en zonder tinnitus

3.8 Diplacusisanalyse

Van diplacusis is sprake wanneer er een interauraal verschil is in de waargenomen frequentie van 2% of meer. Bij de resultaten nemen we ook de deelnemers met een verschil van 1% of meer mee, aangezien van musici verwacht kan worden dat ze een dergelijk verschil gemakkelijk kunnen waarnemen.

Bij de diplacusisanalyse werd eerst een toon van 1 kHz afwisselend aan het rechter en aan het linkeroor aangeboden. De deelnemer werd vervolgens gevraagd de luidheid van de toon aan het linkeroor gelijk te stellen met die aan het rechteroor. De aanwijzingen ("iets zachter", "iets harder") werden hierbij uitgevoerd door de proefleider. De deelnemer zelf kon de apparatuur niet bedienen. Na matching van de luidheid werd de deelnemer gevraagd of de frequentie van de tonen gelijk was. Indien dit niet het geval was trachtte de proefleider de frequentie in het linkeroor op aanwijzing van de deelnemer gelijk te stellen aan die in het rechteroor. Hiervoor werd een instelbare toongenerator gebruikt met een gevoelige schaal. In sommige gevallen kon de frequentie niet helemaal gelijk gesteld worden. Het kan dus zijn dat er enige onnauwkeurigheid in de diplacusismeting zit. De procedure werd herhaald voor een toon op 2 kHz en op 4 kHz.

Uit de resultaten van de diplacusismeting blijkt dat 48% van de musici een interauraal verschil in frequentiewaarneming heeft van meer dan 1%. In dit percentage zijn alle deelnemers meegenomen die en/of een verschil in waarneming hadden op 1 kHz en/of 2 kHz en/of 4 kHz. 20% van de musici had een interauraal verschil in waarneming van

meer dan 2%. In tabel 9 zijn voor de tonen 1, 2 en 4 kHz de percentages verdeeld naar grootte van het verschil in waarneming en is onderscheid gemaakt tussen de deelnemers die de toon links hoger waarnamen en degenen die hem rechts hoger waarnamen. Helemaal onderaan is de variatie weergegeven, de minimale en de maximale gemeten waarde bij de betreffende toon. Op 4 kHz wordt percentueel het grootste interaurale verschil gemeten. De frequentie wordt ongeveer even vaak rechts als links hoger waargenomen. Per toon binnen één deelnemer kon dit variëren. Het grootste gemeten interaurale verschil bedroeg 14% op 4 kHz.

Frequentie	**1 kHz**		**2 kHz**		**4 kHz**	
Verschil oren	Δf ≥ 1%	Δf ≥ 2%	Δf ≥ 1%	Δf ≥ 2%	Δf ≥ 1%	Δf ≥ 2%
Totaal	13%	3%	19%	7%	33%	13%
Links hoger	7%	1%	9%	3%	18%	5%
Rechts hoger	6%	2%	9%	5%	15%	8%
Variatie	899 tot 1050 Hz		1889 tot 2111 Hz		3447 tot 4275 Hz	

Tabel 9: % musici met een subnormale (>1%) tot licht afwijkende (>2%) mate van diplacusis per octaaf. Tevens is in de laatste rij het bereik van de uitkomstwaarden aangegeven.

Ook de toondrempels van deelnemers met diplacusis zijn significant hoger dan die van deelnemers zonder diplacusis.

In tegenstelling tot wat men misschien zou verwachten op basis van eenzijdige belasting van het gehoor hebben hoge strijkers niet meer last van diplacusis dan anderen (zie tabel 10). Ook heeft bijna een kwart van de koperblazers, maar ook van de houtblazers diplacusis (beide 24%). Opvallend is dat diplacusis door bijna niemand als klacht wordt ervaren. In de vragenlijst gaven verreweg de meeste deelnemers aan geen last te hebben van diplacusis.

Houtblazers	**Koperblazers**	**Strijkers laag**	**Strijkers hoog**	**Slagwerk**
24%	24%	15%	14%	9%

Tabel 10: % diplacusis per instrumentgroep

4 DISCUSSIE

Hoewel het gehoor van veel musici in Nederlandse symfonieorkesten zwaar belast is, lijkt er – voor de groep als geheel - (nog) geen reden te zijn tot grote ongerustheid: de toonaudiogrammen vertonen relatief weinig verlies wanneer zij vergeleken worden met toonaudiogrammen van normaalhorenden van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht. In individuele gevallen lijkt er echter wel sprake te zijn van schade door lawaai. Ook het percentage andere klachten of afwijkingen van het gehoor is groot ten opzichte van een normaalhorende populatie. Diplacusis (20%) en Tinnitus (17%) vormen hierbij het zwaartepunt. Van diplacusis, zo blijkt uit de subjectieve beoordeling, wordt echter weinig hinder ervaren tijdens het musiceren. Sterker nog, de meeste musici zijn er niet van op de hoogte dat zij met het ene oor een andere toonhoogte waarnemen, dan met het andere. Tinnitus blijkt een meer voorkomende klacht te zijn bij musici, hoewel ook bij deze klacht het percentage musici dat daadwerkelijk lijdt onder de tinnitus maar erg klein is. Relatief vaak wordt er geklaagd over een (over) gevoeligheid voor harde geluiden (meer dan 50% van de musici klaagt hierover). In de gegevens over de luidheidperceptie van de musici vinden we daar echter nauwelijks iets van terug. Slechts een uitzonderingsgeval is zeer gevoelig voor hard geluid.

Hoewel duidelijk is dat de musici met een normaal gehoor duidelijk sterkere OAEs hebben dan musici met een (enigszins) afwijkend gehoor, is het nog steeds moeilijk om harde conclusies te trekken over de waarde die nu daadwerkelijk aan deze metingen toegemeten kan worden. De oorzaak hiervoor is de grote inter-individuele variatie in de groep normaalhorenden. Om meer inzicht in de waarde van de OAEs te krijgen als een mogelijk geschikte meting voor het detecteren van vroege schade door lawaai zullen er op langere termijn meer metingen bij dezelfde mensen uitgevoerd dienen te worden. Wij verwachten dat de variabiliteit van de metingen zal afnemen als de metingen individueel kunnen worden vergeleken met voorafgaande metingen bij dezelfde persoon.

Dit rapport beschrijft de belangrijkste uitkomsten, maar betreft nog slechts een tussenrapport. Deze discussie is zeker niet het einde van dit onderzoek. Er valt nog zeer veel aan de verkregen gegevens te analyseren. Zo dienen de OAEs nog gerelateerd te worden aan de metingen van de luidheidperceptie, de klachten aangaande tinnitus en diplacusis en de meting van het auditieve filter. Het is mogelijk dat hier verbanden uit voortvloeien die ons inzicht geven in de ontwikkeling van OAEs en de functionaliteit van de buitenste haarcellen in relatie tot een zware belasting van het gehoor.

Voorlopig lijkt het te vroeg om de traditionele meting van het toonaudiogram te vervangen door een OAE-meting. Anderzijds blijkt uit dit onderzoek dat verschillende vormen van schade niet in het toonaudiogram tot uitdrukking komen, zodat er gezocht moet worden naar een goede aanvulling op de traditionele meting, juist voor musici. De rol van de OAE-metingen hierbij vraagt nog nader onderzoek.

PRESENTATIES VAN DE RESULTATEN

Een powerpoint presentatie over het uitgevoerde project is beschikbaar op www.orkestengehoor.nl of op www.ac-amc.nl bij het onderdeel wetenschap/presentaties/preventie. Op de laatste site zullen in de nabije toekomst ook gegevens beschikbaar komen over vervolgonderzoek.

REFERENTIES

Algemeen: www.audiologieboek.nl

Roodenburg, M. & Hanssens K. (1998) *Audiometrie*, Bussum, Coutinho.

Brand T., Hohmann, V. (2002) An Adaptive procedure for CAtegorical LOudness Scaling. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112:1597-1604.

ISO 226 (1987) Acoustics - Normal equal-loudness level contours

ISO 7029 (2000) Acoustics – Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age.

Leeuw AR, Dreschler WA. (1994) Frequency-resolution measurements with notched noises for clinical purposes. *Ear and Hearing,15 (3)*:240-55.

Schorn, K. & Zwicker, E. (1990) Frequency selectivity and temporal resolution inn patients with various inner ear disorders. *Audiology*, 29, 8-20.

Spoor, A. (1967) Presbyacusis values in relation to noise induced hearing loss. *International Audiology, 6*: 48-50