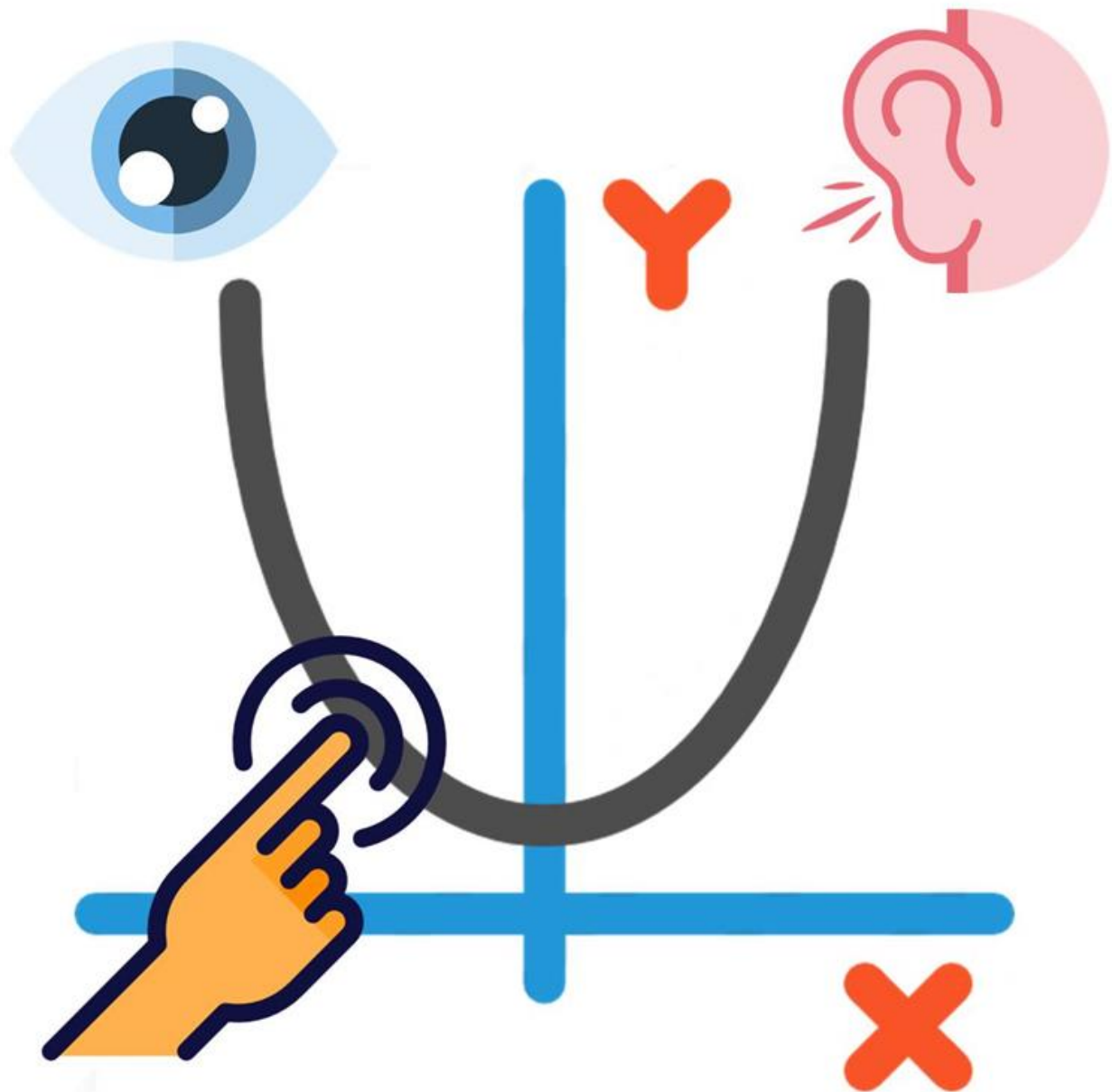


Multisensorisch leren bij kinderen met een visuele beperking

Leest een kind met een visuele beperking een grafiek sneller en beter als deze grafiek voor meerdere zintuigen waarneembaar is dan wanneer deze voor één zintuig waarneembaar is?



SAXION

Visio

Naam: Louis Pool
Studentnummer: 328159
Opleiding: Toegepaste Psychologie
Plaats van uitgave: Deventer

Datum: 13-03-2017
Type verslag: Scriptie
Eerste begeleider: Boris van Waterschoot
Tweede begeleider: Mijke Hartendorp

Voorwoord

Dit onderzoek zou nooit tot stand zijn gekomen zonder het onderzoek en werk van Dennis Willemsen van de TU Delft, Vincent de Koning van Big Orange die de audiografieken heeft gemaakt, Wendy Voorn van Koninklijke Visio die de tactiele grafieken heeft gemaakt en Don van Dijk van Koninklijk Visio die leerlingen van de school van Visio in Grave heeft aangespoord om mee te doen aan dit onderzoek.

Inhoud

Samenvatting	5
Hoofdstuk 1 – Inleiding	6
1.1 – Aanleiding	6
1.2 – Doelstelling en onderzoeksvraag	7
Hoofdstuk 2 – Theoretisch kader	7
2.1 – Visuele verwerking.....	8
2.2 – Auditieve verwerking	8
2.3 – Tactiele verwerking.....	8
2.4 – Visuele beperking.....	9
2.5 – Verschillen en overeenkomsten tussen de zintuigelijke verwerkingen	9
2.6 – Multisensorische verwerking	9
2.7 – Conceptueel model	11
Hoofdstuk 3 – Onderzoeksmethode	11
3.1 – Proefpersonen	11
3.2 – Onderzoeksmethode	12
3.3 – Onderzoeksinstrument.....	13
3.4 – Procedure	14
3.5 – Analyse	14
.....	15
Hoofdstuk 4 – Resultaten	15
4.1 – Respons.....	15
4.2.1 – Sense Math, snelheid	16
4.2.2 - Sense Math, gemiddeld aantal fout	16
4.3.1 - aanvullend, beeld vormen van hoorbare grafiek.....	17
4.3.2 - aanvullend, verschil horen tussen twee audiografieken	18
4.3.3 - aanvullend, twee grafieken voelen, één daarvan luisteren	18
4.3.4 - aanvullend, tactiek om grafieken te voelen	18
4.3.5 - aanvullend, subjectieve ervaring.....	19
Hoofdstuk 5 – Conclusie	19
5.1.1 - Sense Math, snelheid	19
5.1.2 - Sense Math, accuratesse.....	20
5.2 - Waarneming hoorbare grafiek	20
5.3 - Waarneming tactiele grafiek	20
5.4 – Algemene conclusie.....	21
5.5 - Aanbevelingen	21
Literatuur	23

Bijlage 1, Meetinstrument	24
Bijlage 2 – Eigen werkverklaring.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Samenvatting

Het is voor leerlingen met een visuele beperking lastig om gevisualiseerde informatie zoals grafieken, tabellen en kaarten waar te nemen. Een veelgebruikte oplossing is om informatie voelbaar te maken, maar die manier van waarnemen gaat langzaam en kost energie. Koninklijke Visio, een expertisecentrum voor mensen met een visuele beperking, heeft in samenwerking met Big Orange en de Universiteit van Delft een prototype gemaakt van een applicatie voor tablets die wiskundige grafieken zowel voelbaar als hoorbaar weergeeft. Het prototype bestaat uit een voelbare grafiek en een geluidsfragment met diezelfde grafiek waarbij de x-as als een metronoom klinkt en de grafiek als een muziekinstrument. Er is onderzocht of leerlingen met een visuele beperking een grafiek sneller en beter waarnemen als de grafiek voelbaar en hoorbaar is, dan wanneer de grafiek alleen voelbaar is. Daarnaast is onderzocht op welke manier leerlingen met een visuele beperking voelbare en hoorbare grafieken waarnemen. Acht leerlingen van 13 tot en met 20 jaar hebben deelgenomen aan het onderzoek. Hiervan waren er vier volblind en waren vier slechtziend of hadden restvisus. De proefpersonen kregen grafieken voorgelegd waarna daar vragen over gesteld werden, zoals wat het type grafiek was, of ze snijpunten met de assen konden aanwijzen en of ze over specifieke coördinaten konden vertellen waar ten opzichte van de grafiek deze lag. Er zijn geen significante verschillen gevonden in snelheid in seconden en in accuratesse tussen het waarnemen van tactiele grafieken en van tactiel-auditieve grafieken. Desondanks gaven alle proefpersonen aan dat ze het fijn vonden om mee te werken en dat de geluidsgrafieken twijfel wegneemt over het type grafiek en waar de grafiek begint en eindigt. Vooral de blinde proefpersonen waren overtuigd dat hen dit kan helpen. In vervolgonderzoek is het interessant om te richten op langdurig gebruik van enkel hoorbare grafieken.

Hoofdstuk 1 – Inleiding

In Nederland leven tussen de 220.000 en 320.000 mensen met een visuele beperking. Tussen de 33.000 en 45.000 van hen zijn blind en 115.000 tot 175.000 zijn slechtziend (Limburg, 2005). Iemand is blind bij een visus kleiner dan 0.05 of een gezichtsveld van 10 graden of minder in het beste oog (WHO, 1992). Dat betekent dat wat iemand met goed zicht op een afstand 10 meter ziet, iemand die blind is op een halve meter afstand ziet (Van Leendert, 2012). Iemand die slechtziend is heeft een visus tussen de 0.3 en de 0.05 of een gezichtsveld tussen de 30 en 10 graden in het beste oog (WHO, 1992). Dit onderzoek richt zich op waarneming met meerdere zintuigen bij blinden en slechtzienden.

1.1 – Aanleiding

Voor mensen met een visuele beperking is het lastig om gevisualiseerde informatie waar te nemen, zoals grafieken, tabellen, kaarten, figuren en driedimensionale figuren die tweedimensionaal worden weergegeven (Brasseur & Sides, 2003; Brewster, 2002; Eizmendi, Azkoitia & Craddock, 2007; Hui, Pan, Chikit Chung, Wang, Jin, Göbel & Li, 2007). Informatie wordt gevisualiseerd om abstracte informatie zoals teksten, cijfers of ruimtelijke informatie te verduidelijken en meer inzicht te geven in data (Brodie, Carpenter, Earnshaw, Gallp, Hubbard, Mumford, Osland & Quarendon, 1992). Omdat dat voor mensen met een visuele beperking lastiger is om waar te nemen, is het voor hen ook lastiger om toegang te krijgen tot informatie (Brewster, 2002; Yu & Brewster, 2002; Millar, 1994; Lavah & Mioduser, 2004). Teksten en cijfers zelf zijn vaak door iemand met een visuele beperking wel waar te nemen. Doordat het lezen van een tekst opeenvolgend gebeurt, woord voor woord, is tekst eenvoudig om te zetten en waar te nemen in braille of spraak. Het verschil met het waarnemen van, hoorbare of voelbare, figuren is dat uit een figuur pas conclusies kunnen worden getrokken wanneer deze eerst bijna helemaal waargenomen is. Die manier van waarnemen gaat langzaam en kost veel energie. Het ontbreken van het zicht wordt zo niet volledig gecompenseerd (Yu & Brewster, 2002).

Een betere oplossing lijkt om bij het aanbieden van gevisualiseerde informatie in te spelen op meerdere zintuigen tegelijk en informatie dus zowel voelbaar als hoorbaar te maken (Yu & Brewster, 2002; Lavah & Mioduser, 2004). Door de technologische ontwikkelingen van de laatste jaren is het ook steeds meer mogelijk om dit te doen. Met auditieve informatie kan een globaal overzicht worden gegeven en met tactiele informatie kan dieper worden ingegaan op details (Yu & Brewster, 2002). Wanneer op allebei deze zintuigen wordt ingespeeld, kan meer informatie worden overgedragen waardoor iemand sneller en beter een idee kan krijgen van de gevisualiseerde informatie (Yu & Brewster, 2002). Daarnaast kan het de motivatie en concentratie verhogen. Dit geldt ook voor goedzienden waardoor zij ook baat hebben bij het gebruiken van een toepassing waar informatie aan meerdere zintuigen wordt aangeboden (Eardly & Pring, 2014; Roberts, Faurzeig, Hunter, 1999).

Bij het ontwikkelen van een methode waar informatie aan meerdere zintuigen wordt aangeboden spelen veel variabelen mee. Als gebruikers de methode niet als logisch ervaren of te veel prikkels krijgen kan de methode averechts werken. Het is daarom van belang dat er tijdens de ontwikkeling van zo'n methode veel onderzoek wordt gedaan naar het effect op de toekomstige gebruikers (Lavah & Mioduser, 2004; Yu & Brewster, 2002; Sanchez, 2008).

Koninklijke Visio, een expertisecentrum voor mensen met een visuele beperking, is momenteel betrokken bij de ontwikkeling van een methode om gevisualiseerde informatie aan meerdere zintuigen aan te bieden. Zij zijn bezig met een app voor een tablet, genaamd Sense Math, waarmee het mogelijk is om grafieken tegelijkertijd te lezen via zicht, tast en gehoor. Deze app wordt in eerste instantie ontwikkeld omdat wiskunde op de middelbare school door de aanwezigheid van grafieken voor leerlingen met een visuele beperking een lastig vak is. In Nederland zitten tussen de 2500 en 3000 blinde en slechtziende kinderen op school (Bartiméus sonneheerdt, z.d; Limburg, 2005). Momenteel gebruiken leerlingen dikgedrukt papier om de grafieken te lezen. Visio geeft aan dat als een docent zelf een grafiek wil geven aan zijn leerlingen,

het soms een paar weken kan duren voordat een tastbare grafiek gedrukt is. Leerlingen kunnen deze grafieken, in tegenstelling tot ziende leerlingen met een grafische rekenmachine, niet zelf maken en het kost ze vervolgens veel tijd en moeite om de grafieken te lezen. Wiskunde is voor elke leerling in de onderbouw van de middelbare school een verplicht vak, ook voor leerlingen met een visuele beperking. Bij andere vakken hebben leerlingen ook moeite met de gevisualiseerde informatie, zoals bij aardrijkskunde, scheikunde of natuurkunde. Visio wil echter eerst weten wat het effect is van gevisualiseerde informatie aan meerdere zintuigen aanbieden voordat voor andere vakken een toepassing wordt ontwikkeld. Bij andere vakken is, vergeleken met wiskunde, in verhouding meer tekst aanwezig. Het lezen van teksten is zoals gezegd voor blinde- of slechtziende leerlingen minder een probleem dan het lezen van gevisualiseerde informatie. Daarnaast is er voor grafieken van wiskunde eenvoudiger een methode te ontwikkelen om ze multisensorisch aan te bieden dan dat bijvoorbeeld kan bij kaarten bij aardrijkskunde, schema's bij natuurkunde of schema's bij scheikunde.

Sense Math wordt gemaakt onder het principe van universal design, wat betekent dat de app zonder grote aanpassingen kan worden gebruikt door verschillende doelgroepen (Hogeschool PXL, Universiteit Hasselt & Inter, 2015). Sense Math wordt naast blinde- en slechtzienden, ook voor goedzienden gemaakt. Visio verwacht dat ook ziende leerlingen er baat bij hebben als zij meerdere zintuigen gebruiken bij het lezen van gevisualiseerde informatie. Dit onderzoek richt zich alleen op blinde leerlingen en slechtziende leerlingen. Leerlingen zonder visuele beperking vallen buiten dit onderzoek.

1.2 – Doelstelling en onderzoeksvraag

Sense Math is voortgekomen uit 'het ideale leerboek', een idee voor een app waar multisensorische grafieken één van de beoogde onderdelen was. Van Sense Math bestaat momenteel alleen een prototype. Visio wil evidence-based vast hebben gesteld dat het inzetten van meerdere zintuigen het lezen van gevisualiseerde informatie optimaliseert. De resultaten willen zij gebruiken om gericht vervolgonderzoek te kunnen doen. Dat kan helpen bij de ontwikkeling van Sense Math en van vergelijkbare apps in de toekomst. Visio zal Sense Math en andere apps niet zelf bouwen, maar doet alleen onderzoek naar wat mensen met een visuele beperking kan helpen.

Om de centrale vraagstelling, namelijk de vraag of kinderen met een visuele beperking een grafiek beter en sneller lezen wanneer deze voor meerdere zintuigen waarneembaar is dan wanneer deze voor één zintuig waarneembaar is, te beantwoorden, wordt bij zowel blinde- als slechtziende leerlingen onderzocht of zij sneller en beter grafieken kunnen lezen met Sense Math dan met hun oude methode van grafieken lezen. Dit wordt per groep, blinden en slechtzienden, onderzocht en bij de totale groep. Daarnaast wordt er onderzocht of Sense Math voor beide groepen even goed werkt. Blinde en slechtziende leerlingen worden apart onderzocht omdat slechtziende leerlingen minder gewend zijn om hun tast te gebruiken en het zicht dat ze kunnen gebruiken van invloed kan zijn op de resultaten.

Wanneer blijkt dat het lezen van gevisualiseerde informatie, zoals grafieken, effectiever is door meerdere zintuigen te gebruiken dan één afzonderlijk, dan kan Visio zich richten op de ontwikkeling van toepassingen om gevisualiseerde informatie bij andere vakken zoals aardrijkskunde of natuurkunde beschikbaar te maken voor leerlingen met een visuele beperking.

Hoofdstuk 2 – Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt eerst aandacht besteed aan de verschillende zintuiglijke verwerkingen waar Sense Math op inspeelt. Dit zijn de visuele verwerking, de auditieve verwerking en de tactiele verwerking. Het gaat er daarbij om hoe gevisualiseerde informatie kan worden waargenomen door het zicht, het gehoor of de tast afzonderlijk te gebruiken. Daarna wordt beschreven wat een visuele beperking is en hoe mensen die dat hebben beperkt kunnen worden in hun waarneming. Vervolgens wordt beschreven wat de

overeenkomsten en verschillen zijn in de waarneming tussen deze zintuiglijke verwerkingen. Daarna wordt beschreven hoe gevisualiseerde informatie kan worden waargenomen wanneer meerdere van deze zintuiglijke verwerkingen worden gebruikt. Hierbij staat ook beschreven welke variabelen bijdragen aan een effectieve methode om informatie aan meerdere zintuigen aan te bieden. Tot slot wordt beschreven hoe de kennis uit de theorie wordt gebruikt bij dit onderzoek.

2.1 – Visuele verwerking

Ziende mensen gebruiken bij het lezen van gevisualiseerde informatie en bij het mentaal projecteren van dit beeld vooral hun zicht (Yu & Brewster, 2002). Wanneer het waargenomen beeld in de hersenen aankomt wordt dit eerst herkend (Anderson, 2002). Dit gebeurt in de visuele cortex in de occipitaal kwab en volgt drie stappen. Als eerste wordt een object opgedeeld in losse segmenten. De tweede stap is dat de losse segmenten worden gecategoriseerd in de geometrische vorm die het heeft. De derde stap is dat de segmenten samen worden gevoegd en er een patroon wordt herkend in wat het totale object is (Anderson, 2002). Dit geldt voor alle figuren, objecten of zinnen. Bij herkenning van waargenomen informatie maken kleur, textuur of details niet uit. Het gaat om de contouren van dat wat wordt waargenomen (Anderson, 2002).

2.2 – Auditieve verwerking

In de hersenen worden geluidssignalen verwerkt in de auditieve cortex (Zimbardo, Johnson & McCan, 2009). Hier liggen twee gebieden die samen lokaliseren waar het geluid vandaan komt. Één gebied is gevoelig voor het geluid in de centrale ruimte, recht voor iemand, en één gebied is gevoelig voor het geluid in de perifere ruimte, links en rechts van een persoon (Kapteyn, 2009). Met een koptelefoon of speakers kan hier op worden ingespeeld en de perceptie geven dat geluid ergens vandaan komt. Mensen die blind zijn kunnen beter herkennen waar een geluid vandaan komt en verschil in geluid horen dan ziende mensen. Hierbij geldt wel dat hoe jonger iemand blind is geworden hoe beter hij dit kan (Gougoux, Lepore, Lassonde, Voss, Zatorre & Belin, 2004).

2.3 – Tactiele verwerking

Omdat ziende mensen de meeste informatie uit hun zicht halen, wordt tactiele verwerking over het algemeen gezien als een aanvulling op het zicht om textuur en details van objecten te weten te komen. Bij het lezen van gevisualiseerde informatie kan tast voor ziende mensen wel een aanvulling zijn, maar dit wordt in de praktijk weinig gebruikt (Eardly & Pring, 2014; Hatwell, Streri & Gentaz, 2003). Dat betekent niet dat het niet mogelijk is om een patroon te herkennen uit alleen tastbare informatie. Hoe goed iemand dit lukt hangt alleen wel van veel variabelen af (Heller, Calcaterra, Burson & Tyler, 1996). Zo kan het effectiever zijn om losse punten aan te bieden in plaats van een doorgetrokken lijn, kan het helpen als elke punt een andere dikte of hoogte heeft of is een patroon sneller te herkennen als deze vaker is waargenomen, maar kan het juist averechts werken als er te veel tactiele informatie wordt gegeven (Heller, Calcaterra, Burson & Tyler, 1996; Shimizu, Saida & Shimura, 1993; Blake, Hsiao & Johnson, 1997). Vooral bij blinde mensen, die uit noodzaak meer hun tactiele verwerking gebruiken dan zienden, is het belangrijk om geen overbodige informatie aan te bieden (Hatwell, Streri & Gentaz, 2003). Het grootste verschil tussen blinden en zienden is in de tactiele verwerking is dat blinde mensen een gevoeliger tast hebben (Eardly & Pring, 2014). In het lezen van gevisualiseerde informatie zit er geen verschil tussen deze twee groepen. Voor beide groepen geldt dat het makkelijker is als zij het figuur al eerder hebben waargenomen. Geblinddoekte ziende mensen en mensen die op latere leeftijd blind zijn geworden zijn namelijk sneller in het herkennen van een figuur als zij die een aantal keer hebben gezien en andersom zijn mensen die vanaf de geboorte blind zijn sneller als zij het figuur al vaker hebben gevoeld (Heller, Calcaterra, Burson & Tyler, 1996).

2.4 – Visuele beperking

Bij mensen met een visuele beperking wordt kortgezegd onderscheid gemaakt tussen blinde mensen en slechtziende mensen. Als er wordt gekeken naar de waarneming van gevisualiseerde informatie dan zijn er meer groepen te onderscheiden. Zo kan er veel verschil zitten tussen iemand die volledig blind is en een visus heeft van, bijvoorbeeld, 0.05. Verder maakt het bij blinde mensen veel uit of iemand vanaf zijn geboorte blind is of op latere leeftijd is geworden. Iemand die op latere leeftijd blind is geworden kan minder moeite hebben met het lezen van gevisualiseerde informatie (Millar, 1994; Van Leendert, 2012). Daarnaast kan bij blinde mensen het intelligentieniveau meespelen. Een 11 jarige die nooit heeft kunnen zien zou net zo goed een route kunnen representeren als iemand van dezelfde leeftijd die altijd heeft kunnen zien (Millar, 1994).

Binnen de groep slechtzienden is er verschil tussen mensen die wazig zien, een vlek in het midden van hun gezichtsveld zien, vlekken over hun hele gezichtsveld zien of kokervisie hebben. Het verschil hiertussen kan ook een groot verschil maken in de oplossingen waar mensen baat bij hebben. Sommige mensen met een visuele beperking hebben veel aan vergrotingen, maar mensen met kokervisie hebben er juist meer aan als het beeld kleiner wordt gemaakt of als de informatie tastbaar is.

De oorzaken van een visuele beperking kunnen erg verschillend zijn, zoals oogziektes, erfelijke aandoeningen of niet-aangeboren hersenletsel.

2.5 – Verschillen en overeenkomsten tussen de zintuigelijke verwerkingen

Bij het waarnemen van gevisualiseerde informatie zijn een aantal overeenkomsten en verschillen tussen het zicht, het gehoor en de tast. Mensen met een visuele beperking zijn meer aangewezen op hun gehoor en tast. Het belangrijkste verschil in de waarneming tussen deze twee zintuigen en het zicht is dat gehoor en tast allebei een successief karakter hebben en zicht een simultaan karakter heeft (Van Leendert, 2012). Dat betekent dat via het zicht in één, letterlijke, oogopslag een overzicht gevormd kan worden van de binnenkomende informatie, onderscheid kan worden gemaakt tussen details en kan worden bepaald wat relevant is. Bij het gehoor en de tast kan dat pas als meerdere punten gehoord of gevoeld zijn. Dat kost meer tijd en is minder effectief.

Tussen auditieve- en tactiele prikkels zitten ook verschillen. Beide prikkels kunnen een hele andere bijdrage leveren aan informatie die aangeboden wordt. Geluid kan context geven aan informatie of van een locatie waar iemand zich bevindt. (Lavah & Mioduser, 2004). Tast kan informatie geven over textuur, richting en soms de grootte van een voorwerp (Lavah & Mioduser, 2004; Brewster & Brown, 2004).

Behalve dat er tussen visuele- en auditieve verwerking veel verschillen zitten, zijn er ook een aantal overeenkomsten. Ten eerste, wanneer een deel van het signaal wegvalt is het voor beide verwerkingen mogelijk om dit automatisch en onbewust op te vullen (Kalat, 2009). Voorbeelden hiervan zijn een voorwerp dat voor een deel wordt afgedekt of een muziknummer dat onderbroken wordt. Een voorwaarde is wel dat iemand het voorwerp of het muziknummer kent. Een tweede overeenkomst is dat de verwerking in de hersenen op elkaar lijkt. Zowel de auditieve- als de visuele cortex hebben een gebied om te herkennen wat wordt waargenomen en een gebied om te lokaliseren waar datgene dat wordt waargenomen zich bevindt (Kalat, 2009). Bij mensen die op latere leeftijd blind zijn geworden komt het zelfs voor dat de locatiebepaling van een geluid in de visuele cortex plaatsvindt (Röder, Teder-Sälejärv, Sterr, Rösler, Hillyard & Neville, 1999).

2.6 – Multisensorische verwerking

Omdat auditieve- en tactiele prikkels verschillende delen van informatie kunnen geven, kan gevisualiseerde informatie beter zowel hoorbaar als voelbaar worden aangeboden. Zo kan van beide manieren van

verwerking het voordeel worden benut (Lavah & Mioduser, 2004). Door iets met meerdere zintuigen waar te nemen wordt iets sneller en beter waargenomen (Millar, 1994).

Dat betekent niet dat het voldoende is om een bestaande methode voor zienden rechtstreeks hoorbaar of voelbaar te maken voor blinden en slechtzienden (Sanchez, 2008). Dat heeft ermee te maken dat mensen met een visuele beperking een ander mentaal model hebben dan goedzienden (Sanchez, 2008). Een mentaal model is de manier hoe iemand informatie benaderd en verwerkt. Alhoewel iedereen een ander mentaal model heeft, zijn er overeenkomsten tussen mensen met hetzelfde opleidingsniveau, cultuur, levensstijl en ervaring (Sanchez, 2008). Ook tussen mensen met en zonder een visuele beperking zit zo'n verschil (Sanchez, 2008). Een methode om informatie aan meerdere zintuigen aan te bieden wordt het effectiefst als blinden en slechtzienden er het hele ontwikkelingsproces bij worden betrokken (Sanchez, 2008). Hiernaast zijn er meerdere factoren die een invloed kunnen hebben op de effectiviteit.

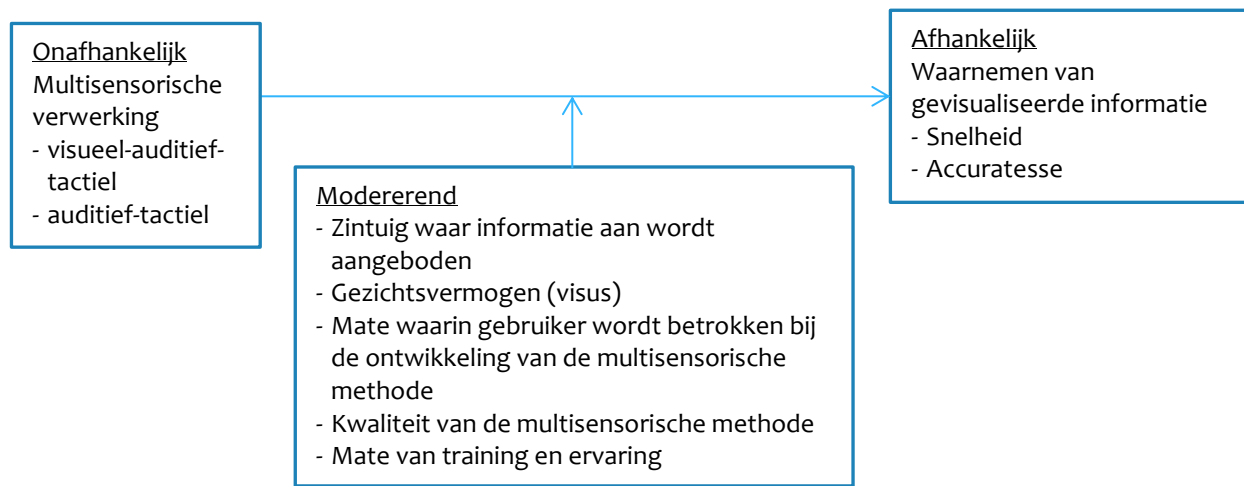
Meredith & Stein (1985) hebben, om te beginnen, drie punten opgesteld om een methode die informatie multisensorisch aanbiedt zo effectief mogelijk te maken. Ten eerste stellen zij dat het effect sterker wordt als de bronnen van de verschillende prikkels vanuit dezelfde locatie komen, ten tweede wanneer de prikkels op hetzelfde moment worden aangeboden en ten derde wanneer de prikkels los relatief zwak zijn. Hier tegenover staat dat zintuigelijke verwerkingen elkaar kunnen beïnvloeden. Als de informatie aan de verschillende zintuigen in combinatie met elkaar intuïtief niet klopt, duurt het juist langer voor de informatie wordt verwerkt. Een blaffende hond wordt bijvoorbeeld sneller verwerkt dan een miauwende hond (Nava, Grassi, Turati, 2015). Mocht de informatie aan de verschillende zintuigen voor het gevoel wel kloppen, dan kan de zintuiglijke verwerking alsnog worden beïnvloed door het zintuig dat de meest betrouwbare en gedetailleerde informatie geeft (Flanagan & Beltzner, 2000). Blinde mensen zijn bijvoorbeeld niet gevoelig voor de grootte-gewicht illusie, waarbij een voorwerp zwaarder aanvoelt dan een kleiner voorwerp met hetzelfde gewicht (Flanagan & Beltzner, 2000). Een ander voorbeeld is een onderzoek waarbij proefpersonen hun handen moeten kruisen, waarna één hand wordt aangeraakt en gevraagd wordt welke hand aangeraakt wordt. Mensen die vanaf hun geboorte blind zijn doet dit significant beter dan mensen die op latere leeftijd blind zijn geworden en dan goedziende, geblieddoekte mensen. Iemand die heeft kunnen zien kan dus nog worden beïnvloed door het zicht dat hij heeft gehad (Röder, Rösler & Spence, 2004). Vaak, en vooral bij ruimtelijke perceptie, is zicht het dominante zintuig (Eimer, 2004). Het ontbreken van zicht hoeft, in het geval van ruimtelijke perceptie, niet per definitie een belemmering te zijn. Mensen die vanaf de geboorte blind zijn, worden niet beïnvloed door visuele dominantie, maar hun auditieve- en tactiele verwerking werken efficiënter waardoor zij zicht net zo goed zouden kunnen oriënteren in een ruimte als ziende mensen. Lokalisatie van geluid in de perifere ruimte (links en rechts van een persoon) gaat bij blinde mensen zelfs beter (Röder, Teder-Sälejervi, Sterr, Rösler, Hillyard & Neville, 1999).

Ondanks de aandacht die wordt gegeven aan de methode zelf, is vervolgens ook training en ervaring in het gebruik van de methode van invloed op de effectiviteit. Hoe meer tijd wordt besteed aan training, hoe beter iemand kan werken met een multisensorische methode. Zeker als iemand daar nooit eerder mee gewerkt heeft (Yu & Brewster, 2002). Verder is het voor tienjarige kinderen makkelijker om iets auditief-tactiel waar te nemen dan voor vier- en vijfjarigen (Nava, Grassa & Turati, 2015).

Wat betreft een methode om informatie aan meerdere zintuigen aan te bieden is het dus belangrijk om blinden en slechtzienden tijdens het ontwikkelingsproces er bij te betrekken. Er zijn meerdere factoren die invloed kunnen hebben op de effectiviteit van zo'n methode. Wanneer de methode af is, draagt voldoende training bij aan een optimaal resultaat waardoor iemand snel een goed beeld kan maken van de gevisualiseerde informatie.

2.7 – Conceptueel model

De afhankelijke variabele die onderzocht wordt is het waarnemen van gevisualiseerde informatie. Deze bestaat uit de snelheid waarmee informatie wordt waargenomen en de accuratesse waarmee dit gebeurt. De variabele die hier invloed op heeft is de multisensorische verwerking. Deze bestaat in dit onderzoek uit visueel-auditief-tactiel en auditief-tactiel. Vijf variabelen kunnen een invloed hebben op de relatie tussen de afhankelijke en de onafhankelijke variabele. Dit zijn de zintuig(en) waar de informatie aan wordt aangeboden, het gezichtsvermogen van de gebruiker, de mate waarin de gebruiker wordt betrokken bij de ontwikkeling van de multisensorische methode, de kwaliteit van de methode en de mate van training en ervaring. Dit staat verwerkt in figuur 1. De hypothese in dit onderzoek is dat zowel blinde- als slechtziende leerlingen sneller en beter grafieken kunnen lezen met Sense Math en dat beide groepen dit even snel en even goed kunnen.



Figuur 1. Conceptueel model

Hoofdstuk 3 – Onderzoeksmethode

Gevisualiseerde informatie kan voor verschillende zintuigen waarneembaar worden gemaakt. Zichtbare, hoorbare en voelbare prikkels hebben alle drie voor- en nadelen om een figuur waarneembaar te maken. Door informatie aan meerdere van deze zintuigen waarneembaar te maken zou het voordeel van alle zintuiglijke verwerkingen benut kunnen worden. Er zijn echter meerdere factoren die de effectiviteit kunnen beïnvloeden. Wanneer een methode, of het prototype daarvan, af is, is het belangrijk om de gebruikers het te laten testen. Het prototype van Sense Math wordt onderzocht bij blinde en slechtziende leerlingen. In het volgende hoofdstuk staat beschreven hoe dit is gedaan.

3.1 – Proefpersonen

Aan het onderzoek hebben acht proefpersonen deelgenomen. Deze proefpersonen zijn ingedeeld in twee groepen. Één groep met mensen die geen zicht hebben, de groep volblind, en één groep met mensen die wel zicht hebben, de groep slechtziend/restvisus. In beide groepen zitten vier proefpersonen. In de groep volblind zaten drie proefpersonen die vanaf hun geboorte blind zijn en één proefpersoon die op zijn vijftiende blind is geworden en nu vijf jaar blind is. In de groep slechtziend/restvisus zitten drie proefpersonen die 5% of minder zicht hebben in beide ogen of hun beste oog. Volgens de definitie van de WHO (1992) zijn deze drie proefpersonen blind, maar omdat zij meer zicht hebben en gebruiken dan mensen die volblind zijn, zijn ze in deze groep ingedeeld. Één proefpersoon van deze groep heeft zicht tussen de 5% en 10% en is slechtziend. Waar wordt gesproken over blinde proefpersonen worden proefpersonen uit de groep volblind bedoeld en waar wordt gesproken over slechtziende proefpersonen worden proefpersonen bedoeld uit de groep slechtziend/restvisus.

Aan het onderzoek deden vijf mannen en drie vrouwen mee. Alle vrouwen zaten in de groep slechtiend/restvisus. De jongste proefpersoon van de totale groep was 13 jaar en de oudste 20 jaar. Het schoolniveau varieerde in de totale groep tussen vmbo BB en VWO atheneum. Het leerjaar varieerde tussen het eerste en het vierde jaar. Één leerling zat op regulier onderwijs, deze zat bij de groep volblind. Deze gegevens staan verwerkt in tabel 1.

Tabel 1
Steekproef onderzoek Sense Math

		Volblind	Slechtiend/restvisus	Totaal
n		4	4	8
Geslacht	Man	4	1	5
	Vrouw	0	3	3
Leeftijd	13	0	1	1
	14	3	1	4
	16	0	1	1
	18	0	1	1
	20	1	0	1
Schoolniveau	vmbo BB	0	1	1
	vmbo-T	1	2	3
	HAVO	2	1	3
	VWO atheneum	1	0	1
Leerjaar	1	0	1	1
	2	2	0	2
	3	1	2	3
	4	1	1	2
Schooltype	Regulier onderwijs	1	0	1
	Voortgezet speciaal onderwijs	3	4	7

Proefpersonen zijn benaderd via Visio. Leerlingen van speciaal onderwijs zijn benaderd via scholen van Visio in Grave, Rotterdam en Amsterdam. Alleen leerlingen van de school uit Grave hebben deelgenomen aan het onderzoek. Leerlingen van regulier onderwijs die zijn benaderd waren bij Visio bekend uit eerdere onderzoeken. Één leerling hiervan heeft deelgenomen aan het onderzoek. Alle proefpersonen hebben mondeling toestemming gegeven deel te nemen aan het onderzoek. De ouders/verzorgers van de proefpersonen die minderjarig waren hebben een toestemmingsverklaring ondertekend.

3.2 – Onderzoeksmethode

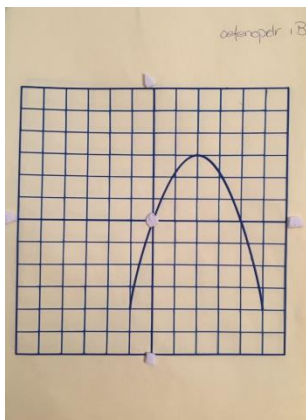
De methode van dataverzameling was kwantitatief. Het onderzoek betrof een experimenteel onderzoek. Doormiddel van een experiment kan op een objectieve manier worden vastgesteld of iemand grafieken sneller en beter kan waarnemen als deze grafiek ook hoorbaar is. Het experiment werd bij de twee groepen, blinde- en slechtiende leerlingen op dezelfde manier uitgevoerd. Elke proefpersoon werd twee keer, individueel, getest. Één keer werd getest met de voor de proefpersoon oude methode en één keer met Sense Math. Er is geprobeerd de helft van de proefpersonen de eerste meting met de oude methode te testen en bij de andere helft de eerste meting met Sense Math te testen. Er was geprobeerd dit te doen om uit te sluiten dat een beter resultaat bij de tweede test komt doordat de proefpersonen beter zijn

geworden in de opdrachten zelf. Dit is niet gelukt. Op twee, blinde, proefpersonen na heeft elke proefpersoon de oude methode gebruikt bij de eerste meting.

Hiernaast is er aanvullend onderzoek gedaan. Ten eerste is dit gedaan naar de waarneming van de audiografieken, waarvoor een aantal proefpersonen uit beide groepen grafieken alleen hoorbaar kregen aangeboden en hier een aantal vragen over kregen. Ten tweede is er onderzoek gedaan naar de waarneming van de tactiele grafieken. Dit is gedaan door te observeren hoe de handen over de voelbare grafiek bewegen om de grafiek te zoeken. Het aanvullend onderzoek naar de waarneming van de audio- en tactiele grafieken is gedaan om bij de conclusie over Sense Math gericht te kunnen zeggen waar plus- en minpunten vandaan komen. Ten derde is er aan de proefpersonen gevraagd naar hun ervaring met Sense Math. Dit is gedaan om in beeld te brengen hoe duidelijk Sense Math is en hoe fijn het is om mee te werken en opzichte van de oude methode.

3.3 – Onderzoeksinstrument

Het prototype van Sense Math bestond uit voelbare grafieken met bijbehorende hoorbare grafieken. De voelbare grafieken waren gemaakt van blauw plastic op geel papier. Er is geen reden voor deze kleuren. In de grafiek hadden de rasterlijnen, de assen en de grafiek zelf alle drie een andere dikte. Na een pilot met een ervaringsdeskundige is er voor gekozen om vilt te plakken aan het begin en einde van elke as. Na een aantal testen is er ook voor gekozen om kneedgum te plakken op de oorsprong. Die was te moeilijk te vinden. Al het materiaal dat nodig was voor de testafnames was, was: de twee versies van de test, de voelbare grafieken, een apparaat waar de hoorbare grafieken op staan, een koptelefoon, een apparaat waarmee de proefpersoon de hoorbare grafieken aan kan zetten (bijvoorbeeld een draadloos toetsenbord), een antwoordformulier en een camera. In figuur 2 staat een voorbeeld van een voelbare grafiek.



Figuur 2. Voorbeeld tactiele grafiek

Elke hoorbare grafiek was een geluidsfragment die de proefpersonen met een koptelefoon beluisteren. In elk fragment ging de x-as van links naar rechts voorbij. Bij elk punt van de x-as (1,0; 2,0; 3,0; enz.) klonk het geluid van een metronoom. Bij de oorsprong klonk een hogere en een hardere tik. Daarnaast klonk bij elk punt een stem die de x-waarde uitsprak. Links van de oorsprong was dit een mannenstem en rechts van de oorsprong een vrouwenstem. Terwijl de x-as voorbij ging van de links naar rechts was de grafiek te horen. Voor elk type grafiek was een ander instrument. Zo was er voor een lijngrafiek een fluittoon en voor een parabool een pianogeluid. Tot slot had de grafiek onder de x-as een waterig geluid en boven de x-as een helder geluid. De hoorbare grafieken werden afgespeeld vanaf een tablet. Deze was verbonden met een draadloos toetsenbord dat voor de proefpersoon lag. De afspeelknop op dit toetsenbord was gemarkeerd zodat de proefpersoon zelf het fragment kon aanzetten.

Bij Sense Math is gekozen voor muziekinstrumenten, omdat dit ten eerste prettig is om naar te luisteren en ten tweede omdat het onderscheid duidelijker te maken is tussen de type grafieken. In een eerdere pilot konden leerlingen al in zes seconden weten om wat voor grafiek het gaat in plaats van vijf minuten als ze de grafiek alleen met tast waarnemen (Rense, 2016).

Tijdens het experiment werd een test afgenomen die bestaat uit tien opdrachten en één oefenopdracht. De vragen in de test zijn op advies van een school van Visio tot stand gekomen. In elke opdracht werd een grafiek voorgelegd waar drie vragen over gesteld werden. De vragen zijn op te delen in twee groepen, globale vragen en specifieke vragen. De globale vraag was elke keer de vraag wat voor soort grafiek het is. De specifieke vragen gingen over specifieke punten op de grafiek. Deze vragen waren ‘wijs de top aan van de grafiek’, ‘wijs aan waar de grafiek de x-as snijdt’ en ‘ligt het coördinaat (2,2) onder, op of boven de grafiek?’. Van de test waren twee versies. Versie A was voor de afname met Sense Math en versie B voor de afname met de oude methode. De twee versies bestonden allebei uit evenveel opdrachten en vragen. Het type grafiek bij de opdrachten van beide versies waren hetzelfde, alleen de locatie van de grafiek verschilde. Alle vragen en visuele grafieken zijn te vinden in bijlage 1.

3.4 – Procedure

De testafnames waren individueel en werden in een prikkelarme ruimte gehouden. De testleider en proefpersoon zaten bij voorkeur tegenover elkaar aan een tafel. Voor de testleider lag een leeg antwoordformulier en naast hem een stapel met voelbare grafieken. Op tafel stond een camera die gericht is op de handen van de proefpersoon. Alleen bij test A werden hoorbare grafieken gebruikt. Bij die test kwam er extra bij dat de proefpersoon een koptelefoon droeg, voor hem een apparaat lag waarmee hij de grafiek aan kon zetten en voor de testleider een apparaat lag waarmee hij de grafiek kan opzoeken en aanzetten.

Voor de testafname werden de voelbare en/of hoorbare grafieken uitgelegd. Met een oefenopdracht werd geoefend op welke manier de test werd uitgevoerd en wat voor soort vragen verwacht konden worden. Voor de uitleg en de voorbeeldopgave is een kwartier ingepland. Bij elke opdracht werd eerst de eerste vraag gesteld en werd dan de grafiek voor de proefpersoon gelegd. De tijd begon te lopen zodra de proefpersoon over de grafiek begon te voelen en stopte als het antwoord was gegeven. De tijd werd na afloop gemeten op basis van het filmmateriaal. Daarna de tweede vraag gesteld, over dezelfde grafiek. De tijd daarvan werd gestart zodra de proefpersoon begon te voelen en stopte werd wanneer het antwoord was gegeven. Op die manier waren er drie vragen per grafiek. Bij test A, waar ook hoorbare grafieken bij zitten, zette de testleider de hoorbare grafiek aan bij de eerste vraag van elke grafiek zodra de proefpersoon begon te voelen. Hierna en bij de andere vragen mag de proefpersoon zelf de grafiek aanzetten. De letterlijke tekst die de testleider heeft gezegd staat in bijlage 1.

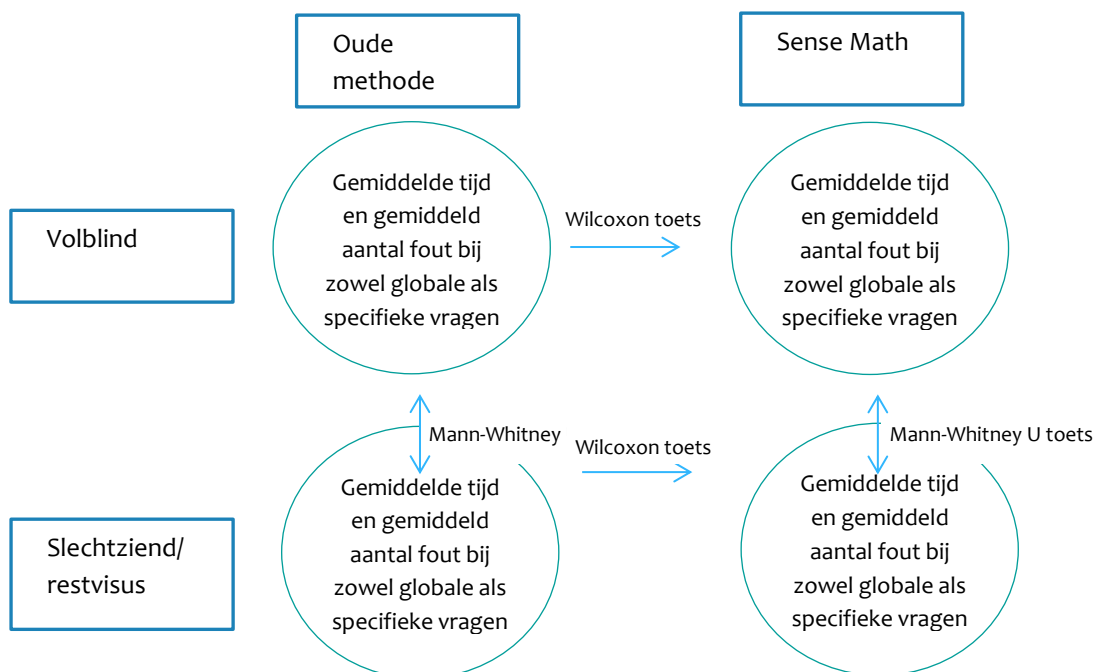
Hiernaast werden een aantal aanvullende opdrachten gedaan. Als eerste werden twee grafieken, grafiek 6A en 7A, alleen auditief aangeboden waarna gevraagd werd wat voor type grafiek het is en waar hij de x- of de y-as snijdt. Daarna werden twee vergelijkbare audiografieken, 1A en 9A, achter elkaar laten horen met de vraag wat de verschillen zijn. Vervolgens werden twee tactiele grafieken, 5A en 10A, voorgelegd waarvan er één, 10A, werd laten horen met de vraag welke van de twee tactiele grafieken te horen is. Tot slot werd aan de proefpersonen gevraagd naar wat zij fijn vinden aan Sense Math en waar verbeterpunten zitten. De testafname duurde maximaal een half uur.

3.5 – Analyse

Bij het verwerken van de resultaten zijn vier groepen gevormd, ‘blind-oude methode’, ‘blind-Sense Math’, ‘slechtziend-oude methode’ en ‘slechtziend-Sense Math’. Onderling werden de groepen als volgt met elkaar vergeleken, ‘blind-oude methode’ met ‘blind-Sense Math’, ‘slechtziend-oude methode’ met

‘slechtziend-Sense Math’, ‘blind-Sense Math’ met ‘slechtziend-Sense Math’ en ‘blind & slechtziend-oude methode’ met ‘blind & slechtziend- Sense Math’.

De vragen zijn onderverdeeld in ‘globale vragen’ en ‘specifieke vragen’. De globale vragen zijn de eerste vraag van elke opdracht. Die is elke keer “wat is het type grafiek?”. Hier hoeft alleen een globaal beeld van de grafiek voor worden waargenomen. De specifieke vragen zijn de overige vragen bij elke opgave. Dit zijn vragen over specifieke punten op de grafiek en om het antwoord te kunnen geven hierop moet gericht gezocht worden. Per type vraag en per groep is het gemiddelde genomen in tijd in seconden en in het aantal fouten dat gemaakt is. Om de verschillen tussen de blinde en de slechtziende groep te toetsen is de Mann-Whitney U-toets gebruikt. Deze toets is geschikt om de verschillen te meten tussen steekproeven die kleiner dan 25 proefpersonen, niet normaal verdeeld zijn en waarbij de testvariabele op rationiveau zit. Het verschil tussen de gemiddeldes van de oude methode en Sense Math is getoetst met de Wilcoxon toets. Deze toets is gebruikt omdat hij geschikt is om het verschil tussen twee gekoppelde steekproeven te toetsen die op rationiveau zitten en uit minder dan 25 proefpersonen bestaat. In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe de groepen onderling met elkaar zijn vergeleken.



Figuur 3. Opzet analyse onderzoek

Hoofdstuk 4 – Resultaten

In dit hoofdstuk staat als eerste beschreven hoeveel vragen zijn beantwoord, hoe snel dit gemiddeld is gedaan en hoeveel fouten er gemiddeld zijn gemaakt. Vervolgens worden de resultaten weergegeven en uitgelegd. Eerst worden de resultaten van het onderzoek naar Sense Math beschreven. Dat is onderverdeeld in snelheid en accuratesse. Daarna worden de resultaten van het aanvullend onderzoek beschreven. Eerst de aanvullende onderzoeken naar de waarneming van de audiografiek, dan het aanvullend onderzoek naar de tactiele grafiek en tot slot de reacties van de proefpersonen over Sense Math.

4.1 – Respons

Er zijn bij elkaar op geteld 414 vragen gesteld aan de acht proefpersonen, van de 480 die gesteld hadden kunnen worden. Bij de blinde proefpersonen zijn 45 vragen niet gesteld of niet meegenomen in de analyse en bij de slechtziende proefpersonen ging dit om 21 vragen. Redenen hiervoor waren dat proefpersonen

het type vraag niet hebben gehad op school, de vraag zelf niet snapte of dat de vraag verkeerd werd gesteld. Één blinde proefpersoon heeft de helft van de specifieke vragen niet gemaakt en de andere helft is niet meegerekend. De vraagstelling bleek niet relevant en te moeilijk. Dit was de eerste proefpersoon die de test heeft gemaakt.

De proefpersonen deden er gemiddeld 9,53 seconden ($df = 2,64$) over om een vraag te beantwoorden. Voor de blinde proefpersonen was dit gemiddeld 11,66 seconden ($df = 1,59$) en de slechtziende proefpersonen 7,4 seconden ($df = 1,29$). Door de proefpersonen werden gemiddeld 8,12 vragen fout beantwoord ($df = 7,34$). De blinde proefpersonen beantwoorde gemiddeld 11,75 vragen fout ($df = 9,14$) en de slechtziende 4,5 ($df = 2,65$).

4.2.1 – Sense Math, snelheid

Met Sense Math werden de grafieken niet sneller herkend en vragen over specifieke punten werden ook niet sneller beantwoordt. Ondanks dat is er een ander opvallend verschil tussen blinden en slechtzienden dat mogelijk groter zou als meer proefpersonen hadden deelgenomen aan het onderzoek. Drie van de vier blinde proefpersonen hebben met Sense Math sneller over de globale vragen gedaan terwijl alle slechtziende proefpersonen er langzamer over gedaan. Bij de specifieke vragen is dit andersom en deden twee van de drie blinde proefpersonen er langzamer over met Sense Math en alle slechtziende proefpersonen sneller. De gemiddelde tijden van de globale vragen staan in tabel 2 en de gemiddelde tijden van de specifieke vragen staan in tabel 3.

Tabel 2
Globale vragen, gemiddelde tijd in secondes

	Oude methode			Sense Math			Z-score	p-waarde
	n	Gemiddelde	df	n	Gemiddelde	df		
Volblind	4	15,28 s	6,87	4	11,86 s	5,36	-1,1	0,27
Slechtziend/rest-visus	4	8,64 s	1,81	4	14,05 s	3,06	-1,83	0,07
Z-score		-1,44			-1,16			
p-waarde		0,15			0,25			
Totaal	8	11,96 s	5,85	8	12,95 s	4,2	-0,56	0,58

Tabel 3
Specifieke vragen, gemiddelde tijd in secondes

	Oude methode			Sense Math			Z-score	p-waarde
	n	Gemiddelde	df	n	Gemiddelde	df		
Volblind	3	5,92 s	1,44	3	13,1 s	9,61	-1,07	0,29
Slechtziend/rest-visus	4	5,75 s	2,66	4	4 s	1,58	-1,83	0,07
Z-score		-0,35			-1,41			
p-waarde		0,72			0,16			
Totaal	7	5,82 s	5,85	7	7,9 s	7,5	-0,17	0,87

4.2.2 - Sense Math, gemiddeld aantal fout

Bij de oude methode van grafieken waarnemen hebben de blinde proefpersonen significant meer vragen fout beantwoordt dan de slechtziende proefpersonen bij zowel de globale vragen ($Z = -2,5$; $p = 0,01$), als de specifieke vragen ($Z = -2,2$; $p = 0,03$). Deze gegevens zijn te zien in tabel 4 en tabel 5. Er is geen statistisch

significant verschil in het gemiddelde aantal fouten tussen de metingen met de oude methode en met Sense Math. Ondanks dat zijn er bij de globale vragen in totaal tien vragen fout beantwoord. Die zijn alle tien gemaakt door de blinde proefpersonen, waarvan negen bij de meting met de oude methode en één bij de meting met Sense Math. De enige fout die gemaakt is bij de meting met Sense Math is gemaakt bij de eerste opdracht door een proefpersoon die bij zijn eerste meting met Sense Math werkte.

Tabel 4
Globale vragen, gemiddeld aantal fout

	Oude methode			Sense Math			Z-score	p-waarde
	n	Gemiddelde	df	n	Gemiddelde	df		
Volblind	4	2,25	1,5	4	0,25	0,5	-1,6	0,11
Slechtziend/rest-visus	4	0	0	4	0	0	0	1
Z-score		-2,5			-1			
p-waarde		0,01			0,32			
Totaal	8	1,13	1,55	8	0,13	0,35	-1,6	0,11

Tabel 5
Specifieke vragen, gemiddeld aantal fout

	Oude methode			Sense Math			Z-score	p-waarde
	n	Gemiddelde	df	n	Gemiddelde	df		
Volblind	3	5,67	2,08	3	6,67	5,03	-0,54	0,59
Slechtziend/rest-visus	4	2,5	1	4	2	1,83	-0,82	0,41
Z-score		-2,2			-1,4			
p-waarde		0,03			0,16			
Totaal	7	3,86	2,2	7	4	4	-0,11	0,92

4.3.1 - aanvullend, beeld vormen van hoorbare grafiek

Wanneer de grafieken alleen hoorbaar werden aangeboden, konden alle proefpersonen na één keer luisteren het juiste type grafiek vertellen. Deze opdracht is gemaakt door vier proefpersonen (twee blind, twee slechtziend). De richting van de grafiek had iedereen goed, sommigen na het een tweede keer te hebben geluisterd. Het x-coördinaat van het snijpunt van de grafiek met de x-as of van de top van de grafiek had iedereen goed of zat er één x-coördinaat naast. Het y-coördinaat van de top van een parabool had was maar één keer goed geraden. Twee proefpersonen gaven een opvallend overeenkomend antwoord bij grafiek 7. De ene gaf als y-coördinaat 6 en de ander -6. Het juiste antwoord was echter 0. Meerdere proefpersonen gaven bij grafiek 7 aan dat het laagste punt verwarrend was om te horen omdat volgens hen de frequentie van het geluid veranderde. De uitgesproken x-as was voor één proefpersonen onduidelijk. Die hoorde wel welk getal de stem uitsprak bij het omslagpunt, maar maakte niet de link met dat daar het x coördinaat zat. Toen hierna de grafiek voelbaar werd aangeboden herkende iedereen of direct de grafiek of leek op dat moment te beseffen hoe de grafiek in er uit zag. Niemand was er verbaasd over.

4.3.2 - aanvullend, verschil horen tussen twee audiografieken

Alle proefpersonen konden het type grafiek van beide grafieken horen. Deze opdracht is gemaakt door vier proefpersonen (drie blind, één slechtziend). Drie proefpersonen konden horen dat het bergparabolen waren. Één daarvan, slechtziend, hoorde dit in één keer. Twee, blind, hoorden dit na twee keer luisteren. Alle vier konden ze horen dat grafiek 1 meer naar rechts zit. Twee proefpersonen konden horen dat grafiek 1A smaller is, één proefpersoon dacht dat beide grafieken even breed waren en één kon wel horen dat de frequentie hoger is bij grafiek 1A, maar dacht dat dat betekende dat die grafiek minder belangrijke punten had. Geen van de proefpersonen kon horen welke grafiek hoger was. Één dacht dat 9A hoger was, één beredeneerde dat 1A hoger was en twee konden het niet horen.

4.3.3 - aanvullend, twee grafieken voelen, één daarvan luisteren

Drie proefpersonen, twee blind en één slechtziend, konden na een audiografiek gehoord te hebben, de juiste tactiele grafiek hier bij vinden. Vier proefpersonen (drie blind, één slechtziend) hebben deze opdracht gemaakt. Twee proefpersonen gaven als reden dat de grafiek onder de x-as loopt en de toon dof klonk. Één proefpersoon gaf als reden dat zowel de voelbare grafiek 10A als de grafiek die hij hoorde stijgende lijngrafieken waren. Toen hij er op werd gewezen dat grafiek 5A ook een stijgende lijngrafiek is, bleef hij bij zijn antwoord, omdat grafiek 10A steiler is. De proefpersoon die het antwoord fout had gaf als reden dat grafiek 5A een rechte lijn was. Deze proefpersoon kon niet horen dat de grafiek dof klonk. Bij hem is als enige deze aanvullende vraag niet direct gesteld na de tien opdrachten met de hoorbare grafieken, maar een maand erna.

4.3.4 - aanvullend, tactiek om grafieken te voelen

Elke proefpersoon heeft een eigen tactiek om voelbare grafieken te zoeken en waar te nemen die hij bij elke grafiek gebruikt. Er waren globale overeenkomsten en verschillen tussen de proefpersonen, deze staan verwerkt in tabel 6. Alle slechtziende proefpersonen voelden over één of beide assen om de grafiek te vinden, terwijl drie van de vier blinde proefpersonen hiervoor over de rasterlijnen voelden. Verder gebruikten drie van de vier slechtziende proefpersonen bij de meting met Sense Math dezelfde tactiek als bij de meting met de oude methode, terwijl drie van de vier blinde proefpersonen van tactiek veranderde bij de meting met Sense Math.

Tabel 6
Tactiek om grafiek te voelen

		Volblind	Slechtziend/restvisus	Totaal
Locatie	Op één of beide assen	1	4	5
	Rasterlijnen	3	0	3
Aantal handen	Één	1	1	2
	Twee	1	3	4
	Twee zodra grafiek is gevonden	2	0	2
Tactiek bij gebruik Sense Math	Veranderd	3	1	4
	Gelijk	1	3	4

4.3.5 - aanvullend, subjectieve ervaring

Alle proefpersonen gaven aan dat ze Sense Math fijn vinden en het zouden willen gebruiken. Toch waren er vijf die aangaven het niet perse nodig te hebben. Drie waren er heel enthousiast over, deze proefpersonen waren alle drie volblind. Één daarvan twijfelde wel over reacties van klasgenoten op school. Deze proefpersoon zat op regulier onderwijs.

Één volblinde proefpersoon gaf aan het niet nodig te hebben omdat hij aan formules genoeg heeft en nooit grafieken gebruikt. Deze proefpersoon is op latere leeftijd blind geworden en wiskunde is zijn beste vak. Alle slechtziende proefpersonen gaven aan dat ze genoeg hebben aan voelbare grafieken en denken dat het hen zou helpen als die verbeterd zouden worden. Dit zou volgens een aantal van hen kunnen door duidelijk een voelbaar verschil te maken in de verschillende onderdelen op de voelbare grafiek.

Door meerdere proefpersonen werd als verbeterpunt voor de audiografiek gegeven dat de hoogte van de grafiek en de snijpunten met assen duidelijker konden. Enkele proefpersonen gaven aan dat verbeterpunten kunnen zijn dat locatie van de grafiek op een kwadrant duidelijker mag en de assen zelf duidelijker mogen. Pluspunten die genoemd werden waren dat twijfel werd weg genomen over het type grafiek en de plek op het rasterveld waar hij begint.

Hoofdstuk 5 – Conclusie

In samenwerking met de TU Delft en Big Orange is Koninklijke Visio bezig met een app waarmee grafieken visueel, tactiel en auditief worden aangeboden. Deze app wordt gemaakt voor mensen met en zonder visuele beperking. Dit onderzoek richt zich alleen op mensen met een visuele beperking. Er is onderzocht of deze groep sneller en beter een grafiek kan waarnemen met geluidsgrafieken erbij, dan zonder. In dit hoofdstuk staan de conclusies, discussie en aanbevelingen beschreven.

5.1.1 - Sense Math, snelheid

Het is mogelijk het geval dat waar blinde mensen met het gebruik van Sense Math sneller het type grafiek herkennen en er langer over doen om specifieke punten op de grafiek te vinden dan met hun oude methode van grafieken lezen, dit voor slechtziende mensen andersom is. Dit is echter niet met zekerheid te stellen omdat er geen statistisch significante verschillen zijn gevonden er relatief weinig proefpersonen aan het onderzoek hebben deelgenomen. Desondanks is het een opvallend verschil tussen de blinde en slechtziende proefpersonen.

Het is aannemelijk dat er bij een grotere steekproef grotere verschillen ontstaan. Volgens Yu & Brewster (2002) kan iemand er langer over doen om gevisualiseerde informatie te herkennen wanneer er zintuigelijke prikkels binnenkomen die niet als logisch met elkaar worden ervaren. Dit zou mogelijk het geval kunnen zijn bij de visuele- en auditieve prikkels bij de slechtziende proefpersonen. Verder werden de globale vragen telkens voor de specifieke vragen gesteld. Mogelijk heeft de langere tijd voor slechtziende leerlingen bij de globale vragen er voor gezorgd dat zij een beter beeld hadden van de grafiek waardoor ze de specifieke vragen sneller hebben gemaakt.

Op één proefpersoon na, was het de eerste keer dat ze met Sense Math werkten. Ze hebben een kwartier uitleg gekregen en geoefend, waarna ze er een half uur mee gewerkt hebben. Dit was te kort (Yu & Brewster, 2002). Daarnaast is er in de instructie te weinig benadrukt dat de proefpersonen zo snel moesten werken als zij konden en direct antwoord moesten geven als zij dit wisten. Wanneer de steekproef groter zou zijn geweest, er meer training en duidelijkere uitleg was geweest, dan kon er een betere conclusie worden getrokken over de snelheid waarmee de grafieken worden waargenomen met Sense Math.

5.1.2 - Sense Math, accuratesse

Met Sense Math is het makkelijker om te weten om wat voor grafiek het gaat. Het is niet te zeggen of er met Sense Math ook een beter beeld van de grafiek te vormen is en of blinde- en slechtziende leerlingen dit net zo goed kunnen. Ondanks dat blinde leerlingen met Sense Math niet significant minder fouten hebben gemaakt bij de globale vragen, hebben alle blinde proefpersonen zonder Sense Math minstens 1 fout gemaakt, samen met een totaal van 9, ten opzicht van 1 fout in totaal met Sense Math. Deze fout is gemaakt door een proefpersoon die Sense Math als eerste meting had en zijn eerste vraag fout had.

Zoals verwacht is er een statistisch significant verschil gevonden tussen blinden en slechtzienden bij specifieke vragen bij de oude methode en geen verschil bij Sense Math. Toch valt niet te zeggen dat met Sense Math een beter beeld te vormen is van de grafiek en dat blinden en slechtzienden dit evengoed kunnen, omdat deze twee groepen met Sense Math niet significant minder fouten maakten. Er zijn meerdere mogelijke verklaringen voor de verschillen in resultaten tussen de globale- en de specifieke vragen. Ten eerste geven proefpersonen aan dat met Sense Math twijfel wordt weggenomen wat het type grafiek is en dat het goed te horen is waar een grafiek het rasterveld binnenkomt, maar dat het heel moeilijk is om y-waarden te horen. Ten tweede worden de auditieve- en tactiele prikkels niet exact tegelijk aangeboden. Volgens de temporele regel van Meredith en Stein maakt dat het effect van multisensorisch aanbieden minder sterk (Bresciani, Ernst, Drewing, Bouyer, Maury, Kheddar, 2005). Ten derde kan meespelen dat de auditieve informatie actief wordt aangeboden en de tactiele informatie passief. Alle auditieve informatie komt bij Sense Math binnen zonder dat de gebruiker daarvoor kiest, terwijl naar de tactiele informatie gezocht moet worden. Toch is hier bewust voor gekozen bij Sense Math. Er zijn voorbeelden en onderzoeken van visualisatie voor blinden met passieve tactiele informatie (Willemsen, 2015), actieve tactiele informatie (Bresciani, Ernst, Drewing, Bouyer, Maury, Kheddar, 2005), passieve auditieve informatie en actieve auditieve informatie (Abboud, Hanassy, Levy-Tzedek, Maidenbaum, Amedi, 2014). Nergens wordt gesproken over welke methode effectiever is. Tot slot kan, net als bij de tijd, meespelen dat de proefpersonen één keer drie kwartier met Sense Math hebben gewerkt.

5.2 - Waarneming hoorbare grafiek

Er kan niet gezegd worden of er een beeld van grafieken gevormd kan worden als deze alleen auditief worden aangeboden. Niet alle onderdelen van de audiografiek werden direct door de proefpersonen herkend of begrepen. De uitgesproken x-as werd door meerdere proefpersonen verkeerd geïnterpreteerd en het verschil in helderheid van de grafiek boven en onder de x-as werd niet direct gehoord. Op deze twee punten zit wel een leereffect. Tijdens het maken van de test begrepen meerdere proefpersonen steeds meer wat deze punten in hielden. Het verschil in helderheid van een grafiek boven en onder de x-as werd door proefpersonen die net de uitleg hadden gekregen van Sense Math wel gehoord, één proefpersoon die aanvullende opdrachten een maand na de uitleg kreeg hoorde dit niet uit zichzelf. Een leereffect geldt in mindere mate ook voor het horen van de steilheid van de grafieken. Meerdere proefpersonen begrepen niet direct hoe dit te horen was, maar kwamen hier zelf achter. Één, blinde, proefpersoon kon hier niet de link tussen leggen.

Ook hierbij speelt het mee dat proefpersonen te kort hebben gewerkt met de audiografieken. Meerdere onderzoeken naar visualisatie met geluid voor blinden en slechtzienden bevestigen dat lang en vaak oefenen, in totaal minstens 2 tot 3 uur, essentieel is voor effectief gebruik van een dergelijke toepassing (Abboud, Hanassy, Levy-Tzedek, Maidenbaum, Amedi, 2014; Yu & Brewster, 2002). Vermoedelijk zit er geen leereffect in het horen van de y-waarde van de grafiek. Geen van de proefpersonen kon dit horen en de meeste gaven zelf aan dat dit lastig of niet te doen was. Vooral bij parabolen is dit lastig omdat daarmee de hoogte van de top of het dal niet te horen is.

5.3 - Waarneming tactiele grafiek

Blinde- en slechtziende leerlingen gebruiken een andere methode om tactiele grafieken te voelen. Daarnaast gebruiken blinde leerlingen een andere methode als er audiografieken bij komen. Mogelijk heeft de methode van grafieken voelen een invloed op hoe snel en goed iemand een beeld kan vormen van een grafiek. Dat één van de vier blinde proefpersonen en alle vier slechtziende proefpersonen over één of beide

assen voelde kan komen doordat de slechtziende proefpersonen de assen konden zien, maar alle proefpersonen zijn er op gewezen dat aan het begin van de assen een viltje zit en dat de assen een andere dikte hebben dan de rasterlijnen.

Volgens Sanchez (2008) hebben blinde- en ziende mensen een ander mentaal model om informatie te benaderen en te verwerken. Volgens Heller (2002) en Kurze (1996) is het mentale model van blinde-, slechtziende- en ziende mensen hetzelfde, maar zitten de verschillen in de informatie die met tactiele en visuele informatie wordt overgedragen.

Een aantal proefpersonen gaf aan dat er veel winst valt te halen uit de manier hoe de tactiele grafieken zijn gemaakt. Voor blinde proefpersonen is er bijvoorbeeld na een aantal metingen een stukje gum op de oorsprong geplakt. Hierdoor konden zij de oorsprong beter waarnemen. Dit heeft invloed gehad op vragen waarbij gezocht moest worden naar coördinaten en bij sommige proefpersonen ook op onderscheid kunnen maken tussen assen en rasterlijnen.

5.4 – Algemene conclusie

Sense Math lijkt, met name voor blinde leerlingen, een bruikbare toepassing om grafieken te lezen. Ondanks dat er niet een duidelijke conclusie kan worden getrokken uit de kwantitatieve data en proefpersonen niet alles van Sense Math direct snapten, waren zij wel enthousiast over het principe ervan. Dat enthousiasme en de nieuwsgierigheid die bij de proefpersonen is aangewakkerd heeft zeker een bijdrage aan de effectiviteit van Sense Math. Het is uiteindelijk van belang dat gebruikers niet na hoeven te denken of gefrustreerd raken over de methode die ze gebruiken om grafieken te lezen, maar over de grafieken zelf. Zeker bij een vak als wiskunde wat al als een lastig vak wordt ervaren door blinde leerlingen.

Bijna alle onderdelen van Sense Math worden gehoord en begrepen, maar het verschilt per onderdeel hoe veel tijd en training daarvoor nodig is. Het enige onderdeel wat na training waarschijnlijk niet waargenomen zal worden is de y-waarde van een punt op de grafiek. Hierin zit een verbeterpunt.

Echter, hoe goed Sense Math ook zal werken, er zal waarschijnlijk niet op korte termijn een manier komen om tactiele- en audiografieken in korte tijd en met lage kosten te maken. Dat leerlingen met een visuele beperking dit zelfstandig zouden kunnen maken, zoals goedziende leerlingen dit kunnen met een grafische rekenmachine, lijkt op korte termijn ook uitgesloten. Tot er een manier is om tactiele- en audiografieken snel en goedkoop te maken, is het beter om onderzoek op één van beide te richten. Onderzoek naar audiografieken lijkt daarmee voor de hand te liggen, omdat tactiele grafieken al gebruikt worden in het wiskundeonderwijs voor blinde leerlingen en er daarmee daar al meer over bekend is.

5.5 - Aanbevelingen

Bij verder onderzoek naar Sense Math, en vergelijkbare toepassingen, is het belangrijk genoeg tijd te nemen voor uitleg en training. Hoe meer tijd hiervoor wordt uitgetrokken, hoe betrouwbaardere conclusies getrokken kunnen worden over de effectiviteit. Het is aanbevolen om dit ten minste voor twee tot drie uur te doen over meerdere sessies.

Voor er verder onderzoek gedaan wordt naar Sense Math is het beter om eerst naar de onderdelen waar het uit bestaat te kijken, de tactiele- en de audiografieken. Bij sterke of zwakke punten in de tactiele- en audiografieken zou anders ten onrechte de oorzaak gezocht kunnen worden in multisensorische presentatie. Uit de audiografieken valt winst te halen door de y-waarde en de snijpunten met de assen te verduidelijken. Uit de tactiele grafieken valt winst te halen door het verschil tussen de assen en de rasterlijnen te vergroten en de x- of y-waarde op de assen te verduidelijken.

Wanneer alle losse onderdelen verbeterd en onderzocht zijn en er verder onderzoek wordt gedaan naar het complete product, dan kan de validiteit van een onderzoek hoger worden door de toepassing te testen in een setting waarin hij uiteindelijk ook gebruikt zal worden. Bij een onderzoek naar Sense Math zou

betekenen dat proefpersonen het voor meerdere weken of maanden gebruiken bij de wiskundeles. Dit zou bijvoorbeeld kunnen met een single case experimental design van één schoolperiode.

Voor toegepast psychologen zijn door zijn brede inzetbaarheid bij de ontwikkeling van methodes om informatie aan meerdere zintuigen aan te bieden door meerdere rollen weggelegd. Ten eerste door kwantitatief onderzoek te doen naar effectiviteit van een toepassing, ten tweede door kwalitatief onderzoek te doen naar de behoeftes van gebruikers, ten derde door gebruikers te trainen en tot slot door te mediëren tussen alle betrokkenen in het ontwikkelingsproces. Door technologische vooruitgang ontstaan steeds meer mogelijkheden om informatie voelbaar en/of hoorbaar aan te bieden. Elke toepassing die daarvoor ontwikkeld wordt en al het onderzoek dat er naar gedaan wordt is relevant. Niet alleen voor de ontwikkeling van één toepassing, maar ook voor de kennis over multisensorische verwerking. Door nu kennis daarover te verzamelen, kan in de toekomst sneller een toepassing worden bedacht als er nieuwe technologieën zijn.

Literatuur

- Abboud, S., Hanassy, S., Levy-Tzedek, S., Maidenbaum, S., & Amedi, A. (2014). EyeMusic: Introducing a “visual” colorful experience for the blind using auditory sensory substitution. *Restorative neurology and neuroscience*, 32(2), 247-257
- Anderson, J. R. (2012). *Cognitive psychology and its implications*. Worth Publishers Inc., U.S.
- Bartiméus sonneheerdt. (z.d.). Feiten en cijfers over blind en slechtziend zijn. Verkregen van https://www.steunbartimeus.nl/wp-content/uploads/2014/05/BARTI1305_factsfigures4.pdf
- Blake, D. T., Hsiao, S. S., & Johnson, K. O. (1997). Neural coding mechanisms in tactile pattern recognition: the relative contributions of slowly and rapidly adapting mechanoreceptors to perceived roughness. *Journal of neuroscience*, 17(19), 7480-7489
- Bradley, N. A., & Dunlop, M. D. (2002). *Investigating context-aware clues to assist navigation for visually impaired people*. Glasgow, Scotland: University of Strathclyde
- Brasseur, L. E. & Sides, C. H., *Visualizing technical information: A cultural critique*, New York, Baywood Publishing Company Inc, 2003, 7
- Bresciani, J. P., Ernst, M. O., Drewing, K., Bouyer, G., Maury, V., & Kheddar, A. (2005). Feeling what you hear: auditory signals can modulate tactile tap perception. *Experimental brain research*, 162(2), 172-180.
- Brewster, S. (2002). Visualization tools for blind people using multiple modalities. *Disability and rehabilitation*, 24(11-12), 613-621
- Brewster, S., & Brown, L. M. (2004, January). Tactons: structured tactile messages for non-visual information display. In *Proceedings of the fifth conference on Australasian user interface*-Volume 28 (pp. 15-23). Australian Computer Society, Inc..
- Brodie, K. W., Carpenter, L. A., Earnshaw, R. A., Gallop, J. R., Hubbard, R. J., Mumford, A. M., Osland, C., W., Quarendon, P. (2013). *Scientific Visualization: Techniques and Applications*. doi:10.1007/978-3-642-76942-9
- DUO. (2016). *Leerlingenaantallen voortgezet onderwijs | Kengetallen | Onderwijs in cijfers*. Verkregen van <https://www.onderwijsincijfers.nl/kengetallen/voortgezet-onderwijs/deelnemersvo/leerlingenaantallen>
- Eardley, A. F., & Pring, L. (2014). Sensory imagery in individuals who are blind and sighted: examining unimodal and multimodal forms. *Journal of visual impairment & blindness (online)*, 108(4), 323
- Eimer, M. (2004). Multisensory integration: how visual experience shapes spatial perception. *Current biology*, 14(3), R115-R117
- Eizmendi, G., Azkoitia, J. M., & Craddock, G. M. (2007). *Challenges for assistive technology: AAATE 07* (Vol. 20). Los Press
- Flanagan, J. R., & Beltzner, M. A. (2000). Independence of perceptual and sensorimotor predictions in the size-weight illusion. *Nature neuroscience*, 3(7), 737-741
- Gougoux, F., Lepore, F., Lassonde, M., Voss, P., Zatorre, R. J., & Belin, P. (2004). Neuropsychology: pitch discrimination in the early blind. *Nature*, 430(6997), 309-309.
- Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Tyler, L. A., & Burson, L. L. (1996). *Production and interpretation of perspective drawings by blind and sighted people*. doi:10.1068/p250321
- Heller, M. A. (2002). Tactile picture perception in sighted and blind people. *Behavioural brain research*, 135(1), 65-68
- Hogeschool PXL, Universiteit Hasselt & Inter. (2015, Januari 29). Universal Design | UD woonlabo. Verkregen van http://www.woonlabo.be/ud_woonlabo/themas/ud
- Hui, K., Zhigeng, P., Chi-kit Chung, R., Wang, C. L., Jin, X., Göbel, S., & Li, E. L. (2007). *Technologies for e-learning and digital entertainment: Second International Conference, Edutainment 2007, Hong Kong, China, proceedings*. (Technologies for E-Learning and Digital Entertainment.) Berlin: Springer
- Kapteyn, L. (2009). *Informatieverwerking in het centrale auditieve systeem*. Verkregen van <http://www.audiologieboek.nl/htm/hfd6/6-2-2.htm>
- Kalat, J. W. (2014). *Biological psychology*. Independence, KY: Wadsworth

- Koninklijke Visio. (z.d.). Afstudeeropdracht: "Hoe leert een blinde leerling wiskunde?"
- Kurze, M. (1996, April). TDraw: a computer-based tactile drawing tool for blind people. In *Proceedings of the second annual ACM conference on assistive technologies* (pp. 131-138). ACM
- Lahav, O., & Mioduser, D. (2004). Exploration of unknown spaces by people who are blind using a multi-sensory virtual environment. *Journal of special education technology*, 19(3), 15-23
- Limburg, H. (2005). *Vermijdbare blindheid en slechtziendheid in Nederland*. Verkregen van Vision 2020 website: <http://www.vision2020.nl/contents/V2020NLrapport.pdf>
- Meredith, A., M. & Stein B. E., (1985). "Spatial factors determine the activity of multisensory neurons in cat superior colliculus." *Brain research* 365.2 (1986): 350-354
- Millar, S. (1994). *Understanding and representing space: Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Oxford: Clarendon Press
- Nava, E., Grassi, M., & Turati, C. (2015). Audio-visual, visuo-tactile and audio-tactile correspondences in preschoolers. *Multisensory research*, 29(1-3), 93-111
- Renier, L. A., Anurova, I., De Volder, A. G., Carlson, S., VanMeter, J., & Rauschecker, J. P. (2010). Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind. *Neuron*, 68(1), 138-148. doi:10.1016/j.neuron.2010.09.021
- Rense, L. (DJ). (2016, 28 juli). Sportzomer 2016 [Radio fragment]. Hilversum, Nederland: NPO Radio 1
- Röder, B., Teder-Sälejärvi, W., Sterr, A., Rösler, F., Hillyard, S. A., & Neville, H. J. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*, 400(6740), 162-166
- Röder, B., Rösler, F., & Spence, C. (2004). Early vision impairs tactile perception in the blind. *Current biology*, 14(2), 121-124
- Russell, B. (1903). Asymmetrical relations. In *The principles of mathematics: 1* (p. 219). Verkregen van <http://quod.lib.umich.edu/u/umhistmath/AAT1273.0001.001/250?rgn=works;view=pdf;rgn1=author;q1=russell;op2=and;rgn2=author;q2=bertrand>
- Sánchez, J. (2008). User-centered technologies for blind children. *Human Technology Journal*, 45 (2), 96-122
- Shimizu, Y., Saida, S., & Shimura, H. (1993). Tactile pattern recognition by graphic display: Importance of 3-D information for haptic perception of familiar objects. *Attention, perception, & psychophysics*, 53(1), 43-48.
- Streri, A., Hatwell, Y., & Gentaz, E. (2003). *Touching for knowing: Cognitive psychology of haptic manual perception*. Amsterdam: J. Benjamins.
- Van Leendert, A. (2012). Profielschets 2 brailleleerlingen. In Boswinkel, N., Van Herpen, E., Janssen, C., Kroesbergen, E., Van Leendert, A., Van de Sluis, I., & Van 't Zelfde, H. *Passende perspectieven rekenen: Doelenlijsten* (pp 11 – 15). Verkregen van SLO website: <http://www.slo.nl/downloads/2012/passende-perspectieven-rekenen-leerroutes.pdf>
- Willemsen, D. (2015). *Designing haptic graphics for mathematics* (Unpublished master's thesis). Technische Universiteit Delft, Delft, Nederland.
- World Health Organization. International statistical classification of diseases and related health problems. Tenth revision. Version for 2006. Geneva: WHO, 1992
- Yu, W., & Brewster, S. (2002, July). Multimodal virtual reality versus printed medium in visualization for blind people. In *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies* (57-64). ACM
- Zimbardo, P. G., Johnson, R. L., & McCann, V. (2009). *Psychologie: een inleiding*. Amsterdam: Pearson Education