

Een Onderzoek naar Werkgeheugen bij Kinderen met
Dyslexie en Dyscalculie

Auteurs: M. M. Leus (3634108)
A. M. Voshaar (3448487)

Onderzoek: Masterthesis orthopedagogiek Universiteit Utrecht

Werkveld: Leerlingenzorg

Begeleider: Dr. E. H. Kroesbergen

Tweede beoordelaar: Dr. E. H. de Bree

Datum: 21 juni 2012

Voorwoord

Met deze scriptie sluiten wij de opleiding orthopedagogiek aan de Universiteit Utrecht af. Bijna twee jaar geleden zijn wij begonnen met het pre-masterprogramma, om vervolgens door te stromen naar het masterprogramma. Het waren twee mooie en leerzame jaren, die we hierbij afgesloten hebben met een scriptie welke het resultaat is van een onderzoek naar werkgeheugen bij kinderen met dyslexie en dyscalculie.

Het ontwerpen van de vraagstelling, het beschrijven van de bijbehorende literatuur in de inleiding en het analyseren van de data en het beschrijven van de resultaten met betrekking tot is gedaan door Anouk. Met betrekking tot dyscalculie is dit gedaan door Milou. Het beschrijven van de methode is middels goede samenwerking tot stand gekomen. De discussie is wat betreft de delen over dyslexie door Anouk samengesteld en wat betreft dyscalculie door Milou. De overige aspecten van de discussie zijn eveneens door goede samenwerking tot stand gekomen. Het vinden van kinderen met gediagnosticeerde dyscalculie ging erg moeizaam, vandaar dat er in de dyscalculiegroep vrijwel alleen kinderen zijn opgenomen met een grote rekenachterstand. Gezien de onderzoeksgroep is, naast literatuur over dyscalculie, ook gezocht naar wetenschappelijk onderzoek bij kinderen met rekenproblemen.

Ons woord van dank gaat ten eerste uit naar de basisscholen die vol openheid aan dit onderzoek hebben meegewerkt. In het bijzonder de ouders voor hun toestemming en de leerlingen voor hun enthousiaste medewerking. Daarnaast willen we dr. E. H. Kroesbergen en dr. E. H. de Bree, onze thesisdocenten, bedanken voor de begeleiding en ondersteuning bij ons onderzoek. Tevens bedanken we onze medestudenten die samen met ons de data verzameld hebben en zo een grote onderzoeksgroep mogelijk hebben gemaakt.

Tot slot willen wij onze ouders bedanken, die ons altijd hebben gesteund tijdens onze gehele studie. Mede dankzij hen hebben wij onze studie soepel en met het nodige plezier kunnen doorlopen.

Geesteren, 21 juni 2012

Milou en Anouk

Samenvatting

In dit onderzoek is de rol van het werkgeheugen bij kinderen met dyslexie en dyscalculie onderzocht. Er hebben 114 kinderen (waarvan 49 jongens) tussen 8;0 jaar tot en met 12;1 jaar deelgenomen. De onderzoeksgroep bestond uit kinderen met lees- en/of spellingproblemen (dyslexiegroep), kinderen met rekenproblemen (dyscalculiegroep), kinderen zonder leerproblemen (controlegroep, leeftijd gematcht) en kinderen die qua rekenniveau vergelijkbaar zijn met de kinderen uit de dyscalculiegroep (skill-matched groep). Met behulp van de Automated Working Memory Assessment (AWMA) zijn vier componenten van het werkgeheugen gemeten: verbaal korte termijn geheugen, verbaal werkgeheugen, visueel ruimtelijk korte termijn geheugen en visueel ruimtelijk werkgeheugen. De resultaten tonen aan dat de groepen van elkaar verschillen op de werkgeheugenmaten. Kinderen met dyslexie blijken in vergelijking met kinderen uit de controlegroep significant lager te presteren op taken die een beroep doen op het verbaal en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen en werkgeheugen. Dit geldt ook voor kinderen met rekenproblemen. In vergelijking met de skill-matched groep, presteren zij significant lager op taken die een beroep doen op het verbaal en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen. De resultaten impliceren dat leerproblemen nauw samenhangen met specifieke tekorten in het werkgeheugen.

Trefwoorden: werkgeheugen, dyslexie, dyscalculie, AWMA

Inleiding

In dit onderzoek is de rol van het werkgeheugen onderzocht bij de twee voornaamste leerproblemen: dyslexie en dyscalculie. Kinderen moeten op school veel informatie voor korte tijd opslaan en bewerken. Dit gebeurt in het werkgeheugen (Baddeley, 2000; Just & Carpenter, 1992). Er wordt een grote rol toegeschreven aan het werkgeheugen bij het (leren) lezen en rekenen, en daarmee ook bij dyslexie en dyscalculie (Baddeley, 2003b; Passolunghi & Siegel, 2001; Shalev & Gross-Tsur, 2001). Wetenschappelijk onderzoek (Alloway, Gathercole, Willis, & Adams, 2004; Beneventi, Tønnessen, Erslund, & Hugdahl, 2010; Gathercole, 1999) heeft uitgewezen dat kinderen met leerproblemen specifieke tekortkomingen hebben in het werkgeheugen. Zo lieten kinderen met dyslexie, in tegenstelling tot de controlegroep, geen verhoogde activatie van het verbaal werkgeheugen zien wanneer dit meer belast werd (Beneventi et al., 2010). De American Psychiatric Association (APA; 2000) stelt dat specifieke leerproblemen gediagnosticeerd worden wanneer de prestaties van een kind op een bepaald leergebied sterk achterblijven bij wat op basis van leeftijd, ontvangen onderwijs en intelligentie mag worden verwacht. De problemen belemmeren de schoolprestaties aanzienlijk en verstoren ook het dagelijks leven van het kind. Kinderen met dyslexie hebben hardnekkige problemen met lezen en/of spellen (Stichting Dyslexie Nederland; SDN, 2008). Kinderen met dyscalculie hebben significante moeilijkheden met het leren rekenen en komen niet tot een adequaat bekwaamheidsniveau (APA, 1994; 2000). Eerst worden kort het werkgeheugen en deze twee leerproblemen beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de rol die het werkgeheugen speelt bij dyslexie en dyscalculie.

De term werkgeheugen verwijst naar de capaciteit om informatie voor een korte tijd op te slaan en te bewerken (Baddeley, 2000; Just & Carpenter, 1992). Kortstondige opslag van de informatie is een vereiste voor complexe taken als begrijpen, leren, redeneren en integreren (Baddeley, 2000; Smith-Spark & Fisk, 2007). Het schoolse leren zorgt derhalve voor een belasting van het werkgeheugen. Er zijn een aantal theoretische opvattingen over het werkgeheugen. Sommige onderzoekers stellen dat het werkgeheugen bestaat uit een domeinalgemeen aspect dat informatie coördineert naar twee onafhankelijke domeinspecifieke opslagelementen voor verbale en visueel ruimtelijke informatie (Baddeley, 2000). Anderen, zoals Shah en Miyake (1996, beschreven in Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006) suggereren daarentegen dat in het werkgeheugen twee afzonderlijke domeinspecifieke opslagelementen aanwezig zijn: één voor verbale informatie en één voor

visueel ruimtelijke informatie. Elk domein is daarbij zelfstandig in staat om informatie te manipuleren.

Een veel aangehaald werkgeheugenmodel is dat van Baddeley. Dit model bevat meerdere elementen, namelijk een controlesysteem, het centraal executief systeem en twee opslagsystemen. De nadruk ligt op de gecombineerde verwerking en opslag en op de functionele betekenis als een systeem dat een reeks cognitieve activiteiten mogelijk maakt. Het korte en lange termijn geheugen wordt hierin niet kunstmatig van elkaar gescheiden en het geheugen wordt gezien als een actief systeem (Baddeley, 2003a). Het centraal executief systeem is een soort besturingssysteem. Het is verantwoordelijk voor het uitoefenen van controle op de input en het monitoren van de verwerkingsprocessen. Daarnaast voert het ook regelgevende taken uit, zoals het opvragen van informatie uit het lange termijn geheugen en aandachtscontrole. Het centraal executief systeem bevat ondergeschikte domeinspecifieke slaafsystemen: de fonologische lus en het visueel ruimtelijk schetsblok. De fonologische lus heeft als taak verbale informatie op te slaan in het korte termijn geheugen. Het visueel ruimtelijk schetsblok is gespecialiseerd in het vasthouden en bewerken van visuele en ruimtelijke representaties (Baddeley, 2000). Later heeft Baddeley een vierde element toegevoegd aan het multicomponentenmodel: de episodische buffer. Dit slaafstelsel integreert de informatie die verkregen is via de fonologische lus en het visueel ruimtelijk schetsblok.

Voor dit model van werkgeheugen is veel wetenschappelijk bewijs. Zo hebben Alloway, Gathercole, Willis en Adams (2004), dit model bekrachtigd in een onderzoek onder jonge kinderen. Zij hebben aan de hand van dit werkgeheugenmodel onderzoek gedaan naar de samenhang tussen cognitieve vaardigheden en de organisatie van het werkgeheugen. Zij geven aan dat het model een bruikbaar kader biedt om onderzoek te doen naar werkgeheugen.

Dyslexie is het meest voorkomende specifieke leerprobleem (Büttner & Hasselhorn, 2011). Kinderen met dyslexie ervaren hardnekkige problemen met de fonologische vaardigheden, de leesvaardigheid, het spellen en het herkennen van woorden (APA, 2000; Tunmer & Greaney, 2010). Mensen met dyslexie hebben, ook als zij extra hulp krijgen, moeite met foutloos en vlot lezen en spellen (Francis, Shaywitz, Stuebing, Shaywitz, & Fletcher, 1996). Problemen in de fonologische verwerking worden als belangrijkste oorzaak van dyslexie beschouwd (Tunmer & Greaney, 2010; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004). De fonologische verwerking omvat onder meer het kunnen doorzien van de klankstructuur (fonologisch bewustzijn), het gebruiken van de klank-tekenkoppeling (fonologisch decoderen) en het onthouden van verbale informatie in het werkgeheugen.

Bij kinderen met dyscalculie bestaat er een specifiek probleem dat de verwerving van de rekenvaardigheden beïnvloedt (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Shalev & Gross-Tsur, 2001). Het verwerven van rekenvaardigheden, zoals het vergelijken en begrijpen van hoeveelheden, is bij jonge kinderen in aanleg aanwezig (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004; Ginsburg, 1997). Dit is de zogenaamde number sense of number module (Butterworth, 2005; Wilson & Dehaene, 2007). De uitingen van dyscalculie verschillen sterk tussen en wellicht ook binnen individuen (Geary, 2006). Sommige mensen met dyscalculie hebben moeilijkheden met het begrijpen van tabellen, anderen komen nooit tot het begrip van vermenigvuldigen of delen en weer anderen hebben moeite met getalbegrip. Zij maken over het algemeen veel fouten door onvoldoende procedurele kennis die nodig is voor moeilijkere optel-, aftrek-, vermenigvuldig- en deelopgaven (Gross-Tsur, Manor, & Shalev, 1996). De uitingen van dyscalculie zijn gerelateerd aan leeftijd en jaargroep op school (Geary, 1994).

Er is reeds onderzoek gedaan naar de rol die het werkgeheugen speelt bij specifieke leerproblemen. Bij de taalverwerking speelt het werkgeheugen een belangrijke rol. Smith-Spark, Fisk, Fawcett en Nicolson (2003) beschrijven dat veel theorieën aangeven dat verbale processen verantwoordelijk zijn voor de meeste werkgeheugenproblemen bij dyslexie. Zo stelt Baddeley (2003b) dat er bij kinderen met dyslexie sprake is van tekorten in de fonologische lus en, in mindere mate, tekorten in andere aspecten van het werkgeheugen. Er is onderzoek gedaan naar het verbaal werkgeheugen (Beneventi et al., 2010; Reiter, Tuscha, & Lange, 2005; Smith-Spark et al., 2003) en visueel ruimtelijk werkgeheugen (Reiter et al., 2005; Smith-Spark et al., 2003). Kinderen met dyslexie bleken significant lager te presteren op digit recall en word recall dan de kinderen zonder dyslexie (Smith-Spark et al., 2003) en op de backward digit taak (Beneventi et al., 2010; Reiter et al., 2005). Uit onderzoek van Jeffries en Everatt (2003) bij volwassenen met dyslexie blijkt dat zij lager presteren dan normaal ontwikkelde volwassenen op de recall taken die activiteit van de fonologische lus vereisen. Zij lieten echter wel een goed herinneringsvermogen lieten zien bij taken die een beroep doen op het visueel ruimtelijk schetsblok. Meer recent onderzoek van Smith-Spark en Fisk (2007) geeft aan dat werkgeheugenproblemen één van de belangrijkste kenmerken is van dyslexie. Het onderzoek van Smith-Spark en Fisk (2007) heeft zich naast fonologische taken eveneens gericht op visueel ruimtelijke taken. In tegenstelling tot de resultaten van Jeffries en Everatt (2003) blijkt uit hun onderzoek dat werkgeheugenproblemen bij dyslexie invloed kunnen hebben op de prestaties bij zowel de fonologische als de visueel ruimtelijke verwerking. De dyslexiegroep presteerde namelijk significant lager op de fonologische en visueel ruimtelijke taken dan de controlegroep. Het onderzoek van Reiter et al. (2005) geeft

eveneens aan dat er sprake is van tekorten in het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen bij kinderen met dyslexie.

Het werkgeheugen speelt ook een belangrijke rol bij het (leren) rekenen. Verschillende studies tonen aan dat er een positief verband is tussen het werkgeheugen en de rekenvaardigheid (Ashcraft & Krause, 2007; De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansiri, 2010; Miller & Bichsel, 2004; Simmons, Willis, & Adams, 2012). Het werkgeheugen is belangrijk voor onderdelen van de rekenvaardigheid, zoals voor het ondersteunen van hoofdrekenen (Adams & Hitch, 1997; Gathercole, 1999; Shalev & Gross-Tsur, 2001). Tekorten in het werkgeheugen worden gezien als belangrijk onderliggend mechanisme bij rekenproblemen (Passolunghi, Cronoldi, & De Liberto, 1999; Passolunghi & Siegel, 2001). Het lijkt erop dat kinderen met rekenproblemen een specifiek tekort hebben in het vermogen om informatie in het werkgeheugen vast te houden en/of te manipuleren terwijl ze zich bezighouden met numerieke activiteiten, zoals de backward digit taak (Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Hitch & McAuley, 1991; Passolunghi & Siegel, 2004; Siegel & Ryan, 1989). Ander onderzoek geeft daarentegen aan dat kinderen met rekenproblemen zowel laag presteren op numerieke als op andere verbale werkgeheugentaken (Geary et al., 1999; Passolunghi & Siegel, 2001). Voorgaande doet vermoeden dat rekenproblemen sterk gerelateerd zijn aan de capaciteit van het werkgeheugen. Anderzijds geven onderzoekers aan dat het werkgeheugen en het verbaal korte termijn geheugen een relatief geringe rol spelen bij het verwerven van rekenvaardigheden. Het zou enkel het begrip van conceptuele aspecten van rekenen ondersteunen (Bull, Johnston, & Roy, 1999; Gathercole, 1999). Deze conceptuele aspecten zijn wel essentieel bij verschillende domeinen van het rekenonderwijs.

De werkgeheugencomponent die het meest nauw verwant lijkt te zijn met rekenvaardigheid is het centraal executief systeem (LeFevre, DeStefano, Coleman, & Shanahan, 2005; Logie & Baddeley, 1987; Passolunghi & Siegel, 2004). Het centraal executief systeem lijkt belangrijk bij de coördinatie van meerdere activiteiten die betrokken zijn bij het tellen en het oplossen van rekenkundige problemen (Bull et al., 1999; LeFevre et al., 2005). Rotzer et al. (2009) hebben onderzoek gedaan bij twee groepen kinderen van acht tot en met tien jaar: een groep kinderen met dyscalculie en een groep controlekinderen. Zij beschrijven dat kinderen met dyscalculie moeilijkheden ondervinden met het reproduceren en manipuleren van visueel ruimtelijke informatie. Dit komt ook naar voren in andere studies (McLean & Hitch, 1999; Van der Sluis, Van der Leij, & De Jong, 2005). Kinderen met rekenproblemen blijken uit onderzoek van Bull et al. (1999) lager te presteren op een test die het centraal executief systeem meet. Ook de fonologische lus lijkt, ter ondersteuning van het

tellen, van belang (Bull et al., 1999). Verschillende bronnen geven een tegenstrijdig beeld van de rol van het verbaal werkgeheugen. McLean en Hitch (1999) geven aan dat kinderen met rekenproblemen over het algemeen een normaal ontwikkeld verbaal werkgeheugen hebben. Bull et al. (1999) concluderen daarentegen dat kinderen met rekenproblemen specifieke tekorten laten zien in de fonologische lus van het werkgeheugen.

In tegenstelling tot bij de specifieke leerproblemen dyslexie en ADHD, die drie keer vaker bij jongens voorkomen dan bij meisjes (APA, 1994), is er bij dyscalculie geen prevalentieverschil tussen de seksen. De capaciteit van het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen verschilt bij 50 mannen en 50 vrouwen van 19 tot 24 jaar niet significant tussen de seksen (Robert & Savoie, 2006).

Op basis van bovenstaande literatuur zijn vragen en verwachtingen gerezen. Allereerst was er een allesomvattende, integrale verwachting dat kinderen uit de dyslexie- en dyscalculiegroep significant lager presteren op werkgeheugentaken dan kinderen uit de controlegroepen. Ook zijn de verschillen tussen de dyslexie- en dyscalculiegroep op werkgeheugentaken onderzocht. Van kinderen uit de dyslexiegroep werd aangenomen dat zij lager presteren op verbale taken dan kinderen uit de dyscalculiegroep. Van kinderen uit de dyscalculiegroep werd daarentegen verwacht dat zij significant lager zouden presteren op visueel ruimtelijke taken en numerieke taken dan kinderen uit de dyslexiegroep. Vervolgens zijn de verwachtingen opgedeeld per leerprobleem.

Van kinderen met dyslexie werd verwacht dat zij significant lager presteren dan kinderen uit de controlegroep op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen, verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen. Verder werd verwacht dat kinderen met dyslexie significant lager presteren op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen of de fonologische lus, dan op taken die een beroep doen op de visueel ruimtelijke aspecten van het korte termijn geheugen of werkgeheugen.

Van kinderen met rekenproblemen werd verwacht dat zij significant lager presteren dan kinderen uit de controlegroep op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen, verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen. Ook in vergelijking met kinderen met een vergelijkbaar rekenniveau bestond de assumptie dat zij significant lager zouden presteren op de verschillende werkgeheugentaken. Door een vergelijking te maken met kinderen met eenzelfde vaardigheidsniveau is gekeken of de kinderen met rekenproblemen een achterstand hebben ten aanzien van leeftijdgenoten, of dat er sprake is van een specifieke stoornis. Verder werd verwacht dat kinderen met

rekenproblemen significant lager presteren op taken met numerieke of visueel ruimtelijke informatie, dan op andere taken die een beroep doen op de fonologische lus. Tot slot bestond de assumptie dat er een positieve samenhang bestaat tussen rekenvaardigheid en de verschillende werkgeheugentaken.

Deze studie zal gebruik maken van een scala aan taken om de capaciteit van het werkgeheugen te beoordelen bij de uitvoering van verschillende taken. Het is gericht op een groep kinderen met dyslexie, kinderen met ernstige rekenproblemen, een controlegroep op leeftijd gematcht en een skill-matched groep. Bij de skill-matched groep werd de rekenvaardigheid vergeleken.

Dit onderzoek zal handvaten kunnen bieden bij de begeleiding van leerlingen met dyslexie en dyscalculie. Tekorten in het werkgeheugen hebben namelijk een significante invloed op de kwaliteit van de verdere ontwikkeling van cognitieve functies en de effectiviteit van interventieprogramma's (Smith-Spark & Fisk, 2007). Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de ontwikkeling van behandelprogramma's. Verder zal binnen het onderwijs in acht moeten worden genomen dat tekorten in het werkgeheugen een veelbetekenende invloed hebben op onder andere het schoolse leren, planning en problemen oplossen (Reiter et al., 2005).

Methode

Participanten

In de analyse zijn 114 kinderen (waarvan 49 jongens) tussen 8;0 jaar tot en met 12;1 jaar meegenomen, met een gemiddelde leeftijd van 118.70 maanden ($SD = 9.39$). De eerste onderzoeksgroep bestond uit 30 kinderen met lees- en/of spellingproblemen (dyslexiegroep, waarvan 14 jongens), met een gemiddelde leeftijd van 119.33 maanden ($SD = 9.17$). De tweede groep omvatte 29 kinderen met rekenproblemen (dyscalculiegroep, waarvan 6 jongens), met een gemiddelde leeftijd van 118.24 ($SD = 12.23$). De derde groep betrof de 40 kinderen zonder leerproblemen (controlegroep, leeftijd gematcht, waarvan 21 jongens), met een gemiddelde leeftijd van 121.75 ($SD = 6.00$). De vierde groep bestond uit 15 kinderen die qua rekenniveau vergelijkbaar zijn met de kinderen uit de dyscalculiegroep (skill-matched groep, waarvan 8 jongens), met een gemiddelde leeftijd van 110.20 ($SD = 5.70$).

De eerste groep is de dyslexiegroep. Bij de kinderen uit deze groep is dyslexie onderkend op basis van de criteria van SDN (2008). Er is derhalve sprake van een significante lees- en/of spellingachterstand ten opzichte van leeftijdgenoten (het criterium van achterstand; SDN, 2008) en er is sprake van een resistentie tegen aangeboden hulp (het criterium van

didactische resistentie; SDN, 2008). De tweede groep kinderen betreft de dyscalculiegroep. Bij slechts één van de 29 leerlingen (een meisje) is er sprake van gediagnosticeerde dyscalculie. Zij voldoet aan het criterium van achterstand ten opzichte van leeftijdgenoten, het discrepantiecriterium ten aanzien van cognitieve capaciteiten (APA, 2000) en aan het criterium van didactische resistentie tegen aangeboden hulp (Van Luit, 2010). De overige leerlingen hebben een rekenachterstand van minimaal tien onderwijsmaanden, berekend aan de hand van de Cito Rekenen-Wiskunde (Cito, 2010). De derde groep is de controlegroep. Zij zijn op leeftijd gematcht met de kinderen uit de dyslexie- en dyscalculiegroep. Bij deze kinderen is geen sprake van een onderkend leerprobleem. Bij geen van de participanten is sprake van comorbide gedragsproblemen of een ontwikkelingsstoornis. Deze condities zouden immers een verklaring kunnen vormen voor de hardnekkige problemen bij rekenen of lezen en/of spelling. De vierde groep betreft de skill-matched groep. Om de mogelijkheid te behouden om, naast vergelijking op basis van leeftijd, te kunnen vergelijken op basis van rekenvaardigheid is deze groep opgenomen. Aan de hand van het gemiddelde rekenvaardigheid van de kinderen uit de dyscalculiegroep (midden groep 5) zijn kinderen geselecteerd met een vergelijkbaar rekenniveau, uit een groep van 57 leerlingen, op de TTR (De Vos, 1992). Evenals bij de controlegroep is ook bij deze kinderen geen sprake van een onderkend leerprobleem.

De onderzoekspopulatie is select samengesteld. Er zijn in totaal 218 kinderen benaderd voor deelname aan dit onderzoek. Van 55 kinderen hebben de ouders geen toestemming gegeven voor deelname. Voor de skill-matched groep kwamen 42 leerlingen niet in aanmerking. Ook zijn zeven kinderen uit de controlegroep, ouder dan 131 maanden (10;11 jaar), niet meegenomen in de analyse. De skill-matched groep is significant jonger dan de overige drie groepen, $t(113) = 135.05$, $p < .01$, $r = 1.00$. De controlegroep heeft een significant hogere rekenvaardigheid, $t(113) = 29.44$, $p < .01$, $r = .16$.

Meetinstrumenten

In dit hypothesetoetsend onderzoek zijn de verwachtingen getoetst middels de gegevens die zijn verworven met onderstaande instrumenten.

Werkgeheugen.

Subtesten van de Automated Working Memory Assessment (AWMA; Alloway, 2007), een computergestuurde test, meten de capaciteit van het werkgeheugen. De zeven afgenomen subtesten zijn te scharen onder de vier componenten van het werkgeheugen (Alloway et al., 2006): verbaal korte termijn geheugen, verbaal werkgeheugen, visueel ruimtelijk korte termijn geheugen en visueel ruimtelijk werkgeheugen. Uit onderzoek van

Alloway, Gathercole, Kirkwood en Elliot (2008) blijkt dat de scores op de AWMA over een schooljaar behoorlijk stabiel zijn en dat zij grote parallellen vertonen met de scores op de 'digit span'-subtesten van de WISC-IV. Dit geeft een indicatie van de betrouwbaarheid en validiteit van deze test (Alloway et al., 2006). De volgende subtesten zijn afgenomen: digit recall, word recall, nonword recall, listening recall, backward digit recall, dot matrix en odd-one-out.

Het verbaal korte termijn geheugen werd gemeten met drie subtesten. Bij digit recall kreeg het kind een reeks getallen te horen en moest het de reeks in de juiste volgorde herhalen. Bij word recall kreeg het kind een reeks woorden te horen die het in de juiste volgorde diende te herhalen. Dit is ook het geval bij nonword recall, maar hierbij kreeg het kind nonsenswoorden te horen. De test-hertestbetrouwbaarheid is respectievelijk .84, .74 en .64 (Alloway et al., 2006).

De subtesten listening recall en backward digit recall vormen een maat voor het verbaal werkgeheugen. Bij listening recall moest het kind aangeven of de verbaal aangeboden zin juist of onjuist was en aan het eind van de reeks zinnen het eerste woord van elke zin, in juiste volgorde, herhalen. Bij backward digit recall diende het kind de verbaal aangeboden reeks getallen achterwaarts te herhalen. De test-hertestbetrouwbaarheid is respectievelijk .81 en .64 (Alloway et al., 2006).

Het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen is gemeten middels dot matrix. Bij deze taak moest het kind de positie(s) van de rode stip in een matrix van vier bij vier hokjes in de juiste volgorde aanwijzen. De stip werd twee seconden getoond. De test-hertestbetrouwbaarheid is .83 (Alloway et al., 2006).

De laatste subtest is odd-one-out. Deze vormt de maat voor het visueel ruimtelijk werkgeheugen. Het kind kreeg drie vormen te zien en moest de vorm aanwijzen die in vergelijking met de overige twee afwijkend was. Na de reeks moest in juiste volgorde worden aangewezen in welk hokje of welke hokjes de afwijkende vorm werd getoond. Elke reeks vormen werd twee seconden op het computerscherm gepresenteerd. De test-hertestbetrouwbaarheid is .81 (Alloway et al., 2006).

Alle subtesten bestaan uit blokken van zes itemreeksen. Het eerste blok bestaat uit een itemreeks van één stimulus. Elk volgende blok wordt de itemreeks één stimulus langer. Bij drie fouten in een blok wordt de subtest afgebroken. Wanneer de eerste vier items juist worden beantwoord wordt doorgedaan naar het volgende blok. Het kind krijgt dan zes punten. In andere gevallen is de score gelijk aan het aantal juiste items in het blok. De totale score van de subtest is de som van het behaalde aantal punten (memoryscore).

Rekenvaardigheid.

Om het rekenniveau van de kinderen te bepalen is de TTR (De Vos, 1992) afgenomen. De betrouwbaarheid en de begripsvaliditeit van de TTR zijn door de COTAN (Evers, Braak, Frima, & Van Vliet-Mulder, 2009) als onvoldoende beoordeeld. Naar beide is geen onderzoek gedaan.

Procedure

De afnamen bij de kinderen met dyslexie heeft grotendeels plaatsgevonden in het Dyslexie Centrum Twente, in het oosten van Nederland. Afname van de tests bij kinderen uit de dyscalculiegroep heeft verspreid over de verschillende regio's in Nederland plaatsgevonden. De kinderen uit de skill-matched groep komen ook uit het oosten van het land. De kinderen uit de controlegroep komen uit het midden en zuiden van het land. De kinderen uit de verschillende groepen zullen vergeleken worden op basis van leeftijd en geslacht, of op basis rekenvaardigheid. Op basis van de benodigde gegevens van vijf deelnemende studenten is de testbatterij opgesteld. Zij waren allen betrokken bij onderzoek van de Universiteit Utrecht gerelateerd aan dyslexie en dyscalculie (Bakker & van den Beuken, 2012; Pals, 2012). De studenten waren ook testleider bij de afname van de testbatterij, welke is gespreid over twee sessies van ongeveer een uur. De AWMA en de TTR zijn tijdens de tweede sessie afgenomen. De participanten zijn select toegewezen aan een testleider. De onderzoeksperiode heeft drie maanden geduurd, van februari tot en met april. Binnen de onderzoeksgroep is er gestreefd naar een gebalanceerde participantengroep wat betreft geslacht.

Data-analyse

De data is geanalyseerd in het statistische programma SPSS. Bij de uitgevoerde analyses is een alpha gehanteerd van 5% en is er eenzijdig getoetst. In dit onderzoek zijn er zeven afhankelijke variabelen: de subtesten van de AWMA. De onafhankelijke variabelen zijn de onderzoeksgroepen en rekenvaardigheid. De variabele leeftijd is, bij de vragen waarbij gekeken wordt naar de totale onderzoeksgroep en de samenhang tussen rekenvaardigheid en werkgeheugen, meegenomen als covariaat.

Voor de verschilanalyses tussen de groepen zijn de ruwe scores van de subtesten van de AWMA gebruikt en de ruwe scores op de TTR. Het doel was om de kinderen ten opzichte van elkaar te vergelijken, niet ten opzichte van de normgroep, dus zijn er geen normscores gebruikt. Bij een vergelijking binnen een groep is gebruik gemaakt van de standaardscores van de AWMA. Gezien het verschil in de maximale score die behaald kan worden bij de AWMA is het door de vertaling van ruwe scores naar standaardscores mogelijk om resultaten

op subtesten onderling te vergelijken. Bij de afhankelijke variabelen was er sprake van 23 uitschieters. Wanneer er onderscheid gemaakt werd tussen geslacht, bleek dat er veertien uitschieters waren bij de jongens en tien uitschieters bij de meisjes. Deze uitschieters zijn veranderd in de minimale of maximale ruwe score zonder uitschieters, plus of min één punt. Er is gebruik gemaakt van twee datasets, één met daarin de gecorrigeerde scores op de AWMA, die gebruikt is om alle hypothesen te toetsen. In de andere dataset zijn de scores op de AWMA gecorrigeerd op basis van de onafhankelijke variabele geslacht. Jongens uit de dyscalculiegroep blijken niet significant te verschillen van de meisjes uit diezelfde groep op de zeven subtesten van de AWMA, $\Lambda = .706$, $F(7,21) = 1.25$, $p = .16$, $\eta^2 = .29$. Ook de rekenvaardigheid tussen de jongens en de meisjes uit de dyscalculiegroep verschilt niet significant, $F(1,27) = .32$, $p = .29$, $\eta^2 = .01$.

De hypothesen over verschillen in werkgeheugen tussen de vier groepen zijn geanalyseerd met een MANCOVA, waarbij leeftijd is meegenomen als covariaat. De hypothesen over verschillen in werkgeheugen tussen de dyslexie- en dyscalculiegroep zijn geanalyseerd met een MANOVA. De subtesten van de AWMA zijn daarbij als afhankelijke variabelen genomen en de dyslexiegroep, dyscalculiegroep en de controlegroepen als tussenproefpersoonvariabelen. Bij een significant verschil is univariaat doorgetoetst om ook over de afzonderlijke subtesten uitspraken te kunnen doen. De hypothesen over verschillen in werkgeheugen tussen de dyslexie- of dyscalculiegroep enerzijds en de controlegroep anderzijds, zijn geanalyseerd met een MANOVA. De vergelijking met de skill-matched groep is geanalyseerd met een MANCOVA, met leeftijd als covariaat. De hypothesen over verschillen in werkgeheugen binnen de dyslexie- of dyscalculiegroep zijn geanalyseerd met een t toets voor afhankelijke steekproeven. De samenhang tussen de subtesten van de AWMA en rekenvaardigheid is bepaald met een partiële correlatieanalyse, waarbij leeftijd wordt meegenomen als covariaat.

Resultaten

In de eerste analyses zijn de verschillende scores op werkgeheugentaken van de totale onderzoeksgroep vergeleken. Een soortgelijke analyse is uitgevoerd voor de dyslexie- en dyscalculiegroep. Vervolgens zijn de hypothesen over dyslexie getoetst en tot slot de hypothesen omtrent dyscalculie.

In tabel 1 zijn de beschrijvende statistieken van de onderzochte variabelen per groep weergegeven.

Tabel 1

Beschrijvende statistieken per groep voor alle onderzochte variabelen

	Max. score	Dyslexie- groep		Dyscalculie- groep		Controle- groep		Skill- matched groep	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Werkgeheugen									
Digit recall	54	23.73	2.32	23.28	2.91	26.45	3.77	25.47	2.36
Word recall	42	22.13	3.95	21.69	2.65	23.30	4.40	23.93	3.11
Nonword recall	30	10.27	2.42	10.55	2.37	11.48	2.21	10.40	1.60
Listening recall	36	12.83	3.27	13.03	2.88	15.08	3.35	12.73	2.55
Backward digit recall	36	8.90	2.85	11.00	2.95	12.65	3.73	11.07	3.45
Dot matrix	54	22.07	4.51	19.72	4.30	26.10	4.41	21.93	2.96
Odd-one-out	42	15.77	4.02	15.24	4.09	18.87	4.17	17.40	2.90
Rekenvaardigheid	200	65.97	22.25	67.90	25.29	102.70	27.67	70.27	6.83

Integraal Beeld

Allereerst zijn er analyses uitgevoerd omtrent de totale onderzoeksgroep en de dyslexie- en dyscalculiegroep, om zo een alomvattend beeld te geven over de verschillen tussen de groepen. Wanneer er naar de totale onderzoeksgroep wordt gekeken blijkt dat er een groot significant effect bestaat van de testgroep op de zeven subtesten van de AWMA, $\Lambda = .53$, $F(21, 296,31) = 3.47$ $p < .01$, $\eta^2 = .19$. De kinderen uit de vier groepen presteren significant verschillend op de zeven subtesten. Bij een vergelijking van de dyslexie- met de dyscalculiegroep blijkt dat er tussen die twee groepen een groot significant effect bestaat, $\Lambda = .77$, $F(7, 51) = 2.20$, $p = .03$, $\eta^2 = .23$. In tabel 2 zijn de resultaten van de MANCOVA en MANOVA weergegeven.

Tabel 2

Verschillen op werkgeheugentaken tussen diverse groepen

	Totale onderzoeksgroep			Dyslexie- en dyscalculiegroep		
	<i>F</i> (3,110)	<i>p</i>	η^2	<i>F</i> (1, 57)	<i>p</i>	η^2
Digit recall	7.57	.000	.17	.45	.254	.01
Word recall	2.19	.047	.06	.26	.308	.00
Nonword recall	1.75	.081	.05	.21	.325	.00
Listening recall	3.28	.012	.08	.06	.402	.00
Backward digit recall	7.17	.000	.17	7.74	.004	.12
Dot matrix	11.99	.000	.25	4.16	.023	.07
Odd-one-out	5.66	.001	.14	.25	.311	.00

Dyslexie

De dyslexiegroep presteert significant lager dan de controlegroep op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen, het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen (zie tabel 3). Bij alle componenten van het werkgeheugen gaat het om een groot effect. Uit de univariate vervolganalyses blijkt dat er geen significant verschil is tussen de groepen op word recall. Kinderen met dyslexie blijken significant lager te presteren dan kinderen uit de controlegroep op alle werkgeheugentaken, behalve op word recall.

Tabel 3

Vergelijking dyslexiegroep met controlegroep

	Dyslexiegroep vergeleken met controlegroep				
	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η^2
Verbaal korte termijn geheugen	.82	4.72 .	3, 66	.003	.18
Digit recall		12.12 .	1, 68	.001	.15
Word recall		1.32 .	1, 68	.128	.02
Nonword recall		4.73 .	1, 68	.017	.07
Verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen	.69	9.91 .	3, 66	.000	.31
Listening recall		7.82 .	1, 68	.004	.10
Backward digit recall		21.13 .	1, 68	.000	.24
Odd-one-out		9.81	1, 68	.002	.13
Visueel ruimtelijk korte termijn geheugen		14.07 .	1, 68	.000	.17
Dot matrix		14.07 .	1, 68	.000	.17

In tabel 4 is te lezen dat kinderen uit de dyslexiegroep significant lager presteren op twee van de drie verbaal korte termijn geheugentaken in vergelijking met de visueel

ruimtelijke korte termijn geheugentaak. Er is hierbij sprake van een groot negatief effect. Bij de derde verbaal korte termijn geheugentaak, word recall, presteren zij echter significant hoger. Er is sprake van een middelmatig effect. Kinderen uit de dyslexiegroep hebben significant meer moeite met taken die een beroep op de fonologische lus, in combinatie met numerieke informatie, dan met visueel ruimtelijke taken. Zij presteren significant hoger op taken die een beroep doen op verbale taken waarbij geen numerieke informatie betrokken is. Hierbij is sprake van een respectievelijk groot negatief effect en een groot effect. De verschillen tussen de taken van de fonologische lus, digit recall/backward digit recall en word recall/listening recall, zijn significant, $t(29) = 8.960$, $p < .01$, $r = .86$.

Tabel 4

Vergelijking werkgeheugencomponenten binnen de dyslexiegroep

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>r</i>
Digit recall	85.43	10.75					
Word recall	111.77	18.63					
Nonword recall	86.30	12.22					
Listening recall	103.67	17.67					
Backward digit recall	85.00	11.01					
Dot matrix	99.93	16.96					
Odd-one-out	92.30	13.62					
Verbaal korte termijn geheugen en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen							
Digit recall vs. dot matrix			-5.15	29	.000	-1.91	-0.69
Word recall vs. dot matrix			2.63	29	.007	0.98	0.44
Nonword recall vs. dot matrix			-3.33	29	.001	-1.24	-0.53
Fonologische lus en visueel ruimtelijke aspecten							
Digit recall en backward digit recall vs. dot matrix en odd- one-out			-4.71	29	.000	-1.75	-0.66
Word recall en listening recall vs. dot matrix en odd-one-out			3.96	29	.000	5.39	0.94

Dyscalculie

Op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen, het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen (zie tabel 5) presteren kinderen uit de dyscalculiegroep significant lager dan kinderen uit de controlegroep. Bij alle componenten van het werkgeheugen gaat het om een groot effect. Uit de univariate

vervolganalyses blijkt dat er op alle werkgeheugentaken significante verschillen bestaan tussen de groepen. Kinderen met rekenproblemen blijken significant lager te presteren dan kinderen uit de controlegroep op alle werkgeheugentaken.

Eenzelfde soort analyse is uitgevoerd om de dyscalculiegroep te vergelijken met de skill-matched groep. De kinderen uit de dyscalculiegroep blijken significant lager te presteren op taken die het verbaal en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen meten. Hierbij is respectievelijk sprake van een groot en middelmatig effect. Er bestaan geen significante verschillen tussen kinderen uit de dyscalculiegroep en kinderen uit de skill-matched groep op taken die een beroep doen op het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen. Uit de univariate vervolganalyses blijkt dat er geen significant verschil is tussen de groepen op nonword recall. De kinderen uit de dyscalculiegroep blijken significant lager te presteren dan kinderen uit de skill-matched groep op alle korte termijn geheugentaken, behalve nonword recall.

Tabel 5
Vergelijking dyscalculiegroep met controlegroepen

	Dyscalculiegroep vergeleken met controlegroep					Dyscalculiegroep vergeleken met skill-matched groep				
	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η^2	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η^2
Verbaal korte termijn geheugen	.82	4.64	3, 65	.003	.18	.78	3.60	3, 39	.011	.22
Digit recall		14.33	1, 67	.000	.18		4.58	1, 42	.019	.10
Word recall		3.07	1, 67	.042	.04		5.33	1, 42	.013	.12
Nonword recall		2.77	1, 67	.050	.04		.03	1, 42	.431	.00
Verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen	.79	5.64	3, 65	.001	.21	.89	1.60	3, 39	.102	.11
Listening recall		6.98	1, 67	.005	.09					
Backward digit recall		3.91	1, 67	.026	.06					
Odd-one-out		12.96	1, 67	.001	.16					
Visueel ruimtelijk korte termijn geheugen		35.90	1, 67	.000	.35		3.56	1, 42	.033	.08
Dot matrix		35.90	1, 67	.000	.35		3.56	1, 42	.033	.08

Kinderen uit de dyscalculiegroep presteren significant lager op digit recall, in vergelijking met word recall en nonword recall (zie tabel 6). Er is hierbij respectievelijk sprake van een groot en middelmatig effect. Zij presteren ook significant lager op backward

digit recall in vergelijking met de andere verbaal werkgeheugentaak, listening recall. Er is sprake van een groot effect. Er bestaan geen significante verschillen tussen kinderen uit de dyscalculiegroep op backward digit recall en odd-one-out. Voor kinderen uit de dyscalculiegroep is het opslaan of het opslaan en bewerken van numerieke verbale informatie lastiger dan het opslaan of het opslaan en bewerken van niet numerieke verbale informatie. De capaciteit van het opslaan en bewerken van numerieke verbale informatie verschilt niet van het opslaan en bewerken van visueel ruimtelijke informatie. De voorkeur voor niet numerieke verbale informatie is ook terug te zien in de vergelijking tussen verbale taken die een beroep doen op de fonologische lus en taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten. Kinderen uit de dyscalculiegroep hebben significant meer moeite met taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten van het werkgeheugen, dan met niet numerieke verbale taken. Hierbij is sprake van een groot effect. Er is echter geen significant verschil tussen taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten en numerieke verbale taken. De verschillen tussen de taken van de fonologische lus, digit recall/backward digit recall en word recall/listening recall, zijn significant, $t(28) = 9.24$, $p < .01$, $r = .87$.

Tabel 6

Vergelijking werkgeheugencomponenten binnen de dyscalculiegroep

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>r</i>
Digit recall	84.59	10.54					
Word recall	112.93	14.05					
Nonword recall	88.66	12.03					
Backward digit recall	93.86	11.32					
Listening recall	106.90	14.53					
Dot matrix	91.93	19.04					
Odd-one-out	91.31	13.85					
Numerieke informatie en verbale of visueel ruimtelijke informatie							
Digit recall vs. word recall			-11.34	28	.000	-4.29	-0.91
Digit recall vs. nonword recall			-2.21	28	.018	-0.84	-0.39
Backward digit recall vs. listening recall			-4.27	28	.000	-1.61	-0.63
Backward digit recall vs. odd-one-out			1.01	28	.160	0.38	0.19
Fonologische lus en visueel ruimtelijke aspecten							
Digit recall en backward digit recall vs. dot matrix en odd-			-1.07	28	.147	-0.40	-0.20

one-out					
Word recall en listening recall	5.57	28	.000	2.11	0.73
vs. dot matrix en odd-one-out					

Uit een analyse van de totale onderzoeksgroep blijkt dat er een positief verband is tussen de rekenvaardigheid en de taken van de AWMA (zie tabel 7). Op de dot matrix taak is dit verband groot. Bij de taken digit recall, backward digit recall en odd-one-out is het verband middelmatig en op de overige drie taken klein. Kinderen met een hogere rekenvaardigheid presteren hoger op werkgeheugentaken.

Tabel 7

Samenhang tussen rekenvaardigheid en de subtesten van de AWMA

	TTR totaalscore		
	<i>r</i>	<i>r</i> ²	<i>p</i>
Digit recall	.37	.14	.000
Word recall	.15	.02	.057
Nonword recall	.21	.04	.013
Listening recall	.28	.08	.001
Backward digit recall	.31	.10	.001
Dot matrix	.46	.21	.000
Odd-one-out	.39	.15	.000

Discussie en conclusie

Het doel van dit onderzoek was om de wetenschappelijke kennis over dyslexie en dyscalculie met betrekking tot het werkgeheugen uit te breiden, met het oog op goede behandelingsmogelijkheden voor kinderen met deze leerproblemen.

Integraal Beeld

Om een omvattend beeld te kunnen geven is allereerst bekeken of er tussen de vier onderzoeksgroepen significante verschillen bestaan. Dit is inderdaad het geval, wat in de lijn der verwachting was. De kinderen uit de vier groepen presteren significant verschillend op de werkgeheugentaken. Wanneer enkel wordt gekeken naar de dyslexie- en dyscalculiegroep blijkt dat zij ook significant van elkaar verschillen. Landerl, Fussenegger, Moll en Willburger (2009) hebben onderzoek gedaan naar de verschillen in het werkgeheugen van kinderen met dyslexie en dyscalculie. Kinderen met dyscalculie bleken significant lager te presteren op taken die een beroep doen op number sense. Dit is door dit onderzoek niet bevestigd; kinderen uit de dyscalculiegroep presteren niet significant lager dan kinderen uit de dyslexiegroep op

de taken digit recall en backward digit recall. De kinderen uit de dyslexiegroep presteerden significant lager op backward digit recall dan kinderen uit de dyscalculiegroep. Enerzijds ligt dit in de lijn der verwachting, het is een verbale taak. Anderzijds, aangezien deze taak een beroep doet op number sense, zouden kinderen uit de dyscalculiegroep hier meer moeite mee moeten hebben dan kinderen uit de dyslexiegroep. Wellicht kan dit verklaard worden door de vertroebelde dyscalculiegroep, in deze groep is slechts één leerling met dyscalculie gediagnosticeerd. Bij de overige 28 kinderen met rekenproblemen is waarschijnlijk geen sprake van een tekort in de number sense (Butterworth, 2005; Landerl et al., 2009; Wilson & Dehaene, 2007).

Opvallend is het gegeven dat de rekenvaardigheid van de kinderen uit de dyslexiegroep significant lager is dan die van de kinderen uit de dyscalculiegroep en de andere twee groepen. Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat de rekenvaardigheid is bepaald met behulp van de TTR (De Vos, 1992). Deze test doet een beroep op het automatiseringsvermogen, waar kinderen met dyslexie beduidend meer moeite mee hebben dan kinderen zonder dyslexie (Krasowicz-Kupis, Borkowska, & Pietras, 2009).

Dyslexie

Kinderen met dyslexie presteren significant lager dan kinderen uit de controlegroep op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijngeheugen, verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en visueel ruimtelijk korte termijngeheugen. Deze verschillen waren in de lijn der verwachting (Beneventi et al., 2010; Reiter et al., 2005; Smith-Spark et al., 2003; Smith-Spark & Fisk, 2007).

Als een vergelijking wordt gemaakt tussen taken die een beroep doen op de fonologische lus tegenover taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten van het werkgeheugen blijkt het van belang of er numerieke informatie bij betrokken is. Wanneer het opslaan en bewerken van numerieke verbale informatie wordt vergeleken met het opslaan en bewerken van visueel ruimtelijke informatie blijkt er een significant verschil te bestaan. Kinderen met dyslexie presteren significant lager op taken die een beroep doen op de fonologische lus waarbij numerieke informatie betrokken is, in vergelijking met visueel ruimtelijke taken. Op taken die een beroep doen op de fonologische lus, waarbij geen numerieke informatie betrokken is, presteren zij juist hoger in vergelijking met visueel ruimtelijke taken. Er zijn verschillende onderzoeken die aangeven dat kinderen met dyslexie moeite hebben met taken die een beroep doen op de fonologische lus en op visueel ruimtelijke aspecten van het werkgeheugen (Baddeley, 2003b; Beneventi et al., 2010; Reiter et al., 2005; Smith-Spark et al., 2003; Smith-Spark & Fisk, 2007). Een ander onderzoek daarentegen geeft

aan dat kinderen met dyslexie wel degelijk een goed herinneringsvermogen laten zien op taken die een beroep doen op de visueel ruimtelijke verwerking (Jeffries en Everatt, 2003). De onderzoeksresultaten in dit onderzoek kunnen wederom niet voor consensus zorgen.

Dyscalculie

Kinderen met rekenproblemen presteren significant lager dan leeftijdgenoten op taken die een beroep doen op het verbaal korte termijn geheugen, het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen en het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen. Dit was in de lijn der verwachting; uit eerder onderzoek is gebleken dat kinderen met rekenproblemen tekorten hebben in deze componenten van het werkgeheugen (Adams & Hitch, 1997; Bull et al., 2005; Geary et al., 1999; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi et al., 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; Rotzer et al., 1999; Van der Sluis et al., 2005). In vergelijking met de kinderen uit de skill-matched groep presteren de kinderen met rekenproblemen beduidend lager op de taken die een beroep doen op het verbaal en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen. De significant lagere prestaties ten opzichte van zowel leeftijdgenoten als de skill-matched groep duidt op een specifieke stoornis in het verbaal en visueel ruimtelijk korte termijn geheugen bij de kinderen met rekenproblemen. De verschillen tussen de kinderen met rekenproblemen en de kinderen uit de skill-matched groep zijn niet significant op taken die een beroep doen op het verbaal en visueel ruimtelijk werkgeheugen. Hier ondervinden zij dus enkel een achterstand ten opzichte van leeftijdgenoten.

De gevonden tekorten bij kinderen met rekenproblemen in het opslaan en bewerken van numerieke informatie was in de lijn der verwachting (Geary et al., 1999; Hitch & McAuley, 1991; Landerl et al., 2009; Passolunghi & Siegel, 2004; Siegel & Ryan, 1989). Bij numerieke taken blijkt het tekort in number sense, wat bij deze kinderen wordt verondersteld (Butterworth, 2005; Wilson & Dehaene, 2007), mee te spelen. Wanneer het opslaan en bewerken van numerieke informatie wordt vergeleken met het opslaan en bewerken van visueel ruimtelijke informatie blijkt er geen significant verschil te bestaan. Het tekort in number sense speelt blijkbaar alleen een rol bij verbale informatie. Als een vergelijking wordt gemaakt tussen taken die een beroep doen op de fonologische lus tegenover taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten van het werkgeheugen blijkt het ook van belang of er numerieke informatie bij betrokken is. Met taken die een beroep doen op visueel ruimtelijke aspecten van het werkgeheugen hebben kinderen met rekenproblemen beduidend meer moeite dan met niet numerieke taken die een beroep doen op de fonologische lus. Wanneer er numerieke informatie betrokken is bij de taken die een beroep doen op de fonologische lus is het verschil met visueel ruimtelijke taken niet betekenisvol. Dit suggereert

dat de verbale kant van kinderen met rekenproblemen relatief sterker is dan de visueel ruimtelijke kant, mits er geen numerieke informatie bij betrokken is.

De positieve samenhang tussen rekenvaardigheid en de werkgeheugentaken bevestigt de hypothese. Opvallend is dat er een groot effect is tussen rekenvaardigheid en dot matrix. Uit de vergelijking van de dyscalculiegroep met de controlegroep blijkt dat het grootste significante effect van testgroep waarneembaar is op dot matrix. Op deze taak presteren de kinderen met rekenproblemen het zwakst in vergelijking met kinderen uit de controlegroep. De rol die het werkgeheugen speelt bij (het ontwikkelen van) rekenvaardigheid verklaart deze samenhang (Adams & Hitch, 1997; Gathercole, 1999; Passolunghi et al., 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; Shalev & Gross-Tsur, 2001).

Een sterk punt van dit onderzoek is allereerst dat de leeftijdsrange vrij klein is, hierdoor is de betrouwbaarheid vergroot. Dit is gerealiseerd door een aantal participanten uit de controlegroep uit te sluiten van analyse vanwege hun leeftijd. Ten tweede is het meetinstrument voor het werkgeheugen, de AWMA, betrouwbaar en valide. De test-hertestbetrouwbaarheid is goed. Verder ontbraken er geen gegevens en zijn de uitschieters gecorrigeerd. Tot slot zijn er significante verschillen tussen de groepen op rekenvaardigheid en leeftijd. De controlegroep heeft een significant hogere rekenvaardigheid dan de overige groepen en de kinderen uit de skill-matched groep zijn significant jonger dan de overige kinderen.

Dit onderzoek had echter ook enkele beperkingen. De geringe omvang van de totale onderzoeksgroep en het feit dat de vier onderzoeksgroepen in grootte verschillen maakt dat de resultaten niet generaliseerbaar zijn. Een aanbeveling voor toekomstig onderzoek is om zoveel mogelijk participanten deel te laten nemen aan het onderzoek en om de participanten evenredig over de verschillende onderzoeksgroepen te verdelen. Ten tweede is slechts één leerling uit de dyscalculiegroep gediagnosticeerd met dyscalculie. De overige 28 leerlingen voldoen niet aan de diagnostische criteria voor dyscalculie. Het is niet uit te sluiten dat bij een aantal van hen sprake is van een algehele leerachterstand. Dit heeft een vertroebeling opgeleverd en is wellicht van invloed geweest op de resultaten van dit onderzoek. Een volgende studie zal de diagnostische criteria strenger moeten hanteren, om zo resultaten te kunnen generaliseren naar kinderen met dyscalculie. Ten derde is het meetinstrument voor de rekenvaardigheid, de TTR (De Vos, 1992), als onvoldoende beoordeeld door de COTAN (Evers et al., 2009). Dit instrument is tevens verouderd. Aangeraden wordt in de toekomst gebruik te maken van de Tempo Test Automatiseren (TTA; De Vos, 2010), met recentere normen. Deze test is nog niet beoordeeld door de COTAN (Evers et al., 2009). Tot slot is er

bij vier analyses niet aan alle voorwaarden voldaan. De resultaten van dit onderzoek dienen bevestigd te worden door onderzoek waarin assumpties niet worden geschonden.

Dit onderzoek diende bij te dragen aan de ontwikkeling van behandelmogelijkheden van kinderen met dyslexie en dyscalculie. Kinderen met dyslexie hebben beduidend meer moeite met taken die een beroep doen op de vier componenten van het werkgeheugen dan leeftijdgenoten. Zij hebben meer moeite met verbale taken dan met visueel ruimtelijke taken, wanneer er numerieke verbale informatie bij betrokken is. Kinderen met dyslexie hebben derhalve baat bij korte opdrachten en veel herhaling. De onderzoeksresultaten impliceren dat ook kinderen met rekenproblemen aanzienlijk meer moeite hebben met werkgeheugentaken dan leeftijdgenoten. Zij hebben relatief veel moeite met numerieke verbale taken en met visueel ruimtelijke taken. Kinderen met rekenproblemen blijken baat te hebben bij korte, enkelvoudige opdrachten en bij veel herhaling. Door hierbij heldere visuele ondersteuning te bieden, of de leerling gebruik te laten maken van kladpapier kan de leerling de gegeven informatie terug zoeken. Tijdens hoofdrekenen wordt hun werkgeheugen zwaar belast. Wanneer er gebruik kan worden gemaakt van een rekenmachine of kladpapier zal dit hun werkgeheugen ontlasten.

Uit de analyses blijken zowel de kinderen met dyslexie als de kinderen met rekenproblemen significant te verschillen van leeftijdgenoten op de vier componenten van het werkgeheugen. De kinderen met dyslexie presteren enkel op word recall niet significant lager dan de controlegroep. De kinderen met rekenproblemen presteren op alle taken significant lager dan hun leeftijdgenoten. Tussen de kinderen met dyslexie en de kinderen met rekenproblemen bestaan onderling significante verschillen. Dit geldt specifiek voor de onderdelen backward digit recall en dot matrix. Kinderen met dyslexie presteren significant beter op de taak voor het visueel ruimtelijk korte termijn geheugen dan kinderen met rekenproblemen. Kinderen met rekenproblemen presteren daarentegen significant beter op de verbaal werkgeheugentaak. Opmerkelijk is ook dat zowel de kinderen met rekenproblemen als de kinderen met dyslexie meer moeite hebben met taken waarbij numerieke verbale informatie betrokken is.

Referentielijst

- Adams, J. W., & Hitch, G. J. (1997). Working memory and children's mental addition.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Harcourt Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H. J., & Elliot, J. E. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 7*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*, 85-106. doi:10.1016/j.jecp.2003.10.002
- American Psychiatric Association (APA; 1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, Fourth Edition. Washington DC: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association (APA; 2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, Fourth Edition, Text Revision. Washington DC: American Psychiatric Association.
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin and Review, 14*, 243-248. doi:10.3758/BF03194059
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2003a). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*, 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- Baddeley, A. (2003b). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189-208. doi:10.1016/S0021-9924(03)00019-4
- Bakker, E. E., & van den Beuken, M. A. (2012). *Contextopgaven: De invloed van leesvaardigheid, rekenvaardigheid en rekenangst* (Masterthesis). Verkregen van Igitur.
- Beneventi, H., Tønnessen, F. E., Erslund, L., & Hugdahl, K. (2010). Working memory deficit in dyslexia: Behavioral and fMRI evidence. *International Journal of Neuroscience, 120*, 51-59. doi:10.3109/00207450903275129
- Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999). Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and

- developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442. doi:10.1080/87565649909540759
- Büttner, G., & Hasselhorn, M. (2011). Learning disabilities: Debates on definitions, causes, subtypes, and responses. *International Journal of Disabilities, Development and Education*, 58, 75-87. doi:10.1080/1034912X.2011.548476
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. In J. I. D. Campbell (Eds.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455-467). Hove: Psychology Press.
- Cito (2010). *Handleiding Rekenen-Wiskunde*. Arnhem: Cito
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science*, 13, 508-520. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x
- De Vos, T. (1992). *Handleiding Tempo-Test-Rekenen (2^e druk)*. Lisse: Swets Test Publishers.
- De Vos, T. (2010). *Handleiding Tempo-Test-Automatiseren*. Amsterdam: Boom Testuitgevers.
- Evers, A., Braak, M. S. L., Frima, R. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Testuitgevers.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002
- Francis, D. J., Shaywitz, S. E., Stuebing, K. K., Shaywitz, B. A., & Fletcher, J. M. (1996). Developmental lag versus deficit models of reading disability: A longitudinal and individual growth curves analysis. *Journal of Educational Psychology*, 88, 3-17. doi:10.1037//0022-0663.88.1.3
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 410-419. doi:10.1016/S1364-6613(99)01388-1
- Geary, D. C. (1994). Mathematical disabilities. In: Children's mathematical development. Washington DC: American Psychiatric Association. In Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, 24, 337-342. doi:10.1016/S0887-8994(00)00258-7
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239. doi:10.1006/jecp.2000.2561
- Geary, D. C. (2006). Learning disabilities in arithmetic: Problem-solving differences and cognitive deficits. In H. L. Swanson, K. R. Harris, & S. Graham (Eds.), *Handbook of learning disabilities* (pp. 199-212). New York: Guilford Press.

- Ginsburg, H. P. (1997). Mathematics learning disabilities: A view from developmental psychology. *Journal of Learning Disabilities, 30*, 20-33.
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology, 28*, 25-33. doi:10.1111/j.1469-8749.1996.tb15029.x
- Hitch, G. J., & McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology, 82*, 375-386. doi:10.1111/j.2044-8295.1991.tb02406.x
- Jeffries, S. A., & Everatt, J. E. (2003). Differences between dyspraxics and dyslexics in sequence learning and working memory. *Dyspraxia Foundation Professional Journal, 2*, 12-21.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review, 99*, 122-149. doi:10.1037/0033-295X.99.1.122
- Krasowicz-Kupis, G., Borkowska, A. R., & Pietras, I. (2009). Rapid automatized naming, phonology and dyslexia in Polish children. *Medical Science Monitor, 15*, CR460-CR469.
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition, 93*, 99-125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004
- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 309-324. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.006
- LeFevre, J., DeStefano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 361–377). Hove, UK: Psychology Press.
- Logie, R. H., & Baddeley, A. D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13*, 310-326. doi:10.1037/0278-7393.13.2.310
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 74*, 240-260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Miller, H., & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender and math performance. *Personality and Individual Differences, 37*, 591-606. doi:10.1016/j.paid.2003.09.029

- Pals, R. (2012). *Dyslexie en rekenproblemen: De invloed van het fonologisch bewustzijn, benoemselheid en het verbaal korte termijngeheugen op rekenvaardigheden* (Masterthesis). Verkregen van Igitur.
- Passolunghi, M. C., Cornoldi, C., & De Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory and Cognition*, 27, 779-790. doi:10.3758/BF03198531
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57. doi:10.1006/jecp.2000.2626
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348-367. doi:10.1016/j.jecp.2004.04.002
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11, 116-131. doi:10.1002/dys.289
- Robert, M. & Savoie, N. (2006). Are there gender differences in verbal and visuospatial working-memory resources? *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 378-397. doi:10.1080/09541440500234104'
- Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P., & von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, 47, 2859-2865. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.009
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 4-27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4
- Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, 24, 337-342. doi:10.1016/S0887-8994(00)00258-7
- Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, 60, 973-980.
- Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 139-155. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.011
- Smith-Spark, J. H., Fisk, J. E., Fawcett, A. J., & Nicolson, R. I. (2003). Investigating the central executive in adult dyslexics: Evidence from phonological and visuospatial

- working memory performance. *European Journal of Cognitive Psychology*, *15*, 567-587. doi:10.1080/09541440340000024
- Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory*, *15*, 34-56. doi:10.1080/09658210601043384
- Stichting Dyslexie Nederland (SDN; 2008). *Brochure diagnose en behandeling van dyslexie*. Bilthoven: Stichting Dyslexie Nederland.
- Tunmer, W., & Greaney, K. (2010). Defining dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *43*, 229-243. doi:10.1177/0022219409345009
- Van der Sluis, S., Van der Leij, A., & De Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, *38*, 207-221. doi:10.1177/00222194050380030301
- Van Luit, J. E. H. (2010). *Dyscalculie, een stoornis die telt*. Doetinchem: Graviant Educatieve Uitgaven.
- 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*, 2-40. doi:10.1046/j.0021-9630.2003.00305.x
- Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In D. Coch, G. Dawson, & K. Fischer (Eds.), *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development* (pp. 212–238). New York: Guilford.