

**VERBANDEN TUSSEN DE TAALVAARDIGHEID EN HET ASSOCIATIEF  
LEERVERMOGEN VAN DOVE EN SLECHTHORENDE KINDEREN**

door

Esther Falkmann

s1081211

Masterscriptie

Taal- en Spraakpathologie

Faculteit der Letteren

Radboud Universiteit Nijmegen

Onder begeleiding van dr. M. Langereis en dr. A. Vermeulen

2024

## Inhoudsopgave

<b>1. Inleiding</b> .....	3
<b>2. Achtergrond</b> .....	4
<b>2.1 Procedureel leervermogen</b> .....	4
<b>2.2 Statistisch leren en het taalvermogen van jonge kinderen</b> .....	7
<b>2.3 Taalproblemen in procedureel leren bij klinische populaties</b> .....	9
<b>2.4 Statistisch leren bij slechthorende kinderen</b> .....	12
<b>2.5 Individuele verschillen en niet-linguïstische stimuli</b> .....	17
<b>2.6 Deze studie</b> .....	17
<b>2.6.1 Verwachtingen</b> .....	18
<b>3. Methode</b> .....	19
<b>3.1 Participanten</b> .....	19
<b>3.2 Materiaal</b> .....	22
<b>3.4 Procedure</b> .....	24
<b>3.5 Analyse</b> .....	25
<b>4. Resultaten</b> .....	26
<b>4.1 Fouten en uitschieters</b> .....	26
<b>4.2 Groepsverschillen</b> .....	29
<b>4.2.1 Vormen</b> .....	29
<b>4.2.2 Pseudohomofonen</b> .....	30
<b>4.3 Contingentie en reactietijd</b> .....	31
<b>4.3.1 Vormen variant</b> .....	31
<b>4.3.2 Pseudohomofonen variant</b> .....	31
<b>4.4 Bewust of onbewust</b> .....	32
<b>4.5 Correlaties met taalscores</b> .....	33
<b>4.5.1 Normaalhorende groep</b> .....	34
<b>4.5.2 Slechthorende groep</b> .....	35
<b>5. Discussie</b> .....	37
<b>6. Referentielijst</b> .....	42
<b>Appendix</b> .....	51

## 1. Inleiding

Het gehoor heeft een belangrijke functie in de ontwikkeling van taalvaardigheid. Wanneer de gehoorfunctie beschadigd is, zal een kind minder goed in staat zijn om de betekenisvolle klanken te herkennen en te produceren met als gevolg een achterstand in taalvaardigheid in vergelijking met normaalhorende leeftijdsgenoten. Afhankelijk van de mate van het gehoorverlies zal een hoortoestel of een cochleair implantaat (CI) geïndiceerd zijn.

Door de gehoorfunctie te herstellen door middel van een hoortoestel of CI is de verwachting dat, naast het gehoor zelf, de taalvaardigheid ook verbetert. Veel dove en slechthorende bereiken met optimale hooraanpassingen een vergelijkbaar ontwikkelingspatroon als normaalhorende kinderen op minder complexe taalvaardigheden. In enkele gevallen bereikt een kind zelfs het niveau van een normaalhorende leeftijdsgenoot (Moog, 1999; Schauwers et al., 2005). Uit de praktijk blijkt echter dat er een groep kinderen is waarbij de complexe taalvaardigheid achterblijft.

Hawker et al. (2008) heeft in een onderzoek deze groep uitgelicht. In dit onderzoek werden 6 kinderen met een CI onderzocht bij wie het spraakverstaan adequaat genoemd mocht worden, maar die desondanks slecht scoorden op verschillende taaltesten. Deze groep werd vergeleken met 6 gematchte CI controle kinderen die taalscores hadden vergelijkbaar met horende kinderen met een taalontwikkelingsstoornis (TOS). Ze vonden dat de taalvaardigheden van de kinderen die adequaat spraakverstaan hadden vergelijkbaar waren met het niveau van taalvaardigheid van een normaalhorend kind met een TOS. Dit is overeenkomstig met een studie van de Hoog et al. (2016), waar gekeken werd naar de verschillende taalprofielen van slechthorende kinderen, kinderen met een CI en kinderen met een TOS. Ook hier kwam naar voren dat een deel van de kinderen met een CI een vergelijkbaar taalprofiel heeft als de kinderen met een TOS.

Ongeveer 7% van de kinderen op de basisschool heeft een TOS (Tomblin et al., 1997). Een onderdeel van de diagnose van TOS houdt in dat er geen sprake is van gehoorproblemen, dit zorgt er voor dat een formele TOS diagnose niet kan worden gesteld bij dove of slechthorende kinderen, immers kunnen suboptimale hoormogelijkheden an sich ook leiden tot problemen in de taalontwikkeling.

Toch kan het in onderzoek naar de mogelijke achtergrond van de taalproblemen van slechthorende of dove kinderen met voldoende spraakverstaan helpen om ook te kijken naar factoren die meespelen bij de problemen van kinderen met een TOS. Eén van deze factoren is het associatief leervermogen dat onder andere invloed heeft op de ontwikkeling van grammatica van de taal.

## **2. Achtergrond**

### **2.1 Procedureel leervermogen**

Het procedurele systeem is een hersensysteem dat onderdeel uit maakt van het lange termijn geheugen. Het zorgt er voor dat vaardigheden geleerd kunnen worden door middel van herhaling en opgeslagen worden in het lange termijn geheugen (Ullman, 2016). Door een bepaalde activiteit herhaaldelijk uit te voeren wordt het ‘geheugenpad’ van deze handeling versterkt. In de meeste gevallen worden deze patronen impliciet geleerd, je leert ze zonder dat je je daar bewust van bent. Dit leidt er toe dat de geleerde vaardigheden automatische handelingen worden die uitgevoerd kunnen worden zonder dat daar over nagedacht hoeft te worden, denk bijvoorbeeld aan fietsen. Het is een onbewust proces geworden waar je impliciete kennis van hebt (Bouyeure & Noulhiane, 2020).

Aan het procedurele leerproces kunnen verschillende strategieën ten grondslag liggen. Twee identificeerbare strategieën zijn het sequentieel leren en het statistisch leren (Kóbor et

al., 2018). Onderzoek met ‘Event Related Potentials’ laat zien dat statistisch leren en sequentieel leren anders van elkaar ontwikkelen (Simor et al., 2019).

Bij sequentieel leren speelt volgorde een belangrijke rol. Met een ‘serial reaction time’ taak kan deze manier van leren gemeten worden. Een reeks stimuli wordt steeds in een bepaalde volgorde weergegeven zonder dat de participant daarvan op de hoogte is. Op deze manier wordt onbewust een patroon geleerd. Na oefening reageren participanten sneller op het onbewust geleerde patroon dan op willekeurige andere stimuli (Foerde & Poldrack, 2016).

Bij statistisch leren draait het leerproces om frequentie, waarschijnlijkheid en de samenhang daartussen (Simor et al., 2019). Er worden associaties gevormd tussen verschillende gebeurtenissen op basis van overeenkomende eigenschappen. Op deze manier kan, door onvoorspelbare toevalligheden, samenhang ontdekt worden tussen verschillende stimuli. MacLeod (2019) beschrijft deze vorm van leren op basis van associaties als het leren van contingenties. Bij contingenties is er geen noodzakelijke reden voor het bestaan van de samenhang tussen twee contexten. In plaats van een sequentieel patroon spelen frequentie en waarschijnlijkheid een belangrijke factor bij het leren van contingenties. Doordat twee gebeurtenissen vaak samenvallen worden ze aan elkaar gekoppeld, dit proces gebeurt meestal onbewust. Stel dat een klasgenoot op woensdag in een roze outfit naar school komt. Als dat twee keer gebeurt kan dat toeval zijn, maar hoe vaker het voorkomt dat de klasgenoot in een roze outfit naar school komt als het woensdag is, hoe waarschijnlijker het is dat de twee samenhangen.

Het vermogen om associaties te kunnen maken op basis van statistische informatie en contingenties te ontdekken helpt ons ook bij het verwerken van talige input. Zo helpt het opmerken van frequenties ons bij het voorspellen van het verloop van een woord of zin (Ellis, 2008) en kunnen we statistische regelmaat gebruiken om woorden te segmenteren (Lammertink & Rispens, 2018). Door te herkennen welke combinaties van klanken of

woorden vaker voorkomen kunnen we efficiënt spraakverstaan. Ook helpt het ons om tijdens de taalverwerving de meest logische woordkandidaten te selecteren, het helpt ons om de taalstroom in betekenisvolle stukken te segmenteren (Ellis, 2008). Voor het verwerken en het verwerven van taal gebruiken we de statistische informatie die we hebben over de frequentie en waarschijnlijkheid van het voorkomen van een bepaalde linguïstische combinatie. Het statistisch leervermogen kan gebruikt worden om grammaticale regels te leren op het gebied van onder andere fonologie (Pierrehumbert, 2003) en syntax (Kidd, 2012; Kidd & Arciuli, 2016; Thompson & Newport, 2007).

Om het leren van contingenties in kaart te brengen kan gebruik worden gemaakt van een vorm-kleur paradigma waarbij stimuli verdeeld worden in drie categorieën (Schmidt et al., 2007; Schmidt & De Houwer, 2010, 2012, 2016; Lin & MacLeod, 2018; MacLeod, 2019). In de eerste categorie wordt een stimulusvorm meestal in dezelfde kleur getoond, dit is de conditie ‘sterke samenhang’. In de tweede categorie is er een zwakke samenhang tussen de vorm en zijn kleur en in de derde categorie wordt een vorm in alle kleuren even vaak getoond en is er dus neutrale samenhang tussen de vorm en zijn kleur. Participanten moeten zo snel mogelijk de kleur van de stimulus aangeven en de reactietijden worden gemeten.

Uit het onderzoek van Lin en MacLeod (2018) bleek dat er een voordeel effect en een nadeel effect verbonden was aan het type samenhang. Als er een sterke samenhang was tussen de vorm en de kleur, dan waren participanten sneller met reageren dan wanneer er neutrale samenhang was en werkte de contingentie in hun voordeel. Wanneer er een zwakke samenhang was waren participanten langzamer dan wanneer er neutrale samenhang was. Een zelfde effect van contingentie werd ook gevonden door Schmidt et al. (2010). Daarnaast vonden zij ook dat het effect afwezig was wanneer een participant tegelijkertijd veel informatie moest onthouden waardoor er sprake was van een hoge ‘memory load’. Ook is het een effect wat snel optreedt en ook weer snel verdwijnt wanneer de samenhang niet meer

aanwezig is (Schmidt et al. 2010). Effecten van contingentie werden gevonden bij zowel talige als niet-talige stimuli (Schmidt & De Houwer, 2019, Levin & Tzelgov, 2016).

## **2.2 Statistisch leren en het taalvermogen van jonge kinderen**

Er is veel verschil in de taalvaardigheid van kinderen rond dezelfde leeftijd. Veel van het bestaande onderzoek naar het statistisch leren in relatie met taalresultaten richt zich voornamelijk op volwassenen, toch wordt het steeds duidelijker dat deze variabiliteit zich ook in de vroege kindertijd al kan uiten. Een deel van deze variabiliteit kan worden toegeschreven aan individuele verschillen in het gebruik van statistische informatie om taal te begrijpen. Het vermogen om associatief te kunnen leren is van invloed op de verwerving van grammaticale regels en kan daardoor ook indirect andere aspecten van taal beïnvloeden, bijvoorbeeld de woordenschat (Erickson & Thiessen, 2015). Baby's die moeite hebben met het onderscheiden van woorden uit vloeiende spraak, hebben mogelijk minder opgeslagen woordvormen in hun geheugen om te koppelen aan werkelijke referenties in de wereld. Als gevolg hiervan kan hun woordenschat kleiner zijn in vergelijking met baby's die heel goed zijn in het onderscheiden van spraak. Voor de baby's die heel goed zijn in het segmenteren is het ook waarschijnlijker dat zij de betekenissen en andere aspecten van de woordvormen die ze kunnen onderscheiden begrijpen (Estes, 2015). Evans et al. (2009) vonden in hun studie bij kinderen tussen de 6 en 14 jaar ook dat woordsegmentatie positief correleerde met zowel expressieve als receptieve woordenschat.

In een studie van Newman et al. (2006) werden baby's tussen de 7,5 en 12 maanden oud getest op hun vermogen om woorden te herkennen in tekstpassages wanneer het geslacht van de spreker veranderde. Ze werden getest op hun vermogen om fonotactische aanwijzingen te gebruiken om de tekst te segmenteren. Dezelfde kinderen werden op tweejarige leeftijd weer getest, maar nu op hun expressieve woordenschat. De onderzoekers vonden dat de baby's die beter presteerden op de segmentatietask op tweejarige leeftijd een grotere

woordenschat hadden dan de baby's die minder goed presteerden op de segmentatietoets. Een intelligentietest toonde aan dat er geen verschil was in cognitieve vaardigheden waardoor kan worden uitgesloten dat verschil in intelligentie een rol speelde. Dat sommige kinderen een grotere woordenschat hadden kan worden toegeschreven aan het feit dat ze betere segmentatievaardigheden hadden als baby.

De experimenten van Estes (2015), Evans et al. (2009) en Newman et al. (2006) keken niet direct naar de invloed van statistisch leren, maar om woorden te segmenteren moet je gebruik maken van statistische informatie. Studies die kijken naar woordsegmentatie vaardigheden en taalvaardigheid op een latere leeftijd kunnen helpen om te bepalen welke rol statistisch leren speelt in taalverwerving (Arciuli & Torkildsen, 2012).

Ook op syntactisch niveau speelt statistisch leren een rol. Het vermogen om impliciete patronen te herkennen en te leren is gerelateerd aan de verwerving en het verwerken van syntax (Kidd, 2012). Frost et al. (2020) suggereren dat baby's al in staat zijn om spraak te segmenteren op basis van statistische informatie over niet-aangrenzende afhankelijkheden wanneer ze 17 maanden oud zijn. Niet-aangrenzende afhankelijkheden komen voor in de grammatica van een taal in de vorm van morfosyntactische regels, bijvoorbeeld de congruentie tussen het onderwerp en de persoonsvorm van een zin. In het onderzoek van Frost et al. (2020) kregen de baby's continue spraak te horen die opgedeeld kon worden in stukken van drie lettergrepen waarbij de eerste lettergreep en de laatste lettergreep op elkaar afgestemd waren en de middelste lettergreep willekeurig was. Om te kijken of het statistisch leervermogen van de baby's ook van invloed is op hun taalontwikkeling buiten het laboratorium werd de prestatie op de taak gerelateerd aan de grootte van hun woordenschat en de groei van hun woordenschat tot en met 2½ jaar. Hieruit bleek dat baby's die beter presteerden op de segmentatie taak ook een grotere woordenschat hadden op alle testmomenten, maar er was geen relatie met de groei van de woordenschat. Dit kan betekenen



dat het statistisch leervermogen al voordat een baby 17 maanden oud is, zorgt voor verschil in segmentatie vaardigheden die gebruikt worden bij taalverwerving en dat later andere strategieën toegepast worden. Wat Frost et al. (2020) aantoonde is dat statistische informatie gebruikt wordt om structuren in continue spraak te ontdekken en te generaliseren naar nieuwe items en dat het al in hele vroege stadia van invloed is op de taalontwikkeling. Wanneer er problemen in het statistisch leervermogen zijn, dan zou dat al op hele jonge leeftijd voor een achterstand in het taaldomein kunnen zorgen. Daarnaast komt uit bovenstaande studies naar voren dat statistisch leren voor verschillende taaldomeinen ingezet kan worden, het wordt gebruikt voor zowel het leren van syntax en morfologie en kan invloed uitoefenen op de ontwikkeling van de woordenschat.

### **2.3 Taalproblemen in procedureel leren bij klinische populaties**

Kinderen met een TOS hebben voornamelijk moeite met het leren van de structuur van taal (Geurts & Embrechts, 2008), zoals het leren van morfologische en morfosyntactische regels (Krok & Leonard, 2015, Redmond et al., 2011, Zwitserlood et al., 2015, Arosio et al., 2016). Volgens de Procedural Deficit Hypothesis (PDH) kunnen taalproblemen bij andere TOS verklaard worden doordat er een storing is in het procedurele systeem (Ullman & Pierpoint, 2005). In het procedureel geheugen ligt kennis over bepaalde handelingen opgeslagen. Deze kennis wordt doorgaans verworven door oefening en herhaling en zorgt er voor dat bepaalde handelingen en gewoontes een geautomatiseerd proces worden (Janacsek & Nemeth, 2022).

Volgens Ullman (2016) vormt het procedureel geheugen waarschijnlijk de basis voor het aanleren en verwerken van regels in een taal. Het procedurele systeem zou een belangrijke rol kunnen spelen in het ‘voorspellend leren’ van taal. Het gaat hierbij om het impliciet leren van linguïstische regels. Omdat de grammatica van een taal voornamelijk opgemaakt is uit impliciete regels kan het procedurele systeem een grote invloed hebben op de verwerving van

zowel syntax, morfologie en fonologie. Zo kan bijvoorbeeld woordvolgorde geleerd worden door het impliciet herkennen van bepaalde sequentie regels.

Dat het leren van grammatica en het procedurele systeem met elkaar samenhangen wordt ondersteund door een studie van Hedenius et al. (2011). Hier werd een groep TOS kinderen met grammaticale problemen vergeleken met een groep normaal ontwikkelende kinderen op een sequentiële reactietijd taak die op twee momenten werd afgenomen over een periode van 3 dagen. De studie toonde aan dat er geen verschil was tussen de groepen op het eerste testmoment, maar wel op het tweede testmoment. De TOS kinderen met grammaticale problemen slaagden er niet in om 3 dagen later de kennis over de sequentiële taak te behouden, de normaal ontwikkelende kinderen konden dat wel. Tot hoeverre kinderen met een TOS wél in staat zijn om een bepaalde sequentie te leren kan samenhangen met de lengte van de sequentie. Gabriel et al. (2011) vonden dat kinderen met een TOS net zo goed als normaal ontwikkelende kinderen een sequentie konden leren wanneer deze 8 tekens lang was, maar niet wanneer deze 10 tekens lang was (Gabriel et al., 2013).

Ook wanneer de informatie niet sequentieel is, maar statistisch van aard en over een minder lange periode wordt aangeboden hebben kinderen met een TOS moeite met het leren van samenhang. Kemény en Lukács (2010) toonden dit aan, aan de hand van een probabilistische categorisatie taak (Weather Prediction Task). De TOS kinderen lieten geen leereffecten of leerstrategieën zien in tegenstelling tot de kinderen met een normaal gehoor.

Verstoringen in procedureel leervermogen kunnen voor verschillende problemen zorgen. Het kan bijvoorbeeld zijn dat het vermogen om veel voorkomende clusters van taaleenheden te kunnen extraheren verstoord is. Dit zou ertoe leiden dat verschillende woordvormen niet opgepikt worden en zo ook niet in het geheugen kunnen worden opgeslagen. Het probleem kan ook liggen bij het koppelen van woordvormen aan items in de wereld. Het vormen van associaties tussen een woord en het object dat daarbij hoort kan dan

bemoeilijkt worden. Een ander probleem kan zijn dat het moeilijk is om taalspecifieke fonologische patronen te ontdekken. Dit heeft als gevolg dat het segmenteren van spraakeenheden ook bemoeilijkt wordt (Erickson & Thiessen, 2015).

Er zijn tot en met 2017 verschillende meta-analyses uitgevoerd over het statistisch leervermogen van kinderen met een TOS (Lum et al., 2014, Obeid et al., 2015, Lammertink et al., 2017). Allen concludeerden dat kinderen met een TOS problemen ondervinden in zowel auditieve statistische leertaken als visuele statistische leertaken.

Dat TOS kinderen moeite hebben met statistisch leren werd voorgesteld door Evans et al. (2009). In hun studie lieten zij TOS kinderen eerst luisteren naar een continue audio stroom met daarin non-woorden van drie lettergrepen. Daarna moesten de kinderen middels een forced choice paradigm steeds tussen twee woorden (een woord wat dezelfde lettergreepstructuur als de woorden in de beluisterde audio aanhield, of een woord met een andere lettergreep volgorde) het woord kiezen waarvan zij het meest waarschijnlijk vonden dat het in de luisterfase voorkwam. De TOS kinderen presteerden op deze taak minder goed dan normaal ontwikkelende kinderen, wat er op duidt dat de TOS kinderen minder goed gebruik kunnen maken van de statistische informatie die beschikbaar is om woordgrenzen te herkennen.

In een studie van Lammertink et al. (2020) werden kinderen met een TOS getest op hun vermogen om niet aangrenzende afhankelijkheden op te pikken. Niet aangrenzende afhankelijkheden komen in taal voor in de vorm van morfosyntactische regels (onderwerp en persoonsvorm congruentie bijvoorbeeld). Bij het leren van niet-aangrenzende afhankelijkheden kan statistische informatie gebruikt worden. De waarschijnlijkheid dat de persoonsvorm bij het onderwerp 'wij' op bijvoorbeeld '-en' eindigt is groter dan dat deze op '-t' eindigt. Meerdere onderzoeken tonen aan dat kinderen met TOS moeite hebben met het leren van niet aangrenzende afhankelijkheden (Krok & Leonard, 2015, Redmond et al., 2011,

Zwitsers et al., 2015, Arosio et al., 2016). In een studie van Lammertink et al. (2020) bleken de TOS kinderen ook minder goed te zijn in het impliciet leren van de niet-aangrenzende afhankelijkheden dan een normaalontwikkende controle groep.

In een ander onderzoek van Lammertink uit 2020 werden 37 kinderen met een TOS vergeleken met kinderen zonder een TOS op drie statistische leertaken die allemaal een ander domein aanspraken. De kinderen met een TOS bleken alleen in het talige-auditieve domein minder goed te zijn in het oppikken van de structuur dan de kinderen zonder TOS. Voor de andere twee domeinen, visueel niet-talig en visueel motorisch niet-talig, werd er geen verschil gevonden tussen de twee groepen (Lammertink, 2020). In dezelfde studie werden ook de taalvaardigheden van de kinderen gerelateerd aan hun prestatie op de statistische taken. Er werd echter geen verband gevonden tussen betere of slechtere taalvaardigheden en betere of slechtere prestatie op de statistische taken.

#### **2.4 Statistisch leren bij slechthorende kinderen**

Bij dove en slechthorende kinderen zijn, net zoals bij kinderen met TOS, onderling veel verschillen in taalvaardigheid. Er zijn verschillende factoren waar een deel van deze variabiliteit aan toegeschreven kan worden waaronder de periode van auditieve deprivatie, hoe de ouders met hun kind communiceren, comorbiditeit, kwaliteit van het gehoor vóór de implantatie en hoe lang de CI al gebruikt wordt (e.g. Szagun & Schramm, 2015, Cruz et al., 2013, Bowdrie et al., 2023, Caragli et al., 2023, Nicholas & Geers, 2007). Toch blijft een deel van de variatie nog altijd onverklaard.

Studies die kinderen met een TOS vergelijken met kinderen met een CI laten zien dat er een groep slechthorende en dove kinderen is die dezelfde taalproblemen ondervindt als kinderen met een TOS (Norbury et al., 2001, Hammer et al., 2014, Penke & Rothweiler, 2016, De Hoog et al., 2016). Van de 19 CI-kinderen die meededen aan de studie van Norbury et al. (2001) waren er 6 die niet verschilden van de TOS groep op het gebied van

werkwoordsmorfologie. In de studie van Hammer et al. (2014) werd spontane spraak van TOS en CI kinderen vergeleken op het gebied van werkwoord vervoegingen en gemiddelde lengte van uitingen. In de CI groep presteerde 35,4% van de kinderen onder het verwachte niveau gebaseerd op leeftijd voor zowel het aantal correcte vervoegingen en de gemiddelde lengte van de uiting. Daarbij laten zij eenzelfde taalprofiel zien als 75% van de geteste TOS kinderen. Penke & Rothweiler (2016) vonden dat kinderen met een TOS en kinderen met gehoorverlies beiden verzwakte morfologische vaardigheden hadden, maar concludeerden dat de oorzaak hiervan verschilt. Bij TOS kinderen kan het probleem zitten in hun grammaticale- of verwerkingsvaardigheden waar dit bij slechthorende kinderen kan zitten in een verminderde kwaliteit van input door hun gehoorapparaat. Toch kan dit voor kinderen met een CI niet de enige verklaring zijn vanwege de grote mate aan variatie in de taalprestaties.

Hawker et al. (2008) vergeleek 6 kinderen met een CI die slecht presteerden op taaltesten met een gematchte groep CI-kinderen die als normaalhorende kinderen met een TOS presteerden op taaltesten en concludeerde dat er een groep CI-kinderen is die een taalprobleem heeft dat niet verbonden is aan hun doofheid. In dezelfde lijn ligt de conclusie van De Hoog et al. (2016), die in een studie de taalprofielen van kinderen met een CI, kinderen met gehoorverlies en kinderen met een TOS vergeleek. In de meeste gevallen kunnen taalproblemen bij CI kinderen toegeschreven worden aan verminderde kwaliteit van de input, maar toch is er een deel van de CI kinderen dat achterblijft in hun taalontwikkeling en vergelijkbare taalprofielen laat zien als kinderen met een TOS.

Veel onderzoek naar de rol van statistisch leren bij taalontwikkeling richt zich op de TOS groep, over de mogelijke rol die het speelt bij dove of slechthorende kinderen is minder bekend. Vanwege de vergelijkbare taalprofielen van kinderen met TOS en kinderen met gehoorproblemen is het interessant om te kijken of het associatief leervermogen ook een van

de verklarende factoren kan zijn voor de variabiliteit in taalvaardigheid van slechthorende kinderen.

Er zijn verschillende studies die kijken naar procedureel leren van dove kinderen aan de hand van sequentieel leren. Conway et al. (2011) onderzocht met behulp van een visuele sequentiële leertaak het vermogen van dove kinderen met een CI om een sequentie te leren. De CI kinderen en de normaalhorende kinderen kregen in de leerfase reeksen te zien die een bepaald patroon volgden en in de testfase werden deze reeksen afgewisseld met willekeurige reeksen die niet in de leerfase aan bod kwamen. De resultaten lieten zien dat de normaalhorende kinderen beter presteerden bij de geoefende reeksen dan de willekeurige reeksen. De CI kinderen lieten daarentegen geen verschil zien in prestaties tussen de reeksen die een bepaald patroon volgden en de willekeurige reeksen. Hieruit kan opgemaakt worden dat dove kinderen met een CI niet in staat waren om de impliciete regels te leren waar normaalhorende kinderen dat wel konden.

In een 'eyetracking' studie van Monroy et al. (2022) werden dove kleuters met een CI en dove baby's die nog geen CI hadden vergeleken met normaalhorende leeftijdsgenoten op hun prestatie op een visuele sequentie taak. De kleuters met CI, de horende kleuters en de horende baby's lieten allemaal leereffecten zien op de taak. Alleen de dove baby's lieten geen leereffecten zien. Deze resultaten tonen aan dat het wel of niet kunnen verwerken van auditieve input ook effect heeft op het leren van visuele reeksen.

Grempe et al. (2019) gebruikten ook een visuele sequentie taak bij horende kinderen en kinderen met een CI. Zij maakten onderscheid tussen makkelijk te benoemen stimuli en moeilijk te benoemen stimuli. Ook hier presteerden dove kinderen minder goed dan de horende kinderen. Daarnaast bleek er ook een effect te zijn van het type stimuli. De horende kinderen presteerden beter bij de makkelijk te benoemen stimuli dan de moeilijk te benoemen stimuli, maar voor de dove kinderen was er geen verschil. Dit suggereert dat dove kinderen

niet dezelfde voordelen halen uit de talige aspecten van de visuele stimuli als de horende kinderen. Dit is ook wat eerder onderzoek van Grep (2011) liet zien. Slechthorende kinderen presteerden slechter dan normaalhorende kinderen op een sequentiële leertaak waarbij de visuele stimuli ook verbaal gelabeld konden worden.

In 2018 vergeleken Deocampo et al. in een review artikel meerdere studies naar de rol van procedureel leren (voornamelijk sequentieel leren) in de gesproken taal van kinderen met een CI en hoe dit in verband staat met logopedische behandeling. Zij concludeerden dat het belangrijk is om de rol die procedureel leren bij de taalontwikkeling speelt te onderzoeken om zo beter te kunnen begrijpen wat de moeilijkheden zijn waar dove en slechthorende kinderen tegenaanlopen in hun taalontwikkeling. Bovendien suggereerden zij dat het nuttig kan zijn om specifieke taalinterventies te ontwikkelen die zich richten op het verbeteren van de statistische leervaardigheden.

Uit de hierboven beschreven studies blijkt dat dove en slechthorende kinderen moeite hebben met het leren van sequentiële patronen. Deze studies hebben het echter nog niet over statistisch leren, het effect van samenhang of contingentie zoals beschreven in MacLeod (2019), waarbij de samenhang gevonden wordt in patronen die niet sequentieel van aard zijn. Hoewel het leren van sequenties ook onderdeel is van procedureel leren, is het een ander proces dan het leren van statistische patronen (Simor et al., 2019).

Een van de studies die wel kijkt naar verwerking van statistische informatie bij slechthorende en dove kinderen is Guo et al. (2015). Zij verzamelden gesproken taal van 36 kinderen met een CI en vergeleken hun woordenschat met de gemiddelde fonotactische waarschijnlijkheid, 'neighbourhood density' en woordfrequentie van de gerapporteerde woorden. Normaalhorende kinderen leren woorden met zeldzame klankcombinaties, veel vergelijkbaar klinkende woorden en een hoge frequentie eerder dan woorden met een lage

frequentie, veelvoorkomende klankcombinaties en weinig hetzelfde klinkende woorden (Stokes, 2010; Storkel, 2009).

Guo et al. (2015) vonden dat kinderen met een bilateraal CI vergelijkbare sensitiviteit tegenover statistische informatie lieten zien als normaalhorende kinderen. Unilateraal geïmplanteerde kinderen lieten daarentegen geen sensitiviteit tegenover statistische informatie van woorden zien. Uit deze studie blijkt dat sommige dove kinderen wel in staat zijn om statistische informatie op te pikken en andere niet. Al kan dat verschil in dit geval toegeschreven worden aan het aantal implantaten. De auteurs concludeerden dan ook dat bilaterale implantatie gunstig is voor het leren van statistische informatie.

Een andere studie die ook gebruik maakt van statistische informatie is de studie van Fastelli et al (2021). In tegenstelling tot de hierboven beschreven artikelen, waar wel een verschil gevonden werd tussen dove en slechthorende kinderen en normaalhorende kinderen, vond een studie van Fastelli et al. (2021) juist geen verschil. In hun studie keken zij naar temporeel impliciet leren in de plaats van sequentieel impliciet leren. Zij gebruikten hiervoor een 'Dynamic Temporal Preparation task'. De kinderen moesten op een computer op het juiste moment op een knop drukken om een foto te maken. De juiste timing kon kort (500ms) medium (1000ms) of lang (1500ms) zijn. De waarschijnlijkheid van de timing was afhankelijk van de context. Zo kwam de korte timing in 60% van de gevallen voor in een korte context, in 33% van de gevallen in de medium context en in 8% van de gevallen in de lange context. Voor de lange timing was dit precies andersom. Medium timing kwam in alle contexten 33% voor. Deze taak was ontworpen om de impliciete leervaardigheden van de kinderen te meten terwijl het zo min mogelijk van het werkgeheugen vraagt. Dit omdat het werkgeheugen bij dove en slechthorende kinderen vaak zwak is.

Doordat het ontwerp van deze taak gebruikt maakt van waarschijnlijkheid in verschillende condities heeft het al meer raakvlakken met het leren van contingenties dan



sequentiële studies. Interessant is dan ook dat, in tegenstelling tot de sequentiële studies, er in deze studie geen verschil wordt gevonden in de prestatie van dove kinderen en normaalhorende kinderen op de taak. De auteurs suggereren dan ook dat auditieve deprivatie op jonge leeftijd geen gevolgen hoeft te hebben op het vermogen van jonge kinderen om impliciet te leren.

## **2.5 Individuele verschillen en niet-linguïstische stimuli**

Om de rol van statistisch leren te onderzoeken is het ook belangrijk om onderzoek met niet-talige stimuli te doen. Verschil in prestaties op taalleer taken kan immers ook komen doordat sommige kinderen sterkere taalvaardigheden hebben dan andere. Door niet-talige stimuli te gebruiken kan worden uitgesloten dat betere prestaties een gevolg zijn van betere talige of audiologische vaardigheden (Erickson & Thiessen, 2015). In plaats van talige stimuli kan er gebruik gemaakt worden van visuele stimuli. Een onderzoek van Arciuli & Simpson (2012) toonde aan dat prestatie op een visuele statistische taak gerelateerd was aan leesvaardigheid.

Daarnaast is het ook interessant om wel talige stimuli te gebruiken om er achter te komen of de talige inhoud interfereert met de verwerking van de stimuli.

## **2.6 Deze studie**

Het huidige onderzoek is opgezet als pilotstudie om de mogelijke relatie tussen het associatief leervermogen en taalvaardigheid bij slechthorende kinderen in kaart te brengen. Uit de literatuur komt naar voren dat dove en slechthorende kinderen net als kinderen met een TOS problemen kunnen hebben bij taken die het procedurele geheugen aanspreken. Onderzoek bij de dove en slechthorende groep is meestal gedaan aan de hand van sequentiële taken. In deze studie wordt juist naar de statistische kant van het procedureel leren gekeken. De taalvaardigheden van dove en slechthorende kinderen worden gerelateerd aan de

associatieve leervaardigheden die gemeten zijn aan de hand van twee taken die zijn afgeleid van Lin en MacLeod (2018).

Voor de eerste taak is er gekozen om met vormen te werken in de plaats van woorden of non-woorden zoals in het experiment van Lin en MacLeod (2018) gedaan werd om te voorkomen dat taalvaardigheid de prestatie op de taak zou beïnvloeden. Het doel van de huidige studie is om de associatieve vaardigheden te vergelijken met de taalvaardigheden van de kinderen, het is daarom onwenselijk dat de maat voor associatieve vaardigheden afhankelijk is van de taalvaardigheid.

Met een tweede taak werd taalvaardigheid wel gekoppeld aan het associëren. Deze taak is opgezet om te kijken of talige elementen mogelijk storend werken bij het leren van associaties voor slechthorende kinderen. Voor deze taak worden pseudohomofonen gebruikt. Het verwerken van pseudohomofonen kan op twee verschillende manieren gebeuren. De woorden kunnen ten eerste visueel verwerkt worden, op dezelfde manier dat men ook een afbeelding van een symbool zou verwerken. Op deze manier kan er een mismatch optreden tussen de visuele vorm van het woord en hoe een woord dat hetzelfde klinkt normaal geschreven wordt. De input kan ook audiologisch verwerkt worden. Als de input audiologisch verwerkt wordt is deze mismatch er niet, want het klinkt hetzelfde als wanneer het woord goed gespeld is. Als er een mismatch is tussen de audiologische vorm en de verwachte visuele vorm kan dit zorgen voor een langzamere verwerking dan wanneer de mismatch er niet is.

### **2.6.1 Verwachtingen**

Het huidige onderzoek heeft een exploratief karakter. Verwachtingen zijn als volgt:

1. Dat de normaalhorende groep beter presteert op de associatief leren taak dan de slechthorende groep, wat zich uit in snellere reactietijden.

2. Voor de normaalhorende groep wordt een contingentie effect verwacht waarbij de conditie ‘sterke samenhang’ de snelste reactietijden oplevert en de conditie ‘zwakke samenhang’ de langzaamste reactietijden oplevert. Voor de slechthorende groep wordt geen of een minder groot contingentie effect verwacht. Er zal dan geen verschil of een minder groot verschil in reactietijden tussen de condities te vinden zijn.
3. Er wordt verwacht dat de individuen met betere taalscores ook beter presteren op de associatieve leertaak dan de individuen met lagere taalscores.

### **3. Methode**

In deze studie is gebruik gemaakt van een digitale taak die gebaseerd is op de taak die Lin en MacLeod (2018) gebruikten in hun onderzoek naar associaties in woord-kleur contingentie.

#### **3.1 Participanten**

Er hebben in totaal 18 kinderen meegedaan aan het experiment. Daarvan waren er 8 kinderen slechthorend en 10 kinderen hadden een normaal gehoor. Van de 8 slechthorende kinderen kregen er 7 les op een cluster 2 basisschool in Amsterdam, één van de slechthorende kinderen kreeg les aan een reguliere basisschool. De normaalhorende kinderen kregen allemaal les op een montessorischool in Hengelo. Alle deelnemende kinderen hadden een leeftijd tussen de 8 en 11 jaar op het moment van de testafname.

Toestemming voor deelname werd door de ouders gegeven. De ouders ontvingen via de school van hun kind een informatiebrief met uitleg over het onderzoek en een toestemmingsformulier. In geval van deelname werden de toestemmingsformulieren door de ouders ondertekend en weer ingeleverd bij de docent. Inclusiecriteria voor de normaalhorende groep kinderen waren als volgt: een leeftijd tussen de 8 en 11 jaar, geen afwijkingen aan het gehoor, geen problemen met zicht (als het zicht naar normaal gecorrigeerd was, bijvoorbeeld

door een bril, vormde dit geen probleem). Exclusicriteria luidde als volgt: afwijkend zicht, afwijkend gehoor.

Inclusiecriteria voor de slechthorende groep waren als volgt: een leeftijd tussen de 8 en 11 jaar, medisch vastgestelde problemen met het gehoor. Exclusicriteria waren als volgt: zichtproblemen.

De taalvaardigheid van de slechthorende kinderen was vastgesteld door verschillende taaltesten (zie tabel in appendix voor een compleet overzicht van de scores). De resultaten en bijbehorende standaardscores waren bekend bij het audiologisch centrum. De gemiddelde leeftijd van de slechthorende kinderen was 9;5 jaar (zie tabel 1).

Voor de normaalhorende groep was bekend hoe ze volgens de leerkracht scoorden op een schaal van ver onder gemiddeld – onder gemiddeld – gemiddeld – boven gemiddeld – ver boven gemiddeld op het gebied van rekenen, begrijpend lezen en spelling. Verder was er ook bekend of een leerling extra hulp ontving op school of buiten school. Deze informatie werd door de school beschikbaar gesteld en is te vinden in tabel 2. De gemiddelde leeftijd van de normaalhorende kinderen was 9;11 jaar.

### **Tabel 1**

#### *Gegevens van de Slechthorende Kinderen*

Participant	Geslacht	Leeftijd	Gehoortoestel
11	m	9;2	hoortoestel
12	v	9;10	hoortoestel
13	v	8;6	hoortoestel
14	m	9;7	hoortoestel
15	m	10;1	hoortoestel

Participant	Geslacht	Leeftijd	Gehoortoestel
16	m	8;7	CI
17	v	10;2	CI
18	v	9;4	hoortoestel

**Tabel 2***Gegevens van de Normaalhorende Kinderen*

Participant	Geslacht	Leeftijd	Diagnose	Spelling	Begrijpend lezen	Rekenen
1	v	9;6		gemiddeld	gemiddeld	onder gemiddeld
2	v	9;8	Autisme Spectrum Syndroom	onder gemiddeld	onder gemiddeld	onder gemiddeld
3	m	10;11		onder gemiddeld	onder gemiddeld	onder gemiddeld
4	m	10;7		boven gemiddeld	boven gemiddeld	boven gemiddeld
5	v	10;5	Logopedische ondersteuning	onder gemiddeld	onder gemiddeld	onder gemiddeld
6	m	9;8		boven gemiddeld	boven gemiddeld	boven gemiddeld
7	v	11;0	Autisme Spectrum Syndroom, ADHD en dyslexie	onder gemiddeld	onder gemiddeld	gemiddeld
8	v	8;11	Vermoeden ADHD/Dyslexie, heeft logopedische ondersteuning	ver onder gemiddeld	ver onder gemiddeld	gemiddeld
9	m	9;5		boven gemiddeld	boven gemiddeld	boven gemiddeld
10	v	9;2	Dyslexie, heeft logopedische ondersteuning	onder gemiddeld	onder gemiddeld	onder gemiddeld

### 3.2 Materiaal

Het experiment was geprogrammeerd in het programma PsychoPy versie 2022.2.5 en werd uitgevoerd op de laptop van de onderzoeker met een 14 inch scherm.

Omdat het experiment van Lin en MacLeod (2018) afgenomen is bij volwassenen en er geen data bekend is over eventueel gebruik van de test bij kinderen is er voorafgaand aan het rekruteren van participanten voor de huidige studie een proeftest afgenomen bij een normaalhorend kind van 8 jaar oud. Dit werd gedaan om er zeker van te zijn dat de taak niet te lang en niet te moeilijk zou zijn voor de doelgroep. Om een goede balans te vinden tussen de aandachtspanne van het kind en de betrouwbaarheid van de taak werd de taak eerst verkleind naar 2 trialblokken in plaats van 4. Dit was gedaan door Roald Maes, die tevens de software ontwikkeld heeft en beschikbaar heeft gesteld. Uit de pilot bleek dat de taak langer mocht duren en dus is ervoor gekozen om met 3 trialblokken te werken ten goede van de betrouwbaarheid. Het totaal aantal trials komt hierdoor uit op 144.

De verschillende taaltesten en sub-testen die gebruikt zijn om de taalvaardigheden van de slechthorende kinderen te bepalen zijn te vinden in tabel 3. De testresultaten van de kinderen zijn beschikbaar gesteld door het audiologisch centrum van Pento te Utrecht en zijn niet door de onderzoeker zelf afgenomen.

#### Tabel 3

##### *Overzicht van de Verschillende Taaltesten Afgenomen bij de Slechthorende Kinderen*

Test	WNV	PPVT	T-TOS
	- ruimtelijke oriëntatie totaal	- receptieve woordenschat	- pseudowoord
sub-	- ruimtelijke oriëntatie voorwaarts		repetitie
testen	- ruimtelijke oriëntatie achterwaarts		

Test	CELF	D-KEFS
	- snel benoemen	- kleuren benoemen
sub-	- begrippen aanwijzen	- woorden lezen
testen	- cijfers herhalen voorwaarts	- inhibitie
	- cijfers herhalen achterwaarts	- inhibitie/switching
	- cijfers herhalen in ruis voorwaarts	- totaal aantal fouten inhibitie
	- cijfers herhalen in ruis achterwaarts	- totaal aantal fouten inhibitie/switching

### 3.3 Design

Het experiment bestond uit twee taken. De eerste taak bestond uit 144 trials opgedeeld in 3 blokken van elk 48 trials in totaal. Voordat de experimentele trials begonnen waren er eerst nog 15 oefentrials. De oefentrials bestonden uit afbeeldingen van een reeks sterretjes in de kleuren geel, groen of rood. In de experimentele trials werden afbeeldingen getoond van ofwel een driehoek, een vierkant, een cirkel of een ster. Ook hier waren de mogelijke kleuren voor de symbolen rood, geel of groen. De taak voor de participant was om de kleur van de afbeelding die ze te zien kregen zo snel mogelijk aan te geven bij zowel de oefentrials als de experimentele trials. Participanten konden hun antwoord doorgeven door op de toets ‘j’ (rood), ‘k’ (geel) of ‘l’ (groen) te drukken.

Er waren 3 mogelijke condities van kleur-symbool combinaties: sterke samenhang, zwakke samenhang en neutrale samenhang. In de conditie ‘sterke samenhang’ werd een symbool in 83,33% van de gevallen in dezelfde kleur weergegeven en 16,67% van de gevallen in een van de andere twee mogelijke kleuren waarbij allebei de kleuren even vaak voor kwamen. Zo zou de driehoek bijvoorbeeld in 83,33% van de gevallen rood kunnen zijn (sterke samenhang), in 8,33% van de gevallen geel (zwakke samenhang) en in 8,33% van de gevallen groen (zwakke samenhang). Voor de conditie ‘neutrale samenhang’ werd een

symbool in elke kleur even vaak getoond. Bijvoorbeeld, de ster in de conditie ‘neutrale samenhang’ zou dan in 33,33% van de gevallen rood zijn, in 33,33% van de gevallen geel en in 33,33% van de gevallen groen.

Het zou echter kunnen dat men om bepaalde redenen een rode driehoek logischer vindt dan een gele driehoek. Om te voorkomen dat de resultaten hierdoor beïnvloed worden was het experiment gecounterbalanced met vier verschillende versies met elk een andere combinatie van symbool-kleur samenhang (in de ene versie was de driehoek vaak rood en in een andere versie was de driehoek bijvoorbeeld juist vaak groen).

De tweede taak was hetzelfde als de eerste taak qua opbouw (144 trials, 15 oefentrials), maar verschilde in inhoud. In plaats van symbolen werden hier vier pseudohomofonen gebruikt: VEIF, POUW, HONT en RUCH.

Aan het einde van beide taken werd aan de participanten gevraagd of hen was opgevallen dat sommige stimuli het meest frequent in één van de kleuren getoond werden. Waarop de participant moest antwoorden met ja of nee. Daarna werd voor alle stimuli gevraagd in welke kleur de participant dacht dat deze het meest frequent voorgekomen was en hoe zeker zij zich daarover voelden.

### **3.4 Procedure**

De procedure volgde het voorbeeld van Lin en MacLeod (2018). Voor elke participant bleven de contingenties hetzelfde gedurende alle drie de experimentele blokken. Alle stimuli werden weergegeven in het midden van het scherm op een zwarte achtergrond. De tekst met instructies was wit en in het lettertype Arial. Alle combinaties van kleuren en vormen (of pseudohomofonen) werden in evenwicht gebracht over de deelnemers; welke kleur bij welke vorm (of pseudohomofoon) hoorde, werd willekeurig bepaald voor elke deelnemer. Voor elke trial zagen de deelnemers een centraal fixatiekruis gedurende 250 ms, gevolgd door een vorm



(of pseudohomofoon) op dezelfde locatie. De stimuli bleef in beeld totdat de participant gereageerd had of totdat er 2000 ms verstreken waren. Bij onjuiste trials of trials waar de participant te lang wachtte met antwoord geven kreeg de participant feedback in de vorm van drie X'en (XXX). De X'en werden in het wit weergegeven in het midden van het scherm en waren gedurende 1000 ms in beeld. De deelnemers gebruikten hun rechterhand om te reageren op de kleur van de vorm (of pseudohomofoon). De verschillende antwoordopties waren op het toetsenbord gemarkeerd met stickers in de corresponderende kleur (op de toets 'j' voor rood, 'k' voor geel en 'l' voor groen) om het antwoorden voor de kinderen zo intuïtief mogelijk te maken. De koppeling tussen toets en kleur was constant over deelnemers en experimenten.

De testafname vond plaats in een rustig lokaal. Bij de testafnames van de normaalhorende groep werd dit lokaal gedeeld met een onderwijsassistent die ook bezig was met het afnemen van testen. De instructies voor de taak werden op het computerscherm weergegeven en mondeling toegelicht. Op elk moment, behalve tijdens de afname van de experimentele trials, was er ruimte voor vragen. Het experiment duurde ongeveer 10 minuten in totaal, participanten hadden geen pauze tussendoor. De participanten werd gevraagd om zo snel mogelijk te reageren op de stimuli die ze te zien kregen.

### **3.5 Analyse**

In de analyse werd gekeken naar het verschil in prestatie op de associatief leren taak tussen de NH groep en de SH groep. Er werd gekeken naar de verschillen in reactietijd en accuratesse met betrekking tot de drie verschillende condities (sterke samenhang, zwakke samenhang en neutrale samenhang).

Daarnaast is er een correlatie analyse uitgevoerd om mogelijke verbanden tussen de taalscores en de prestatie op de taak te ontdekken. Hiervoor werden verschilcores (delta) berekend aan de hand van de reactietijden voor de condities.

De conditie ‘neutrale samenhang’ kan gezien worden als de baseline reactietijd. Voor de conditie ‘sterke samenhang’ wordt een voordeel effect verwacht. Doordat de stimuli vaak in dezelfde kleur getoond wordt, worden de reactietijden sneller ten opzichte van de conditie ‘neutrale samenhang’. Voor de conditie ‘zwakke samenhang’ wordt daarentegen een nadeel effect verwacht. Doordat participanten onbewust zoeken naar een samenhang worden ze langzamer op de taak, een negatief effect dus. De samenhang die ze zoeken kunnen ze in de meeste gevallen van de conditie ‘zwakke samenhang’ namelijk niet vinden.

De verschilcores zijn voor elke participant berekend ten opzichte van de conditie ‘neutrale samenhang’. In de berekening werden de gemiddelde reactietijden in alle condities van elke participant gebruikt. Dit resulteerde in twee delta scores per participant.

$$\text{Delta Sterk} = \text{RT neutraal} - \text{RT sterk}$$

$$\text{Delta Zwak} = \text{RT zwak} - \text{RT neutraal}$$

Vanwege de kleine participanten groep en het feit dat de data niet normaal verdeeld was, werd voor de statistische analyses gebruik gemaakt van non-parametrische testen.

Een van de slechthorende participanten draaide consequent groen en geel om. Deze antwoorden zijn gecorrigeerd meegenomen in de analyse.

## **4. Resultaten**

### **4.1 Fouten en uitschieters**

Allereerst is, na voorbeeld van Lin en MacLeod (2018), een analyse van het aantal fouten en het aantal uitschieters uitgevoerd. Het aantal foute responses is in percentages uitgedrukt in tabel 4 voor de normaalhorende groep en in tabel 5 voor de slechthorende groep.

**Tabel 4***Verdeling van Fouten in Percentages voor de Normaalhorende Groep*

Normaalhorend	Contingentie	Vormen	Pseudohomofonen
	incorrect sterk	5,56%	4,78%
	incorrect zwak	2,22%	7,78%
	incorrect neutraal	5,00%	6,94%
	totaal aantal responses	1440	1440
	totaal incorrect	5,00%	5,69%

**Tabel 5***Verdeling van Fouten in Percentages voor de Slechthorende Groep*

Slechthorend	Contingentie	Vormen	Pseudohomofonen
	incorrect sterk	3,75%	4,72%
	incorrect zwak	4,17%	4,86%
	incorrect neutraal	5,90%	4,86%
	totaal aantal responses	1152	1152
	totaal incorrect	4,34%	4,77%

Er was geen significant verschil tussen de NH groep en SH groep in het aantal gemaakte fouten voor zowel de vormen variant  $X^2(1, N=2592) = 0,621, p = 0,43$  als de pseudohomofonen variant  $X^2(1, N=2592) = 1,414, p = 0,23$ . Een chi-kwadraat test liet ook geen verschillen zien in het aantal gemaakte fouten per samenhangconditie in zowel de normaalhorende als de slechthorende groep in de vormen variant (NH:  $X^2(2, N=1440) = 3,509, p = 0,17$ ; SH:  $X^2(2, N=1152) = 2,308, p = 0,32$ ) en pseudohomofonen variant (NH:  $X^2(2, N=1440) = 5,138, p = 0,08$ ; SH:  $X^2(2, N=1152) = 0,011, p = 0,99$ ).

Als ondergrens en bovengrens van de geïncludeerde reactietijden werden dezelfde criteria gehanteerd als in MacLeod en Lin (2018). Responses waarvan de reactietijd onder de 200 ms lag, werden beschouwd als anticipaties van de participant en werden niet

meegenomen in de verdere analyse. Vervolgens werden de reactietijden per participant per samenhangconditie bekeken. Waarden die meer dan 2,5 keer van de standaarddeviatie af lagen, werden beschouwd als uitschieters en verwijderd. Het aantal uitschieters is in percentages uitgedrukt in tabel 6 voor de normaalhorende groep en in tabel 7 voor de slechthorende groep. De incorrecte responses en uitschieters zijn niet verder meegenomen in de analyse.

**Tabel 6**

*Verdeling van Uitschieters in Percentages voor de Normaalhorende Groep*

Normaalhorend	Contingentie	Vormen	Pseudohomofonen
	uitschieters sterk	2,78%	2,67%
	uitschieters zwak	2,78%	1,67%
	uitschieters neutraal	2,78%	2,78%
	totaal aantal responses	1440	1440
	totaal uitschieters	2,78%	2,75%

**Tabel 7**

*Verdeling van Uitschieters in Percentages voor de Slechthorende Groep*

Slechthorend	Contingentie	Vormen	Pseudohomofonen
	uitschieters sterk	2,65%	2,36%
	uitschieters zwak	2,78%	0,69%
	uitschieters neutraal	3,47%	1,74%
	totaal aantal responses	1152	1152
	totaal uitschieters	2,86%	1,10%

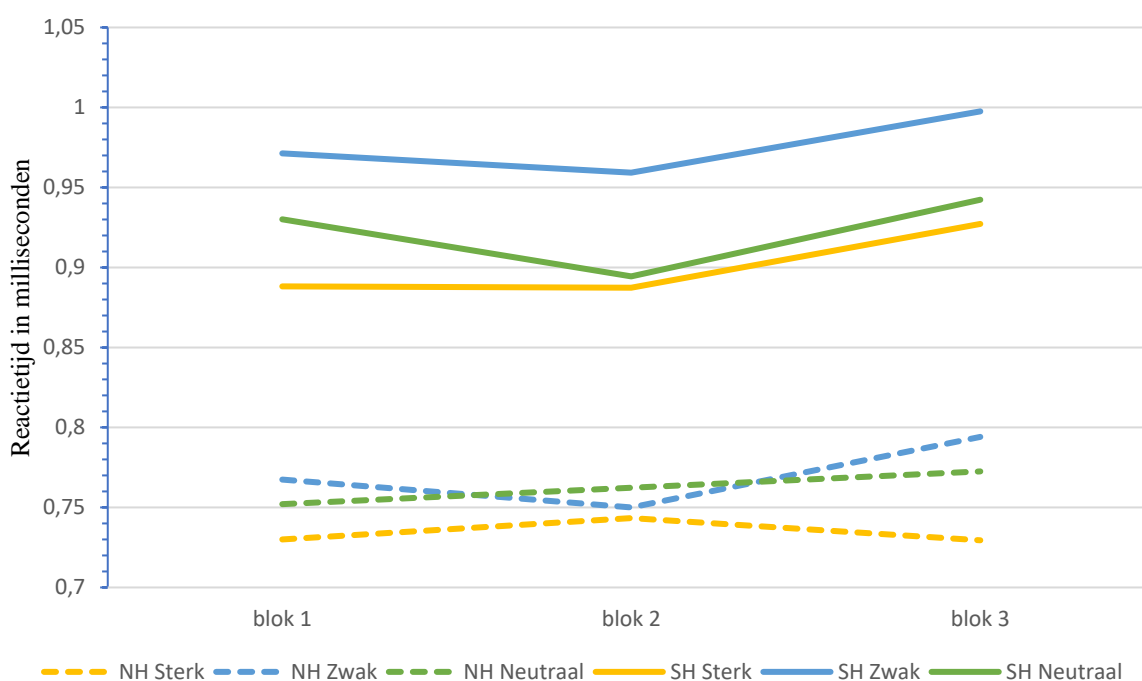
## 4.2 Groepsverschillen

### 4.2.1 Vormen

In de onderstaande figuur zijn de gemiddelde reactietijden per blok, per contingentie categorie en per groep weergegeven voor de test variant met vormen.

**Figuur 1**

*Reactietijden in Milliseconden per Groep per Conditie voor de Vormen Variant*



*Noot.* NH = Normaalhorend, SH = Slechthorend.

Een Mann-Whitney-U test laat zien dat de reactietijden van de SH groep significant verschillen van de NH groep voor alle drie de blokken. (Blok 1:  $U = 119616$ ,  $p < 0,001$ . Blok 2:  $U = 111588$ ,  $p < 0,001$ . Blok 3 =  $111143$ ,  $p < 0,001$ ). De NH groep had in alle drie de blokken lagere reactietijden dan de SH groep.

Ook op het niveau van contingentie waren er verschillen tussen de groepen. De NH groep had snellere reactietijden dan de SH groep in de conditie ‘sterke samenhang’ ( $U =$

404345,  $p < 0,001$ ), in de conditie ‘zwakke samenhang’ ( $U = 17193$ ,  $p < 0,001$ ) en in de conditie ‘neutrale samenhang’ ( $U = 61657$ ,  $p < 0,001$ ).

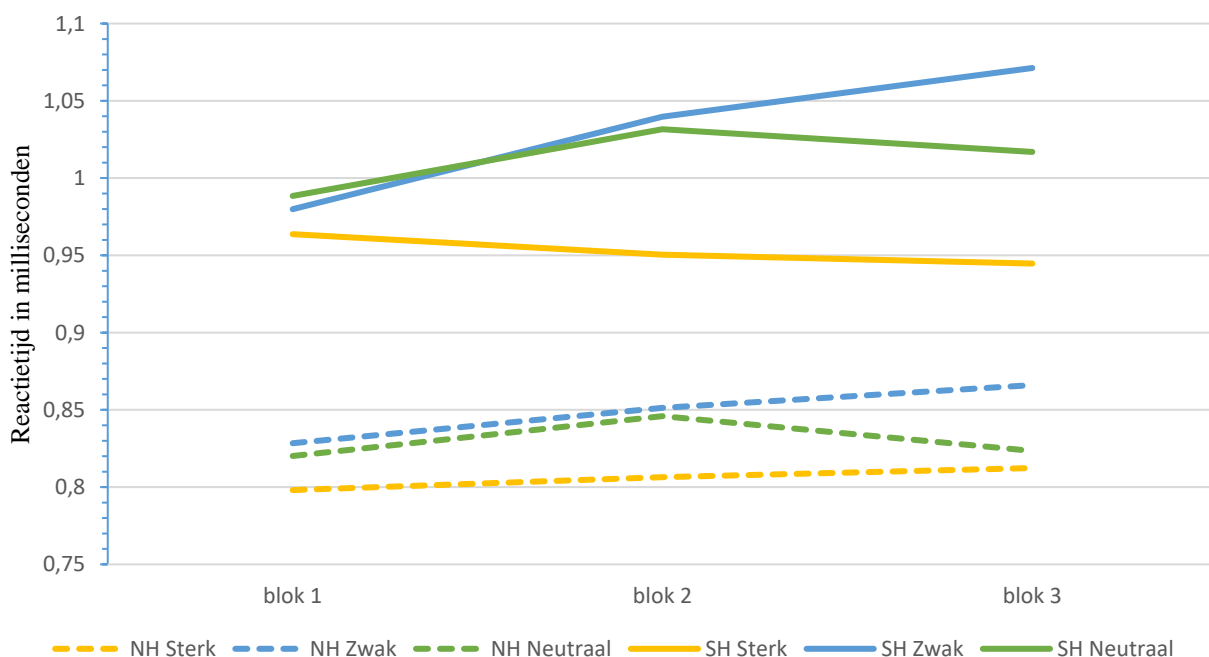
#### 4.2.2 Pseudohomofonen

Ook voor de pseudohomofonen variant verschilden de reactietijden van de groepen per blok. In alle drie de blokken waren de reactietijden van de NH groep kleiner dan de SH groep (Blok 1:  $U = 110122$ ,  $p < 0,001$ , Blok 2:  $U = 110012$ ,  $p < 0,001$ , Blok 3:  $U = 100927$ ,  $p < 0,001$ ).

In de onderstaande figuur zijn de gemiddelde reactietijden per blok, per contingentie categorie en per groep weergegeven voor de test variant met vormen.

#### Figuur 2

*Reactietijden in Milliseconden per Groep per Conditie voor de Pseudohomofonen Variant*



*Noot.* NH = Normaalhorend, SH = Slechthorend.

Op samenhang niveau waren ook significante verschillen tussen de groepen. De NH groep had ook hier snellere reactietijden dan de SH groep in de conditie ‘sterke samenhang’

( $U = 377046$ ,  $p < 0,001$ ), in de conditie ‘zwakke samenhang’ ( $U = 14959$ ,  $p < 0,001$ ) en in de conditie ‘neutrale samenhang’ ( $U = 60074$ ,  $p < 0,001$ ).

### **4.3 Contingentie en reactietijd**

#### **4.3.1 Vormen variant**

Er is ook gekeken naar het verschil in reactietijd per samenhangconditie. Een Independent Samples Kruskal-Wallis test gaf aan dat er een significant verschil was in de distributie van reactietijden tussen de samenhang condities voor de normaalhorende groep  $H(2) = 8,879$ ,  $p = 0,01$  en ook voor de slechthorende groep  $H(2) = 12,819$ ,  $p < 0,01$ .

Voor de normaalhorende groep kon geen specifiek paar worden aangewezen als verantwoordelijk voor het significante resultaat. Volgens Dunn's post-hoc test met Bonferroni correctie was voor alle combinaties (sterk-zwak, sterk-none, zwak-none) de p-waarde groter dan 0,5. Voor de slechthorende groep was er alleen een significant verschil tussen de conditie ‘sterke samenhang’ tegenover de conditie ‘zwakke samenhang’,  $p < 0,01$ , waarbij de reactietijden in de conditie ‘sterke samenhang’ sneller waren dan die in de conditie ‘zwakke samenhang’.

#### **4.3.2 Pseudohomofonen variant**

Om vast te stellen of er wel of geen een verschil is in reactietijd tussen de verschillende condities werd een Independent Samples Kruskal-Wallis Test uitgevoerd. Voor de normaalhorende groep gaf dit een significant resultaat ( $H(2) = 6,916$ ,  $p = 0,03$ ). Maar een follow up pairwise comparison aan de hand van Dunn's test met Bonferroni correctie kon, net als bij de vormen variant, geen significant paar aanwijzen.

Voor de slechthorende groep was de Independent Samples Kruskal-Wallis Test ook significant ( $H(2) = 12,08$ ,  $p < 0,01$ ). Een follow up pairwise comparison aan de hand van Dunn's test met Bonferroni correctie gaf een significant resultaat voor zowel het verschil in

reactietijd tussen de conditie 'sterke samenhang' en de conditie 'neutrale samenhang' ( $p = 0,02$ ) en de conditie 'sterke samenhang' en de conditie 'zwakke samenhang' ( $p = 0,02$ ), waarbij de reactietijden in de conditie 'sterke samenhang' sneller waren dan die in de conditie 'neutrale samenhang' en de conditie 'zwakke samenhang'.

#### **4.4 Bewust of onbewust**

Omdat het leren van contingenties een onbewust proces is werd aan het einde van het experiment aan de participanten gevraagd of ze zich er bewust van waren dat bepaalde stimuli vaker in een bepaalde kleur werden getoond dan andere. Ook moesten ze aangeven welke stimuli volgens hen het meest in welke kleur voorkwam. Van de 4 getoonde stimuli was er 1 die neutrale samenhang had met een bepaalde kleur en 3 die wel samenhangen met een bepaalde kleur.

In het experiment werd aan het einde van beide taken gevraagd naar de samenhang. Aan het einde van de eerste taak wisten de kinderen in totaal 28 keer (van de 50) de correcte stimuli-kleur relatie aan te geven. De tweede keer dat de vraag gesteld werd was dit 40 keer het geval. Dit leverde een significant verschil op ( $U = 103$ ,  $p = 0,049$

Alle 10 kinderen uit de normaalhorende groep gaven aan dat ze bewust waren van de samenhang tussen vorm en kleur. Participant 1 en 9 wisten daarbij voor alle 3 de stimuli die sterk samenhangen met een bepaalde kleur ook correct aan te geven welke kleur dit was. Participant 2, 3, 4 en 6 wisten dit voor 2 van de 3 stimuli aan te geven en participant 5, 7 en 8 voor 1 van de 3 en participant 10 voor geen enkele stimuli.

In de slechthorende groep gaven 5 van de 8 kinderen aan dat ze zich er bewust van waren dat er een bepaalde samenhang was tussen vorm en kleur. Participant 13, 14 en 18 gaven aan dat ze zich er niet van bewust waren dat er een samenhang was. Interessant is dat participant 14 en 18 voor 1 stimuli de correcte kleur konden aangeven, maar dat participant 13



voor alle 3 de stimuli de correcte kleur kon aangeven. Van de kinderen die aangaven dat ze zich wel bewust waren van de samenhang kon participant 16 voor alle 3 de stimuli de correcte kleur aangeven. Participant 11, 12 en 17 konden dit voor 1 van de 3 en participant 15 voor geen enkele stimuli.

Een Mann-Whitney Test gaf aan dat er geen significant verschil was tussen de normaalhorende kinderen en de slechthorende kinderen in het totaal aantal goed gelabelde kleur-stimuli contingenties ( $U = 31, p = 0,40$ ). Er was ook geen verschil tussen de vormen variant en de pseudohomofonen variant ( $U = 27, p = 0,22$ ). De normaalhorende kinderen waren dus niet beter in het koppelen van de juiste kleur aan de juiste stimuli dan de slechthorende kinderen en het was ook niet makkelijker om de kleur aan vormen te koppelen dan aan pseudohomofonen.

#### **4.5 Correlaties met taalscores**

Om de reactietijden met de taalscores te kunnen correleren werden eerst verschilcores voor alle participanten berekend. Deze verschilcores geven de invloed van de samenhangcondities op de reactietijd weer. Ze werden berekend door de gemiddelde reactietijd voor de conditie ‘sterke samenhang’ af te trekken van de gemiddelde reactietijd op de conditie ‘neutrale samenhang’ per participant (Delta Sterk) en de gemiddelde reactietijd op de conditie ‘neutrale samenhang’ af te trekken van de conditie ‘zwakke samenhang’ per participant (Delta Zwak). Wanneer men snellere reactietijden heeft in de conditie ‘sterke samenhang’ dan in de conditie ‘neutrale samenhang’ is Delta Sterk een positief getal. Daarbij geldt hoe groter het getal, hoe groter het verschil. Dus hoe hoger Delta Sterk, hoe sneller men is in de conditie ‘sterke samenhang’ tegenover staande van de conditie ‘neutrale samenhang’. Voor de Delta Zwak geldt dat de score een positief getal is wanneer men langzamer is in de conditie ‘zwakke samenhang’ dan in de conditie ‘neutrale samenhang’. Daarbij geldt hoe hoger de delta waarde, hoe langzamer de reactietijden in de conditie ‘zwakke samenhang’

tegenover staande van de conditie ‘neutrale samenhang’. In tabel 8 en 9 is een overzicht van de deltascores weergegeven.

**Tabel 8**

*Verschilscores Vormen Variant*

Participant	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Delta Sterk	0,047	0,029	0,049	-0,020	0,084	0,030	-0,053	0,068	0,062
Delta Zwak	-0,010	0,050	-0,012	-0,006	-0,047	-0,061	0,036	0,066	-0,063
Participant	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Delta Sterk	-0,001	-0,003	0,028	0,008	0,009	0,017	0,079	0,090	-0,066
Delta Zwak	0,080	0,062	-0,037	0,015	0,135	0,031	0,103	-0,017	0,159

**Tabel 9**

*Verschilscores Pseudohomofonen Variant*

Participant	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Delta Sterk	0,042	0,081	0,037	-0,038	-0,007	0,041	-0,014	0,036	0,072
Delta Zwak	-0,048	0,032	0,072	0,016	-0,037	0,083	0,015	0,0003	-0,025
Participant	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Delta Sterk	-0,010	0,020	0,036	0,175	0,119	0,060	0,050	-0,036	0,047
Delta Zwak	0,068	0,077	0,006	0,009	0,109	-0,066	0,010	0,026	-0,037

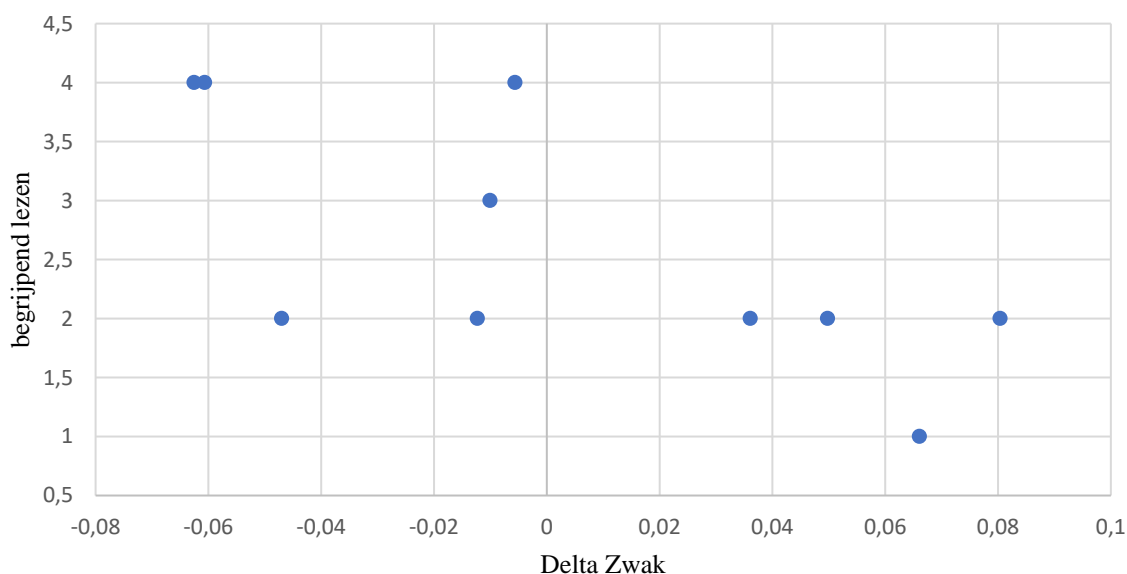
#### 4.5.1 Normaalhorende groep

Voor de normaalhorende kinderen correleert de Delta Zwak van de vormen variant negatief met de scores voor begrijpend lezen en spelling (beide  $r(8) = -0,649$ ,  $p = 0,04$ ). De negatieve correlatie wil zeggen dat de deltawaarde kleiner is wanneer de score voor begrijpend lezen of spelling hoger is. Met andere woorden: hoe beter de kinderen scoren op begrijpend lezen of spelling, hoe kleiner het verschil in reactietijd is tussen de conditie ‘neutrale samenhang’ en de conditie ‘zwakke samenhang’.

Voor de pseudohomofonen variant werden in de normaalhorende groep geen correlaties gevonden. Ook de Delta Sterk score liet geen significante correlaties zien.

### Figuur 3

#### Correlatie Delta Zwak en Begrijpend Lezen NH



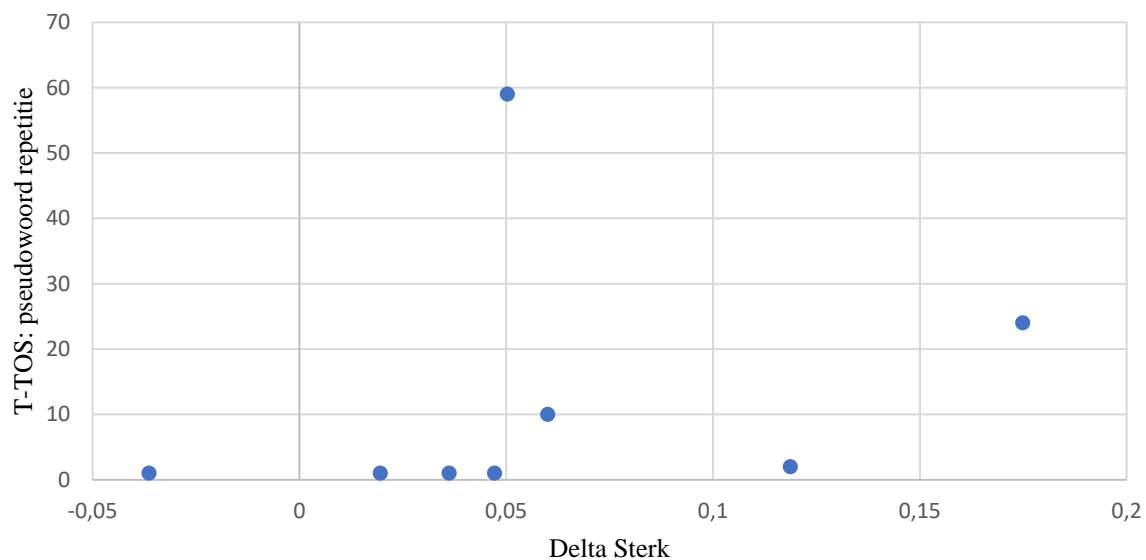
#### 4.5.2 Slechthorende groep

Voor de slechthorende groep werden in de pseudohomofonenvariant twee correlaties met de Delta Sterk gevonden. Een tussen de Delta Sterk en de score op de T-TOS: pseudowoord repetitie ( $r(6) = 0,761$ ,  $p = 0,03$ ) en een tussen de Delta Sterk en de CELF: cijfers herhalen achterwaarts ( $r(6) = 0,849$ ,  $p < 0,01$ ). Deze correlaties staan weergegeven in respectievelijk figuur 4 en 5. Beide correlaties hebben een positieve richting. In dit geval betekent het dat wanneer de deltawaarde groter is, de score op de T-TOS: pseudowoord repetitie en de score op de CELF: cijfers herhalen achterwaarts ook hoger zijn. Met andere woorden: hoe beter de kinderen scoren op de T-TOS: pseudowoord repetitie en de CELF: cijfers herhalen achterwaarts, hoe groter het verschil in reactietijd is tussen de conditie ‘neutrale samenhang’ en de conditie ‘sterke samenhang’.

De Delta Zwak score en de vormen variant leverden in de slechthorende groep geen significante correlaties op.

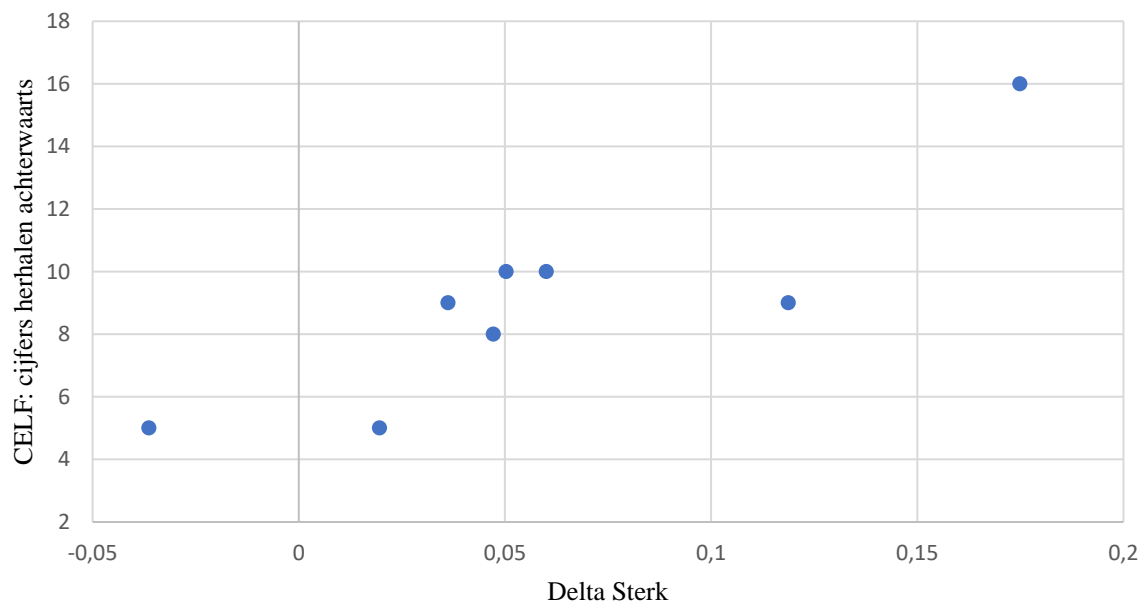
### Figuur 5

*Correlatie T-TOS: Pseudowoord Repetitie en Delta Sterk Pseudohomofonen Variant SH*



**Figuur 6**

*Correlatie CELF: Cijfers Herhalen Achterwaarts en Delta Sterk Pseudohomofonen Variant SH*



## 5. Discussie

Wat betreft de groepsverschillen tussen de normaalhorende groep en de slechthorende groep komen de bevindingen van deze studie overeen met de verwachting dat de slechthorende groep minder goed zou presteren op de associatief leren taak dan de normaalhorende groep. In tegenstelling tot Fastelli et al. (2021), die met een statistische leertaak geen verschil vonden tussen een slechthorende groep en een normaalhorende groep, werden in dit onderzoek wel langzamere reactietijden gemeten voor de slechthorende groep in vergelijking tot de normaalhorende groep. De normaalhorende groep was sneller in alle drie de blokken en in alle drie de contingentie condities. Onze bevindingen liggen dan ook meer in lijn met de bestudeerde literatuur over het procedurele leren van kinderen met een TOS en het sequentiële leren van slechthorende kinderen en suggereren dat slechthorende kinderen, net als kinderen met een TOS, problemen ervaren bij een taak die het procedurele systeem aanspreekt. De resultaten bieden hiermee ondersteuning aan de ‘Procedural Deficit Hypothesis’.

Het verschil met Fastelli et al. (2021) kan voortkomen uit de aard van de taak. Hoewel beide onderzoeken gebruik maken van een statistische leertaak was deze bij Fastelli et al. (2021) ontworpen om het werkgeheugen zoveel mogelijk te ontlasten. Het kan zijn dat het werkgeheugen een grotere rol speelt bij het impliciet leren in de leertaak die in het huidige onderzoek is gebruikt. Het probleem zou op deze manier niet liggen in het impliciet leren zelf, maar aan de staat van het werkgeheugen. Het kan zijn dat de associatief leren taak in het huidige onderzoek meer van het werkgeheugen vraagt, wat er voor zorgt dat de slechthorende kinderen hier wel een verschil laten zien met de normaalhorende kinderen.

Tussen de contingentie condities zwak, neutraal en sterk onderling zijn ook verschillen in reactietijden gevonden. De slechthorende kinderen lieten in de

pseudohomofonenvariant snellere reactietijden zien in de conditie ‘sterke samenhang’ conditie ten opzichte van de conditie ‘neutrale samenhang’. Er lijkt hier sprake te zijn van een voordeeleffect. De sterke samenhang lijkt een positieve invloed te hebben op de reactiesnelheid van de slechthorende kinderen.

Dat het voordeeleffect niet naar voren komt bij de normaalhorende kinderen kan mogelijk verklaart worden doordat ze al heel snel zijn. Er zit een limiet aan hoe snel je kunt reageren en het kan zijn dat de normaalhorende kinderen daar al dichtbij zitten, er is dan niet veel ruimte meer om te verbeteren. Er is als het ware een plafond bereikt waardoor het voordeeleffect wegvalt. Dit verklaart echter nog niet waarom er geen nadeeleffect gevonden is, bij zowel de normaalhorende kinderen als de slechthorende kinderen. Het nadeeleffect, waar de kinderen langzamer worden in de conditie ‘zwakke samenhang’ tegenover de conditie ‘neutrale samenhang’, toont net als het voordeel effect aan dat de kinderen associaties zijn gaan maken. Want wanneer je een bepaalde stimulus verwacht en die niet te zien krijgt kun je in verwarring gebracht worden waardoor je reactietijden langzamer worden. Hoe groter het nadeeleffect, hoe beter de kinderen geleerd hebben. Juist bij de normaalhorende kinderen wordt een groter nadeeleffect dan voordeeleffect verwacht in verband met het mogelijke plafondeffect. In de studie van Lin en MacLeod (2018), die dezelfde taak uitvoerde met volwassenen, was dit nadeeleffect wel aanwezig.

Een verschil met deze studie is dat zij meer blokken hadden met minder trials. Hoewel het contingentie effect een effect is wat zich al snel voordoet (Schmidt et al. 2010), kan het zijn dat het verschil in trial aantal verklaart waarom het effect in de huidige studie niet aan te tonen is.

Interessant is dat dit het voordeeleffect van de slechthorende kinderen alleen naar voren komt in de pseudohomofonenvariant en niet in de vormen variant. Een vraag die zijdelings aan bod kwam was of de pseudohomofonen een relatief moeilijkere taak is voor de slechthorende kinderen vanwege zwakkere perceptie vaardigheden (auditieve discriminatie) en zwakkere fonologische representaties. Grempp (2011) vond dat het verbaal labelen van stimuli bij slechthorende kinderen minder efficiënt is dan voor normaalhorende kinderen. Het verbaal labelen van pseudohomofonen kan misleidend zijn doordat de geschreven vorm niet overeenkomt met hoe je normaal zou verwachten dat een woord dat hetzelfde klinkt geschreven zou worden. In dit geval zou visuele verwerking voor minder verwarring kunnen zorgen dan verbale verwerking. De huidige resultaten lieten geen verschil zien wat betreft de reactietijden in de pseudohomofonen variant en de vormen variant. De storende werking van de pseudohomofonen werd niet gevonden. Het is zelfs zo dat het eerder genoemde voordeeleffect alleen naar voren kwam in de pseudohomofonen variant. Op basis hiervan kan gezegd worden dat het leren van associaties bij de slechthorende kinderen beter ging bij de pseudohomofonen dan bij de vormen.

Dan is er nog gekeken hoe het contingentie effect correleert met de taalvaardigheden van de kinderen. Wat betreft de vormen variant werd dezelfde negatieve correlatie tussen begrijpend lezen en de Delta Zwak en spelling en Delta Zwak gevonden. Dit wil zeggen dat normaalhorende kinderen die beter beoordeeld zijn op begrijpend lezen of spelling minder verschil hebben laten zien in reactietijden tussen de neutrale samenhang conditie en de zwakke samenhang conditie. Het nadeeleffect is bij deze kinderen minder groot. Dit is tegen de verwachtingen in. Zoals eerder benoemd is zowel een voordeeleffect als een nadeeleffect een indicatie van het associatieve leereffect. Als kinderen beter associatief leren wordt verwacht dat ze meer gestoord worden in de conditie ‘zwakke samenhang’

doordat ze zoeken naar een verwachte samenhang en die niet kunnen vinden. Volgens onze verwachtingen zouden de kinderen die beter associatief leren ook beter scoren op taaltesten, maar het tegenovergestelde lijkt hier aan de hand te zijn.

Bij de slechthorende groep is er wel een voordeeleffect te zien waarbij de kinderen met betere scores op de T-TOS: pseudowoord repetitie en de CELF: cijfers herhalen achterwaarts ook snellere reactietijden laten zien in de conditie ‘sterke samenhang’ op de associatieve leertaak. Waarom precies deze taaltesten een correlatie laten zien en andere niet is een vraag die uitnodigt tot nader onderzoek. Het zou kunnen dat ook hier de rol van het werkgeheugen naar voren komt. De pseudowoord repetitie test en de cijfers herhalen achterwaarts test doen beide beroep op het verbale werkgeheugen. De slechthorende kinderen die beter scoorden op deze testen lieten een groter voordeeleffect zien. Daarbij moet gezegd worden dat het huidige onderzoek maar een klein aantal participanten had. Om te zien hoe robuust de gevonden correlaties zijn is een grootschaliger onderzoek nodig.

Wat betreft de taalvaardigheidsscores van de normaalhorende kinderen werd een 5-punts Likert schaal gehanteerd, dit zorgt er natuurlijk voor dat er minder variatie mogelijk is in scores waardoor sensitiviteit verloren gaat voor zowel spelling als begrijpend lezen. Door gebrek aan inzicht in hoe de school tot deze scores is gekomen valt niet met zekerheid te zeggen wat de reden is voor de overlap. Het is mogelijk dat bij gebruik van een sensitievere maat de effecten met betrekking tot begrijpend lezen en spelling wel van elkaar verschillen.

Uit de literatuur komt naar voren dat procedureel leren voornamelijk een onbewust proces is. Desondanks gaven de kinderen die in dit onderzoek getest zijn aan dat ze zich wel bewust waren van de patronen. Een verklaring hiervoor kan de manier waarop de vraag gesteld was zijn. De vraag was als volgt geformuleerd: “Sommige van de vormen



werden het vaakst getoond in een van de kleuren. Is je dit opgevallen?”. Het kan zijn dat de kinderen eerder geneigd waren om ja te antwoorden op deze vraag omdat er eigenlijk al verklapt wordt dat er iets aan de hand is. Ook is het mogelijk dat de kinderen zich ten tijde van de tweede vraag lieten beïnvloeden door het feit dat ze al eerder een zelfde vraag gekregen hadden, waardoor ze beter zijn gaan opletten in het tweede deel van het experiment. Daarom is er voor gekozen om alleen de antwoorden die zijn gegeven na de eerste taak uit te lichten. Dit komt overeen met het feit dat, ook al gaven de kinderen aan dat ze wisten wat er aan de hand was, ze in de meeste gevallen alsnog niet alle stimuli aan de correcte kleur konden koppelen.

Al met al valt er op basis van onze resultaten niet te zeggen dat de slechthorende kinderen helemaal niet in staat zijn om statistisch te leren, in tegenstelling, het lijkt er op dat ze het patroon wel doorhebben, maar in vergelijking tot hun normaalhorende leeftijdsgenoten zijn ze in hun reactietijden minder snel. Zoals eerder in de discussie genoemd is zou het kunnen dat het werkgeheugen hier een rol bij speelt. Een grootschaliger onderzoek waarbij ook het werkgeheugen meegenomen en in verband gebracht wordt met het associatief leervermogen zou hier mogelijk antwoord op kunnen geven.

De bevindingen van deze studie kunnen gezien worden als ondersteuning voor de ‘Procedural Deficit Hypothesis’. Zoals eerder al benoemd is het aantal participanten in deze studie klein en bij het interpreteren van de resultaten is dan ook voorzichtigheid geboden. Uit verder onderzoek zal moeten blijken of de gevonden resultaten stand houden en wat de implicaties daarvan zijn.

## 6. Referentielijst

- Arciuli, J., & Simpson, I. C. (2012). Statistical Learning Is Related to Reading Ability in Children and Adults. *Cognitive Science*, 36(2), 286-304. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01200.x>
- Arosio, F., Pagliarini, E., Perugini, M., Barbieri, L., & Guasti, M. T. (2016). Morphosyntax and logical abilities in Italian poor readers: The problem of SLI under-identification. *First Language*, 36(3), 295-315. <https://doi.org/10.1177/0142723716639501>
- Bouyeure, A., & Noulhiane, M. (2020). Chapter 17 - Memory: Normative development of memory systems. In A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (Red.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, pp. 201-213). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00018-6>
- Bowdrie, K., Lind-Combs, H., Blank, A., & Frush Holt, R. (2023). The Influence of Caregiver Language on the Association Between Child Temperament and Spoken Language in Children Who Are Deaf or Hard of Hearing. *Ear and Hearing*, 44(6), 1367-1378. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001378>
- Caragli, V., Monzani, D., Genovese, E., Palma, S., & Persico, A. M. (2023). Cochlear Implantation in Children with Additional Disabilities: A Systematic Review. *Children (Basel, Switzerland)*, 10(10), 1653. <https://doi.org/10.3390/children10101653>
- Conway, C. M., Pisoni, D. B., Anaya, E. M., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2011). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science*, 14(1), 69-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00960.x>
- Cruz, I., Quittner, A. L., Marker, C., & DesJardin, J. L. (2013). Identification of Effective Strategies to Promote Language in Deaf Children with Cochlear Implants. *Child development*, 84(2), 543-559. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01863.x>

- de Hoog, B. E., Langereis, M. C., van Weerdenburg, M., Knoors, H. E. T., & Verhoeven, L. (2016). Linguistic profiles of children with CI as compared with children with hearing or specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 51(5), 518-530. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12228>
- Deocampo, J. A., Smith, G. N. L., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & Conway, C. M. (2018). The Role of Statistical Learning in Understanding and Treating Spoken Language Outcomes in Deaf Children With Cochlear Implants. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(3S), 723-739. [https://doi.org/10.1044/2018\\_LSHSS-STLT1-17-0138](https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-STLT1-17-0138)
- Ellis, N. C. (2008). Usage-based and form-focused language acquisition: The associative learning of constructions, learned attention, and the limited L2 endstate. In *Handbook of cognitive linguistics and second language acquisition* (pp. 372-405). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Erickson, L. C., & Thiessen, E. D. (2015). Statistical learning of language: Theory, validity, and predictions of a statistical learning account of language acquisition. *Developmental Review*, 37, 66-108. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.05.002>
- Estes, K. G. (2015). How Infants Find Words. In J. R. Taylor (Red.), *The Oxford Handbook of the Word* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199641604.013.014>
- Evans, J. L., Saffran, J. R., & Robe, -Torres Kathryn. (2009). Statistical Learning in Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(2), 321-335. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/07-0189\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/07-0189))
- Fastelli, A., Mento, G., Marshall, C. R., & Arfé, B. (2021). Implicit learning of non-verbal regularities by deaf children with cochlear implants: An investigation with a dynamic

temporal prediction task. *PloS One*, 16(5), e0251050.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251050>

Foerde, K., & Poldrack, R. A. (2016). Procedural Learning in Humans. In *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.04735-8>

Frost, R. L. A., Jessop, A., Durrant, S., Peter, M. S., Bidgood, A., Pine, J. M., Rowland, C. F., & Monaghan, P. (2020). Non-adjacent dependency learning in infancy, and its link to language development. *Cognitive Psychology*, 120, 101291.

<https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2020.101291>

Gabriel, A., Maillart, C., Guillaume, M., Stefaniak, N., & Meulemans, T. (2011). Exploration of Serial Structure Procedural Learning in Children with Language Impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(2), 336-343.

<https://doi.org/10.1017/S1355617710001724>

Gabriel, A., Maillart, C., Stefaniak, N., Lejeune, C., Desmottes, L., & Meulemans, T. (2013). Procedural Learning in Specific Language Impairment: Effects of Sequence Complexity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 19(3), 264-271.

<https://doi.org/10.1017/S1355617712001270>

Geurts, H. M., & Embrechts, M. (2008). Language Profiles in ASD, SLI, and ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(10), 1931-1943. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0587-1>

Greppe, M. (2011). "The Effects of Visuospatial Sequence Training with Children who are Deaf or Hard of Hearing". All Theses and Dissertations (ETDs). 136.

<https://openscholarship.wustl.edu/etd/136>

- Grempp, M. A., Deocampo, J. A., Walk, A. M., & Conway, C. M. (2019). Visual sequential processing and language ability in children who are deaf or hard of hearing. *Journal of child language*, 46(4), 785-799. <https://doi.org/10.1017/S0305000918000569>
- Guo, L.-Y., McGregor, K. K., & Spencer, L. J. (2015). Are Young Children With Cochlear Implants Sensitive to the Statistics of Words in the Ambient Spoken Language? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(3), 987-1000. [https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-H-14-0135](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0135)
- Hammer, A., Coene, M., Rooryck, J., & Govaerts, P. J. (2014). The production of Dutch finite verb morphology: A comparison between hearing-impaired CI children and specific language impaired children. *Lingua*, 139, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2013.11.010>
- Hawker, K., Ramirez-Inscoc, J., Bishop, D. V. M., Twomey, T., O'Donoghue, G. M., & Moore, D. R. (2008). Disproportionate language impairment in children using cochlear implants. *Ear and Hearing*, 29(3), 467-471. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318167b857>
- Hedenius, M., Persson, J., Tremblay, A., Adi-Japha, E., Veríssimo, J., Dye, C. D., Alm, P., Jennische, M., Bruce Tomblin, J., & Ullman, M. T. (2011). Grammar predicts procedural learning and consolidation deficits in children with Specific Language Impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2362-2375. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.07.026>
- Janacsek, K., & Nemeth, D. (2022). Procedural Memory: The Role of Competitive Neurocognitive Networks Across Development. In A. S. Reber & R. Allen (Red.), *The Cognitive Unconscious: The First Half Century* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197501573.003.0002>
- Kemény, F., & Lukács, Á. (2010). Impaired procedural learning in language impairment: Results from probabilistic categorization. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(3), 249-258. <https://doi.org/10.1080/13803390902971131>

Kidd, E. (2012). Implicit statistical learning is directly associated with the acquisition of syntax.

*Developmental Psychology*, 48(1), 171-184. <https://doi.org/10.1037/a0025405>

Kidd, E., & Arciuli, J. (2016). Individual Differences in Statistical Learning Predict Children's

Comprehension of Syntax. *Child Development*, 87(1), 184-193.

<https://doi.org/10.1111/cdev.12461>

Kóbor, A., Takács, Á., Kardos, Z., Janacsek, K., Horváth, K., Csépe, V., & Nemeth, D. (2018).

ERPs differentiate the sensitivity to statistical probabilities and the learning of sequential structures during procedural learning. *Biological Psychology*, 135, 180-193.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.04.001>

Krok, W. C., & Leonard, L. B. (2015). Past Tense Production in Children With and Without

Specific Language Impairment Across Germanic Languages: A Meta-Analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(4), 1326-1340.

[https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-L-14-0348](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-L-14-0348)

Lammertink, I. L. (2020). Detecting patterns: Relating statistical learning to language proficiency

in children with and without developmental language disorder. [PhD Thesis, fully internal,

Universiteit van Amsterdam]. LOT. [https://hdl.handle.net/11245.1/8a5acc08-0507-458b-](https://hdl.handle.net/11245.1/8a5acc08-0507-458b-a3c0-99eda10d54d2)

[a3c0-99eda10d54d2](https://hdl.handle.net/11245.1/8a5acc08-0507-458b-a3c0-99eda10d54d2)

Lammertink, I., Boersma, P., Rispens, J., & Wijnen, F. (2020). Visual statistical learning in

children with and without DLD and its relation to literacy in children with DLD. *Reading and*

*Writing*, 33(6), 1557-1589. <https://doi.org/10.1007/s11145-020-10018-4>

Lammertink, I., Boersma, P., Wijnen, F., & Rispens, J. (2017). Statistical Learning in Specific

Language Impairment: A Meta-Analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing*

*Research*, 60(12), 3474-3486. [https://doi.org/10.1044/2017\\_JSLHR-L-16-0439](https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-L-16-0439)

- Lammertink, I., & Rispens, J. (2018). Statistisch leren bij kinderen met TOS. *Van Horen Zeggen - Online*. <https://dare.uva.nl/search?identifier=3f7fd36e-1e51-443e-9fbe-6b6843457275>
- Levin, Y., & Tzelgov, J. (2016). Contingency learning is not affected by conflict experience: Evidence from a task conflict-free, item-specific Stroop paradigm. *Acta Psychologica*, *164*, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.12.009>
- Lin, O. Y.-H., & MacLeod, C. M. (2018). The acquisition of simple associations as observed in color–word contingency learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *44*(1), 99-106. <https://doi.org/10.1037/xlm0000436>
- Lum, J. A. G., Conti-Ramsden, G., Morgan, A. T., & Ullman, M. T. (2014). Procedural learning deficits in specific language impairment (SLI): A meta-analysis of serial reaction time task performance. *Cortex*, *51*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.10.011>
- MacLeod, C. M. (2019). Learning simple associations. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, *60*(1), 3-13. <https://doi.org/10.1037/cap0000170>
- Monroy, C., Yu, C., & Houston, D. (2022). Visual statistical learning in deaf and hearing infants and toddlers. *Infancy: The Official Journal of the International Society on Infant Studies*, *27*(4), 720-735. <https://doi.org/10.1111/infa.12474>
- Moog, J. S., & Geers, A. E. (1999). Speech and Language Acquisition in Young Children After Cochlear Implantation. *Otolaryngologic Clinics of North America*, *32*(6), 1127-1141. [https://doi.org/10.1016/S0030-6665\(05\)70199-7](https://doi.org/10.1016/S0030-6665(05)70199-7)
- Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will They Catch Up? The Role of Age at Cochlear Implantation in the Spoken Language Development of Children With Severe to Profound Hearing Loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *50*(4), 1048-1062. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007\)073](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007)073)

- Norbury, C. F., Bishop, D. V. M., & Briscoe, J. (2001). Production of English Finite Verb Morphology: A Comparison of SLI and Mild-Moderate Hearing Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(1), 165-178. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/015\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/015))
- Obeid, R., Brooks, P. J., Powers, K. L., Gillespie-Lynch, K., & Lum, J. A. G. (2016). Statistical Learning in Specific Language Impairment and Autism Spectrum Disorder: A Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.01245>
- Penke, M., & Rothweiler, M. (2018). Comparing Specific Language Impairment and Hearing Impairment: Different Profiles in German Verbal Agreement Morphology. *Language Acquisition*, 25(1), 39-57. <https://doi.org/10.1080/10489223.2016.1204545>
- Pierrehumbert, J. B. (2003). Phonetic Diversity, Statistical Learning, and Acquisition of Phonology. *Language and Speech*, 46(2-3), 115-154. <https://doi.org/10.1177/00238309030460020501>
- Redmond, S. M., Thompson, H. L., & Goldstein, S. (2011). Psycholinguistic Profiling Differentiates Specific Language Impairment From Typical Development and From Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(1), 99-117. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/10-0010\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/10-0010))
- Schauwers, K., Gillis, S., & Govaerts, P. (2005). Language acquisition in children with a cochlear implant. In P. Fletcher & J. F. Miller (Red.), *Developmental Theory and Language Disorders* (pp. 95-119). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.4.07sch>
- Schmidt, J. R., Crump, M. J. C., Cheesman, J., & Besner, D. (2007). Contingency learning without awareness: Evidence for implicit control. *Consciousness and Cognition*, 16(2), 421-435. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.06.010>



- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2019). Cue Competition and Incidental Learning: No Blocking or Overshadowing in the Colour-Word Contingency Learning Procedure Without Instructions to Learn. *Collabra: Psychology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.1525/collabra.236>
- Schmidt, J. R., Houwer, J. D., & Besner, D. (2010). Contingency learning and unlearning in the blink of an eye: A resource dependent process. *Consciousness and Cognition*, 19(1), 235-250. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.12.016>
- Simor, P., Zavecz, Z., Horváth, K., Éltető, N., Török, C., Pesthy, O., Gombos, F., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2019). Deconstructing Procedural Memory: Different Learning Trajectories and Consolidation of Sequence and Statistical Learning. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02708>
- Stokes, S. F. (2010). Neighborhood Density and Word Frequency Predict Vocabulary Size in Toddlers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(3), 670-683. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0254\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0254))
- Storkel, H. L. (2009). Developmental differences in the effects of phonological, lexical and semantic variables on word learning by infants. *Journal of Child Language*, 36(2), 291-321. <https://doi.org/10.1017/S030500090800891X>
- Szagan, G., & Schramm, S. A. (2015). Sources of variability in language development of children with cochlear implants: Age at implantation, parental language, and early features of children's language construction. *Journal of Child Language*, 43(3), 505-536. <https://doi.org/10.1017/S0305000915000641>
- Thompson, S. P., & Newport, E. L. (2007). Statistical Learning of Syntax: The Role of Transitional Probability. *Language Learning and Development*, 3(1), 1-42. <https://doi.org/10.1080/15475440709336999>

- Tomblin, J. B., Records, N. L., Buckwalter, P., Zhang, X., Smith, E., & O'Brien, M. (1997). Prevalence of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 40(6), 1245-1260.  
<https://doi.org/10.1044/jslhr.4006.1245>
- Ullman, M. T. (2016). Chapter 76 - The Declarative/Procedural Model: A Neurobiological Model of Language Learning, Knowledge, and Use. In G. Hickok & S. L. Small (Eds.), *Neurobiology of Language* (pp. 953-968). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00076-6>
- Ullman, M. T., & Pierpont, E. I. (2005). Specific Language Impairment is not Specific to Language: The Procedural Deficit Hypothesis. *Cortex*, 41(3), 399-433.  
[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70276-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70276-4)
- Zwitserslood, R., van, W. M., Verhoeven, L., & Wijnen, F. (2015). Development of Morphosyntactic Accuracy and Grammatical Complexity in Dutch School-Age Children With SLI. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(3), 891-905.  
[https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-L-14-0015](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-L-14-0015)

## Appendix

participant	T-TOS: pseudowoord repetitie	CELF: begripen aanwijzen	CELF: snel benoemen	CELF: cijfers herhalen voorwaarts	CELF: cijfers herhalen achterwaarts	CELF: cijfers herhalen in ruis voorwaarts	CELF: cijfers herhalen in ruis achterwaarts	PPVT: receptieve woordenschat
11	1	11	4	5	5	3	9	
12	1	6	12	12	9	5	7	
13	24	11	13	13	16	8	14	
14	2	4	6	7	9	1	4	
15	10	8	9	12	10	9	8	
16	59	9	6	13	10	12	8	
17	1		8	7	5	3	6	77
18	1	4	8	6	8	4	10	104

participant	D-KEFS: kleuren benoemen	D-KEFS: woorden lezen	WNV: ruimtelijke oriëntatie totaal	WNV: ruimtelijke oriëntatie voorwaarts	WNV: ruimtelijke oriëntatie achterwaarts	D-KEFS: inhibitie	D-KEFS: inhibitie/ switching	D-KEFS: totaal aantal fouten inhibitie	D-KEFS: totaal aantal fouten inhibitie/ switching
11	4	7	44	49	41	9	7	14	12
12	15	15	49	57	42	14	13	7	11
13	10	10	38	54	30	12	11	9	11
14	6	9	39	44	37	10	9	10	8
15	11	8	62	64	56	11	9	11	13
16	1	6	38	41	39	5	10	7	11
17	7	9	34	30	40	9	10	12	13
18	7	12		42	56	7	12	11	12