



Arteveldehogeschool

Katholiek Hoger Onderwijs Gent

Opleiding Bachelor in de logopedie en de
audiologie – afstudeerrichting audiologie

Campus Kantienberg

Voetweg 66,

BE-9000 Gent

HET ABSOLUUT GEHOOR

Een verkennend onderzoek

Promotor: De heer Tom De Neve
Mevrouw Karen Ketels
De heer Johan Rijckaert

Academiejaar: 2016-2017

Bachelorproef voorgedragen door:
Celien Byttebier

tot het bekomen van de graad van Bachelor in de
logopedie en de audiologie afstudeerrichting
audiologie



Arteveldehogeschool

Katholiek Hoger Onderwijs Gent

Opleiding Bachelor in de logopedie en de
audiologie – afstudeerrichting audiologie

Campus Kantienberg

Voetweg 66,

BE-9000 Gent

HET ABSOLUUT GEHOOR

Een verkennend onderzoek

Promotor: De heer Tom De Neve
Mevrouw Karen Ketels
De heer Johan Rijckaert

Bachelorproef voorgedragen door:
Celien Byttebier

Academiejaar: 2016-2017

tot het bekomen van de graad van Bachelor in de
logopedie en de audiologie afstudeerrichting
audiologie

Abstract

Engels

Keywords: Absolute Pitch– music experience – psycho-acoustics

Absolute pitch (AP) is a much investigated but hard to fathom ability. AP-possessors are capable of identifying and naming tones with a note name without any external reference. Furthermore only a few people (musicians) possess this skill. However the precise genesis is not yet known. Additionally a clear and single definition of this is not yet established.

In this thesis the current knowledge of this skill was put together from the literature. A list of different parameters was established so a reliable and valid test, to investigate AP, could be set up.

Based on these parameters, two online tests were selected. 39 people took part in this investment.

First of all the results of this experiment suggest that the AP ability may be considered on a continuous scale. Secondly the development is not influenced by the age the music education started. Finally there is no significant difference found between professional and amateur musicians.

Nederlands

Trefwoorden: Absoluut gehoor – muziekbeleving – psycho-akoestiek

Het Absoluut Gehoor (AG) is een veel onderzochte, maar moeilijk te doorgronden vaardigheid. Het stelt mensen in staat om elke toon of klank te herkennen én benoemen met een notennaam, zonder het gebruik van enige referentie. Het is een vaardigheid waar slechts een gering aantal mensen (muzikanten) over beschikt. Echter, hoe het precies ontstaat, is nog niet gekend. Sterker nog: er is nog steeds geen eenduidige definitie vastgelegd van wat AG nu precies is.

In deze bachelorproef werd de huidige kennis over deze vaardigheid vanuit de literatuur samengelegd. Een lijst van verschillende parameters werd vastgesteld zodat zo een betrouwbare en valide test, om het AG te onderzoeken, zou kunnen worden opgesteld.

Op basis van deze parameters werden twee onlinetesten geselecteerd en bij een testgroep van 39 personen geanalyseerd. De resultaten van dit onderzoek leiden tot drie conclusies. Ten eerste dat het vermogen van een AG vermoedelijk op een continue schaal dient beschouwd te worden. Ten tweede dat de ontwikkeling van AG niet beïnvloed wordt door de beginleeftijd van de muzikale opleiding. Ten slotte is er geen significant verschil in prestaties tussen professionele- en amateurmusici.

Inhoud

Abstract	4
Engels	4
Nederlands	4
Dankwoord	7
1 Onderzoeksoepzet	8
2 Probleemstelling: Definiëren van het onderwerp	13
2.1 Definitie van een absoluut gehoor (AG)	13
2.2 Perfect pitch t.o.v. Absolute pitch	13
2.3 Absoluut en relatief gehoor	14
2.3.1 Definitie relatief gehoor (RG)	14
2.3.2 AG teken van superieure muzikaliteit t.o.v. RG?	14
2.3.3 Onderzoek naar de verwerking van akkoorden bij mensen met een AG en mensen met een RG	15
2.4 Tonotopie van het gehoor	16
2.5 Prevalentie van een AG	16
2.6 Variatie tussen AG-bezitters	17
2.7 Vergelijking AG - kleurbenoeming	18
2.8 Afname van het absoluut gehoor met het ouder worden	19
2.9 Hoe ontwikkelen kinderen? Eerst relatief dan absoluut of omgekeerd?	19
2.9.1 Onderzoeken omtrent de verwerkingstechniek van auditieve stimuli	19
2.9.2 De verschuiving van de verwerking van auditieve stimuli doorheen de ontwikkeling	20
2.10 Hoe ontstaat een absoluut gehoor?	21
2.10.1 Oefening baart kunst	21
2.10.2 Andere hersenstructuren	23
2.10.3 Genetica	28
2.10.4 Omgevingsfactoren	29
3 Methode	31
3.1 Parameters voor een valide en goede absoluut gehoortest	31
3.1.1 Stimulus	31
3.1.2 Mogelijk relatief gehoor 'uitschakelen'	34
3.1.3 Reactiesnelheid	34
3.2 Motivatatie keuze test	34
3.2.1 Overzicht testen	34
3.2.2 Gekozen test(en)	38
3.2.3 Controle testen en testafname-apparatuur	39
3.3 Selectie van de proefpersonen	45

3.4	Verloop van de testafname	45
4	Resultaten: Verwerking.....	47
4.1	Beschrijving van de testgroep	47
4.2	Verwerking onderzoeksvragen.....	47
4.2.1	Keuzeverwerking en Onderzoeksvraag 1: 'Vanaf welke score (percentage) kan er gesproken worden van een AG? Of moet dit eerder op een continue schaal gezien worden waarin de mate van een AG kan verschillen?'	47
4.2.2	Onderzoeksvraag 2: 'Heeft de beginleeftijd van de muzikale opleiding een invloed op het ontwikkelen van een absoluut gehoor?'	56
4.2.3	Onderzoeksvraag 3: 'Komt een absoluut gehoor vaker voor bij professionelen dan bij amateurs?'	57
4.3	Casus.....	59
5	Discussie.....	60
6	Besluit.....	63
7	Literatuurlijst.....	64
8	Afbeeldingenlijst	70
9	Bijlagelijst	72
9.1	Bijlage 1: Vragenlijst.....	73
9.2	Bijlage 2: Contactopname met potentiële proefpersonen	75

Dankwoord

Om deze bachelorproef te realiseren was veel energie, tijd en geduld nodig. Hiervoor kon ik steeds rekenen op de steun en medewerking van verschillende personen. Graag wil ik van de gelegenheid gebruik maken om hen te bedanken.

Eerst en vooral gaat mijn dankbaarheid uit naar mijn promotoren, Dhr. Tom De Neve, Mevr. Karen Ketels en Dhr. Johan Rijckaert. Zij ondersteunden steeds mijn project, voorzagen mij van feedback, beantwoordden mijn vragen, zorgden voor duidelijkheid als ik de bomen door het bos niet meer zag, waren steeds bereid voor een gesprek of overleg en hielpen mee met het verwerken van de gegevens.

Verder wil ik ook graag al mijn participanten heel hartelijk bedanken voor alle moeite en tijd die ze hierin hebben willen steken. Het was niet altijd evident om een goed tijdstip noch goede testplaats te vinden om af te spreken.

Ten slotte gaat mijn oprechte dankbaarheid uit naar mijn familie. Mijn vader, Geert Byttebier, om samen met mij te brainstormen over mogelijke statistische verwerkingsmethoden van mijn onderzoek en deze dan ook samen te realiseren. Mijn moeder, zus, broers en vriend: bedankt om zo geduldig steeds naar mijn geraas te hebben geluisterd, me gerust te hebben gesteld en meerdere malen mijn werk te hebben willen nalezen en mij te voorzien van feedback.

Ondergetekende draagt de uiteindelijke verantwoordelijkheid voor deze bachelorproef en staat toe dat haar werk in de mediatheek van de hogeschool wordt opgeslagen, geraadpleegd en gefotokopieerd.

Gent, mei 2017

1 Onderzoeksopzet

Ondanks het feit dat de mensheid al eeuwen bestaat, heeft het menselijk lichaam nog steeds talloze geheimen. Het gehoor is hier zeker geen uitzondering op. Als één van onze vijf zintuigen heeft het zijn eigen specifieke eigenschappen die bijdragen tot het mens-zijn en het in contact staan met de wereld rondom ons, maar de werking is verre van volledig achterhaald.

Het gehoor bevat vier fundamentele functies: de veiligheidsfunctie (waarschuwingen voor gevaar, achtergrondgeluiden geven een gevoel deel uit te maken van de actieve wereld,...), de signaalfunctie (bv. een wekker, de bel, de telefoon,...), taalfunctie (verbale communicatie) en tot slot de ontspanningsfunctie. Onder deze laatste valt o.a. de muziekbeleving (Clinckspoor, 2016-2017). Muziek is voor velen een belangrijk aspect in hun leven. Volgens recent onderzoek door Dubé en Le Bel (2003) zou muziek behoren tot één van de componenten die geluk en welbevinden kunnen opleveren in het leven. Het zou ongeveer even hoog scoren als succes, seks en romantiek en ruim hoger dan eten, een baby vasthouden, literatuur, dessert en nog veel andere (Kraus, Zatorre, & Strait, 2014). De muziekbeleving is echter een complex iets en moeilijk te doorgronden. Zo zijn er ook verschillen in de manier van muziekwaarneming en beschikken sommigen over specifieke vaardigheden zoals een muzikaal relatief of absoluut gehoor. In de literatuur wordt vaak gesproken over muzikale en amuzikale mensen. Om dit te begrijpen is het noodzakelijk om de term 'muzikaal' te duiden. In het woordenboek Van Dale wordt 'muzikaal' gedefinieerd als: 'gevoel of aanleg hebbend voor muziek'. In de Nederlandse encyclopedie wordt het uitgelegd als: 'een aangeboren gevoel voor muziek'. Hieruit is makkelijk te verstaan dat amuzikaal zijn het gevolg is van het gebrek aan gevoel of aanleg voor muziek. Deze definities impliceren dat de vaardigheid van muzikaliteit aangeboren is of niet. Levitin (2012) beaamt het feit dat de muzikale vaardigheid vaak beschouwd wordt als aangeboren of niet aangeboren. Hij voegt hier echter aan toe dat muzikaliteit een zeer ruim begrip is dat veel omvat, waardoor het bijna onmogelijk is om dit in een eenduidige en alomvattende definitie te gieten. Met andere woorden; het grote probleem bij muzikaliteit is de diversiteit en heterogeniteit in expressie ervan. Velen gaan akkoord met Levitin (Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010; Sutton, 2016; Dewilde, 2015; Park, 2016). Levitin deed een poging tot het omschrijven van muzikaliteit: iemand die muzikaal is kan een of meerdere van volgende aspecten bezitten: het lezen of herinneren van muziek, luisteren naar verschillende kenmerken van een muziekuitvoering, een instrument bespelen of zingen, componeren, een grote gevoeligheid hebben voor muziek en zijn bijhorende emoties, de vaardigheid om valse noten te detecteren, het arrangeren en orkestreren van muziek, dirigeren, het programmeren van muziek voor esthetische doeleinden of voor het vinden van verbindingen tussen liederen,... Hiermee wordt ook geïmpliceerd dat mensen muzikaal kunnen zijn, ook al hebben ze geen muzikale opvoeding of opleiding genoten.

De moeilijkheid in de definiëring van muzikale vaardigheden ligt vooral aan het feit dat muziek zelf heel complex in elkaar zit. Muziek bestaat uit verschillende individuele componenten waaronder: toonhoogte, geluidsterkte, timbre, tijd,... (Levitin, 2012; Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010). Vroeger werd gedacht dat muziek in de hersenen in de rechter hemisfeer werd verwerkt en taal links. Dit is echter achterhaald. Bij het luisteren naar muziek, worden al deze componenten in rekening gebracht en verwerkt op specifieke en verschillende plaatsen in de hersenen. Om muziek te kunnen vatten wordt (bij de meeste mensen) de informatie van alle componenten samengebracht in de hersenen. Zo vormen ze representaties van melodie, tempo, ritme, metrum,... Het is dus zo dat niet bij iedereen elke component gelijk is ontwikkeld (Levitin, 2012).

Er zijn echter meerdere factoren die zouden bepalen of iemand al dan niet muzikaal is. Erfelijkheid (Ruthsatz, Detterman, Griscom, & Cirullo, 2007; Levitin, 2012; Oikkonen, et al., 2014; Dewilde, 2015) is een noodzakelijke, maar geen voldoende voorwaarde voor muzikaal zijn, ook de intelligentie (Ruthsatz, Detterman, Griscom, & Cirullo, 2007; Levitin, 2012; Dewilde, 2015) en omgevingsfactoren (Oikkonen, et al., 2014; Ruthsatz, Detterman, Griscom, & Cirullo, 2007; Dewilde, 2015) zoals de cultuur, de muzikale opleiding, de uren oefening, aanvang,... zijn essentieel om muzikaal gedrag tot uiting te laten komen (Ruthsatz, Detterman, Griscom, & Cirullo, 2007; McDermott & Oxenham, 2008). Als er gesproken wordt over de genetisch bepalende factoren wordt er voornamelijk gerefereerd naar verschillende neurale hersengebieden die wel of niet aanwezig zijn bij de geboorte. Deze genetisch bepaalde gebieden in de hersenen moeten echter wel getriggerd worden opdat het muzikale gedrag tot uiting kan komen (Levitin, 2012). Uit onderzoek blijkt reeds dat muziek op corticaal niveau anders wordt verwerkt volgens het niveau van muzikale ervaring (Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010). Muzikaliteit kan echter ook verminderen tot zelfs verdwijnen doordat er schade ter hoogte van de hersenen wordt opgelopen door ziektes of andere organische traumata (Levitin, 2012).

Levitin (2012) en Wallentin et al. (2010) vermelden dat Carl E. Seashore (1919) de eerste was die testen heeft ontwikkeld die het omgaan met de primaire sensorische factoren van muziek zouden opmeten bij mensen. Hij verving deze primaire sensorische factoren van psychosociale aspecten van muziek: toonhoogte, luidheid, tijd en timbre naar fysische (opmeetbare) eigenschappen van geluid namelijk: frequentie, intensiteit, duur en golfvorm. De complexere secundaire aspecten van muziek zoals harmonie, melodie en ritme zouden opgebouwd zijn vanuit de primaire aspecten. Aangezien hij deze primaire factoren beschouwde als goede basisindicatoren voor muzikaliteit, wou hij zo meten of mensen muzikaal waren of niet.

Velen anderen (Gordon, 2007; Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010; Peretz, Champod, & Hyde, 2003; Hoffren, 1964) werden door de Seashore's Measure of Musical Talents test geïnspireerd, en ontworpen nieuwe testen om zo sommige hiaten van Seashore's testen op te vangen.

Eén van de belangrijkste hiaten was dat op deze test professionele muzikanten (mensen die musiceren als job) vaak slechter scoren dan amateurs of mensen zonder een muzikale opleiding (Levitin, 2012).

Eén van de recentere testen is deze van Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, (2010), die kan nagaan in welke mate iemand muzikaal is. Hoewel er reeds de laatste jaren meer geweten is over de muzikale vaardigheden en de correlatie met muzikale verwerking, was er toch nog een gebrek aan een makkelijk verkrijgbare, goed gedocumenteerde, objectieve, korte, up-to-date test die betrouwbaar onderscheid maakt tussen muzikale vermogens. Om deze reden werd de 'musical ear test' (MET) ontwikkeld. De MET focuste zich op twee fundamentele aspecten van muziek namelijk melodie (inclusief toonhoogte en toonovergangen) en ritme. Participanten van deze test kregen muziekfragmenten in paren te horen. Er werd van hen verlangd dat zij beoordeelden of de twee korte opeenvolgende fragmenten gelijkend of verschillend waren door dit op een formulier aan te kruisen. Er werden even veel fragmenten aangeboden over het aspect melodie als het aspect ritme. Om de betrouwbaarheid en validiteit van 'the musical ear test' na te gaan werden er 3 experimenten uitgevoerd. Bij het eerste experiment werd enkel de effectieve MET afgenomen bij (ritmische) muzikanten en niet-muzikanten. Bij het tweede experiment werd zowel de MET als de 'imitation test' afgenomen bij professionele muzikanten en niet-muzikanten (verschillend van experiment 1). Bij het laatste experiment werd opnieuw de MET afgenomen en nu in combinatie met de 'digit span test' met een proefgroep bestaande uit professionele muzikanten, amateurs en niet-muzikanten. De 'imitation test' bestaat al 30 jaar en is een test die muzikaal talent identificeert en de evolutie ervan evalueert. In deze test wordt er van de participanten verlangd dat ze aangeboden (korte) ritmische en melodische muziekfragmenten naklappen of nazingen. De 'digit span test' wordt gebruikt om het verbale werkgeheugen te testen en is dus geen test die direct iets met muzikaliteit te maken heeft. Bij deze afname werden er een aantal (beginnend met vier) cijfers na elkaar verbaal aangeboden. De deelnemers moesten deze cijfers in correcte volgorde nazeggen. De test heeft een oplopende moeilijkheidsgraad. Na de afname en verwerking van de resultaten van deze experimenten konden er over de MET verschillende zaken geconcludeerd worden. Zo zou deze test capabel zijn om een duidelijk onderscheid te maken tussen professionele muzikanten en niet-muzikanten enerzijds en zelfs tussen amateurs en professionele muzikanten anderzijds. Verder is er een duidelijke correlatie tussen de metingen van de MET met die van de (reeds erkende) 'imitation test'. Ten slotte is er ook een correlatie tussen de hoeveelheid oefening en het resultaat op de verbale werkgeheugen test. Deze test dekt nog steeds niet alle componenten van muzikaliteit, maar geeft wel reeds een indicatie voor het bezitten of kunnen ontwikkelen van een muzikaal talent. In bijna elke test die tot nu toe werd ontwikkeld om muzikaliteit te bepalen, worden echter de essentiële zaken van muziek zoals emoties, creativiteit en dynamiek nog niet getest (Levitin, 2012; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016).

Wat echter nooit expliciet aangehaald wordt als een voorwaarde tot het ontwikkelen van muzikaal gedrag, maar eigenlijk aan de basis ligt van de muzikale perceptie, is een werkend auditief systeem. Muziek impliceert de manipulatie van geluid. Onze muziekperceptie is afhankelijk van hoe het auditieve systeem akoestische informatie verwerkt (McDermott & Oxenham, 2008). Zonder de mogelijkheid tot het waarnemen van auditieve (muzikale) stimuli zullen de gespecialiseerde hersengebieden deze stimuli niet kunnen verwerken en zich niet kunnen ontwikkelen. Het gehoor is uiteindelijk de sleutel tot muziekperceptie (Nelken, Bizley, Shamma, & Wang, 2014; Kraus, Zatorre, & Strait, 2014). Vermoedelijk komt uit deze gedachte de andere gebruikte term, om muzikaal zijn of muzikaliteit aan te duiden, muzikaal gehoor. In het Engels komt dit overeen met 'to have a musical ear'. Hoewel sommigen deze term op dezelfde manier definiëren als muzikaliteit (Boschma, sd; Musical ear, sd; team, 2013), geven anderen echter aan dat deze term enger is dan muzikaliteit. Enger in die zin dat een muzikaal gehoor hebben, zich voornamelijk zou toespitsen op slechts 1 component van muziek namelijk; toonhoogte. Dit kan opgemaakt worden zowel uit de Nederlandse als de Engelse definitie (zie de Dikke Vandaele en dictionary.com).

Over de perceptie van deze component van muziek, toonhoogte, is er reeds veel onderzoek gedaan. Dit komt voornamelijk omdat onder de term muzikaal gehoor zowel relatief als absoluut gehoor vallen. In het Engels aangeduid als 'relative' en 'absolute pitch'. Dit zijn 2 verschillende (maar mogelijk toch gerelateerde) manieren om naar tonen te luisteren en deze te interpreteren. De werking van beide manieren is nog zeer dubieus. Hierdoor is het al vele jaren een druk onderzocht onderwerp. Toch is het voornamelijk de werking van het absoluut gehoor die velen intrigeert. Dit komt omdat een absoluut gehoor beschouwd wordt als een unieke en gegeerde muzikale vaardigheid waarover slechts een klein percentage mensen beschikt. De reden hiervoor is niet eenduidig gekend.

In deze bachelorproef wordt deze vaardigheid, absoluut gehoor, verder toegelicht en onderzocht. Dit is echter een verkennend onderzoek waarbij het zwaartepunt bij een literatuurstudie ligt. Er wordt nagegaan hoe een absoluut gehoor kan worden onderzocht met al zijn mogelijkheden en beperkingen. Op basis van deze literatuur werd er ook zelf een onderzoek uitgevoerd. Hieronder worden de resultaten besproken en zal er geprobeerd worden om antwoord te geven op volgende onderzoeksvragen: Vanaf welke score (percentage) kan er gesproken worden van een absoluut gehoor? Of moet dit eerder op een continue schaal gezien worden waarin de mate van een absoluut gehoor kan verschillen.

- Heeft de beginleeftijd van de muzikale opleiding een invloed op het ontwikkelen van een absoluut gehoor?
- Komt een absoluut gehoor vaker voor bij professionelen dan bij amateurs?

Andere mogelijke onderzoeksvragen kunnen de volgende zijn:

- Hebben mensen met een absoluut gehoor vaker nog familieleden met ook een absoluut gehoor?
- Scoren mensen die zekerder zijn dat ze een absoluut gehoor hebben significant beter dan deze die aangeven minder zeker te zijn?
- Heeft het begininstrument een invloed op het ontwikkelen van een absoluut gehoor?
- Komt een absoluut gehoor vaker voor bij mannen dan bij vrouwen?
- Vermindert het voorkomen van een absoluut gehoor naarmate men ouder wordt?

Binnen het tijdsbestek van deze bachelorproef konden deze vragen niet uitgewerkt worden, maar ze kunnen wel deel uit maken van verder onderzoek.

2 Probleemstelling: Definiëren van het onderwerp

2.1 Definitie van een absoluut gehoor (AG)

Het definiëren wat een absoluut gehoor is, is geen evidentie. Doorheen de literatuur worden er twee verschillende definities gehanteerd, waarbij de ene een extra aspect aanhaalt ten opzichte van de andere.

Vrij vertaald kan een absoluut gehoor of ‘absolute pitch’ als volgt omschreven worden:

1. ‘Een absoluut gehoor is het vermogen of de vaardigheid om tonen én klanken te kunnen identificeren en benoemen zonder gebruik te maken van een referentietoon.’ (Levitin & Rogers, *Absolute pitch: perception, coding, and controversies*, 2005; Athos, et al., 2007; Bermudez & Zatorre, 2009; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Saffran & Griepentrog, 2001; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Drayna, 2007)
2. ‘Een absoluut gehoor is het vermogen of de vaardigheid om tonen én klanken te kunnen identificeren, benoemen en/of te produceren zonder gebruik te maken van een referentietoon.’ (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Takeuchi & Hulse, 1993; Baggaley, 1974; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998; Deutsch, *The puzzle of absolute pitch*, 2002; Vanzella & Schellenberg, 2010; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Ziv & Radin, 2014; Miyazaki, 1988; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999).

Slechts één auteur (Vanzella & Schellenberg, 2010) verwoordt expliciet wat de definitie impliceert; namelijk dat de minimale voorwaarde om een absoluut gehoor volledig te bezitten, de taal van de muziek beheersen is. Zo niet, is men niet in staat om een bepaalde toon te benoemen met een notennaam.

Door de variatie in het definiëren van een absoluut gehoor is er in deze bachelorproef gekozen om voornamelijk deze eerste definitie te hanteren aangezien die aspecten in beide definities voorkomen.

2.2 Perfect pitch t.o.v. Absolute pitch

In het Engels wordt er vaak nog over een ander type van ‘pitch’ gesproken namelijk ‘perfect pitch’. Velen beschouwen deze term als een synoniem voor ‘absolute pitch’. (Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Burge, 2016; *What’s the difference between relative pitch and perfect pitch?*, 2016; Beck, 2008; Deutsch, *Absolute pitch*, 2013; Takeuchi & Hulse, 1993; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999; Athos, et al., 2007; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998) (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998). Er zou volgens sommigen toch nog een discreet verschil

zijn tussen de twee dat (o.a. in de wetenschappelijke literatuur) vaak zou worden verwaarloosd (McDermott & Oxenham, 2008; Saffran & Griepentrog, 2001). 'Perfect pitch' zou specifiek verwijzen naar de vaardigheid om de toonhoogte van tonen, in het bijzonder die van de chromatische toonladder, om te zetten naar verbale tekens; of met andere woorden te kunnen benoemen (McDermott & Oxenham, 2008; Saffran & Griepentrog, 2001). Levitin (2005) wijst er echter op dat de terminologie 'absolute' en 'perfect' verkeerd is. Deze termen zijn in leken taal synoniemen voor 'foutloos'. Bij mensen die over een absoluut gehoor beschikken is dit niet volledig het geval, aangezien zij toch vaak o.a. octaaffouten maken (net als mensen zonder een AG) bij het benoemen van tonen (Vanzella & Schellenberg, 2010; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Takeuchi & Hulse, 1993).

De definitie van McDermott & Oxenham, en Saffran & Griepentrog voor perfect pitch, strookt in essentie met de eerste definitie van absoluut gehoor. Daarom wordt ook in deze bachelorproef besloten om deze twee termen als gelijken te beschouwen. Door het inconsequent gebruik van de definities van een absoluut gehoor doorheen de literatuur is onderzoek naar dit fenomeen niet zo eenvoudig.

2.3 Absoluut en relatief gehoor

2.3.1 Definitie relatief gehoor (RG)

De muziekcomponent 'toonhoogte' zou door mensen met een AG anders verwerkt worden dan door mensen met een relatief gehoor. Relatief gehoor wordt voornamelijk als volgt gedefinieerd:

'Het vermogen of de mogelijkheid om muzikale intervallen, relaties tussen tonen, de toonhoogte van (muziek)tonen en melodieën die gespeeld worden in een andere toonaard maar met dezelfde intervallen, te beoordelen, identificeren, herkennen of te produceren ten opzichte van andere tonen die eerder gehoord werden' (McDermott & Oxenham, 2008; Boschma, sd; Beck, 2008; What's the difference between relative pitch and perfect pitch?, 2016; Levitin & Rogers, Absolute pitch: perception, coding, and controversies., 2005; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998; Athos, et al., 2007; Vanzella & Schellenberg, 2010; Ziv & Radin, 2014).

2.3.2 AG teken van superieure muzikaliteit t.o.v. RG?

Absoluut gehoor wordt vaak geassocieerd met een uitzonderlijke muzikale bekwaamheid of muzikaliteit o.a. omdat vele bekende en grote muzikanten en componisten (zoals bv. Mozart) over deze vaardigheid beschikten en beschikken (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Takeuchi & Hulse, 1993; Bermudez & Zatorre, 2009; Miyazaki, 1988; McDermott & Oxenham, 2008). Toch blijkt in de literatuur onenigheid over deze opvatting te bestaan. Een relatief gehoor zou minstens als een even belangrijke vaardigheid

worden beschouwd om muziek te kunnen verwerken (Levitin & Rogers, 2005; Saffran & Griepentrog, 2001; Ziv & Radin, 2014; Burns & Ward, 1999). Diana Deutsch (2006) spreekt over het feit dat absoluut gehoor een uitzonderlijke vaardigheid is maar dat bezitters hiervan niet noodzakelijk ook de andere componenten van muziek even superieur verwerken. Annie H. Takeuchi (1993) nuanceert eveneens, absoluut gehoor is een wenselijke eigenschap maar dan voornamelijk voor het componeren en het onderzoeken van atonale muziek. Aangezien bij deze muziek geen gebruik kan gemaakt worden van een referentie (zoals bv. de toonaard) om tonen te benoemen. Daniel Levitin (2005) zegt op zijn beurt dat een absoluut gehoor soms wordt gezien als een teken van muzikaliteit, maar dat dit voor vele muzikale aspecten een irrelevante en soms zelf belemmerende vaardigheid is. Doordat AG-bezitters niet in staat zijn om het af te zetten, scoren zij soms zelfs dramatisch veel slechter bij bv. het herkennen van een melodie met zijn getransponeerde variant, dan niet-AG-bezitters. Raphael Leite, Sergio Mota-Rolim en Claudio Queiroz (2016) en de onderzoeken aangehaald in het artikel van Naomi Ziv en Shulamit Radin (2014), bevestigen de stelling van Levitin.

2.3.3 Onderzoek naar de verwerking van akkoorden bij mensen met een AG en mensen met een RG

Ziv & Radin (2014) voerden ook zelf onderzoek uit naar de verschillende verwerking van akkoorden tussen mensen met een absoluut gehoor en mensen met een relatief gehoor, om zo de verschillen en de gelijkenissen tussen de twee types aan te geven. Het hoofddoel van dit onderzoek was om na te gaan of de perceptie van geïsoleerde toonhoogtes wel of niet interfereert met het verwerken van globale aspecten van muziek (zoals akkoorden), waar het relatief gehoor dus meer voor geschikt is. Uit de resultaten van deze testafname kon men het volgende concluderen: Het absoluut en relatief gehoor zijn twee verwante maar verschillende vaardigheden. De vaardigheid van het relatief gehoor kan bij mensen met een duidelijk absoluut gehoor nog niet betrouwbaar opgemeten worden. De meeste participanten hadden of hoge scores of lage scores voor de beide vaardigheden. De participanten met een absoluut gehoor hadden significant meer tijd nodig om akkoorden te herkennen in vergelijking met deze met een relatief gehoor. Voor het kunnen identificeren van één noot uit een aangeboden akkoord zou zowel het absoluut als het relatief gehoor relevant zijn om een optimaal resultaat te behalen.

2.4 Tonotopie van het gehoor

Uit audiologisch standpunt, rekening houdend met tonotopie in de cochlea tot de auditieve cortex, lijkt het logischer dat absoluut gehoor eerder de auditieve perceptie domineert en dus niet zo uniek zou zijn als beweerd wordt. Hier moet bij opgemerkt worden dat dit uiteraard ook moet gestimuleerd en getraind worden. De tonotopie zegt dat elke zuivere toon een bepaalde frequentie heeft die het basilair membraan op zijn resonantiefrequentieplaats laat trillen en de haarcellen op die plaats doet exciteren. Elke zenuwvezel geeft de informatie die afkomstig is van zijn bijhorende haarcel(len) ergens op het basilair membraan, aan de hersenen door. De tonotopie aanwezig op het basilair membraan is ook aanwezig in de auditieve cortex. De trilling die de excitatie heeft veroorzaakt wordt door de haarcellen via de zenuwvezels en de nervus cochlearis doorgestuurd naar de auditieve cortex en daar op zijn specifieke plaats verwerkt. (Rijckaert, 2015; Athos, et al., 2007; Levitin, 1994; McDermott & Oxenham, 2008; Smith & Schmuckler, 2008).

Het waarnemen van een toon is echter slechts één (belangrijke) component van een AG. De meeste mensen horen inderdaad tonen en verschillen tussen tonen, maar kunnen dit niet noodzakelijk benoemen. (Levitin & Rogers, 2005; Deutsch, The puzzle of absolute pitch., 2002; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Vanzella & Schellenberg, 2010). Er wordt gesuggereerd dat hiervoor in de hersenen bepaalde linken gelegd moeten worden tussen de verschillende hersengebieden voor enerzijds de toonperceptie en anderzijds de verbale benoeming ervan (Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Deutsch, Absolute pitch, 2013). De mogelijkheid om deze hersenassociaties te leggen is echter afhankelijk van verschillende factoren (die hieronder verder worden toegelicht) zoals beginleeftijd muzikale opvoeding/opleiding, erfelijkheid en omgevingsfactoren (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Athos, et al., 2007; Bermudez & Zatorre, 2009; Vanzella & Schellenberg, 2010; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Ziv & Radin, 2014).

2.5 Prevalentie van een AG

Hoewel er onenigheid bestaat over de superioriteit tussen de twee types van gehoor, blijkt echter wel uit onderzoek dat absoluut gehoor duidelijk minder frequent voorkomt en in die zin zeker unieker is dan relatief gehoor. (Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; McDermott & Oxenham, 2008; het absoluut gehoor, 2016; Ziv & Radin, 2014; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015) De prevalentie zou geschat zijn op 1 op 10.000 mensen van de wereldbevolking (Takeuchi & Hulse, 1993; Levitin, 1994; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Vanzella & Schellenberg, 2010). De prevalentie bij muzikanten zou (uiteraard) hoger liggen.

Volgens het onderzoek van Baharloo et al. (1998) (afgenomen bij 612 muzikanten) zou dit rond de 15% zijn. Gregersen et al. (1999) deed gespecialiseerder onderzoek en ondervond dat de prevalentie nog meer steeg afhankelijk van de beginleeftijd van de muzikale opleiding, de moedertaal, etnische afkomst en op welk niveau muziek werd beoefend. Onderzoek uit 2016 (Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016) weerlegde echter de 15% die Baharloo et al. had beschreven naar 4%.

Er zou ook een hogere prevalentie zijn bij blinden (Levitin & Rogers, 2005; Saffran & Griepentrog, 2001), mensen met autisme spectrum stoornissen (Saffran & Griepentrog, 2001; Ziv & Radin, 2014; Heaton, Hermelin, & Pring, 1998) en mensen met het Williams syndroom (Lenhoff, Perales, & Hickok, 2001). Er zou echter geen significant verschil in geslacht zijn (Deutsch, Absolute pitch, 2013; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016).

2.6 Variatie tussen AG-bezitters

Zoals reeds eerder aangegeven is er discussie in de definiëring van het absoluut gehoor. Dit komt omdat er een grote verscheidenheid is tussen het tot uiting komen van een AG bij AG-bezitters. Zo zijn sommige AG-bezitters wel in staat om tonen te benoemen, maar niet om tonen te produceren. Hierdoor zouden ze volgens sommigen dan ook niet voldoen aan de (tweede vernoemd in deze bachelorproef) definitie en bijgevolg niet behoren tot de groep van mensen met een AG (Takeuchi & Hulse, 1993). Bovendien blijkt uit een onderzoek van o.a. Wynn (1972) dat de productie van een toon niet enkel inter-, maar ook intrapersoonlijk kan variëren van dag tot dag én zelfs gedurende de dag. Dit zou volgens Wynn mogelijk te maken hebben met de hormonale veranderingen bij zowel de vrouw als de man, omdat hormonen een invloed uitoefenen op de elektrische activiteit van het auditieve zenuwstelsel.

Daarnaast is er ook diversiteit tussen de reactiesnelheid van AG-bezitters. Er zijn muzikanten die doorheen hun muzikale carrière een toon (vaak hun stemnoot, de la) in hun lange termijn geheugen opslaan. Indien ze een andere toon aangeboden krijgen, vergelijken ze die met de opgeslagen toon in hun geheugen. Ze zijn vaak goed in staat om hoog te scoren op AG testen maar gebruiken eigenlijk een vorm van relatief gehoor. Hierdoor worden ze soms toch benoemd als mensen met een absoluut gehoor. Doordat ze echter de toon moeten vergelijken met de opgeslagen toon, duurt de identificatie en benoeming langer dan bij mensen met een AG (dewelke geen interne toon bezitten) maar is deze nog steeds korter dan bij mensen zonder een AG. Door naar de reactietijd te kijken kan er wel een onderscheid gemaakt worden tussen 'echte' AG-bezitters en 'quasi-AG-bezitters' of 'mensen met een aangeleerd AG' (Levitin & Rogers, 2005; Bermudez & Zatorre, 2009; Takeuchi & Hulse, 1993; Bachem, 1954).

Hormonale verschillen en de reactiesnelheid zijn niet de enige parameters die zorgen voor verschillen tussen AG-bezitters. Ook het timbre, het toonhoogteregister, de toonhoogteklasse van een aangeboden toon en de accuraatheid en consistentie van het reageren, spelen een uitgesproken rol (Takeuchi & Hulse, 1993).

2.7 Vergelijking AG - kleurbenoeming

De vaardigheid absoluut gehoor wordt vaak beschouwd als het muzikale equivalent van de kleurbenoeming van verschillende visuele frequenties, een vaardigheid waarover de meeste mensen beschikken (Athos, et al., 2007; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Levitin & Rogers, Absolute pitch: perception, coding, and controversies., 2005; Deutsch, The puzzle of absolute pitch., 2002). Mensen die beschikken over één of beide vaardigheden, identificeren en benoemen de verschillende frequenties zonder enige moeite en zonder nood aan een referentie (Deutsch, The puzzle of absolute pitch., 2002; Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Levitin & Rogers, 2005). De vraag is echter: hoe komt het dat zoveel mensen in staat zijn om, zonder inspanning en zonder referentie, kleuren te benoemen en slechts een minderheid tonen (Levitin & Rogers, 2005)? Een duidelijke, verklarende uitleg is er niet. Levitin (2005) beweert dat dit te maken heeft met de manier waarop het visuele en auditieve systeem opgebouwd zijn en de visuele- en auditieve prikkels corticaal verwerkt en gepercipieerd worden. Het visuele systeem zou zodanig opgebouwd zijn dat er gemakkelijk discrete categorieën kunnen ontstaan: kleurinformatie wordt opgesplitst in drie (soms vier) 'stromen' door de kegeltjes in de retina van het oog, en deze drie blijven opgesplitst tot in de cortex. Terwijl informatie van de cochlea en het perifeer auditieve systeem eerder een continu gegeven zou zijn en gebrek heeft aan het één op één linken van excitatie patronen en hun perceptie. In andere woorden, toonhoogte- en kleurperceptie zijn fenomenologisch verschillend: kleuren worden ervaren als het behoren tot een bepaalde categorie, terwijl toonhoogtes meestal worden ervaren als een continu gegeven. Het feit dat sommige individuen (deze met een absoluut gehoor) ook toonhoogtes in bepaalde categorieën kunnen plaatsen, vereist een verklaring. Zou er iets anders zijn aan deze individuen in hun ontwikkeling of neurale opbouw? (zie verder)

Mensen met een absoluut gehoor zijn volgens Deutsch (2013) net zo uniek als mensen met kleuranomie. Kleuranomie is een afwijking waarbij een persoon verschillende kleuren kan discrimineren maar de kleuren zelf niet kan identificeren en benoemen. Een gelijkaardige ervaring kennen de meeste muzikanten bij het identificeren en benoemen van toonhoogtes.

2.8 Afname van het absoluut gehoor met het ouder worden

Er zijn anekdotische rapporteringen van mensen die aangeven dat naarmate ze ouder worden (reeds rond de leeftijd van 40 à 50 jaar) de accuraatheid en betrouwbaarheid van hun absoluut gehoor afneemt. De toonhoogteperceptie zou één tot twee halve tonen verschuiven zodat bij de identificatie van tonen deze vaak te hoog werden benoemd. Slechts enkelen meldden dat ze tonen eerder te laag inschatten (Deutsch, Absolute pitch, 2013; Takeuchi & Hulse, 1993). Aangezien toonhoogteperceptie afhankelijk is van de excitatieplaats op het basilair membraan kan de verandering van het benoemen van tonen mogelijk toegeschreven worden aan het verlies van elasticiteit van het basilair membraan naarmate men ouder wordt. Hierdoor verandert de excitatieplaats van specifieke frequenties en worden ze anders gepercipieerd (Takeuchi & Hulse, 1993). Athos et al. (2007) bevestigt dat de verandering van het absoluut gehoor toegeschreven zou kunnen worden aan de verandering van elasticiteit van het basilair membraan. Hij geeft echter aan dit niet door het verlies van elasticiteit maar door een toename van elasticiteit kan verklaard worden. Door deze verandering in de elasticiteit zouden mensen tonen eerder te hoog benoemen i.p.v. te laag. In zijn artikel 'Dichotomy and perceptual distortions in absolute pitch ability' (2007) zet Athos et al. een hypothese hierover uiteen. Deze hypothese is echter nog niet getoetst aan de werkelijkheid. Tsuzaki, Tanaka, Sonoda gaven (in november 2016) te kennen onderzoek hierover te hebben opgestart maar dit is nog niet afgerond.

2.9 Hoe ontwikkelen kinderen? Eerst relatief dan absoluut of omgekeerd?

Er is in de literatuur heel wat onenigheid over het feit of de mensheid als kind eerst relatief of eerst absoluut prikkels verwerkt. Er zijn slechts een aantal aanhangers van de gedachte dat kinderen eerst relatief zaken verwerken en op latere leeftijd sommige zaken absoluut gaan percipiëren (McDermott & Oxenham, 2008; Plantinga & Trainor, 2005; Thiers, 2003). Velen hechten echter meer geloof aan de tegenovergestelde hypothese (Takeuchi & Hulse, 1993; Levitin & Rogers, 2005; Saffran & Griepentrog, 2001; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Ziv & Radin, 2014; Vanzella & Schellenberg, 2010).

2.9.1 Onderzoeken omtrent de verwerkingstechniek van auditieve stimuli

Er werden een aantal testen uitgevoerd om te ontdekken hoe kinderen hun eerste muziekervaring, verbale uitdrukkingen en andere auditieve stimuli verwerken. Plantinga en Trainor (2005) deden onderzoek bij 6-maand oude kinderen. Deze kinderen werden blootgesteld aan een bepaalde melodie. De dag erna werd dezelfde melodie aangeboden maar op een andere toonhoogte. Uit de reacties bleek dat deze kinderen de melodie toch herkenden ook al werd deze afgespeeld op een verschillende toonhoogte. Bovendien gaven ze geen uitgesproken voorkeur aan de origineel aangeboden toonhoogte

van de melodie. De mogelijkheid dat deze kinderen zich de absolute toonhoogte van de melodie herinnerden, kan niet worden uitgesloten maar in dit onderzoek werd dit niet expliciet geobserveerd. Ander experimenteel onderzoek suggereert dat jonge kinderen tijdens hun taalontwikkeling duidelijk waarde hechten aan de (absolute) toonhoogte waarop ze een nieuw woord aangeboden krijgen. Saffran en Griepentrog (2001) observeerde dit fenomeen bij kinderen van 7,5-maand. Deze kinderen gaven tekenen dat ze capabel waren om hetzelfde woord te herkennen, uitgesproken door 2 verschillende mensen van eenzelfde geslacht maar herkenden het woord niet indien deze mensen een verschillend geslacht hadden. Dit kan vermoedelijk verklaard worden doordat mannen en vrouwen in een andere frequentiebereik spreken. Indien hetzelfde onderzoek uitgevoerd werd bij 10-maand oude kinderen bleek dat het zelfde woord uitgesproken door zowel een vrouw als een man inmiddels wel reeds werd herkend als hetzelfde woord. Het feit dat er een verschuiving zou zijn van een absolute naar een relatieve verwerking van auditieve stimuli wordt verder aangetoond in het onderzoek van Sergeant en Roche (1973). Zij leerden 3 tot 6 jaar oude kinderen simpele melodieën aan en vroegen de kinderen 3 weken later om deze opnieuw te zingen. Toen bleek dat de jongere kinderen de melodieën zongen op de oorspronkelijk aangeleerde toonhoogte terwijl de oudere kinderen dit vaak niet deden. De melodieën gezongen door de laatste groep was relatief gezien wel correct en bovendien zelfs correcter dan bij de jongere kinderen. De laatste bevindingen suggereren eerder de mogelijkheid dat bij jonge kinderen het absoluut interpreteren van auditieve stimuli de perceptie domineert en dat dit later (door ervaring) afneemt en kinderen dan eerder relatief zaken verwerken. In de auditieve wereld zou namelijk de relatieve verwerking domineren ten opzichte van absolute (Saffran & Griepentrog, 2001). De mogelijkheid dat kinderen bij de geboorte beide vaardigheden bezitten kan op basis van deze onderzoeken niet uitgesloten noch duidelijk bevestigd worden.

2.9.2 De verschuiving van de verwerking van auditieve stimuli doorheen de ontwikkeling

Terhardt en Seewann (1983) beamen de stelling, over het feit dat de relatieve de absolute verwerking van auditieve stimuli domineert, van Saffran en Griepentrog. Zowel bij de muziek- als de taalperceptie zouden kinderen zich eerst focussen op de absolute toonhoogte van stimuli, aangezien dit de meest uitgesproken component is. Door ervaring en maturisatie zouden kinderen echter merken dat voor de identificatie van taal (in landen waar geen toontaal wordt gesproken) en het verstaan van muziek, de relaties tussen de verschillende toonhoogtes belangrijker is. Zo kan er makkelijker een woord worden verstaan dat uitgesproken wordt door een man of een vrouw, of een melodie worden herkend als deze in een andere toonhoogte wordt uitgevoerd dan het origineel. Bovendien halen Saffran & Griepentrog (2001) en Ziv & Radin (2014) aan dat absolute perceptie minder complex zou zijn dan relatieve perceptie. Absolute verwerking zou namelijk eerder een lokale verwerking in de hersenen inhouden en relatieve een globale (Ziv & Radin, 2014). Bij het relatief verwerken zouden meerdere componenten van muziek

geïntegreerd geïnterpreteerd worden. Bij een absolute verwerking wordt er slechts naar één component gekeken, namelijk de meest uitgesproken: de toonhoogte. Om de verschillende componenten (van muziek en/of spraak) samen te kunnen verwerken en integreren, moeten meerdere hersengebieden functioneren, met elkaar in verbinding staan en samen geassocieerd worden. Zoals reeds geweten uit de ontwikkeling van het perceptueel functioneren, zijn jonge kinderen in eerste instantie niet in staat om verschillende prikkels (intersensorieel) met elkaar te associëren (Kerkhofs, 2016). Pas na verloop van tijd (door o.a. maturisatie in de hersenen) zijn kinderen in staat om linken te leggen tussen verschillende prikkels. Op basis van deze gedachte is het mogelijk te verklaren dat jonge kinderen niet capabel zijn om in het begin van hun leven (relatief) verschillende componenten van auditieve stimuli gelijktijdig te verwerken. Naarmate ze ouder worden zou de relatieve verwerking niet enkel door ervaring maar ook door maturisatie van de hersenen (waardoor linken tussen hersengebieden worden gelegd) vergemakkelijkt worden. Aangezien mensen met autisme eveneens moeilijkheden hebben met het leggen van associaties tussen verschillende prikkels (of verschillende componenten van prikkels) kan volgens deze hypothese mogelijk verklaard worden waarom de prevalentie van AG bij deze mensen zo hoog ligt (Ziv & Radin, 2014).

2.10 Hoe ontstaat een absoluut gehoor?

Rekening houdend met de tonotopische gedachte en de prevalentiecijfers wordt de vraag vaak gesteld: 'Hoe komt het dat maar zo weinig mensen over de AG-vaardigheid beschikken?' Hierop is er geen eenduidige antwoord. Er zijn wel een aantal factoren die een rol zouden spelen bij het mogelijk ontwikkelen van deze vaardigheid. Deze factoren worden hieronder verder toegelicht.

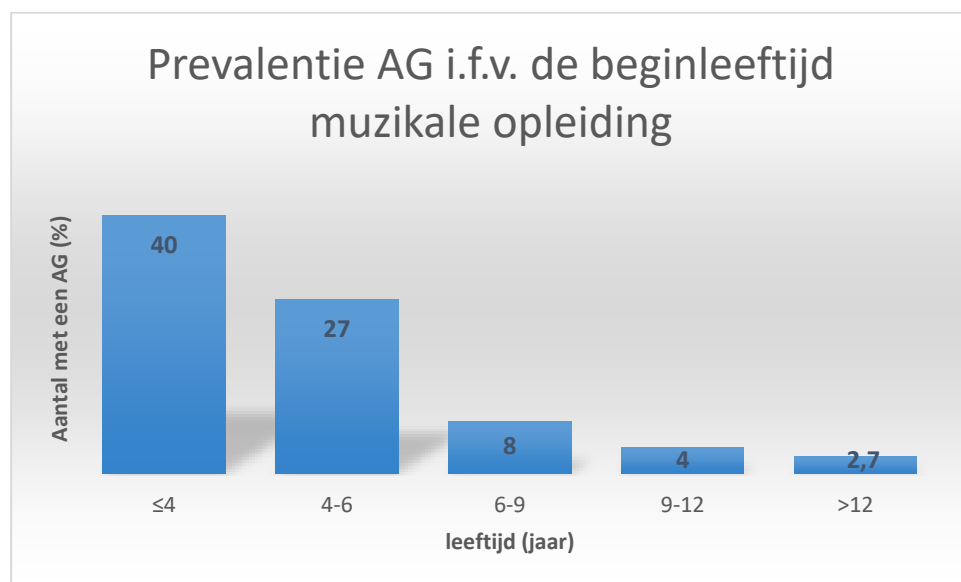
2.10.1 Oefening baart kunst

2.10.1.1 *beginleeftijd muzikale opleiding*

Bezitters van een absoluut gehoor zijn vaak niet in staat te zeggen wanneer ze de vaardigheid van een absoluut gehoor hebben verworven. Alle bezitters geven wel aan dat ze een muzikale opleiding hebben genoten, dewelke vaak op een jonge leeftijd is gestart. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de vaardigheid niet incidenteel wordt verworven, maar duidelijk aangeleerd moet zijn (in de vorm van een semantisch geheugen) (Levitin & Rogers, 2005; Takeuchi & Hulse, 1993; Deutsch, Absolute pitch, 2013). Op basis van deze getuigenissen gingen vele onderzoekers er van uit dat AG kon ontwikkeld worden door voldoende oefening. Zij hebben leerprogramma's ontworpen en getest. Uit de resultaten van de testen bleek echter een uitgesproken gebrek aan succes bij volwassenen. Er was wel een verbetering merkbaar

maar de manier waarop tonen werden geïdentificeerd en gepercipieerd, verschilde duidelijk nog in o.a. snelheid, accuraatheid,... met deze van mensen die van nature een absoluut gehoor hadden. Bij kinderen waren de resultaten veel beter. Zij toonden nog meer verbetering en een aantal (zeer jonge kinderen) verwierven effectief de vaardigheid. Zowel Takeuchi (1993) en Deutsch (2013) beschrijven een overzicht van uitgevoerde onderzoeken hieromtrent. Gebaseerd op deze constatactie, waaruit bleek dat intensieve training voornamelijk baat had bij kinderen, zijn de meeste onderzoekers het eens dat de beginleeftijd van de muzikale opleiding een essentiële rol speelt in het ontwikkelen van een AG (Athos, et al., 2007; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Takeuchi & Hulse, 1993; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Vanzella & Schellenberg, 2010; Bermudez & Zatorre, 2009; Ziv & Radin, 2014; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999).

De prevalentie cijfers die ontstaan zijn uit een onderzoek van Baharloo et al. (1998) zetten dit feit extra kracht bij. Hij onderzocht 600 muzikanten en kwam tot het besluit dat 40% van de mensen die hun muzikale opleiding startten voor of op de leeftijd van 4 jaar, over een absoluut gehoor beschikten. Dit in vergelijking met maar 3% van de mensen die na of op 9 jaar hun opleiding startten. Gregersen et al. (1999) en Deutsch et al. (2006) vonden in hun onderzoeken gelijkaardige resultaten.



Figuur 1: Prevalentiecijfers uit onderzoek van Baharloo et al. (1998)

2.10.1.2 Kritische periode

Bovenstaande studies wijzen dus in de richting van een zekere, maar beperkte kritische periode, waarin het kind zijn muzikale opleiding moet beginnen, opdat het meer kans zou hebben om een absoluut gehoor te ontwikkelen (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Levitin, 1994; Deutsch,

Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Vanzella & Schellenberg, 2010; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998). Deze periode zou lopen tot ongeveer de leeftijd van 6 à 7 jaar (Vanzella & Schellenberg, 2010; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016). Zoals eerder aangegeven, wordt gesuggereerd dat indien kinderen tijdens deze periode blootgesteld worden aan auditieve stimuli en ze deze stimuli leren benoemen, er zich (ten gevolge van de plasticiteit van de hersenen) bepaalde neurale circuits zouden ontwikkelen. Aangezien de plasticiteit van de hersenen afneemt naarmate men ouder wordt, zouden deze specifieke neurale circuits zich niet meer kunnen ontwikkelen op een volwassen leeftijd (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Oechslin, Meyer, & Jäncke, 2010).

Het zou bovendien geen toeval zijn dat deze kritische periode parallel loopt met de periode waarin kinderen de auditieve klanken van hun eigen moedertaal leren herkennen (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Ziv & Radin, 2014; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Levitin & Rogers, 2005). Uit onderzoek blijkt namelijk dat dezelfde hersenstructuren actief zijn bij het benoemen van tonen als bij het verwerken van spraak (Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995; Saffran & Griepentrog, 2001).

2.10.2 Andere hersenstructuren

2.10.2.1 *De tweecomponententheorie van het AG*

Volgens de tweecomponententheorie zou absoluut gehoor bestaan uit enerzijds het toonhoogtegeheugen ('pitch memory') en anderzijds de toonhoogtebenoeming ('pitch labeling') (Levitin & Rogers, 2005; Deutsch, The puzzle of absolute pitch., 2002; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Vanzella & Schellenberg, 2010).

Over de eerste component zou echter iedereen in zekere zin beschikken, in tegenstelling met wat vroeger werd gedacht. Dit blijkt uit meerdere studies. Dit wordt door Deutsch benoemd als een 'impliciet absoluut gehoor'.

2.10.2.2 *De eerste component*

Terhardt and Seewann (1983) deden hier als een van de eersten onderzoek naar en ondervonden dat muzikanten zonder AG, toch in staat waren om te bepalen of een gekend muziekstuk in zijn oorspronkelijke toonaard werd gespeeld of niet. Halpern (1989) onderzocht dit eveneens. Zij testte zowel mensen met als zonder een muzikale opleiding en vroeg aan deze mensen om welgekende liedjes

te zingen of te neuriën. Na een paar dagen werd deze opdracht herhaald. Binnen elke proefpersoon bleken de toonhoogte deviaties klein te zijn (slechts twee halve tonen verschil) ook al zat er een paar dagen tussen de eerste en de tweede test. De observatie van deze vastheid in responsen over een bepaalde periode, suggereert dat het toonhoogtegeheugen een vorm van stabiliteit moet hebben over tijd. Levitin (1994) deed 5 jaar later een gelijkaardig onderzoek. Aan 46 proefpersonen werd gevraagd om twee verschillende populaire liedjes te zingen. Hun prestaties werden opgenomen en vergeleken met de toonhoogte van de originele liedjes. Uit de resultaten bleek dat 40% van de proefpersonen minimum één van de twee liedjes op de juiste toonhoogte zong. 12% zat voor beide liedjes op de juiste toonhoogte en bij 44% was de variatie slechts twee halve tonen t.o.v. de oorspronkelijke toonhoogte. Dit experiment wijst in de richting dat het gros van de bevolking een stabiel, langetermijntoonhoogtegeheugen zou bezitten.

De gedachte dat mensen met een AG over een superieur toonhoogtegeheugen zouden beschikken ten opzichte van mensen zonder, zou bovendien ook achterhaald zijn (Takeuchi & Hulse, 1993). Dit werd reeds aangetoond in een onderzoek door Bachem (1954) en werd later eveneens bevestigd door Rakowski (2007). Hij wou dit mogelijke verschil in kaart brengen. Twee groepen (deze met en zonder een AG) kregen een toon te horen en werden gevraagd deze te onthouden voor een bepaalde tijdspanne die varieerde tussen 5 seconden, 1 dag en 1 week. Na een bepaalde tijdspanne werd opnieuw een toon aangeboden. Nu werd aan de proefpersonen gevraagd of de laatst gehoorde toon gelijk of verschillend was van de vorige. Voor een korte tijdsperiode (<1 min) was er een gelijkaardig geheugenverval op te merken met nauwelijks een responsverschil tussen beide proefgroepen. Hoe langer het tijdsinterval hoe duidelijker de verschillen tussen de twee proefgroepen. Het geheugenverval verminderde nauwelijks bij mensen met een AG terwijl dit drastisch verminderde bij mensen zonder deze vaardigheid. Dit werd toen reeds verklaard door het feit dat tijdens een tijdsbestek van minder dan 1 minuut beide groepen beroep zouden doen op hun echoïsch geheugen, vandaar de gelijkaardige resultaten. Wanneer het tijdsbestek langer was, konden mensen met een AG beroep doen op hun vaardigheid om tonen te benoemen. Indien er echter tonen werden aangeboden die niet meer benoemd konden worden door mensen met een AG, was er niet langer een verschil op te merken tussen de twee proefgroepen. De limiet zou rond de 4000Hz-5000Hz liggen (Takeuchi & Hulse, 1993) een ondergrens is tot nog toe nergens beschreven.

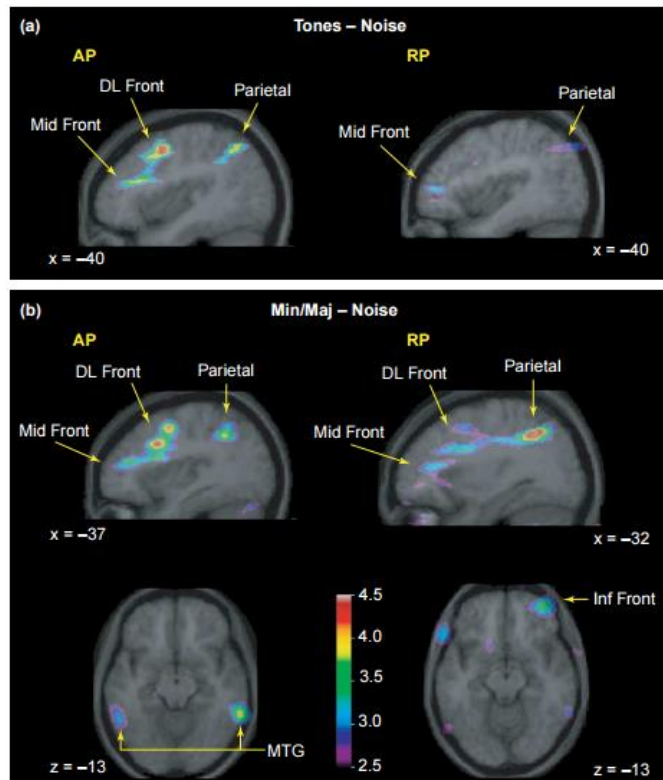
2.10.2.3 De tweede component

Zoals reeds o.a. uit het onderzoek van Bachem (1954) op te maken valt, is het de tweede component die mensen met een absoluut gehoor zo speciaal maakt. Deze component zouden deze personen vermoedelijk gedurende hun kritische periode verworven hebben. Het stelt hun in staat om bij het luisteren naar tonen de toonhoogtes ervan te vergelijken met opgeslagen toonhoogtes die in een soort van 'toonhoogtesjabloon' zijn opgeslagen en geassocieerd worden met specifieke verbale tekens. In het

‘toonhoogtesjabloon’ zijn de toonhoogtes opgedeeld in categorieën net zoals zovelen dit doen voor het herkennen van kleuren (Levitin & Rogers, 2005).

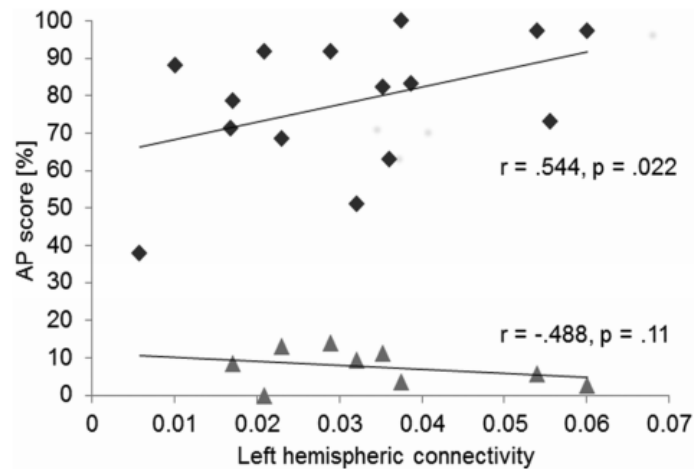
Het feit dat dit verworven is gedurende de kritische periode, de periode waarin de hersenen een zekere plasticiteit bevatten, doet vermoeden dat deze personen mogelijk een andere hersenstructuur en eventuele werking ontwikkeld hebben ten opzichte van andere muzikanten zonder een AG.

Neuro-anatomische onderzoeken bevestigen deze vermoedens. Er zijn enerzijds duidelijke anatomische verschillen te zien en anderzijds een verschillend gebruik van bepaalde breincircuits, bij het verwerken van bepaalde geluiden bij mensen met een AG en deze zonder. Dit breincircuit zou o.a. gebieden omvatten die geassocieerd worden met toonhoogteperceptie, categorisatie, geheugen en spraakverwerking (Deutsch, Absolute pitch, 2013; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Bermudez & Zatorre, 2009; Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995). Op MRI-onderzoeken was er een grotere asymmetrie zichtbaar tussen het linker en rechter planum temporale bij mensen met een AG: het linker planum temporale is bij hen aanzienlijk groter dan bij personen zonder AG. (Athos, et al., 2007; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995; Ziv & Radin, 2014; Deutsch, The puzzle of absolute pitch., 2002; Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998). Het planum temporale wordt beschouwd als een gebied dat kritiek is voor het verwerken van de eigenschappen van complexe geluiden zoals spraakklanken (Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995; Ziv & Radin, 2014).

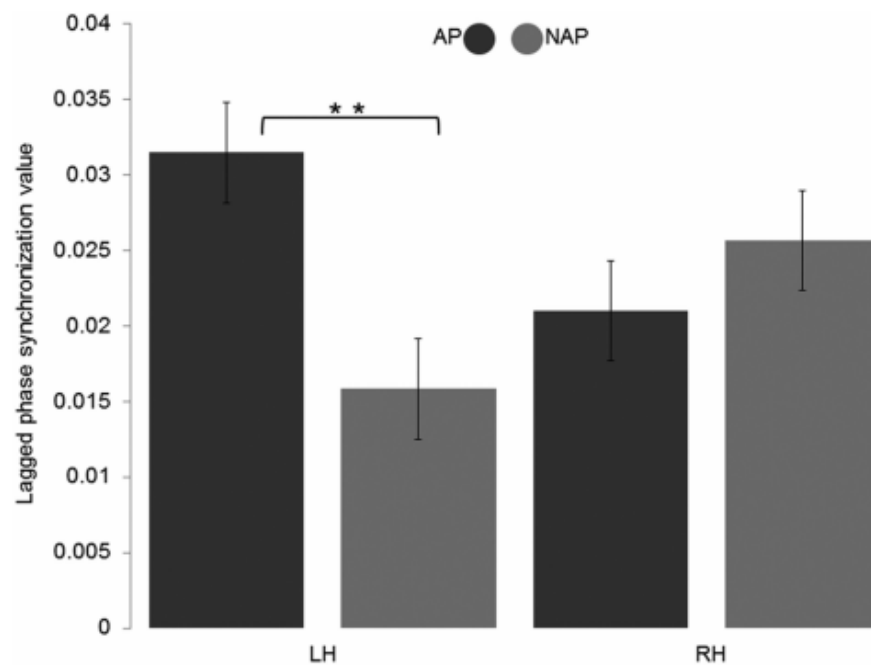


Figuur 2: Resultaten van een PET-scan studie tussen muzikanten met een AG en muzikanten zonder, maar met een RG. (a) toont de reacties indien aan beide groepen gevraagd wordt om een geïsoleerde toon te benoemen. (b) zijn de zichtbare reacties indien er gevraagd wordt om een akkoord te benoemen. Wanneer er gevraagd wordt om tonen te benoemen, is de linker posterior dorsale prefrontale cortex bij AG-bezitters actief. Deze regio zou betrokken zijn bij het conditioneel leren leggen van associaties. Bij muzikanten zonder een AG is deze regio enkel actief indien ze een akkoord moeten benoemen. Bij beide opdrachten is duidelijk zichtbaar dat de linker hemisfeer meer geactiveerd is bij AG-bezitters dan deze zonder een AG. Opgehaald uit (Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998).

Het in werking treden van verschillende gebieden in de hersenen is uiteraard afhankelijk van de opdracht die gesteld wordt. Indien er gevraagd wordt om een toon te benoemen zou er over het algemeen meer breinactiviteit zijn bij mensen met een AG. Opvallend is dat voornamelijk de linker hemisfeer zou functioneren bij mensen met een AG terwijl bij mensen zonder een AG voornamelijk de rechterhemisfeer werkt (Ziv & Radin, 2014; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015). Bovendien observeerde Loui et al. (2011) een duidelijke verhoogde connectiviteit van witte massa tussen de regio's, in de linker superieure temporale kwab. Deze regio's staan, bij mensen met een AG, in voor de auditieve perceptie enerzijds en de categorisatie ervan anderzijds. Ze zouden verantwoordelijk zijn voor o.a. de indeling van spraakklanken (Hickok & Poeppel, 2007).



Figuur 3: Correlatieve analyse van de activiteit van de linker hemisfeer tussen mensen met een AG (zwarte ruiten) en mensen zonder (grijze driehoekjes) opgemeten in een het onderzoek van Elmer, Rogenmoser et al. (2015)



Figuur 4: Algemene hersenactiviteit verschillen (tussen de linker- en rechterhemisfeer) bij AG-bezitters en niet bezitters. (Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015)

Deze aangepaste hersenstructuur en werking ervan zou er voor zorgen dat personen met AG in staat zijn om tonen categorisch te verwerken (een toonhoogte sjabloon aan te leggen) net zoals zovelen dit doen voor kleuren. (Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Levitin & Rogers, 2005).

Dit alles wijst op het feit dat AG niet enkel te maken heeft met de perceptie, maar ook met de cognitieve verwerking van de perceptie van geluid, en meer specifiek van tonen (Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Levitin & Rogers, *Absolute pitch: perception, coding, and controversies.*, 2005). Het is vermoedelijk door al bovenstaande bevindingen dat Bermudez & Zatore (2009), Levitin & Rogers (2005) en Baharloo et al. (1998) spreken over het feit dat de AG-vaardigheid complexe cognitieve functies vereist.

2.10.3 Genetica

Uit de prevalentiecijfers bleek dat slechts 40% van de mensen die voor de leeftijd van 4 jaar hun muzikale opleiding startten, een AG ontwikkelden (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998). Het vroeg (tijdens de kritische periode) starten van de muzikale opleiding is dus een noodzakelijke maar onvoldoende voorwaarde om een AG te ontwikkelen. Onder andere op basis van deze constatactie gaan vele onderzoekers er van uit dat er sprake moet zijn van een genetische component die een rol speelt in de verwerving van een AG (Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Deutsch, *Absolute pitch*, 2013; Takeuchi & Hulse, 1993; Athos, et al., 2007; Vanzella & Schellenberg, 2010; Bermudez & Zatorre, 2009; Drayna, 2007). Daarenboven geven vele personen met een absoluut gehoor ook vaak aan dat ze nog familieleden hebben die mogelijk over deze vaardigheid beschikken (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Miyazaki, 1988; Theusch, Basu, & Gitschier, 2009).

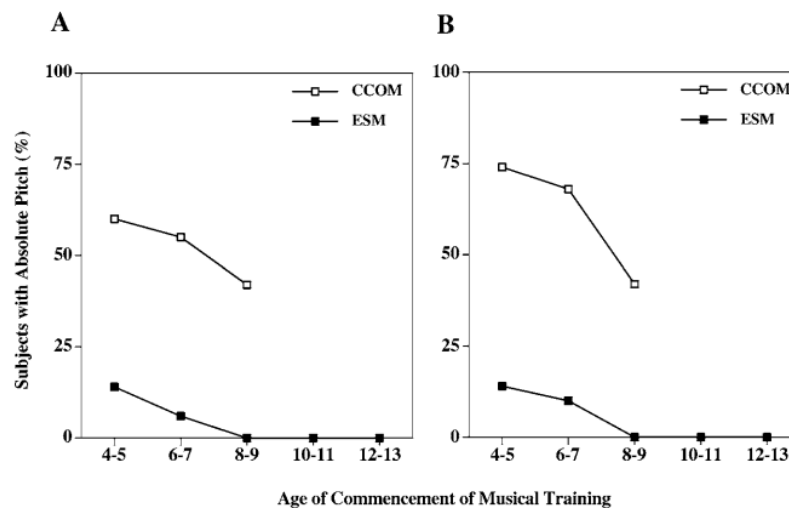
Theusch, Basu, & Gitschier (2009) focusten zich in hun onderzoek op mogelijke zichtbare genetische aanwijzingen in het menselijk genoom. De werving van een proefgroep gebeurde via een online absoluut gehoorstest. Als uit een resultaat op deze test bleek dat de participant een absoluut gehoor had, werd deze participant gecontacteerd. Indien deze persoon andere familieleden had die dezelfde vaardigheid bezaten, werden deze uitgenodigd om eveneens deel te nemen aan het onderzoek. Het DNA van alle participanten werd verzameld en vergeleken. Uit het onderzoek bleek dat het niet zou gaan om één specifiek 'absoluut-gehoorgen' dat iemand bezit of niet bezit, maar eerder dat er een reeks van genen, mits de juiste stimulatie, een absoluut gehoor kunnen opleveren. Er is echter wel gevonden dat één gen iets meer zekerheid geeft tot de ontplooiing van een absoluut gehoor (8q24.21) (Theusch, Basu, & Gitschier, 2009).

2.10.4 Omgevingsfactoren

Naast genetische factoren en de beginleeftijd van de muzikale opleiding, spelen ook omgevingsfactoren, zoals moedertaal, muzikale interesse en -bekwaamheid van de ouders, de soort muzikale opleiding,... een significante rol in de ontwikkeling van een AG (Drayna, 2007; Zatorre, Absolute pitch: A model for understanding the influence of genes and development on neural and cognitive function., 2003; McDermott & Oxenham, 2008; Ruthsatz, Detterman, Griscom, & Cirullo, 2007; Theusch, Basu, & Gitschier, 2009; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999). Zo is het begrijpelijk dat kinderen die opgroeien in een muzikaal gezin, sowieso van meer muzikale input, feedback en aanmoediging kunnen genieten, dan deze die opgroeien in een niet-muzikale familie. Deze kinderen hebben doordat ze (vermoedelijk) ook tijdens de kritische periode worden blootgesteld aan muziek, (mits de juiste stimulatie) meer kans om o.a. een absoluut gehoor te ontwikkelen of grote muzikale prestaties neer te zetten (Levitin, 2012).

2.10.4.1 Etnische afkomst (toontaal)

Uit de prevalentiecijfers blijkt dat een AG significant vaker voorkomt bij mensen van Aziatische origine en meer specifiek deze die een tonale moedertaal geleerd hebben (Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Levitin & Rogers, 2005; Vanzella & Schellenberg, 2010; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999).



Figuur 5: Percentages van het aantal testpersonen met een score van minimaal 85% op een AG-test, in functie van de beginleeftijd van de muzikale opleiding. (A) zonder en (B) met het juist rekenen van halve-toon-fouten. CCOM: Testpersonen van het conservatorium in Beijing, China, die een toontaal spreken. ESM: Testpersonen van het conservatorium in Rochester, New York, die geen toontaal spreken. Opgehaald uit (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006).

Diana Deutsch deed hier reeds veel onderzoek naar en kwam tot volgend besluit: In toontalen, zoals Mandarijns en Vietnamees, kan een één letterwoord verschillende betekenissen hebben, afhankelijk van de toonhoogte waarop het woord wordt uitgesproken. Kinderen met deze moedertalen leren dus eerder betekenis geven aan toonhoogtes, dan aan de samenstelling van een woord. Met andere woorden; in hun taal is niet de relatieve- maar wel de absolute verwerking dominant. Doordat de absolute verwerking reeds meer getraind is bij deze mensen, lijkt het logisch dat het voor hen veel evidenter is om ook aan tonen een verbaal label te linken.

3 Methode

3.1 Parameters voor een valide en goede absoluut gehoortest

3.1.1 Stimulus

3.1.1.1 *Timbre*

Zoals reeds eerder aangegeven is er veel variatie tussen de verschillende AG-bezitters. Zo zijn sommigen in staat om alle tonen, ongeacht hoe deze worden geproduceerd (deurbel, toeter van een auto, getik op glas,...), accuraat te benoemen (Deutsch, Absolute pitch, 2013; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015). Terwijl anderen dit enkel voor slechts één of een beperkt aantal muziekinstrumenten (waarmee ze vertrouwd zijn) kunnen (Levitin & Rogers, 2005; Deutsch, Absolute pitch, 2013).

Heel wat muzikanten, die zelf aangaven een AG te bezitten, bleken enkel in staat om pianotonen accuraat te benoemen. Ward en Burns (1982) gaven dit fenomeen de term ‘absolute piano’. Aangezien pianotonen frequent worden gebruikt als teststimuli voor het testen van de AG-vaardigheid, wordt gesuggereerd dat onderzoekers dus eerder de ‘absolute-piano-bekwaamheid’ meten in plaats van het AG (Vanzella & Schellenberg, 2010). Hierdoor worden vaak mensen met enkel een ‘absolute piano’ (ten onrechte) ook beschouwd als (‘echte’) AG-bezitters (Miyazaki, 1988). Het is echter niet verwonderlijk dat dit voornamelijk voor piano gebeurt, aangezien dit het muziekinstrument is waarmee men in aanvang van de muzikale opleiding het meest in aanraking komt (Vanzella & Schellenberg, 2010) en het gemakkelijkste timbre heeft om tonen in te benoemen (Takeuchi & Hulse, 1993).

Een aantal onderzoekers opperden dat het timbre van de stimuli aanwijzingen zouden bezitten waardoor het benoemen van de toonhoogte makkelijker zou verlopen (Vanzella & Schellenberg, 2010; Miyazaki, 1988; Marvin & Brinkman, 2000; Ziv & Radin, 2014; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015). Om de verschillen tussen timbres, en de reacties erop te testen, voerde o.a. Vanzella en Schellenberg (2010) een onderzoek hiernaar uit. De test bestond uit 4 delen waarbij in elk deel de stimuli geproduceerd werden met een verschillend timbre. De reacties op deze 4 timbres werden vergeleken. De gebruikte stimuli waren pianotonen, zuivere tonen, natuurlijke stemmen en gesynthetiseerde stemmen. Op basis van voorgaande veronderstelling zou door het gebruik van zuivere tonen de aanwijzingen, waarmee een timbre mogelijk gepaard gaat, uitschakelen. Uit de resultaten bleek dat de prestaties beter waren, en er dus minder fouten werden gemaakt bij het benoemen van pianotonen. Verschillende onderzoekers kwamen tot dezelfde vaststelling (Athos, et al., 2007; Lockhead & Byrd, 1981; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015; Takeuchi & Hulse, 1993; Miyazaki, 1989). Marvin en Brickman (2000) deden gelijkaardig onderzoek. Zij boden tonen aan die geproduceerd werden door enerzijds de viool en anderzijds de piano, en ondervonden eveneens dat het ene timbre meer correcte

antwoorden opleverde dan het andere. Voornamelijk de pianotonen werden (opnieuw) beter benoemd. Dit alles wijst erop dat het timbre (bij sommigen) wel degelijk een invloed uitoefent bij de benoeming van tonen.

Takeuchi en Hulse (1993) suggereerden dat dit mogelijk te maken heeft met de vertrouwdheid van bepaalde instrumenten. Muzikanten benoemen blijkbaar de tonen van hun eigen instrument(en) (voornamelijk hun eerste) sneller, accurater en gemakkelijker. Toch zijn volgens sommigen (Deutsch, Absolute pitch, 2013; Marvin & Brinkman, 2000) muzikanten die beweren een AG te hebben maar die beïnvloed worden door het timbre, geen 'echte' AG-bezitters. Ze zijn namelijk enkel in staat om accuraat de tonen te benoemen van vertrouwde instrumenten.

Er was evenwel een tweede conclusie te trekken uit het onderzoek van Vanzella en Schellenberg (2010). De participanten bleken significant meer moeite te hebben met het benoemen van gezongen of vocale stimuli. Zij geven hiervoor volgende verklaring (die gebaseerd is op verschillende neurale onderzoeken): de moeizame benoeming zou te maken hebben met het feit dat een vocale stimulus zowel linguïstische (taalkundige) als paralinguïstische informatie bezit. Ondanks het feit dat deze informatie irrelevant is bij het benoemen van een toonhoogte van een stem, kunnen luisteraars dit niet volledig negeren. Bij het horen van vocale stimuli zullen de hersenen automatisch neurale banen activeren die betrokken zijn bij het decoderen van linguïstische en paralinguïstische informatie. Dit interfereert met het identificeren van de toonhoogte, waardoor ook AG-bezitters in de war zijn en de identificatie moeizamer verloopt.

3.1.1.2 Stimulusduur

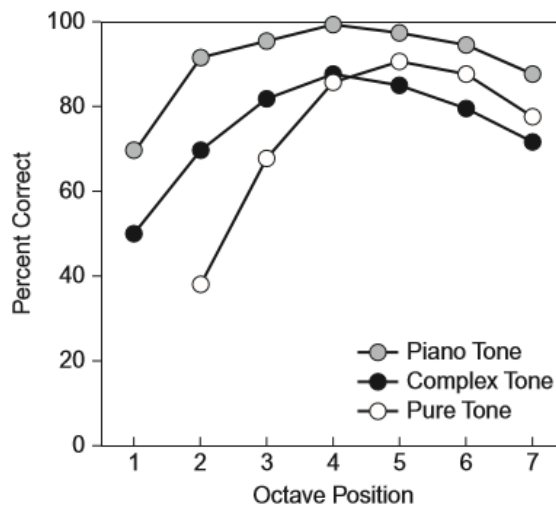
Er zijn reeds multiple onderzoeken (Stévens & Hall, 1966; Blumenthal, 1988; Ulrich, Rinkenauer, & Miller, 1998; Efron, 1970) uitgevoerd om de invloed van de stimulusduur van een (zuivere) toon en klank en de perceptie ervan, te onderzoeken. Hieruit blijkt dat het gehoor geluiden van zeer korte duur minder sterk en anders dan ze bedoeld zijn, waarneemt. Er is een zekere spreiding tussen de resultaten van de verschillende onderzoeken waarvoor de reden niet eenduidig is. Mogelijk heeft dit te maken met het verschillend gebruik van stimuli zoals andere frequenties en een andere aard. De resultaten van het onderzoek van Pedersen (1974) worden vaak als referentie gebruikt om te bepalen dat een stimulus minimum voor 250ms moet aangegeven worden opdat er geen vervorming zou optreden. Deze 250ms komt overeen met de responstijd van het gehoor. Geluiden die korter dan 250ms duren, moeten luider aangeboden worden opdat de perceptie gelijk is aan de effectieve stimulus.

3.1.1.3 Stimulusgeluidniveau

Opdat een stimulus goed wordt waargenomen, wordt deze best aangereikt op een hoorbaar en voor de meeste mensen een aangenaam en comfortabel geluidniveau. Uit onderzoeken (Hochberg, 1975; Victoreen, 1960) in de audiologie wordt een geluidniveau rond de 70dB SPL als het meest comfortabele geluidniveau voor de gemiddelde mens beschouwd.

3.1.1.4 Stimulusfrequentierange of octaven

Tonen aangeboden in centrale toonhoogtere registers zouden sneller en accurater benoemd worden dan extreem lage of hoge. Vermoedelijk omdat de meeste muziek zich in de centrale registers bevindt en er hiermee dus meer vertrouwdheid is. De snelheid van de benoeming is significant afhankelijk van de vertrouwdheid met een bepaald register. Toch merkte men dat er frequentiegrenzen zouden zijn voor de benoeming van tonen. De bovenste zou rond de 4000 à 5000 Hz liggen. Tonen hoger dan deze frequenties zouden niet meer muzikaal zijn en bijgevolg niet kunnen worden bepaald. Een ondergrens is nog niet gedefinieerd in de literatuur (Takeuchi & Hulse, 1993; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015; Miyazaki, 1989). Uit meerdere experimenten blijkt dat muzikanten met een AG op dezelfde manier het octaaf van een aangeboden toon interpreteren als muzikanten zonder. Zij zijn hier niet significant beter of slechter in (Vanzella & Schellenberg, 2010; Deutsch, Absolute pitch, 2013; Takeuchi & Hulse, 1993; Levitin & Rogers, 2005; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015; Miyazaki, 1989).



Figuur 6: gemiddelde correcte percentages op AG testen in functie van het octaaf en het timbre van de stimulus. Gehaald uit Miyazaki (1989).

3.1.2 Mogelijk relatief gehoor ‘uitschakelen’

Om enkel en betrouwbaar de vaardigheid ‘absoluut gehoor’ bij muzikanten te testen, is het bijgevolg essentieel dat het gebruik van het relatief gehoor zo veel mogelijk wordt uitgeschakeld (Takeuchi & Hulse, 1993). Dit begint uiteraard met het niet meegeven wat de benaming van de laatst aangeboden toon was, maar dit op zich is onvoldoende (Takeuchi & Hulse, 1993). Een tactiek, die vaak toegepast wordt, is die waarbij er tussen twee opeenvolgende stimuli een minimaal tonaal verschil van een octaaf is (Miyazaki, 1988; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006). Anderen lieten een atonaal muziekje horen tussen elke opeenvolgende toonaanbieding (Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015).

3.1.3 Reactiesnelheid

Zoals reeds eerder aangegeven is het van groot belang om de reactiesnelheid van de proefpersonen op te meten. Hierdoor kan er een onderscheid gemaakt worden tussen ‘echte AG-bezitters’ en ‘semi AG-bezitters’. Bovendien moet een eenmalige aanbieding van de toon voldoende zijn.

3.2 Motivatie keuze test

3.2.1 Overzicht testen

Op basis van bovenstaande parameters, voor een valide en goede AG-test, werd er voor dit onderzoek op zoek gegaan naar beschikbare testen op het internet die zo veel mogelijk hieraan voldoen. Gezien er een gebrek is aan een éénduidige definitie van AG is er ook een gebrek aan genormeerde testen, of anders gezegd testen die met alle mogelijke invloeden rekening houden. Hieronder staat een overzicht van de beschikbare testen en de reden waarom deze wel of niet voldoende valide zijn voor een goede AG-test:

1. <http://tonedear.com/ear-training/absolute-perfect-pitch-test>
 - Positief: /
 - Negatief:
 - Enkel pianotonen worden aangeboden, hierdoor kunnen ook hier mensen met ‘absolute piano’ niet geëxcludeerd worden.
 - Er werd aangegeven of de persoon correct antwoordde waardoor het relatief gehoor invloed kan uitoefenen. Er is ook geen tactiek toegepast om een relatief gehoor te proberen uitschakelen.

- De volgorde van de aangeboden tonen varieert bij het begin van een nieuwe poging. Dit maakt het moeilijker om als onderzoeker de resultaten van de testpersonen onderling te vergelijken aangezien niet alle testfactoren constant gehouden kunnen worden. Hierdoor zouden de resultaten niet valide kunnen geïnterpreteerd worden.
- Slechts een beperkt frequentiebereik wordt getest, namelijk vooral de centrale octaafregisters.
- De reactiesnelheid wordt niet opgemeten.
- Er wordt geen uitleg verstrekt over hoe de scores berekend worden en hoe ze moeten geïnterpreteerd worden.
- Vertrouwdheid met het ABC-benamingssysteem is ook hier vereist.

2. <http://www.classicfm.com/discover/music/perfect-pitch-test/#5v8MBTEmGjKhVSkF.97>

- Positief: /
- Negatief:
 - Er wordt slechts een heel beperkt aantal (4) vragen gesteld waardoor het geluk een te grote rol kan spelen.
 - Bij de vragen staan er reeds antwoordmogelijkheden.
 - De tonen die worden aangeboden zijn enkel zuivere tonen.
 - Er wordt aangegeven of de proefpersoon correct heeft geantwoord.
 - Het benoemen van een akkoord is geen kenmerkende vaardigheid voor mensen met een AG. Muzikanten met een relatief gehoor kunnen dit evengoed.
 - Opnieuw wordt de reactiesnelheid niet opgemeten of alleszins niet weergegeven.
 - Het benoemen van vocale stimuli is moeilijk voor alle muzikanten zowel die zonder als met een absoluut gehoor. Het incorrect benoemen van de tonen en dus ook het incorrect benoemen van het akkoord is geen voldoende voorwaarde om die persoon te beschouwen als een muzikant zonder absoluut gehoor.

3. <http://www.musicianbrain.com/aptest/>

- Positief: /
- Negatief:
 - Enkel zuivere tonen worden hier gehanteerd.
 - Slechts een beperkt aantal octaven worden aangereikt. Het precieze aantal is onbekend aangezien dit nergens wordt weergegeven.
 - Er wordt op het einde een score en een spreiding gegeven, maar niet welke tonen specifiek fout waren en hoeveel. Doordat de correcte noten niet gekend zijn, kan deze test niet uitgevoerd worden door een proefgroep aangezien de resultaten niet onderling kunnen vergeleken worden.
 - De reactietijd staat niet weergegeven.

- Deze test kadert binnen een onderzoek vanuit Israël. Deze onderzoekers vragen aan de participanten met een uitzonderlijke score, om naar Israël te komen zodat zij daar een EEG onderzoek kunnen afnemen.
4. <http://detrave.net/nblume/perfect-pitch/>
- Positief: /
 - Negatief
 - De reactiesnelheid wordt ook hier niet weergegeven.
 - Er worden opnieuw enkel pianotonen aangeboden.
 - Slechts uit één octaaf worden stimuli aangeboden.
 - Om een toon te benoemen moet deze aangeduid worden op een pianoklavier van één octaaf. Hoewel de meeste muzikanten weten hoe een pianoklavier werkt, zijn er altijd uitzonderingen.
 - Indien de toon niet juist benoemd wordt, wordt dit niet enkel gecorrigeerd, maar wordt er ook op het verschil gewezen. Het gebruik van het relatief gehoor wordt niet afgeremd maar eerder aangemoedigd.
5. <http://perfectpitchtest.com/>
- Positief:
 - Er wordt tijdens de test niet aangegeven of de proefpersoon de vorige toon correct heeft benoemd.
 - Negatief:
 - Enkel pianotonen worden aangeboden, hierdoor kunnen mensen met 'absolute piano' niet geëxcludeerd worden.
 - Tussen twee stimuli wordt het mogelijk gebruik van relatief gehoor niet uitgeschakeld.
 - Er is ook maar een beperkt frequentiebereik dat wordt getest, namelijk de centrale octaafregisters.
 - Ook hier verschilde de volgorde van de aangeboden tonen bij een nieuwe test. Hierdoor kunnen de responsen van de proefpersonen door de onderzoeker niet zomaar onderling vergeleken worden.
 - De reactiesnelheid wordt niet getoond.
6. <http://deutsch.ucsd.edu/psychology/pages.php?i=6215>
- Positief:
 - Meerdere octaven worden getest.
 - Negatief:
 - Opnieuw worden er enkel pianotonen gebruikt als stimuli.
 - Het relatief gehoor wordt op geen enkele manier uitgeschakeld.
 - De reactiesnelheid wordt ook hier niet weergegeven.

7. http://www.zlab.mcgill.ca/supplements/AP_test.html

- Positief:
 - Er wordt een frequentierange aangeboden van 3 octaven
- Negatief:
 - De gehanteerde tonen hebben hetzelfde timbre. Vermoedelijk zijn dit tonen die geproduceerd werden door een synthesizer.
 - Het gebruik van relatief gehoor wordt niet expliciet vermeden.
 - De reactietijd wordt niet opgemeten.
 - Aangezien de benoeming van de tonen niet moet worden ingegeven, maar zelf op te schrijven is, wordt er geen score berekend.
 - Er wordt gevraagd de antwoorden pas na de testafname te bekijken. Er wordt echter niet gecontroleerd of de participanten de antwoorden van de test niet voor de afname reeds hebben geopend en doorgenomen.

8. http://psy770.gold.ac.uk/apsyn/show_page.php

- Positief:
 - Er is een tijdslimiet voorzien. Voor het benoemen van een noot krijgt de proefpersoon slechts 5 seconden om te antwoorden.
 - Meerdere octaven, niet enkel de centrale registers, worden getest.
- Negatief:
 - Enkel zuivere tonen worden aangeboden.
 - Het relatief gehoor wordt niet uitgeschakeld.
 - Deze test is deel van een onderzoek uit de UK en onderzoekt ook de connectie tussen het hebben van een absoluut gehoor én synesthesie.

9. http://www.audiocheck.net/blindtests_abspitch.php

- Positief:
 - Een onderzoeker kan zelf kiezen welke noot er aangeboden wordt.
 - Er staat uitleg over de score-interpretatie. Zowel de absolute score, de procentscore als de score van het betrouwbaarheidsinterval worden berekend.
- Negatief:
 - Er worden enkel pianotonen getest. Mensen met 'absolute piano' worden dus niet geëxcludeerd.
 - Het relatief gehoor wordt niet uitgeschakeld.
 - Er is slechts een beperkte frequentierange doordat er maar 1 octaaf kan worden getest.
 - Indien een proefpersoon dit zelf thuis zou doen, krijgt deze te zien of hij de toon correct of incorrect heeft benoemd.
 - De reactiesnelheid wordt niet opgemeten.
 - Enige vertrouwdheid met het ABC-benamingssysteem is vereist.

10. http://perfectpitch.freehostia.com/info_eng.html

- Positief:
 - Vier verschillende timbres worden achtereenvolgens aangeboden namelijk: pianotonen, zuivere tonen, een natuurlijke stem, een gesynthetiseerde stem.
 - Er is een tijdslimiet van 3 seconden om te antwoorden. Als de proefpersoon niet snel genoeg reageert, wordt de volgende noot reeds aangeboden en kan de vorige noot niet meer benoemd worden.
 - Verschillende octaven worden gehanteerd. Het exacte aantal is niet gekend.
- Negatief:
 - De gehoorde toon moet aangeduid worden op een pianoklavier, enige vertrouwdheid hiermee is vereist.
 - Het gebruik van het relatief gehoor wordt ook hier niet expliciet uitgesloten.
 - Op het einde wordt een score per timbre toegekend, de volgorde van de noten wordt echter niet getoond. Hierdoor weten participanten niet welke noten ze fout en welke juist hadden.

11. <https://www.youtube.com/watch?v=1aW1gCkZGrg>

- Positief:
 - Er is veel variatie tussen de verschillende aangeboden tonen. Meerdere timbres worden aangeboden.
 - Een brede frequentierange wordt gebruikt.
 - Via een stukje atonale muziek wordt er gepoogd het gebruik van het relatief gehoor uit te schakelen.
- Negatief:
 - Het geluidniveau en stimulusduur van elke toonaanbieding varieert.
 - Indien proefpersonen dit thuis proberen krijgen ze telkens de correcte notennaam te zien, uiteraard voor het stukje atonale muziek wordt aangeboden.

3.2.2 Gekozen test(en)

Geen enkele van bovenstaande testen kan beschouwd worden als een valide en goede test om de vaardigheid van een AG na te gaan. In dit onderzoek werd daarom gekozen voor een combinatie van twee testen: test nummer 9 en 11.

Nummer 11 werd gekozen omwille van het feit dat dit de enige test was waarbij er meerdere, verschillende digitale tonen, aangereikt in klanken, worden aangeboden. Deze klanken bootsen klanken van muziekinstrumenten na. Bijgevolg komen er in deze test verschillende timbres aanbod. Een timbre

zou mogelijk aanwijzingen bezitten die het makkelijker maken om een toon of klank te benoemen. Door klanken aan te bieden met verschillende timbres wordt het gebruik van dergelijke aanwijzingen uitgeschakeld. Bovendien wordt er tussen elke toon een stukje atonale muziek afgespeeld, zodat het gebruik van een relatief gehoor zo veel mogelijk wordt vermeden.

Nummer 11 werd gecombineerd met 9. In nummer 9 worden er enkel pianotonen aangeboden. Zo kon het mogelijk verschil in reacties en bijgevolg ook scores tussen enerzijds een test met verschillende timbres en anderzijds een test met een gelijk timbre, opgemerkt worden.

Er werd bewust gekozen om test 11 eerst af te nemen en vervolgens test 9. Zoals in de literatuur reeds werd vermeld, hebben vele muzikanten minder moeite met het benoemen van pianotonen (mogelijk door de vertrouwdheid) dan tonen geproduceerd door andere timbres. Test 9 kan dus beschouwd worden als de iets makkelijkere test. De volgorde werd enkel omwille van psychologische redenen gekozen, namelijk om er voor te zorgen dat mensen die moeilijkheden ervoeren bij de eerste test, toch met een goed gevoel de testen konden afsluiten.

Aangezien er volgens de literatuur geen opvallende verschillen zouden zijn tussen AG-bezitters en niet bezitters in de manier van bepalen van het octaaf, werd er voor gekozen dit in geen van beide testen te bevragen.

De testen werden voorafgegaan door een vragenlijst (zie bijlage 1) die peilt naar mogelijke beïnvloedende factoren voor het wel of niet bezitten van een AG. Er werd ook gevraagd om een absoluut gehoor te definiëren. Door deze vragen te stellen, konden de resultaten per persoon specifiek geanalyseerd worden.

3.2.3 Controle testen en testafname-apparatuur

Beide testen werden onder koptelefoon (van het merk phillips) en met eenzelfde laptop (lenovo G710) afgenomen. Er werd gecontroleerd of de aangeboden signalen weldegelijk ter hoogte van het oor van de participanten zoals bedoeld, werden geproduceerd. Daarvoor werden een aantal van de testsignalen opgemeten door een probe met meetmicrofoon ter hoogte van het trommelvlies (van de onderzoeker) te plaatsen. Met het ingebouwde fft algoritme van de Probe Microphone Measurement (PMM) module van GN Otometrics werd er een 24/octaaf frequentieanalyse uitgevoerd.

De GN Otometrics module werd geopend via het NOAH computerprogramma. Met behulp van de Aurical werden de responsen opgemeten en doorgestuurd naar het programma.

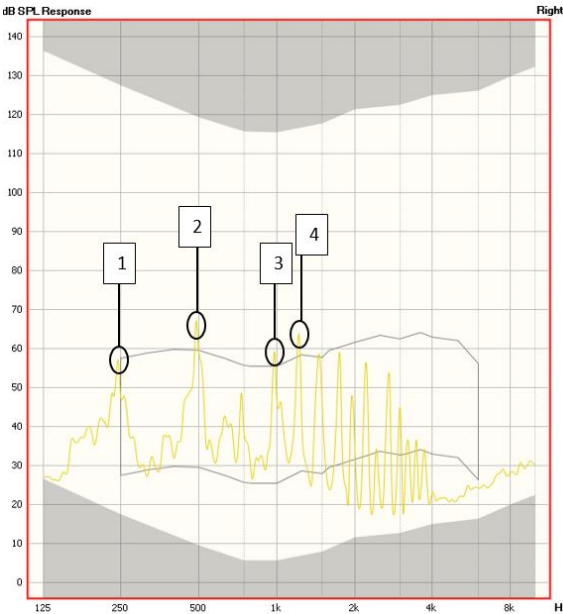
Vooraleer er een meting werd uitgevoerd, werd de meetmicrofoon gekalibreerd. Vervolgens werd een 'FreeStyle' meting uitgericht. De testafname gebeurde in een audiologische cabine. Een testprobe werd

in het oor geplaatst. Door middel van de ‘Probe Tube Placement’ werd de correcte plaatsing van de meetmicrofoon nagegaan. Indien de probe goed zat, werd de koptelefoon (voorzichtig) op de oren geplaatst en werd een toon aangeboden. Tegelijkertijd werd de respons opgemeten. De aanbieding gebeurde volgens de volume instelling (40) die ook tijdens de testafname zou gebruikt worden.

Dit werd drie maal rechts en drie maal links herhaald. Er werden 2 pianoklanken van test nummer 9 getest, namelijk tweemaal B3 (si in het 3de octaaf) en eenmaal C4 (do in het 4de octaaf). B3 werd tweemaal afgenomen ter controle of de stimuli consequent dezelfde respons opleverde. Aangezien het om een pianoklank gaat en geen zuivere toon, werd niet één frequentie opgemeten, maar meerdere, namelijk de harmonische. Het frequentiespectrum per aangeboden klank is onderstaand bijgevoegd. Telkens werd de verwachte grondtoon ter vergelijking weergegeven.

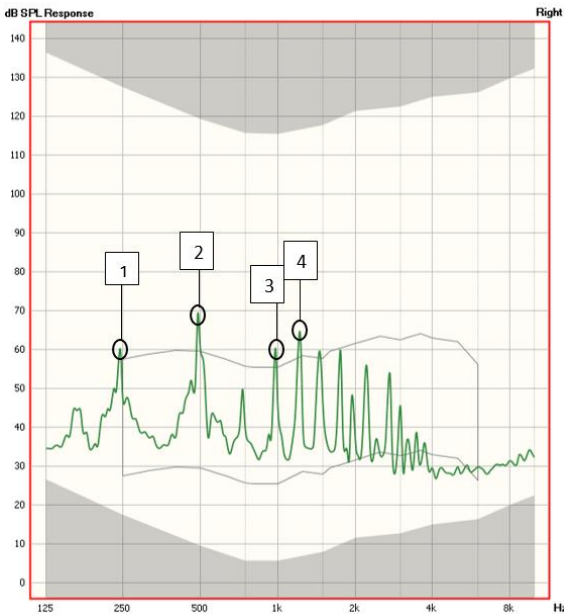
De metingen leverden volgende resultaten op:

- Rechts:
 - B3: grondtoon van 246,94Hz.



Figuur 7: PMM Rechts: B3 : Meting 1

	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (dBSPL)
1.	245	57
2.	491	67
3.	977	59
4.	1229	63



Figuur 8: PMM Rechts: B3: Meting

	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (dBSPL)
1.	243	60
2.	491	69
3.	985	60
4.	1229	64

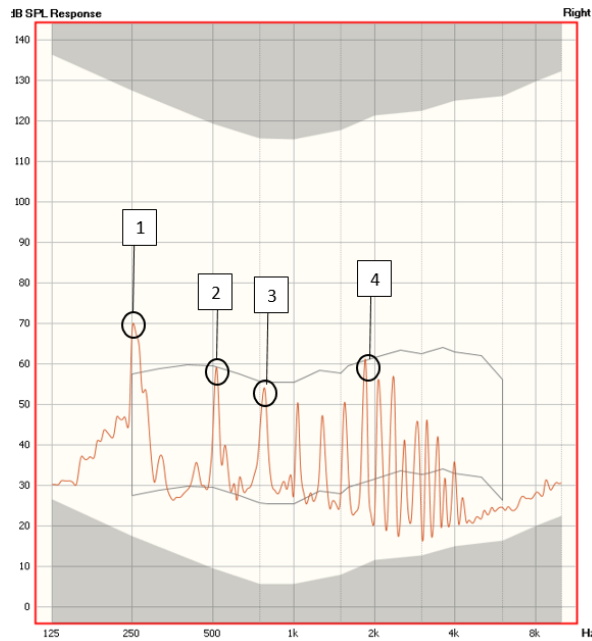
Besluit:

In beide metingen zijn de verwachte grondtoon (piek 1) en meerdere boventonen aanwezig. De boventonen, Piek 2 en 3, zijn echter in beide gevallen sterker aanwezig. De grondtoon kan ook vanuit (twee opeenvolgende) boventonen bepaald worden. Indien piek 3 van piek 2 wordt afgetrokken en de waarde gedeeld wordt door twee, bekomt men een waarde van 243. Dit benadert de verwachte 246,96Hz en strookt met de aanwezige zichtbare eerste piek. Het feit dat deze boventonen sterker aanwezig zijn, houdt in dat de noot juist zal worden waargenomen, maar het octaaf waarin hij bedoeld is niet. Indien er geluisterd wordt naar klank B3 en klank B4 is er echter wel een verschil te horen (B3 klinkt lager dan B4). Voor dit onderzoek is een juiste octaafbeleving niet essentieel, aangezien er niet gevraagd wordt om de noot in het juiste octaaf te benoemen.

Piek 4 is geen boventoon maar is ook sterk aanwezig. Deze piek valt niet eenduidig te verklaren. Meerdere factoren spelen hierbij een mogelijke rol. De ontstane frequenties kunnen of een deel van het akoestisch signaal zijn, een gevolg van elektronische vervorming (door de koptelefoon of de laptop) of ontstaan zijn door een reken/meetfout.

Tussen beide metingen waren er kleine (te verwaarlozen) verschillen tussen bepaalde frequenties op te merken. Deze kunnen te wijten zijn aan het feit dat deze waarden verschenen door met een muis over de pieken te bewegen. Hierdoor konden deze niet volledig nauwkeurig bepaald worden. Over het algemeen kan gesteld worden dat beide metingen zo goed als overeenkomstig zijn en de klank consequent wordt aangeboden.

- C4: grondtoon van 261,63Hz



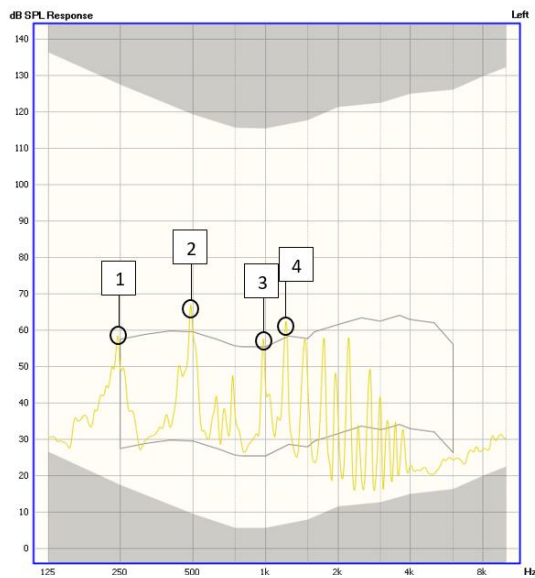
Figuur 9: PMM Rechts: C4

	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (dBSPL)
1.	253	70
2.	519	59
3.	777	54
4.	1839	61

Besluit:

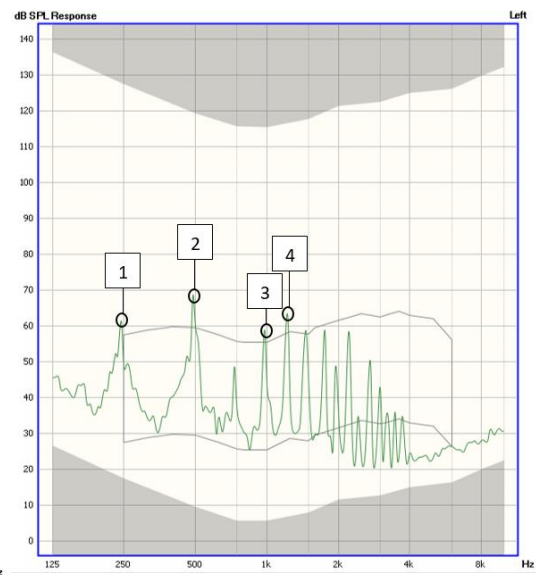
Piek 1 wordt het luidst waargenomen en strookt, mits een meetfout, met de verwachte frequentie van de grondtoon. Meerdere boventonen zijn duidelijk zichtbaar. Van overige drie opgemeten pieken, is enkel piek 2 een verwachte harmonische. Hierdoor kan de grondtoonfrequentie niet via de berekening gecontroleerd worden. De boventonen die geen harmonieken zijn, zijn ook hier niet eenduidig te verklaren.

- Links:
 - B3: grondtoon van 246,94Hz



Figuur 10: PMM links: B3: meting 1

	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (in dBSPL)
1.	245	58
2.	491	66
3.	985	58
4.	1219	62



Figuur 11: PMM Links: B3: meting 2

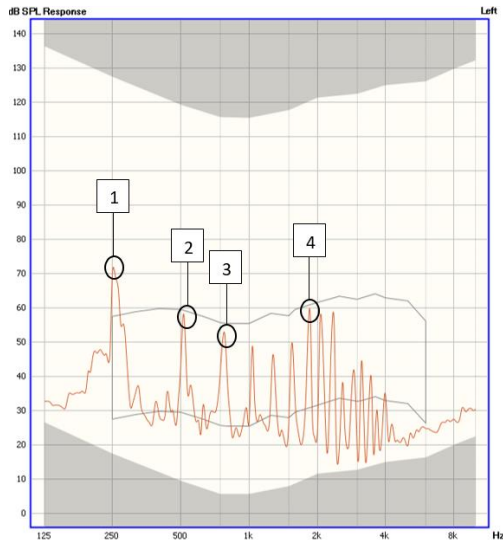
	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (in dBSPL)
1.	243	61
2.	491	68
3.	977	59
4.	1219	63

Besluit:

Beide metingen leveren grondtonen die zeer dichtbij de verwachte frequentie liggen. De berekening via de bovenharmonischen levert 243Hz en 246Hz op, beiden liggen dichtbij de bedoelde waarde.

Piek 2 is het sterkst aanwezig. Opnieuw betekent dit, dat de noot juist wordt weergegeven maar het doellootaf niet. De opgemeten metingen tonen aan dat de klank consequente resultaten produceert.

- C4: met grondtoon 261,63Hz



Figuur 12: PMM Links: C4

	Frequentie (Hz)	Geluidniveau (dB SPL)
1.	255	71
2.	515	58
3.	777	52
4.	1853	60

Besluit:

Piek 1 heeft een frequentie die deze van de grondtoon sterk benadert. Net als bij rechts zijn er meerdere boventonen zichtbaar. Opnieuw is slechts één van de overige drie pieken een harmonische, waardoor de berekening van de grondtoon ook hier niet kon gebeuren.

Algemene conclusie:

Tussen de metingen rechts en deze links, zijn de verschillen minimaal. Hieruit kan enerzijds geconcludeerd worden dat beide kanten van de koptelefoon goed werken en anderzijds dat de klanken langs beide kanten even sterk en met hetzelfde frequentiespectrum consequent worden aangeboden. In het algemeen kan gesteld worden dat de testsignalen (de pianoklanken) die worden aangeboden ter hoogte van het oor, de juiste noot produceren, maar het octaaf vaak niet overeenstemt met wat er bedoeld was. Zoals reeds eerder aangegeven, is het voor dit onderzoek niet noodzakelijk dat het juiste octaaf wordt afgeleverd, aangezien de benoeming van een octaaf geen vaardigheid is die mensen met een AG anders beoordelen dan mensen met een relatief gehoor.

Uit alle metingen blijkt eveneens dat de testsignalen op een geluidniveau wordt aangeboden dat voor de meeste mensen als aangenaam luid kan beschouwd worden (tussen de 60-70dB SPL).

3.3 Selectie van de proefpersonen

Om proefpersonen te werven werd er in eerste instantie beroep gedaan op vrienden, kennissen en orkestleden waarvan er een vermoeden was dat zij mogelijk over een AG beschikken. Deze werden allemaal gecontacteerd via e-mail (zie bijlage 2). Een aantal van de aangeschreven personen hebben deze mail ook doorgestuurd naar mensen die volgens hen mogelijk geïnteresseerd waren.

In een latere fase werden ook twee muziekscholen in de buurt aangeschreven, namelijk: De Poel en de Academie voor Podiumkunsten. Via facebookprofielen en ook in de facebookgroepen o.a. 'muzikanten uit het Gentse', werden er tevens ook advertenties gepost en een aantal keer gedeeld.

Om deel te nemen aan dit onderzoek werden twee voorwaarden vooropgesteld. Enerzijds was het een minimum vereiste dat de persoon in kwestie de taal van de muziek kende en dus klanken kon benoemen met notennamen. Anderzijds moest de persoon een vermoeden hebben zelf over de AG-vaardigheid te beschikken. Behoorlijk veel mensen reageerden enthousiast op de oproep. Hierdoor zijn er 44 personen, tussen de 10 en 73 jaar, getest. Na evaluatie bleek dat hiervan slechts 39 volledig voldeden aan de vooropgestelde criteria voor analyse (zie verder 4.1).

3.4 Verloop van de testafname

De testafname gebeurde op een onderling afgesproken en wederzijds goedgekeurde plaats en moment. Er werd telkens gepoogd om zo goed mogelijk tegemoet te komen aan de data en plaatsen die de proefpersoon zelf voorstelden. Aangezien de test steeds afgenomen werd met een laptop en koptelefoon kon de test makkelijk op verplaatsing uitgevoerd worden. Op deze manier was er minder kans op het afhaken van de participanten.

De testafname vond telkens plaats in een rustige omgeving (bij de persoon thuis, in de bibliotheek, in een apart lokaal op een school,...). Er werd steeds gestart met het invullen van de vragenlijst, dit gebeurde schriftelijk (op papier) door de persoon in kwestie zelf. Vervolgens werd de test verder uitgelegd. De proefpersoon zette hierna (zelf) de koptelefoon op en begon de effectieve test.

De personen zaten in een bepaalde hoek zodat voor hen het scherm van de laptop niet zichtbaar was. Dit was belangrijk aangezien de notennamen van aangeboden tonen hierop zichtbaar waren. Eerst werd test nummer 11 afgenomen. Deze bestaat uit 20 klanken waarbij elke klank een verschillende toonhoogte en timbre had ten opzichte van de voorgaande- en daaropvolgende noot. Uiteindelijk werden de antwoorden van slechts 19 van de 20 klanken opgenomen in de analyse (zie verder 4.2.1). Na het horen van een klank kreeg iedereen de tijd om de gehoorde klank te benoemen, door deze neer te schrijven op het invulformulier. Ze mochten zelf beslissen via welk notennaamsysteem (ABC of do re mi)

ze antwoordden. Als een proefpersoon snel reageerde, werd het filmpje doorgespoeld tot aan het atonaal muziekstukje vooraleer de volgende toon werd afgespeeld. Nadat alle 20 klanken werden gehoord, werd doorgedaan naar test nummer 9. Voor de aanbieding van de eerste piano toon werd opnieuw het atonaal muziekstukje afgespeeld.

Test 9 bestond uit slechts 10 pianoklanken. De tonen werden handmatig door de onderzoeker aangeklikt en afgespeeld (maar voor alle testpersonen in eenzelfde volgorde). Opnieuw kreeg de participant de tijd om de notennaam te noteren. Als deze klaar was met het benoemen van de klank, of na ongeveer 10 seconden bedenktijd, werd het atonaal muziekstukje (vanuit test nummer 11) afgespeeld om ook hier het gebruik van een relatief gehoor te proberen vermijden.

In beide testen kregen de proefpersonen elke toon slechts eenmaal te horen.

Op geen enkel moment tijdens de testafname kregen de testpersonen een indicatie of hun benoemingen correct of incorrect waren. Enkel op het einde (na afloop) werden de antwoorden overlopen.

De volledige test duurde ongeveer 20 minuten. Participanten gaven aan dat dit net lang genoeg was, indien het langer had geduurd hadden ze hun concentratie verloren.

4 Resultaten: Verwerking

4.1 Beschrijving van de testgroep

44 personen namen deel aan dit onderzoek. Vier personen voldeden niet aan de gestelde voorwaarde en antwoordden dus negatief op de vraag of ze van zichzelf dachten in het bezit te zijn van een absoluut gehoor. Eén persoon dacht over de vaardigheid te beschikken maar had een verkeerde gedachte over wat een AG precies is. Deze laatste vijf personen werden om de bovengenoemde redenen geëxcludeerd uit het onderzoek. Van overgebleven 39 personen waren er 59% (of 23 van de 39) vrouwen en 41% (of 16 van de 39) mannen. 62% (of 24 van de 39) was een amateur muzikant de overige 38% (of 15 van de 39) waren professionelen. De gemiddelde leeftijd was 28,94 jaar. De beginleeftijd van de muzikale opleiding was gemiddeld 7,17 jaar. De helft van de participanten speelt piano.

4.2 Verwerking onderzoeksvragen

4.2.1 Keuzeverwerking en Onderzoeksvraag 1: 'Vanaf welke score (percentage) kan er gesproken worden van een AG? Of moet dit eerder op een continue schaal gezien worden waarin de mate van een AG kan verschillen?'

Zoals reeds meerdere keren aangehaald is het grootste probleem bij het onderzoeken (en ook de daarmee gepaard gaande verwerking) van mensen met een AG, het gebrek aan een eenduidige conventie. Vele onderzoekers voeren experimenten uit om het ontstaan en de variatie binnen mensen met een AG te achterhalen, maar gebruiken hiervoor o.a. verschillende definities en cutoff-waarden om dit te bepalen. De inconsistentie in het gebruik van testmateriaal, methoden, criteria,... werken ook op hun beurt de uniformiteit tegen (Bermudez & Zatorre, 2009; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Takeuchi & Hulse, 1993). Sommigen hanteren een (vaak zelf gekozen) cutoff-waarde (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Athos, et al., 2007; Miyazaki, 1989) om te kunnen spreken over mensen met de vaardigheid van een AG, terwijl anderen de vaardigheid kaderen binnen een continuüm en dus niet spreken over een wit-zwart verhaal (Levitin, 1999; Vitouch, 2003; Levitin & Rogers, 2005; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Bermudez & Zatorre, 2009; Van Hedger, Heald, & Nusbaum, 2015). Toch is het vaak zo dat ook de aanhangers van de continuümvisie, hun onderzochte groep ook in (ongeveer) drie verdelen, waarbij er opnieuw gebruik gemaakt wordt van bepaalde (zelfgekozen) cutoff-waarden (Bermudez & Zatorre, 2009; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Miyazaki, 1988; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998). Zo spreekt Leite (2016) over de 'conservative AP-group', de 'inclusive AP-group' en de 'non-AP-group', terwijl Miyazaki (1988) het eerder heeft over de 'precise AP-group', de 'imprecise AP-group' en de 'non AP-group'.

Naast het gebruik van verschillende definities, cutoff-waarden en dergelijke, worden er ook vaak andere quoteringsstrategieën gehanteerd. De overgrote meerderheid geeft elke persoon die een toon exact juist benoemd heeft, 1 punt. Bij sommige onderzoekers stopt het hier en worden er verder geen scores toegekend (Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Bermudez & Zatorre, 2009). De analyses en conclusies worden op basis van deze absolute score bepaald. Anderen waren het met deze methode oneens, aangezien 2 personen dezelfde absolute score kunnen hebben maar waarbij de benoemingsdeviatie bij de ene groter kan zijn dan bij de andere. Het kan dus zijn dat de ene enkel halve-toon-fouten heeft gemaakt terwijl de andere met grotere sprongen naast de aangeboden toon zat (Bermudez & Zatorre, 2009; Takeuchi & Hulse, 1993; Vanzella & Schellenberg, 2010). Daarom gaven deze onderzoekers ook punten als de toon met een halve-toon verschil werd geïdentificeerd (ongeacht of de toon te hoog of te laag werd geïdentificeerd). Maar ook hierbij varieerde de punten toekenning. Sommigen kenden $\frac{3}{4}$ punt (Athos, et al., 2007; Miyazaki, 2004) toe, terwijl anderen een volledig punt gaven. Op deze manier worden participanten die toch ook goed hebben gepresteerd (enkel halve-toon-fouten) beter in kaart gebracht. Enkele onderzoekers echter (Baharloo, Johnston, Service, Gitschier, & Freimer, 1998; Athos, et al., 2007) hielden bovendien rekening met de leeftijd van de participant voor de toekenning van de punten voor halve-toon-fouten. Indien de participant ouder dan 45-jaar was, werd er een volwaardig punt toegekend bij een deviatie van een halve toon. Dit wordt gedaan omdat volgens deze onderzoekers door de ouderdom het vermogen van de fijndiscriminatie van het gehoor van deze participanten reeds gedaald is. Zij zijn met andere woorden beperkter in hun mogelijkheden om een toon juist te identificeren en dus benoemen. Toch vonden enkele onderzoekers, waaronder Bermudez & Zatorre (2009), geen van vorige methodes ideaal. Door het correct rekenen van halve tonen wordt wel een deel van de problemen opgelost, maar dit verduistert echter wel de subtiele verschillen tussen mensen die hoofdzakelijk de tonen correct benoemen en de mensen die af en toe tot vaak halve-toon-fouten maakten. Bermudez & Zatorre (2009) bedachten een andere quoteringsstrategie om dit probleem op te lossen, namelijk door te werken via gemiddelde absolute deviaties (GAD). Op deze manier kan er gekeken worden hoever de benoeming van de tonen door een participant gemiddeld afwijkt ten opzichte van de correcte toonbenoeming. Met andere woorden: op deze wijze wordt in kaart gebracht hoe accuraat en consistent een participant heeft gereageerd. Zo zullen de echte AG-bezitters (die geen enkele fout hebben gemaakt) een GAD van 0 hebben.

4.2.1.1 Coderingsstrategie van het onderzoek

Uit het bovenstaande blijkt dat er nog geen eenduidige verwerkingsstrategie bestaat. Om die reden is er in dit onderzoek gekozen om bij de verwerking van de testresultaten, net als Leite, Mota-Rolim & Queiroz

(2016) hebben gedaan, verschillende technieken te combineren. Op deze manier kunnen enerzijds de verschillende verwerkingsstrategieën onderling vergeleken worden, en anderzijds met de resultaten in de literatuur.

Participanten krijgen voor een correct benoemde toon, aangeboden in een klank, een waarde 0. Indien er incorrect geantwoord wordt, wordt er een score steeds voorafgegaan met een “+” of “-” teken om aan te geven in welke zin de proefpersoon fout heeft gereageerd. Een halve-toon-fout krijgt een absolute waarde van 0,5, een hele toon fout een score 1 enzoverder. Bij het geven van de score wordt altijd gekeken naar de kleinste afstand tussen de benoemde klank en de aangeboden klank (bijvoorbeeld als de aangeboden toon een mi is en deze wordt benoemd als een si dan is de afstand tussen mi naar si (beiden in het zelfde octaaf) 3,5 tonen, maar de afstand tussen si (in een lager octaaf) naar mi slechts 2,5).

Aan elke testpersoon worden twee types scores toegekend, namelijk de absolute score en de GAD. De absolute score bestaat uit een score op 19 (test 1), op 10 (test 2) en op 29 (beide testen samen) en worden eveneens procentueel uitgedrukt. Voor de bepaling van de absolute (en overeenkomstige procentuele) score worden enkel de volledig correct benoemde tonen (het aantal 0-waarden) opgeteld. Er wordt dus geen rekening gehouden met halve-toon-fouten vanuit de gedachte dat elke afwijking in benoeming de betekenis van een AG teniet doet. ‘Echte’ AG-bezitters zouden geen fouten maken. Bij de bepaling van de GAD score wordt enkel naar de absolute waarde van een score gekeken.

Per participant kunnen de antwoorden gevisualiseerd worden door een cirkeldiagram. Via dit diagram kunnen de afwijkingen, van de benoeming van de klanken van de participant ten opzichte van een AG-bezitter, worden vergeleken.



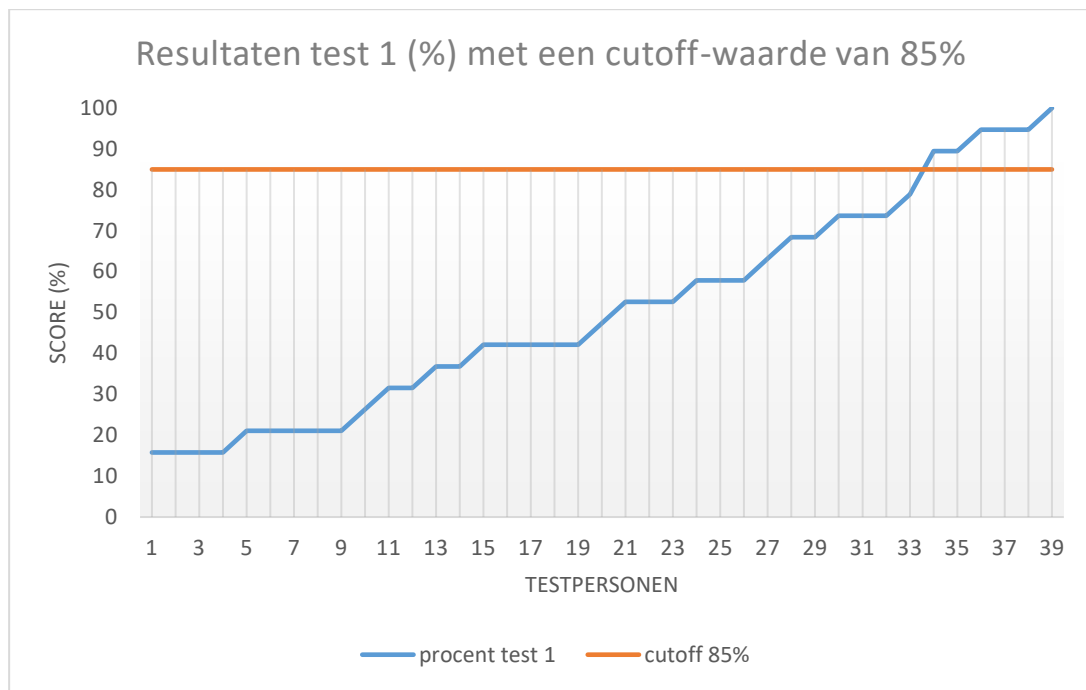
Figuur 13: Weergave via een cirkeldiagram van de antwoorden van participant zes ten opzichte van iemand met een AG.

Slechts 19 van de 20 aangeboden klanken van test 1 worden verwerkt. De reden hiervoor is dat tijdens de afname bleek dat een aantal proefpersonen aangaven dat ze bij de aanbieding van toon 14, twee klanken hoorden in plaats van één. Voor een ongetraind oor was dit echter niet duidelijk hoorbaar. Hierdoor kan niet met zekerheid gezegd worden welke toon de meeste van de testpersonen hebben benoemd en bovendien test dit niet het absoluut gehoor voor één klank. Daarom werden de reacties op deze klank geëxcludeerd.

Omwille van het feit dat er geen eenduidige maatstaf is om te bepalen of een persoon een AG heeft en er in de definitie niet wordt gesproken over beperkingen van de vaardigheid, wordt er in deze bachelorproef gekozen voor een cutoff-waarde van 100%. Enkel die personen die 100% scoren op beide testonderdelen bezitten werkelijk een 'echt' AG. De prestaties van de overige participanten kunnen op een schaal gezet worden die loopt van een minimaal, matig, goed en bijzonder goed ontwikkeld AG.

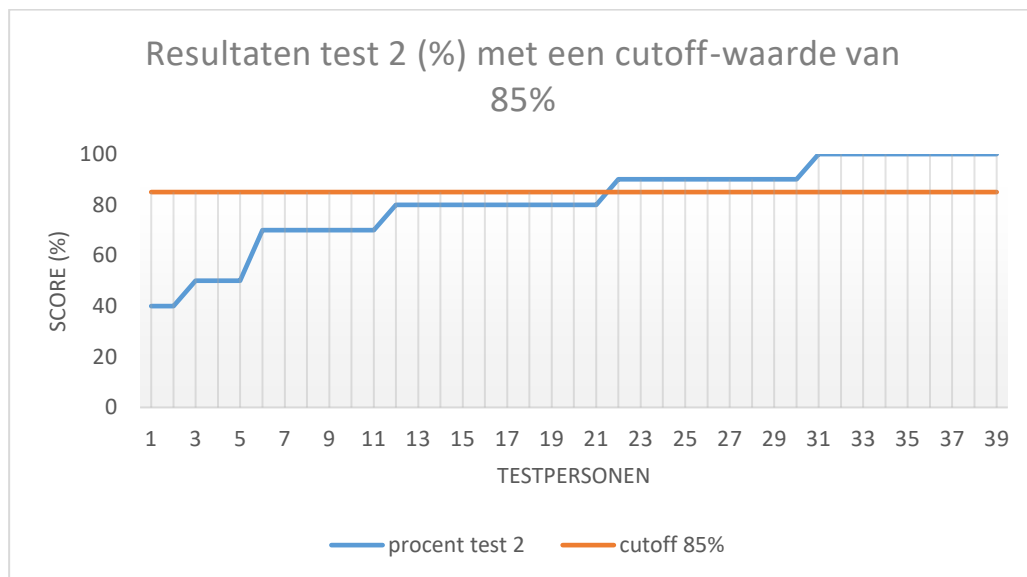
4.2.1.2 Procentuele score

De bekende onderzoekers in dit vakgebied (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Miyazaki, 1989) kozen vaak voor een cutoff-waarde tussen de 85% en 100%, met of zonder het in rekening brengen van halve tonen, maar gaven hier geen duidelijke reden voor. Het verschil in interpretatie wordt hieronder geduid.



Figuur 14: Procentuele resultaten van de participanten op test 1.

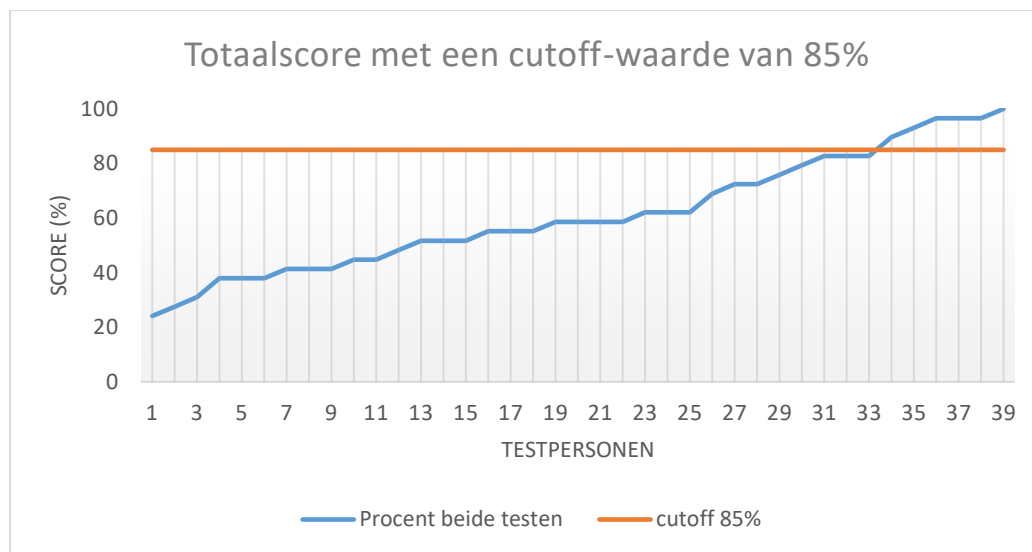
Om een hogere percentage dan 85% te behalen op deze test, moeten de participanten meer dan 16/19 halen. In deze test voldoen zes mensen (15% van alle testpersonen) aan deze vereiste. Deze zes beschikken volgens sommige onderzoekers over een 'echt' AG. Volgens de eigen bepaalde cutoff-waarde van 100% zou slechts één persoon een echte AG-bezitter zijn. Het gemiddelde van deze test is 51%.



Figuur 15: Procentuele resultaten van de participanten op test 2.

Uit deze grafiek kan opgemaakt worden dat, over het algemeen, de meeste participanten hogere resultaten behalen. De berekening van het gemiddelde beaamt deze observatie. Het gemiddelde van deze test is 81%.

Er moet echter rekening gehouden worden met het feit dat deze test slechts uit 10 klanken bestaat. Volgens de 85% cutoff-waarde zouden achttien personen (46% van alle participanten) over een AG beschikken. Van deze 18 maakte de helft geen enkele fout. Dit resultaat doet vermoeden dat het herkennen van pianotonen inderdaad gemakkelijker zou zijn. Tussen die negen, die geen enkele fout maakten, bevinden zich mogelijk mensen die eerder over een 'absolute piano' beschikken in plaats van over een 'echt' AG.



Figuur 16: Procentuele resultaten van de participanten op beide testen.

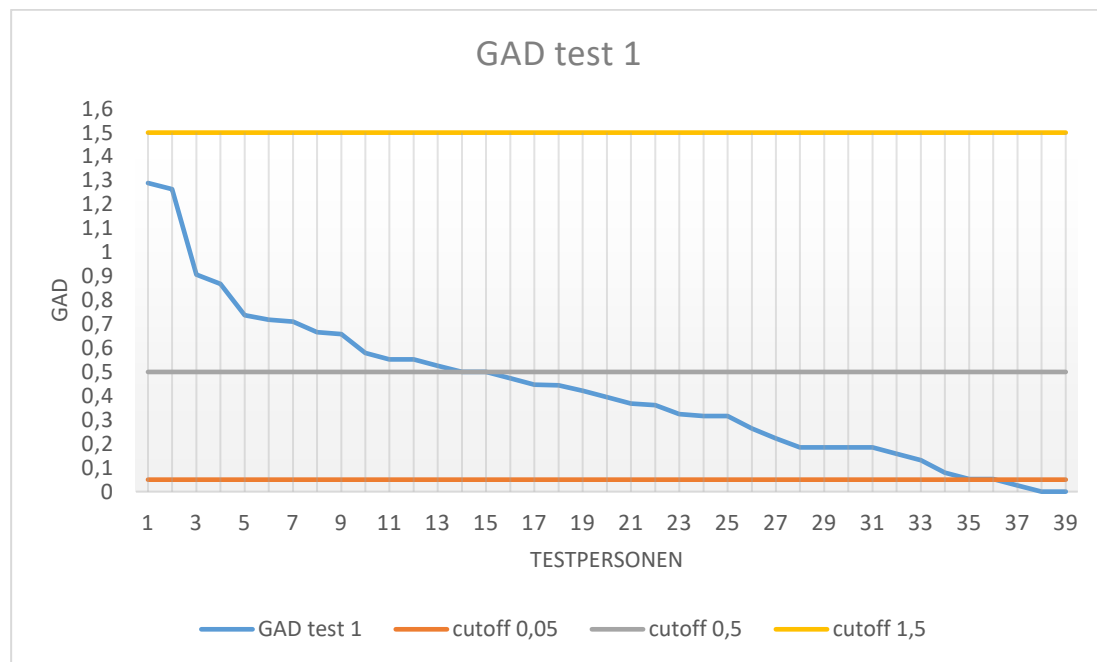
Als er naar de testen samen wordt gekeken, valt op dat de scores gemiddeld gestegen zijn ten opzichte van deze van de eerste test, maar gezakt ten opzichte van de tweede. Het gemiddelde van 61% toont de stijging van de resultaten ten opzichte van test 1 en de daling ervan ten opzichte van test 2, aan. Opnieuw zijn er nu slechts zes die boven de 85% scoren en slechts één die 100% scoort.

4.2.1.3 Gemiddelde absolute deviatie

Bermudez en Zatorre (2009) waren één van de eerste onderzoekers die de resultaten van hun proefpersonen interpreteerden door de gemiddelde absolute deviatie (GAD) te berekenen per persoon. Op die manier kan de accuraatheid en consistentie van de antwoorden van de participanten worden geïnterpreteerd.

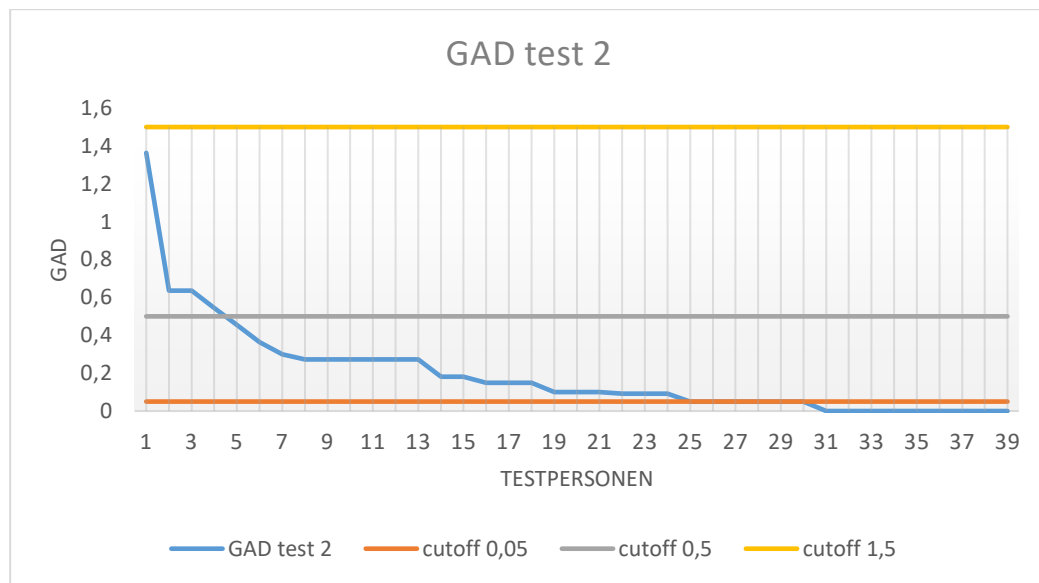
Ondanks het feit dat deze onderzoekers aanhangers zijn van de continuüm gedachte om de AG-vaardigheid te bespreken, verdeelden ook zij hun proefgroep in drie subgroepen.

Participanten die een totale GAD score hadden onder de één, werden beschouwd als diegene die het meeste kans hebben om effectief een AG te bezitten. Proefpersonen dit tussen de één en drie scoorden werden beschouwd als een tussengroep. Participanten met scores hoger dan 3 waren de niet-AG-bezitters. Enkel diegene die onder de 0,1 scoorden waren de aller besten en werden daarom ook beschouwd als AG-bezitters. Bij de interpretatie hiervan moet er rekening mee gehouden worden dat zij hun participanten per halve -toon-fout een absolute waarde van één toekenden. In dit onderzoek kregen de participanten voor dergelijke fouten een absolute waarde van 0,5. Om de resultaten van dit onderzoek te vergelijken met die van Bermudez en Zatorre moeten hun cutoff-waarden (voor hun onderverdeling in drie subgroepen) gedeeld worden door twee.



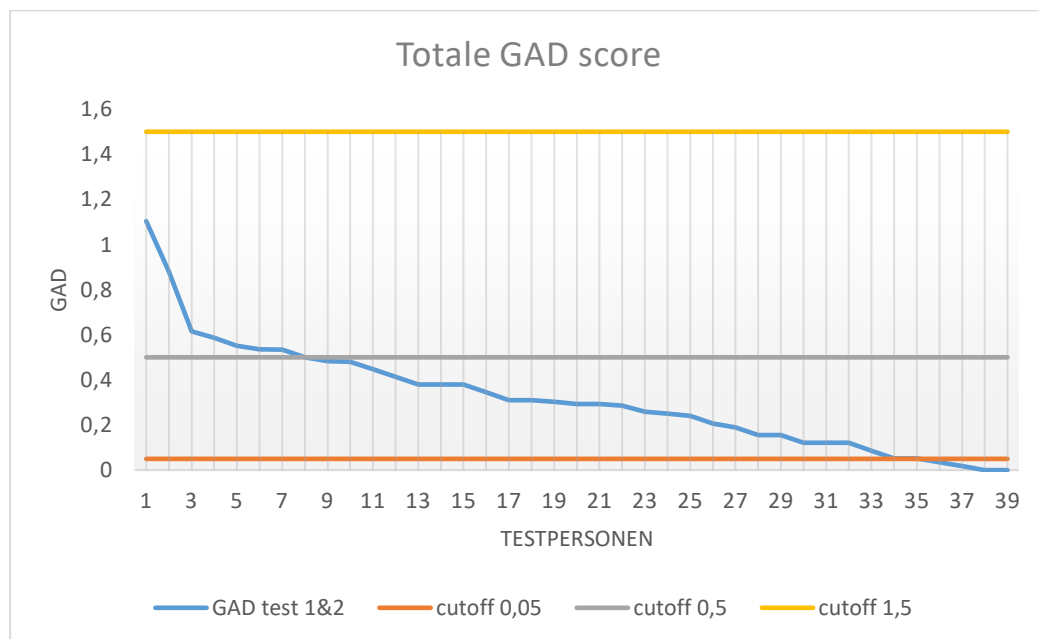
Figuur 17: GAD scores van de participanten op test 1.

Slechts drie participanten (8% van de testgroep) behalen op deze test een GAD van minder dan 0,05 en kunnen volgens Bermudez en Zatorre beschouwd worden als 'echte' AG-bezitters. Hun variatie in antwoorden is dus uitzonderlijk miniem. 21 participanten (54%), exclusief deze met een score onder de 0,05, hebben scores onder de 0,5 en bevinden zich in de groep die veel kans heeft om de vaardigheid van een AG te bezitten. De overige vijftien (38%) testpersonen bevinden zich in de tussengroep. Het bezit van de vaardigheid AG wordt bij deze mensen niet volledig uitgesloten maar is niet uitgesproken aanwezig. Niemand behaalde een score van boven de 1,5 waardoor bij niemand het bezit van een AG, volgens bovenstaande criteria, kan worden uitgesloten. De gemiddelde GAD van alle participanten is 0,49.



Figuur 18: GAD scores van de participanten op test 2.

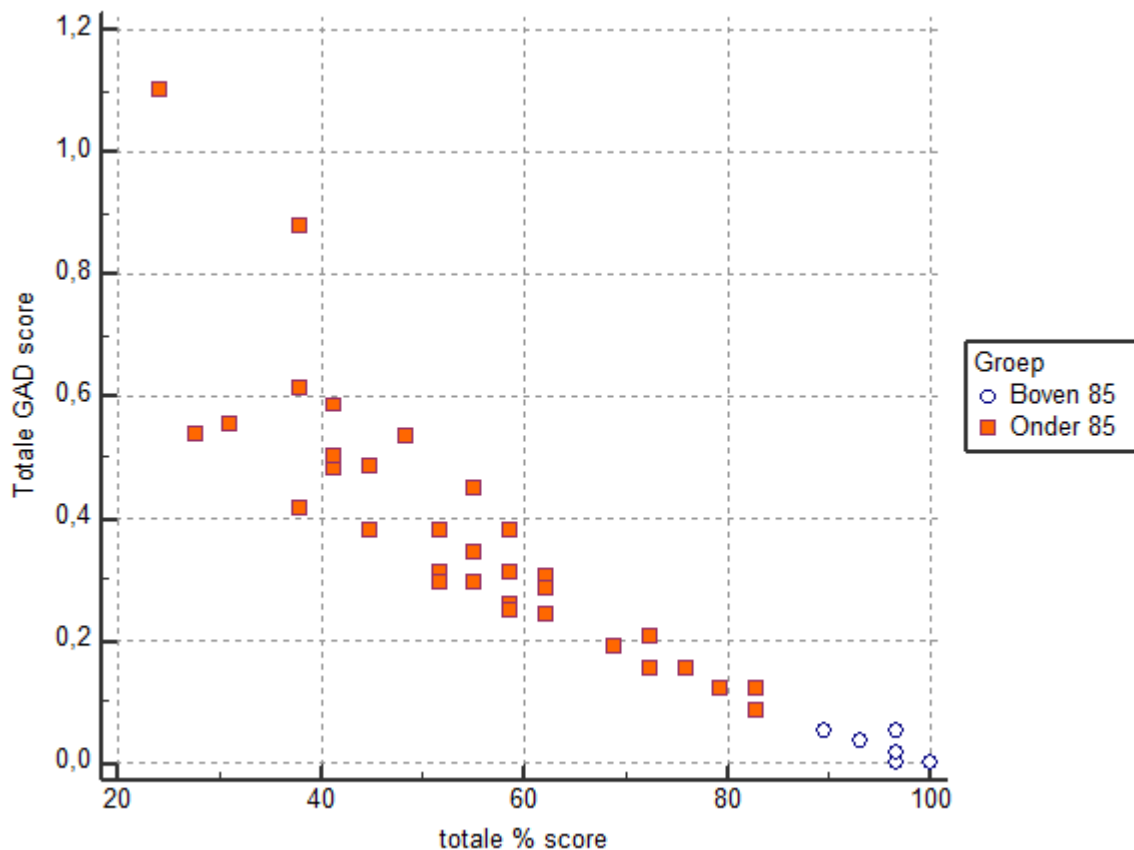
Meer participanten hebben in deze test betere resultaten behaald. Dit is zichtbaar in de bovenstaande grafiek. Negen personen (23%) behoren nu tot de groep van de allerbeste (scores $<0,05$), 26 participanten (66%) hebben een grote kans om een AG te bezitten (scores $<0,5$) en slechts vier personen bevinden zich in de tussengroep (scores $[0,5-1,5]$). De gemiddelde score van de GAD van alle participanten is 0,29 en is dus lager dan deze bij test 1.



Figuur 19: GAD scores van de participanten op beide testen.

Indien beide testen samen worden genomen, blijkt dat er nu vier participanten (of 10%) zich in de groep van de allerbeste, zij met een (vermoedelijk) 'echt' AG, bevinden. Acht participanten (21%) bevinden zich in de tussengroep. Het grootste deel van de testpersonen heeft echter opnieuw resultaten $<0,5$ en hebben dus grote kans om over een AG te beschikken. De gemiddelde GAD is echter voor beide testen lager dan elke test apart en bedraagt 0,15.

4.2.1.4 Totale procentuele scores ten opzichte van de GAD scores



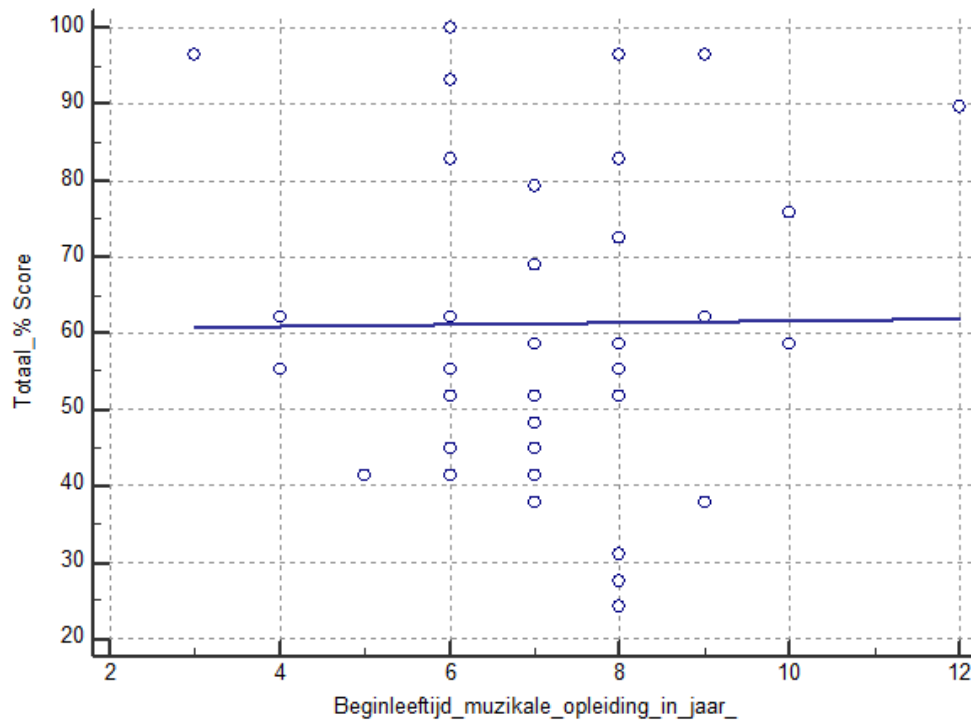
Figuur 20: De vergelijking tussen de totale procent scores in vergelijking met de totale GAD scores per persoon.

Als de totale procent scores per persoon vergeleken worden met de totale GAD scores dan is een duidelijke tendens zichtbaar: hoe hoger de procent scores hoe lager de GAD scores. Zo hebben de zes personen die boven de 85% scoorden ook lage GAD scores. Het is eveneens opvallend dat tussen participanten met gelijke procent scores onderling, er een grote variatie is in GAD scores. Zo ook bij de drie van de zes boven de 85%. Slechts vier van de zes, die volgens de cutoff-criteria van Diana Deutsch over een AG zouden beschikken, voldoen aan de criteria van Bermudez en Zatorre (2009).

4.2.1.5 Besluit

Slechts één van de 39 testpersonen bezit, op basis van de gestelde criteria in dit onderzoek, waarlijk een 'echt' absoluut gehoor. Dit komt neer op een percentage 3% van de testpopulatie. Aangezien slechts één persoon dit bezit, kunnen duidelijke, valide en betrouwbare conclusies omtrent mogelijke beïnvloedende externe factoren, niet getrokken worden. In de bespreking van volgende onderzoeksvragen wordt eerder gekeken naar mogelijke tendensen van de procentscores bij bepaalde externe factoren.

4.2.2 Onderzoeksvraag 2: 'Heeft de beginleeftijd van de muzikale opleiding een invloed op het ontwikkelen van een absoluut gehoor?'



Figuur 21: Correlatie tussen de beginleeftijd van de muzikale opleiding enerzijds en de overeenkomstige (totale) procentuele scores van de participanten anderzijds.

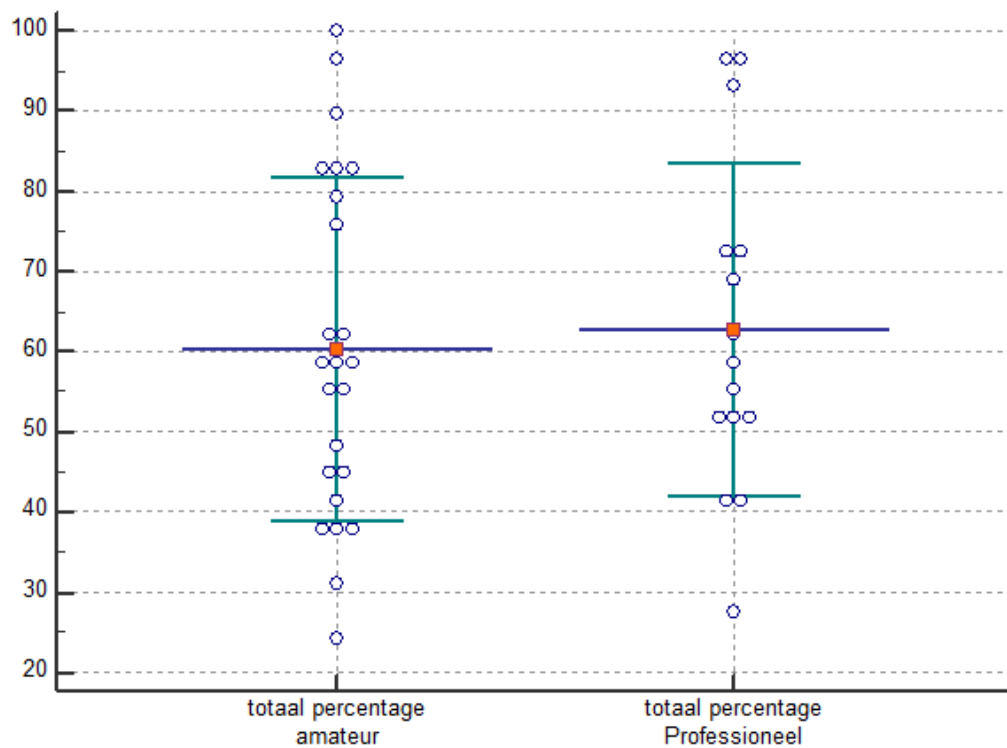
Variable Y	Totaal_%_Score
Variable X	Beginleeftijd_muzikale_opleiding_in_jaar_

Sample size	39
Correlation coefficient r	0,009138
Significance level	P=0,9560
95% Confidence interval for r	-0,3073 to 0,3237

Om bovenstaande grafiek te bekomen, werd de regressie tussen beide parameters bepaald en een trendlijn uit de resultaten getrokken. Er kan uit geconcludeerd worden dat de meeste participanten hun muzikale opleiding hebben gestart voor de leeftijd van 8 jaar. Slechts 6 van de 39 deelnemers (of 15%) zijn later van start gegaan. Er is niet enkel veel variatie tussen de procentscores van de deelnemers met dezelfde beginleeftijd zichtbaar, maar ook tussen de verschillende leeftijden onderling. De trendlijn is bovendien ook een horizontale rechte. De Pearson correlatiecoëfficiënt is gelijk aan 0,0091 dit is niet significant verschillend van nul ($p=0,96$).

Hieruit kan, uit dit onderzoek, besloten worden dat de beginleeftijd van de muzikale opleiding geen significante invloed heeft op het behalen van een goede score op deze test en dus indirect vermoedelijk ook niet op de ontwikkeling van een AG.

4.2.3 Onderzoeksvraag 3: 'Komt een absoluut gehoor vaker voor bij professionelen dan bij amateurs?'



Figuur 22: Vergelijking van de (totale) procentuele scores tussen professionele en amateur muzikanten.

	Professionele muzikanten	Amateur muzikanten
Sample size	15	24
Arithmetic mean	62,7586	60,3448
95% CI for the mean	51,2738 to 74,2434	51,2872 to 69,4025
Variance	430,1002	460,1148
Standard deviation	20,7389	21,4503
Standard error of the mean	5,3548	4,3785
F-test for equal variances	P = 0,921	

T-test (assuming equal variances)

Difference	-2,4138
Standard Error	6,9725
95% CI of difference	-16,5414 to 11,7138
Test statistic t	-0,346
Degrees of Freedom (DF)	37
Two-tailed probability	P = 0,7312

De procentuele totaalscores van 15 professionele en 24 amateur muzikanten werden onderling vergeleken. Participanten werden als professioneel beschouwd als ze een opleiding hadden genoten aan het conservatorium. Hieruit blijkt dat de variatie tussen de verschillende resultaten bij de amateurs veel groter was dan bij de professionelen, maar het gemiddelde tussen de twee niet veel afwijkt. De professionelen hebben een gemiddelde score van 63% en de amateurs een score van 60%. De professionele muzikanten scoren significant niet beter dan de amateurs, maar hebben wel een kleinere variatie onderling. Professionelen hebben dus niet significant meer kans om een AG te ontwikkelen ten opzichte van amateurs. Opvallend is bovendien dat de enige persoon die volgens dit onderzoek een AG bezit, een amateur-muzikant is en geen professionele.

4.3 Casus



Figuur 23: Weergave via een cirkeldiagram van de antwoorden van participant vierendertig ten opzichte van iemand met een AG.

Slechts een persoon behaalde de score van 29/29 of 100% en kan dus beschouwd worden als iemand met een AG.

Dit was een blinde jongen van 20 jaar. Hij begon zijn muzikale opleiding toen hij 6 jaar was. Zijn eerste instrument was viool maar hij ondervond al snel dat dit niets voor hem was. Piano bleek beter bij hem te passen.

Hij gaf aan heel zeker te zijn dat hij een AG bezat en dat is ook zo gebleken. Als definitie voor een AG verwoordde hij het volgende: 'Een absoluut gehoor is de ene noot van de andere kunnen onderscheiden en benoemen.'

Het benoemen van de klanken leek automatisch te gaan zonder enige aarzeling. Zijn reactie tijden waren subjectief gezien zeer kort.

Hij speelt elke dag piano en kan gevraagd worden op privéfeesten om de muziek te komen opluisteren. Na de testafname vertelde hij een opmerkelijk verhaal. Hij was, enkele dagen voor de testafname, met zijn vader gaan wandelen en had een kikker horen kwaken. Hij kon zonder enige moeite het gekwaak benoemen als toonhoogte re.

5 Discussie

Het opzet van deze bachelorproef was om de kennis die er nu reeds bestaat over het AG in kaart te brengen en om op basis van deze kennis een eigen (verkenkend) onderzoek uit te voeren en de bevindingen hiervan terug te koppelen naar die van de literatuur. Dit onderzoek bevestigt de stelling dat het AG een merkwaardige en moeilijk te doorgronden vaardigheid is. Doorheen de jaren deden reeds vele onderzoekers pogingen om het ontstaan, de expressie en de vele andere facetten van het AG te beschrijven. Uit deze onderzoeken blijkt dat niet alleen meerdere factoren, zoals de beginleeftijd van de muzikale opleiding, genetica, etnische afkomst,... een rol spelen in het tot uiting komen van een AG, maar ook dat er binnen de AG-bezitters zelf veel variatie is. Deze variatie is mede te wijten aan het feit dat er geen uniformiteit is in enerzijds de definiëring van dit fenomeen en anderzijds in de test-, scorings- en interpretatiemethoden.

Om deze lacune in het onderzoek in te vullen, werd een lijst van parameters vastgelegd om een valide en betrouwbare test te kunnen opstellen om het AG te onderzoeken. Volgende zaken moeten in rekening gebracht worden: frequentie, geluidniveau, aantal en welke timbres en de duur van de stimuli. Het relatief gehoor moet zo veel mogelijk uitgeschakeld worden en om een onderscheid te kunnen maken tussen 'semi' en 'echte' AG-bezitters wordt de reactietijd best opgemeten. Indien rekening wordt gehouden met deze parameters bij het opstellen van een test, zou dit vermoedelijk een betrouwbare en valide test zijn om het AG te onderzoeken.

Voor dit onderzoek was er, door tijdsgebrek, geen mogelijkheid om zelf een test samen te stellen. Er werd daarom beroep gedaan op reeds bestaande testen vanop het internet. Er werden twee testen geselecteerd die zoveel mogelijk voldeden aan de vooropgestelde parameters. De ene test bood 20 klanken aan met verschillende timbres de andere 10 pianoklanken. Tussen elke klank hoorden de testpersonen een atonaal muziekstukje om het gebruik van een relatief gehoor zo veel mogelijk uit te schakelen. Aan de participanten werd gevraagd de gehoorde klanken te benoemen en hun antwoorden neer te schrijven. Via email en de sociale media werd een oproep voor testpersonen verstuurd. 44 personen namen deel. Vijf ervan voldeden uiteindelijk niet aan de gestelde voorwaarden en werden daarom niet opgenomen in de interpretaties van de resultaten. De test werd telkens in een gelijkaardige situatie afgenomen. Voor de scoringsmethode werd er gekozen om geen halve-toon-fouten juist te rekenen. Enkel die personen die een score behaalden van 100% werden als echte AG-bezitters beschouwd. Deze beslissing is gebaseerd op de gedachte en definitie waarbij er vanuit gegaan wordt dat 'echte' AG-bezitters elke klank, die geproduceerd wordt door om het even welk bron, foutloos via een notennaam kunnen benoemen. Door deze strenge regel voldeed slechts één participant aan deze voorwaarde. Aan de participanten werd naast een procentuele score ook een gemiddelde absolute deviatiescore toegekend. Deze score toonde hoever de tonen die participanten benoemden, gemiddeld

afwijken van de doelnoot. Zo kan er een onderscheid gemaakt worden tussen mensen die éénzelfde procentuele score hebben, maar waarbij de ene fouten maakte die gemiddeld meer afwijken van de doelnoot dan de andere, en waarbij dus vermoedelijk de AG vaardigheid minder goed is ontwikkeld.

Slechts één testpersoon kan in dit onderzoek beschouwd worden als een AG-bezitter. Uit deze beperktheid aan gegevens kunnen er dus geen eenduidige besluiten getrokken worden omtrent de mogelijk beïnvloedende externe factoren van het AG. Enkel sommige tendensen kunnen besproken worden. Door tijdsgebrek konden slechts drie onderzoeksvragen onderzocht worden.

Op de vraag: 'Vanaf welke score kan er over een AG gesproken worden, of moet deze eigenschap eerder op een continue schaal gezien worden?' is er in de literatuur geen uniformiteit. De laatste jaren geven meer en meer onderzoekers de voorkeur aan de continuümgedachte, maar gebruiken echter wel cutoff-waarden om hun AG-bezittersgroep te bepalen. Bovendien zijn deze cutoff-waarden niet bij elke onderzoeker gelijk, waardoor onderzoeken o.a. hierdoor niet met elkaar kunnen vergeleken worden.

Diana Deutsch is een gerenommeerde onderzoekster in dit onderwerp en hanteert, net als een aantal andere onderzoekers (Miyazaki, 1988), een cutoff-waarde van 85% bij procentscores. Bermudez en Zatorre (2009) onderzochten hun testpersonen via een andere quoteringsstrategie (GADscores) met bijhorende cutoff-waarden. Beide quoteringsstrategieën werden op deze testgroep uitgevoerd en onderling vergeleken. Op basis van de criteria van Diana Deutsch zouden zes participanten over een AG beschikken, in tegenstelling tot de slechts vier die voldoen aan de criteria van Bermudez en Zatorre. Uit dit verschil in aantal kan geconcludeerd worden dat de prevalentiecijfers grondig gekleurd worden door de gehanteerde cutoff-criteria. De behaalde resultaten van de participanten doen vermoeden dat het AG eerder kan beschouwd worden als een vaardigheid gespreid over een continue schaal. De scores volgden elkaar systematisch op zonder ergens een duidelijke scheiding in te kunnen opmerken. Het AG kan op basis van dit onderzoek niet als een 'all-or-not' vaardigheid worden beschouwd.

De tweede onderzoeksvraag handelde over het feit of de beginleeftijd van de muzikale opleiding een invloed heeft op de ontwikkeling van het AG. Meerdere onderzoeken gaven aan dat, hoe jonger de beginleeftijd hoe groter de prevalentie (Athos, et al., 2007; Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006; Takeuchi & Hulse, 1993; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Vanzella & Schellenberg, 2010; Bermudez & Zatorre, 2009; Ziv & Radin, 2014; Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015; Leite, Mota-Rolim, & Queiroz, 2016; Gregersen, Kowalsky, Kohn, & Marvin, 1999). Uit dit onderzoek is deze tendens echter niet zichtbaar, integendeel. De trendlijn is een horizontale in plaats van de verwachte dalende rechte. De beginleeftijd van de muzikale opleiding zou op basis van dit onderzoek geen significante invloed hebben op de ontwikkeling van een AG. De reden hiervoor is niet duidelijk. Mogelijk heeft dit te maken met de te kleine onderzoeksgroep.

De derde vraag onderzocht het verschil tussen de resultaten van professionele- en amateur muzikanten. Hieruit bleek dat de variatie in resultaten bij de amateurs groter is dan bij de professionelen maar dat het gemiddelde van beide niet significant verschillend is. Bij de interpretatie moet er echter rekening worden gehouden dat in de testgroep 4 participanten deelnamen die jonger zijn dan achttien en dus nog geen professioneel muzikant kunnen zijn. Eén van deze vier haalde een uitzonderlijke score van 97% en had dus maar één benamingsfout. Het is ook zo dat de enige persoon in dit onderzoek die kan beschouwd worden als een echte AG-bezitter een amateur is en dus uiteraard ook de resultaten sterk kleurt.

Na de afname van dit onderzoek bleken er enkele beperkingen. De gekozen testen werden geselecteerd op basis van de vooropgestelde parameters, maar waren geen gestandaardiseerde testen waarvan ook de mate van validiteit niet gekend was. De wetenschappelijke basis waarop deze werden opgebouwd, kon niet worden achterhaald. Uit de PMM-metingen van de teststimuli bleek dat een aangeboden klank een breed frequentiespectrum oplevert waarbij bovendien veel onverklaarbare pieken aanwezig zijn. Er was dus een gebrek aan controle mogelijkheden van de stimuli. De geselecteerde testen voldeden daarenboven niet aan alle parameters. De reactiesnelheid van de participanten kon niet worden opgemeten waardoor er geen onderscheid kon gemaakt worden tussen 'semi' en 'echte' AG-bezitters. Er werden daarnaast slechts een gering aantal voorwaarden gesteld om deel te nemen aan dit onderzoek. Hierdoor was enerzijds de spreiding in leeftijd groot en anderzijds de muzikale ervaring uiteenlopend. Verder werd noch het tijdstip noch de plaats van afname constant gehouden. Door het gebrek aan valide testen, de beperkte en niet representatieve steekproefgroep en een beperkte gestandaardiseerde testafname, moeten de resultaten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd en is het niet mogelijk om betrouwbare uitspraken te doen over de populatie.

De bevindingen van deze bachelorproef bieden echter wel mogelijkheden voor verder onderzoek naar het AG. Het is aangewezen dat een nieuwe test wordt gecreëerd die aan alle parameters tegemoet komt zodat o.a. de teststimuli beter kunnen gecontroleerd worden en de reactietijd van de participanten kan worden opgemeten. Om de resultaten dan betrouwbaar te interpreteren moeten er strikte richtlijnen opgesteld worden voor de selectie van proefpersonen, zodat een representatieve steekproef bekomen kan worden.

Interessant in deze proefgroep was de aanwezigheid van twee blinde participanten. Deze haalden zeer hoge scores (100% en 89%). Wat hierbij opviel, was dat de proefpersoon met score 89% zijn muzikale opleiding pas aanving op 12-jarige leeftijd. Daarom lijkt het aangewezen om verder onderzoek te doen naar de prevalentie van het AG in deze populatie.

6 Besluit

Onderzoek naar het AG, met zijn vele facetten, mist uniformiteit. Zonder een eenduidige definitie en zonder welomschreven regels omtrent de test-, scorings- en interpretatiemethoden kunnen onderzoeken moeilijk vergeleken worden. Het AG is en blijft een merkwaardige en moeilijk te doorgronden vaardigheid, waarbij meerdere factoren (genetica, beginleeftijd muzikale opleiding, etnische afkomst,...) een rol spelen in de ontwikkeling en in het tot uiting komen.

In dit onderzoek werd de reeds bestaande literatuur over deze vaardigheid in kaart gebracht. Daarnaast werden parameters beschreven aan de hand waarvan een test opgesteld kan worden om zo het AG op een betrouwbare en valide manier te kunnen toetsen. Aan de hand van een verkennend onderzoek werd gepoogd om antwoorden te vinden op de vragen 'is een AG een 'all-or-not' vaardigheid?', 'heeft de beginleeftijd een invloed op de ontwikkeling van een AG?' en 'komt een AG vaker voor bij professionele dan amateur muzikanten?'. De proefgroep bestond uit 39 participanten die allemaal in staat waren om klanken via notennamen te benoemen en van zichzelf dachten over een AG te beschikken. Hun scores volgden elkaar systematisch op, waardoor er geen duidelijke indicatie was dat dit een 'all-or-not' vaardigheid is. AG kan dus eerder geplaatst worden op een schaal met verschillende gradaties gaande van minimaal, matig, goed tot bijzonder goed ontwikkeld AG. Slecht één participant voldeed aan de zelf opgestelde criteria, die rekening houden met de meest gehanteerde definitie, en kan bijgevolg beschouwd worden als iemand met een AG. Verder was er geen correlatie te zien tussen de beginleeftijd van de muzikale opleiding en de scores van de participanten. Volgens dit onderzoek zou iedereen die op om het even welke leeftijd gestart is met zijn muzikale opleiding in staat zijn om een AG te ontwikkelen. Tussen professionele- en amateurmusici waren er eveneens geen significante verschillen op te merken. Er waren echter een aantal gebreken in dit onderzoek, waardoor de betrouwbaarheid van de resultaten met enige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

7 Literatuurlijst

- Athos, E. A., Levinson, B., Kistler, A., Zemansky, J., Bostrom, A., Freimer, N., & Gitschier, J. (2007). Dichotomy and perceptual distortions in absolute pitch ability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(37), 14795-14800. doi:10.1073/pnas.0703868104
- Bachem, A. (1954). Time factors in relative and absolute pitch determination. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 26(5), 751-753. doi:10.1121/1.1907411
- Baggaley, J. (1974). Measurement of absolute pitch. *Psychology of Music*, 2(2), 11-17. doi:10.1177/030573567422002
- Baharloo, S., Johnston, P. A., Service, S. K., Gitschier, J., & Freimer, N. B. (1998). Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *The American Journal of Human Genetics*, 62(2), 224-231. doi:10.1086/301704
- Beck, D. L. (2008, november 17). *Absolute Pitch, Perfect Pitch, Relative Pitch, and other Musical Notes*. Opgeroepen op april 5, 2016, van audiology: <http://www.audiology.org>
- Bermudez, P., & Zatorre, R. J. (2009). A distribution of absolute pitch ability as revealed by computerized testing. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 27(2), 89-101. doi:10.1525/mp.2009.27.2.89
- Blumenthal, T. D. (1988). The startle response to acoustic stimuli near startle threshold: Effects of stimulus rise and fall time, duration, and intensity. *Psychophysiology*, 25(5), 607-611. doi:10.1111/j.1469-8986.1988.tb01897.x
- Boschma, H. (sd). *Lijst van Clinics: muzikaal gehoor*. Opgeroepen op april 6, 2016, van embouchure: <http://www.embouchure.nl>
- Burge, D. L. (2016). *What is perfect pitch?* Opgeroepen op april 7, 2016, van perfectpitch: <http://www.perfectpitch.com>
- Burns, E. M., & Ward, W. D. (1999). Intervals, scales, and tuning. *The psychology of music*, 2, 215-264. doi:10.1016/B978-012213564-4/50008-1
- Clinckspoor, R. (2016-2017). *Audiologie bij complexe zorgvragen*. Arteveldehogeschool.
- Cooper, W. B., Tobey, E., & Loizou, P. C. (2008). Music perception by cochlear implant and normal hearing listeners as measured by the Montreal Battery for Evaluation of Amusia. *Ear and hearing*, 29(4), 315-326. doi:10.1097/AUD.0b013e318174e787
- Deutsch, D. (2002). The puzzle of absolute pitch. *Current Directions in Psychological Science*, 11(6), 200-204. doi:10.1111/1467-8721.00200
- Deutsch, D. (2013). Absolute pitch. In D. Deutsch, *The psychology of music* (3de ed., pp. 141-182). United states of America: Elsevier inc.

- Deutsch, D., Henthorn, T., Marvin, E., & Xu, H. (2006). Absolute pitch among American and Chinese conservatory students: Prevalence differences, and evidence for a speech-related critical period. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119(2), 719-722. doi:10.1121/1.2151799
- Dewilde, J. (2015, april 29). *Hersenen, muzikaliteit, muzikaal talent en opvoeding*. Opgeroepen op februari 13, 2017, van Mens en samenleving: <http://mens-en-samenleving.infonu.nl/psychologie/155227-hersenen-muzikaliteit-muzikaal-talent-en-opvoeding.html>
- Drayna, D. T. (2007). Absolute pitch: A special group of ears. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(37), 14549-14550. doi:10.1073/pnas.0707287104
- Drennan, W. R., & Rubinstein, J. T. (2008). Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychophysical capabilities. *J Rehabil Res Dev*, 45(5), 779-789. doi:10.1682/JRRD.2007.08.0118
- Drennan, W. R., & Rubinstein, J. T. (2015). Clinical evaluation of music perception, appraisal and experience in cochlear implant users. *International Journal of Audiology*, 54(2), 114-123. doi:10.3109/14992027.2014.948219
- Dubé, L., & Le Bel, J. (2003). The content and structure of laypeople's concept of pleasure. *Cognition & emotion*, 17(2), 263-295. Opgeroepen op februari 9, 2017, van <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02699930302295?needAccess=true>
- Efron, R. (1970). Effect of stimulus duration on perceptual onset and offset latencies. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 8(4), 231-234. doi:10.3758/BF03210211
- Elmer, S., Rogenmoser, L., Kühnis, J., & Jäncke, L. (2015). Bridging the gap between perceptual and cognitive perspectives on absolute pitch. *Journal of Neuroscience*, 35(1), 366-371. doi:10.1523/JNEUROSCI.3009-14.2015
- Gordon, E. E. (2007). *Learning sequences in music: A contemporary music learning theory*. GIA Publications.
- Gregersen, P. K., Kowalsky, E., Kohn, N., & Marvin, E. W. (1999). Absolute pitch: prevalence, ethnic variation, and estimation of the genetic component. *American journal of human genetics*, 65(3), 911-912. doi:10.1086/302541
- Halpern, A. R. (1989). Memory for the absolute pitch of familiar songs. *Memory & Cognition*, 17(5), 572-581. doi:10.3758/BF03197080
- Heaton, P., Hermelin, B., & Pring, L. (1998). Autism and pitch processing: A precursor for savant musical ability? *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 15(3), 291-305. Opgeroepen op februari 28, 2017, van https://www.researchgate.net/profile/Pamela_Heaton/publication/239214021_Autism_and_Pitch_Processing_A_Precursor_for_Savant_Musical_Ability_Authors/links/0deec51c0140c7853a000000.pdf
- het absoluut gehoor*. (2016). Opgehaald van hoorzaken: <http://www.hoorzaken.nl>

- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402. doi:10.1038/nrn2113
- Hochberg, I. (1975). Most comfortable listening for the loudness and intelligibility of speech. *Audiology*, 14(1), 27-33. doi:10.3109/00206097509071720
- Hockley, N. S., Bahlmann, F., & Chasin, M. (2010, september). Programming hearing instruments to make live music more enjoyable. *Hearing Journal*, 63(9), 30-38. doi:10.1097/01.HJ.0000388538.27405.93
- Hoffren, J. (1964). A test of musical expression. . *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 32-35.
- Kerkhofs, K. (2016). *Klinische audiometrie bij kinderen*. Arteveldehogeschool te Gent.
- Kraus, N., Zatorre, R. J., & Strait, D. L. (2014). Editors' introduction to Hearing Research special issue: Music: A window into the hearing brain. *Hearing research*, 308, 1.
- Leite, R. B., Mota-Rolim, S. A., & Queiroz, C. M. (2016). Music proficiency and quantification of absolute pitch: a large-scale study among Brazilian musicians. *Frontiers in neuroscience*, 10, 1-11. doi:10.3389/fnins.2016.00447
- Lenhoff, H. M., Perales, O., & Hickok, G. (2001). Absolute pitch in Williams syndrome. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 18(4), 491-503. Opgeroepen op februari 28, 2017, van <http://mp.ucpress.edu/content/18/4/491.full.pdf+html>
- Levitin, D. J. (1994). Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 56(4), 414-423. doi:10.3758/BF03206733
- Levitin, D. J. (1999). Absolute pitch: Self-reference and human memory. *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, 4, 255-266. doi:10.4135/9781412972000.n1
- Levitin, D. J. (2012). What does it mean to be musical. *Neuron*, 73(4), 633-637. doi:10.1016/j.neuron.2012.01.017
- Levitin, D. J., & Rogers, S. E. (2005). Absolute pitch: perception, coding, and controversies. *Trends in cognitive sciences*, 9(1), 26-33. doi:10.1016/j.tics.2004.11.007
- Lockhead, G. R., & Byrd, R. (1981). Practically perfect pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 70(2), 387-389. doi:10.1121/1.386773
- Looi, V., McDermott, H., McKay, C., & Hickson, L. (2008). Music Perception of Cochlear Implant Users Compared with that of Hearing Aid Users. *Ear and hearing*(29(3)), 421-434. doi:10.1097/AUD.0b013e31816a0d0b
- Loui, P., Li, H. C., Hohmann, A., & Schlaug, G. (2011). Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(4), 1015-1026. doi:10.1162/jocn.2010.21500

- Marvin, E. W., & Brinkman, A. R. (2000). The effect of key color and timbre on absolute pitch recognition in musical contexts. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 18(2), 111-137. doi:10.2307/40285905
- McDermott, J. H., & Oxenham, A. J. (2008). Music perception, pitch, and the auditory system. *Current opinion in neurobiology*, 18(4), 452-463. doi:10.1016/j.conb.2008.09.005
- Miyazaki, K. I. (1988). Musical pitch identification by absolute pitch possessors. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 44(6), 501-512. doi:10.3758/BF03207484
- Miyazaki, K. I. (1989). Absolute pitch identification: Effects of timbre and pitch region. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 7(1), 1-14. doi:10.2307/40285445
- Miyazaki, K. I. (2004). Recognition of transposed melodies by absolute-pitch possessors. *Japanese Psychological Research*, 46(4), 270-282. doi:10.1111/j.1468-5584.2004.00260.x
- Musical ear.* (sd). Opgehaald van Oxford dictionaries:
https://en.oxforddictionaries.com/definition/musical_ear
- Nelken, I., Bizley, J., Shamma, S. A., & Wang, X. (2014). Auditory cortical processing in real-world listening: the auditory system going real. *Journal of Neuroscience*, 34(46), 15135-15138. doi:10.1523/JNEUROSCI.2989-14.2014
- Nimmons, G. L., Kang, R. S., Drennan, W. R., Longnion, J., Ruffin, C., Worman, T., . . . Rubinstein, J. T. (2008, Februari). Clinical Assessment of Music Perception in Cochlear Implant listeners. *Otology & Neurotol*, 29(2), 149-155. doi:10.1097/mao.0b013e31812f7244
- Oechslin, M. S., Meyer, M., & Jäncke, L. (2010). Absolute pitch: functional evidence of speech-relevant auditory acuity. *Cerebral Cortex*, 20, 447-455. doi:10.1093/cercor/bhp113
- Oikkonen, J., Huang, Y., Onkamo, P., Ukkola-Vuoti, L., Raijas, P., Karma, K., . . . Järvelä, I. (2014). A genome-wide linkage and association study of musical aptitude identifies loci containing genes related to inner ear development and neurocognitive functions. *Molecular Psychiatry*, 20, 275-282. doi:10.1038/mp.2014.8
- Park, J. (2016, oktober 12). *What is musicality?* Opgeroepen op februari 16, 2017, van Human beatbox: <https://www.humanbeatbox.com/articles/what-is-musicality/>
- Pedersen, C. B. (1974). Brief-tone audiometry in persons treated with salicylate. *Audiology*, 13(4), 311-319. doi:10.3109/00206097409071688
- Peretz, I., Champod, A. S., & Hyde, K. (2003). Varieties of musical disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 58-75. doi:10.1196/annals.1284.006
- Plantinga, J., & Trainor, L. J. (2005). Memory for melody: Infants use a relative pitch code. *Cognition*, 98(1), 1-11. doi:10.1016/j.cognition.2004.09.008
- Rakowski, A., & Rogowski, P. (2007). Experiments on long-term and short-term memory for pitch in musicians. *Archives of Acoustics*, 32(4), 815-826. Opgeroepen op februari 12, 2017, van file:///C:/Users/User/Downloads/682-1095-1-SM.pdf

- Rijckaert, J. (2015). Plaatstheorie van toonhoogte horen. In R. J., *Akoestiek en psychoakoestiek* (p. 119). Arteveldehogeschool: Academia press.
- Ruthsatz, J., Detterman, D., Griscom, W. S., & Cirullo, B. A. (2007). Becoming an expert in the musical domain: It takes more than just practice. *Intelligence*, 36(4), 330-338. doi:10.1016/j.intell.2007.08.003
- Saffran, J. R., & Griepentrog, G. J. (2001). Absolute pitch in infant auditory learning: evidence for developmental reorganization. *Developmental psychology*, 37(1), 74-85. doi:10.1037/0012-1649.37.1.74
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J. F., & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047-1055. doi:10.1016/0028-3932(95)00045-5
- Sergeant, D., & Roche, S. (1973). Perceptual shifts in the auditory information processing of young children. *Psychology of Music*, 1(2), 39-48. doi:10.1177/030573567312006
- Smith, N. A., & Schmuckler, M. A. (2008). Dial A440 for absolute pitch: Absolute pitch memory by non-absolute pitch possessors. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), EL77-EL84. doi:10.1121/1.2896106
- Stevens, J. C., & Hall, J. W. (1966). Brightness and loudness as functions of stimulus duration. *Perception & Psychophysics*, 1(5), 319-327. doi:10.3758/BF03215796
- Sutton, C. (2016, augustus 18). *What is musicality*. Opgeroepen op februari 16, 2017, van Musical U: <https://www.musical-u.com/learn/what-is-musicality/>
- Takeuchi, A. H., & Hulse, S. H. (1993). Absolute pitch. *Psychological bulletin*, 113(2), 345-361. doi:10.1037/0033-2909.113.2.345
- team, M. U. (2013, mei 14). *What does it mean to have a "good ear"?* Opgeroepen op april 7, 2016, van Musical U: <https://www.musical-u.com/learn/what-does-it-mean-to-have-a-good-ear/>
- Terhardt, E., & Seewann, M. (1983). Aural key identification and its relationship to absolute pitch. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 1(1), 63-83. doi:10.2307/40285250
- Theusch, E., Basu, A., & Gitschier, J. (2009). Genome-wide Study of Families with Absolute Pitch REveals Linkage to 8q24.21 and Locus Heterogeneity. *The American Journal of Human Genetics*, 85(1), 112-119. doi:10.1016/j.ajhg.2009.06.010
- Thiers, P. (2003). *Psychologie voor leerkrachten*. Koninklijk conservatorium Brussel. Opgeroepen op april 2, 2017, van <http://www.e-lisa.be/psychologie/cursus/01%20hfst%2001%20Inleiding.pdf>
- Ulrich, R., Rinkenauer, G., & Miller, J. (1998). Effects of stimulus duration and intensity on simple reaction time and response force. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 915. doi:10.1037/0096-1523.24.3.915
- Van Hedger, S. C., Heald, S. L., & Nusbaum, H. C. (2015). The effects of acoustic variability on absolute pitch categorization: Evidence of contextual tuning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(1), 436-446. doi:10.1121/1.4933824

- Vanzella, P., & Schellenberg, E. G. (2010). Absolute pitch: Effects of timbre on note-naming ability. *PloS one*, 5(11), e15449-e15449. doi:10.1371/journal.pone.0015449
- Victoreen, J. A. (1960). Hearing enhancement. *Thomas*.
- Vitouch, O. (2003). Absolutist models of absolute pitch are absolutely misleading. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 21(1), 111-117. doi:10.1525/mp.2003.21.1.111
- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Friis-Olivarius, M., Vuust, C., & Vuust, P. (2010). The Musical Ear Test, a new reliable test for measuring musical competence. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 188-196. doi:10.1016/j.lindif.2010.02.004
- Ward, W. D., & Burns, E. M. (1982). Absolute pitch. In D. D., *The psychology of music* (1 ed., pp. 431-451). San Diego: Academic Press. doi:10.1016/B978-012213564-4/50009-3
- What's the difference between relative pitch and perfect pitch?* (2016). Opgehaald van easyeartraining.com: <http://www.easyeartraining.com/>
- Wynn, V. T. (1972). Measurements of small variations in absolute pitch. *The Journal of physiology*, 220(3), 627-637. doi:10.1113/jphysiol.1972.sp009726
- Zatorre, R. J. (2003). Absolute pitch: A model for understanding the influence of genes and development on neural and cognitive function. *Nature neuroscience*, 6(7), 692-695. doi:10.1038/nn1085
- Zatorre, R. J., Perry, D. W., Beckett, C. A., Westbury, C. F., & Evans, A. C. (1998). Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(6), 3172-3177. doi:10.1073/pnas.95.6.3172
- Ziv, N., & Radin, S. (2014). Absolute and relative pitch: Global versus local processing of chords. *Advances in Cognitive psychology*, 10(1), 15-25. doi:10.5709/acp-0152-7

8 Afbeeldingenlijst

Figuur 1: Prevalentiecijfers uit onderzoek van Baharloo et al. (1998).....	22
Figuur 2: Resultaten van een PET-scan studie tussen muzikanten met een AG en muzikanten zonder, maar met een RG. (a) toont de reacties indien aan beide groepen gevraagd wordt om een geïsoleerde toon te benoemen. (b) zijn de zichtbare reacties indien er gevraagd wordt om een akkoord te benoemen. Wanneer er gevraagd wordt om tonen te benoemen, is de linker posterior dorsale prefrontale cortex bij AG-bezitters actief. Deze regio zou betrokken zijn bij het conditioneel leren leggen van associaties. Bij muzikanten zonder een AG is deze regio enkel actief indien ze een akkoord moeten benoemen. Bij beide opdrachten is duidelijk zichtbaar dat de linker hemisfeer meer geactiveerd is bij AG-bezitters dan deze zonder een AG. Opgehaald uit (Zatorre, Perry, Beckett, Westbury, & Evans, 1998).....	26
Figuur 3: Correlatieve analyse van de activiteit van de linker hemisfeer tussen mensen met een AG (zwarte ruiten) en mensen zonder (grijze driehoekjes) opgemeten in een het onderzoek van Elmer, Rogenmoser et al. (2015).....	27
Figuur 4: Algemene hersenactiviteit verschillen (tussen de linker- en rechterhemisfeer) bij AG-bezitters en niet bezitters. (Elmer, Rogenmoser, Kühnis, & Jäncke, 2015)	27
Figuur 5: Percentages van het aantal testpersonen met een score van minimaal 85% op een AG-test, in functie van de beginleeftijd van de muzikale opleiding.(A) zonder en (B) met het juist rekenen van halve-toon-fouten. CCOM: Testpersonen van het conservatorium in Beijing, China, die een toontaal spreken. ESM: Testpersonen van het conservatorium in Rochester, New York, die geen toontaal spreken. Opgehaald uit (Deutsch, Henthorn, Marvin, & Xu, 2006).	29
Figuur 6: gemiddelde correcte percentages op AG testen in functie van het octaaf en het timbre van de stimulus. Gehaald uit Miyazaki (1989).....	33
Figuur 7: PMM Rechts: B3 : Meting 1 Figuur 8: PMM Rechts: B3: Meting	40
Figuur 9: PMM Rechts: C4.....	42
Figuur 10: PMM links: B3: meting 1 Figuur 11: PMM Links: B3: meting 2	43
Figuur 12: PMM Links: C4.....	44
Figuur 13: Weergave via een cirkeldiagram van de antwoorden van participant zes ten opzichte van iemand met een AG.	50
Figuur 14: Procentuele resultaten van de participanten op test 1.	51
Figuur 15: Procentuele resultaten van de participanten op test 2.	51
Figuur 16: Procentuele resultaten van de participanten op beide testen.....	52

Figuur 17: GAD scores van de participanten op test 1.....	53
Figuur 18:GAD scores van de participanten op test 2.	54
Figuur 19:GAD scores van de participanten op beide testen.	54
Figuur 20: De vergelijking tussen de totale procentscorers in vergelijking met de totale GADscores per persoon.	55
Figuur 21: Correlatie tussen de beginleeftijd van de muzikale opleiding enerzijds en de overeenkomstige (totale) procentuele scores van de participanten anderzijds.	56
Figuur 22: Vergelijking van de (totale) procentuele scores tussen professionele en amateur muzikanten.	57
Figuur 23: Weergave via een cirkeldiagram van de antwoorden van participant vierendertig ten opzichte van iemand met een AG.	59

9 Bijlagelijst

9.1 Bijlage 1: Vragenlijst.....	74
9.2 Bijlage 2: Contactopname met potentiële proefpersonen.....	76

9.1 Bijlage 1: Vragenlijst

Antwoord formulier test Absoluut Gehoor

Voornaam en Naam:.....

Geslacht:.....

Moedertaal en Land van herkomst:

Begin leeftijd muzikale opleiding:

Instrument(en):

Speelt u een transponerend instrument:

Duur van het bespelen van instrument(en):

Op welk niveau beoefent/bespeelt u muziek/uw instrument (professioneel/amateur):

.....

In welke toonhoogte speelt u gebruikelijk?

440Hz	415Hz	392 Hz.

Denkt u een absoluut gehoor te hebben? ja/neen

Indien u hiervoor 'ja' geantwoord hebt, hoe zeker bent u een absoluut gehoor te hebben:

Heel zeker	zeker	Niet zeker/niet onzeker	Niet zeker	Helemaal niet zeker

Heeft u nog familieleden met mogelijks een absoluut gehoor:

Hoe zou u zelf een absoluut gehoor omschrijven/definiëren?

.....
.....
.....

Test 1:

Opdracht: U gaat een aantal tonen (muziek noten) horen, gespeeld door verschillende instrumenten. Als u de noot die werd gespeeld kan benoemen, mag u deze hier noteren. Tussen elke noot zal u een stukje atonische muziek horen. Hierop moet u niet reageren.

Noot 1	
Noot 2	
Noot 3	
Noot 4	
Noot 5	
Noot 6	
Noot 7	
Noot 8	
Noot 9	
Noot 10	
Noot 11	
Noot 12	
Noot 13	
Noot 14	
Noot 15	
Noot 16	
Noot 17	
Noot 18	
Noot 19	
Noot 20	

Test 2:

Opdracht: Nu krijgt u pianotonen te horen. Als u de gespeelde noot herkent, mag u deze hier noteren. Tussen elke noot zal u een stukje atonische muziek horen. Hierop moet u niet reageren.

Noot 1	
Noot 2	
Noot 3	
Noot 4	
Noot 5	
Noot 6	
Noot 7	
Noot 8	
Noot 9	
Noot 10	

9.2 Bijlage 2: Contactopname met potentiële proefpersonen

Beste

Ik contacteer u op aangeven van

Mijn naam is Celien Byttebier en ik ben een studente audiologie aan de Arteveldehogeschool Gent. In het kader van de afronding van deze opleiding schrijf ik een bachelorproef rond absoluut gehoor. Mijn opzet is om bij een aantal mensen met een absoluut gehoor een test af te nemen en de verschillen in de resultaten te vergelijken en te onderzoeken. Ik wil ondermeer nagaan welke externe factoren een invloed kunnen hebben op het ontwikkelen van een absoluut gehoor en welke gradaties er hierin te vinden zijn. Zoals: welke invloed de aanvang van uw muzikale opleiding heeft op de prevalentie van een absoluut gehoor en het timbre van uw (begin)instrument op de correcte identificatie van noten gespeeld door instrumenten met andere timbres.

Hiervoor ben ik op zoek naar mensen die een absoluut gehoor bezitten en een test willen laten afnemen.

De test zou een kwartiertje tot maximaal 20 minuten duren op een moment dat voor u het beste past aangezien de test op mijn eigen computer en met mijn eigen koptelefoon wordt afgenomen.

Via vernam ik dat u mogelijks hiervoor in aanmerking komt, klopt dit? Zou u het eventueel zien zitten om mee te werken aan mijn onderzoek?

Indien u nog mensen (familieleden, collega's, kennissen,...) zou kennen die mogelijks ook een absoluut gehoor hebben en mogelijks ook interesse hebben om aan deze test te willen meewerken, mag u zeker hun contactgegevens doorgeven.

Alvast bedankt en met vriendelijke groeten

Celien Byttebier

