KU LEUVEN

FACULTEIT GENEESKUNDE

FACULTY OF MEDICINE

LOGOPEDISCHE EN AUDIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
HERESTRAAT 49/721
3000 LEUVEN

Dyslexie als temporeel auditief informatieverwerkingsprobleem:

Geletterdheid, fonologie en spraakperceptie bij kinderen in het derde leerjaar

Judith Coffé & Eline Galoppin

Verhandeling aangeboden tot het behalen van de graad van Master in de Logopedische en Audiologische Wetenschappen

Promotor: Prof. Dr. J. Wouters, Dr. H. Luts
Copromotor: Drs. A. De Vos, Drs. J. Vanderauwera

- juni 2015 -

KU LEUVEN

FACULTEIT GENEESKUNDE

FACULTY OF MEDICINE

LOGOPEDISCHE EN AUDIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
HERESTRAAT 49/721
3000 LEUVEN

Dyslexie als temporeel auditief informatieverwerkingsprobleem:

Geletterdheid, fonologie en spraakperceptie bij kinderen in het derde leerjaar

Judith Coffé & Eline Galoppin

Verhandeling aangeboden tot het behalen van de graad van Master in de Logopedische en Audiologische Wetenschappen

Promotor: Prof. Dr. J. Wouters, Dr. H. Luts
Copromotor: Drs. A. De Vos, Drs. J. Vanderauwera

- juni 2015 -

© Copyright by KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor(en) en de auteur(s) is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen tot of informatie in verband met het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, wendt u zich tot de KU Leuven, Faculteit Geneeskunde, Dept. Neurowetenschappen, ExpORL, B-3000 Leuven (België).

© All rights reserved by KU Leuven

No part of this publication may be reproduced in any form by print, photo print, microfilm or any other means without written permission from the promotor(s) and author(s). For making an inquiry about using the presented work, please contact the KU Leuven, Faculty of Medicine, Dept. Neurosciences, ExpORL, B-3000 Leuven (Belgium).

FACULTEIT GENEESKUNDE
LOGOPEDISCHE EN AUDIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
HERESTRAAT 49 / 721
BE-3000 LEUVEN

Naam: Judith Coffé en Eline Galoppin
Promotor: Prof. Dr. J. Wouters, Dr. H. Luts
Copromotor: Drs. A. De Vos, Drs. J. Vanderauwera
Maand Jaar (zittijd): juni 2015

Dyslexie als temporeel auditief informatieverwerkingsprobleem: Geletterdheid, fonologie en spraakperceptie bij kinderen in het derde leerjaar.

Inleiding: Personen met dyslexie kennen ernstige en persisterende moeilijkheden op vlak van lezen en/of spellen. Momenteel bestaat er een algemene consensus dat een fonologische verwerkingsstoornis aan de basis ligt van dyslexie. Volgens de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie ontstaan deze fonologische problemen uit spraakperceptiestoornissen. Een verstoorde spraakperceptie zou op zijn beurt veroorzaakt worden door basale auditieve verwerkingsproblemen. Deze masterproef tracht meer evidentie te vinden voor de causaliteit van deze hypothese.

Methode: Vijfenveertig kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie werden gekoppeld aan een controlegroep en opgevolgd van in de derde kleuterklas. In deze onderzoeksfase zaten de kinderen in het derde leerjaar en konden ze voor het eerst ingedeeld worden in drie groepen: normale lezers met een laag familiaal risico op dyslexie, normale lezers met een hoog familiaal risico op dyslexie en kinderen met dyslexie. Er werd een uitgebreide testbatterij afgenomen om spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden te onderzoeken.

Resultaten: De drie groepen verschilden niet significant voor spraakperceptievaardigheden. Spraak-in-ruis perceptievaardigheden verbeterden significant van de derde kleuterklas tot het derde leerjaar, maar er waren in deze ontwikkeling geen significante groepsverschillen waarneembaar. Kinderen met dyslexie scoorden wel significant lager dan normale lezers op fonologische vaardigheden in het derde leerjaar, namelijk op fonologisch bewustzijn en op snel serieel benoemen. Spraak-in-ruis perceptie in de derde kleuterklas was een significante voorspeller van fonologisch bewustzijn en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar. De voorspellende relatie tussen spraak-in-ruis perceptie in de derde kleuterklas en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar werd volledig gemedieerd door fonologische vaardigheden.

Conclusie: De huidige resultaten sluiten aan bij de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas hadden namelijk een indirect verband met lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar via fonologische vaardigheden.

Dankwoord

Oorspronkelijk kenden we elkaar nog niet zo goed, maar algauw bleken we een zeer goed en aanvullend team te zijn dat altijd steun kon vinden bij elkaar. We zijn elkaar dan ook enorm dankbaar en we zijn fier dat we samen dit eindproduct kunnen afleveren.

Graag willen wij onze promotors en copromotors bedanken. In de eerste plaats heeft Dr. H. Luts ons enorm vooruit geholpen met kritische, maar opbouwende feedback. Ook willen we Prof. Dr. J. Wouters bedanken voor de noodzakelijke audiologische kennis die we dankzij zijn lessen 'fysica van spraak en gehoor' en 'audiologie' hebben opgedaan. Ook Drs. J. Vanderauwera willen we bedanken voor haar nuttige feedback en goede begeleiding tijdens de testperiode. Last but not least, willen we onze dankbaarheid tonen aan Drs. A. De Vos, met wie we menig maal aan tafel hebben gezeten om te discussiëren over het topic. Ze stond altijd klaar voor het verlenen van feedback en zorgde voor aanmoedigende woorden tijdens deze intensieve periode.

Een onderzoek is geen onderzoek zonder deelnemers. Daarom willen we onze dankbaarheid betuigen voor de reeds jarenlange inzet en medewerking van de kinderen, de ouders en de scholen. Daarnaast bedanken we Anse en Janne. Mede dankzij hen is de testperiode vlot verlopen.

Tot slot willen we ook onze ouders bedanken voor hun interesse, steun en praktische hulp van de afgelopen maanden. Ook onze partners en vrienden willen we bedanken voor hun geduld en steun, wanneer we weer eens besloten om tot in de vroege uurtjes door te werken.

Bedankt, want zonder jullie was deze masterproef niet mogelijk geweest!

Inhoud

Lijst van gebruikte afkortingen V
Inleiding 1
1 Literatuur 3
1.1 Dyslexie 3
1.2 Temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie 4
1.2.1 Fonologie 4
1.2.2 Spraakperceptie 9
1.2.3 Perceptie van basale auditieve stimuli 14
1.3 Globaal temporeel verwerkingsdeficit van dyslexie 17
1.4 Huidig onderzoek 17
2 Onderzoeksopzet 21
2.1 Deelnemers 21
2.2 Apparatuur 22
2.3 Werkwijze 22
2.3.1 Verloop onderzoek 22
2.3.2 Testbatterij 23
2.4 Statistische verwerking 28
2.4.1 Variabelen 29
2.4.2 Assumpties 29
2.4.3 Analyses 30
3 Resultaten 32
3.1 Fonologie 32
3.1.1 Vergelijking groepsgemiddelden voor fonologische vaardigheden 32
3.2 Spraakperceptie 33
3.2.1 Spraak-in-ruis perceptie 34
3.2.2 Categorische Perceptie 36
3.3 Relaties tussen spraakperceptie, fonologie en geletterdheid 39
3.3.1 Relaties tussen fonologie en geletterdheid 39
3.3.2 Relaties tussen spraakperceptie en fonologie 40
3.3.3 Relaties tussen spraakperceptie en geletterdheid 40
3.3.4 Relaties tussen spraakperceptie en geletterdheid, uitgezuiverd voor fonologie 41
3.4 Voorspellers van de ontwikkeling van lees- en spellingsvaardigheden 41
3.4.1 De voorspellende waarde van een familiaal risico voor de diagnose van dyslexie 41

3.4.2 De directe en indirecte voorspellende waarde van spraakperceptievaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden 42
4 Discussie 45
4.1 Dyslexie 45
4.2 De temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie 46
4.2.1 Fonologie 46
4.2.2 Spraakperceptie 48
4.3 Beperkingen van het huidig onderzoek en suggesties voor toekomstig onderzoek ... 51
Conclusie 53
Bibliografie .....
Lijst van tabellen .....
Lijst van figuren .....
Bijlagen .....

Lijst van gebruikte afkortingen

FB	Fonologisch Bewustzijn
vKTG	Verbaal Korte-Termijn Geheugen
SSB	Snel Serieel Benoemen
LTG	Langetermijngeheugen
ISI	Interstimulus Interval
AM	Amplitudemodulatie
FM	Frequentiemodulatie
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SRT	Speech Reception Threshold
NR-LR	Non-dyslexic Readers-Low family Risk
NR-HR	Non-dyslexic Readers-High family Risk
DR	Dyslexic Readers
MLR	Meervoudige Lineaire Regressie

Inleiding

Personen met dyslexie kennen ernstige en persisterende moeilijkheden op vlak van lezen en/of spellen (Vellutino et al., 2004). Momenteel bestaat er een algemene consensus dat een fonologische verwerkingsstoornis aan de basis ligt van deze lees- en/of spellingsstoornis (Castles en Coltheart, 2004). Personen met dyslexie zouden namelijk problemen ervaren met de verwerking en de manipulatie van spraakklanken.

De spraakstroom kan echter nog verder ontleed worden dan de afzonderlijke spraakklanken. Kinderen die een lees- en/of spellingsstoornis ontwikkelen hebben volgens Torppa et al. (2010) reeds lang voor ze het alfabet aanleren moeite met de verwerking van de spraakstroom. Zo zouden kinderen met dyslexie minder goed temporele auditieve kenmerken van het spraaksignaal verwerken. Deze auditieve cues zijn van groot belang voor accurate spraakperceptie (Goswami, 2011). De spraakperceptieproblemen kunnen op hun beurt dus ook het gevolg zijn van onderliggende basale auditieve verwerkingsproblemen.

Kort samengevat zou een gebrekkige basale auditieve verwerking kunnen zorgen voor een minder nauwkeurige perceptie van de temporele aspecten van de spraak. Dit belemmert op zijn beurt de fonologische ontwikkeling en in het bijzonder de opslag van mentale fonologische representaties. De verstoorde fonologie heeft dan weer lees- en/of spellingsmoeilijkheden tot gevolg. Dit voorgesteld model wordt de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie genoemd.

Zowel basale auditieve vaardigheden (e.g. Goswami et al., 2002; Poelmans et al., 2011), als spraakperceptie (e.g. Ziegler et al., 2009) en fonologie (e.g. Georgiou et al., 2012; Hulme et al. 2012; Tijms, 2004) werden eerder al in verband gebracht met dyslexie. Er werd echter nog maar zelden rekening gehouden met het onderlinge verband tussen deze drie vaardigheden. Daarnaast werden er nog maar weinig longitudinale studies uitgevoerd, waardoor er tot op heden geen eenduidige uitspraken over een causaal effect konden worden gedaan.

Deze masterproef maakt deel uit van een longitudinaal onderzoek waarbij kinderen met en zonder hoog familiaal risico op dyslexie opgevolgd werden vanaf de derde kleuterklas (voor de start van de leesontwikkeling) tot en met het derde leerjaar. In deze onderzoeksfase werden spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden nagegaan in het derde leerjaar. Spraakperceptie werd onderzocht aan de hand van een spraak-in-ruis perceptietest en een categorische perceptietaak. Daarnaast werden ook het fonologisch

bewustzijn (FB), snel serieel benoemen (SSB) en het verbaal korte-termijn geheugen (vKTG) getest als onderdelen van fonologische vaardigheden. Ten slotte werden ook enkele lees- en spellingstaken afgenomen. Aangezien we in deze onderzoeksfase over leesdata zullen beschikken op twee opeenvolgende meetpunten, zullen we een uitspraak kunnen doen over welke kinderen al dan niet dyslexie ontwikkelden. Via retrospectieve analyse van de data die verzameld werden gedurende vier jaar, werd er gezocht naar voorspellende verbanden om de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese te toetsen.

In hoofdstuk 1 worden de bevindingen uit de literatuur omtrent de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie besproken. Het tweede hoofdstuk beschrijft de methodologie van deze onderzoeksfase. De statistische verwerking en de resultaten worden in het derde hoofdstuk besproken. In het vierde en laatste hoofdstuk worden de resultaten uit dit onderzoek kritisch geïnterpreteerd en getoetst aan de bevindingen uit de literatuur. Ook de beperkingen van het onderzoek worden besproken en suggesties voor verder onderzoek worden aangereikt.

1 Literatuur

In wat volgt worden de bevindingen uit de literatuur besproken. Allereerst zal de leerstoornis dyslexie (1.1) beschreven worden. Vervolgens zal ingegaan worden op de domeinen binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie (1.2). Ook zal de hypothese van het globaal temporeel verwerkingsdeficit van dyslexie kort aangehaald worden (1.3). Ten slotte zal het huidig onderzoek besproken worden (1.4).

1.1 Dyslexie

Dyslexie is een leerstoornis, waarbij ernstige en persisterende moeilijkheden met het lezen en/of het spellen optreden (Vellutino et al., 2004). De classificerende diagnostiek gebeurt aan de hand van drie criteria. Ten eerste moet er voldaan zijn aan het achterstandscriterium. Zo wordt een bepaald percentiel gehanteerd, bijvoorbeeld percentiel 10 of percentiel 16, voor lezen en/of spellen waar personen met dyslexie onder moeten scoren in vergelijking met een relevante normgroep. Daarnaast geldt ook het resistentiecriterium, dit wil zeggen dat verschillende vormen van therapie voor onvoldoende vooruitgang zorgen (Ghesquière en Van der Leij, 2007). Ten slotte wordt ook het exclusiviteitscriterium gehanteerd. Dit betekent dat de leerstoornis geen gevolg mag zijn van onder andere een visuele, auditieve, of motorische stoornis. Daarnaast mogen een mentale achterstand of de sociaal-economische status van het gezin ook niet aan de basis liggen van de problemen met het lezen en/of het spellen (Snowling, 2000).

De prevalentie van dyslexie hangt samen met de striktheid waarmee de hierboven beschreven criteria worden toegepast. Zo spreekt de DSM-IV-TR over een prevalentie van 4% (American Psychiatric Association, 2000), terwijl andere studies spreken over een prevalentie van 7% (Peterson en Pennington, 2012), of zelfs 17.5 % (Shaywitz et al., 2008). De geslachtsverhouding meisjes versus jongens wordt ongeveer geschat op 1:1.4 (Jiménez et al., 2009). Dyslexie lijkt dus vaker voor te komen bij jongens dan bij meisjes, maar dit resultaat moet genuanceerd worden. Zo blijken er maar zeer subtiele verschillen te zijn op vlak van cognitieve vaardigheden die meespelen bij het leesproces. Jongens komen daarentegen in het algemeen veel sneller terecht bij hulpverleningsinstanties en dit kan het verschil in de geslachtsverhouding gedeeltelijk veroorzaken (Chan et al., 2007).

Wetenschappers zoeken al geruime tijd naar vroegtijdige voorspellers van dyslexie. Een antwoord op deze vraag zou namelijk betekenen dat kinderen met aanwezige risicofactoren vroegtijdig opgespoord kunnen worden (Andrade et al., 2015). Op die manier kan een goede

opvolging en eventuele begeleiding gegarandeerd worden. Een belangrijke risicofactor is de erfelijkheid van deze leerstoornis. Zo varieert de kans om zelf dyslexie te ontwikkelen van 30 tot 70 %, wanneer een eerstegraads verwant dyslexie heeft (Scerri en Schulte-Korne, 2010). De erfelijkheid van dyslexie is echter niet allesbepalend, maar er treedt interactie op met omgevingsfactoren (Friend et al., 2008). Er zijn dus ook kinderen zonder familiaal risico op dyslexie die deze leerstoornis ontwikkelen en er zijn ook kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie die geen leerstoornis ontwikkelen (Boets et al., 2010; Kraft et al., 2015). In het onderzoek van Boets et al. (2010) behaalden normale lezers met een hoog familiaal risico op dyslexie lagere scores dan normale lezers zonder familiaal risico op dyslexie voor taken die het moeilijkst waren wat betreft fonologische representaties. Hieruit kan besloten worden dat het familiaal risico op dyslexie dus eerder een continuüm is, in plaats van een discrete variabele.

1.2 Temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie

Momenteel is de meest algemeen aanvaarde hypothese dat een stoornis in de fonologische verwerking voor hardnekkige lees- en/of spellingsmoeilijkheden zou zorgen. Aan de basis van deze fonologische verwerkingsstoornis zou, volgens de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, een minder accurate spraakperceptie liggen. Het is echter nog onduidelijk of deze temporele auditieve verwerkingsproblemen bij personen met dyslexie spraakspecifiek zijn, of dat ze het gevolg zijn van gebrekkige basale auditieve vaardigheden. In wat volgt worden deze drie domeinen binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese, namelijk fonologie (1.2.1), spraakperceptie (1.2.2) en basale auditieve vaardigheden (1.2.3) besproken.

1.2.1 Fonologie

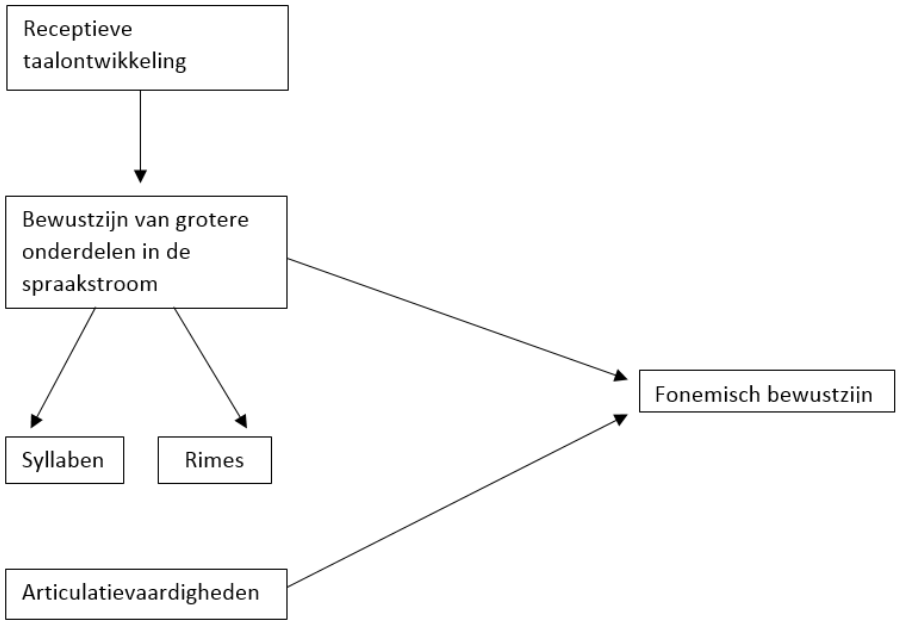
Volgens Wagner en Torgesen (1987) zijn er drie fonologische vaardigheden, namelijk het fonologisch bewustzijn (FB) (1.2.1.1), de opslag van de fonologische representaties in het verbaal korte-termijn geheugen (vKTG) (1.2.1.2) en de snelheid van toegang tot fonologische informatie in het langetermijngeheugen (SSB) (1.2.1.3). Deze drie domeinen zijn elk van belang om te leren lezen en spellen. In wat volgt worden de drie vaardigheden besproken vanuit de bevindingen uit de literatuur.

1.2.1.1 Fonologisch bewustzijn

Het fonologisch bewustzijn (FB) is een fonologische vaardigheid die kinderen in staat stelt om de klankstructuur van een taal te kunnen identificeren en manipuleren (Torgesen et al., 1997).

Er bestaan verschillende taken om FB na te gaan zoals foneemdeletietaken, Spoonerisms (taak waarbij fonemen vervangen of verwisseld moeten worden), rijmtaken en auditieve analyse en synthese op syllabe- en foneemniveau (Castles en Coltheart, 2004).

De ontwikkeling van FB wordt vanaf de kleuterklas gestimuleerd door onder andere klap- en rijmspelletjes. Kinderen hebben daardoor niet meer enkel aandacht voor de betekenis van woorden, maar krijgen ook aandacht voor de klankstructuur (Neilson, 2009). Carroll et al. (2003) spreken over een vroege impliciete gevoeligheid voor de grotere onderdelen van het spraaksignaal, zoals syllaben en rimes, en een latere expliciete gevoeligheid voor fonemen. De impliciete gevoeligheid voor de grotere onderdelen vloeit voort uit de normale taalontwikkeling. De ontwikkeling van het fonemisch bewustzijn hangt af van het syllabisch bewustzijn en het bewustzijn van rimes, maar is daarnaast ook afhankelijk van de articulatievaardigheden van het kind. Een accurate articulatie zou namelijk een grote rol spelen om de overgang van globale fonologische representaties naar segmentele fonologische representaties vlot te laten verlopen (*Figuur 1*).



Figuur 1: *Ontwikkeling van het fonemisch bewustzijn (Gebaseerd op Carrol et al., 2003).*

Er wordt algemeen aanvaard dat er een verband bestaat tussen een zwak FB en dyslexie. Boets et al. (2010) onderzochten een causaal verband tussen deze twee vaardigheden aan de hand van een longitudinale studie, waarbij kinderen al opgevolgd werden voordat ze formele leesinstructie hadden gekregen. Uit de resultaten bleek dat kinderen met dyslexie significant lager scoorden op taken die FB nagaan in vergelijking met normale lezers en dit op alle meetmomenten van de studie: in de derde kleuterklas, in het eerste leerjaar en in het derde

leerjaar. FB bleek uit deze studie een significante voorspeller te zijn van leesnauwkeurigheid en leessnelheid tot en met de twee eerste leerjaren formele leesinstructie. Een longitudinaal onderzoek kan wel uitwijzen dat FB een significante voorspeller is van de latere lees- en spellingsvaardigheden, maar daarom is er nog geen zekerheid over een causaal effect. Hulme et al. (2012) voerden daarom een mediatie-analyse uit op de data van een grootschalige interventiestudie van Bowyer-Crane et al. (2008). Hun bevindingen konden een causale rol bevestigen, aangezien vijf maanden na het stopzetten van de interventie de vergrote kennis over teken-klankkoppelingen en het verbeterd fonemisch bewustzijn de relatie tussen de interventie en de betere lees- en spellingsvaardigheden op woordniveau volledig medieerden.

De bevindingen van Boets et al. (2010) en Hulme et al. (2012) sluiten aan bij de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Volgens deze hypothese speelt FB voornamelijk een causale rol voor de ontwikkeling van leesvaardigheden. Voor een kritische bespreking van enkele alternatieve hypothesen over de relatie tussen FB en het leren lezen, verwijzen we naar Byrne et al. (2000), Mann en Wimmer (2002), Neilson (2009) en Castles et al. (2004-2011).

1.2.1.2 Verbaal korte-termijn geheugen

Het verbaal korte-termijn geheugen (vKTG) is een fonologische vaardigheid die kinderen in staat stelt om fonologische representaties te kunnen opslaan (Nelson en Warrington, 1980). vKTG wordt getest door middel van geheugentaken, waarbij nagegaan wordt hoeveel cijfers, hoogfrequente woorden, nonwoorden, of zinnen een kind kan vasthouden (Nithart et al., 2009; Plaza et al., 2002; Tijms, 2004).

Tijdens het lezen werkt vKTG nauw samen met het werkgeheugen. Zo zorgt het werkgeheugen eerst voor de fonetische hercodering van de gelezen woorden door alle grafemen aan hun overeenkomstige fonemen te koppelen, alvorens de passieve opslag plaatsvindt in het vKTG. De hierboven beschreven stappen maken onderdeel uit van een route binnen het dual route model die de indirecte of de grafofonologische route wordt genoemd (Coltheart en Rastle, 1994; Jobard et al., 2003; Orsolini et al., 2006). Dit model wordt verder uitgewerkt in 1.2.1.3.

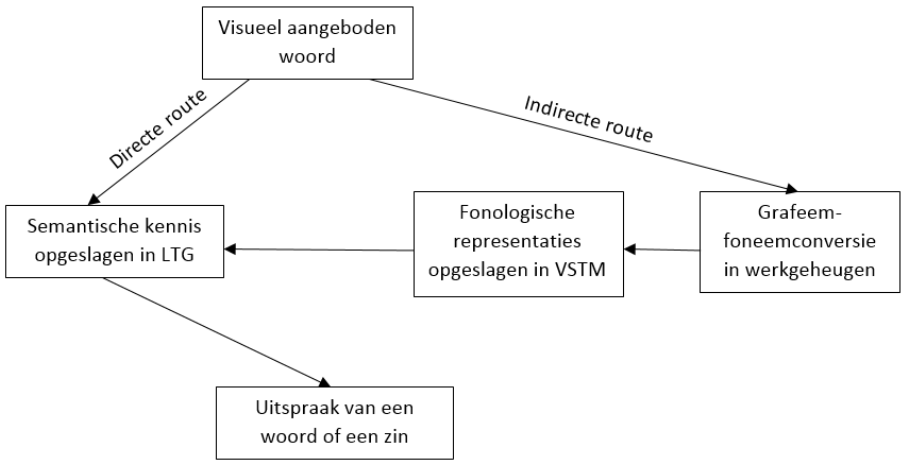
Volgens de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie weerspiegelt de fonologische verwerkingsstoornis zich in zwakke prestaties op taken die vKTG nagaan. Zo gaven de resultaten uit het longitudinale onderzoek van Boets et al. (2010) weer dat kinderen met dyslexie significant lager scoorden dan normale lezers op de taken Cijferreeksen Voorwaarts en Nonwoordrepetitie die het vKTG nagaan en dit op alle meetmomenten van de studie: in de derde kleuterklas, in het eerste leerjaar en in het derde leerjaar. Volgens de resultaten van een longitudinale studie van Perez et al. (2012) moet dit resultaat echter genuanceerd worden. Met

behulp van vKTG moeten bijvoorbeeld niet enkel de cijfers uit de aangeboden cijferreeksen opgeslagen worden, maar ook de seriële orde van de cijfers binnen deze cijferreeksen. Het gebrekkig opslaan van de items zelf komt door gebrekkige fonologische representaties en ligt dus in lijn met de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Maar personen met dyslexie lijken daarnaast ook moeite te hebben met het reproduceren van de aangeboden volgorde en dit deficit blijft ook na controle voor fonologische vaardigheden significant. De zwakke prestaties op taken die vKTG nagaan zijn bijgevolg niet enkel te wijten aan een fonologische verwerkingsstoornis.

1.2.1.3 Snel serieel benoemen

Snel serieel benoemen (SSB) is een fonologische vaardigheid die kinderen in staat stelt om snel toegang te krijgen tot fonologische informatie opgeslagen in het langetermijngeheugen (LTG). SSB kan nagegaan worden door een SSB kleuren-, een SSB voorwerpen-, een SSB cijfers- en een SSB letters-taak. Deze taken bestaan telkens uit een visueel aangeboden reeks van vijf terugkerende symbolen binnen de categorie kleuren, voorwerpen, cijfers of letters. De deelnemer moet deze symbolen zo snel mogelijk kunnen benoemen (Torgesen et al., 1997).

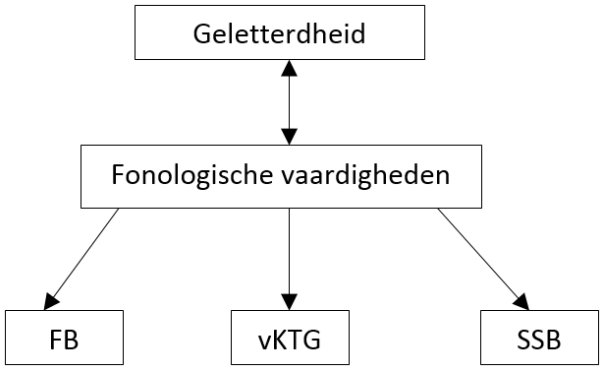
Tijdens het lezen kan volgens het dual route model gebruikgemaakt worden van twee routes, namelijk een indirecte grafofonologische route of een directe orthografische route (Coltheart en Rastle, 1994; Jobard et al., 2003; Orsolini et al., 2006) (*Figuur 2*). Het LTG komt in beide routes tussen. Bij de indirecte of grafofonologische route moet, alvorens een kind een woord of een zin kan uitspreken, het geheel van fonologische representaties dat opgeslagen zit in het vKTG gekoppeld worden aan de semantische kennis vanuit het LTG. Deze route wordt gebruikt door beginnende lezers, maar ook nog bij het lezen van laagfrequente woorden of pseudowoorden. Bij de directe of orthografische route wordt de visuele weergave van een woord rechtstreeks geassocieerd met zijn betekenis, opgeslagen in het LTG. Deze route wordt gebruikt bij het lezen van hoogfrequente woorden of woorden met een onregelmatige spelling.



Figuur 2*: Dual route model van lezen (Gebaseerd op Jobard et al., 2003).*

Er wordt algemeen aanvaard dat er een verband bestaat tussen zwak SSB en dyslexie. Zo zouden personen met dyslexie trager zijn in het uitvoeren van taken die SSB nagaan in vergelijking met normale lezers (Georgiou et al., 2012; Kail et al., 1999; Wolf et al., 2000, Wolf et al., 2002). Uit het longitudinale onderzoek van Boets et al. (2010) bleek dat kinderen met dyslexie significant lager scoorden op taken die SSB nagaan in vergelijking met normale lezers en dit op alle meetmomenten van de studie: in de derde kleuterklas, in het eerste leerjaar en in het derde leerjaar. SSB bleek in deze studie een significante voorspeller te zijn van leesnauwkeurigheid en leessnelheid, zelfs na twee jaar formele leesinstructie. De dominante hypothese over de relatie tussen SSB en lezen vloeit voort uit de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, namelijk dat SSB de snelheid van toegankelijkheid weergeeft tot fonologische informatie in het LTG en op die manier een causaal verband heeft met het leren lezen (Torgesen et al., 1997). Voor een kritische bespreking van enkele alternatieve hypothesen over de relatie tussen SSB en het leren lezen, verwijzen we naar Kail et al. (1999), Wolf en Bowers (1999), Wolf et al. (2000) en Wolf et al. (2002).

Samengevat kan dus besloten worden dat er een algemene consensus is over een bestaande relatie tussen de fonologische vaardigheden en geletterdheid. Er bestaat echter nog geen eenduidige theorie omtrent de aard van deze relatie. De dominante hypothese is de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, waarbij er wordt uitgegaan van een causaal verband. In figuur 3 worden de verschillende deeldomeinen binnen de fonologische vaardigheden nog eens weergegeven, die elk een relatie met geletterdheid vertonen.



Figuur 3: *De drie deeldomeinen binnen fonologische vaardigheden in hun relatie met geletterdheid.*

1.2.2 Spraakperceptie

Spraakperceptie houdt in dat we de spectrale en temporele aspecten van het opgevangen spraaksignaal omzetten in een reeks auditieve waarnemingen (Kollmeier et al., 2008). Door de werking en de anatomische structuur van het basilaire membraan ligt de nadruk bij spraakperceptie vaak op het frequentiespectrum van het signaal en op de analyse van de spectrale componenten (Rosen, 1992). Rosen (1992) legt daarentegen de focus op het temporele aspect van spraakperceptie. Hij beschrijft onder meer twee belangrijke temporele kenmerken van het spraaksignaal, namelijk de omhullende en de fijnstructuur.

De fluctuaties in de globale amplitude van een spraaksignaal, die variëren tussen 2Hz en 50Hz, geven informatie over de omhullende. De belangrijkste akoestische componenten van de enveloppe of omhullende zijn intensiteit, duur en *rise* en *fall time* (Rosen, 1992). Deze laatste twee componenten geven de mate van verandering in amplitude weer van de omhullende in de tijd. De *rise time* of *onset* is een maat voor de snelheid waarmee de amplitude stijgt, de *fall time* of *offset* geeft de snelheid van het dalen weer (Pasquini et al., 2007). De trage variaties in de omhullende dragen belangrijke informatie over de linguïstische componenten van het spraaksignaal. Zo zorgt de enveloppe voor de overdracht van wijze van articulatie, stemhebbendheid en prosodische kenmerken (Rosen, 1992). De omhullende is dus van groot belang voor het spraakverstaan. Zelfs in condities met zeer weinig spectrale informatie komen normaalhorenden nog tot relatief goede spraakherkenning (Shannon et al., 1995). Deze bevindingen wijzen op het groot belang van traagvariërende temporele kenmerken in spraaksignalen, zoals de omhullende.

De fijnstructuur van het spraaksignaal verwijst naar de variaties in de golfvorm over een kort tijdsinterval, of binnen één periode van een periodisch signaal. De fluctuaties in frequentie van deze temporele cue variëren van 600 Hz tot 10 kHz. De fijnstructuur draagt informatie over het

amplitude- en frequentiespectrum en over de formanten van het spraaksignaal. Daarnaast draagt het ook linguïstische informatie over zoals plaats van articulatie, wijze van articulatie en stemhebbendheid. Ook informatie over het timbre en de kwaliteit van het spraaksignaal zitten vervat in de fijnstructuur (Rosen, 1992).

Verschillende studies hebben reeds aangetoond dat personen met dyslexie meer moeite hebben om al deze linguïstische kenmerken, ingebed in het spraaksignaal, te koppelen aan verschillende fonologische representaties en zo spraak te percipiëren (Serniclaes et al., 2001). Om spraakperceptievaardigheden bij dyslexie te onderzoeken wordt er voornamelijk gebruikgemaakt van twee experimentele modellen, namelijk spraak-in-ruis perceptie en categorische perceptie van plosieven. In wat volgt worden spraak-in-ruis perceptievaardigheden (1.2.2.1) en categorische perceptievaardigheden (1.2.2.2) bij personen met dyslexie besproken.

1.2.2.1 Spraak-in-ruis perceptie

Spraakperceptievaardigheden kunnen getest worden door middel van een spraak-in-ruis perceptietest. Hierbij moet de luisteraar complexe spraaksignalen identificeren in aanwezigheid van storend achtergrondgeluid (Stach, 2010). In dit onderdeel zal de recente literatuur met betrekking tot spraak-in-ruis perceptie in verband gebracht worden met de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie.

Poelmans et al. (2011) en Ziegler et al. (2009) stelden in hun onderzoek vast dat kinderen met dyslexie moeilijkheden vertoonden met de perceptie van spraak in aanwezigheid van achtergrondlawaai of ruis. Daarnaast stelden Poelmans et al. (2011) vast dat spraak-in-ruis perceptievaardigheden ook correleerden met leesvaardigheden. Echter, omwille van het feit dat het hier gaat om een cross-sectioneel onderzoek, kon er geen oorzakelijk verband gekoppeld worden aan deze relatie.

Boets et al. (2007, 2008, 2011) startten een longitudinale studie die ook het oorzakelijk verband tussen spraakperceptiestoornissen en dyslexie naging. Door onder andere de vaardigheden van de kinderen op vlak van spraakperceptie na te gaan op kleuterleeftijd, kon het onderzoek via retrospectieve analyse van de data vaststellen of gebreken in deze vaardigheden de lees- en spellingsproblemen op latere leeftijd voorafgaan. In de derde kleuterklas scoorden kinderen die in het derde leerjaar de diagnose dyslexie kregen significant lager op de spraak-in-ruis test dan normaal lezende kinderen (Boets et al., 2011). Ook de voorspellende waarde van spraak-in-ruis perceptievaardigheden voor fonologische vaardigheden werd in dit longitudinaal onderzoek nagegaan. Spraak-in-ruis perceptie in de derde kleuterklas bleek enkel voor FB in de derde kleuterklas een significante voorspeller te zijn. Er kon geen significante voorspellende relatie

tussen spraak-in-ruis perceptie en de andere fonologische vaardigheden, vKTG en SSB, worden vastgesteld (Boets et al., 2007, Boets et al., 2008). Daarnaast werd ook de voorspellende waarde van spraak-in-ruis perceptie in de derde kleuterklas voor leesvaardigheden in het eerste leerjaar onderzocht. Spraak-in-ruis perceptie in de derde kleuterklas bleek een unieke bijdrage te leveren aan leesvaardigheden in het eerste leerjaar, zelfs na uitzuivering van letterkennis en FB. In het eerste leerjaar bleken spraak-in-ruis perceptievaardigheden echter niet meer uniek bij te dragen aan leesvaardigheden in het derde leerjaar. Dit resultaat doet vermoeden dat spraak-in-ruis perceptievaardigheden slechts in een korte kritische periode, voor de aanvang van de leesinstructie, een impact hebben op de ontwikkeling van het lezen (Boets et al. 2011).

Jamieson et al. (2004) onderzochten het effect van achtergrondlawaai in de klas op het spraakverstaan bij jonge kinderen. Zij stelden vast dat spraakperceptie bij de jongste kinderen (derde kleuterklas en eerste leerjaar) verstoord werd door achtergrondlawaai. Wanneer deze resultaten in verband gebracht worden met de lagere scores van kinderen met dyslexie op de spraak-in-ruis test in de derde kleuterklas van het onderzoek van Boets et al. (2011), kan er verondersteld worden dat voor deze kinderen een nog groter deel aan belangrijke auditieve informatie verloren gaat in een lawaaierige klas en dit in een kritische periode voor de aanvang van de formele leesinstructie.

De hierboven beschreven onderzoeken toonden al aan dat de aanwezigheid van ruis een voldoende voorwaarde is voor het optreden van spraakperceptiestoornissen. Ziegler et al. (2009) gingen in hun onderzoek na of de aanwezigheid van externe ruis ook een noodzakelijke voorwaarde is om spraakperceptiestoornissen vast te stellen bij personen met dyslexie. In dit onderzoek werd het spraaksignaal gedegradeerd door zowel de temporele fijnstructuur, als de spectrale informatie uit verschillende frequentiebanden te verwijderen. Enkel de temporele enveloppe bleef over. Op die manier werd er een interne ruis geïntroduceerd, zonder toevoeging van externe ruis. De resultaten van personen met dyslexie op deze specifieke spraakperceptietest waren vrij vergelijkbaar met hun zwakkere resultaten op de klassieke spraak-in-ruis test (Ziegler et al., 2009). Dit kan erop wijzen dat personen met dyslexie meer problemen vertonen met het extraheren van informatie uit de spraakomhullende.

De voorgaande resultaten bieden evidentie voor de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie en maken het aanlokkelijk om een causaal verband te leggen tussen spraak-in-ruis perceptie en de ontwikkeling van lees- en spellingsvaardigheden. Toch moeten deze resultaten voorzichtig geïnterpreteerd worden. Niet alle personen met dyslexie vertoonden namelijk problemen op vlak van spraakperceptie, wat erop kan wijzen dat een

spraakperceptiestoornis niet noodzakelijk is om dyslexie te ontwikkelen (Boets et al., 2007, 2008, 2011).

1.2.2.2 Categorische perceptie

Categorische perceptie is het verschijnsel waarbij fonemen onderverdeeld worden in verschillende categorieën, hoewel ze fysisch eigenlijk variëren langs het continuüm van één bepaald spraakkenmerk. De perceptie van consonanten verloopt voornamelijk categorisch, terwijl de waarneming van vocalen eerder continu gebeurt (Altmann et al., 2014). Daarnaast verloopt de discriminatie tussen fonemen die tot verschillende categorieën behoren gemakkelijker dan de discriminatie tussen spraakklanken die tot eenzelfde foneemcategorie behoren (Noordenbos et al., 2012). Voor bepaalde fonetische kenmerken vertonen luisteraars een sterke neiging tot categorisatie (bv. plaats van articulatie: /ba/ - /da/, of wijze van articulatie: /ba/ - /pa/) (Boets et al., 2006).

In een categorische perceptietaak probeert de deelnemer een auditieve stimulus uit een spraakcontinuüm correct te identificeren. Dit spraakcontinuüm is opgebouwd uit een reeks van spraaksignalen, die variëren voor één bepaalde akoestische dimensie in de spraak (bv. de transitie van de tweede formant in een foneem). Door stapsgewijs dit kenmerk te variëren ontstaat er een reeks spraaksignalen met een verschillende fonemische ambiguïteit. Het continuüm gaat dus geleidelijk over van het ene naar het andere foneem. De spraaksignalen kunnen het best geïdentificeerd worden in de eindpunten van het spraakcontinuüm (Maassen et al., 2000). Tussen deze eindpunten verloopt de identificatie van spraakklanken moeilijker en is de onzekerheid bij de luisteraar groter (Gerrits, 2004). Vele onderzoeken stellen vast dat personen met dyslexie meer moeilijkheden hebben met de categorisatie van spraakklanken (Serniclaes et al., 2001; Maassen et al., 2000). De spraakkenmerken die het meest gebruikt worden in onderzoek over categorische perceptie zijn plaats van articulatie (bv. onderscheid tussen /b/ en /d/) en *voice-onset-time* (VOT) (bv. onderscheid tussen /p/ en /b/) (Noordenbos et al., 2012). Hieronder worden enkele onderzoeken besproken die categorische perceptievaardigheden bij personen met dyslexie nagingen aan de hand van verschillende categorische perceptietaken.

In het longitudinale onderzoek van Boets et al. (2011) bestond de categorische perceptietaak uit een spraakcontinuüm dat perceptueel overging van /bAk/ naar /dAk/ in tien stappen. De spraaksignalen varieerden voor plaats van articulatie. Uit de retrospectieve analyse van de resultaten bleek dat kinderen met dyslexie zowel in de derde kleuterklas, als in het eerste leerjaar fonemen minder goed konden categoriseren dan normaal lezende kinderen op basis

van deze formanttransitie. Daarnaast kon er over het algemeen een significante vooruitgang in categorische perceptievaardigheden worden vastgesteld bij de overgang van de derde kleuterklas naar het eerste leerjaar. Dit resultaat wijst er op dat fonemische categorisatie zich nog verder ontwikkelt, mogelijk ook onder invloed van leesinstructie. Categorische perceptievaardigheden hadden echter geen unieke bijdrage in de voorspelling van de leesontwikkeling (Boets et al., 2011).

In het onderzoek van Breier et al. (2004) varieerde de VOT van de stimuli, waardoor het spraakcontinuüm perceptueel overging van /gA/ naar /kA/. Gelijkaardige resultaten als in het onderzoek van Boets et al. (2011) konden worden vastgesteld. Kinderen met een verhoogd risico op dyslexie waren minder gevoelig voor de discriminatie tussen spraaksignalen die de foneemgrens overschreden, wat erop wijst dat ze ook bij dit spraakkenmerk (VOT) moeilijkheden hebben met categorische perceptie (Breier et al., 2004). Ook in het onderzoek van Maassen et al. (2000) vertoonden personen met dyslexie een zwakkere categorisatie dan de controlegroep en dit zowel voor VOT, als voor plaats van articulatie. Al deze resultaten doen vermoeden dat kinderen met dyslexie problemen vertonen met de categorisatie van spraakklanken die de foneemgrens overschrijden op basis van temporele cues.

Aan de hand van een categorische identificatietaak met een specifiek onderzoeksdesign onderzochten Vandermosten et al. (2011) of het spraakperceptieprobleem bij kinderen met dyslexie spraakspecifiek is, of dat er meer algemene akoestische verwerkingsproblemen aan de basis liggen. Daarnaast ging dit onderzoek na of kinderen met dyslexie op auditief vlak meer problemen vertonen dan in de temporele verwerking alleen. Uit de resultaten bleek dat de kinderen niet alleen moeilijkheden hebben met de categorisatie van spraakmaterialen, maar ook met de categorisatie van *non-speech* materialen en dat dit probleem temporeel specifiek is. Deze bevindingen ondersteunen de hypothese dat temporele verwerkingsproblemen en niet spraakspecifieke perceptieproblemen aan de basis liggen van dyslexie. In eerder onderzoek konden deze resultaten ook worden vastgesteld bij volwassenen met dyslexie (Vandermosten et al., 2010). Samen met de onderzoeken van Breier et al. (2004) en Boets et al. (2011), hierboven besproken, wijst dit onderzoek op het belang van de temporele auditieve verwerking van stimuli bij categorische perceptie.

Noordenbos et al. (2012) gingen na op welke manier spraakperceptie bij kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie verschilt van spraakperceptie bij kinderen zonder verhoogd familiaal risico op dyslexie. In een longitudinale studie onderzochten zij categorische perceptievaardigheden bij kinderen in de derde kleuterklas en in het eerste leerjaar. Meer

bepaald werd er onderzocht of kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie spraakklanken beter discrimineren binnen eenzelfde foneemcategorie dan tussen verschillende foneemcategorieën. Wanneer kinderen gevoelig blijven voor de perceptuele verschillen binnen een foneemcategorie, kan dit er voor zorgen dat de grafeem-foneemkoppeling minder goed ontwikkelt, wat op zijn beurt mogelijk een invloed heeft op de leesontwikkeling. Uit de resultaten op de categorische perceptietaken in de kleuterklas bleek dat kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie spraakklanken binnen foneemcategorieën beter kunnen discrimineren dan stimulusparen die de foneemgrens overschrijden. De controlekinderen daarentegen vertoonden een betere categorisatie tussen foneemcategorieën. In het eerste leerjaar, één jaar na de start van de formele leesinstructie, kon dit verschil in categorisatie tussen de twee groepen niet meer vastgesteld worden, waarschijnlijk onder invloed van foneem gebaseerde leesinstructies. De vaststelling dat kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie voor de aanvang van de formele leesinstructie gevoeliger zijn voor verschillen binnen foneemcategorieën, kan erop wijzen dat deze vorm van spraakperceptie een oorzaak is van latere leesmoeilijkheden.

1.2.3 Perceptie van basale auditieve stimuli

Kinderen die een lees- en/of spellingsstoornis ontwikkelen zouden reeds lang voor ze leesinstructie krijgen moeite hebben met de verwerking van de spraakstroom (Torppa, 2010). Het onderzoek van Vandermosten et al. (2011), hierboven besproken, kon reeds aantonen dat de perceptieproblemen bij personen met dyslexie zich echter niet beperken tot enkel spraakspecifieke stimuli. Lees- en spellingsproblemen bij personen met dyslexie zouden bijgevolg kunnen voortkomen uit een verminderde gevoeligheid voor basale temporele auditieve veranderingen. Twee types van basale temporele auditieve verwerking worden verondersteld een invloed te hebben op de nauwkeurige detectie van akoestische veranderingen in de spraakstroom. In wat volgt worden deze twee belangrijkste types van temporele auditieve verwerking besproken.

1.2.3.1 Verwerking van korte en snel variërende temporele kenmerken van auditieve stimuli

De perceptie van de snel variërende fijnstructuur in spraak steunt op de verwerking van korte en snel variërende temporele kenmerken (Boets et al., 2011). Moeilijkheden in de analyse van snelle temporele informatie kan bijgevolg leiden tot problemen met de analyse van spraak op foneemniveau (Dorman et al., 1975).

Tallal (1980) onderzocht de snelle temporele verwerking bij kinderen met dyslexie onder meer door middel van een snelle perceptie test. Hierbij werd het interstimulus interval (ISI) tussen twee stimuli bij elke aanbieding kleiner gemaakt. Hierdoor volgden de stimuli elkaar steeds sneller op. Kinderen met leesmoeilijkheden scoorden significant lager op deze taak dan de controlegroep. Ook kon er een duidelijk verband gelegd worden tussen het aantal fouten op de snelle perceptie test en het aantal fouten op een leestest van nonwoorden, wat een mogelijk verband suggereerde tussen de perceptie van snel gerepresenteerde stimuli en leesvaardigheden. Recentere studies vonden resultaten gelijkaardig aan die van Tallal (1980) (Van Ingelghem et al., 2001; Zaidan et al., 2011).

Met een GAP-detectie taak onderzochten Boets et al. (2006) de snelle temporele verwerking bij kleuters met een verhoogd familiaal risico op dyslexie. In deze test moesten de deelnemers een stilte-interval detecteren in een witte ruis. De drempel werd bepaald door de minimum lengte van de *gap* die nodig is om een stilte-interval te detecteren. De kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie verschilden niet significant van de kinderen met een laag familiaal risico op dyslexie. Daarnaast correleerde deze taak met geen enkele spraakperceptietest of fonologische taak. Hierbij aansluitend toonden Hämäläinen et al. (2012) aan dat er in 7 van de 9 studies, die GAP-detectie bij personen met leesmoeilijkheden onderzochten, geen significante groepsverschillen konden worden vastgesteld tussen personen met leesmoeilijkheden en de controlegroep.

Ondanks de resultaten in de onderzoeken van Tallal (1980), Van Ingelghem et al. (2001) en Zaidan et al. (2011), doen de onderzoeken van Boets et al. (2006) en Hämäläinen et al. (2012) vermoeden dat problemen met snelle temporele verwerking een minder duidelijk verband vertonen met een verstoorde spraakperceptie en de fonologische problemen bij personen met dyslexie dan aanvankelijk gedacht werd.

1.2.3.2 Verwerking van traag variërende temporele kenmerken van auditieve stimuli

De perceptie van de spraakomhullende steunt op de verwerking van trage temporele kenmerken (Boets et al., 2011). In een spraaksignaal zitten een aantal traagvariërende auditieve kenmerken vervat, zoals amplitude- (AM) en frequentiemodulaties (FM). Deze dynamische cues spelen een belangrijke rol bij het spraakverstaan (Shannon et al., 1995). In deze paragraaf wordt er zowel ingegaan op enkele onderzoeken die FM-gevoeligheid bij personen met dyslexie nagaan, als op enkele onderzoeken die de perceptie van AM bij personen met dyslexie bespreken.

Boets et al. (2008, 2011) onderzochten in hun longitudinale studie de verwerking van traag variërende auditieve stimuli bij kinderen door middel van een FM-detectie taak. De detectiedrempel bij deze taak is het minimale verschil in frequentie dat nodig is om de modulatie te detecteren (Poelmans et al., 2011). De resultaten toonden aan dat er een sterke, directe relatie bestond tussen FM-vaardigheden en FB bij kinderen in de derde kleuterklas (Boets et al., 2008; Boets et al., 2011). Daarnaast bleek er ook een indirect verband te bestaan tussen deze twee vaardigheden, dat gemedieerd werd door spraakperceptie (Boets et al., 2008). Deze bevindingen sluiten aan bij de hypothese dat een spraakperceptieprobleem bij personen met dyslexie mogelijk veroorzaakt wordt door een basaal auditief verwerkingsprobleem. Verder toonden de resultaten aan dat kinderen, gediagnosticeerd met dyslexie in het derde leerjaar, in de derde kleuterklas significant hogere drempels behaalden voor FM-detectie dan de controlegroep. Deze verminderde gevoeligheid voor frequentiemodulaties was aanwezig voor de aanvang van de formele leesinstructie, wat duidelijk maakt dat de geobserveerde problemen in de dynamische auditieve verwerking de leesproblemen voorafgaan. Daarnaast bleken FM-detectievaardigheden in de kleuterklas uniek bij te dragen aan de voorspelling van de verdere ontwikkeling van leesvaardigheden. Na zes maanden formele leesinstructie kon de verminderde gevoeligheid voor FM-detectie nog steeds vastgesteld worden bij deze kinderen, maar het deficit droeg nu niet meer uniek bij aan de ontwikkeling van leesvaardigheden. Dit resultaat doet vermoeden dat deze basale auditieve vaardigheden, net zoals spraakperceptievaardigheden, een belangrijke invloed hebben op de leesontwikkeling in een korte, kritische periode voor de aanvang van de leesinstructie (Boets et al., 2011).

Ook Poelmans et al. (2011) konden deze verminderde gevoeligheid voor FM-detectie vaststellen bij kinderen met dyslexie aan het einde van de lagere school. Daarnaast stelden zij ook vast dat de resultaten op de FM-detectie taak sterk correleerden met fonologische vaardigheden. Omdat het hier om een cross-sectioneel onderzoek gaat, kan er geen oorzakelijk verband gekoppeld worden aan deze relaties. Wel biedt dit onderzoek evidentie voor een auditief dynamisch verwerkingsprobleem bij kinderen met dyslexie, dat aanwezig blijft gedurende de hele lagere schoolperiode.

Goswami et al. (2002) gebruikten een rise-time perceptietaak in hun onderzoek om de verwerking van traag variërende temporele kenmerken na te gaan. *Rise-time* of *onset* verwijst naar de snelheid van verandering in de amplitude van de omhullende bij de onset van een syllabe en is een belangrijke temporele auditieve cue voor de perceptie van ritmische timing in spraak. (Goswami et al., 2011). De resultaten toonden aan dat kinderen met dyslexie de amplitudestijging van de modulatie minder goed percipieerden dan kinderen uit de

controlegroep (Goswami et al., 2002). Daarnaast bleek deze amplitude rise-time perceptie een significante voorspellende waarde te hebben voor zowel fonologische vaardigheden als voor lezen en spellen. Zelfs na uitzuivering voor fonologische vaardigheden had rise-time perceptie een voorspellende waarde voor lees- en spellingsvaardigheden. In een later onderzoek stelden Goswami et al. (2011) vast dat amplitude rise-time perceptie een consistente voorspeller was voor FB en dit voor verschillende talen. De resultaten uit het onderzoek van Poelmans et al. (2011) sloten hierbij aan. De bevindingen van Goswami et al. (2002), Goswami et al. (2011) en Poelmans et al. (2011) wijzen erop dat een nauwkeurige perceptie van traagvariërende temporele cues in het spraaksignaal van belang is voor de fonologische ontwikkeling.

1.3 Globaal temporeel verwerkingsdeficit van dyslexie

Volgens de globaal temporele verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie zouden personen met deze leerstoornis een algemeen temporeel verwerkingsprobleem hebben over de verschillende sensorische modaliteiten heen. Meer bepaald zouden zij moeilijkheden vertonen met de temporele verwerking in de visuele en de auditieve sensorische modaliteit (Van Ingelghem et al.,2001). Enkele onderzoeken zijn dit globaal temporeel verwerkingsdeficit in dyslexie nagegaan (Farmer en Klein, 1995; Van Ingelghem et al., 2001). Op die manier probeerden deze studies om één onderliggende biologische oorzaak te vinden voor de vastgestelde temporele deficits. Hoewel de magnocellulaire hypothese zeer aanlokkelijk lijkt, is deze toch een onderwerp van kritiek in de literatuur. Enerzijds omdat de deficits in de verschillende sensorische modaliteiten niet altijd van temporele aard zijn, anderzijds omdat niet alle studies een deficit konden vaststellen in zowel de visuele, als de auditieve modaliteit. Daar komt nog bij dat slechts een kleine groep van personen met dyslexie problemen vertoont in de sensorische modaliteiten (Ghesquière et al., 2011). Zolang er geen duidelijke bewijzen zijn voor het al dan niet bestaan van een globaal temporeel verwerkingsdeficit, blijft het onduidelijk of de gevonden deficits in de verschillende sensorische modaliteiten ook modaliteitsspecifiek zijn.

1.4 Huidig onderzoek

Uit de hierboven beschreven bevindingen kan geconcludeerd worden dat er reeds evidentie werd gevonden voor de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, of voor onderdelen ervan. Toch is dit geen dominante theorie waar een algemene consensus rond bestaat en is het nog te vroeg om van een eenduidig causaal effect te spreken. Zo werden resultaten uit onderzoeken vaak door andere studies genuanceerd, omdat ze beïnvloed zouden kunnen zijn door andere processen waarmee rekening gehouden moet worden (e.g. Byrne et

al., 2000; Perez et al., 2012; Wolf et al., 2002). Ook moesten conclusies genuanceerd worden omdat ze slechts geldig waren voor een deel van de proefgroep (e.g. Hämäläinen et al., 2012). Daarnaast werd echter nog maar zelden rekening gehouden met het onderlinge verband tussen de domeinen binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, namelijk basale auditieve vaardigheden, spraakperceptievaardigheden en fonologische vaardigheden. Wanneer er dan toch aandacht was voor het onderlinge verband tussen deze drie domeinen en hun verschillende onderdelen, waren er slechts enkele studies die een causale rol konden bevestigen (e.g. Boets et al., 2011).

Met deze studie wordt de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie verder onderzocht. In de eerste plaats wordt er hierbij rekening gehouden met verschillende factoren zoals IQ, leeftijd, geslacht en sociaal-economische status die de resultaten kunnen beïnvloeden. Ook worden de effecten van significant gehoorverlies, neurologische problemen, articulatiestoornissen, aandachtsstoornissen en pervasieve ontwikkelingsstoornissen geminimaliseerd door strenge inclusiecriteria toe te passen. Daarnaast maakt deze studie gebruik van een zeer uitgebreide testbatterij om de domeinen en hun verschillende onderdelen binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie te toetsen. Zo worden basale auditieve vaardigheden, spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden nagegaan. Vanuit de bevindingen uit de literatuur worden de verschillende onderdelen van fonologische vaardigheden, namelijk FB, vKTG en SSB gespecifieerd en als aparte onderdelen onderzocht. Hetzelfde gebeurt voor spraak-in-ruis perceptie en categorische perceptie binnen spraakperceptievaardigheden. Ten slotte gaat het om een longitudinale studie, waarbij de kinderen reeds werden getest voor de formele leesinstructie aanving. Zo wordt in deze studie getracht een uitspraak te doen over de causaliteit van deze hypothese.

Concreet houdt deze masterproef een grondige studie en bespreking in van de resultaten omtrent spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar. Daarnaast worden de spraakperceptiedata ook opgenomen uit de derde kleuterklas, het eerste leerjaar en het tweede leerjaar om hun ontwikkeling te bestuderen en hun relaties met fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar te onderzoeken. Basale auditieve vaardigheden werden om praktische redenen niet getest bij de kinderen in het derde leerjaar. Deze vaardigheden werden wel in de derde kleuterklas en in het tweede leerjaar opgemeten en zullen in de toekomst verder opgevolgd worden.

In deze onderzoeksfase trachten we een antwoord te vinden op een aantal onderzoeksvragen. Ten eerste kan nagegaan worden wat de rol van het familiaal risico op dyslexie is in de voorspelling van de diagnose van deze leerstoornis. We verwachten, net zoals in het onderzoek van Boets et al. (2011) en het onderzoek van Kraft et al. (2015), dat het familiaal risico op dyslexie niet allesbepalend is voor de diagnose en dat bijgevolg kinderen met een laag en met een hoog familiaal risico op dyslexie deze leerstoornis zullen krijgen, of tot de groep normale lezers zullen behoren. Daarnaast verwachten we, net zoals in het onderzoek van Boets et al. (2010), dat het familiaal risico op dyslexie zich eerder als een continuüm gedraagt in plaats van als een discrete variabele en dat normale lezers met een hoog familiaal risico op dyslexie bijgevolg zwakker zullen scoren op de taken die het moeilijkste zijn wat betreft fonologische representaties (Spoonerisms en Nonwoordrepetitie).

De volgende onderzoeksvragen houden verband met de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. In de eerste plaats wordt er nagegaan of er evidentie is voor de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, die een onderdeel vormt van de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese. Zo zouden personen met dyslexie zwakkere fonologische vaardigheden hebben ten opzichte van normale lezers en deze verstoorde fonologische vaardigheden zouden lees- en spellingsstoornissen veroorzaken. Gezien deze hypothese al uitgebreid bevestigd werd in de literatuur (Castles en Coltheart, 2004) en er een algemene consensus bestaat omtrent de causale relatie tussen fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden, verwachten wij dit ook terug te vinden in onze resultaten.

Vervolgens zal het domein spraakperceptie met betrekking tot de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese getoetst worden. Aangezien voorgaande onderzoeken spraakperceptieproblemen konden vaststellen bij kinderen met dyslexie of kinderen die later dyslexie ontwikkelden (Poelmans et al., 2011; Boets et al., 2011), verwachten wij ook in dit onderzoek dat kinderen met dyslexie lager zullen scoren op spraakperceptievaardigheden in vergelijking met normale lezers. Daarnaast verwachten we dat spraakperceptievaardigheden zullen verbeteren over de verschillende leerjaren en dat de ontwikkeling van deze vaardigheden zwakker zal zijn bij kinderen met dyslexie in vergelijking met normale lezers.

Ten slotte zal het causaal verband tussen spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden onderzocht worden volgens de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. We verwachten dat verstoorde spraakperceptievaardigheden gebrekkige fonologische vaardigheden zullen veroorzaken. Daarnaast verwachten we volgens deze hypothese dat verstoorde

spraakperceptievaardigheden voor lees- en spellingsstoornissen zullen zorgen. Ook wordt getracht een antwoord te vinden of spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar enkel een indirect verband (via fonologische vaardigheden) vertonen met lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar, of dat er ook sprake is van een direct verband.

2 Onderzoeksopzet

In dit onderdeel wordt allereerst de selectie van de deelnemers besproken binnen deze longitudinale studie (2.1). Nadien wordt ingegaan op de gebruikte apparatuur tijdens de testfase (2.2). Vervolgens wordt de werkwijze van deze onderzoeksfase uitgelegd (2.3). Ten slotte zal ook de statistische verwerking van dit onderzoek besproken worden (2.4).

2.1 Deelnemers

Het longitudinaal onderzoek startte in het schooljaar 2011 - 2012. Achtentachtig kinderen waarvan 45 met een verhoogd familiaal risico op dyslexie zaten op dat moment in de derde kleuterklas. De selectie gebeurde aan de hand van een vragenlijst. Zo moest het kind geboren zijn in het jaar 2006 en een eerstegraadsfamilielid hebben die gediagnosticeerd werd met dyslexie. Daarnaast diende de IQ-score van het kind minstens 85 te bedragen. Dit werd nagegaan aan de hand van de non-verbale Raven IQ-test (Raven et al., 1984). Ten slotte mocht er op het moment van de selectie geen sprake zijn van neurologische of gehoorproblemen en de deelnemers mochten ook geen verhoogd risico hebben op ADHD.

Voor 43 van de 45 deelnemers met een verhoogd familiaal risico op dyslexie werd een controlekind zonder familiaal risico op dyslexie gevonden. Elk paar van deze kinderen werd aan elkaar gekoppeld op basis van vijf criteria. Zo moest dit kind hetzelfde geslacht hebben, op dezelfde school zitten en ouders hebben met een gelijkaardig opleidingsniveau en sociaal-economische status. Ook mocht het leeftijdsverschil tussen beiden maximaal drie maanden bedragen en werd getracht het verschil in non-verbaal IQ minimaal te houden. Op het moment van de selectie hadden ook de deelnemers in de controlegroep geen geschiedenis van neurologische of gehoorproblemen en geen verhoogd risico op ADHD.

De kinderen werden nadien nog getest aan het begin van het eerste en tweede leerjaar. Wegens uitval telde het huidig onderzoek nog 85 deelnemers, waaronder 44 kinderen met een verhoogd familiaal risico op dyslexie en een controlegroep met 41 kinderen. Aan het begin van het derde leerjaar namen wij in het kader van dit onderzoek opnieuw testen af bij deze kinderen. Er konden ditmaal 41 deelnemers uit de risicogroep gekoppeld worden aan 41 deelnemers uit de controlegroep.

In deze onderzoeksfase werd er voor de volgende inclusiecriteria gekozen: geen significant gehoorverlies, in het derde leerjaar zitten tijdens het onderzoeksjaar 2014-2015, geen articulatieproblemen, een eentalige Nederlandse omgeving en geen diagnose van bijkomende

stoornissen (ASS of ADHD). Na toepassing van de inclusiecriteria konden nog 71 deelnemers verdeeld worden over drie verschillende groepen, namelijk Non-dyslexic Readers – Low family Risk (NR-LR), Non-dyslexic Readers - High family Risk (NR-HR) en Dyslexic Readers (DR). De DR-groep werd bepaald op basis van de deelnemersscores die lager lagen dan percentiel 16 op de gestandaardiseerde testen woordlezen (EMT, Brus en Voeten, 1999) en pseudowoordlezen (De Klepel, van den Bos et al., 1999) tijdens de testmomenten van begin tweede en begin derde leerjaar. Uiteindelijk zaten er 37 kinderen in de NR-LR-groep, 25 kinderen in de NR-HR-groep en 9 kinderen in de DR-groep. Voor een overzicht van de geslachtsverdeling en de gemiddelde leeftijd per groep verwijzen we naar tabel 1.

Tabel 1*: Geslachtsverdeling en gemiddelde leeftijd per groep.*

	NR-LR (N=37)	**NR-HR (N=25)**	**DR (N=9)**
Geslacht (M/V)	22/15	14/11	6/3
Gemiddelde leeftijd (jaar)	8;02	8;02	8;03

2.2 Apparatuur

Tijdens de testing maakten we gebruik van een laptop, een externe geluidskaart RME Fireface UC, een hoofdtelefoon Sennheiser HDA 200, een chronometer en een dictafoon. De apparatuur werd gekalibreerd voor een zo nauwkeurig mogelijke testafname. Met het software programma APEX 3 (Application for PsychoElectrical eXperiments), een programma voor de afname van gedragsmatige auditieve taken (Laneau et al., 2005; Francart et al. 2008), namen wij een toonaudiogram af en de testonderdelen *Foneemdeletie*, *Lilliput* (spraak-in-ruis test), *Spoonerisms*, *Cijferreeksen Voorwaarts* en *Nonwoordrepetitie*. Voor de *Categorische perceptietaak* werd de externe geluidskaart losgekoppeld en de hoofdtelefoon HD 380 Pro rechtstreeks aangesloten aan de laptop. Voor dit testonderdeel maakten wij gebruik van het softwarepakket E-prime, een programma voor psychologische experimenten (Schneider et al., 2002).

2.3 Werkwijze

In wat volgt wordt allereerst het verloop van het onderzoek geschetst (2.3.1). Nadien zal de testbatterij binnen deze onderzoeksfase besproken worden (2.3.2).

2.3.1 Verloop onderzoek

In maart 2014 zijn wij gestart met het uitwerken van een thema rond de verschillende testonderdelen, om de afname zo kindvriendelijk mogelijk te maken voor de doelgroep. Wij

kozen voor het centrale thema 'Het Sprookjesbos' en ontwierpen hierrond een stickerkaart als motiverende factor. Elke test kreeg een bijbehorende introductie over een welbepaald sprookjesfiguur. In april 2014 ging onze pilootfase van start. We testten in totaal acht kinderen (gemiddelde leeftijd = 07;11 jaar; leeftijdsrange = 07;01.08 jaar – 09;02.13 jaar). Op basis van de resultaten van de pilootfase legden we de volgorde van de testen vast, rekening houdende met voldoende afwisseling tussen kortere en langere meer intensieve taken, om de belasting voor het kind zo laag mogelijk te houden.

De testfase ging van start op 19 september 2014 en eindigde op 20 oktober 2014. Gedurende deze periode testten we alle kinderen op school. Om de testafname vlot te laten verlopen kregen we telkens een rustig lokaal ter beschikking. We verdeelden de testen over vier testblokken. Elk testblok duurde 30 tot 45 minuten. De deelnemers wisselden elkaar af, zodat we de belasting voor het kind, de klas en de school konden beperken.

2.3.2 Testbatterij

In wat volgt worden de verschillende onderdelen van de testbatterij besproken. Zo werden er fonologische taken afgenomen (2.3.2.1). Daarnaast werden er ook taken afgenomen die spraakperceptievaardigheden nagaan (2.3.2.2). Ook werden er lees- en spellingstesten gebruikt (2.3.2.3). Ten slotte bestaat de testbatterij ook nog uit een controletaak (2.3.2.4)

2.3.2.1 Fonologische taken

<u>Fonologisch bewustzijn</u>

Foneemdeletietaak

De foneemdeletietaak bestaat uit twee testfases met een oplopende moeilijkheidsgraad (Boets et al., 2010). De eerste testfase heeft 10 testitems, de tweede testfase telt 18 items. Ze worden steeds voorafgegaan door twee oefenitems. De items zijn pseudowoorden met een CVCC- of CCVC-structuur. De deelnemer krijgt de oefenitems zonder hoofdtelefoon aangeboden. Enkel wanneer het kind deze correct uitvoert, mogen de testitems afgenomen worden. In de testfase krijgt de deelnemer de items bilateraal via de hoofdtelefoon te horen. In het eerste deel van deze taak bekomt de deelnemer een bestaand woord door deletie van een consonant uit de consonantcluster (bv. "bijlf zonder /f/ wordt"). De oplossing in het tweede deel blijft daarentegen een pseudowoord na consonantdeletie (bv. "grar zonder /g/ wordt"). De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel. Het softwareprogramma APEX meet de reactietijd per item. De reactietijd werd bepaald door de tijd die gemeten wordt van zodra de stimulus is

afgelopen tot het moment waarop de proefleider beslist dat het kind zijn antwoord heeft gegeven en de meting stopzet.

Spoonerisms

De taak bestaat uit drie testfases met een oplopende moeilijkheidsgraad (Boets et al., 2010). Elke fase heeft 10 testitems, steeds voorafgegaan door twee oefenitems. De deelnemer krijgt de oefenitems zonder hoofdtelefoon aangeboden. Enkel wanneer het kind deze correct uitvoert, mogen de testitems afgenomen worden. In de testfase krijgt de deelnemer de items bilateraal via de hoofdtelefoon te horen. In het eerste deel van deze taak moet de beginconsonant of consonantcluster vervangen worden door een andere consonant, of consonantcluster. In het tweede deel worden twee woorden aangeboden, waarvan de beginconsonanten van plaats verwisseld moeten worden. In het derde deel worden opnieuw twee woorden aangeboden, waarvan ditmaal de beginclusters van plaats verwisseld moeten worden. Het eerste oefenitem van deel twee en deel drie wordt aangeboden met behulp van een visuele ondersteuningskaart. Als de deelnemer de opdracht begrijpt, dan wordt het tweede oefenitem auditief aangeboden. Indien de deelnemer de opdracht niet begrijpt, dan wordt het tweede oefenitem ook op een visuele manier voorgesteld. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel. Het softwareprogramma APEX meet de reactietijd per item. De reactietijd werd bepaald door de tijd die gemeten wordt van zodra de stimulus is afgelopen tot het moment waarop de proefleider beslist dat het kind zijn antwoord heeft gegeven en de meting stopzet.

Snel Serieel Benoemen

De SSB-taak bestaat uit de SSB kleuren-, de SSB voorwerpen-, de SSB cijfers- en de SSB letters-taak (Van den Bos et al., 2002). Elke taak telt vijftig items verdeeld over vijf kolommen die het kind zo snel en zo goed mogelijk van boven naar beneden moet benoemen. De SSB kleuren-taak bevat de kleuren zwart, geel, rood, groen en blauw. Voor de testfase start mag het kind altijd eens oefenen met de laatste kolom. De totaalscore wordt berekend op basis van het aantal fouten, het aantal overgeslagen items en de verstreken tijd, uitgedrukt in seconden. Wanneer de deelnemer een item spontaan verbetert, dan is er sprake van een zelfcorrectie en wordt dit juist gerekend. De andere onderdelen van de SSB-taak worden op dezelfde manier afgenomen, maar bevatten telkens vijf andere te benoemen items. Zo bestaat de SSB voorwerpen-taak uit afbeeldingen van een boom, een eend, een stoel, een schaar en een fiets. De SSB cijfers-taak gebruikt de cijfers 2, 4, 8, 5 en 9 en de SSB letters-taak bevat de letters d, o, a, s en p. De formule om de totaalscore te berekenen wordt hieronder weergegeven.

$$\text{Totaal score} = \frac{\text{Totaal aantal testitems} - (\text{Aantal fout benoemde} + \text{Aantal overgeslagen items})}{\text{Totale testduur in seconden}}$$

Verbaal korte termijn geheugen

Cijferreeksen Voorwaarts

Cijferreeksen Voorwaarts bestaat uit 21 testitems met een oplopende moeilijkheidsgraad, voorafgegaan door drie oefenitems (De Smedt et al., 2009). De opgaven zijn cijferreeksen met een toenemende lengte van twee naar acht cijfers. De deelnemer krijgt de oefenitems zonder hoofdtelefoon aangeboden. Enkel wanneer het kind deze correct uitvoert, mogen de testitems afgenomen worden. In de testfase krijgt de deelnemer de items bilateraal via de hoofdtelefoon te horen. Het kind krijgt de instructie om de cijferreeksen in de juiste volgorde te herhalen, nadat het de volledige reeks heeft beluisterd. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel.

Nonwoordrepetitietest

De NRT bestaat uit 48 testitems, voorafgegaan door twee oefenitems (Scheltinga, 2003). Het zijn nonwoorden met een toenemende lengte en dus een oplopende moeilijkheidsgraad. De deelnemer moet de woorden correct nazeggen. Het kind krijgt de oefenitems zonder hoofdtelefoon te horen. Tijdens de testfase beluistert de deelnemer de stimuli bilateraal via de hoofdtelefoon. Deze taak wordt enkel beoordeeld op accuratesse. Enkel volledig correct herhaalde woorden worden goed gerekend. Bij het scoren zijn er enkele uitzonderingen. Dialectische invloeden mogen namelijk geen invloed hebben op de scoring. Zo worden verwisselingen van de /i/, de /ɛ/ en de /ə/ juist gerekend. Daarnaast mag de eind-n weggelaten worden en mogen verwisselingen van de /m/ en de /n/ op het einde van een syllabe optreden. Alle andere mogelijke hoorfouten zijn niet juist, aangezien het onderscheid met geheugenfouten in deze gevallen niet meer gemaakt kan worden. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel.

2.3.2.2 Spraakperceptietesten

Lilliput

De Lilliput is een spraak-in-ruis perceptietest (Duran, 2014). De taak bestaat uit zeven lijstjes met tien testitems, telkens voorafgegaan door een oefenitem. De woorden hebben dezelfde moeilijkheidsgraad en zijn allemaal opgebouwd volgens een CVC-structuur. De achtergrondruis is spraakgewogen ruis. Dit is een stationaire ruis met een intensiteit van 65 dB SPL en het gemiddeld spectrum van de ingesproken CVC-woorden. De aanbieding gebeurt monauraal aan het rechteroor via de hoofdtelefoon. Lijst 1 dient steeds als oefenlijst en wordt op 0 dB SNR aangeboden. De volgorde van de overige lijstjes is ad random. Twee opeenvolgende lijstjes

worden steeds op dezelfde signaal-ruisverhouding (SNR) afgenomen. Oorspronkelijk gebruikten we de verhoudingen -3 dB SNR, -6 dB SNR en -9 dB SNR, maar in de loop van de testfase bleken de scores op deze niveaus te hoog. Voor een betere fitting van de spraakcurve en voor een betere bepaling van de SRT gebruikten we bijgevolg de verhoudingen -4 dB SNR, -7 dB SNR en -10 dB SNR. De deelnemer krijgt de opdracht om de woorden die hij hoort zo goed mogelijk te herhalen, zelfs wanneer het kind enkel een foneem heeft verstaan. De deelnemer krijgt namelijk score 1 per correct uitgesproken foneem. De ruwe score wordt nadien omgezet naar een percentage. We verwijzen naar bijlage 1 voor een overzicht van de ruwe scores en de bijbehorende percentages.

Categorische perceptie

De categorische perceptietaak is een spraakperceptietest, waarbij de deelnemer stimuli uit een spraakcontinuüm krijgt aangeboden (Boets et al., 2011). Het spraakcontinuüm werd ontworpen door middel van het programma Praat (Boersma en Weenink, 2000). In tien stappen varieert dit continuüm van /bAk/ naar /dAk/. Door de transitie van de tweede formant (F2) lineair te interpoleren van /b/ naar /d/ in tien stappen, worden er tien verschillende stimuli verkregen. De transitie van F2 varieert van 830Hz naar 1906Hz (Vandermosten et al., 2010). De categorische perceptietaak begint steeds met een oefenfase die tien items bevat. De testfase bestaat uit drie delen, waarbij het kind telkens 20 items krijgt aangeboden. De aanbieding van de stimuli verloopt gerandomiseerd onder de vorm van een *two-alternative forced-choice* identificatietaak. Alle items worden bilateraal via de hoofdtelefoon aangeboden. De deelnemers krijgen de instructie om aan te geven of ze het woord /bAk/, of het woord /dAk/ horen. Dit doen ze door op het computerscherm, waarop een bak en een dak staan afgebeeld, de juiste figuur aan te duiden. In de oefenfase krijgen de deelnemers enkel de uiterste stimuli van het continuüm aangeboden. Na elke respons krijgt de deelnemer feedback. In de testfase krijgt de deelnemer geen feedback meer. Voor de scoring van de categorische perceptietaak wordt de helling van de identificatiecurve geanalyseerd. De helling werd omgezet volgens de formule: $S_f = 1/ (\beta\sqrt{2\pi})$. Hierbij staat S_f voor de helling van de curve (Hill, 2001). β is een parameter van de onderliggende functie F(x) van de psychometrische curve. Deze functie bepaalt de vorm van de psychometrische curve. Binnen deze functie staat β voor de spreiding van de helling van de psychometrische curve langs de x-as. Hoe steiler de helling, hoe kleiner het bereik van onzekerheid en dus hoe nauwkeuriger de categorisatie van de aangeboden stimuli (Boets et al., 2011).

2.3.2.3 Lezen en spellen:

Eén-minuut-test – EMT

De Een-minuut-test is een gestandaardiseerde leestest (Eén-minuut-test, Vorm B; Brus en Voeten, 1973). De test bestaat uit een lijst van 116 woorden met een stijgende moeilijkheidsgraad. Het kind moet de woorden zo goed en zo snel mogelijk lezen van boven naar beneden. De deelnemer mag wel één of enkele woorden overslaan, zolang dit niet op systematische wijze gebeurt. Overgeslagen woorden worden niet meegeteld in de scoring. Wanneer de deelnemer een item spontaan verbetert, dan is er sprake van een zelfcorrectie en wordt dit juist gerekend. De totaalscore op de test is het aantal gelezen woorden in een minuut, verminderd met het aantal fout gelezen woorden. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel.

De Klepel

De Klepel is een gestandaardiseerde leestest (De Klepel, Vorm B; Van den Bos et al., 1994). De test bestaat uit een lijst van 116 pseudowoorden met een stijgende moeilijkheidsgraad. Het kind moet de pseudowoorden zo goed en zo snel mogelijk lezen van boven naar beneden. De deelnemer mag wel één of enkele woorden overslaan, zolang dit niet op systematische wijze gebeurt. Overgeslagen woorden worden niet meegeteld in de scoring. Wanneer de deelnemer een item spontaan verbetert, dan is er sprake van een zelfcorrectie en wordt dit juist gerekend. De totaalscore op de test is het aantal gelezen woorden in twee minuten, verminderd met het aantal fout gelezen woorden. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel.

Drie-Minuten-Toets

De Drie-Minuten-Toets is een gestandaardiseerde leestest (Drie Minuten Toets; Jongen en Krom, CITO, Arnhem, 2009). De test bestaat uit drie leeskaarten die oplopen in moeilijkheidsgraad, met 1A de makkelijkste leeskaart en 3A de moeilijkste. De eerste en de tweede leeskaart bevatten elk 150 één-lettergrepige woorden. De derde leeskaart bestaat uit 120 twee- of meerlettergrepige woorden. De instructie is dezelfde voor de drie leeskaarten. De deelnemer moet de woorden zo goed en zo snel mogelijk lezen van boven naar beneden. De deelnemer mag wel één of enkele woorden overslaan, zolang dit niet op systematische wijze gebeurt. Overgeslagen woorden worden niet meegeteld in de scoring. Wanneer de deelnemer een item spontaan verbetert, dan is er sprake van een zelfcorrectie en wordt dit item juist gerekend. De totaalscore is het aantal gelezen woorden in één minuut, verminderd met het aantal fout gelezen woorden. De taak gebruikt geen instap- of afbreekregel.

LVS-VCLB Spelling

De Vlaamse Vrije Centra voor Leerlingenbegeleiding ontwikkelden de dictees van het Leerlingvolgsysteem, die een onderdeel vormen van de signaleringstoetsen (Deloof, 2006). De spellingtoets voor begin derde leerjaar bestaat uit een woorddictee en een zinnendictee. Het kind moet 30 woorden schrijven op de daarvoor voorziene lijntjes. De eerste vijftien opgaven zijn losse woorden en de volgende vijftien zijn woorden in een zinscontext. Nadien volgen er zes onvolledige zinnen, waarbij de deelnemer telkens nog vijf woorden moet invullen. De test gebruikt geen instap- of afbreekregel.

Pseudohomofonen

Deze taak bestaat uit drie opgavebladen met in totaal 70 testitems (Van der Leij en Morfidi, 2006). Elke opgave heeft telkens drie antwoordalternatieven. De drie woorden klinken hetzelfde, maar zijn op een verschillende manier neergeschreven. Het kind moet zo snel mogelijk het juiste antwoord onderstrepen en mag geen opgaven overslaan. Alvorens over te gaan tot de testitems, toont de proefleider een voorbeeldkaart (soet zoet zoed). Als de deelnemer het juiste woord kan aanduiden, dan mag de afname van de testitems beginnen. Indien het kind een fout antwoord geeft, dan biedt de proefleider nog een tweede voorbeeldkaart aan (tijd teid tijt). Wanneer het kind aan het eerste testitem begint, start het opnemen van de tijd. Nadien noteert de proefleider dit op het opgaveblad. De deelnemer krijgt score 1 per correct opgelost item. De test gebruikt geen instap- of afbreekregel.

2.3.2.4 Controletaken:

Toonaudiometrie

Een toonaudiogram geeft de gehoordrempels weer van het linker- en het rechteroor. De tonen worden monauraal aangeboden via de hoofdtelefoon. De drempels worden achtereenvolgens bepaald op 1000, 2000, 4000 en 500 Hz. De startintensiteit is telkens 40 dB HL en om de intensiteit te variëren wordt de Hughson-Westlake 5 up-10 down procedure gebruikt. Indien de drempel op 500 Hz 20 dB HL is, of hoger, dan worden er ook stimuli aangeboden op 250 Hz. Er is sprake van een significant gehoorverlies, wanneer de drempels hoger liggen dan 20 dB HL.

2.4 Statistische verwerking

In wat volgt wordt de statistische verwerking van de data besproken. Allereerst zullen de variabelen van deze onderzoeksfase beschreven worden (2.4.1). Vervolgens worden de assumpties nagegaan (2.4.2). Ten slotte worden de gebruikte analyses aangehaald om een antwoord te kunnen vinden op de vooropgestelde onderzoeksvragen (2.4.3).

2.4.1 Variabelen

Om het aantal variabelen te reduceren werden er enkele composietscores bepaald door de gemiddeldes te berekenen van de z-scores op de verschillende variabelen. Zo werden de composietscores van fonologische vaardigheden berekend op basis van een aantal taken, afgenomen in het derde leerjaar. De eerste composietscore FB bestaat uit de resultaten op de onderdelen *Foneemdeletie* en *Spoonerisms*. De tweede composietscore vKTG bestaat uit de scores op *Nonwoordrepetitie* en *Cijferreeksen Voorwaarts*. Door de *SSB Kleuren-,* de *SSB Voorwerpen-,* de *SSB Cijfers-* en de *SSB Letters-taak* samen te nemen werd de derde composietscore SSB berekend.

Ook de lees- en spellingsvaardigheden werden gemeten in het derde leerjaar. Hiervoor werd de composietscore Lezen bepaald die de resultaten op *EMT, Klepel* en *DMT* omvat. Daarnaast werd de composietscore Orthografie gevormd op basis van de scores op de *LVS spellingtest* en de scores op *Pseudohomofonen*.

Om spraakperceptievaardigheden in kaart te brengen, werd gebruikgemaakt van de geschatte psychometrische curves van de spraak-in-ruis test (*Lilliput*) en de *Categorische perceptietaak*. Bij de *Lilliput* deden de SRT en de helling dienst als spraak-in-ruis perceptiedata voor de analyses. Bij de *categorische perceptietaak* werd enkel gebruik gemaakt van de helling voor de analyses. In dit longitudinaal onderzoek werd de *Lilliput* afgenomen in de derde kleuterklas, het eerste leerjaar, het tweede leerjaar en het derde leerjaar. De *Categorische perceptietaak* werd enkel afgenomen in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar.

2.4.2 Assumpties

Met behulp van de *Kolmogorov-Smirnov test* kon de normaliteitsassumptie onderzocht worden voor alle variabelen en dit voor de volledige proefgroep en voor een opsplitsing in groepen (NR-LR, NR-HR en DR). Voornamelijk de hellingen van de *Categorische perceptietaak* zijn voor de volledige proefgroep en voor een opsplitsing in groepen niet-normaal verdeeld. Daarnaast zijn enkele variabelen of composietscores van fonologische vaardigheden niet-normaal verdeeld *(Bijlage 2-5).* Tijdens de verdere statistische verwerking zullen deze variabelen bijgevolg ook non-parametrisch onderzocht worden.

De *Levene's test for equality of variances* werd gebruikt om de assumptie van homoscedasticiteit te controleren tussen de verschillende groepen *(Bijlage 6)*. De *Mauchly's test* ging na of de assumptie van sfericiteit geschonden is bij de opvolging van de spraakperceptiedata over de verschillende leerjaren *(Bijlage 7)*.

Seriële effecten en clustereffecten zijn mogelijk en dit schendt de onafhankelijkheidsassumptie. De kinderen werden namelijk op verschillende meetmomenten getest. Daarnaast kunnen de scores van twee kinderen op dezelfde school meer op elkaar lijken, omdat ze les krijgen van dezelfde leerkracht. Hiervoor zouden *Mixed Longitudinal Models* een oplossing kunnen bieden, maar deze kunnen niet met SPSS uitgevoerd worden. Dit valt bijgevolg buiten het bestek van onze masterproef.

2.4.3 Analyses

Met behulp van het programma SPSS Statistics versie 21 werden er enkele statistische analyses uitgevoerd om antwoorden te vinden op de vooropgestelde onderzoeksvragen. Zo werden er *one-way independent measures ANOVA's* uitgevoerd om na te gaan of er significante groepsverschillen bestaan voor de ontwikkelde fonologische vaardigheden in het derde leerjaar.

Om na te gaan of er significante groepsverschillen bestaan voor de ontwikkelde spraak-in-ruis perceptievaardigheden van de derde kleuterklas tot en met het derde leerjaar werden er *two-way mixed ANOVA's* gebruikt. Deze analyse kan daarnaast ook bepalen of spraak-in-ruis perceptievaardigheden significant veranderen over de verschillende leerjaren. Ten slotte kan deze analyse ook aantonen of de ontwikkeling van deze spraak-in-ruis perceptievaardigheden significant verschillend is tussen de NR-LR, de NR-HR- en de DR-groep.

Om na te gaan of er significante groepsverschillen bestaan voor categorische perceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar werd er een *Kruskal-Wallis test* uitgevoerd voor een opdeling in een NR-LR-, een NR-HR- en een DR-groep en ook een *Mann Whitney U test* voor een opdeling in een LR- en een HR-groep als vergelijking, aangezien het aantal binnen de DR-groep zeer klein is in de derde kleuterklas. Vervolgens zal de ontwikkeling van de helling van de categorische perceptietaak besproken worden met behulp van een *Wilcoxon matched-pairs test* met Jaar als Within-subjects factor (derde kleuterklas en derde leerjaar), om te onderzoeken of categorische perceptievaardigheden significant veranderen tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar.

Om na te gaan of er significante verbanden bestaan tussen spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren van deze longitudinale studie, fonologische vaardigheden in het derde leerjaar en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar werden *Spearman's rho correlaties* bekeken. De *partiële correlaties* tussen spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren van deze longitudinale studie en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar werden ook onderzocht, om na te gaan of er naast een indirect verband via fonologische vaardigheden ook sprake is van een direct verband.

Om na te gaan of het predictieve model van de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese toegepast kan worden op de data van deze longitudinale studie, werden er *enkelvoudige lineaire regressies* uitgevoerd. Zo werden er *enkelvoudige lineaire regressies* uitgevoerd van spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar op fonologische vaardigheden in het derde leerjaar. Daarnaast werden er *enkelvoudige lineaire regressies* uitgevoerd van fonologische vaardigheden in het derde leerjaar op lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar. Ook werden er *enkelvoudige lineaire regressies* uitgevoerd van spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar op lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar. Ten slotte werden er *meervoudige lineaire regressieanalyses* uitgevoerd van spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar op lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar, uitgezuiverd voor fonologische vaardigheden in het derde leerjaar. Zo kan aangetoond worden of het causaal verband tussen spraakperceptievaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden volledig, of slechts gedeeltelijk, gemedieerd wordt door fonologische vaardigheden.

Afgezien van de correlaties, zijn de toetsen allemaal tweezijdig en hebben ze een significantieniveau van 0.05. Tijdens de *post hoc testen* werd een Bonferroni correctie toegepast. De correlaties werden eenzijdig getoetst, omdat dit beter aansloot bij de richting van de onderzoekshypothesen. Waar mogelijk werden ook de effectgroottes berekend, om de relevantie van de resultaten beter te kunnen inschatten.

3 Resultaten

In wat volgt wordt allereerst ingegaan op de resultaten omtrent fonologische vaardigheden (3.1). Nadien worden de resultaten omtrent spraakperceptievaardigheden besproken (3.2). Vervolgens wordt ingegaan op de resultaten over het verband tussen deze twee domeinen en hun samenhang met lees- en spellingsvaardigheden (3.3). Tot slot worden de voorspellers van lees- en spellingsvaardigheden besproken, waarbij de twee domeinen, spraakperceptievaardigheden en fonologische vaardigheden, getoetst worden volgens het model van de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie (3.4).

3.1 Fonologie

In dit onderdeel worden de groepsgemiddelden voor fonologische vaardigheden vergeleken tussen de NR-LR-, de NR-HR- en de DR-groep aan de hand van een *one-way independent-measures ANOVA* (3.1.1).

3.1.1 Vergelijking groepsgemiddelden voor fonologische vaardigheden

Uit tabel 2 blijkt dat de NR-LR-groep over het algemeen de beste scores behaalt voor fonologische vaardigheden, terwijl de DR-groep over het algemeen het slechtst lijkt te presteren. De NR-HR-groep gedraagt zich over het algemeen als tussengroep.

Tabel 2*: Beschrijvende data van de fonologische vaardigheden.*

Beschrijvende data fonologische vaardigheden NR-LR (N=36), NR-HR (N=24), DR (N=9)							
		Gem.	SF			Gem.	SF
FB	NR-LR	.28	.14	SSB Kleuren	NR-LR	1.13	.04
	NR-HR	.17	.16		NR-HR	1.06	.05
	DR	-1.25	.21		DR	.88	.09
	Totaal	.04	.11		Totaal	1.07	.03
Foneemdeletie	NR-LR	20.31	.83	SSB Voorwerpen	NR-LR	1.05	.04
	NR-HR	19.38	1.04		NR-HR	.96	.04
	DR	11.44	1.53		DR	.85	.09
	Totaal	18.83	.69		Totaal	.99	.03
Spoonerisms	NR-LR	35.01	1.66	SSB Cijfers	NR-LR	1.79	.05
	NR-HR	34.38	1.95		NR-HR	1.66	.06
	DR	18.28	2.50		DR	1.30	.09
	Totaal	32.61	1.32		Totaal	1.68	.04
SSB	NR-LR	.41	.16	SSB Letters	NR-LR	1.71	.06
	NR-HR	-.08	.16		NR-HR	1.53	.06
	DR	-1.06	.29		DR	1.21	.05
	Totaal	.05	.12		Totaal	1.58	.04

De verschillen tussen de groepsgemiddelden voor fonologische vaardigheden zijn volgens de statistische resultaten van de *one-way independent-measures ANOVA* significant. Zo is er een significant groepsverschil voor de composietscore FB ($F(2,66) = 13.766$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.294$) en zijn onderdelen Foneemdeletie ($F(2,66) = 11.645$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.261$) en Spoonerisms ($F(2,66) = 11.716$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.262$). De groepsgemiddelden verschillen ook significant op de composietscore SSB ($F(2,66) = 9.721$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.228$) en zijn onderdelen SSB Kleuren ($F(2,66) = 3.668$, $p = 0.031$, $R^2 = 0.100$), SSB Voorwerpen ($F(2,66) = 3.552$, $p = 0.034$, $R^2 = 0.097$), SSB Cijfers ($F(2,66) = 9.411$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.222$) en SSB Letters ($F(2,66) = 10.474$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.241$).

Om te achterhalen waar de significante groepsverschillen zich bevinden werd er een *post hoc procedure* uitgevoerd *van meervoudige vergelijkingen* met Bonferroni-correctie. Uit de resultaten blijkt dat er geen significante groepsverschillen zijn tussen de NR-LR- en de NR-HR-groep. De groepsgemiddelden tussen de NR-LR- en de DR-groep verschillen daarentegen wel significant. Zo is er een significant groepsverschil voor de composietscore FB ($p < 0.001$, $R^2 = 0.382$) en zijn onderdelen Foneemdeletie ($p < 0.001$, $R^2 = 0.354$) en Spoonerisms ($p < 0.001$, $R^2 = 0.340$). Daarnaast verschillen deze twee groepen ook significant op de composietscore SSB ($p < 0.001$, $R^2 = 0.281$) en zijn onderdelen SSB Kleuren ($p = 0.027$, $R^2 = 0.380$), SSB Voorwerpen ($p = 0.046$, $R^2 = 0.340$), SSB Cijfers ($p < 0.001$, $R^2 = 0.294$) en SSB Letters ($p < 0.001$, $R^2 = 0.296$). De groepsgemiddelden tussen de NR-HR- en de DR-groep verschillen ook significant. Zo is er een significant groepsverschil voor de composietscore FB ($p < 0.001$, $R^2 = 0.427$) en zijn onderdelen Foneemdeletie ($p < 0.001$, $R^2 = 0.349$) en Spoonerisms ($p < 0.001$, $R^2 = 0.400$). Daarnaast verschillen deze twee groepen significant op de composietscore SSB ($p = 0.022$, $R^2 = 0.233$) en zijn onderdelen SSB Cijfers ($p = 0.010$, $R^2 = 0.248$) en SSB Letters ($p = 0.029$, $R^2 = 0.251$).

Aangezien enkele variabelen van fonologische vaardigheden niet-normaal verdeeld zijn werd ook de non-parametrische *Kruskal-Wallis test* uitgevoerd. De resultaten tussen deze analyse en de hierboven besproken parametrische variant kennen echter geen verschillen, behalve dat de groepsgemiddelden op SSB Voorwerpen niet significant verschillen bij de non-parametrische test ($p = 0.069$).

3.2 Spraakperceptie

In wat volgt worden de resultaten van de statistische analyses rond spraak-in-ruis perceptie besproken (3.2.1). Vervolgens wordt ingegaan op de resultaten van de statistische analyses omtrent categorische perceptie (3.2.2).

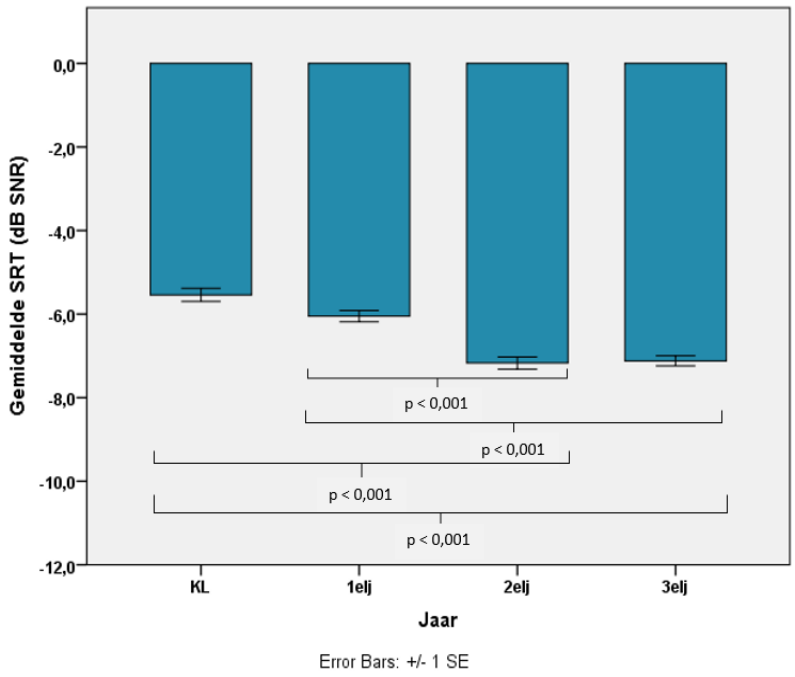
3.2.1 Spraak-in-ruis perceptie

In dit onderdeel worden de spraak-in-ruis perceptiedata geanalyseerd aan de hand van *two-way mixed ANOVA's* met Jaar als within-subjects factor (derde kleuterklas, eerste leerjaar, tweede leerjaar en derde leerjaar) en Groep als between-subjects factor (NR-LR, NR-HR en DR). De SRT (3.2.1.1) en de helling (3.2.1.2) van de spraak-in-ruis perceptietest (*Lilliput*) doen achtereenvolgens dienst als afhankelijke variabele.

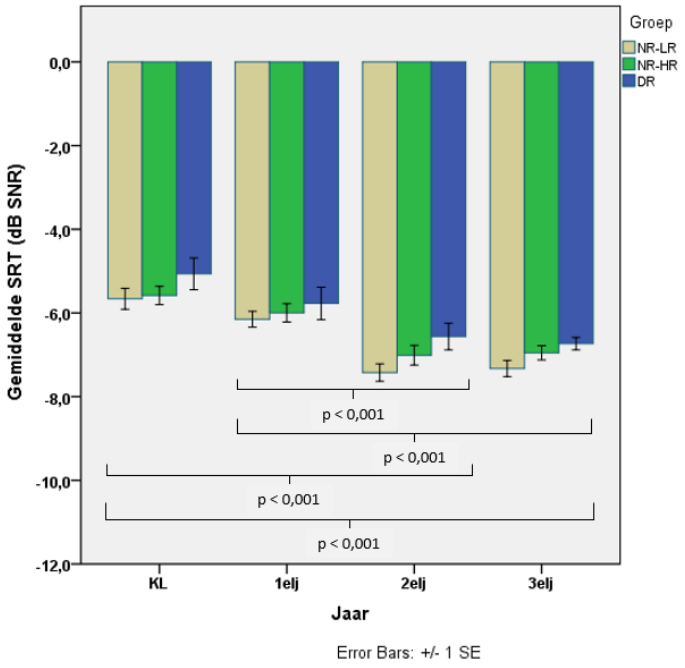
3.2.1.1 SRT

Uit de statistische resultaten van de *two-way mixed ANOVA* blijkt dat er een hoofdeffect is van het Jaar waarin de kinderen zaten ($F(3,198) = 31.258$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.321$). Dit is ook zichtbaar in figuur 4 en in figuur 5. Er is geen hoofdeffect van Groep ($F(2,66) = 2.253$, $p = 0.113$, $R^2 = 0.064$), hoewel de NR-LR-groep in figuur 5 de beste SRT lijkt te behalen over de verschillende leerjaren en de DR-groep de slechtste. De NR-HR-groep lijkt zich als tussengroep te gedragen. Er is ook geen interactie-effect aanwezig ($F(6,198) = 0.426$, $p = 0.861$, $R^2 = 0.013$).

Om te achterhalen waar de verschillen in SRT significant zijn tussen de verschillende leerjaren werd er een *post hoc procedure* uitgevoerd *van meervoudige vergelijkingen* met Bonferroni correctie. Zo blijkt het verschil in SRT significant te zijn tussen de derde kleuterklas en het tweede leerjaar ($p < 0.001$), tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar ($p < 0.001$), tussen het eerste leerjaar en het tweede leerjaar ($p < 0.001$) en tussen het eerste leerjaar en het derde leerjaar ($p < 0.001$) (*figuur 4 en figuur 5*).



Figuur 4*: Gemiddelde SRT per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) voor de volledige proefgroep.*

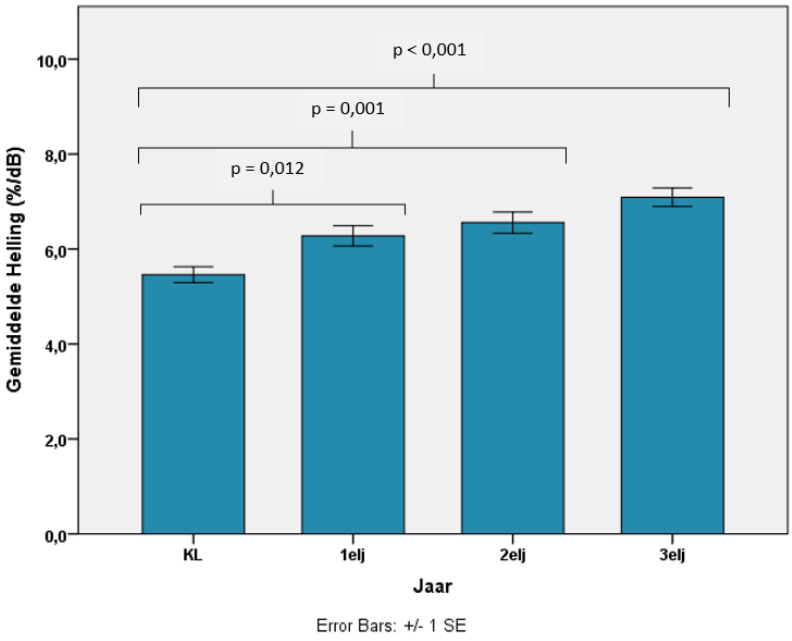


Figuur 5*: Gemiddelde SRT per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) en per groep (NR-LR, NR-HR en DR).*

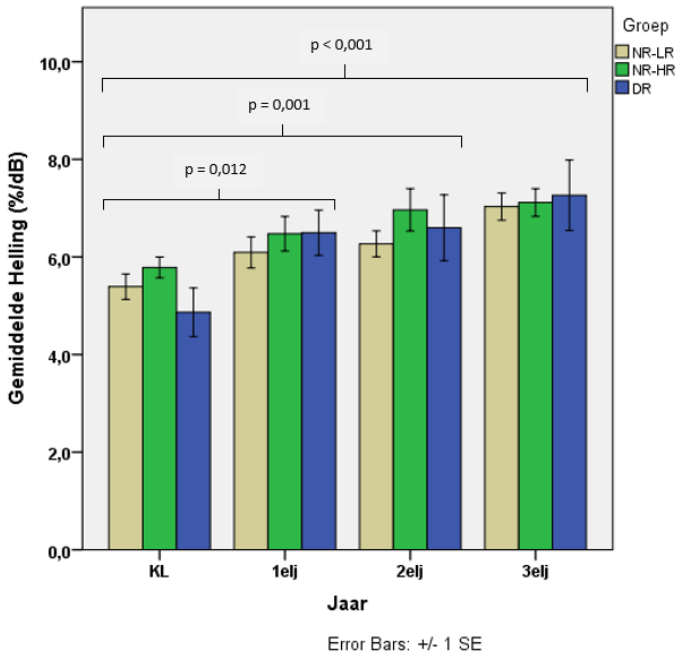
3.2.1.2 Helling

Uit de statistische resultaten van de *two-way mixed ANOVA* blijkt dat er een hoofdeffect is van het Jaar waarin de kinderen zaten ($F(3,198) = 10.262$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.135$). Dit is ook zichtbaar in figuur 6 en in figuur 7. Er is echter geen hoofdeffect van Groep ($F(2,66) = 1.551$, $p = 0.220$, $R^2 = 0.045$) en er is ook geen interactie-effect aanwezig ($F(6,198) = 0.482$, $p = 0.821$, $R^2 = 0.014$).

Om te achterhalen waar de verschillen in helling significant zijn tussen de verschillende leerjaren werd er een *post hoc procedure* uitgevoerd *van meervoudige vergelijkingen* met Bonferroni correctie. Zo blijkt het verschil in helling significant te zijn tussen de derde kleuterklas en het eerste leerjaar ($p = 0.012$), tussen de derde kleuterklas en het tweede leerjaar ($p = 0.001$) en tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar ($p < 0.001$) (*figuur 6 en figuur 7*).



Figuur 6*: Gemiddelde Helling per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) voor de volledige proefgroep*.



Figuur 7*: Gemiddelde Helling per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) en per groep (NR-LR, NR-HR en DR).*

3.2.2 Categorische Perceptie

In dit onderdeel worden allereerst de groepsmedianen voor de helling van de categorische perceptietaak vergeleken tussen de NR-LR-, de NR-HR- en de DR-groep met een *Kruskal-Wallis test* en tussen de LR- en de HR-groep met een *Mann Whitney U test* (3.2.2.1). Vervolgens zal de ontwikkeling van de helling van de categorische perceptietaak besproken worden met behulp

van een *Wilcoxon matched-pairs test* met Jaar als Within-subjects factor (derde kleuterklas en derde leerjaar) (3.2.2.2).

3.2.2.1 Vergelijking groepsmedianen voor Categorische Perceptie

De verschillen tussen de groepsmedianen zijn volgens de statistische resultaten van de *Kruskal-Wallistest* niet significant voor de helling van de categorische perceptietaak in de derde kleuterklas (H(2) = 0.196, p = 0.909) en in het derde leerjaar (H(2) = 2.877, p = 0.228). Uit de beschrijvende resultaten in tabel 3 lijkt er toch sprake te zijn van een zeer lichte tendens, waarbij de NR-LR-groep de steilste helling behaalt in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar, terwijl de DR-groep de kleinste helling lijkt te hebben. De NR-HR-groep lijkt zich als tussengroep te gedragen.

Tabel 3: *Beschrijvende data van de Categorische Perceptietaak voor een opsplitsing in groepen (NR-LR, NR-HR, DR).*

Beschrijvende data categorische perceptietaak				
		N	Mediaan (%/stimulus stap)	Interkwartiel Range
Helling Kleuterklas	NR-LR	19	.26	.20
	NR-HR	12	.24	.40
	DR	4	.21	.40
Helling 3e leerjaar	NR-LR	33	.35	.30
	NR-HR	22	.26	.30
	DR	7	.22	.60

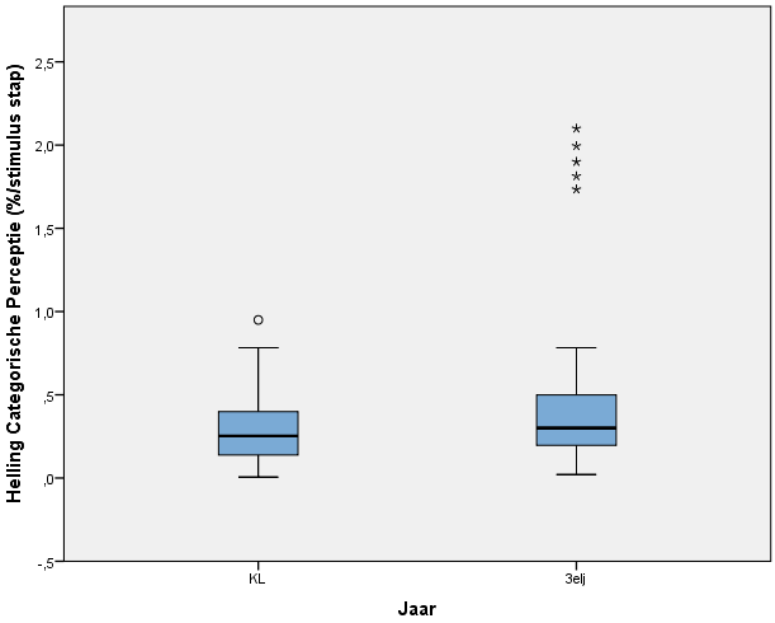
Aangezien het aantal binnen de DR-groep zeer klein is in de derde kleuterklas, werd de analyse ook nog uitgevoerd voor een opdeling in een LR- en een HR-groep (*tabel 4)*. Uit de statistische resultaten van de *Mann-Whitney U test* blijkt dat de groepsmedianen in dit geval ook niet significant verschillen voor de helling van de categorische perceptietaak in de derde kleuterklas (U = 148, p = 0.903, $R^2 < 0.001$) en in het derde leerjaar (U = 359, p = 0.094, $R^2 = 0.046$). Uit de beschrijvende resultaten in tabel 4 lijkt er geen verschil te zijn tussen de twee groepen in de derde kleuterklas, maar in het derde leerjaar lijkt de LR-groep daarentegen wel een steilere helling te hebben dan de HR-groep.

Tabel 4: *Beschrijvende data van de Categorische Perceptietaak voor een opsplitsing in groepen (LR en HR).*

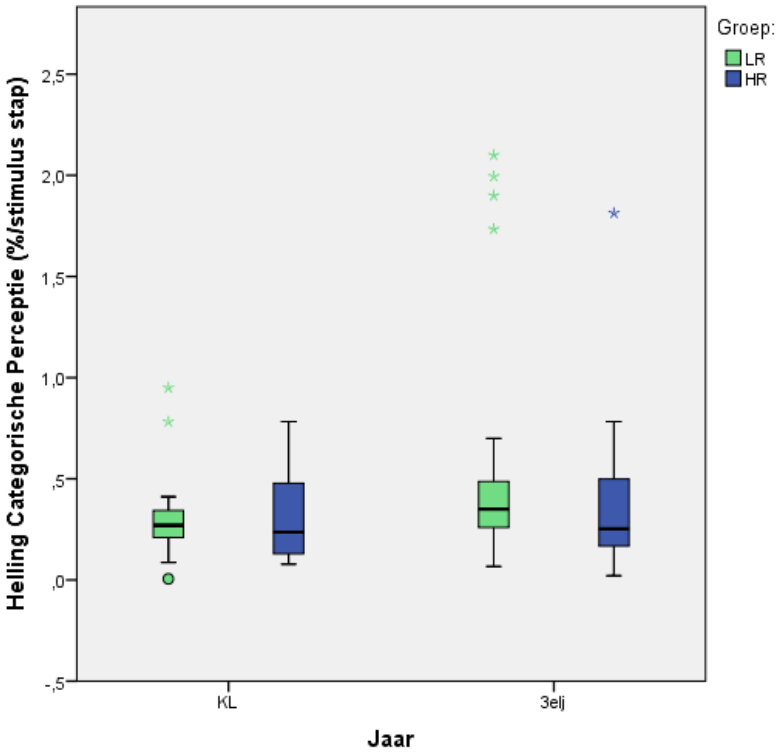
Beschrijvende data categorische perceptietaak				
		N	Mediaan (%/stimulus stap)	Interkwartiel Range
Helling Kleuterklas	LR	20	.25	.20
	HR	16	.24	.40
Helling 3e leerjaar	LR	33	.35	.30
	HR	29	.25	.30

3.2.2.2 Evolutie van de Helling

Uit de statistische resultaten van de *Wilcoxon Matched-pairs test* blijkt dat het Jaar waarin de kinderen zaten de helling niet significant beïnvloedt (T = 166, p = 0.176, R^2 = 0.063). Figuur 9 toont de ontwikkeling voor de LR- en de HR-groep en niet voor de NR-LR-, de NR-HR- en de DR-groep, aangezien er te weinig kinderen binnen de DR-groep een waarde hadden op beide meetmomenten (N = 2). In figuur 8 en figuur 9 zijn er enkele uitbijters zichtbaar. Voornamelijk binnen de LR-groep in het derde leerjaar zaten er kinderen die een extreem steile helling behaalden op de categorische perceptietaak. Deze kinderen konden dus zeer consistent /bAk/ van /dAk/ onderscheiden.



Figuur 8*: Mediaan en interkwartielafstanden van de Helling per jaar (KL en 3elj).*



Figuur 9*: Mediaan en interkwartielafstanden van de Helling per jaar (KL en 3elj) en per groep (LR en HR).*

3.3 Relaties tussen spraakperceptie, fonologie en geletterdheid

Er werd in dit onderdeel gekozen om een aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen (α = 0.01) toe te passen en niet voor een Bonferroni-correctie. De Bonferroni-correctie zou namelijk te streng zijn, waardoor het onmogelijk zou worden om nog over significante effecten te spreken. Allereerst worden de *Spearman's rho correlaties* besproken tussen spraakperceptie, fonologie en geletterdheid (3.3.1 – 3.3.2 – 3.3.3). Vervolgens wordt er ingegaan op de *partiële correlaties* tussen spraakperceptie en geletterdheid, uitgezuiverd voor fonologie (3.3.4).

3.3.1 Relaties tussen fonologie en geletterdheid

Uit tabel 5 kan afgeleid worden dat betere fonologische vaardigheden in het derde leerjaar, en meer bepaald betere prestaties op taken die FB en SSB nagaan, significant samenhangen met betere lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar.

Tabel 5*: Spearman's rho correlaties tussen fonologie en geletterdheid voor de gehele proefgroep.*

Spearman's rho correlaties tussen fonologie en geletterdheid voor de gehele proefgroep				
	FB	vKTG	Orthografie	Lezen
SSB	.21*	-.16	.35**	.49**
FB		.34**	.76**	.71**
vKTG			.17	.17
Orthografie				.86**

*. p < 0.05 (eenzijdig).
**. p < 0.01 level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

De scatterplots en een overzicht van de significante binnen-groepscorrelaties werden in bijlage 8 opgenomen.

3.3.2 Relaties tussen spraakperceptie en fonologie

Uit tabel 6 kan afgeleid worden dat betere spraakperceptievaardigheden, en meer bepaald een betere SRT van de Lilliput in het eerste leerjaar en een steilere helling van de Lilliput in het derde leerjaar, significant samenhangen met betere prestaties op taken die SSB nagaan in het derde leerjaar. Daarnaast hangt een steilere helling van de Lilliput in het eerste leerjaar significant samen met betere prestaties op taken die vKTG.

Tabel 6: *Spearman's rho correlaties tussen spraakperceptie en fonologie voor de gehele proefgroep.*

Spearman's rho correlaties tussen spraakperceptie en fonologie voor de gehele groep		
	SSB	vKTG
SRT Lilliput 1^{e}lj	-.35**	.26
Helling Lilliput 1^{e}lj	-.05	.31**
Helling Lilliput 3^{e}lj	-.29**	.02

*. p < 0.05 (eenzijdig)
**. p < 0.01 level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

De scatterplots en een overzicht van de significante binnen-groepscorrelaties werden in bijlage 9 opgenomen.

3.3.3 Relaties tussen spraakperceptie en geletterdheid

Uit tabel 7 kan afgeleid worden dat een betere SRT van de Lilliput in de derde kleuterklas significant samenhangt met betere lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar.

Tabel 7*: Spearman's rho correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de gehele groep.*

Spearman's rho correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de gehele groep		
	Orthografie	Lezen
SRT Lilliput 3e Kleuterklas	-0,32**	-0,31**

*. p < 0.05 (eenzijdig)
**. p < 0.01 level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

De scatterplots en een overzicht van de significante binnen-groepscorrelaties werden in bijlage 10 opgenomen.

3.3.4 Relaties tussen spraakperceptie en geletterdheid, uitgezuiverd voor fonologie

Voor de volledige proefgroep zijn de *partiële correlaties* tussen spraakperceptievaardigheden (spraak-in-ruis perceptie en categorische perceptie) over de verschillende leerjaren en lees- en spellingsvaardigheden (orthografie en lezen) in het derde leerjaar niet significant (*Bijlage 11*). Er kon met andere woorden geen direct verband vastgesteld worden tussen spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar, maar enkel een indirect verband via fonologische vaardigheden in het derde leerjaar.

De binnen-groeps partiële correlaties blijken enkel randsignificant te zijn tussen de SRT van de Lilliput in het derde leerjaar en lezen binnen de DR-groep ($\rho_{xy.z}$ = 0,981, p = 0.01).

3.4 Voorspellers van de ontwikkeling van lees- en spellingsvaardigheden

In dit onderdeel wordt allereerst de bijdrage van het familiaal risico op dyslexie onderzocht in de voorspelling van deze leerstoornis (3.4.1). Vervolgens worden spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en in het derde leerjaar, fonologische vaardigheden in het derde leerjaar en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar onderzocht in een regressiemodel dat aansluit bij de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie (3.4.2).

3.4.1 De voorspellende waarde van een familiaal risico voor de diagnose van dyslexie

Om na te gaan hoe groot de bijdrage is van het familiaal risico in de voorspelling van dyslexie, werd een *enkelvoudige lineaire regressie* uitgevoerd met de groepsindeling LR en HR als predictor en de groepsindeling NR en DR als criterium. De resultaten geven weer dat het familiaal risico op dyslexie een significante voorspeller is voor de ontwikkeling van deze

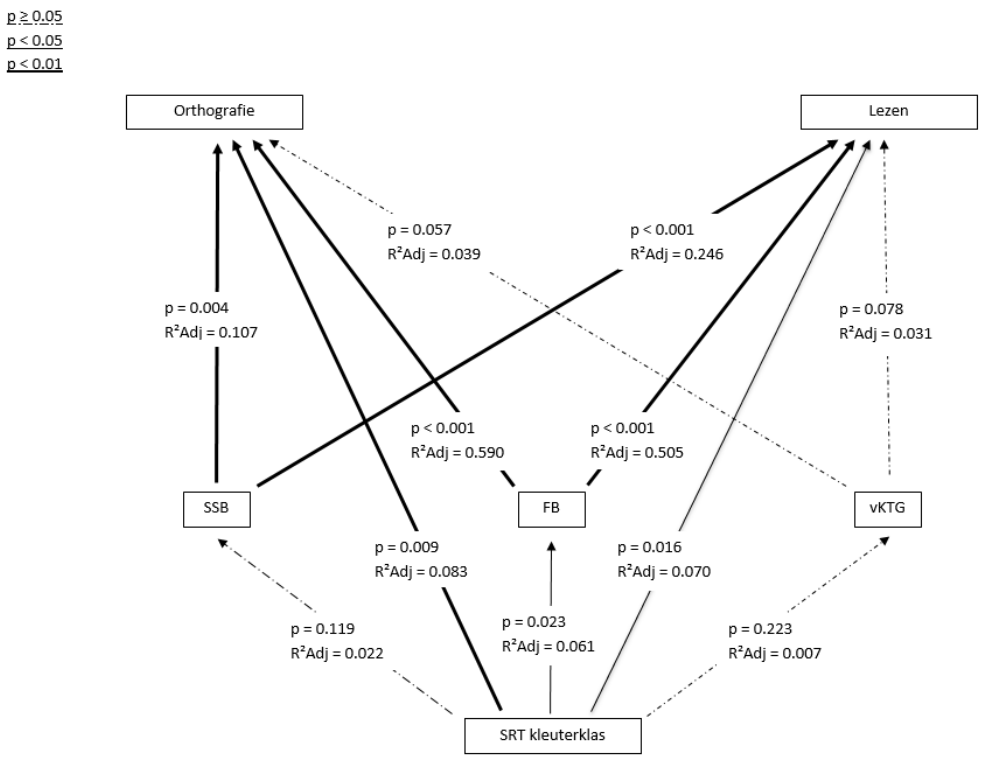
leerstoornis (F(1,69) = 12.945, p = 0.001, R^2adj = 0.146). De diagnose wordt voor 14.6 % verklaard door het hebben van een eerstegraads verwant met dyslexie.

3.4.2 De directe en indirecte voorspellende waarde van spraakperceptievaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden

In dit onderdeel wordt allereerst ingegaan op de voorspellende waarde van spraakperceptievaardigheden voor fonologische vaardigheden (3.4.2.1). Vervolgens wordt de voorspellende waarde van fonologische vaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden besproken. Hierbij zal ook kort ingegaan worden op de unieke bijdrage van elke fonologische variabele bovenop de twee andere fonologische variabelen (3.4.2.2). Ten slotte zal de voorspellende waarde van spraakperceptievaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden besproken worden. Hierbij zal ook ingegaan worden op de unieke bijdrage van spraakperceptievaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden bovenop fonologische vaardigheden (3.4.2.3).

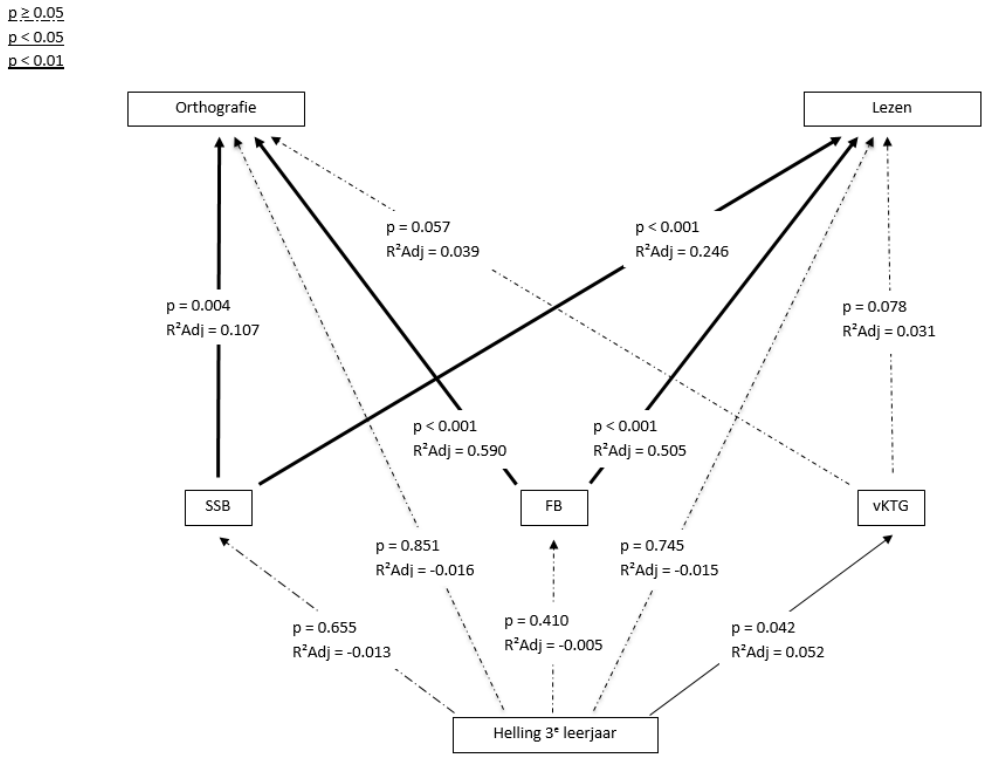
3.4.2.1 De voorspellende waarde van spraakperceptie voor fonologie

Voor de volledige proefgroep blijkt uit figuur 10 dat de SRT van de Lilliput in de derde kleuterklas een significante voorspeller is voor FB in het derde leerjaar.



Figuur 10: *Enkelvoudige lineaire regressies met de SRT van de Lilliput in de 3e kleuterklas voor de hele proefgroep.*

Voor de volledige proefgroep blijkt uit figuur 11 dat de helling van de categorische perceptietaak in het derde leerjaar een significante voorspellende waarde heeft voor vKTG in het derde leerjaar.



Figuur 11: *Enkelvoudige lineaire regressies met de helling van de categorische perceptietaak in het 3e leerjaar voor de hele proefgroep.*

Voor de *enkelvoudige lineaire regressies* met de SRT van de Lilliput in het derde leerjaar en de helling van de categorische perceptietaak in de derde kleuterklas verwijzen we naar bijlage 12.

3.4.2.2 De voorspellende waarde van fonologie voor geletterdheid

Voor de volledige proefgroep blijkt uit figuur 10 en 11 dat FB en SSB significante voorspellers zijn van orthografie en lezen.

Uit tabel 8 blijkt dat FB een significante unieke bijdrage heeft in de voorspelling van orthografie en lezen. Uit tabel 9 blijkt dat SSB een significante unieke bijdrage heeft in de voorspelling van lezen.

Tabel 8: *Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) – Unieke bijdrage van FB in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.*

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	Lezen[a]
MLR	R^2adj = .60*	R^2adj = .60*
Bijdrage van FB bovenop SSB en vKTG	R^2 = .42*	R^2 = .29*

[a]composietscore
*p< 0,001 (tweezijdig)

Tabel 9: *Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) - Unieke bijdrage van SSB in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.*

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	Lezen[a]
MLR	R^2adj = .60*	R^2adj = .60*
Bijdrage van SSB bovenop FB en vKTG	R^2 = .02	R^2 = .10*

[a]composietscore
*p< 0,001 (tweezijdig)

3.4.2.3 De voorspellende waarde van spraakperceptie voor geletterdheid

Voor de volledige proefgroep blijkt uit figuur 10 dat enkel de SRT van de Lilliput in de derde kleuterklas een significante voorspeller is van orthografie en lezen.

Spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren blijken geen significante unieke bijdrage te hebben in de voorspelling van lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar, wanneer er uitgezuiverd werd voor fonologische vaardigheden (FB, vKTG en SSB) in het derde leerjaar (*Bijlage 13*). Het causaal verband tussen spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren van deze longitudinale studie en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar wordt dus volledig gemedieerd door fonologische vaardigheden.

4 Discussie

In dit onderdeel wordt allereerst kort ingegaan op de resultaten uit dit onderzoek omtrent de prevalentie, de geslachtsverhouding en het familiaal risico bij deze leerstoornis (4.1). Nadien worden de bevindingen omtrent de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese besproken (4.2). Ten slotte worden de beperkingen van dit onderzoek aangehaald en worden er suggesties aangereikt voor verder onderzoek (4.3).

4.1 Dyslexie

In het huidig onderzoek ontwikkelden enkel kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie deze leerstoornis. Het prevalentiecijfer van dyslexie binnen de groep kinderen die een eerstegraads verwant hebben met dyslexie bedroeg 26.5 %. Dit ligt dichtbij de ondergrens volgens Scerri en Schulte-Korne (2010), die stellen dat het hebben van een eerstegraads verwant met dyslexie de kans om zelf deze leerstoornis te ontwikkelen verhoogt naar 30 tot 70 %. De geslachtsverhouding meisjes versus jongens voor dyslexie binnen de groep met een hoog familiaal risico op dyslexie bedroeg 1:1.6. De geslachtsverhouding binnen deze groep blijkt nog ongebalanceerder te zijn dan de geslachtsverhouding meisjes versus jongens 1.1.4 voor dyslexie binnen de algemene populatie (Jiménez et al., 2009).

Uit de resultaten van het huidig onderzoek blijkt het familiaal risico op dyslexie een significante voorspeller te zijn voor het al dan niet ontwikkelen van dyslexie. Er is hierbij sprake van een middelgroot effect, aangezien de gekwadrateerde correlatiecoëfficiënt groter is dan 0.09 (Cohen, 1992). Zo wordt de diagnose van dyslexie namelijk voor 14.6 % bepaald door het hebben van een eerstegraads verwant met dyslexie. Het familiaal risico op dyslexie is bijgevolg niet de enige factor die bijdraagt tot het al dan niet stellen van de diagnose van deze leerstoornis. Zo waren er in het huidig onderzoek, net zoals in het onderzoek van Boets et al. (2010) en dat van Kraft et al. (2015), ook kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie die deze leerstoornis niet ontwikkelden. Volgens Boets et al. (2010) behaalde de NR-HR-groep lagere scores dan de NR-LR-groep en hogere scores dan de DR-groep op taken die het moeilijkst waren op vlak van fonologische representaties. Het familiaal risico op dyslexie lijkt bijgevolg eerder een continuüm, in plaats van een discrete variabele. In het huidig onderzoek was er een lichte trend aanwezig, waarbij de NR-HR-groep zich ook als tussengroep leek te gedragen voor fonologische vaardigheden, maar deze resultaten bereikten geen significantie.

4.2 De temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie

In wat volgt worden de bevindingen besproken omtrent twee domeinen, namelijk fonologie (4.2.1) en spraakperceptie (4.2.2), van de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie.

4.2.1 Fonologie

Eerst worden de bevindingen over de groepsverschillen voor fonologische vaardigheden besproken (4.2.1.1). Vervolgens komt de voorspellende waarde van fonologische vaardigheden voor lees- en spellingsvaardigheden aan bod (4.2.1.2). Voor een uitgebreidere bespreking van fonologische vaardigheden in relatie met lees- en spellingsvaardigheden bij de ontwikkeling van dyslexie verwijzen we naar Flamaing en Vincentie (2015).

4.2.1.1 Zijn er significante groepsverschillen op vlak van de ontwikkelde fonologische vaardigheden?

Net zoals in de studie van Boets et al. (2010), waren de verschillen tussen personen met dyslexie en normale lezers in het huidig onderzoek significant voor FB en SSB. Zo scoorden personen met dyslexie in het derde leerjaar significant lager op de taken die FB nagaan en op de verschillende SSB-taken. De verschillen tussen de NR-LR- en de NR-HR-groep waren daarentegen niet significant, terwijl in de studie van Boets et al. (2010) de NR-HR-groep significant lagere resultaten behaalde op de taken die het moeilijkst waren op vlak van fonologische representaties, namelijk Spoonerisms en Nonwoordrepetitie. Daarnaast waren er, in tegenstelling tot het onderzoek van Boets et al. (2010), in het huidig onderzoek geen significante verschillen tussen de groepen voor vKTG. Het huidig onderzoek kon bijgevolg dus niet aansluiten bij de algemene consensus dat de fonologische verwerkingsstoornis bij personen met dyslexie zich weerspiegelt in zwakke prestaties op taken die vKTG nagaan. Dit sluit aan bij de bevindingen van Perez et al. (2012), namelijk dat vKTG niet enkel bestaat uit fonologische processen. Zo zou het gebrekkig opslaan van de items zelf tijdens taken die het vKTG nagaan door gebrekkige fonologische representaties komen en dit ligt dus in lijn met de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Maar personen met dyslexie lijken daarnaast ook moeite te hebben met het reproduceren van de aangeboden volgorde van de items en dit deficit blijft ook na controle voor fonologische vaardigheden significant.

4.2.1.2 Kan geletterdheid voorspeld worden op basis van de fonologische vaardigheden?

Vele onderzoeken vonden, net als het huidig onderzoek, sterke verbanden tussen fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden (Boets et al., 2010; Hulme et al., 2012; Georgiou et al., 2012). Uit de resultaten van de enkelvoudige lineaire regressieanalyses in het huidig onderzoek bleken zowel FB als SSB in het derde leerjaar significante voorspellers te zijn van orthografie en lezen in het derde leerjaar. Volgens Boets et al. (2010) bleek FB daarentegen enkel tot en met het tweede leerjaar een significante voorspeller te zijn van lezen. SSB bleek wel, net zoals in het huidig onderzoek, in het derde leerjaar nog een significante voorspellende waarde te hebben voor lezen.

De grootste proportie variantie van orthografie en lezen in het derde leerjaar wordt verklaard door FB in het derde leerjaar. Dit komt overeen met vorige bevindingen omtrent de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, waarbij er voornamelijk een causaal verband lijkt te bestaan tussen het fonemisch bewustzijn en lees- en spellingsvaardigheden (Castles en Coltheart, 2004). De voorspellende relatie in het huidig onderzoek tussen SSB in het derde leerjaar en lezen in het derde leerjaar vloeit ook voort uit de fonologische verwerkingsdeficit hypothese, waarbij SSB de snelheid van toegankelijkheid weergeeft tot fonologische informatie in het LTG (Torgesen et al., 1997). Dit resultaat sluit ook aan bij het dual route model (Coltheart en Rastle, 1994; Jobard et al., 2003; Orsolini et al., 2006). Het snel moeten ophalen van fonologische informatie uit het LTG komt namelijk bij elke route tussen. In sommige situaties kan er gelezen worden via de directe route, wanneer volledige woordherkenning optreedt. In andere situaties kan er gelezen worden via de indirecte route, waarbij elk grafeem eerst aan zijn overeenkomstig foneem wordt gekoppeld, alvorens de informatie uit het LTG wordt opgehaald.

FB in het derde leerjaar heeft in het huidig onderzoek, bovenop vKTG en SSB, een unieke bijdrage in de voorspelling van lezen en orthografie in het derde leerjaar. SSB in het derde leerjaar heeft daarentegen enkel nog een unieke bijdrage in de voorspelling van lezen in het derde leerjaar, wanneer uitgezuiverd wordt voor FB en vKTG. Dit komt overeen met de dubbele deficit hypothese van dyslexie, waarbij FB en SSB sterke verbanden vertonen met andere leesvaardigheden (Wolf en Bowers, 1999, 2000; Wolf et al., 2002). Zo zouden personen met dyslexie ofwel een verstoorde FB kunnen hebben, ofwel een stoornis in SSB. Ten slotte kunnen personen met dyslexie ook een dubbele stoornis hebben. De resultaten uit recentere onderzoeken van Boets et al. (2010) en Georgiou et al. (2012) sloten, net zoals de resultaten van het huidig onderzoek, aan bij deze hypothese.

4.2.2 Spraakperceptie

In dit onderdeel gaan we dieper in op de groepsverschillen voor spraakperceptievaardigheden (4.2.2.1). Vervolgens wordt de ontwikkeling van spraakperceptievaardigheden besproken (4.2.2.2). Ten slotte komt ook de voorspellende waarde van spraakperceptievaardigheden voor fonologische vaardigheden (4.2.2.3) en voor lees- en spellingsvaardigheden (4.2.2.4) aan bod.

4.2.2.1 Zijn er significante groepsverschillen op vlak van de ontwikkelde spraakperceptievaardigheden?

In het huidig onderzoek waren de verschillen tussen de groepen voor spraakperceptievaardigheden over de verschillende leerjaren van deze longitudinale studie niet significant. Dit resultaat sluit bijgevolg niet aan bij de temporele auditieve deficit hypothese van dyslexie, die veronderstelt dat personen met dyslexie moeilijkheden vertonen op vlak van spraakperceptievaardigheden. In het cross-sectionele onderzoek van Poelmans et al. (2011) werden er daarentegen wel significante verschillen gevonden tussen kinderen met dyslexie en normale lezers voor spraak-in-ruis perceptie. Ook in het longitudinale onderzoek van Boets et al. (2011) konden er significante groepsverschillen worden vastgesteld tussen kinderen met dyslexie en normale lezers, maar niet tussen een NR-LR- en een NR-HR-groep. De significante groepsverschillen tussen kinderen met dyslexie en normale lezers voor spraak-in-ruisperceptie konden echter enkel in de derde kleuterklas vastgesteld worden en niet meer in het eerste leerjaar. Boets et al. (2007) voerden een individuele deviatie analyse uit op de data, waarbij de SRT als zwak werd beschouwd wanneer de waarde hoger lag dan 1.65 standaarddeviaties (percentiel 5) van het gezuiverd gemiddelde bij normale lezers met een laag familiaal risico op dyslexie. Uit de resultaten van deze analyse bleek op basis van dit criterium dat slechts 33 % van de zwakke lezers spraak-in-ruis perceptieproblemen vertoonden. Hieruit kan bijgevolg, net zoals uit de resultaten van het huidig onderzoek, afgeleid worden dat de aanwezigheid van spraakperceptiestoornissen niet noodzakelijk is voor de ontwikkeling van dyslexie.

4.2.2.2 Zijn er significante groepsverschillen in de evolutie van de spraakperceptievaardigheden ?

In het huidig onderzoek kon er, net zoals in de studie van Boets et al. (2011), geen significante verandering in SRT van de Lilliput vastgesteld worden tussen de derde kleuterklas en het eerste leerjaar. Wel kon er een significante verbetering van de SRT worden vastgesteld tussen de derde kleuterklas en het tweede leerjaar en tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar. Ook tussen het eerste leerjaar en het tweede leerjaar en tussen het eerste leerjaar en het derde leerjaar bleek de SRT significant te verbeteren. Hieruit kan besloten worden dat de identificatie van spraakklanken in ruis voor alle kinderen lijkt te verbeteren over de leerjaren heen. De

ontwikkeling van de SRT tussen de drie groepen (NR-LR – NR-HR – DR) was in het huidig onderzoek niet significant verschillend. Ook in de studie van Boets et al. (2011) verschilde de evolutie van de SRT niet significant tussen de drie groepen. Kinderen die dyslexie ontwikkelen lijken dus niet noodzakelijk een zwakkere ontwikkeling op vlak van spraak-in-ruis perceptievaardigheden te vertonen ten opzichte van normale lezers.

In dit onderzoek verbeterde de helling van de Lilliput significant tussen de derde kleuterklas en het eerste leerjaar, tussen de derde kleuterklas en het tweede leerjaar en tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar. Hieruit kan besloten worden dat de SRT met de tijd een steeds kleinere foutmarge heeft en dus steeds nauwkeuriger bepaald kan worden. Ook hier bleek de ontwikkeling van de helling niet significant te verschillen tussen de drie groepen.

Ten slotte bleek de helling op de categorische perceptietaak niet significant te verbeteren tussen de derde kleuterklas en het derde leerjaar. Boets et al. (2011) konden in hun studie een significante verbetering van de helling van de categorische perceptietaak tussen de derde kleuterklas en het eerste leerjaar vaststellen. De ontwikkeling van deze categorische perceptievaardigheden verschilde echter niet significant tussen de drie groepen (NR-LR – NR-HR – DR). Het verschil in resultaten tussen het onderzoek van Boets et al. (2011) en het huidig onderzoek kan mogelijk verklaard worden doordat beide onderzoeken de evolutie over andere leerjaren onderzochten. Daarnaast waren er in het huidig onderzoek veel minder waarden op beide meetpunten beschikbaar in vergelijking met het onderzoek van Boets et al. (2011), waardoor er een andere groepsindeling toegepast moest worden. Uit het onderzoek van Boets et al. (2011) kan besloten worden dat kinderen tussen de derde kleuterklas en het eerste leerjaar een significante vooruitgang maken in het consistent kunnen categoriseren van /bAk/ en /dAk/ en dat kinderen met dyslexie niet noodzakelijk een zwakkere ontwikkeling hebben in het consistent categoriseren van /bAk/ en /dAk/ in vergelijking met normale lezers.

4.2.2.3 Kunnen de fonologische vaardigheden voorspeld worden op basis van de spraakperceptievaardigheden?

Uit het huidig onderzoek bleek de SRT van de spraak-in-ruis perceptietaak in de derde kleuterklas een significante voorspeller te zijn van FB in het derde leerjaar. Er kon geen significant verband gevonden worden tussen spraak-in-ruis perceptievaardigheden en fonologische vaardigheden SSB en vKTG. Boets et al. (2007, 2008) konden eenzelfde voorspellende waarde van de SRT van de spraak-in-ruis perceptietaak in de derde kleuterklas voor FB vaststellen. Ook hier bleek er geen significant verband te zijn tussen spraak-in-ruis perceptievaardigheden en andere fonologische vaardigheden. Dit zou verklaard kunnen worden

doordat vKTG en SSB niet enkel bestaan uit onderliggende fonologische processen. (Perez et al., 2012; Wolf en Bowers 1999, 2000; Wolf et al., 2002). De voorspellende waarde tussen spraakperceptievaardigheden en fonologische vaardigheden SSB en vKTG zou bijgevolg dus kunnen verdwijnen door de invloed van andere onderliggende processen, zoals aandacht, geheugen en perceptievaardigheden.

De bevindingen van Boets et al. (2007, 2008) en de resultaten van het huidig onderzoek sluiten aan bij de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Zo zou er volgens de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, die een onderdeel vormt van de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese, voornamelijk tussen fonemisch bewustzijn en lees- en spellingsvaardigheden een causaal verband bestaan (Castles en Coltheart, 2004) en uit de bevindingen bleek dat verstoorde spraak-in-ruis perceptievaardigheden vooral een zwak FB zouden veroorzaken.

Verstoorde spraakperceptievaardigheden leken in het huidig onderzoek niet voor zwak SSB te zorgen, maar SSB bleek op zijn beurt wel een significante voorspeller te zijn van lezen. Dit zou verklaard kunnen worden vanuit de dubbele deficit hypothese van dyslexie, waarbij SSB en FB afzonderlijk verstoord kunnen zijn. Zo zou dyslexie op twee manieren kunnen optreden, namelijk via verstoorde spraakperceptievaardigheden gemedieerd door FB of via SSB (Wolf en Bowers 1999, 2000; Wolf et al., 2002).

4.2.2.4 Kan geletterdheid voorspeld worden op basis van de spraakperceptievaardigheden?

Uit het huidig onderzoek bleek de SRT van de spraak-in-ruisperceptietaak in de derde kleuterklas een significante voorspeller te zijn van lezen en orthografie in het derde leerjaar. Wanneer de resultaten uitgezuiverd werden voor fonologische vaardigheden, waren spraak-in-ruis perceptievaardigheden geen significante voorspeller meer voor lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar. Hieruit kan besloten worden dat het causaal verband tussen spraakperceptievaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden volledig gemedieerd wordt door fonologische vaardigheden. Dit sluit aan bij de temporele auditieve verwerkingsdeficit van dyslexie.

Volgens Boets et al. (2011) moet dit resultaat genuanceerd worden. Zo bleek dat spraak-in-ruisperceptievaardigheden niet altijd enkel een indirect verband hebben met lees- en spellingsvaardigheden. De SRT van de spraak-in-ruis perceptietaak in de derde kleuterklas had in de studie van Boets et al. (2011) namelijk een unieke bijdrage in de voorspelling van leesvaardigheden in het eerste leerjaar. Spraak-in-ruis perceptievaardigheden in het eerste

leerjaar hadden echter geen unieke bijdrage meer in de voorspelling van leesvaardigheden in het derde leerjaar. Wel bleek FB in het eerste leerjaar een unieke bijdrage te leveren aan de leesontwikkeling in het derde leerjaar. Een mogelijke verklaring hiervoor zou zijn dat kinderen in een cruciale tijdspanne, voor de aanvang van de formele leesinstructie, spraaksignalen en andere geluiden voornamelijk op een onbewuste, spontane manier verwerken. Zodra de formele leesinstructie aanvangt ontwikkelen letterkennis, leesvaardigheden en fonologische vaardigheden van het kind. Dit zorgt ervoor dat de spraaksignalen niet meer op een spontane, onbewuste manier worden verwerkt, maar volgens een top-down manier. Door de verdere ontwikkeling van FB neemt de unieke bijdrage van spraakperceptievaardigheden aan leesvaardigheden bijgevolg af. De resultaten van het huidig onderzoek sluiten hierbij aan. Spraak-in-ruis perceptievaardigheden vertoonden geen direct causaal verband met lees- en spellingsvaardigheden op het moment dat de kinderen al twee volledige schooljaren formele leesinstructie achter de rug hadden.

4.3 Beperkingen van het huidig onderzoek en suggesties voor toekomstig onderzoek

In dit onderzoek werd de DR-groep bepaald aan de hand van een streng achterstandscriterium en exclusiviteitscriterium. Daarnaast werd er ook rekening gehouden met een resistentiecriterium. Om de diagnose van dyslexie nog nauwkeuriger te kunnen stellen zou er in vervolgonderzoek ook rekening gehouden kunnen worden met het al dan niet krijgen van adequate instructie en oefening om nog beter te voldoen aan het resistentiecriterium.

Door de toegepaste criteria behoorden in het huidig onderzoek enkel kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie tot de DR-groep. In de studie van Boets et al. (2010) en in de studie van Kraft et al. (2015) ontwikkelden ook kinderen zonder hoog familiaal risico op dyslexie deze leerstoornis. Het huidig onderzoek zou dus nog meer de algemene populatie weerspiegelen, wanneer ook kinderen met een laag familiaal risico de diagnose dyslexie zouden gekregen hebben. In dit onderzoek was er wel een groep kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie die deze leerstoornis niet ontwikkelden en hetzelfde gold voor de studie van Boets et al. (2010) en voor de studie van Kraft et al. (2015). In toekomstig onderzoek zou het dus interessant zijn om de factoren te achterhalen die ervoor zorgen dat kinderen met een hoog familiaal risico op dyslexie deze leerstoornis toch niet ontwikkelen.

Volgens Boets et al. (2011) zouden spraakperceptievaardigheden in de periode voor de aanvang van de leesinstructie een belangrijke invloed hebben op de leesontwikkeling. Hoewel deze hypothese zeer plausibel is, doet het huidig onderzoek hier geen uitspraak over. Dit onderzoek

focuste zich voornamelijk op de relatie tussen spraakperceptievaardigheden in de derde kleuterklas en leesvaardigheden in het derde leerjaar. Hieruit bleek dat spraak-in-ruis perceptievaardigheden in de derde kleuterklas niet rechtstreeks in verband konden gebracht worden met leesvaardigheden in het derde leerjaar. Voor toekomstig onderzoek zou het interessant kunnen zijn om de invloed van spraakperceptievaardigheden op lees- en spellingsvaardigheden in alle leerjaren te onderzoeken, om zo eventueel bijkomende evidentie te bieden voor de hypothese van Boets et al. (2011).

Een belangrijk domein binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, namelijk basale auditieve vaardigheden, werd niet getest en onderzocht in deze onderzoeksfase. In vervolgonderzoek zou dit domein dus ook opgenomen moeten worden om een betere uitspraak te kunnen doen over de causaliteit van deze hypothese. Hulme et al. (2012) konden nog meer evidentie bieden voor een causale rol tussen fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden door een mediatie-analyse uit te voeren op de data van een grootschalige interventiestudie van Bowyer-Crane et al. (2008). Om nog meer ondersteuning te bieden voor een causaal effect van de verschillende domeinen binnen de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, zouden er in de toekomst dus ook mediatie-analyses kunnen uitgevoerd worden op data van grootschalige interventiestudies. In deze interventiestudies zouden, naast het trainen van fonologische vaardigheden, ook spraakperceptievaardigheden en basale auditieve vaardigheden getraind kunnen worden. Dit zou meteen ook de kans bieden om een goede opvolging en eventuele begeleiding uit te werken op basis van het vroegtijdig opsporen van aanwezige risicofactoren volgens de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. Zo werd reeds het DYSL-X project opgestart met als doel een computerspel te ontwikkelen op basis van auditieve taken dat kan fungeren als screeningsinstrument voor hoge risicofactoren bij kinderen om dyslexie te ontwikkelen (Geurts et al., 2012).

Conclusie

Deze masterproef maakt onderdeel uit van een longitudinale studie naar het verband tussen basale auditieve vaardigheden, spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden bij de ontwikkeling van dyslexie. In deze onderzoeksfase werden de prestaties op fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden in het derde leerjaar onderzocht en besproken. Daarnaast werden de spraakperceptiedata over de vier onderzoeksjaren, namelijk van de derde kleuterklas tot het derde leerjaar, opgenomen.

Uit de resultaten van deze onderzoeksfase bleek dat personen met dyslexie niet consistent lager scoorden in vergelijking met normale lezers wat betreft spraakperceptievaardigheden van de derde kleuterklas tot het derde leerjaar. De spraak-in-ruisperceptievaardigheden leken voor de verschillende groepen te verbeteren met de tijd, maar de ontwikkeling van spraakperceptievaardigheden tussen de verschillende groepen was niet verschillend. Hieruit kan besloten worden dat kinderen die dyslexie ontwikkelen niet noodzakelijk verstoorde spraakperceptievaardigheden moeten hebben.

Personen met dyslexie bleken in het huidig onderzoek zwakker te scoren op vlak van fonologisch bewustzijn en snel serieel benoemen in het derde leerjaar in vergelijking met normale lezers. Tussen normale lezers met een hoog familiaal risico op dyslexie en normale lezers met een laag familiaal risico op dyslexie was er geen verschil. Deze bevindingen sluiten aan bij de fonologische verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie, namelijk dat personen met dyslexie zwakkere fonologische vaardigheden hebben in vergelijking met normale lezers.

De domeinen spraakperceptievaardigheden, fonologische vaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden werden tijdens deze onderzoeksfase opgenomen in een predictief model. Hieruit bleek dat verstoorde spraak-in-ruisperceptievaardigheden voor een zwak fonologisch bewustzijn zorgen en dit zorgt op zijn beurt voor lees- en spellingsproblemen. Het causaal verband tussen spraak-in-ruis perceptievaardigheden en lees- en spellingsvaardigheden werd volledig gemedieerd door fonologische vaardigheden. Deze bevindingen sluiten aan bij de temporele auditieve verwerkingsdeficit hypothese van dyslexie. In vervolgonderzoek zou ook de derde component, namelijk basale auditieve vaardigheden, opgenomen kunnen worden, om deze hypothese nog verder te onderzoeken.

Bibliografie

Altmann, C. F., Uesaki, M., Ono, K., Matsuhashi, M., Mimi, T., & Fukuyama, H., (2014). Categorical speech perception during active discrimination of consonant vowels. *Neuropsychologia, 64,* 13-23.

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Fourth edition, text revision. (DSM-IV-TR).* Washington: American Psychiatric Association.

Andrade, O. V. C. A., Andrade, P. E., & Capellini, S. A. (2015). Collective screening tools for early identification of dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *5*(January), 1–13.

Boets, B., De Smedt, B., Cleuren, L., Vandewalle, E., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2010). Towards a further characterization of phonological and literacy problems in Dutch-speaking children with dyslexia. *British Journal of Developmental Psychology, 28*, 5-31.

Boets, B., Ghesquière, P., van Wieringen, A., & Wouters, J. (2006). Speech perception in preschoolers at family risk for dyslexia: Relations with low-level auditory processing and phonological ability. *Brain and Language, 101,* 19-30.

Boets, B., Vandermosten, M., Poelmans, H., Luts, H., Wouters, J., & Ghesquière P., (2011). Preschool impairments in auditory processing and speech perception uniquely predict future reading problems. *Research in Developmental Disabilities, 32,* 560-570.

Boets, B., Wouters, J., van Wieringen, A., De Smedt, B., & Ghesquière, P., (2008). Modelling relations betweend sensory processing, speech perception, orthographic and phonological ability, and literacy achievement. *Brain and Language, 106,* 29-40.

Boets, B., Wouters, J., van Wieringen, A., & Ghesquière, P., (2007). Auditory processing, speech perception and phonological ability in pre-school children at high-risk for dyslexia: A longitudinal study of the auditory temporal processing theory. *Neuropsychologia, 45,* 1608-1620.

Bowyer-Crane, C., Snowling, M. J., Duff, F. J., Fieldsend, E., Carroll, J. M., Miles, J., … Hulme, C. (2008). Improving early language and literacy skills: Differential effects of an oral language versus a phonology with reading intervention. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *49*(4), 422–432.

Breier, J. I., Fletcher, J.M., Denton, C., & Gray, L. C., (2004). Categorical perception of speech stimuli in children at risk for reading difficulty. *Journal of Experimental Child Psychology, 88,* 152-170.

Byrne, B., Fielding-Barnsley, R., & Ashley, L. (2000). Effects of preschool phoneme identity training after six years: Outcome level distinguished from rate of response. *Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 659–667.

Carroll, J. M., Snowling, M. J., Stevenson, J., & Hulme, C. (2003). The development of phonological awareness in preschool children. *Developmental Psychology*, *39*(5), 913–923.

Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, *91*(1), 77–111.

Castles, A., Wilson, K., & Coltheart, M. (2011). Early orthographic influences on phonemic awareness tasks: Evidence from a preschool training study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*(1), 203–210.

Chan, D. W., Ho, C. S. H., Tsang, S. M., Lee, S. H., & Chung, K. K. H. (2007). Prevalence, gender ratio and gender differences in reading-related cognitive abilities among Chinese children with dyslexia in Hong Kong. *Educational Studies, 33*, 249–255.

Cohen, J. (1992). Quantitative methods in psychology. *Psychological Bulletin, 112*(1), 115-159.

Coltheart, M., & Rastle, K. (1994). Serial Processing in Reading Aloud: Evidence for Dual-Route Models of Reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 6*, 1197-1211.

Delattre, P. C., Liberman, A.M., & Cooper, F. S. (1955). Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants. *The journal of the acoustical society of America, 27*(4), 770-773.

Deloof, G. (2006). *LVS-VCLB Leerlingvolgsysteem Spelling: Toetsen 1-6 Basisboek.* Antwerpen/Apeldoorn: Garant.

De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquie`re, P. (2009). Workingmemory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study fromfirst to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186–201.

Dorman, M. F., Cutting, J. E., & Raphael L. J., (1975). Perception of Temporal Order in Vowel Sequences With an Without Formant Transitions. *Journal of Experimental Psychology, 104*, 121-129.

Duran, L. (2014). Optimalisatiefase van de Lilliput: een spraak-in-ruistest voor kinderen van vier tot zes jaar. Ongepubliceerd manuscript. Leuven.

Farmer, M. E., & Klein, R. M., (1995). The Evidence for a Temporal Processing Deficit Linked to Dyslexia: A review. *Psychonomic Bulletin & Review, 2* (4), 460-493.

Francart, T., van Wieringen, A., & Wouters, J. (2008). APEX 3: a multi-purpose test platform for auditory psychophysical experiments. *Journal of Neuroscience Methods, 172*(2), 283–93.

Friend, A., DeFries, J. C., & Olson, R. K. (2008). Parental education moderates genetic influences on reading disability. *Psychological Science : A Journal of the American Psychological Society / APS*, *19*(11), 1124–1130.

Georgiou, G. K., Papadopoulos, T. C., Fella, A., & Parrila, R. (2012). Rapid naming speed components and reading development in a consistent orthography. *Journal of Experimental Child Psychology*, *112*(1), 1–17.

Gerrits, E., (2004). De spraakperceptie van kinderen met een genetisch risico voor dyslexie. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie, 12*, 160-171.

Geurts, L., Husson, J., Van den Audenaeren, L., Vanden Abeele, V., Celis, V., Ghesquière, P., Wouters, J., Loyez, L., Goeleven, A. (2012). *DYSL-X: Design of a game-based tool for early risk detection of dyslexia in preschoolers*. Fun and Games 2012. Toulouse, France, 4-6 September 2012.

Ghesquière, P., Boets, B., Gadeyne, E., & Vandewalle, E., (2011). Dyslexie: een beknopt wetenschappelijk overzicht. In A. Geudens, D. Baeyens, K. Schraeyen, K. Maetens, J. De Brauwer, & M. Loncke (Eds.), Jongvolwassenen met dyslexie (pp.41-58). Leuven: Acco.

Ghesquière, P., & Van der Leij, A. (2007). Technisch lezen en spellen. In: K. Verschueren, & H. Koomen (red.), Handboek diagnostiek in de leerlingenbegeleiding (pp. 57-72). Antwerpen: Garant.

Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S., & Scott, S. K., (2002). Amplitude Envelope Onsests and Developmental Dyslexia: A new hypothesis. *PNAS, 99*, 10911-10916.

Goswami, U., Sharon Wang, H. L., Cruz, A., Fosker, T., Mead, N., & Huss, M., (2011). Language-universal Sensory Deficits in Developmental Dyslexia: English, Spanish and Chinese. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(2), 325–337

Hämäläinen, J. A., Salminen, K., & Leppänen, H. T., (2012). Basic Auditory Processing Deficits in Dyslexia: Systematic Review of the Behavioral and Event-Related Potential/ Field Evidence. *Journal of Learning Disabilities, 46*(5), 413-427.

Hill, N. J. (2001). Testing Hypotheses About Psychometric Functions. Unpublished manuscript, University of Oxford, United Kingdom.

Hulme, C., Bowyer-Crane, C., Carroll, J. M., Duff, F. J., & Snowling, M. J. (2012). The causal role of phoneme awareness and letter-sound knowledge in learning to read : combining intervention studies with mediation analyses. *Psychological Science, 23*(6), 572-577.

Jamieson, D. G., Kranjc, G., Yu, K., & Hodgetts, W. E. , (2004). Speech Intelligibility of Young School-Aged Children in the Presence of Real-Life Classroom Noise. *Journal of the American Academy of Audiology, 15*(7), 508-517.

Jiménez, J. E., de la Cadena, C. G., Siegel, L. S., O'Shanahan, I., García, E., & Rodríguez, C. (2009). Gender ratio and cognitive profiles in dyslexia: a cross-national study. *Reading and Writing*, *24(7)*, 729–747.

Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: A metanalysis of 35 neuroimaging studies. *NeuroImage*, *20*(2), 693–712.

Kail, R., Hall, L. K., & Caskey, B. J. (1999). Processing speed, exposure to print, and naming speed. *Applied Psycholinguistics*, *20*(02), 303–314.

Kollmeier, B., Brand, T., & Meyer,B. (2008). Perception of speech and sound. Springer handbook of speech processing.61-82

Kraft, I., Cafiero, R., Schaadt, G., Brauer, J., Neef, N. E., Muller, B., Kirsten, H., Wilcke, A., Boltze, J., Friederici, A. D., & Skeide, M. A. (2015). Cortical differences in preliterate children at familiar risk of dyslexia are similar to those observed in dyslexic readers. *Brain*, 1–3.

Laneau, J., Boets, B., Moonen, M., van Wieringen, A., & Wouters, J. (2005). A flexible auditory research platform using acoustic or electric stimuli for adults and young children. *Journal of Neuroscience Methods, 142*(1), 131–6.

Maassen, B., Groenen, P., Crul, T., Assman-Hulsmans, C., & Gabreëls, F. (2000). Identification and discrimination of voicing and place -of-articultion in developmental dysexia. *Clinical Linguistics & Phonetics, 15*, 319-399.

Mann, V., & Wimmer, H. (2002). Phoneme awareness and pathways into literacy: A comparison of German and American children. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *15*(7/8), 653–682.

Neilson, R. (2009). Assessment of phonological awareness in low-progress readers. *Australian Journal of Learning Difficulties*, *14*(1), 53–66.

Nelson, H. E., & Warrington, E. K. (1980). An investigation of memory functions in dyslexic children. *British Journal of Psychology, 71*, 487-503.

Nithart, C., Demont, E., Majerus, S., Leybaert, J., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M.-N. (2009). Reading disabilities in SLI and dyslexia result from distinct phonological impairments. *Developmental Neuropsychology*, *34*(3), 296–311.

Noordenbos, M.W., Segers, E., Serniclaes, W., Mitterer, H., & Verhoeven, L. (2012). Allophonic mode of speech perception in Dutch children at risk for dyslexia: A longitudinal study. *Research in Developmental Disabilities, 33*, 1469-1483.

Orsolini, M., Fanari, R., Tosi, V., De Nigris, B., & Carrieri, R. (2006). From phonological recoding to lexical reading: A longitudinal study on reading development in Italian. *Language and Cognitive Processes*, *21*(5).

Pasquini, E.S., Corriveau, H., & Goswami, U.(2007). Auditory Processing of Amplitude Envelope Rise Time in Adults Diagnosed With Developmental Dyslexia. *Scientific studies of reading, 11*(3), 259-286.

Perez, T. M., Majerus, S., & Poncelet, M. (2012). The contribution of short-term memory for serial order to early reading acquisition: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *111*(4), 708–723.

Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *Lancet, 379*, 1997-2007.

Plaza, M., Cohen, H., & Chevrie-Muller, C. (2002). Oral language deficits in dyslexic children: weaknesses in working memory and verbal planning. *Brain and Cognition*, *48*(2-3), 505–512.

Poelmans, H., Luts, H., Vandermosten, M., Boets, B., Ghesquière P., & Wouters, J., (2011). Reduced sensitivity to slow-rate dynamic auditory information in children with dyslexia. *Research in Developmental Disabilities, 32*, 2810-2819.

Rosen, S. (1992).Temporal Information in Speech: Acoustic, Auditory and Linguistic Aspects. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 336*, 367-373.

Scerri, T. S., & Schulte-Körne, G. (2010). Genetics of developmental dyslexia. *European Child and Adolescent Psychiatry*, *19*(3), 179–197.

Schneider, W., Eschman, A., Zuccolotto, A. (2002). E-Prime User's Guide. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc..

Scheltinga, F. (2003). The Dutch nonword repetition test. Unpublished manuscript, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.

Shannon, R.V., Zeng, F.G., Kamath, V., Wygonski, J., Ekelid, M., (1995). Speech Recognition with Primarily Temporal Cues. *Science, 270*,303.

Shaywitz, S. E., Morris, R., & Shaywitz, B. A. (2008). The Education of Dyslexic Children from Childhood to Young Adulthood. *Psychology, 59*, 451-457.

Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R., & Demonet, J.F. (2001). Perceptual Discrimination of Speech Sounds in Developmental Dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 44*, 384-399.

Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia* (2nd ed.) (pp. 1). Oxford: Blackwell Publishing.

Stach, B.A.,(2010) The audiologist's assessments tools: Speech audiometry and other behavioural measures. Clinical Audiology an Introduction second edition., 274-310 Delmar Cengage Learning.

Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language, 9*, 182-198.

Tijms, J. (2004). Verbal memory and phonological processing in dyslexia. *Journal Of Research In Reading*, *27*(3), 300–310.

Torgesen, J. K., Wagner, R. K., Rashotte, C. A., Burgess, S., & Hecht, S. (1997). Contributions of Phonological Awareness and Rapid Automatic Naming Ability to the Growth of Word-Reading Skills in Second- to Fifth-Grade Children. *Scientific Studies of Reading, 1*(2), 161-185.

Torppa, M., Lyytinen, P., Erskine, J., Eklund, K., & Lyytinen H., (2010). Language Development, Literacy Skills and Predictive Connections to Reading in Finnish Children With and Without Familial Risk for Dyslexia, *Journal of Learning Disabilities, 43*(4), 308–321.

Vandermosten, M., Boets, B., Luts, H., Poelsmans, H., Golestani, N., Wouters, J., & Ghesquière, P., (2010). Adults with dyslexia are impaired in categorizing speech and nonspeech sounds on the basis of temporal cues. *Psychological and Cognitive Sciences, 107*, 10389-10394.

Vandermosten, M., Boets, B., Luts, H., Poelmans, H., Wouters, J. & Ghesquière P. (2011). Impairments in speech and nonspeech sound categorization in children with dyslexia are driven by temporal processing difficulties. *Research in Developmental Disabilities, 32*, 593-603.

van den Bos, K. P., Zijlstra, B. J. H., & Spelberg, H. C. (2002). Life-span data on continuous-naming speeds of numbers, letters, colors, and pictured objects, and word-reading speed. *Scientific Studies of Reading, 6(1),* 25–49.

Van der Leij, A., & Morfidi, E., (2006). Core deficits and variable differences in Dutch poor readers learning English. *Journal of Learning Disabilities, 39,* 74-90.

Van Ingelghem, M., van Wieringen, A., Wouters, J., Vandenbussche, E., Onghena, P., & Ghesquière, P., (2001). Psychophysical evidence for a general temporal deficit in children with dyslexia. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, 12*, 3603-3607.

Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45*(1), 2–40.

Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, *101*(2), 192–212.

Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The Double-Deficit Hypothesis for the Developmental Dyslexias. *Journal of Educational Psychology, 91*(3), 415-438.

Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: a conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, *33*(4), 387–407.

Wolf, M., Goldberg O´Rouke, A., Gidney, C., Lovett, M., Cirino, P., & Morris, R. (2002). The second deficit: An investigation of the independence of phonological and naming-speed deficits in developmental dyslexia. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *15*, 43–72.

Zaidan, E. & Baran, J. A., (2011). Gaps-in-noise (GIN©) Test Results in Children With and Without Reading Disabilities and Phonological Processing Deficits. International Journal of Audiology, 52, 113-123.

Ziegler, J.C., Pech-Georgel, C., George, F., & Lorenzi, C., (2009). Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia. *Developmental Science, 12*(5), 732-745.

Lijst van tabellen

Tabel 1: Geslachtsverdeling en gemiddelde leeftijd per groep. 22
Tabel 2: Beschrijvende data van de fonologische vaardigheden..... 32
Tabel 3: Beschrijvende data van de Categorische Perceptietaak voor een opsplitsing in groepen (NR-LR, NR-HR, DR). 37
Tabel 4: Beschrijvende data van de Categorische Perceptietaak voor een opsplitsing in groepen (LR en HR)..... 38
Tabel 5: Spearman's rho correlaties tussen fonologie en geletterdheid voor de gehele proefgroep. 40
Tabel 6: Spearman’s rho correlaties tussen spraakperceptie en fonologie voor de gehele proefgroep. 40
Tabel 7: Spearman’s rho correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de gehele groep. 41
Tabel 8: Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) – Unieke bijdrage van FB in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen. 44
Tabel 9: Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) - Unieke bijdrage van SSB in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen. 44

Lijst van figuren

Figuur 1: Ontwikkeling van het fonemisch bewustzijn (Gebaseerd op Carrol et al., 2003). 5
Figuur 2: Dual route model van lezen (Gebaseerd op Jobard et al., 2003). 8
Figuur 3: De drie deeldomeinen binnen de fonologische vaardigheden in hun relatie met geletterdheid. 9
Figuur 4: Gemiddelde SRT per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) voor de volledige proefgroep 34
Figuur 5: Gemiddelde SRT per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) en per groep (NR-LR, NR-HR en DR) .. 35
Figuur 6: Gemiddelde Helling per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) voor de volledige proefgroep 36
Figuur 7: Gemiddelde Helling per jaar (KL, 1elj, 2elj en 3elj) en per groep (NR-LR, NR-HR en DR) 36
Figuur 8: Mediaan en interkwartielafstanden van de Helling per jaar (KL en 3elj) 38
Figuur 9: Mediaan en interkwartielafstanden van de Helling per jaar (KL en 3elj) en per groep (LR en HR) 39
Figuur 10: Enkelvoudige lineaire regressies met de SRT van de Lilliput in de 3e kleuterklas voor de hele proefgroep. 42
Figuur 11: Enkelvoudige lineaire regressies met de helling van de categorische perceptietaak in het 3e leerjaar voor de hele proefgroep. 43

Bijlagen

Bijlage 1: Lilliput: Omzetting van ruwe score naar percentage

Bijlage 2: Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de volledige proefgroep

Bijlage 3: Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de DR-groep

Bijlage 4: Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de NR-HR-groep

Bijlage 5: Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de NR-LR-groep

Bijlage 6: Levene's Test: Test voor gelijkheid van varianties

Bijlage 7: Mauchly's Test: Test voor sfericiteit

Bijlage 8: Tabel van de significante binnen-groepscorrelaties tussen fonologische vaardigheden en geletterdheid en bijbehorende scatterplots.

Bijlage 9: Tabel van de significante binnen-groepscorrelaties tussen spraakperceptie en fonologische vaardigheden en bijbehorende scatterplots.

Bijlage 10: Tabel van de significante binnen-groepscorrelaties correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid en de bijbehorende scatterplots.

Bijlage 11: Partiële correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de volledige proefgroep

Bijlage 12: Enkelvoudige lineaire regressies voor de hele proefgroep

Bijlage 13: Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en de spraakperceptiedata als predictors. Unieke bijdrage van de spraakperceptiedata in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

Bijlage 1: ***Lilliput: Omzetting van ruwe score naar percentage.***

Ruwe score (aantal fonemen)	Percentage
1	3%
2	7%
3	10%
4	13%
5	17%
6	20%
7	23%
8	27%
9	30%
10	33%
11	37%
12	40%
13	43%
14	47%
15	50%
16	53%
17	57%
18	60%
19	63%
20	67%
21	70%
22	73%
23	77%
24	80%
25	83%
26	87%
27	90%
28	93%
29	97%
30	100%

Bijlage 2: *Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de volledige proefgroep*

Test voor normaliteit

Kolmogorov-Smirnov[a]

	Stat.	df	Sig.		Stat.	df	Sig.
Lilliput_Helling_KL	.052	71	.200*	Spoonerisms_TOTAAL_3elj	.101	69	.076
Lilliput_SRT_KL	.055	71	.200*	MeanZscore_FB_3elj	.130	69	.006
CP_Helling_KL	.133	35	.124	NRT_3elj	.105	69	.057
Lilliput_Helling_1elj	.054	71	.200*	Digitspan_3elj	.169	69	<.001
Lilliput_SRT_1elj	.048	71	.200*	MeanZscore_vKTG_3elj	.067	69	.200*
Lilliput_Helling_2elj	.085	71	.200*	Spelling_TOTAAL_3elj	.087	69	.200*
Lilliput_SRT_2elj	.098	71	.089	Pseudohomofonen_TOTAAL_3elj	.060	69	.200*
Lilliput_Helling_3elj	.088	69	.200*	MeanZscore_Orthografie_3elj	.092	69	.200*
Lilliput_SRT_3elj	.084	69	.200*	EMT_TOTAAL_3elj	.077	69	.200*
CP_Helling_3elj	.239	62	<.001	DeKlepel_2min_TOTAAL_3elj	.091	69	.200*
SSB_KLEUREN_TOTAAL_3elj	.088	69	.200*	DMT_1A_TOTAAL_3elj	.092	69	.200*
SSB_VOORWERPEN_TOTAAL_3elj	.063	69	.200*	DMT_2A_TOTAAL_3elj	.103	69	.068
SSB_CIJFERS_TOTAAL_3elj	.079	69	.200*	DMT_3A_TOTAAL_3elj	.061	69	.200*
SSB_LETTERS_TOTAAL_3elj	.095	69	.200*	DMT_TOTAAL_3elj	.065	69	.200*
MeanZscore_SSB_3elj	.095	69	.196	MeanZscore_Lezen_3elj	.058	69	.200*
Foneemdeletie_TOTAAL_3elj	.170	69	<.001	MeanZscore_Geletterdheid_3elj	.064	69	.200*

*. Dit is de ondergrens van de ware significantie.

a. Lilliefors Significantie Correctie

Bijlage 3: *Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de DR-groep*

Test voor Normaliteit
Kolmogorov-Smirnov[a]

DR	Stat.	df	Sig.	DR	Stat.	df	Sig.
Lilliput_Helling_KL	.143	9	.200*	MeanZscore_FB_3elj	.193	9	.200*
Lilliput_SRT_KL	.201	9	.200*	NRT_3elj	.145	9	.200*
Lilliput_Helling_1elj	.114	9	.200*	DigitSpan_3elj	.203	9	.200*
Lilliput_SRT_1elj	.163	9	.200*	MeanZscore_vKTG_3elj	.162	9	.200*
Lilliput_Helling_2elj	.150	9	.200*	Spelling_TOTAAL_3elj	.147	9	.200*
Lilliput_SRT_2elj	.154	9	.200*	Pseudohomofonen_TOTAAL_3elj	.184	9	.200*
Lilliput_Helling_3elj	.150	9	.200*	MeanZscore_Orthografie_3elj	.178	9	.200*
Lilliput_SRT_3elj	.245	9	.128	EMT_TOTAAL_3elj	.331	9	.005
CP_Helling_3elj	.352	7	.009	DeKlepel_2min_TOTAAL_3elj	.177	9	.200*
SSB_KLEUREN_TOTAAL_3elj	.150	9	.200*	DMT_1A_TOTAAL_3elj	.171	9	.200*
SSB_VOORWERPEN_TOTAAL_3elj	.128	9	.200*	DMT_2A_TOTAAL_3elj	.192	9	.200*
SSB_CIJFERS_TOTAAL_3elj	.213	9	.200*	DMT_3A_TOTAAL_3elj	.207	9	.200*
SSB_LETTERS_TOTAAL_3elj	.279	9	.042	DMT_TOTAAL_3elj	.208	9	.200*
MeanZscore_SSB_3elj	.196	9	.200*	MeanZscore_Lezen_3elj	.204	9	.200*
Foneemdeletie_TOTAAL_3elj	.147	9	.200*	MeanZscore_Geletterdheid_3elj	.168	9	.200*
Spoonerisms_TOTAAL_3elj	.134	9	.200*				

*. Dit is de ondergrens van de ware significantie.
a. Lilliefors Significantie Correctie

Bijlage 4: *Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de NR-HR-groep*

Test voor Normaliteit
Kolmogorov-Smirnov[a]

NR-HR	Stat.	df	Sig.	NR-HR	Stat.	df	Sig.
Lilliput_Helling_KL	.099	25	.200*	Spoonerisms_TOTAAL_3elj	.234	24	.001
Lilliput_SRT_KL	.120	25	.200*	MeanZscore_FB_3elj	.208	24	.009
CP_Helling_KL	.240	12	.055	NRT_3elj	.105	24	.200*
Lilliput_Helling_1elj	.083	25	.200*	DigitSpan_3elj	.270	24	< .001
Lilliput_SRT_1elj	.116	25	.200*	MeanZscore_vKTG_3elj	.112	24	.200*
Lilliput_Helling_2elj	.170	25	.061	Spelling_TOTAAL_3elj	.088	24	.200*
Lilliput_SRT_2elj	.095	25	.200*	Pseudohomofonen_TOTAAL_3elj	.070	24	.200*
Lilliput_Helling_3elj	.143	24	.200*	MeanZscore_Orthografie_3elj	.068	24	.200*
Lilliput_SRT_3elj	.123	24	.200*	EMT_TOTAAL_3elj	.154	24	.148
CP_Helling_3elj	.144	22	.200*	DeKlepel_2min_TOTAAL_3elj	.150	24	.171
SSB_KLEUREN_TOTAAL_3elj	.129	24	.200*	DMT_1A_TOTAAL_3elj	.125	24	.200*
SSB_VOORWERPEN_TOTAAL_3elj	.126	24	.200*	DMT_2A_TOTAAL_3elj	.149	24	.178
SSB_CIJFERS_TOTAAL_3elj	.130	24	.200*	DMT_3A_TOTAAL_3elj	.120	24	.200*
SSB_LETTERS_TOTAAL_3elj	.122	24	.200*	DMT_TOTAAL_3elj	.109	24	.200*
MeanZscore_SSB_3elj	.184	24	.035	MeanZscore_Lezen_3elj	.119	24	.200*
Foneemdeletie_TOTAAL_3elj	.215	24	.005	MeanZscore_Geletterdheid_3elj	.140	24	.200*

*. Dit is de ondergrens van de ware significantie.
a. Lilliefors Significantie Correctie

Bijlage 5: *Kolmogorov Smirnov: Test voor normaliteit voor de NR-LR-groep*

Test voor Normaliteit
Kolmogorov-Smirnov[a]

NR-LR	Stat.	df	Sig.	NR-LR	Stat.	df	Sig.
Lilliput_Helling_KL	.107	37	.200*	Spoonerisms_TOTAAL_3elj	.135	36	.093
Lilliput_SRT_KL	.062	37	.200*	MeanZscore_FB_3elj	.146	36	.052
CP_Helling_KL	.225	19	.013	NRT_3elj	.101	36	.200*
Lilliput_Helling_1elj	.077	37	.200*	DigitSpan_3elj	.126	36	.160
Lilliput_SRT_1elj	.101	37	.200*	MeanZscore_vKTG_3elj	.098	36	.200*
Lilliput_Helling_2elj	.095	37	.200*	Spelling_TOTAAL_3elj	.147	36	.049
Lilliput_SRT_2elj	.132	37	.103	Pseudohomofonen_TOTAAL_3elj	.108	36	.200*
Lilliput_Helling_3elj	.128	36	.142	MeanZscore_Orthografie_3elj	.147	36	.049
Lilliput_SRT_3elj	.129	36	.139	EMT_TOTAAL_3elj	.100	36	.200*
CP_Helling_3elj	.283	33	< .001	DeKlepel_2min_TOTAAL_3elj	.080	36	.200*
SSB_KLEUREN_TOTAAL_3elj	.129	36	.135	DMT_1A_TOTAAL_3elj	.120	36	.200*
SSB_VOORWERPEN_TOTAAL_3elj	.111	36	.200*	DMT_2A_TOTAAL_3elj	.102	36	.200*
SSB_CIJFERS_TOTAAL_3elj	.115	36	.200*	DMT_3A_TOTAAL_3elj	.120	36	.200*
SSB_LETTERS_TOTAAL_3elj	.122	36	.196	DMT_TOTAAL_3elj	.092	36	.200*
MeanZscore_SSB_3elj	.154	36	.030	MeanZscore_Lezen_3elj	.115	36	.200*
Foneemdeletie_TOTAAL_3elj	.192	36	.001	MeanZscore_Geletterdheid_3elj	.106	36	.200*

*. Dit is de ondergrens van de ware significantie.
a. Lilliefors Significantie Correctie

Bijlage 6: *Levene's Test: Test voor gelijkheid van varianties*

Test voor gelijkheid van varianties
Levene's Test

	Levene Stat.	df1	df2	Sig.		Levene Stat.	df1	df2	Sig.
Lilliput_Helling_KL	3.261	2	68	.044	SSB_CIJFERS_TOTAAL_3elj	.298	2	66	.743
Lilliput_SE_Helling_KL	.436	2	68	.649	SSB_LETTERS_TOTAAL_3elj	1.697	2	66	.191
Lilliput_SRT_KL	1.970	2	68	.147	MeanZscore_SSB_3elj	.578	2	66	.564
Lilliput_SE_SRT_KL	.400	2	68	.672	Foneemdeletie_TOTAAL_3elj	.063	2	66	.939
CP_Helling_KL	.070	2	32	.933	Spoonerisms_TOTAAL_3elj	.481	2	66	.620
Lilliput_Helling_1elj	.831	2	68	.440	MeanZscore_FB_3elj	.310	2	66	.734
Lilliput_SE_Helling_1elj	.609	2	68	.547	NRT_3elj	.338	2	66	.715
Lilliput_SRT_1elj	.151	2	68	.860	DigitSpan_3elj	2.380	2	66	.100
Lilliput_SE_SRT_1elj	.105	2	68	.901	MeanZscore_vKTG_3elj	1.118	2	66	.333
Lilliput_Helling_2elj	.828	2	68	.441	Spelling_TOTAAL_3elj	1.210	2	66	.305
Lilliput_SE_Helling_2elj	1.696	2	68	.191	Pseudohomofonen_TOTAAL_3elj	1.231	2	66	.299
Lilliput_SRT_2elj	.243	2	68	.785	MeanZscore_Orthografie_3elj	.418	2	66	.660
Lilliput_SE_SRT_2elj	.385	2	68	.682	EMT_TOTAAL_3elj	4.110	2	66	.021
Lilliput_Helling_3elj	2.357	2	66	.103	DeKlepel_2min_TOTAAL_3elj	4.916	2	66	.010
Lilliput_SE_Helling_3elj	1.879	2	66	.161	DMT_1A_TOTAAL_3elj	1.925	2	66	.154
Lilliput_SRT_3elj	3.904	2	66	.025	DMT_2A_TOTAAL_3elj	3.676	2	66	.031
Lilliput_SE_SRT_3elj	.304	2	66	.739	DMT_3A_TOTAAL_3elj	5.229	2	66	.008
CP_Helling_3elj	3.685	2	59	.031	MeanZscore_Lezen_3elj	5.424	2	66	.007
SSB_KLEUREN_TOTAAL_3elj	.147	2	66	.864	MeanZscore_Geletterdheid_3elj	2.219	2	66	.117
SSB_VOORWERPEN_TOTAAL_3elj	1.179	2	66	.314					

Bijlage 7: *Mauchly's Test: Test voor sfericiteit*

Mauchly's test voor sfericiteit: Evolutie van de SRT (Lilliput) voor de verschillende groepen

Mauchly's Test voor Sfericiteit[a]				
Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.
Jaar	.917	5.608	5	.346

a. Design: Intercept + NRHR_NRLR_DR
Within Subjects Design: Jaar

Mauchly's test voor sfericiteit: Evolutie van de helling (Lilliput) voor de verschillende groepen

Mauchly's Test voor Sfericiteit[a]				
Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.
Jaar	.966	2.238	5	.815

a. Design: Intercept + NRHR_NRLR_DR
Within Subjects Design: Jaar

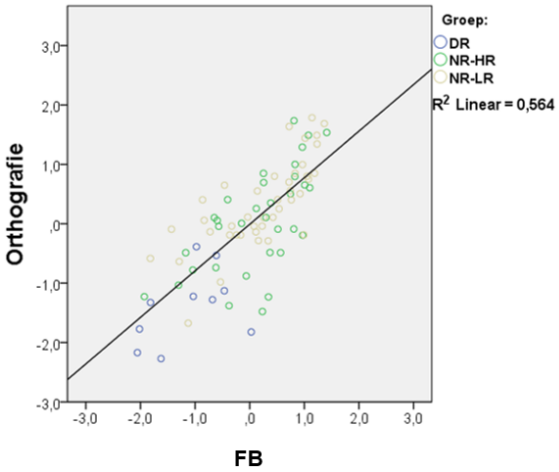
Bijlage 8: ***Significante binnen-groepscorrelaties tussen fonologische vaardigheden en geletterdheid en de bijbehorende scatterplots.***

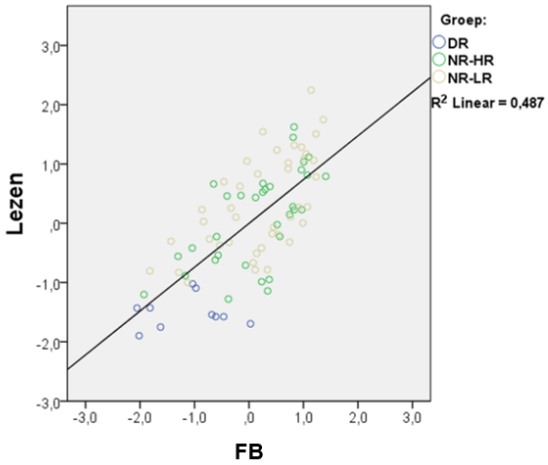
Correlaties[a] tussen fonologie en geletterdheid voor opsplitsing in groepen		
NR-LR	Lezen	Orthografie
FB	0.640**	0.762**
SSB	0.491*	0.186

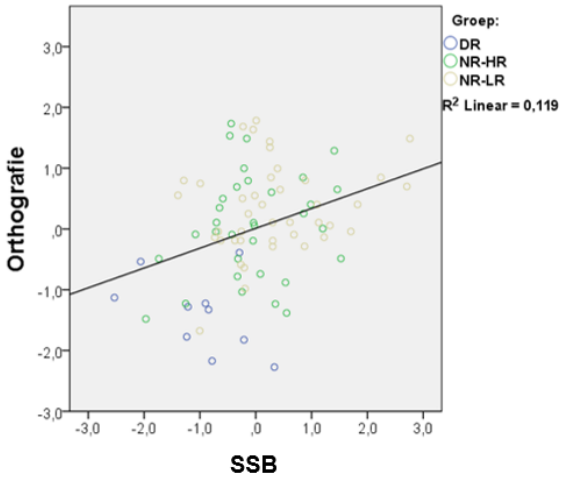
*. p < 0.05 (eenzijdig)

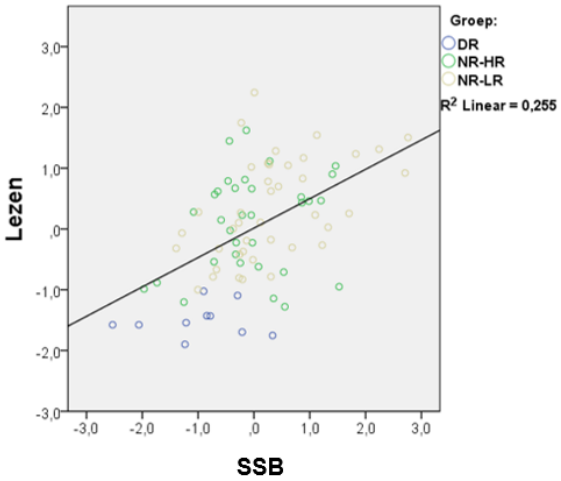
**. p < 0.01 level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

[a] Spearman's rho correlaties









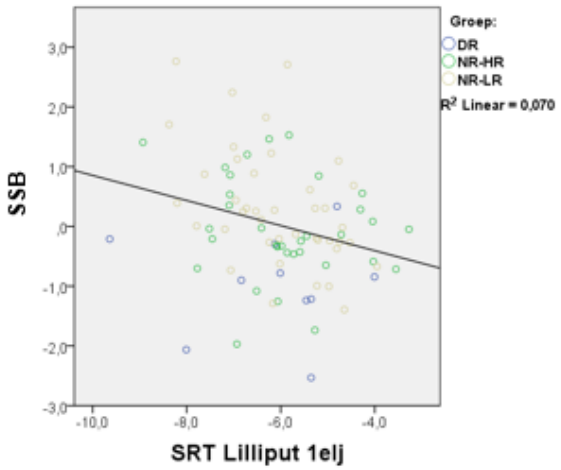
Bijlage 9 ***Significante binnen-groepscorrelaties tussen spraakperceptie en fonologische vaardigheden en de bijbehorende scatterplots.***

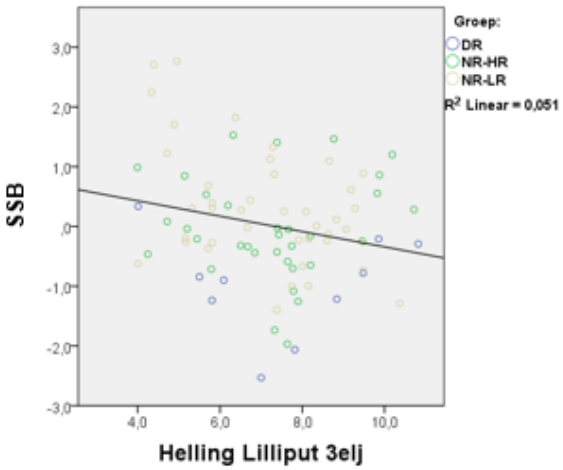
Correlaties[a] tussen spraakperceptie en fonologie voor opsplitsing in groepen				
Groepsverdeling		SSB	FB	VKTG
NR-LR	SRT Lilliput 3e kleuterklas	-0.234	-0.464**	-0.036
	SRT Lilliput 1elj	-0.475**	-0.180	0.110
	Helling Lilliput 3elj	-0.386*	0.094	-0.053
	Helling CP 3e kleuterklas	-0.353	0.532**	0.104
	Helling CP 3elj	-0.005	0.446**	0.257
DR	SRT Lilliput 3e kleuterklas	0.183	-0.250	-0.767**
	SRT Lilliput 2elj	0.700*	-0.483	-0.750**

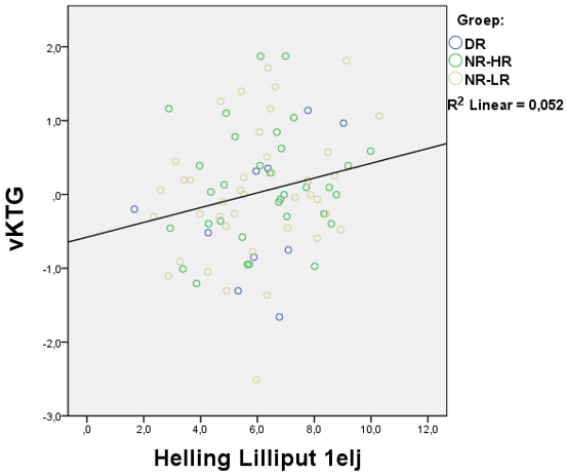
*. $p < 0.05$ (eenzijdig)

**. $p < 0.01$ level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

[a] Spearman's rho correlaties







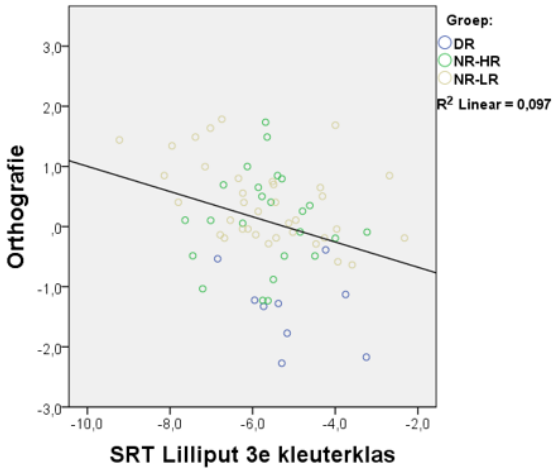
Bijlage 10: ***Significante binnen-groepscorrelaties tussen spraakperceptie en geletterdheid en de bijbehorende scatterplots.***

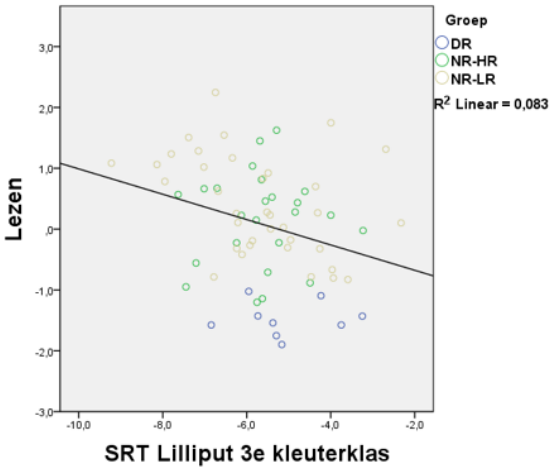
Correlaties[a] tussen spraakperceptie en geletterdheid voor opsplitsing in groepen		
NR-LR	Lezen	Orthografie
SRT Lilliput 3e Kleuterklas	-0.456**	-0.474**
SRT Lilliput 1elj	-0.453**	-0.287*

*. p < 0.05 (eenzijdig)

**. p < 0.01 level (eenzijdig) - aangepaste correctie voor meervoudige vergelijkingen

[a] Spearman's rho correlaties

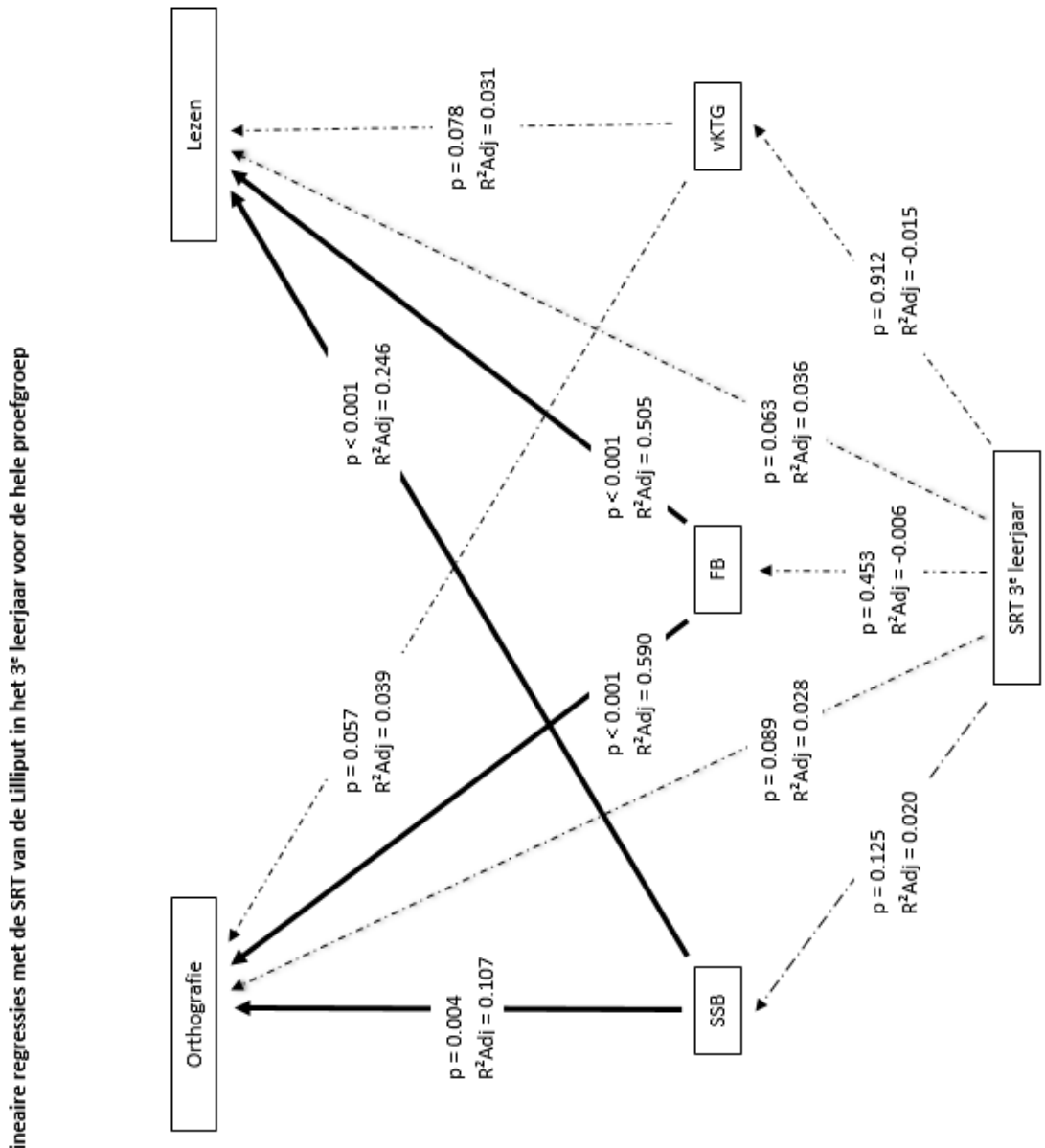




Bijlage 11: ***Partiële correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de volledige proefgroep***

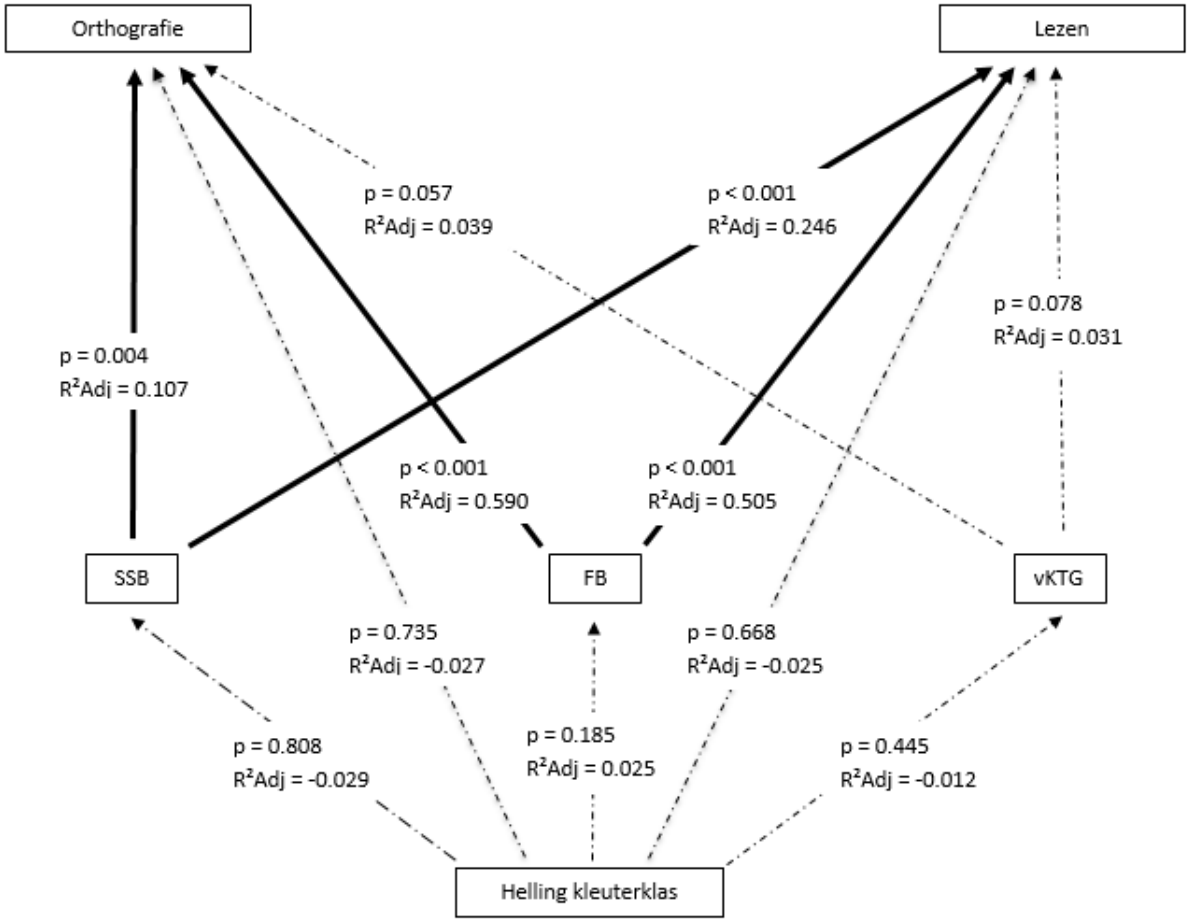
Partiële correlaties tussen spraakperceptie en geletterdheid voor de volledige proefgroep																				
Controle Variabelen MeanZscore_SSB_3elj MeanZscore_FB_3elj MeanZscore_vKTG_3elj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
1. Lilliput_Helling_KL	1.000	.033	.542	-.314	.269	-.012	-.025	.035	-.051	.268	-.062	.231	-.373	.274	.219	.275	.126	-.056	-.093	-.100
2. Lilliput_SE_Helling_KL		1.000	-.163	.870	-.367	.125	.061	.184	-.140	-.124	-.210	-.151	-.013	.125	-.246	-.181	-.178	-.268	.260	.286
3. Lilliput_SRT_KL			1.000	-.403	.087	-.342	.229	-.004	.250	.314	-.063	.298	-.368	.218	.421	.141	.270	.067	.054	.199
4. Lilliput_SE_SRT_KL				1.000	-.359	.121	.099	.130	-.092	-.339	-.131	-.423	.284	.053	-.348	-.278	-.246	-.125	.265	.322
5. CP_Helling_KL					1.000	-.299	-.002	-.082	.303	-.113	-.078	.081	-.057	.169	.065	.357	-.127	.255	-.186	-.141
6. Lilliput_Helling_1elj						1.000	.030	.201	-.444	.205	.195	.030	-.049	.165	-.393	-.213	-.448	-.292	-.040	-.192
7. Lilliput_SE_Helling_1elj							1.000	-.278	.798	-.024	-.032	-.361	.197	.187	.046	-.231	-.095	.237	.163	.329
8. Lilliput_SRT_1elj								1.000	-.427	-.197	-.056	.000	-.042	.246	.044	-.145	-.072	.028	.139	-.061
9. Lilliput_SE_SRT_1elj									1.000	-.054	-.026	-.217	.179	.029	.179	-.109	.100	.332	.138	.373
10. Lilliput_Helling_2elj										1.000	.101	.633	-.526	.255	.085	.339	-.028	-.158	.115	.152
11. Lilliput_SE_Helling_2elj											1.000	-.074	.401	-.038	-.262	.064	-.155	.070	.437	.185
12. Lilliput_SRT_2elj												1.000	-.809	-.074	.231	.315	.176	-.381	-.202	.032
13. Lilliput_SE_SRT_2elj													1.000	.027	-.215	-.223	-.161	.404	.319	.070
14. Lilliput_Helling_3elj														1.000	.059	.150	-.468	.341	-.045	.121
15. Lilliput_SE_Helling_3elj															1.000	.110	.775	.221	-.232	-.063
16. Lilliput_SRT_3elj																1.000	-.035	.171	-.127	-.159
17. Lilliput_SE_SRT_3elj																	1.000	-.062	-.057	-.050
18. CP_Helling_3elj																		1.000	-.184	-.187
19. MeanZscore_Orthografie_3elj																			1.000	.627
20. MeanZscore_Lezen_3elj																				1.000

Bijlage 12*: Enkelvoudige lineaire regressies voor de hele proefgroep*



Enkelvoudige lineaire regressies met de helling van de categorische perceptietaak in de 3e kleuterklas voor de hele proefgroep

p ≥ 0.05
p < 0.05
p < 0.01



Bijlage 13: ***Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en de spraakperceptiedata als predictors. Unieke bijdrage van de spraakperceptiedata in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.***

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en Lilliput_SRT_KL als predictors. Unieke bijdrage van Lilliput_SRT_KL in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,603*	R^2adj = 0,600*
Bijdrage Lilliput_SRT_KL bovenop de fonologische vaardigheden	R^2 = 0,008	R^2 = 0,003

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en Lilliput_SRT_3elj als predictors. Unieke bijdrage van Lilliput_SRT_3elj in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,608*	R^2adj = 0,609*
Bijdrage Lilliput_SRT_3elj bovenop de fonologische vaardigheden	R^2 = 0,013	R^2 = 0,011

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en Lilliput_Helling_KL als predictors. Unieke bijdrage van Lilliput_Helling_KL in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,597*	R^2adj = 0,600*
Bijdrage Lilliput_Helling_KL bovenop de fonologische vaardigheden	R^2 = 0,002	R^2 = 0,003

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en Lilliput_Helling_3elj als predictors. Unieke bijdrage van Lilliput_Helling_3elj in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,603*	R^2adj = 0,601*
Bijdrage Lilliput_Helling_3elj bovenop de fonologische vaardigheden	R^2 = 0,008	R^2 = 0,004

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en CP_OmgezetteSlope_KL als predictors. Unieke bijdrage van CP_OmgezetteSlope_KL in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,589*	R^2adj = 0,570*
Bijdrage CP_OmgezetteSlope_KL bovenop de fonologische vaardigheden	R^2 = 0,014	R^2 = 0,008

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

Hiërarchische meervoudige lineaire regressie (MLR) voor de volledige proefgroep met composietscores Orthografie en Lezen als criterium en de fonologische vaardigheden (composietscores SSB, FB en vKTG) en CP_OmgezetteSlope_3elj als predictors. Unieke bijdrage van CP_OmgezetteSlope_3elj in de voorspelling van de composietscores Orthografie en Lezen.

	Geletterdheid	
	Orthografie[a]	*Lezen*[a]
MLR	R^2adj = 0,546*	R^2adj = 0,538*
Bijdrage CP_OmgezetteSlope_3elj bovenop de fonologische VH	R^2 = 0,001	R^2 = 0,000

[a]composietscore

* p < 0,001 (tweezijdig)

LOGOPEDISCHE EN AUDIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
Herestraat 49/721
3000 LEUVEN, België
tel. + 32 16 33 04 85
fax + 32 16 33 04 86
www.kuleuven.be

LID VAN ASSOCIATIE KU LEUVEN