

Geheugen en Dyslexie

De rol van het werkgeheugen en het langetermijngeheugen bij
de lees- en spellingprestaties van kinderen met dyslexie

Masterscriptie Orthopedagogiek: Leren en Ontwikkeling

Martine Heezen

Radboud Universiteit Nijmegen, december 2011

Supervisor: Prof. Dr. A.M.T. Bosman

Voorwoord

Voor u ligt mijn afsluitende scriptie in het kader van mijn opleiding Pedagogische Wetenschappen in Nijmegen. Een scriptie die niet zonder slag of stoot tot stand is gekomen, maar één waar ik - uiteindelijk - met voldoening op terug kijk.

Graag maak ik van deze gelegenheid om een aantal mensen te bedanken. Allereerst Tom Braams, die mij de kans bood om een enorm leerzame ervaring op te doen met zowel een ontzettend leuke stage, als de mogelijkheid om mijn scriptie te schrijven over een onderwerp dat mij aansprak en me uitdaagde tot verdieping en uitbreiding. Het resultaat van beiden is een persoonlijke en professionele ontwikkeling waar ik trots op ben.

Ik wil Sietske Walda bedanken voor het altijd klaar staan wanneer ik vragen, overdenkingen of twijfels had. En die had ik genoeg!

Ook wil ik Bob Radstaak bedanken voor zijn motiverende begeleiding en positieve feedback. Ik kwam elke keer met een heel vol hoofd bij onze afspraken vandaan, maar uiteindelijk herkende ik de bomen in het bos!

En op de laatste, maar zeker niet de minste plaats mijn steun- en toeverlaten Elly en Rolf, jullie hulp en steun waren geweldig!

Martine Heezen

Radboud Universiteit Nijmegen

Samenvatting

Het doel van deze studie was meer inzicht te verkrijgen in de rol die werkgeheugen en het langetermijngeheugen speelt bij de lees- en spellingprestaties en de effectiviteit van behandeling van kinderen met dyslexie. In dit tweedelige onderzoek is ten eerste bij 243 kinderen onderzocht of het werkgeheugen en het langetermijngeheugen een rol speelde in de lees- en spellingprestaties van kinderen met dyslexie, en welke aspecten van het geheugen verantwoordelijk zijn voor deze relatie. De fonologische lus en de centrale verwerking van het werkgeheugen bleken significante predictoren te zijn voor leesprestaties. Spellingprestaties konden niet verklaard worden vanuit geheugen. Het langetermijngeheugen kon zowel de leesprestaties als de spellingprestaties van dyslectische kinderen niet verklaren.

In het tweede deel van het onderzoek was het doel inzicht te verkrijgen in de rol die geheugen bij de effectiviteit van dyslexiebehandeling heeft. Bij 50 ernstig enkelvoudig dyslectische kinderen werd na drie maanden behandeling onderzocht of hun vooruitgang op lezen en spellen verklaard kon worden door geheugen. Gebleken is dat de fonologische lus van het werkgeheugen een significante predictor was voor de vooruitgang in lezen. Daarnaast bleek intelligentie een predictor voor de vooruitgang op spelling. De resultaten en implicaties voor de praktijk worden besproken in de discussie.

Inleiding

Dyslexie krijgt de laatste jaren veel aandacht. Zo levert een simpele zoekopdracht "dyslexie" op Google bijna 2.000.000 resultaten uit het afgelopen jaar op. Ook komt het vrij veel voor: vijf tot tien procent van de bevolking heeft dyslexie (Braams, 2002).

Dyslexie is een specifieke leerstoornis die zich kenmerkt in een hardnekkige achterstand in het lezen en/of spellen (SDN, 2008). Kinderen met dyslexie gaan vaak langzamer vooruit bij het leren lezen en hebben moeite om tot overgang van spellend lezen naar het lezen van hele woorden te komen (Braams, 2002). Indien deze achterstand niet toe te schrijven is aan factoren als onvoldoende of tekortschietend onderwijs, visuele of auditieve problemen of onvoldoende intellectuele capaciteiten (leerbaarheid) kan de oorzaak van deze problemen in een verstoorde verwerking in de hersenen gezocht worden (SDN, 2008).

Uit onderzoeken naar hersengebieden die betrokken zijn bij het (leren) lezen en spellen (het verwerken van schriftelijke taal) is gebleken dat één van de belangrijkste cognitieve processen van de hersengebieden de fonologische verwerking is (Braams, 2002; SDN, 2008). Een tekort in de fonologische verwerking is ook één van de belangrijkste dysfuncties bij dyslexie. Fonologische verwerking omvat de auditieve verwerking van klanken (taal en spraak) in de hersenen. Nadat de auditieve informatie in de vorm van

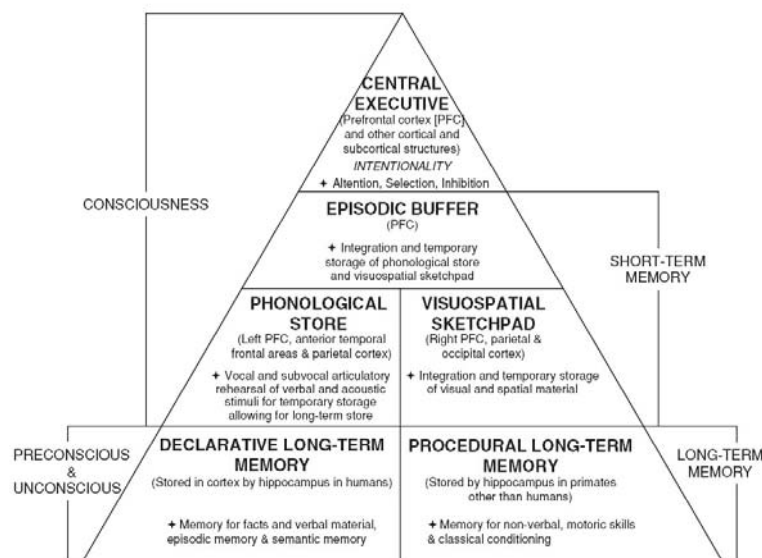
gesproken woorden via het gehoor wordt geregistreerd, moet dit signaal door de hersenen vastgehouden en geïnterpreteerd worden. Het interpreteren van deze informatie lijkt bemoeilijkt door een minder makkelijke toegankelijkheid (Braams, 2002) of onvoldoende gedetailleerdheid van opgeslagen kennis in het geheugen (SDN, 2008). Het lijkt duidelijk dat de rol van het geheugen bij het lees- en spellingproces bij dyslectici, er een is die aandacht verdient.

Om deze rol van het geheugen bij het lezen en spellen goed te kunnen begrijpen, zal in deze inleiding eerst nader worden ingegaan op een theoretische beschrijving van de onderdelen en de werking van het geheugen. Vervolgens wordt het proces dat ten grondslag ligt aan het lezen en spellen beschreven en tenslotte volgt een beschouwing van de relatie van het geheugen en het lezen en spellen bij kinderen met dyslexie.

Geheugen

Swaab (2011) beschrijft het geheugen als de capaciteit om informatie op te slaan en weer op te roepen. De hersenen zijn plastisch: leereffecten (bijvoorbeeld door herhaling) bestaan uit een versterking van de verbindingen in het zenuwstelsel en dit is de basis van geheugen.

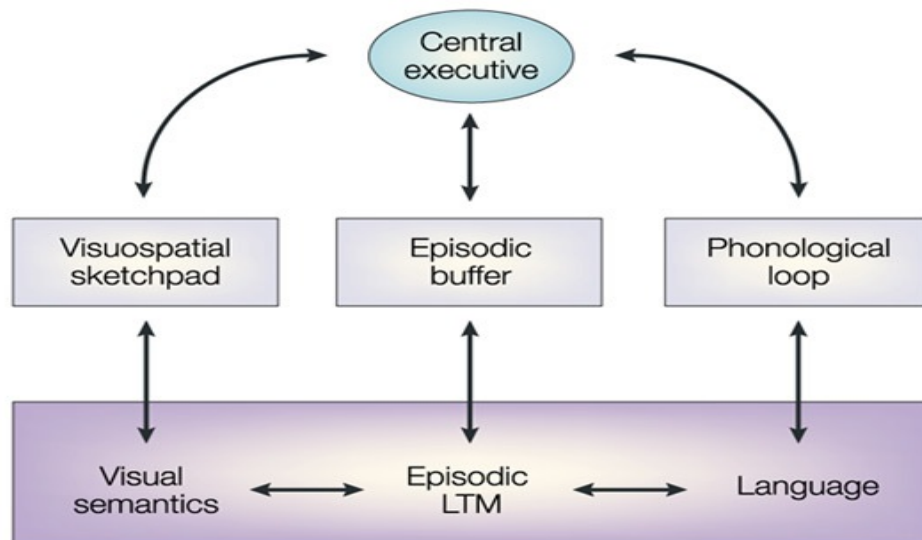
Er is in algemene zin onderscheid te herkennen in drie soorten geheugen (Baddeley, 2002; Baddeley, Eysenck & Anderson, 2009); het sensorisch geheugen, het werkgeheugen en het langetermijngeheugen. Voor een schematisch overzicht van het werk- en langetermijngeheugen, zie figuur 1.



Figuur 1. Bewerking van Baddeley's model door Coolidge & Wynn (2009) met toevoeging van het langetermijngeheugen.

Informatie in de vorm van visuele en auditieve waarnemingen komen binnen in het centraal zenuwstelsel en laten een spoor achter die heel kort (enkele milliseconden) in het *sensorisch geheugen* wordt opgeslagen voordat het vervaagt. Door middel van verschillende executieve functies, zoals het vestigen van de aandacht op deze waarnemingen, kan deze informatie in het sensorisch geheugen verder verwerkt worden in het *werkgeheugen*. Executieve functies worden gedefinieerd als cognitieve processen die verantwoordelijk zijn voor het plannen, controleren, coördineren en reguleren van gedachten en gedragingen bij complexe taken (St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006) en zijn nodig om doelgericht gedrag uit te voeren (Friedman et al., 2006). In het werkgeheugen kan de sensorische informatie vervolgens geïntegreerd worden met informatie die is opgeslagen als kennis in het *langetermijngeheugen*. Ook kan informatie die in het werkgeheugen vastgehouden wordt, in het langetermijngeheugen worden opgeslagen. Voor dit artikel zijn vooral het werkgeheugen en het langetermijngeheugen van belang.

Het *werkgeheugen* is een systeem dat verantwoordelijk is voor het tijdelijk onderhouden en simultaan verwerken van informatie en wordt gezien als een uitvoerig systeem dat verschillende subsystemen en functies van het korte- en lange termijngeheugen samenbrengt (Dehn, 2008). Een veelbeschreven model is het multi-componentenmodel van Baddeley en Hitch uit 1974 (Baddeley, 2003), opgenomen als figuur 2. Dit bestaat uit verschillende componenten. De eerste is gespecialiseerd in op spraak gebaseerde, fonologische informatie: de fonologische lus. De tweede is gespecialiseerd in visueel en ruimtelijke informatie: het visueel-ruimtelijk schetsblok. De centrale verwerking vormt op deze twee 'slaaf' systemen vormt aanvulling. Deze centrale verwerking vervult de rol van controlesysteem en is verantwoordelijk voor verschillende cognitieve processen. Onder deze cognitieve processen worden bijvoorbeeld executieve functies als aandacht, selectie en inhibitie genoemd. De centrale verwerking wordt vaak gerelateerd aan het functioneren van de frontaalkwab in de hersenen (Miyake et al., 2000; Gathercole, Pickering, Ambridge, Wearing, 2004)). In 2000 voegde Baddeley een vierde component aan dit systeem toe welke interactie tussen het werkgeheugen en het langetermijngeheugen kon verklaren: de episodische buffer (zie figuur 2).



Figuur 2. Het multi-componentenmodel van Baddeley (Baddeley, 2003)

De fonologische lus is een opslag van verbale informatie (spraakklanken). De theorie van zeven eenheden van Miller (1956) luidt dat een normale fonologische geheugenspan van een volwassene ongeveer zeven eenheden bedraagt, terwijl Cowan (2001) aangaf dat dit maar drie tot vijf eenheden zijn. Uit onderzoek (Baddeley, 1986 uit: Dehn, 2008) blijkt dat indien geen actie wordt ondernomen om deze fonologische informatie te behouden (door bijvoorbeeld repetitie), deze informatie ongeacht leeftijd gedurende twee seconden behouden blijft, en niet gelimiteerd is aan een absoluut aantal eenheden. Dat betekent dat een persoon zoveel woorden kan oproepen als dat hij in twee seconden kan uitspreken. Daarom zijn bijvoorbeeld praatsnelheid en woordlengte van invloed op het aantal woorden die tijdens deze ‘twee seconden lus’ vastgehouden en gereproduceerd kunnen worden (Dehn, 2008).

Het visueel-ruimtelijk schetsblok dient voor het kort vasthouden en bewerken van visuele informatie. Dit omvat het onthouden van visuele kenmerken van objecten (i.e. informatie over hun vorm en kleur), hun locaties en ruimtelijke informatie (i.e. beweging en richting). Volgens Baddeley (2006) speelt deze ook een belangrijke rol in het genereren en manipuleren van mentale representaties (bijvoorbeeld de kenmerken of volgorde van letters in een woord). Het visueel-ruimtelijk schetsblok heeft een visuele subcomponent (ook wel *visual cache*) met een capaciteit van drie of vier objecten (Olive, 2004), welke visuele informatie in de vorm van representaties vasthoudt. Vervolgens bevat het visueel-ruimtelijk schetsblok tevens een ruimtelijke subcomponent (*inner scribe*) dat informatie over locaties en beweging vasthoudt en bovendien deze informatie actief repeteert waardoor de informatie ververst wordt.

De episodische buffer is eveneens een subcomponent van het werkgeheugen met een beperkte capaciteit. Het communiceert met het langetermijngeheugen om zo nieuwe informatie te integreren in aanwezige representaties en het specifiek zoeken naar informatie in het langetermijngeheugen te controleren. De episodische buffer is toegevoegd aan Baddeley's model nadat uit onderzoek bleek dat de werkgeheugenspan afhangt van informatie in het lange termijngeheugen.

Swaab (2011) geeft als voorbeeld bij het werkgeheugen het opzoeken en eventjes onthouden van een telefoonnummer om deze in te kunnen toetsen. Nadat deze is ingetoetst is het vaak na een paar minuten weer vergeten; voor langere tijd onthouden van sommige informatie is vaak nutteloos. Wordt de informatie echter herhaald, dan treedt een leereffect op: verbindingen tussen zenuwcellen worden gevormd. De informatie wordt dan opgeslagen in het langetermijngeheugen.

In het *langetermijngeheugen* ligt uiteindelijk informatie opgeslagen over iemands kennis en ervaringen van de wereld en zichzelf. Het langetermijngeheugen kan opgedeeld worden in twee typen (Bender, 2008). Ten eerste is er het impliciete geheugen voor informatie die niet bewust is opgeslagen. Hierin is weer een verdeling te maken in vier manieren van informatievergaring (Sousa, 2005): procedureel geheugen (motorische vaardigheden zoals autorijden), perceptueel register geheugen (structuur en vorm van woorden en objecten die geactiveerd worden door eerdere ervaringen), associatief geheugen (herinneringen als gevolg van conditionering) en non-associatief geheugen (de neiging van het brein om kort iets te onthouden voordat het 'uitgefilterd' wordt zoals verkeerslawaaï). Ten tweede is er het expliciete geheugen voor informatie over details, kennis, feiten en gebeurtenissen, informatie die bewust aanwezig is. Het expliciete geheugen kent ook twee onderverdelingen (Sousa, 2006): het semantisch geheugen voor herinneringen die niet zijn verbonden aan ervaringen zoals betekenis van woorden en feitenkennis, en het episodisch geheugen voor herinneringen aan ervaringen of een gebeurtenis.

De tekorten in de fonologische verwerking en het verbale geheugen (SDN, 2008) die bij dyslectici gerapporteerd worden, spelen bij het leesproces een belangrijke rol. Bij het (leren) lezen is constant sprake van het bewust oppikken en vasthouden van spraakgeluiden in het werkgeheugen. De individuele klanken van de letters van een woord moeten vastgehouden en gemanipuleerd worden en vervolgens is het zaak om representaties van letters en klanken en hun relatie (grafeem-foneemkoppeling, of klank- tekenkoppeling) in het langetermijngeheugen te activeren en te koppelen aan de informatie die wordt vastgehouden in het werkgeheugen (Beneventi et al., 2010). Een mogelijke verklaring van het leesproces,

waar bewerking van input in het werkgeheugen via activatie van representaties in het langetermijngeheugen leidt tot leesbegrip, kan in termen van het Dual-Route model worden bekeken.

Het lees- en spellingproces en de relatie met geheugen

Het Dual-Route model van Coltheart uit 1968 is een voorbeeld van een model dat gestoeld is op de informatieverwerkingstheorie. Deze theorie gaat uit van de mens als computer: bewerkingen worden uitgevoerd op bestaande, eerder gevormde representaties welke vergelijkbaar zijn met processen in een vooraf geïnstalleerde computer. Lezen volgens dit model kan verlopen via twee routes: de indirecte (decodeer) route of de directe (lexicale) route. Het Dual-Route model gaat uit van het langetermijngeheugen als een soort woordenboek, het mentaal lexicon. Lezen volgens de indirecte route verloopt volgens het omzetten van grafemen in fonemen (klank-tekenkoppeling). Deze informatie wordt in het werkgeheugen vastgehouden waarna vervolgens met deze fonemische representatie van het geschreven woord toegang tot het mentale lexicon wordt gezocht. Deze indirecte route wordt volgens het model vooral gebruikt bij het lezen van nog onbekende- of pseudowoorden. Bekende woorden worden daarentegen via de lexicale (directe) route gelezen: de waarneming van een woord leidt direct tot activatie van een representatie dat in ons mentale lexicon ligt opgeslagen, wat toegang geeft tot de betekenis, informatie over de uitspraak en de schrijfwijze van het woord. In deze laatste route is volgens Logan (in van der Leij, 2003) sprake van automatisering: de verwerking is gebaseerd op het ophalen van vroegere gebeurtenissen uit het langetermijngeheugen en niet op een vorm van bewerking zoals het decoderen. Automatiseren gebeurt door herhaling: elke keer dat input in het geheugen een representatie vormt, versterken de verbindingen tussen die input en de representatie.

De relatie van het geheugen bij het leren lezen kan in dit licht gezien worden als het opslaan van fonologische (klanken), orthografische (tekens) en semantische informatie van letters en woorden. Door herhalen, en dus oefening, worden representaties van deze informatie en de verbindingen tussen de soorten informatie (denk aan klank-tekenkoppelingen) versterkt, wat het lezen bevordert.

Geheugen en dyslexie

Vanwege de rol die het geheugen bij het leesproces volgens het Dual-Route model speelt, zou men kunnen verwachten dat het geheugen bij dyslectische kinderen tekorten vertoont. Onderzoek naar de verschillen in functioneren van het geheugen bij dyslectische kinderen

levert echter tegenstrijdige bevindingen op. Zo blijkt enerzijds dat dyslectische kinderen over het algemeen zwakker presteren op werkgeheugentaken dan kinderen zonder dyslexie. Reiter et al. (2004) vonden bijvoorbeeld dat een korte spanne van de fonologische lus de beste voorspeller was van leesproblemen of dyslexie. Anderzijds blijkt echter uit onderzoek van De Jong (1998, uit: Pickering & Gathercole, 2001) juist ernstigere tekorten in de centrale verwerking dan in de fonologische lus. Deze gevonden tekorten in de centrale verwerking sluiten aan op gevonden afwijkingen in de frontale kwab bij dyslectische kinderen, welke onder andere verantwoordelijk is voor het plannen en organiseren (Reiter et al., 2004) en vaak geassocieerd wordt met de locatie van de centrale verwerking. Een uitzondering op de bevindingen van specifieke tekorten in het functioneren van het werkgeheugen bij dyslectici vormen taken die het visueel-ruimtelijk schetsblok beoogden te meten in onderzoek van Reiter et al. (2004): zij suggereren dat dyslectische kinderen juist een *grotere* hoeveelheid aan visuele informatie gedurende een kortere periode vast kunnen houden dan niet-dyslectische kinderen.

Uit onderzoek naar geheugen bij kinderen uit het regulier en speciaal basisonderwijs, bleek dat ook kinderen in het speciaal basisonderwijs een minder grote hoeveelheid auditieve informatie op korte termijn konden vasthouden dan kinderen uit het regulier basisonderwijs (Hulleman, 2009), en dat zij bovendien in mindere mate profiteren van herhaling dan kinderen uit het reguliere basisonderwijs. Dit suggereert een tekort in het langetermijngeheugen: ook uit onderzoek naar het langetermijngeheugen bij Italiaanse dyslectische kinderen bleek dat dyslectische kinderen een minder grote capaciteit van het langetermijngeheugen hadden en dat zij minder snel leerden dan normaal lezende kinderen (Menghini et al., 2010). Volgens Bender (2008) echter is uit verschillende onderzoeken gebleken dat kinderen met leerproblemen geen kenmerkende moeilijkheden hebben met het langetermijngeheugen (Cutting, Koth, Mahone & Denckla, 2005; Swanson, 1994; Sousa, 2001).

Door de tegenstrijdige bevindingen van de gevonden verschillen in prestaties op de fonologische lus, de centrale verwerking en de prestaties van het langetermijngeheugen tussen dyslectische- en niet dyslectische kinderen, rijst de vraag of deze verschillen ook bestaan binnen dyslectische kinderen. In onderhavig tweedelig onderzoek zal in het eerste deel hierop antwoord worden gezocht. Op basis van de theorie over de rol van het geheugen bij het leesproces zouden kinderen met een lichtere of mildere vorm van dyslexie beter presteren op geheugentaken die een beroep doen op de fonologische lus en de centrale verwerking van het werkgeheugen dan kinderen met ernstige dyslexie als gevolg van een minder efficiënte verwerking van informatie in het geheugen. Ook wordt verwacht dat zwakke prestaties op

taken die de fonologische lus, de centrale verwerking en de opbouw van het langetermijngeheugen meten, lagere lees- en spellingprestaties kunnen voorspellen vanwege een beperkte capaciteit en tragere werking van het geheugen.

Dyslexie kan, omdat de oorzaak ligt in een verstoring in de hersenen, niet verholpen worden: het gaat nooit 'over' (o.a. Poleij & Stikkelbroek, 2009; Becker, 2008; Terlouw & Mensing, 1998; Bronkhorst & Molenaar, 2010). Behandeling van dyslexie is echter wel mogelijk en blijkt uit onderzoek ook effectief (Bosman et al., 2010; Hindrik Loonstra & Braams, 2010; Otterloo et al., 2008). Binnen deze behandelingen blijken verschillende factoren belangrijk: gebruik van systematische, expliciete instructie, aandacht voor de fonologie door van de klankstructuur van woorden uit te gaan, letterkennis, veel 'leeskilometers' maken en een systematische, logische opbouw van de spellingregels op basis van de klankstructuur van woorden. Met oog op de rol die het geheugen speelt bij het lezen en spellen, wordt in het tweede deel van onderhavig onderzoek antwoord gezocht op de vraag in hoeverre het geheugen een rol speelt bij de behandeling van dyslexie (en de effectiviteit hiervan). Hangen zwakke prestaties op geheugentaken samen met een minder grote (of nauwelijks meetbare) vooruitgang van lees- en spellingprestaties? Op basis van de theorie is de verwachting dat zowel de fonologische lus als de centrale verwerking, net zoals bij het leren lezen en spellen in de eerste plaats, een rol spelen bij de vooruitgang op lezen en spellen tijdens behandeling. Bovendien wordt verwacht dat de opbouw van het langetermijngeheugen een belangrijke predictor is voor het verbeteren van het spellingniveau.

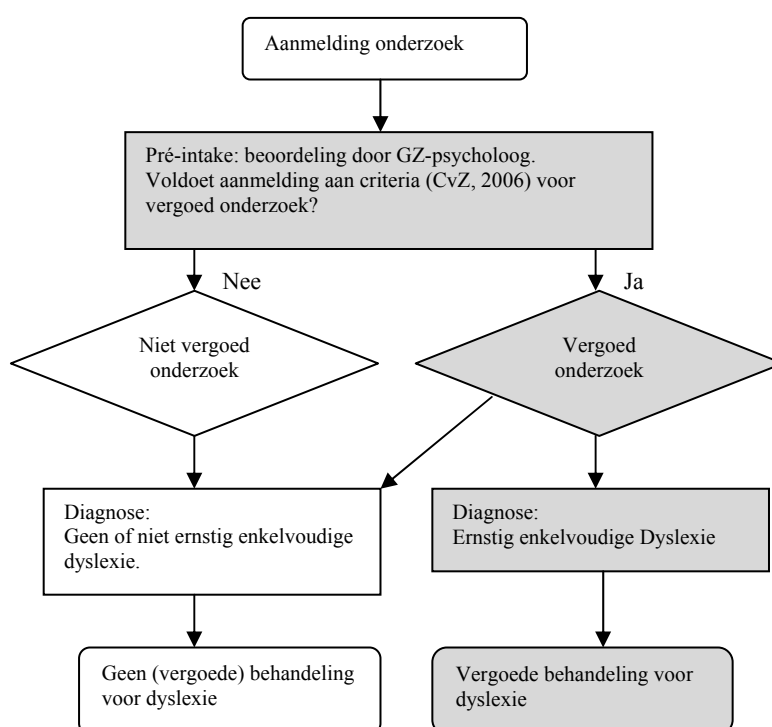
Methode

Onderzoeksgroep

In het eerste deel van onderhavig tweedelige onderzoek werd de relatie tussen geheugen en de lees- en spellingprestaties bij kinderen met verschillende maten van dyslexie onderzocht. In het tweede deel werd onderzoek gedaan naar de rol van geheugen bij de behandeling van dyslexie. De onderzoeksgroepen in beide delen van dit tweedelige onderzoek verschilden: voor het tweede deel van het onderzoek zijn, in tegenstelling tot deel één, gegevens gebruikt van een groep die enkel bestond uit ernstig enkelvoudig dyslectische kinderen.

Deel 1 - Geheugen en Dyslexie

Voor het onderzoek naar het verschil in geheugen en de ernst van dyslexie (deel één) werd gebruik gemaakt van de gegevens van 243 Nederlandse kinderen (156 jongens en 87 meisjes) in de leeftijd van 7 tot 10 jaar. Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden werd er een onderscheid gemaakt tussen een groep kinderen die de diagnose ernstig enkelvoudige dyslexie hebben gekregen en een groep kinderen met de diagnoses dyslexie, lichte dyslexie en matige dyslexie (de kinderen die niet in aanmerking komen voor behandeling binnen het DBC traject, maar wel dyslectisch zijn¹) (zie figuur 3).



Figuur 3. Proces van aanmelding tot en met behandeling, het DBC-traject in grijs weergegeven

Genoemde twee groepen zijn in het eerste onderdeel van onderhavig onderzoek respectievelijk 'kinderen met ernstige dyslexie' en 'kinderen met lichte dyslexie' genoemd. De groep kinderen met ernstige dyslexie bestond uit 203 kinderen met een leeftijd van 7 tot 10 jaar ($M= 9;0$, $SD= 0;11$). De groep kinderen met lichte dyslexie bestond uit 40 kinderen met een leeftijd van 7 tot 9 jaar ($M= 9;0$, $SD= 0;11$). Voor een overzicht van de kenmerken van de twee groepen zie tabel 1.

¹ De kinderen ondergingen bij een particuliere praktijk voor leerstoornissen een dyslexieonderzoek binnen het Diagnostiek Behandeling Combinatie (DBC) traject. Om voor dit onderzoek in aanmerking te komen dient de aanmelding aan criteria te voldoen die stonden omschreven in het protocol Diagnostiek en Behandeling van Dyslexie (CvZ, 2006).

Tabel 1*Descriptieve statistieken van de Kenmerken van de Ernstig en Licht Dyslectische kinderen*

	<i>Licht Dyslectisch</i>	<i>Ernstig Dyslectisch</i>	<i>Totaal</i>	
<i>Geslacht</i>				
<i>Meisje</i>	18	68	87	35.8%
<i>Jongen</i>	22	134	156	64.2%
<i>Totaal</i>	40	203	243	100%

Deel 2 - Geheugen en Dyslexiebehandeling

Voor het tweede onderdeel, het onderzoek naar het verschil in geheugen enerzijds en de effectiviteit van specialistische dyslexiebehandeling anderzijds, werd gebruik gemaakt van de gegevens van een subgroep van ernstig enkelvoudig dyslectische kinderen (N=50) uit de onderzoeksgroep van dyslectische kinderen uit deel één van dit onderzoek. Deze kinderen hebben naar aanleiding van de diagnose ernstig enkelvoudige dyslexie gedurende drie maanden specialistische dyslexiebehandeling² gekregen voor hun lees- en spellingproblemen bij de particuliere praktijk waar zij onderzocht zijn (zie figuur 3: vergoede behandeling binnen het DBC-traject). De kinderen in deze groep hadden een leeftijd van 7 tot 10 jaar (M= 9;0, SD= 0;9) en er waren 32 jongens en 18 meisjes.

Materiaal

Lees- en spellingtests

Eén-Minuuut-Test (EMT). De EMT van Brus en Voeten (1976) bestaat uit twee kaarten (A en B versie) van 116 woorden. Deze test is geschikt voor kinderen uit groep 4 t/m 8 van het reguliere of speciaal basisonderwijs (Brus en Voeten, 1979) en toetst de technische leesvaardigheid. Op een kaart staan vier rijen met woorden in oplopende moeilijkheid (bijvoorbeeld been, hamer, botermes, enzovoort). In een minuut moest het kind zoveel mogelijk woorden goed lezen; de ruwe score bestaat uit het aantal gelezen woorden minus het aantal fout gelezen woorden.

² Indien de resultaten van het dyslexieonderzoek pasten bij een profiel van ernstig enkelvoudige dyslexie, waarvoor criteria zijn vermeld in het protocol Diagnose en Behandeling van Dyslexie (CvZ, 2006), kwam het kind in aanmerking voor vergoede behandeling binnen het DBC-traject. Indien uit het onderzoek bleek dat het profiel wel passend is bij dyslexie, maar zonder voldoende ernst was (i.e. lichte, matige, milde dyslexie) kwam het kind niet in aanmerking voor vergoede behandeling.

Drie Minuten Toets (DMT). De DMT is een test die bestaat uit drie kaarten met respectievelijk 150, 150 en 120 woorden van specifieke woordtypen. De eerste kaart bestaat uit klankzuivere éénlettergrepige woorden waarbij de lettertekens uitgesproken kunnen worden zoals ze er staan, bv. pak, poes, boom. Kaart twee bestaat uit niet klankzuivere éénlettergrepige woorden: woorden die anders uitgesproken worden dan ze geschreven worden, bv. band wordt uitgesproken als bant. Kaart drie ten slotte bestaat uit twee- en meerlettergrepige woorden (bv. rabarber, garage). Afname lijkt sterk op die van de EMT; binnen een minuut moest het kind zoveel mogelijk woorden van een kaart lezen. Voor elk van de kaarten werd een score berekend door het aantal fout gelezen woorden van het totaal aantal gelezen woorden af te trekken.

Analyse van Individualiseringsnormen (AVI)-niveaukaart 3A. Voor het technisch lezen op tekstniveau is gebruik gemaakt van de gegevens van de afname van AVI-niveau kaart 3A. Deze kaart bestaat uit een tekst die uit één- en meerlettergrepige woorden bestaat. Het kind las de tekst op de kaart en genoteerd werd hoeveel tijd het kind hiervoor nodig had en het aantal fouten dat het maakte bij het lezen.

PI-dictee (Geelhoek & Reitsma, 1999). Dit dictee meet de spellingvaardigheid van kinderen uit het basisonderwijs en bestaat uit 135 woorden die zijn opgedeeld in negen blokken van elk vijftien woorden. De woorden werden auditief aangeboden en het kind schreef ze op. In elk blok wordt de moeilijkheidsgraad hoger en elk blok bestaat uit woorden met spellingregels die in het basisonderwijs worden aangeboden. Elk blok correspondeert met een bijbehorende didactische leeftijd (ofwel DL; het aantal maanden dat een kind onderwijs heeft gevolgd) waarop de gevraagde spellingregels door het kind beheerst moeten worden. Uit het totale dictee wordt een ruwe score verkregen (totaal aantal goed geschreven woorden) en een bijpassend didactisch leeftijd equivalent (ofwel DLE; het aantal onderwijsmaanden dat correspondeert met de behaalde score op een test).

Geheugentests

Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C). De WMTB-C van Pickering & Gathercole (2001) is een testbatterij die geschikt is voor het meten van de capaciteiten van het werkgeheugen bij kinderen van 5 t/m 15 jaar. De test bestaat uit negen subtests; gekozen is voor gebruik van drie subtests die de belangrijkste componenten van het werkgeheugen volgens het model van Baddeley & Hitch (Baddeley, 2003) meten: de fonologische lus, de centrale verwerking en het visueel-ruimtelijk schetsblok.

Digit Recall. De capaciteit van de fonologische lus werd gemeten met behulp van de subtest digit recall. het kind moest een reeks met cijfers herhalen die de testleider - met een tempo van één item per seconde - opnoemde. Na drie oefenitems heeft deze subtest negen blokken met elk zes reeksen. De moeilijkheid is oplopend: het eerste blok bestaat uit één cijfer, het laatste blok uit een reeks van negen cijfers.

Backward Digit Recall. De capaciteit van de centrale verwerking is vervolgens gemeten met behulp van de subtest backward digit recall: wederom noemde de testleider een reeks met cijfers op, maar het kind moest deze keer de reeks in omgekeerde volgorde nazeggen. Deze subtest heeft na vier oefenitems zes blokken met elk zes reeksen. Ook hier is sprake van opbouw van moeilijkheid: het eerste blok bestaat uit reeksen van twee cijfers, het laatste blok bestaat uit reeksen van zeven cijfers.

Block Recall. Tenslotte werd de capaciteit van het visueel-ruimtelijk schetsblok gemeten met behulp van de subtest block recall. Bij deze test is het de bedoeling dat het kind een reeks vooraf aangewezen blokken in exact dezelfde volgorde aanwijst zoals de testleider voordeed. Na drie oefenitems zijn er negen blokken met elk zes reeksen met een oplopende moeilijkheidsgraad: blok één bestaat uit reeksen met één blokje, blok zes bestaat uit reeksen met negen blokjes. Afname van de subtests van de WMTB-C geschiedde volgens de aanwijzingen in de handleiding (Pickering & Gathercole, 2001).

15-Woordentest voor Kinderen (15-WT). Voor onderzoek naar het langetermijngeheugen is gebruik gemaakt van de 15-WT (Stichting Kinderneuropsychologie Noord-Nederland, 2010). Bij deze test luisterde het kind naar een reeks van vijftien woorden die werden opgenoemd. Hierna werd gevraagd welke woorden het kind nog wist. Dit werd vier keer herhaald zodat het kind in totaal vijf keer de woorden hoorde en gevraagd werd te herhalen welke woorden het nog wist. Uit deze vijf reeksen was het aantal goed onthouden woorden een ruwe score welke een maat is voor de opbouw van het langetermijngeheugen. Na een half uur werd het kind nogmaals gevraagd naar de woorden die het nog wist zonder deze opnieuw te laten horen. Het aantal goed onthouden woorden is een ruwe score en maat voor de retentie van auditief materiaal voor een langere periode: de 'delayed recall'.

Wechsler Intelligence Scale for Children III (WISC-III). Om de totale intelligentie als controlevariabele te meten is WISC-III (Ned. bewerking door Kort et al., 2005) gebruikt. De WISC-III is een intelligentietest voor kinderen van 6 tot en met 16 jaar en is bedoeld om de algemene intelligentie te bepalen. De test bevat 13 subtests die ofwel verbale, ofwel performale intelligentie meten. Ook kan een totale intelligentie quotiënt bepaald worden.

Specialistische Dyslexiebehandeling. Binnen de behandeling werd aandacht besteed aan het verhogen van het lees- en spellingniveau. Bij het lezen werd gebruik gemaakt van een methode met herhaald lezen en expliciete en motiverende instructie. De leesvormen die hierbij gehanteerd werden, verschilden en hingen af van de voorkeur van het kind. Deze bestonden uit voor- en nalezen of om-en-om lezen of een combinatie hiervan. Bij het spellen werd gebruik gemaakt van een aanpak waarbij het opbouwen van een gestructureerd systeem op basis van de klank- en morfeemstructuur van woorden als uitgangspunt diende. Het niveau en de snelheid waarmee deze methode aangeboden en doorlopen werd, was afhankelijk van het niveau en de mogelijkheden van het individuele kind. Na drie maanden behandeling werd de EMT, AVI-niveau kaart 3A en het PI-dictee nogmaals ingezet voor het uitvoeren van een voortgangsmeting.

Procedure

De kinderen zijn geselecteerd op grond van de diagnose dyslexie welke resulteerde uit dyslexieonderzoek bij de particuliere praktijk Braams&Partners B.V.. Braams&Partners is een gespecialiseerde praktijk voor diagnose en behandeling van leerstoornissen. Aanmelding voor het onderzoek geschiedde door de ouders van de kinderen. Voorafgaand aan het onderzoek heeft een pre-intake plaatsgevonden waarbij door een geregistreerd GZ-psycholoog bepaald is of de cliënten in aanmerking kwamen voor vergoede diagnostiek binnen de vergoedingsregeling van diagnostiek en behandeling van ernstige dyslexie. Aan deze regeling, welke sinds januari 2009 in het basispakket van de zorgverzekering is opgenomen, worden verschillende eisen gesteld (o.a. mate van achterstand, geboden extra hulp) in het protocol Diagnostiek en Behandeling van Dyslexie (CvZ, 2006). Kinderen waarvan het dossier voldeed aan de criteria voor vergoed onderzoek werden ingepland voor twee dagdelen van elk drie uur individueel onderzoek door een orthopedagoog werkzaam bij Braams&Partners bv.. Voor een overzicht van het traject van aanmelding, diagnosestelling en behandeling wordt verwezen naar figuur 3.

Deel 1 - Geheugen en Dyslexie

Voor het onderzoek naar geheugen en dyslexie werd gebruik gemaakt van de gegevens van de onderzoeken tijdens de twee dagdelen van het dyslexieonderzoek. Het eerste dagdeel bestond voornamelijk uit afname van de WISC-III en onderzoek naar het langetermijngeheugen: afname van de 15-Woordentest voor Kinderen. Tijdens het tweede dagdeel, wat veelal een week later plaatsvond werden de fonologische vaardigheden, het werkgeheugen met behulp van de WMTB-C en de ontwikkeling van lezen en spelling met behulp van de EMT, DMT, AVI-niveau kaarten en het PI-dictee onderzocht.

Deel 2 - Geheugen en Dyslexiebehandeling

Indien naar aanleiding van het onderzoek de diagnose ernstig enkelvoudige dyslexie werd vastgesteld, kwamen kinderen in aanmerking voor vergoede behandeling van dyslexie. Voor het onderzoek naar de rol van geheugen en effectiviteit van behandeling van dyslexie werd gebruik gemaakt van de gegevens van zowel het dyslexieonderzoek als van het voortgangsonderzoek dat bij de ernstig enkelvoudige dyslectische kinderen werd afgenomen nadat zij gemiddeld drie maanden (twaalf sessies) behandeling genoten hadden. Tijdens dit voortgangsonderzoek werd door de behandelend orthopedagoog, psycholoog of logopedist nogmaals de EMT, AVI-niveau kaart 3 en het PI-dictee afgenomen teneinde te bepalen in hoeverre de kinderen voortgang hadden gemaakt met hun lees- en spellingniveau.

Resultaten

In dit onderdeel worden de resultaten van dit onderzoek in twee delen beschreven. In deel één werd onderzocht of er verschil was in de prestaties op geheugentaken tussen kinderen met lichte en die met ernstige dyslexie. Daarna is binnen dit deel onderzocht of er een relatie bestond tussen de scores op geheugentaken en de scores op lees- en spellingtaken. Tenslotte is tevens binnen dit deel onderzocht of de scores op de lees- en spellingscores verklaard konden worden uit de scores op de geheugentaken. In deel twee van de resultaten werd onderzocht of de kinderen na drie maanden behandeling vooruitgang hadden geboekt op hun lees- en spellingvaardigheden, en of deze vooruitgang verklaard kon worden door prestaties op de geheugentaken.

Alvorens het analyseren van de data, zijn met behulp van een berekening van de gestudentiseerde residuen en Cook's Distance de uni- en bivariate regressieuitbijters

opgespoord: gekozen is voor verwijdering van punten met een gestudentiseerde residuwaarde >3 en een Cook's $D > .8$. Door verwijdering van deze regressieuitbijters en het gegeven dat door omstandigheden niet bij alle kinderen alle testgegevens verzameld konden worden, wisselen de groottes van de groepen per variabele. Inspectie van de frequenties van de variabelen toonden normale frequentieverdelingen.

Deel 1 - Geheugen en Dyslexie

Geheugen en mate van dyslexie

In tabel 2 staan de prestaties op de verschillende geheugentaken weergegeven van kinderen met lichte dyslexie en kinderen met ernstige dyslexie.

Tabel 2

Gemiddelde standaardscores Geheugentaken van kinderen met lichte en ernstige Dyslexie

	Licht Dyslectisch		Ernstig Dyslectisch		Sig. (2-tailed)
	N	M (SD)	N	M (SD)	
TIQ WISC-III	38	104.37 (10.07)	189	102.40 (12.64)	.347
Leeftijd in maanden	40	105.30 (10.78)	203	107.63 (10.57)	.206
WMTB-C Digit Recall	39	4.54 (1.72)	194	3.18 (1.79)	.000
WMTB-C Backward Digit Recall	39	4.38 (1.79)	194	3.62 (1.66)	.316
WMTB-C Block Recall	39	5.54 (2.13)	192	4.91 (2.19)	.411
15-WT opbouw	40	5.00 (1.93)	201	4.16 (2.07)	.057
15-WT recall	40	4.82 (1.92)	200	4.15 (2.38)	.176

Toepassing van *enkelvoudige variantieanalyse (one-way ANOVA)* toonde aan dat er geen significant verschil was tussen kinderen met lichte en ernstige dyslexie op de variabelen waarvoor gecontroleerd werd, namelijk totale intelligentie gemeten met de WISC-III ($F(1, 193) = 0.890, p = .347$) en leeftijd ($F(1, 241) = 1.606, p = .206$).

Kinderen met lichte dyslexie scoorden significant hoger op de Digit Recall, ($F(1, 232) = 18.557, p = .000$) dan kinderen met ernstige dyslexie. Kinderen met lichte dyslexie presteerden dus beter op geheugentaken die een beroep doen op de fonologische lus dan kinderen met ernstige dyslexie.

Voor de Backward Digit Recall ($F(1, 231) = 1.008, p = .316$), de Block Recall ($F(1, 227) = 0.679, p = .441$), de opbouw van de 15-WT ($F(1, 238) = 3.658, p = .057$) en de recall van de 15-WT ($F(1, 237) = 13.812, p = .176$) geldt dat er geen significante verschillen in prestaties zijn gevonden. Het verschil in mate van dyslexie in termen van geheugen zit dus vooral in prestaties die een beroep doen op de fonologische lus van het werkgeheugen en niet in geheugentaken die een beroep doen op de centrale verwerking en het visueel-ruimtelijk schetsblok van het werkgeheugen, noch op geheugentaken die een beroep doen op de opbouw en retentie van het langetermijngeheugen.

Geheugen en lees- en spellingprestaties

Onderzocht werd of prestaties op geheugentaken correleerden met prestaties op leestaken. In tabel 3 staan de correlaties weergegeven tussen enerzijds prestaties op geheugentaken die aspecten van het werkgeheugen meten zowel als geheugentaken die aspecten van het langetermijngeheugen meten en anderzijds de prestaties op lees- en spellingtaken. Een significante negatieve correlatie is gevonden tussen de fonologische lus en de centrale verwerking enerzijds en de leestijd van AVI 3 anderzijds ($p < .05$). Dit betekent dat hoe hoger de kinderen scoorden op de geheugentaak die de fonologische lus en de centrale verwerking poogde te meten, hoe minder tijd zij nodig hadden om AVI kaart 3 te lezen. Ook is een significante negatieve correlatie gevonden tussen de centrale verwerking en het aantal fouten bij AVI3 ($r = .258, p < .05$). Hoe hoger de kinderen scoorden op de geheugentaak die de centrale verwerking poogde te meten, hoe minder fouten zij maakten bij het lezen van AVI kaart 3. Bij alle gemeten functies van zowel het werkgeheugen als het langetermijngeheugen is een significante positieve correlatie gevonden met de scores op de DMT kaarten 1, 2 en 3, de score op de EMT en de score op het PI-dictee ($p < .05$). Dit betekent dat hoe hoger de kinderen scoorde op de geheugentaken, hoe hoger zij scoorden op de DMT kaarten 1, 2 en 3, de EMT en het PI-dictee.

Tabel 3*Correlaties tussen prestaties op Geheugentaken en prestaties op Lezen en Spellen*

		Digit Recall	Backward Digit Recall	Block Recall	15-WT opbouw	15-WT recall
DMT kaart 1	Correlatie	.231**	.284**	.228**	.296**	.185**
	N	200	200	198	203	202
DMT kaart 2	Correlatie	.214**	.239**	.207**	.306**	.176*
	N	197	197	195	200	199
DMT kaart 3	Correlatie	.205**	.264**	.175*	.251**	.184*
	N	189	189	187	192	191
EMT	Correlatie	.279**	.219**	.227**	.289**	.271**
	N	229	229	225	235	234
AVI 3 tijd	Correlatie	-.259**	-.225**	-.218**	-.164*	-.163*
	N	144	144	140	147	146
Avi 3 fouten	Correlatie	-.127	-.258**	-.201*	-.111	-.180*
	N	142	142	138	145	144
PI-dictee	Correlatie	.187**	.171**	.225**	.371**	.312**
	N	231	231	227	237	236

** $p < .01$, * $p < .05$

Om vervolgens te onderzoeken welke componenten van het werk- en langetermijngeheugen verantwoordelijk waren voor de relatie tussen het geheugen en de lees- en spellingprestaties is van alle onafhankelijke variabelen met behulp van een *meervoudige hiërarchische lineaire regressieanalyse* onderzocht welke bijdrage zij leverden aan de prestaties op de lees- en spellingtesten. Gekozen is om te controleren voor totale intelligentie en leeftijd, welke in dit model in stap 1 van de regressie zijn opgenomen. Vanwege de hiërarchische structuur van het werkgeheugen en het langetermijngeheugen en de volgorde waarin deze twee componenten bij de beschrijving van het leesproces volgens het Dual-Route model aan de orde komen, is gekozen om deze volgorde aan te houden in de regressieanalyse. In stap 2 zijn de werkgeheugentaken digit recall, backward digit recall en block recall aan de regressie toegevoegd. Tenslotte zijn de langetermijngeheugen taken 15-WT opbouw en 15-WT recall in stap 3 van de regressie toegevoegd. In tabel 4 zijn de gestandaardiseerde coëfficiënten, R^2 change, totale R^2 en het aantal proefpersonen weergegeven.

Tabel 4*Hiërarchische meervoudige regressie analyse van predictoren Geheugentaken en prestaties op Lezen en Spelling*

Predictor	<u>DMT 1</u>		<u>DMT 2</u>		<u>DMT 3</u>		<u>EMT</u>		<u>AVI3tijd</u>		<u>AVI3fout</u>		<u>PI-dictee</u>	
	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β
Stap 1	.48***		.47***		.48***		.50***		.30***		.21***		.44***	
Controle variabelen ^a														
Stap 2	.04**		.03*		.04*		.05**		.10**		.09**		.02	
Fonologische lus		.14*		.13*		.14*		.17**		-.21**		-.14		.15*
Centrale verwerking		.14*		.10		.13*		.14*		-.23**		-.23**		.06
Visueel-ruimtelijk schetsblok		.03		.03		.03		.04		-.06		-.16		-.03
Stap 3	.01		.01		.00		.00		.00		.01		.01	
Opbouw langetermijngeheugen		.13		.17		.04		-.04		.04		.17		.10
Retentie langetermijngeheugen		-.11		-.16		-.05		.07		-.02		-.17		.02
Totaal R ²	.52***		.51***		.52***		.55***		.40***		.32***		.47***	
N	171		169		162		186		118		116		189	

^a Controle variabelen bevatten totale intelligentie en leeftijd.*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

Intelligentie en leeftijd voorspelden gezamenlijk 48% ($R^2 = .478, p = .000$) van de variantie in de prestaties op de DMT kaart 1, met leeftijd als sterkste voorspeller ($\beta = .70, p = .000$). Door het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen (digit recall, backward digit recall en block recall) aan de regressie bleek dat het werkgeheugen slechts 3,8% extra verklaring van de variantie op de DMT 1 toevoegde: ΔR^2 stap 2 = .038, $p = .006$ ($F(3, 165) = 4.295$). Voor deze extra 3,8% extra verklaarde variantie waren de fonologische lus ($\beta = .142, p = .014$) en de centrale verwerking ($\beta = .135, p = .023$) significante predictoren. Het toevoegen van de variabelen van het langetermijngeheugen (15-WT opbouw en 15-WT recall) aan de regressie leverde geen significante extra verklaarde variantie op: ΔR^2 stap 3 = .006, $p = .350$ ($F(2, 163) = 1.057$).

De variantie in de prestaties op de DMT kaart 2 werden voor 46% gezamenlijk voorspeld door intelligentie en leeftijd, waarbij leeftijd de sterkste predictor was ($\beta = .70, p = .000$). Wanneer de variabelen van het werkgeheugen aan de regressie werden toegevoegd, bleek dat deze slechts 2,8% extra verklaarde variantie toevoegden ΔR^2 stap 2 = .028, $p = .033$ ($F(3, 163) = 2.993$). Hiervan was enkel de fonologische lus ($\beta = .1333, p = .024$) een significante predictor. De toevoeging van de variabelen van het langetermijngeheugen leverde geen significante extra verklaarde variantie op: ΔR^2 stap 3 = .012, $p = .157$ ($F(2, 161) = 1.872$).

De variantie in de prestaties op de DMT kaart 3 werden voor 48% voorspeld door intelligentie en leeftijd, met leeftijd ($\beta = .708, p = .000$) als sterkste predictor. Het toevoegen van werkgeheugen aan de regressie leverde 3,5% extra verklaarde variantie op: ΔR^2 stap 2 = .035, $p = .012$ ($F(3, 165) = 3.779$). Hiervan waren de fonologische lus ($\beta = .137, p = .020$) en de centrale verwerking ($\beta = .128, p = .034$) significante predictoren. De variabelen van het langetermijngeheugen leverde geen extra verklaarde variantie op en waren geen significante toevoeging aan de regressie: ΔR^2 stap 3 = .001, $p = .841$ ($F(2, 154) = .174$).

Intelligentie en leeftijd voorspelden gezamenlijk 50% procent ($R^2 = .499, p = .000$) van de variantie in de prestaties op de EMT, met leeftijd als sterkste voorspeller ($\beta = .72, p = .000$). Het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen aan de regressie leverde slechts 4,5% extra verklaring van de variantie op de EMT door het werkgeheugen toe: ΔR^2 stap 2 = .045, $p = .001$ ($F(3, 180) = 5.960$). Voor de extra 4,5% verklaarde variantie waren de fonologische lus ($\beta = .17, p = .002$) en de centrale verwerking ($\beta = .13, p = .014$) significante predictoren. Het toevoegen van de variabelen van het langetermijngeheugen in stap 3 voegde geen significante extra verklaarde variantie toe: ΔR^2 stap 3 = .002, $p = .697$ ($F(2, 178) = .362$).

Intelligentie en leeftijd voorspelden gezamenlijk 30% ($R^2 = .296, p = .000$) van de variantie in de benodigde tijd voor het lezen van AVI kaart 3, met leeftijd als enige

significante voorspeller ($\beta = -.549, p = .000$). Het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen aan de regressie leverde 10% extra verklaarde variantie op: R^2 stap 2 = .096, $p = .001$ ($F(3, 112) = 5.865$). Voor deze extra 10% aan verklaarde variantie waren de fonologische lus ($\beta = -.214, p = .006$) en de centrale verwerking ($\beta = -.233, p = .004$) significante predictoren. Het toevoegen van de variabelen van het langetermijngeheugen in stap 3 voegde geen significante extra verklaarde variantie toe: R^2 stap 3 = .001, $p = .925$ ($F(2, 110) = .078$).

Intelligentie en leeftijd voorspelden gezamenlijk 21% ($R^2 = .211, p = .000$) van de variantie in het aantal gemaakte fouten bij het lezen van AVI kaart 3, met leeftijd als sterkste voorspeller ($\beta = -.461, p = .000$). Het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen aan de regressie leverde 9% extra verklaarde variantie op: R^2 stap 2 = .093, $p = .003$ ($F(3, 110) = 4.883$). Voor deze extra 9% aan verklaarde variantie was de centrale verwerking ($\beta = -.231, p = .007$) de enige significante predictor. Het toevoegen van de variabelen van het langetermijngeheugen in stap 3 voegde geen significante extra verklaarde variantie toe: R^2 stap 3 = .013, $p = .358$ ($F(2, 108) = 1.037$).

Intelligentie en leeftijd voorspelden gezamenlijk 44% procent ($R^2 = .436, p = .000$) van de variantie in de prestaties op het PI-dictee, met leeftijd als sterkste voorspeller ($\beta = .67, p = .000$). Het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen aan de regressie leverde 2,1% extra verklaarde variantie op: R^2 stap 2 = .021, $p = .078$ ($F(3, 183) = 2.305$) en was hiermee geen significante toevoeging aan het model. Enkel de digit recall was in dit geval een significante predictor van de extra 2.1% verklaarde variantie ($\beta = .15, p = .012$). De variabelen van het langetermijngeheugen leverden tevens geen significante toevoeging: R^2 stap 3 = .009, $p = .204$ ($F(2, 181) = 1.606$).

Uit deze gegevens kan samenvattend geconcludeerd worden dat de functie van de fonologische lus van het werkgeheugen bij zowel het lezen als het spellen een significante rol speelt, de centrale verwerking bij het lezen een significante rol speelt en het visueel-ruimtelijk schetsblok geen significante rol speelt bij lezen en spellen. Ook bleken zowel de opbouw als de retentie van het langetermijngeheugen geen significante predictoren van de prestaties op de lees- en spellingtests te zijn.

Deel 2 - Geheugen en Dyslexiebehandeling

Geheugen en effectiviteit van specialistische dyslexiebehandeling

Bij een groep ernstig enkelvoudig dyslectische kinderen (n=50) die na hun dyslexieonderzoek drie maanden specialistische behandeling van hun dyslexie genoten is bij hen nogmaals het PI-dictee, de AVI niveaukaart 3 en de EMT afgenomen. In tabel 5 is te lezen wat de kinderen gemiddeld scoorden op tijdstip 1 (tijdens het dyslexieonderzoek zoals eerder beschreven) en tijdstip 2 (tijdens het voortgangsonderzoek na drie maanden behandeling). Op alle afgenomen tests bleken de kinderen significant beter te presteren ($p < .05$).

Tabel 5

Verskil in gemiddelden op de EMT, AVI3 en het PI-dictee op tijd 1 en tijd 2

	N	Tijd 1 M (SD)	Tijd 2 M (SD)	Sig.
EMT	42	27.02 (10.28)	34.29 (10.79)	.000
AVI3 tijd in sec.	17	121.12 (47.76)	88.88 (19.70)	.002
AVI3 fouten	16	6.50 (3.60)	3.31 (1.74)	.006
PI-dictee	41	40.24 (19.20)	63.59 (19.80)	.000

Onderzocht werd of prestaties op geheugentaken correleerden met prestaties op leestaken. In tabel 6 staan de correlaties weergegeven tussen enerzijds prestaties op geheugentaken die aspecten van het werkgeheugen meten zowel als geheugentaken die aspecten van het langetermijngeheugen meten en anderzijds de prestaties op lees- en spellingtaken gemeten na drie maanden behandeling.

Tabel 6

Correlaties tussen prestaties op Geheugentaken en prestaties op Lezen en Spellen na drie maanden

		Digit Recall	Backward Digit Recall	Block Recall	15-WT opbouw	15-WT recall
EMT	Correlatie	.078	.026	-.004	.119	-.080
	N	43	42	42	43	43
AVI 3 tijd	Correlatie	-.446**	.208	.035	.163	.153
	N	41	40	40	41	41
Avi 3 fouten	Correlatie	-.403**	.007	.007	-.092	-.118
	N	43	42	42	43	43
PI-dictee	Correlatie	.369*	.338*	.129	.210	.006
	N	42	41	41	42	42

**** $p < .01$, * $p < .05$**

De fonologische lus bleek een significant negatieve relatie met de leestijd van AVI3 ($r = -.446, p = .003$) en het aantal fouten bij het lezen van AVI3 ($r = -.403, p = .007$) te hebben. Hoe hoger de kinderen scoorden op de test die de fonologische lus van het werkgeheugen poogde te meten, hoe lager de benodigde tijd en het aantal fouten voor het lezen van AVI kaart 3 was. Tussen de fonologische lus en de scores op het PI-dictee bleek een significant positieve relatie ($r = .369, p = .016$). Hoe hoger de kinderen scoorden op de test die de fonologische lus poogde te meten, hoe hoger zij scoorden op het PI-dictee. Tenslotte bleek de centrale verwerking significant positief te correleren met de scores op het PI-dictee ($r = .338, p = .031$). Dit betekent dat hoe hoger de kinderen scoorden op de test die de centrale verwerking van het werkgeheugen poogde te meten, hoe hoger zij scoorden op het PI-dictee.

Vervolgens werd een *meervoudige hiërarchische regressieanalyse* uitgevoerd om te onderzoeken of geheugen de vooruitgang in prestaties na drie maanden behandeling kon verklaren. Omdat de vooruitgang en daarmee de prestaties op de lees- en spellingtesten tijdens het voortgangsonderzoek afhankelijk zijn van het niveau waarmee de kinderen hun behandeling starten is gekozen om de scores op de taken ten tijde van het eerste onderzoek (tijdstip 1) naast totale intelligentie en leeftijd toe te voegen aan de controlevariabelen. Deze zijn in stap 1 van de regressie opgenomen, de werkgeheugen taken digit recall, backward digit recall en block recall in stap 2 en de langetermijngeheugen taken 15-WT opbouw en 15-WT recall zijn in stap 3 van de regressie opgenomen. In tabel 7 zijn de gestandaardiseerde coëfficiënten, R^2 change, totale R^2 en aantal proefpersonen weergegeven.

Tabel 7*Hiërarchische regressie analyse van predictoren Geheugentaken en prestaties na drie maanden behandeling op Lezen en Spelling*

Predictor	<u>EMT</u>		<u>AVI3 tijd</u>		<u>AVI3 fouten</u>		<u>PI-dictee</u>	
	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β	ΔR^2	β
Stap 1	.83***		.62*		.05		.82***	
Controle variabelen ^a								
Stap 2	.04*		.01		.42		.01	
Fonologische lus		-.20*		-.01		-.60		-.02
Centrale verwerking		.02		.05		-.44		.12
Visueel-ruimtelijk schetsblok		.10		-.09		-.35		.01
Stap 3	.00		.12		.29		.02	
Opbouw		.08		.09		.63		.17
langetermijngeheugen								
Retentie langetermijngeheugen		-.05		.37		-.80		-.17
Totaal R ²	.87***		.75		.76		.85***	
N	37		14		15		36	

^a Controle variabelen bevatten totale intelligentie, leeftijd op tijdstip 1 en scores op tijdstip 1.*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

De controlevariabelen voorspelden gezamenlijk 83% ($R^2 = .830$, $p = .000$) van de variantie in prestaties op de nameting van de EMT. Hiervan waren enkel de scores op de voormeting een significante predictor ($\beta = .984$, $p = .000$). Het toevoegen van de variabelen van het werkgeheugen leverde een significant extra verklaarde variantie op van slechts 3,9% ($\Delta R^2 = .039$, $p = .044$ ($F(3, 30) = 3.036$) waarvan de fonologische lus ($\beta = -.197$, $p = .014$) de enige significante voorspeller bleek te zijn. Het toevoegen van de variabelen van het langetermijngeheugen leverde geen significante extra verklaarde variantie op: $\Delta R^2 = .002$, $p = .835$ ($F(2, 28) = .182$).

Intelligentie, leeftijd en de scores op de voormeting van de benodigde tijd die nodig was om AVI kaart 3 te lezen voorspelden gezamenlijk 62% ($R^2 = .618$, $p = .018$) van de variantie in de nameting. Hiervan was de voormeting de enige significante predictor ($\beta = .804$, $p = .003$). Het toevoegen van het werkgeheugen leverde geen significante extra variantie op: $\Delta R^2 = .011$, $p = .974$ ($\Delta F(3, 7) = .070$).

De variantie in de nameting van het aantal fouten bij het lezen van AVI kaart 3 kon niet verklaard worden door de controlevariabelen $R^2 = .045$, $p = .913$ ($F(3, 11) = .172$) en niet door geheugen (stap 2: $\Delta R^2 = .421$, $p = .178$ ($\Delta F(3, 8) = 2.101$); stap 3: $\Delta R^2 = .293$, $p = .092$ ($F(2, 6) = 3.639$)).

De variantie in de nameting van het PI-dictee kon voor 82% verklaard worden vanuit de controlevariabelen, waarvan de voormeting ($\beta = .879$, $p = .000$) en intelligentie ($\beta = .170$, $p = .046$) significante predictoren bleken te zijn. Toevoegen van het werkgeheugen leverde geen significante extra verklaarde variantie op: $\Delta R^2 = .012$, $p = .563$ ($F(3, 29) = .695$).

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat leeftijd en intelligentie de vooruitgang in leesprestaties van dyslectische kinderen na drie maanden behandeling niet konden voorspellen, maar dat deze spellingprestaties wel voor een klein deel konden voorspellen. De voormeting bleek voor het lezen van de EMT, de benodigde tijd voor het lezen van AVI kaart 3 en de vooruitgang op het PI-dictee een significante voorspeller. Hoe hoger het kind scoorde tijdens de voormeting van deze tests, hoe hoger het kind tijdens de nameting scoorde. Wanneer gecontroleerd werd voor deze voormeting, bleek de fonologische lus een predictor te zijn voor vooruitgang in prestaties van het lezen van de EMT; hoe hoger de prestaties op de fonologische lus, hoe kleiner de vooruitgang op de EMT. Dit betekent dat kinderen die beter presteerden op de test die de fonologische lus meet, een minder grote vooruitgang op lezen behaalden dan kinderen die minder goed presteerden op de fonologische lus. Zowel het werk- als het langetermijngeheugen speelden geen significante rol in het voorspellen van de spellingprestaties na drie maanden behandeling.

Algemene discussie

In dit onderzoek is antwoord gezocht op de vraag wat de relatie is tussen het werkgeheugen en het langetermijngeheugen enerzijds en de lees- en spellingprestaties van dyslectische kinderen anderzijds. Het onderzoek is opgezet in twee delen. Ten eerste is onderzocht wat de rol van geheugen is bij de lees- en spellingprestaties van dyslectische kinderen. Gebleken is dat de fonologische lus en de centrale verwerking van het werkgeheugen voor een klein, maar significant deel verantwoordelijk waren voor de prestaties op lezen en spellen en dat het visueel-ruimtelijk schetsblok van het werkgeheugen en het langetermijngeheugen geen significante bijdrage leverde aan de verklaring van de lees- en spellingprestaties van de dyslectische kinderen in de onderzoeksgroep.

In het tweede deel van dit onderzoek waarin onderzocht werd wat de rol van geheugen was bij de vooruitgang in lezen en spellen na drie maanden behandeling, bleek geheugen de vooruitgang in prestaties bij het lezen en spellen niet te kunnen verklaren. Een uitzondering vormde de vooruitgang op het lezen van de EMT, welke voor een klein deel verklaard werd uit de prestaties op de fonologische lus. Alle kinderen toonden vooruitgang bij het lezen, maar hoe beter het dyslectische kind presteerde op de geheugentaak die de fonologische lus van het werkgeheugen poogde te meten, hoe minder groot de vooruitgang op lezen bleek te zijn in vergelijking met kinderen die zwak presteerden op de taak die de fonologische lus poogde te meten. Ook bleek in dit deel van het onderzoek dat de lees- en spellingprestaties vóór de behandeling (tijdstip 1) belangrijke voorspellers waren voor zowel de lees- als spellingprestaties na drie maanden behandeling, op tijdstip 2. Hoe beter het dyslectische kind vóór behandeling las, hoe hoger zijn prestaties op lezen na drie maanden behandeling waren. En hoe beter het kind vóór de behandeling presteerde op spelling, hoe hoger zijn prestaties op spelling na drie maanden behandeling waren.

Geheugen en lees- en spellingprestaties

Deze resultaten sluiten niet geheel aan op de verwachting dat een zwak werkgeheugen en langetermijngeheugen a) slechte lees- en spellingprestaties, en b) een minder grote vooruitgang op lees- en spellingprestaties anderzijds konden voorspellen.

Een mogelijke verklaring is dat het geheugen mogelijk niet als oorzaak van slechte lees- en spellingprestaties gedefinieerd kan worden zoals in de hypothese werd gesteld. Een beperking van het verbaal werkgeheugen wordt als kenmerk genoemd dat gepaard gaat met dyslexie (SDN, 2008), maar daarom mogelijk niet als directe oorzaak voor de prestaties in

lezen en spellen gezien kan worden. Bovendien was de onderzoeksgroep in het onderzoek naar vooruitgang op lezen en spellen klein, waardoor voorzichtigheid met betrekking tot generalisatie naar alle kinderen met dyslexie geboden is.

Een andere verklaring is dat de gevonden verschillen in geheugen uit eerder genoemde onderzoeken (o.a. Reiter et al., 2004; De Jong, 1998; Hulleman, 2009; Menghini et al., 2010; Cutting et al., 2005; Swanson, 1994; Sousa, 2001) niet generaliseerbaar zijn naar dyslectische kinderen. In deze eerdere onderzoeken werden controlegroepen gebruikt uit het regulier onderwijs ten opzichte van het speciaal onderwijs, en normaal lezende kinderen ten opzichte van dyslectische kinderen. Dit reflecteert mogelijk een groot onderscheid in prestaties tussen die groepen. Een onderscheid dat men binnen de groep dyslectische kinderen wellicht niet kan maken omdat tussen deze twee groepen de verschillen dan dusdanig klein zouden zijn dat in een vergelijking weinig aan variatie te verklaren is, en analyse weinig informatie oplevert.

Theoretisch uitgangspunt voor lezen en spellen

Tenslotte is een mogelijke verklaring voor de bevindingen dat geheugen niet de theoretische rol speelt bij de lees- en spellingprestaties van dyslectische kinderen zoals verwacht werd. Impliciet is in het onderhavige onderzoek het uitgangspunt van een domein-specifieke benadering voor het verklaren van zowel het lees- en spellingproces als het geheugen ingenomen. Een domein-specifieke benadering beschrijft een lineair proces van verschillende cognitieve componenten en processen die bijdragen tot een bepaald gedrag. Het theoretisch uitgangspunt van het onderhavige onderzoek sluit hier op aan: de individuele en onafhankelijk van elkaar functionerende componenten van het werkgeheugen en het langetermijngeheugen vormen tezamen het lineaire proces dat bijdraagt tot de prestaties op lezen en spellen. Echter schiet volgens Greijn (2011) een dergelijk domein-specifieke verklaring van het leesproces tekort door het ontbreken van empirisch bewijs voor een bi-modale verdeling in leesprestaties tussen dyslectische en normaal lezende kinderen. Deze bi-modale verdeling in leesprestaties werd door Rutter & Yule in 1975 gepresenteerd. Zij vonden een piek in de verdeling van leesprestaties van kinderen met en zonder dyslexie aan de onderkant van de verdeling, waaruit zij concludeerden dat kinderen met een specifieke leesstoornis een aparte groep vormden van de normaal lezende kinderen. Verder bewijs hiervoor ontbreekt echter, en ook frequentieverdelingen van het onderhavige onderzoek lieten in overeenstemming met onderzoek door Shaywitz et al. (1992) een normaalverdeling zien. Dit impliceert dat in plaats van een bi-modale verdeling van zowel lees- en spellingprestaties enerzijds, als geheugenprestaties anderzijds bij licht dyslectische kinderen en ernstig dyslectische kinderen,

er sprake is van normaalverdelingen en dus een continuüm waar beide groepen op liggen. Dit betekent dat er geen onderscheid gemaakt kan worden in een groep kinderen met een zwak óf sterk geheugen enerzijds en slechte óf goede lees- en spellingprestaties anderzijds, maar gesproken moet worden van een gradueel verloop van prestaties.

Theoretische implicatie: een dynamisch systeem

Het tekortschieten van bewijs voor een domein-specifieke verklaring heeft gevolgen voor de theoretische grondslag van het verklaren van het lees- en spellingproces en de rol die geheugen hierin speelt. Het functioneren van het geheugen kan mogelijk gedefinieerd worden als een dynamisch interactiesysteem. Fuster (2009) beschrijft het concept van een geheugen netwerk; informatie die gedefinieerd wordt als een patroon van zenuwcelpopulaties geassocieerd door ervaringen. Deze patronen of netwerken zijn onderling gerelateerd: *"Each memory is dynamically constructed from many, but not all, of the previously facilitated connections, and as a dynamic attractor may also 'pull in' associations not previously included in that dynamic category. Memory works not as a digital symbol-manipulating machine, but as a dynamic system"* (Thelen & Smith, 1994). Omdat bij dergelijke interacties sprake is van componenten en processen die elkaar wederzijds beïnvloeden, en niet sprake is van een regelgestuurd systeem waar sprake is van een hiërarchie, sluit een dergelijk netwerk aan op de assumpties van het Fonologisch Coherentiemodel voor lezen (Bosman & Van Orden, 2003): het is dynamisch, de context beïnvloedt mede het cognitieve proces, het is wederkerig en interactief en er is erkenning voor de invloed dat de fysieke staat van het lichaam heeft op mentale of cognitieve processen. Het leesproces dat verklaard wordt door het Fonologisch Coherentiemodel is een complexer systeem dan wanneer dit wordt verklaard vanuit het Dual-Route model. Dat het leesproces bij dyslectici in grotere mate complex is dan bij normaal lezende kinderen wordt ondersteund door het onderzoek van Greijn (2011), waaruit blijkt dat het onderliggende proces van lezen bij dyslectici veel complexer, variabelere, wederzijds afhankelijk en minder vaardig is dan het leesproces bij normaal lezende kinderen.

Het Fonologisch Coherentiemodel werd door Van Orden en collega's voor het eerst in 1990 (Bosman & Van Orden, 2003) gepresenteerd. In dit model wordt het geheugen voorgesteld als een netwerk van onderling samenhangende neuronen. Leren en ontwikkeling hiervan betekent dat er een netwerk wordt opgebouwd; de verbindingen tussen neuronen worden versterkt en associaties tussen die neuronen worden zo sterker. Toegepast op het lezen worden deze neuronen voorgesteld als knopen die onderling met elkaar een inhibitoire (onderdrukkend) of excitatoire (activerende) verbinding vormen. Voor het lezen is sprake van

drie soorten of families van knopen: letter,- foneem- en betekenselementknopen. De aard van verbinding tussen deze families is excitatoir en binnen de families is deze inhibitor. Tijdens het lezen wordt een patroon verbindingen behorend tot een netwerk geactiveerd. Bijvoorbeeld als (door fonologische informatie afkomstig van een geschreven woord) een foneemknoop wordt geactiveerd, activeert deze op zijn beurt letterknopen en betekenselementknopen. Deze sturen vervolgens hun activatie naar elkaar en de foneemknoop terug. Door deze feedforward en feedback (het model is recurrent; er is niet enkel sprake van doorsturen van informatie maar ook van terugsturen van informatie) ontstaan uiteindelijk patronen van feedback loops. Deze feedback loops vormen een stabiel coherent dynamisch geheel (resonantie) en een betekenisvolle letter,- foneem- en betekenselement interpretatie van het geschreven woord.

Dit recurrent zijn van het fonologisch coherentiemodel sluit aan op de gevonden (grote) invloed van de lees- en spellingscores tijdens de voormeting op de lees- en spellingscores na drie maanden behandeling. Bij recurrentie is sprake van feedback van informatie wat vervolgens weer informatie toevoegt aan de feedforward informatie. De kwaliteit van input bepaalt de kwaliteit van de output (Bosman & Van Orden, 2003). Elke uitwisseling van informatie zorgt voor een verrijking van het systeem, waardoor in termen van geheugen en lezen nieuwe informatie geïntegreerd wordt en onderdeel wordt van een patroon van verbindingen. Anders gezegd: wanneer het kind op het moment van de start van behandeling meer kennis van klanken, spelling- en regels heeft, kan het de kennis die het opdoet tijdens behandeling integreren in bestaande kennis waardoor de mogelijkheid tot generalisatie van spellingregels naar andere woorden gefaciliteerd kan worden. Dit maakt het mogelijk om zowel al aanwezige informatie als nieuwe (tijdens behandeling aangeboden) informatie in te zetten, wat het repertoire van correct gespeelde woorden vergroot. Dit in tegenstelling tot een kind dat tijdens de voormeting op spelling weinig kennis en/of een niet stabiel begrip van spellingregels heeft, zal op een lager niveau moeten worden ingezet tijdens behandeling waardoor ten tijde van het voortgangsonderzoek minder kennis van spelling aanwezig zal zijn dan bij kinderen die tijdens de voormeting al over meer kennis van spelling beschikten.

Concluderend schiet een hiërarchische, domein-specifieke en regelgestuurde verklaring van de rol van geheugen bij het leesproces tekort. In plaats daarvan is de rol van het geheugen bij het leesproces mogelijk beter te verklaren in termen van dynamiek en interacties.

Implicaties voor de praktijk

Het uitgangspunt van een domein-specifieke benadering in dit onderzoek leverde resultaten waaruit geconcludeerd kan worden dat geheugen maar voor een heel klein deel de prestaties op lezen en spellen kon verklaren, en bovendien (met uitzondering van de fonologische lus voor het lezen van de EMT) de vooruitgang op lezen en spellen niet kon verklaren. Voor de praktijk betekent dit dat voor kinderen met dyslexie en bijkomende geheugenproblemen, op grond van de geheugenproblemen niet verwacht kan worden dat deze minder profiteren van behandeling dan dyslectische kinderen met een goed geheugen.

Wanneer we, wederom uitgaand van een domein-specifieke overtuiging de (kleine mate van) verklaring van de vooruitgang bij het lezen vanuit de fonologische lus in gedachten nemen, is het interessant om te kijken naar een manier om de geheugenprestaties op dit gebied te verbeteren of te optimaliseren. Een manier die bovendien ingezet kan worden tijdens behandeling van dyslexie om de effectiviteit hiervan te vergroten is het aanbieden of aanleren van geheugenstrategieën. Onderzoek van Swanson (1999) suggereert dat kinderen met leerproblemen vergelijkbaar met kinderen zonder leerproblemen kunnen scoren op geheugentaken na het aanleren van geheugenstrategieën. Hieruit is te concluderen dat het aanbieden van geheugenstrategieën, in het bijzonder voor kinderen met leerproblemen, een groot verschil kan maken. Dehn (2008) noemt een strategie die van invloed is op de capaciteit van de fonologische lus: 'chunken'. Bij het chunken worden losse eenheden van verbale informatie gegroepeerd in grotere, bijvoorbeeld I, B, M, C, I, A, F, B, I wordt IBM, CIA en FBI welke door hun betekenis makkelijker te onthouden is. Bij het chunken zou volgens Cowan (1988 uit: Ricker et al., 2010) sprake zijn van gebruik van kennis dat opgeslagen ligt in het langetermijngeheugen die tijdelijk in geactiveerde staat verkeert.

Een andere vorm van invloed op de capaciteit van de fonologische lus wordt uitgeoefend door voorkennis: betekenisvolle fonologische informatie kan relevante associaties of structuren in het lange termijngeheugen activeren welke op zijn beurt het oproepen van de informatie op korte termijn faciliteert (Dehn, 2008). Dat verklaart waarom een volwassene een langere span heeft voor betekenisvolle woorden dan voor pseudowoorden en zij vijftien woorden kunnen oproepen als deze in een, voor hen logische en betekenisvolle, zin worden gebruikt (Dehn, 2008).

Het gebruik maken van strategieën om de capaciteit van het werkgeheugen te vergroten kan eveneens een domein-specifieke verklaring zijn voor de bevinding dat wanneer een kind goed scoorde op de fonologische lus, hij minder vooruitgang toonde op het lezen van de EMT dan kinderen die zwak scoorden op de fonologische lus. De kinderen die tijdens de

voormeting zwak presteerden op de fonologische lus, deden tijdens de behandeling strategieën op die zij konden inzetten tijdens het leesproces. Daardoor is voor kinderen die zwak scoren (en geen, onvoldoende of in mindere mate geheugenstrategieën hanteren) mogelijk meer vooruitgang in het lezen te behalen dan voor kinderen die op de fonologische lus bij voormeting al goed presteerden en daarom niet kunnen profiteren van verbeterde strategieën: zij zouden dit component van het werkgeheugen al op een zodanig efficiënte manier benutten dat verbetering niet of nauwelijks mogelijk is.

Wanneer we echter uitgaan van een dynamisch systeem als uitgangspunt om de rol van geheugen bij het lezen en spellen te verklaren is het van belang om naast het versterken van de letter-foneemrelatie (i.e. verbinding tussen letterknopen en foneemknopen) ook aandacht te schenken aan de betekenis van een woord, om zo het versterken van de verbindingen tussen alle drie de knooppunten te faciliteren. Doordat deze drie aspecten onderling afhankelijk zijn, kunnen drie dynamieken elkaar ondersteunen (Bosman & Van Orden, 2003).

Vanuit zowel een domein-specifieke benadering als een uitgangspunt vanuit het dynamisch systeem betekent dit dat bij het bij lezen en spellen voor kinderen met dyslexie tijdens behandeling belangrijk is dat er gebruik wordt gemaakt van oefeningen met een voor het kind betekenisvolle context.

Implicaties voor vervolgonderzoek

De resultaten uit zowel dit als voorgaand onderzoek leveren aanwijzingen dat het proces van lezen en spelling en de rol van geheugen hierbij als een dynamisch proces kan worden opgevat en dat onderzoek vanuit een domein-specifieke benadering tekortschiet in de verklaring van dit proces. Dehn (2008) stelt ook dat de componenten van het werkgeheugen in de kindertijd relatief onafhankelijk van elkaar functioneren, maar een grotere mate van afhankelijkheid laten zien wanneer de executieve functies van het werkgeheugen zich ontwikkelen. In vervolgonderzoek naar de rol van geheugen bij het lees- en spellingproces is het daarom waardevol om te richten op het analyseren van de interacties tussen de verschillende componenten van het werkgeheugen en het langetermijngeheugen, in tegenstelling tot het onderzoeken van de bijdrage van de verschillende componenten als individuele voorspeller voor lees- en spellingprestaties.

In licht van het aandeel dat de fonologische lus van het werkgeheugen in onderhavig onderzoek wel bleek te hebben bij de vooruitgang in leesprestaties van dyslectische kinderen, is het interessant om te onderzoeken of geheugenprestaties op dit gebied te verbeteren zijn, en bovendien leiden tot verbetering van lezen en spelling. Verbetering van geheugenprestaties

zou gericht kunnen worden op het vergroten van de capaciteit van het geheugen. Lang is aangenomen dat de capaciteit van het werkgeheugen niet te beïnvloeden is, maar meer recentelijk onderzoek toont positieve resultaten na werkgeheugentraining bij jonge kinderen (Dahlin, 2010). Dahlin onderzocht het effect van werkgeheugentraining op geletterdheid bij Zweedse kinderen met aandachtsproblemen of algemene leerproblemen. De training leidde niet tot verbeterde prestaties op decodeertaken en orthografische verificatietaken, maar voor begrijpend lezen taken bleek de training wel een substantieel effect te hebben. Omdat dit onderzoek kinderen met aandachtsproblemen en algemene leerproblemen betrof, is het interessant om te onderzoeken of werkgeheugentraining naast het leesbegrip wellicht ook het technisch lezen bij kinderen met dyslexie kan verbeteren. In een ander onderzoek naar werkgeheugentraining bij kinderen en volwassenen met ADHD bleek na training een positief effect op de aandachtsconcentratie (Beck et al., 2010). Dit is relevant voor onderzoek bij dyslectische kinderen omdat door Kok (2009) werd gevonden dat kinderen met dyslexie slechter scoorden op aandachtsconcentratie dan kinderen zonder dyslexie, en dat er bovendien een duidelijke samenhang bestond tussen aandachtsconcentratie en de centrale verwerking van het werkgeheugen. Door onderzoekers van Braams&Partners b.v. wordt op moment van dit schrijven longitudinaal onderzoek uitgevoerd naar het effect van de werkgeheugentraining van Cogmed op de effectiviteit van dyslexiebehandeling binnen de praktijk van Braams&Partners. De onderzoeksgroep van dit onderzoek bestaat uit dyslectische kinderen die zwak presteren op werkgeheugentaken. Interessant is wellicht ook om te onderzoeken of deze kinderen beter zullen gaan presteren op de taken die het werkgeheugen meten.

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat het geheugen, in termen van afzonderlijke componenten volgens het model van Baddeley niet de verwachte rol bleek te spelen bij het lezen en spellen in termen van het Dual-Route model van dyslectische kinderen. Daarentegen zijn de aanwijzingen van een dynamisch systeemtheorie als verklaring voor zowel het lees- en spellingproces enerzijds, als de werking van het geheugen anderzijds op grond van theoretische verklaring en verklaring van de gevonden resultaten aannemelijk en overtuigend. Recentelijk heeft Wijnants et al., (2011) onderzoek gedaan vanuit een dynamisch systeem perspectief waarin interactie een dominante rol speelt. Zij concludeerden dat dyslexie een uiting is van dynamische onstabieliteit in de coördinatie van processen die nodig zijn bij het lezen (uit: Greijn, 2011). Verder onderzoek naar het geheugen als dynamisch systeem en interacties van de executieve functies van het werkgeheugen enerzijds, en de effectiviteit van

geheugentraining bij dyslectische kinderen anderzijds is nodig om te kunnen begrijpen welke invloed het geheugen heeft op het lezen en spellen. Bovendien kan deze kennis worden ingezet bij de behandeling van lees- en spellingproblemen bij dyslectische kinderen.

Literatuur

- Baddeley, A. D. (2002). *Human Memory. Theory and Practice - revised edition*. Hove: Psychology Press.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189–208. DOI:10.1016/S0021-9924(03)00019-4
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Neuroscience*, 4, 829-839. DOI:10.1038/nrn1201
- Baddeley, A.D., Eysenck, M.W. & Anderson, M.C. (2009). *Memory*. Hove: Psychology Press.
- Beck, S. J., Hanson, C. A., Puffenberger, S. S., Benninger, K. L., & Benninger, W. B. (2010). A Controlled Trial of Working Memory Training for Children and Adolescents with ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 39:6, 825-836. DOI: 10.1080/15374416.2010.517162
- Becker, B. (2008). *Dyslectisch... en dan?* Apeldoorn: Garant Uitgevers.
- Bender, W. N. (2008). *Learning Disabilities. Characteristics, Identification, and Teaching Strategies-* Sixth Edition. Boston: Pearson Education.
- Beneventi, H., Tønnessen, F. E., Erslund, L. & Hugdahl, K. (2010). Executive working memory processes in dyslexia: Behavioral and fMRI evidence. *Scandinavian Journal of Psychology*, 51, 192–202. DOI: 10.1111/j.1467-9450.2010.00808.x
- Bosman, A.M.T. (1994). Reading and spelling in children and adults: Evidence for a single route model. Doctoral dissertation, University of Amsterdam, the Netherlands.
- Bosman, A. M. T., & Van Orden, G. C. (2003). Het fonologisch coherentiemodel voor lezen en spellen. *Pedagogische Studiën*, 80, 391-406.
- Braams, T. (2002). *Dyslexie, een complex taalprobleem*, vierde druk. Amsterdam: Uitgeverij Boom.
- Bronkhorst, J. B. M., & Molenaar, H. (2010). *Spraak, Taal en Leren*. Houten: Bohn Stafleu.
- Brus, B. Th., & Voeten, M.J.M. (1976). *Eén-Minuuut-Test, vorm A en B. Verantwoording en Handleiding* (2^e druk). Nijmegen: Berkhout.
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. (2009). *The Rise of Homo sapiens. The Evolution of Modern Thinking*. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.

- Centraal Bureau voor Statistiek (2008). Webmagazine van maandag 1 december 2008. Verkregen op 23 november 2011, van <http://www.cbs.nl>
- College voor Zorgverzekeringen (2006). Protocol Dyslexie Diagnose & Behandeling. Verkregen op 29 juli 2011, van <http://www.steunpuntdyslexie.nl>
- Dahlin, K. I. E. (2010). Effects of working memory training on reading in children with special needs. *Reading and Writing*, 24:4, 479-491. DOI: 10.1007/s11145-010-9238-y
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., De Fries, J. C., Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172-179. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x
- Fuster, J. M. (2009). Cortex and Memory: Emergence of a New Paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21:11, p. 2047-2072. DOI:10.1162/jocn.2009.21280
- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1993). Working memory and language. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., Wearing, H. (2004). The structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, 40:2, p. 177-190. DOI: 10.1037/0012-1649.40.2.177
- Geelhoek, J. & Reitsma, P. (1999). *Handleiding PI-dictee - 4e druk*. Lisse : Swets Test Publishers.
- Gijssel, M. A. R., Karman, S., & Bosman, A. M. T. (2010). Behandeling van dyslexie: Onderzoek laat effecten zien. *Tijdschrift voor Remedial Teaching*, 18:2, 26-29.
- Greijn, L. T. (2011). Why dyslexia appears as it does: The view of interaction dominant dynamics on the cognitive deficit of dyslexia. Nijmegen: Behavioral Institute, Master of Science Thesis.
- Kok, J. (2009; data from study; unpublished). *Dyslexie en aandachtsconcentratie*. Nijmegen: Radboud universiteit, scriptie voor het masterexamen Pedagogische Wetenschappen.
- Kort, W., Compaan, L., Bleichrodt, N., Resing, W.C.M., Schittekatte, M., Bosmans, M., Vermeir, G. & Verhaeghe, P. (2005). *WISC-III^{NL} Wechsler Intelligence Scale for Children. David Wechsler. Derde Editie NL. Handleiding*. Amsterdam: NIP Dienstencentrum.
- Menghini, D., Carlesimo, G. A., Marotta, L., Finzi, A., & Vicari, S. (2010). Developmental Dyslexia and Explicit Long-Term Memory. *Dyslexia*, 16, 213-225. DOI: 10.1002/dys.410

- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*:2, 81-97.
DOI: 10.1037/h0043158
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100.
DOI:10.1006/cogp.1999.0734
- Olive, T. (2004). Working memory in writing: Empirical evidence from the dual-task technique. *European Psychologist*, *9*, 32-42. DOI: 10.1027/1016-9040.9.1.32
- Otterloo, S. G., Van der Leij, A., & Henrichs, L. F. (2008). Early Home-Based Intervention in the Netherlands for Children at Familial Risk of Dyslexia. *Dyslexia*, *15*, 187-217.
DOI: 10.1002/dys.376
- Pickering, S.J. (2006). *Working memory and Education*. Burlington: Elsevier
- Pickering, S., & Gathercole, S. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C) Manual*. London: The Psychological Corporation.
- Poldrack, R. A., & Gabrieli, J. D. (1997). Functional anatomy of Long-Term Memory. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *14*:4, p. 294-310.
- Poleij, C., & Stikkelbroek, Y. (2009). *Dyslexie de baas: aanpak van psychosociale problemen van jongeren met dyslexie*. Houten: Bohn Stafleu.
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2004). Executive Functions in Children with Dyslexia. *Dyslexia*, *11*, 116-131. DOI: 10.1002/dys.289
- Ricker, T. J., AuBuchon, A. M. Cowan, N. (2010). Working Memory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. *1*:4, 573-858.
- Rutter, M. & Yule, W. (1975). The concept of specific reading retardation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *16*, 181-197. DOI: 10.1111/j.1469-7610.1975.tb01269.x
- Savage, R. S., Frederickson, N., Goodwin, R., Patni, U., Smith, N., & Tuersley, L. (2005). The relationship among rapid digit naming, phonological processing, motor automaticity and speech perception in poor average and good readers and spellers. *Journal of Learning Disabilities*, *38*, 12-28. DOI: 10.1177/00222194050380010201
- Shaywitz, S. E., Escobar, M. D., Bennet, A., Fletcher, J. M., & Makuch, R. (1992). Evidence That Dyslexia May Represent the Lower Tail of a Normal Distribution of Reading Ability. *New England Journal of Medicine*, *326*:3, 145-150, DOI: 10.1056/NEJM199201163260301

- Snowling, M. J. (2006) *Dyslexia* - 2nd edition. Oxford: Blackwell Publishing.
- Sousa, D. A. (2006). *How the brain learns* - 3e editie. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Sousa, D. A. (2005). *How the brain learns to read*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- St. Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745-759. DOI: 10.1080/17470210500162854
- Stichting Dyslexie Nederland (2008). Brochure Diagnose en behandeling van dyslexie. Verkregen op 27 juni 2011, van <http://www.stichtingdyslexienederland.nl>
- Stichting Kinderneuropsychologie Noord-Nederland. (2010, 10 oktober). Opgevraagd op 6 mei 2011, van www.kinderneuropsychologie-noordned.nl/15-WT-1.htm
- Swanson, H. L. (1999). Cognition and learning disabilities. In W. N. Bender (Ed.), *Professional issues in learning disabilities*. p.415-460. Austin: ProEd.
- Swaab, D. (2011). *Wij zijn ons brein. Van baarmoeder tot alzheimer - 11e druk*. Amsterdam: uitgeverij Contact.
- Terlouw, M., Mensing, A., de Rijke, H., & Schoonenboom-van der Geest, W. (1998). *Kinderen met een raadsel - Druk 2: een handreiking voor ouders en leerkrachten*. Zeist: Uitgeverij Christoffel.
- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge: The MIT Press.
- Van der Leij, A. (2003). *Leesproblemen en dyslexie: Beschrijving, verklaring en aanpak* (Tweede, gewijzigde druk). Rotterdam: Lemniscaat.
- Vermeulen, M. (2007; data from study; unpublished). Hebben kinderen met een leer- of taalachterstand ook een geheugenachterstand?
- Wong, B., Graham, L., Hoskyn, M., & Berman, J. (2008). *The ABC's of Learning Disabilities. Second Edition*. Oxford: Elsevier Academic Press.