

Verschillen tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen op het gebied van de executieve functies planning, aandacht en werkgeheugen, benoemsnelheid en leesvaardigheid

Jentje Bloemert
Universiteit Utrecht

1^e begeleider: S. H. G. van der Ven MSc
2^e begeleider: J. P. J. van der Beek MSc
Instelling: Ambulatorium Universiteit Utrecht
Opleiding: Master Orthopedagogiek; werkveld Leerlingenzorg (2010-2011)
Studentnummer: 3244946
Datum: 24-06-2011

Abstract

Children with dyscalculia experience severe mathematical learning difficulties. Compared to knowledge about dyslexia, knowledge about dyscalculia and its underlying cognitive deficits is still scarce. This study investigated the differences in executive functioning, naming speed and reading abilities between twenty children with dyscalculia, age matched controls, and math performance matched controls (age 75-185 months). Tasks containing numerical information as well as tasks containing non-numerical information were used. Furthermore, the relationships between executive functioning, naming speed and math performance were examined in a part of the control sample, and it was investigated whether the relationship between naming speed and math performance was mediated by the executive functions. Results indicated that children with dyscalculia performed worse than age matched controls on the numerical and non-numerical naming speed and planning tasks and on the numerical attention task. Furthermore, children with dyscalculia performed worse than age matched controls in reading non-words but not in reading real words. No difference was found between children with dyscalculia and age matched controls on the non-numerical attention task and the four non-numerical working memory tasks. Significant positive correlations were found between planning, attention, naming speed and math performance. The relationship between naming speed and math performance was strongly mediated by planning and attention. Summarized, the results implicate that children with dyscalculia have specific numerical impairments in attention and general impairments in planning and naming speed.

Keywords: dyscalculia, executive functioning, naming speed, reading abilities

Inleiding

Dyscalculie is een specifieke leerstoornis, waarbij sprake is van ernstige moeilijkheden in het verwerven en toepassen van basisrekenvaardigheden (Dowker & Kaufmann, 2009). Het concept dyscalculie is geïntroduceerd in de jaren '60-'70 van de vorige eeuw (Kosc, 1974, zoals geciteerd in Dowker & Kaufmann, 2009). In de jaren daarna is de interesse voor dit concept toegenomen. Desondanks is, in vergelijking met de wetenschappelijke kennis over dyslexie, de wetenschappelijke kennis over dyscalculie en de achterliggende cognitieve mechanismen schaars (Dowker & Kaufmann, 2009). Kennis over deze mechanismen is echter vereist voor goede diagnostiek en behandeling van kinderen met ernstige rekenproblemen. Dit onderzoek tracht daarom de beschikbare kennis uit te breiden. Het richt zich op (1) kenmerken van kinderen met dyscalculie in vergelijking met kinderen zonder rekenproblemen en (2) de achterliggende mechanismen van rekenvaardigheid wat betreft de automatisering

van elementaire rekenkundige bewerkingen. Hierbij wordt aandacht geschonken aan het executief functioneren, benoemensnelheid en leesvaardigheid en wordt onderscheid gemaakt tussen numerieke taken en non-numerieke taken. Numerieke taken bevatten numerieke informatie, zoals cijfers of hoeveelheden. Wanneer kinderen met dyscalculie alleen lager scoren op de numerieke taken en niet op de non-numerieke taken lijkt er geen algemeen primair tekort in de gemeten cognitieve functie te zijn. Het numerieke tekort is dan mogelijk een symptoom van een tekort in het verwerven van lange termijn representaties van numeriek materiaal (D'Amico & Guarnera, 2005; D'Amico & Passolunghi, 2009).

Het executief functioneren omvat een aantal cognitieve controlerende functies die essentieel zijn voor het volbrengen van complexe cognitieve taken (Suchy, 2009). Een belangrijk onderdeel van het executief functioneren is het werkgeheugen. Volgens het model van Baddeley en Hitch (1974) bestaat dit uit drie componenten: (1) de 'central executive', die de cognitieve processen van de overige twee componenten en de samenwerking met het lange termijngeheugen controleert en reguleert (Adams & Gathercole, 2000); (2) het verbaal korte termijngeheugen, dat verantwoordelijk is voor de opslag van verbale (talige) informatie en (3) het visueel-ruimtelijk korte termijngeheugen, dat verantwoordelijk is voor de opslag van visueel-ruimtelijke informatie (Baddeley, 1996). In onderzoek naar het werkgeheugen wordt veelal onderscheid gemaakt tussen korte termijngeheugentaken en werkgeheugentaken. Korte termijngeheugentaken vereisen alleen opslag en reproductie van informatie. Werkgeheugentaken vereisen zowel opslag als actieve verwerking van informatie en meten dus zowel het korte termijngeheugen als de capaciteit van de 'central executive' (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Aan de 'central executive' worden processen als inhibitie, updating en doelmanagement toegeschreven. Werkgeheugentaken doen een beroep op een combinatie van deze processen (Raghubar et al., 2010). In dit onderzoek worden beide soorten taken gebruikt en zullen in aanvulling hierop enkele op zichzelf staande cognitieve processen, die toegeschreven worden aan de 'central executive', onderzocht worden. Er wordt uitgegaan van de PASS-theorie van informatieverwerking (Naglieri & Rojahn, 2004). Hierin worden de vier cognitieve processen planning, aandacht, simultane verwerking en successieve verwerking onderscheiden (Kroesbergen, Van Luit, & Naglieri, 2003; Naglieri & Rojahn, 2004). In dit onderzoek komen planning en aandacht aan bod. Planningprocessen verschaffen cognitieve controle en het gebruik van kennis en zelfregulatie om een doel te bereiken. Aandachtprocessen verschaffen gefocuste cognitieve informatieverwerking door de tijd heen (Kroesbergen et al., 2003). Hiervoor is inhibitie nodig: het onderdrukken van irrelevante informatie terwijl gericht wordt op de relevante informatie (Suchy, 2009).

Verschillen tussen kinderen met rekenproblemen en kinderen zonder rekenproblemen

Uit wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat er verschillen zijn in de capaciteit van het werkgeheugen tussen kinderen met rekenproblemen en kinderen zonder rekenproblemen (Berg, 2008; D'Amico & Guarnera, 2005; Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004; Passolunghi & Siegel 2001; Swanson & Sachse-Lee, 2001). Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat kinderen met rekenproblemen, in vergelijking met kinderen zonder rekenproblemen, lager scoorden op zowel numerieke als non-numerieke verbale werkgeheugentaken. Er lijkt sprake te zijn van een algemeen tekort in het verbaal werkgeheugen (Berg, 2008; D'Amico & Guarnera, 2005; Passolunghi & Siegel 2001; Swanson & Sachse-Lee 2001). Wat betreft het verbaal korte termijngeheugen hebben kinderen met dyscalculie alleen lager gescoord op numerieke taken en niet op non-numerieke taken. Er lijkt dus geen sprake te zijn van een algemeen tekort in het verbaal korte termijngeheugen (D'Amico & Guarnera, 2005; Geary et al., 2004; Passolunghi & Siegel, 2001; Swanson & Sachse-Lee, 2001). Uit onderzoek is verder gebleken dat bij kinderen met rekenproblemen de capaciteit van het visueel-ruimtelijk korte termijn- en werkgeheugen lager was (D'Amico & Guarnera, 2005). Er is in dit onderzoek gebruik gemaakt van non-numerieke informatie, waardoor er sprake lijkt te zijn van een algemeen tekort. Voorgenoemde onderzoeken zijn uitgevoerd bij kinderen van 7-12 jaar (Berg, 2008; D'Amico & Guarnera; 2005; Geary et al., 2004; Passolunghi & Siegel, 2001; Swanson & Sachse-Lee 2001).

Aansluitend op voorgenoemde factoren bleken de executieve functies planning en aandacht een grote rol te spelen bij rekenprestaties (Barrouillet, Fayol, & Lathulière, 1997; D'Amico en Passolunghi, 2009; Das, Naglieri, & Kirbi, 1994; Kroesbergen et al., 2003; Das & Naglieri 1997; Passolunghi & Cornoldi, 2000). Uit onderzoek van Kroesbergen en collega's (2003) is gebleken dat bij kinderen van 8-10 jaar met een rekenstoornis de functies planning en aandacht zwakker waren dan bij kinderen zonder rekenproblemen. Verondersteld wordt dat planningsprocessen tijdens het rekenen vereist zijn voor het kiezen van strategieën, het monitoren van de berekening, het toepassen van rekenkennis en het controleren van het antwoord (Das & Naglieri, 1997). Aansluitend is uit onderzoek gebleken dat kinderen van 9 jaar met een rekenstoornis een gebrekkig vermogen tot inhibitie hadden (Barrouillet et al., 1997; D'Amico en Passolunghi, 2009). Barrouillet en collega's (1997) veronderstellen dat een tekort in het onderdrukken van irrelevante informatie leidt tot een overbelast werkgeheugen. Dit zou leiden tot verstoring van het accuraat oproepen van rekenfeiten uit het geheugen en tot verstoring van de accurate representatie van rekenopgaven (Passolunghi & Cornoldi, 2000). In tegenstelling tot voorgenoemde onderzoekers hebben Censabella en Noël (2008) geen

verschil in inhibitie gevonden tussen kinderen van 10 jaar met een rekenstoornis en kinderen zonder rekenproblemen. Er is dus sprake van tegenstrijdige resultaten op het gebied van aandacht/inhibitie.

In aanvulling op voorgenoemde factoren is de toegang tot verbale informatie in het lange termijngeheugen van belang voor het rekenen, namelijk voor het identificeren van numerieke symbolen (D'Amico & Passolunghi, 2009; Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001). De snelheid waarmee verbale informatie die behoort bij visuele tekens uit het lange termijngeheugen opgehaald wordt, heet de benoemsnelheid (Wolf & Bowers, 1999). Meerdere onderzoeken hebben aangetoond dat benoemsnelheid van numerieke informatie en rekenvaardigheid samenhangen (Fuchs et al., 2005; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2004; Willburger, Fussenegger, Moll, Wood, & Landerl, 2008). Landerl en collega's (2004) hebben geconstateerd dat 8-jarige kinderen met dyscalculie, in vergelijking met kinderen zonder rekenproblemen, langzamer waren in het benoemen van cijfers, maar niet in het benoemen van kleuren. In overeenstemming hiermee is uit onderzoek van Van der Sluis en collega's (2004) gebleken dat 10-jarige kinderen met een rekenstoornis langzamer waren in het benoemen van cijfers, maar niet in het benoemen van letters en objecten. Deze resultaten wijzen op een specifiek tekort in de snelheid van toegang tot numerieke informatie in het lange termijngeheugen (D'Amico & Passolunghi, 2009).

In tegenstelling tot voorgenoemde resultaten zijn er twee onderzoeken waarin aangetoond is dat 9-11-jarige kinderen met een rekenstoornis zowel langzamer waren in het benoemen van numerieke informatie als van non-numerieke informatie (D'Amico & Passolunghi, 2009; Temple & Sherwood, 2002). Kanttekening bij beide onderzoeken is dat er sprake was van zeer kleine onderzoeksgroepen, wat de generalisatie van resultaten twijfelachtig maakt. Daarnaast kan ook de leesvaardigheid van de kinderen een rol gespeeld hebben. Onderzoekers hebben beargumenteerd dat benoemsnelheid vrijwel gelijk is aan lezen, omdat er bij beide een klank-tekenkoppeling gemaakt wordt (Wolf & Bowers, 1999). Uit onderzoek bij 8-10-jarige kinderen is gebleken dat kinderen met dyslexie een algemeen tekort in de benoemsnelheid hadden, terwijl kinderen met dyscalculie een specifiek tekort in de benoemsnelheid van hoeveelheden hadden (Willburger et al., 2008). Kinderen met comorbide dyslexie en dyscalculie waren langzamer in het benoemen van zowel numerieke als non-numerieke tekens. Kinderen met beide stoornissen hebben mogelijk een additieve combinatie van de lagere benoemsnelheid van kinderen met één stoornis (Willburger et al., 2008).

Achterliggende mechanismen van rekenvaardigheid

Wat betreft de achterliggende mechanismen van rekenvaardigheid is uit longitudinaal onderzoek bij kinderen zonder dyscalculie gebleken dat rekenvaardigheid op 5 tot 6-jarige leeftijd voorspeld werd door inhibitie (Rasmussen & Bisanz, 2005), planning, het visueel-ruimtelijk korte termijngeheugen en het verbaal korte termijn- en werkgeheugen op 4-jarige leeftijd. Op 7-jarige leeftijd werd rekenvaardigheid alleen voorspeld door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Bull, Espy, & Wiebe, 2008). In tegenstelling tot voorgenoemde resultaten is uit longitudinaal onderzoek van Fuchs en collega's (2005) gebleken dat de automatisering van elementaire rekenkundige bewerkingen op 6-jarige leeftijd niet voorspeld werd door het werkgeheugen, maar alleen door aandacht en fonologische verwerking. Het werkgeheugen bleek wel de meer algemene rekenprestaties, zoals redactiesommen, te voorspellen (Fuchs et al., 2005). Dit sluit aan bij onderzoek van Swanson en Beebe-Frankenberger (2004) en Swanson en Sachse-Lee (2001), waaruit bleek dat het werkgeheugen op 6-jarige leeftijd, ook wanneer fonologische verwerking, verwerkingsnelheid, en leesvaardigheid meegenomen werden, de prestaties op redactiesommen op 10-jarige leeftijd voorspelde (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004) en dat het visueel-ruimtelijk- en verbaal werkgeheugen, onafhankelijk van de fonologische verwerking, de prestaties op redactiesommen op 11-jarige leeftijd voorspelden (Swanson & Sachse-Lee, 2001). Welke cognitieve functie van belang is, lijkt dus afhankelijk van het type rekenvaardigheid dat voorspeld wordt. Voor het oplossen van redactiesommen is actieve verwerking in het werkgeheugen vereist. Voor het beantwoorden van elementaire rekenkundige bewerkingen is het werkgeheugen van minder groot belang, omdat het vooral gaat om het ophalen van rekenfeiten uit het lange termijngeheugen. Wat betreft dit ophalen van informatie uit het lange termijngeheugen is gebleken dat de benoemsnelheid op 7-jarige leeftijd een significante voorspeller was van rekenvaardigheid op 10-jarige leeftijd (Hecht et al., 2001; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Aangezien in dit onderzoek de numerieke en non-numerieke benoemsnelheid tot één latente variabele samengevoegd waren, is de specifieke invloed van numerieke en non-numerieke informatie niet te achterhalen (Hecht et al., 2001; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

Wanneer gekeken wordt naar de samenhang tussen de cognitieve processen onderling, is het mogelijk dat de 'central executive' een verklarende rol speelt in de relatie tussen benoemsnelheid en rekenvaardigheid. Verondersteld wordt namelijk dat een tekort in het vermogen tot inhibitie, onderdeel van de 'central executive', leidt tot een verstoring van het oproepen van informatie uit het lange termijngeheugen (Passolunghi & Cornoldi, 2000).

Wanneer een kind de verbale informatie bij een visueel teken uit het lange termijngeheugen op moet halen, zijn er veelal andere visuele tekens aanwezig die ook gesignaleerd worden. De associatieve informatie van nabije visuele tekens wordt daarom ook opgeroepen. Voor een snelle verwerking van het teken waar de aandacht op gericht is moet deze irrelevante informatie onderdrukt worden (Baddeley, 1996). Inhibitie lijkt op deze manier een rol te kunnen spelen bij benoemsnelheid. Mogelijk speelt ook planning, namelijk het monitoren van het uitvoeren van de taak, een rol bij benoemsnelheid.

Dit onderzoek

Uit de literatuurreview is gebleken dat de bestaande onderzoeksgegevens over dyscalculie beperkt en/of tegenstrijdig waren, met name wanneer het gaat over tekorten op het gebied van planning, aandacht en benoemsnelheid en het onderscheid tussen numerieke en non-numerieke taken. Verder was de samenhang tussen de verschillende cognitieve processen onderling en de rekenvaardigheid onvoldoende duidelijk. Onbekend was ook in hoeverre de relatie tussen benoemsnelheid en rekenvaardigheid verklaard wordt door executieve functies. Dit onderzoek trachtte de kennis op voorgenoemde gebieden uit te breiden. Twee vragen gaven richting aan dit onderzoek: (1) Waarin verschillen kinderen met dyscalculie van leeftijdgenoten zonder rekenproblemen en van kinderen gematcht op rekenvaardigheid wat betreft het verbaal- en visueel-ruimtelijk korte termijn- en werkgeheugen, planning, aandacht, de benoemsnelheid en leesvaardigheid? (2) Wat is de samenhang tussen de benoemsnelheid, het werkgeheugen, planning, aandacht en de rekenvaardigheid en in hoeverre wordt de relatie tussen numerieke benoemsnelheid en rekenvaardigheid gemedieerd door planning, aandacht en/of het werkgeheugen? Voor het beantwoorden van de eerste deelvraag is gekozen voor twee controlegroepen. Door te vergelijken met leeftijdgenoten zonder rekenproblemen is nagegaan of kinderen met dyscalculie een achterstand hadden op de onderzochte factoren. Door te vergelijken met kinderen met een vergelijkbare rekenvaardigheid is nagegaan of de scores nog lager waren dan passend bij hun rekenvaardigheid verwacht werd, zodat gesproken werd van een zeer ernstig tekort.

Verwacht werd dat er bij kinderen met dyscalculie sprake was van algemene tekorten in het visueel-ruimtelijk korte termijn- en werkgeheugen en het verbaal werkgeheugen, maar niet in het verbaal korte termijngeheugen. Verder werden tekorten in de functies planning en aandacht verwacht en werd een lagere numerieke benoemsnelheid maar geen lagere non-numerieke benoemsnelheid verwacht. Er werden geen tekorten in leesvaardigheid verwacht. Wat betreft de achterliggende mechanismen werd verwacht dat rekenvaardigheid samenhang

met numerieke benoemselheid en de executieve functies planning, aandacht en het werkgeheugen. Verwacht werd dat de relatie tussen numerieke benoemselheid en rekenvaardigheid gemedieerd werd door planning, aandacht en/of het werkgeheugen.

Methode

Onderzoeksgroep en procedure

Aan dit onderzoek hebben in totaal 60 kinderen deelgenomen. Er zijn drie groepen gevormd. De beschrijvende statistieken zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. *Beschrijvende statistieken per groep voor Leeftijd en Rekenvaardigheid*

| | Dyscalculie* | | Leeftijdgematcht* | | Rekenv.gematcht* | | Totaal* | |
|----------|--------------|-----------|-------------------|-----------|------------------|-----------|----------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Leeftijd | 134.60 | 21.26 | 133.45 | 23.32 | 96.75 | 12.30 | 121.60 | 29.23 |
| Rekenv. | 49.35 | 16.50 | 95.75 | 22.90 | 49.90 | 19.10 | 65.00 | 26.14 |

Noot. De leeftijd is weergegeven in maanden. Rekenv. = Rekenvaardigheid.

**n* = 20 per groep, totaal: *n* = 60

De eerste groep was de klinische groep (15 meisjes en 5 jongens). Bij de kinderen uit deze groep is de diagnose dyscalculie gesteld bij het Ambulatorium van de Universiteit Utrecht, op basis van de volgende criteria: (1) Er is sprake van een significante rekenachterstand ten opzichte van de cognitieve capaciteiten en ten opzichte van leeftijdgenoten (discrepantiecriterium en criterium van achterstand; APA, 2000) en (2) er is sprake van resistentie tegen aangeboden hulp (criterium van didactische resistentie; Van Luit, 2010). De overige twee groepen waren controlegroepen. De eerste controlegroep (12 meisjes en 8 jongens) is met de klinische groep gematcht op leeftijd. De tweede controlegroep (11 meisjes en 9 jongens) is met de klinische groep gematcht op rekenvaardigheid. Rekenvaardigheid is gemeten met de Tempo Toets Rekenen (TTR; De Vos, 1992). Uit enkelvoudige variantieanalyses en vervolganalyses is gebleken dat er geen significant leeftijdverschil was tussen de dyscalculiegroep en de groep gematcht op leeftijd, $F(2,57) = 24.25$, $p = .85$. De groep gematcht op rekenvaardigheid was significant jonger dan de andere groepen, $F(2,57) = 24.25$, $p < .001$. Verder was er geen significant rekenvaardigheidverschil tussen de dyscalculiegroep en de groep gematcht op rekenvaardigheid, $F(2,57) = 36.68$, $p = .93$. De groep gematcht op leeftijd heeft significant hoger gescoord op rekenvaardigheid dan de andere groepen, $F(2,57) = 36.68$, $p < .001$.

De controlegroepen zijn benaderd via zes willekeurig aangeschreven basisscholen in de omgeving van Utrecht. Aan het onderzoek deden drie basisscholen mee. De leerkrachten

van deze scholen selecteerden kinderen met een gemiddeld niveau, zonder lees- of rekenachterstand. De deelnemende kinderen hadden minimaal een C-score behaald op de laatst afgenomen Cito-toets Rekenen/Wiskunde (Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2007). Naast deze groep kinderen zijn enkele kinderen benaderd via het eigen netwerk. De ouders van alle deelnemende kinderen hebben toestemming gegeven voor het onderzoek. Bij de controlegroep zijn de onderzoeksinstrumenten in één individuele sessie (van gemiddeld 90 minuten) afgenomen, in een stille ruimte. Bij de klinische groep zijn de onderzoeksinstrumenten, tijdens het diagnostisch onderzoek naar dyscalculie bij het Ambulatorium, eveneens in een individuele sessie in een stille ruimte afgenomen.

Instrumenten

Rekenvaardigheid. De Tempo Test Rekenen (TTR; De Vos, 1992) is afgenomen om de mate van automatisering van elementaire rekenkundige bewerkingen (optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen tot 100) vast te stellen. Deze test bestaat uit een pagina met rijen sommen, die de verschillende bewerkingen afzonderlijk bevatten. De laatste rij bevat alle bewerkingen door elkaar. Het kind kreeg steeds één minuut om een rij te maken en werd naast accuratesse beoordeeld op snelheid (De Vos, 1992). Het totaal aantal goed beantwoorde sommen in de eerste vier rijen is de ruwe score die gebruikt werd in de analyses voor deelvraag 1. De score op de laatste rij is buiten beschouwing gelaten, omdat niet alle kinderen voldoende in staat waren tot vermenigvuldigen en delen. Voor deelvraag 2 kon de score op de laatste rij wel meegenomen worden. De gestandaardiseerde score is berekend door voor elk kind de verwachte ruwe score (op basis van didactische leeftijd) af te trekken van de werkelijk behaalde ruwe score. De TTR is door de COTAN als voldoende tot goed beoordeeld (Evers, Braak, Frima, & Van Vliet-Mulder, 2009).

Werkgeheugen. De subtests van de computergestuurde testbatterij Automated Working Memory Assessment (AWMA; Alloway, 2007) meten de capaciteit van het werkgeheugen. De scores op de AWMA zijn redelijk stabiel over de basisschoolperiode en vertonen grote convergentie met de scores op geheugentaken van de WISC-IV (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliot, 2008). Elke subtest bestaat uit blokken die zes itemreeksen bevatten. De itemreeks van het eerste blok bestaat uit één stimulus. Bij elk volgende blok is de itemreeks één stimulus langer. Na drie fouten in één blok werd de taak afgebroken. Na vier goede antwoorden in één blok werd doorgedaan naar het volgende blok, waarbij het kind zes punten kreeg. In andere gevallen was de score gelijk aan het aantal correcte items per blok. De totale score was de som van alle behaalde punten. De subtests (1) *Nonword Recall*, (2) *Listening*

Recall, (3) *Dot Matrix* en (4) *Odd One Out* zijn afgenomen. De test-hertestbetrouwbaarheid voor deze taken is respectievelijk .64, .81, .83 en .81 (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). (1) *Nonword Recall* meet het verbaal korte termijngeheugen. Een reeks van verbaal aangeboden onzinwoorden werd gepresenteerd aan het kind, waarna het kind deze reeks moest herhalen. (2) *Listening Recall* meet het verbaal werkgeheugen. Een reeks gesproken zinnen werd gepresenteerd aan het kind, waarna het kind na elke zin aan moest geven of de zin juist of onjuist was en vervolgens aan het eind van elke reeks het laatste woord van elke zin, in de goede volgorde, moest herhalen. Het juist/onjuist-oordeel werd niet meegenomen in de scores. (3) *Dot Matrix* meet het visueel-ruimtelijk korte termijngeheugen. Hierbij werd de positie van rode stippen twee seconden getoond in een matrix van vier bij vier hokjes. De positie van deze stippen moest in de goede volgorde aangewezen worden nadat de stippen verdwenen waren. (4) *Odd One Out* meet het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Drie vormen in hokjes werden naast elkaar getoond. De van de overige vormen afwijkende vorm moest aangewezen worden. Daarna verdwenen de vormen en moest in de juiste volgorde aangewezen worden in welke lege hokjes de afwijkende vormen stonden.

Planning. De schaal planning van de verkorte versie van de Nederlandse vertaling van de Cognitive Assessment System (CAS; individuele test voor kinderen van 5-17 jaar; Das & Naglieri, 1997) is afgenomen om de planningsvaardigheden te meten. Deze schaal bestaat uit twee subtests, namelijk ‘Overeenkomstige getallen’ en ‘Coderen’ (Das & Naglieri, 1997). Bij deelvraag 1 is per subtest geanalyseerd, bij deelvraag 2 is per schaal geanalyseerd. De CAS geeft een valide beeld van de informatieverwerkingprocessen (Kroesbergen, Van Luit, Van der Ben, Leuven, & Vermeer, 2002; Van Luit, Kroesbergen, & Naglieri, 2005). De subtest ‘Overeenkomstige getallen’ bestaat uit vier pagina’s, elk met acht rijen van zes getallen. De getallen nemen toe in grootte van één tot zeven cijfers. Het kind diende de twee overeenkomstige getallen in elke rij te onderstrepen. De subtest ‘Coderen’ bestaat uit twee onderdelen. Bovenaan de pagina staat weergegeven welke codes behoren bij de letters A tot en met D. Verder bevat de pagina 56 letters zonder codes, in verschillende volgorden geordend. Het kind diende de juiste codes aan de letters te koppelen. De subtestscores werden bepaald door accuratesse en snelheid (Das & Naglieri, 1997).

Aandacht. Aandacht is gemeten met de schaal aandacht van de CAS (Das & Naglieri, 1997), die bestaat uit de subtests ‘Selectieve aandacht’ en ‘Getallen herkennen’. De subtest ‘Selectieve aandacht’ bestaat uit een pagina met woorden als ‘blauw’ en ‘rood’ die in verschillende kleuren gedrukt zijn. Het kind benoemde de kleur waarin de woorden gedrukt zijn. De dominante respons, het woord voorlezen, moest hierbij onderdrukt worden. Vooraf

zijn twee controletaken afgenomen om na te gaan of het kind voldoende in staat was woorden en kleuren te benoemen. Aan de hand van snelheid en accuratesse op de laatste taak werd de subtest score bepaald. De subtest ‘Getallen herkennen’ bestaat uit twee pagina’s met cijfers. Deze cijfers zijn in verschillende lettertypen gedrukt. Het kind diende op elke pagina de cijfers te onderstrepen die er hetzelfde uitzagen als bovenaan de pagina aangegeven was (bijvoorbeeld 1, 2, 3 afgedrukt in open lettertype). Dit vroeg om het selectief richten van de aandacht op specifieke cijfers. Op basis van accuratesse en snelheid werd de subtestscore bepaald (Das & Naglieri, 1997).

Benoemsnelheid. De Continu Benoemen en Woorden Lezen (Van den Bos & Lutje Spelberg, 2007) is afgenomen om de benoemsnelheid van kleuren, cijfers en plaatjes te meten. Het kind moest zo snel mogelijk een kaart met telkens één soort visuele tekens benoemen. De tijd (in seconden) die een kind over één kaart deed, was de ruwe score. Zo werd een indicatie verkregen van hoe snel een kind de verbale informatie bij visuele tekens uit het geheugen op kon halen. Uit onderzoek is gebleken dat de CB&WL voldoende betrouwbaar en valide is (Van den Bos & Lutje Spelberg, 2007).

Leesvaardigheid. De Brus Eén Minuut Toets (EMT; Brus & Voeten, 1972) en De Klepel (Van den Bos, Lutje Spelberg, Scheepstra, & De Vries, 1994) meten de automatisering van het technisch lezen. Bij beide taken moesten zo goed en snel mogelijk rijen woorden worden voorgelezen. De totale score was het aantal goed gelezen woorden in één minuut voor de EMT (Brus & Voeten, 1972) en in twee minuten voor De Klepel (Van den Bos et al., 1994). De EMT bevat alleen bestaande woorden (Brus & Voeten, 1972), terwijl De Klepel alleen onzinwoorden bevat. Bij De Klepel werd daardoor een explicieter beroep gedaan op decodeervaardigheden. (Van den Bos et al., 1994). Beide toetsen zijn door de COTAN als voldoende of goed beoordeeld (Evers et al., 2009).

Statistische analyses

Voor deelvraag 1 zijn MANOVA’s met univariate vervolgttoetsen en Post-Hoc-LSD toetsen uitgevoerd. Er is een overschrijdingskans van vijf procent gehanteerd ($\alpha = 5\%$). Per test zijn de effectgrootten, namelijk de *partiële eta kwadraat* (η^2), berekend. Volgens de criteria van Cohen (1988) zijn de effectgrootten .01, .06 en .14 respectievelijk gering, middelmatig en groot. Voor deze vershilanalyses zijn de ruwe scores gebruikt. Voor deelvraag 2 zijn partiële correlatieanalyses uitgevoerd. Om het leeftijdseffect uit te schakelen zijn de gestandaardiseerde scores gebruikt. De correlatieanalyses zijn uitgevoerd binnen de gehele controlegroep ($n = 37$). Deze omvat zowel de kinderen gematcht op leeftijd als de

kinderen gematcht op rekenvaardigheid. Drie participanten zijn niet meegenomen in verband met missende gegevens. Het was door de kleine groepsvomvang niet mogelijk de correlatieanalyses uit te voeren binnen de dyscalculiegroep. Volgens de criteria van Cohen (1988) zijn bij correlatieve effectgrootten de effectgrootten van .10, .30 en .50 respectievelijk klein, middelmatig en groot.

Resultaten

Beschrijvende statistieken

In Tabel 2 zijn de beschrijvende statistieken van de onderzochte variabelen per groep weergegeven. Bij benoemsnelheid betekende een hogere waarde een minder goede score, terwijl bij de overige variabelen een hogere waarde een betere score betekende. Bij de variabelen Rekenvaardigheid, Listening Recall, Dot Matrix en Odd One Out was per variabele sprake van drie uitschieters. Deze uitschieters zijn veranderd in het gemiddelde plus/min twee standaarddeviaties.

Tabel 2. *Beschrijvende statistieken per groep voor alle onderzochte variabelen*

| | Dyscalculiegroep | | | Rekenvaardigheid-gematcht | | | Leeftijdgematcht | | |
|--------------------------|------------------|----------|-----------|---------------------------|----------|-----------|------------------|----------|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Werkgeheugen</i> | | | | | | | | | |
| Nonword Recall | 13 | 9.62 | 3.73 | 13 | 9.02 | 2.75 | 13 | 11.31 | 3.30 |
| Listening Recall | 13 | 13.78 | 2.35 | 13 | 11.38 | 2.96 | 13 | 14.77 | 3.09 |
| Dot Matrix | 15 | 22.87 | 5.69 | 15 | 19.07 | 3.94 | 15 | 26.07 | 5.48 |
| Odd One Out | 15 | 18.20 | 4.97 | 15 | 15.67 | 2.38 | 15 | 20.80 | 5.56 |
| <i>Planning</i> | | | | | | | | | |
| Overeenkomstige getallen | 15 | 8.67 | 1.23 | 15 | 11.00 | 3.89 | 15 | 13.20 | 3.23 |
| Coderen | 15 | 43.07 | 11.08 | 15 | 41.93 | 12.78 | 15 | 59.73 | 21.53 |
| <i>Aandacht</i> | | | | | | | | | |
| Selectieve aandacht | 15 | 41.00 | 10.55 | 15 | 39.93 | 6.39 | 15 | 46.87 | 11.13 |
| Getallen herkennen | 15 | 42.93 | 8.72 | 15 | 43.47 | 9.80 | 15 | 57.27 | 14.81 |
| <i>Benoemsnelheid</i> | | | | | | | | | |
| Cijfers | 20 | 27.70 | 6.71 | 20 | 31.35 | 6.32 | 20 | 23.20 | 4.34 |
| Kleuren | 20 | 44.30 | 8.41 | 20 | 48.00 | 7.43 | 20 | 38.95 | 7.44 |
| Plaatjes | 20 | 50.70 | 14.03 | 20 | 51.80 | 7.18 | 20 | 42.05 | 8.35 |
| <i>Leesvaardigheid</i> | | | | | | | | | |
| Eén-Minuut-Test | 13 | 63.46 | 18.05 | 13 | 45.39 | 20.87 | 13 | 78.15 | 17.63 |
| De Klepel | 13 | 48.08 | 17.05 | 13 | 30.00 | 15.20 | 13 | 62.85 | 21.89 |

Verbaal korte termijn- en werkgeheugen

Uit de MANOVA voor de variabelen Nonword Recall en Listening Recall is gebleken dat er sprake was van significante verschillen tussen de groepen, *Wilks* $\Lambda = .70$, $F(4,70) =$

3.40, $p = .01$; $\eta^2 = .16$. Uit de vervolganalyses is naar voren gekomen dat de groepen significant verschilden op de variabele Listening Recall, $F(2,36) = 6.97$, $p < .01$; $\eta^2 = .28$, maar niet op de variabele Nonword Recall, $F(2,36) = 1.63$, $p = .21$; $\eta^2 = .08$. Voor de variabele Listening Recall was er sprake van een groot effect, terwijl er voor de variabele Nonword Recall sprake was van een middelmatig effect. Op de variabele Listening Recall heeft de groep gematcht op rekenvaardigheid significant lager gescoord dan de groep gematcht op leeftijd ($p < .01$) en de dyscalculiegroep ($p = .01$). De dyscalculiegroep verschilde echter niet significant van de groep gematcht op leeftijd ($p = .30$).

Visueel-ruimtelijk korte termijn- en werkgeheugen

Uit de MANOVA voor de variabelen Dot Matrix en Odd One Out is gebleken er sprake was van significant verschillen tussen de groepen, *Wilks Λ* = .73, $F(4,82) = 3.47$, $p = .01$; $\eta^2 = .15$. Uit vervolganalyses is naar voren gekomen dat er significante verschillen waren op zowel de variabele Dot Matrix, $F(2,42) = 7.09$, $p < .01$; $\eta^2 = .25$, als de variabele Odd One Out, $F(2,42) = 4.84$, $p = .01$; $\eta^2 = .19$. Er was sprake van grote effecten. De groep gematcht op leeftijd heeft significant hoger gescoord dan de groep gematcht op rekenvaardigheid ($p < .01$), maar heeft niet significant hoger gescoord dan de dyscalculiegroep ($p = .10$ voor Dot Matrix; $p = .12$ voor Odd One Out). Op de variabele Dot Matrix heeft de dyscalculiegroep hoger gescoord dan de groep gematcht op rekenvaardigheid ($p = .048$), maar op de variabele Odd One Out was er geen significant verschil tussen deze groepen ($p = .13$).

Planning en aandacht

Uit de MANOVA is gebleken dat er significante verschillen waren tussen de groepen wat betreft planning en aandacht, *Wilks Λ* = .57, $F(8,78) = 3.14$, $p < .01$; $\eta^2 = .24$. Uit vervolganalyses is naar voren gekomen dat er een significant verschil was op de variabelen Overeenkomstige getallen, $F(2,42) = 8.53$, $p < .01$; $\eta^2 = .30$, Coderen, $F(2,42) = 5.96$, $p < .01$; $\eta^2 = .22$ en Getallen herkennen, $F(2,42) = 7.59$, $p < .01$; $\eta^2 = .27$. In alle gevallen was er sprake van een groot effect. De groepen verschilden niet significant van elkaar op de variabele Selectieve aandacht, $F(2,42) = 2.27$, $p = .12$; $\eta^2 = .10$. De effectgrootte was bij deze variabele desondanks middelmatig. Op de variabele Overeenkomstige getallen heeft de groep gematcht op leeftijd significant hoger gescoord dan de dyscalculiegroep ($p < .001$), maar niet dan de groep gematcht op rekenvaardigheid ($p = .052$). Bovendien heeft de dyscalculiegroep op deze variabele significant lager gescoord dan de groep gematcht op rekenvaardigheid ($p = .04$). Op de variabelen Coderen en Getallen herkennen heeft zowel de dyscalculiegroep als de groep

gematcht op rekenvaardigheid significant lager gescoord dan de groep gematcht op leeftijd ($p < .01$). De dyscalculiegroep en de groep gematcht op rekenvaardigheid verschilden niet significant van elkaar op de variabelen Coderen ($p = .85$) en Getallen herkennen ($p = .90$).

Benoemsnelheid

Uit de MANOVA is gebleken dat er significante verschillen waren tussen de groepen op de variabelen Benoemsnelheid cijfers, Benoemsnelheid kleuren en Benoemsnelheid plaatjes, $Wilks \Lambda = .69$, $F(6,110) = 3.75$, $p < .01$; $\eta^2 = .17$. Uit vervolganalyses is naar voren gekomen dat er significant verschillen waren op de Benoemsnelheid cijfers, $F(2,57) = 9.64$, $p < .001$; $\eta^2 = .25$, Benoemsnelheid kleuren, $F(2,57) = 6.85$, $p < .01$; $\eta^2 = .19$ en Benoemsnelheid plaatjes, $F(2,57) = 5.38$, $p < .01$; $\eta^2 = .16$. In alle gevallen was er sprake van een groot effect. De dyscalculiegroep was significant langzamer in het benoemen van cijfers ($p = .02$), kleuren ($p = .03$), en plaatjes ($p = .01$) dan de groep gematcht op leeftijd. Ook de groep gematcht op rekenvaardigheid was significant langzamer in het benoemen van cijfers ($p < .001$), kleuren ($p < .01$), en plaatjes ($p < .01$) dan de groep gematcht op leeftijd. De dyscalculiegroep verschilde wat betreft de benoemsnelheid van cijfers ($p = .054$), kleuren ($p = .14$), en plaatjes ($p = .74$) niet significant van de groep gematcht op rekenvaardigheid.

Leesvaardigheid

Uit de MANOVA is gebleken dat er significante verschillen waren tussen de groepen wat betreft leesvaardigheid zoals gemeten met de Eén-Minuut-Test en De Klepel, $Wilks \Lambda = .62$, $F(4,70) = 4.74$, $p < .01$; $\eta^2 = .21$. Uit vervolganalyses is naar voren gekomen dat er significant verschillen waren op zowel de Eén-Minuut-Test, $F(2,36) = 9.80$, $p < .001$; $\eta^2 = .35$, als De Klepel, $F(2,36) = 10.55$, $p < .001$; $\eta^2 = .37$. Er was bij beide variabelen sprake van een groot effect. Op de Eén-Minuut-Test was er een marginaal verschil tussen de dyscalculiegroep en de groep gematcht op leeftijd ($p = .06$) en op De Klepel was er een significant verschil tussen deze groepen ($p = .047$). Bij beide variabelen heeft de groep gematcht op leeftijd hoger gescoord dan de dyscalculiegroep. Op zowel de Eén-Minuut-Test als De Klepel heeft de groep gematcht op rekenvaardigheid lager gescoord dan de overige twee groepen ($p < .05$).

Samenhang met Rekenvaardigheid

Zoals genoemd is voor de hierna beschreven correlatieanalyses gebruik gemaakt van de controlegroep. De gemiddelde leeftijd van deze groep was 111.30 maanden ($SD = 16.43$). In Tabel 3 zijn de beschrijvende statistieken en de correlaties tussen alle variabelen

weergegeven. In Tabel 3 is zichtbaar dat de verschillende onderdelen van het werkgeheugen nauwelijks samenhang vertoonden met rekenvaardigheid. Het werkgeheugen kan daarom geen mediërende rol spelen in de relatie tussen Benoemsnelheid en rekenvaardigheid. Verder is in Tabel 3 zichtbaar dat er sprake was van significante, positieve correlaties tussen Rekenvaardigheid en Benoemsnelheid cijfers, Benoemsnelheid kleuren, Benoemsnelheid plaatjes, Planning en Aandacht. Er was sprake van middelmatige tot grote effecten.

Tabel 3. *Beschrijvende statistieken en correlaties tussen alle variabelen (n = 37)*

| Variabele | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1. Rekenv. | - | | | | | | | | | |
| 2. Cijfers | .36* | - | | | | | | | | |
| 3. Kleuren | .35* | .69** | - | | | | | | | |
| 4. Plaatjes | .49** | .67** | .79** | - | | | | | | |
| 5. Planning | .42* | .42** | .21 | .32 | - | | | | | |
| 6. Aandacht | .47** | .57** | .57** | .58** | .40* | - | | | | |
| 7. NR | .18 | .23 | .22 | .15 | .30 | .10 | - | | | |
| 8. LR | .01 | -.07 | .18 | .20 | .09 | .15 | .12 | - | | |
| 9. DM | .06 | -.30 | -.39* | -.30 | -.00 | -.13 | .13 | .10 | - | |
| 10. OOO | .18 | .02 | .02 | .21 | .42* | .15 | .15 | .32 | .32 | - |
| <i>M</i> | 11.68 | 10.08 | 9.95 | 9.59 | 107.43 | 106.24 | 89.59 | 106.43 | 106.86 | 100.92 |
| <i>SD</i> | 14.01 | 3.82 | 3.10 | 2.79 | 12.77 | 9.68 | 11.66 | 12.16 | 14.37 | 12.79 |

Noot. Rekenv. = Rekenvaardigheid, Cijfers = Benoemsnelheid cijfers, Kleuren = Benoemsnelheid kleuren, Plaatjes = Benoemsnelheid plaatjes, NR = Nonword Recall, LR = Listening Recall, DM = Dot Matrix, OOO = Odd One Out.

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

Aangezien zowel Planning als Aandacht correleerde met Benoemsnelheid cijfers, was het mogelijk dat de executieve functies Planning en Aandacht een mediërende rol speelden in de relatie tussen Benoemsnelheid cijfers en Rekenvaardigheid. Uit partiële correlatieanalyses is gebleken dat Planning en Aandacht inderdaad een mediërende rol speelden in de relatie tussen Benoemsnelheid cijfers en Rekenvaardigheid ($r = .36$; $p = .03$). Correctie voor Planning leverde een lagere partiële correlatie ($r = .23$, $p = .19$) tussen Benoemsnelheid cijfers en Rekenvaardigheid op. Correctie voor Aandacht leverde eveneens een lagere partiële correlatie ($r = .14$, $p = .44$) tussen Benoemsnelheid cijfers en Rekenvaardigheid op. Bij correctie voor Planning en Aandacht tegelijkertijd verdween het verband tussen Benoemsnelheid cijfers en Rekenvaardigheid vrijwel geheel ($r = .06$, $p = .72$).

Conclusie/discussie

Het doel van dit onderzoek was de wetenschappelijke kennis over dyscalculie uit te breiden, met het oog op goede diagnostiek- en behandelingsmogelijkheden voor kinderen met deze stoornis. Ten eerste is daarom nagegaan waarin kinderen met dyscalculie verschillen van

leeftijdgenoten zonder rekenproblemen en van kinderen met vergelijkbaar rekenniveau. Gebleken is dat kinderen met dyscalculie lager scoorden dan leeftijdgenoten zonder rekenproblemen op taken die planning, aandacht en benoemsnelheid meten. Bij planning en benoemsnelheid gold dit zowel voor de numerieke als de non-numerieke taken, terwijl dit bij aandacht alleen gold voor de numerieke taak. Verder was er een significant verschil wat betreft de leesvaardigheid van onzinwoorden en een marginaal verschil wat betreft de leesvaardigheid van bestaande woorden: bij beide scoorden de kinderen met dyscalculie lager dan leeftijdgenoten zonder rekenproblemen. Op de werkgeheugentaken hebben de kinderen met dyscalculie niet significant lager gescoord dan leeftijdgenoten zonder rekenproblemen. Samengevat is er volgens dit onderzoek bij kinderen met dyscalculie sprake van algemene tekorten in benoemsnelheid en planning en van specifieke numerieke tekorten in aandacht, maar niet van tekorten in het werkgeheugen.

De gevonden tekorten in planning en aandacht waren in lijn met de verwachtingen (Barrouillet et al., 1997; D'Amico & Passolunghi, 2009; Kroesbergen et al., 2003). Voor zover bekend, is dit het eerste onderzoek waarin onderscheid gemaakt is tussen numerieke en non-numerieke planning en aandacht. Er lijkt sprake te zijn van een algemeen tekort in planning. Het tekort in numerieke planning leek wel ernstiger dan het tekort in non-numerieke planning: op numerieke planning scoorden de kinderen met dyscalculie nog lager dan kinderen met een vergelijkbaar rekenniveau, terwijl ze op non-numerieke planning hetzelfde scoorden als kinderen met een vergelijkbaar rekenniveau. Verder lijkt er sprake te zijn van een specifiek numeriek tekort in de aandacht. De kinderen met dyscalculie hebben op de numerieke aandachtstaak even laag gescoord als de kinderen met een vergelijkbaar rekenniveau. Dit betekent dat het rekenniveau van de kinderen met dyscalculie passend is bij hun numerieke aandachtvermogen.

Voor geen van de werkgeheugentaken, die alle non-numeriek waren, zijn verschillen gevonden tussen kinderen met dyscalculie en leeftijdgenoten zonder rekenproblemen. Voor het verbaal korte termijngeheugen was dit in lijn met de verwachtingen: uit eerder onderzoek is ook gebleken dat er geen algemeen tekort was in het verbaal korte termijngeheugen (D'Amico & Guarnera, 2005; Passolunghi & Siegel, 2004). Voor de andere onderdelen van het werkgeheugen was dit niet in lijn met de verwachtingen, aangezien uit eerder onderzoek algemene tekorten zijn gebleken (Berg, 2008; D'Amico & Guarnera, 2005; Passolunghi & Siegel, 2001; Swanson & Sachse-Lee, 2001). In het huidige onderzoek was er wel een trend zichtbaar in de groepsgemiddelden op de onderdelen van het werkgeheugen: de groep gematcht op leeftijd scoorde het hoogst, de dyscalculiegroep scoorde lager en de groep

gematcht op rekenvaardigheid scoorde nog lager. Mogelijk was de onderzoeksgroep te klein om significante verschillen te kunnen detecteren. Het lijkt aannemelijk dat de afwezigheid van significante verschillen te wijten is aan methodologische tekortkomingen en dat de resultaten niet bewijzen dat er geen sprake is van non-numerieke tekorten in het werkgeheugen.

In dit onderzoek was de benoemsnelheid van kinderen met dyscalculie even laag als de benoemsnelheid van kinderen gematcht op rekenvaardigheid. Dit betekent dat het rekenniveau van de kinderen met dyscalculie passend is bij hun benoemsnelheid. Het gevonden algemene tekort in de benoemsnelheid is niet in lijn met de verwachtingen. Verwacht werd namelijk een specifiek numeriek tekort (Landerl et al., 2004; Van der Sluis et al., 2004). Mogelijk hangt dit samen met het feit dat de leesvaardigheid van de kinderen met dyscalculie ook lager was. Opgemerkt dient te worden dat het effect voor de numerieke benoemsnelheid in het huidige onderzoek sterker leek dan het effect voor de non-numerieke benoemsnelheid. Dit laatste wijst er in ieder geval op dat bij kinderen met dyscalculie de numerieke benoemsnelheid ernstiger beperkt lijkt dan de non-numerieke benoemsnelheid.

Ten tweede is in dit onderzoek nagegaan hoe de verschillende cognitieve factoren met rekenvaardigheid samenhangen en in hoeverre de relatie tussen de numerieke benoemsnelheid en rekenvaardigheid gemedieerd werd door het werkgeheugen, planning en/of aandacht. Aansluitend bij eerder onderzoek is gebleken dat de benoemsnelheid (Hecht et al., 2001; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004), planning (Kroesbergen et al., 2003) en aandacht (Fuchs et al., 2005) positief samenhangen met rekenvaardigheid. Dat naast de numerieke benoemsnelheid ook de non-numerieke benoemsnelheid samenhang met rekenvaardigheid, sluit niet aan bij eerder onderzoek (Landerl et al., 2004; Van der Sluis et al., 2004). Mogelijk kan dit verschil verklaard worden door het feit dat zowel bij taken die de benoemsnelheid meten als bij taken die de automatisering van rekenkundige bewerkingen meten voor een groot deel snelheid van werken gemeten is. De rol van algemene verwerkingssnelheid is waarschijnlijk een verklaring voor de overeenkomst in prestaties op deze testen (D'Amico & Passolunghi, 2009).

Wat betreft de mediërende factoren in de relatie tussen numerieke benoemsnelheid en rekenvaardigheid is gebleken dat planning en aandacht inderdaad een groot deel van deze relatie verklaarden. Goede planningsvaardigheden en een goede aandachtfunctie gingen samen met een hoge benoemsnelheid en daarnaast of daardoor ook met een goede rekenvaardigheid. Het snel ophalen van de verbale informatie die behoort bij visuele tekens, zoals cijfers, verloopt waarschijnlijk sneller en adequater wanneer er sprake is van een goede planning en voldoende inhibitie van irrelevante informatie (aandacht/inhibitie). Het maken

van sommen, waarvoor visuele tekens snel omgezet moeten worden in verbale codes (benoemsnelheid), zal dus beter verlopen naar mate de planning en aandacht beter is (Baddeley, 1996; Passolunghi & Cornoldi, 2000). Dit is, voor zover bekend, het eerste onderzoek waarin de mediërende rol van planning en aandacht onderzocht is. De gevonden resultaten moeten daarom bevestigd worden in toekomstig, grootschaliger onderzoek.

In dit onderzoek is er slechts een zwakke samenhang vastgesteld tussen rekenvaardigheid en het werkgeheugen. Dit sluit niet aan bij de verwachtingen en resultaten van eerder onderzoek (Bull et al., 2008; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2008; Swanson en Sachse-Lee, 2001). Er is echter één eerder onderzoek waarin eveneens bleek dat het werkgeheugen geen significante voorspeller was van rekenvaardigheid (Fuchs et al., 2005). In dit onderzoek werd met rekenvaardigheid, evenals in het huidige onderzoek, de automatisering van elementaire rekenkundige bewerkingen bedoeld (Fuchs et al., 2005). In de andere geciteerde onderzoeken werden redactiesommen als maat voor de rekenvaardigheid gebruikt (Bull et al., 2008; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2008; Swanson en Sachse-Lee, 2001). Dit wijst erop dat het type rekenvaardigheid dat voorspeld wordt doorslaggevend is voor het feit of het werkgeheugen een belangrijke rol speelt. Bij redactiesommen speelt actieve verwerking in het geheugen waarschijnlijk een grotere rol dan bij de automatisering van elementaire rekenkundige bewerkingen. Verder onderzoek zal hier meer duidelijkheid over moeten geven.

Limitaties en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Dit onderzoek had enkele beperkingen. Ten eerste was er sprake van een kleine onderzoeksgroep. Mogelijk kan dit verklaren waarom sommige verwachtingen niet uitgekomen zijn. Het is belangrijk dat de gevonden resultaten bevestigd worden in toekomstig, grootschaliger onderzoek. Een andere beperking is dat niet aan alle voorwaarden voor de analyses werd voldaan. Het is daarom tevens belangrijk dat de resultaten bevestigd worden in onderzoek waarin wel aan de voorwaarden wordt voldaan. Een derde beperking is dat bij de verschilanalyses niet gecorrigeerd kon worden voor de invloed van leesvaardigheid, omdat er veel missende gegevens waren over leesvaardigheid in de dyscalculiegroep. Daarnaast dient opgemerkt te worden dat de samenhang tussen de variabelen mogelijk voor een deel verklaard werd door het feit dat algemene verwerkingssnelheid en motoriek in veel taken een belangrijke rol speelde. Dit betekent tevens dat de beoogde processen mogelijk niet voldoende valide gemeten zijn.

Een sterk punt van dit onderzoek was daarentegen dat er veel verschillende achterliggende cognitieve factoren van rekenvaardigheid tegelijkertijd onderzocht zijn en hierbij voor de meeste factoren onderscheid gemaakt is tussen het werken met numerieke informatie en het werken met non-numerieke informatie. Dit is waardevol voor het begrijpen van de achterliggende processen van ernstige rekenproblemen. Bovendien is onderscheid gemaakt tussen de verschillende executieve, controlerende functies planning en aandacht. Dit is in voorgaand onderzoek nog weinig gedaan. Uit het huidig onderzoek is gebleken dat kinderen met dyscalculie ernstige planningsproblemen hadden. Dit toont de relevantie van het onderzoeken van planningsvaardigheden in diagnostisch onderzoek naar dyscalculie aan. Daarnaast is belangrijk dat in diagnostisch onderzoek naar dyscalculie zowel numerieke als non-numerieke planning, aandacht en benoemsnelheid meegenomen worden. Verder is aansluiting bij – en rekening houden met – tekorten in de genoemde factoren van groot belang in de behandeling en begeleiding van kinderen met dyscalculie.

Toekomstig onderzoek dient zich te richten op de combinatie van verschillende cognitieve factoren in de verklaring van rekenproblemen. Zoals genoemd is onderscheid tussen numerieke en non-numerieke taken hierbij van groot belang. Daarnaast dient er in toekomstig onderzoek aandacht te zijn voor de executieve functie planning, aangezien de relevantie hiervan in het huidig onderzoek duidelijk geworden is. Verder is in dit onderzoek een begin gemaakt met het onderzoeken van de mediërende processen tussen benoemsnelheid en rekenvaardigheid. In de toekomst kan dit onderzoek verder uitgebreid worden, door dit ook na te gaan voor andere typen van rekenvaardigheid (zoals redactiesommen) en te zoeken naar andere mediërende factoren dan planning en aandacht, zoals andere executieve functies. Wanneer de achterliggende processen van rekenvaardigheid duidelijk zijn, kunnen ernstige rekenproblemen beter begrepen worden en worden aanknopingspunten voor behandeling duidelijk.

Literatuurlijst

- Adams, A.-M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitations in working memory: Implications for language development. *International journal of language and communication disorders*, 36, 95-116. doi:10.1080/136828200247278
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson 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 shortterm and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968
- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228. doi:10.1016/j.jecp.2006.10.001
- APA (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR*. Washington, DC: American Psychiatric Publishing.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5-28. doi:10.1080/713755608
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-90. London: Academic Press.
- Barrouillet, P., Fayol, M., & Lathulière, E. (1997). Selecting between competitors in multiplication tasks: An explanation of the errors produced by adolescents with learning disabilities. *International Journal of Behavioural Development*, 21, 253-275. doi: 10.1080/016502597384857
- Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99, 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002
- Brus, B. Th., & Voeten, M. J. M. (1972). *Een-Minuu-Test, vorm A en B: verantwoording en handleiding*. Nijmegen: Berkhout.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical

- achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 205-228.
doi:10.1080/87565640801982312
- Censabella, S., & Noël, P. (2008). The inhibition capacities of children with mathematical disabilities. *Child Neuropsychology*, *14*, 1-20. doi:10.1080/09297040601052318
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*, *15*, 189-202.
doi:10.1016/j.lindif.2005.01.002
- D'Amico, A., & Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, *19*, 170-180. doi:10.1016/j.lindif.2009.01.001
- Das, J. P., & Naglieri, J. A. (1997). *Cognitive Assessment System*. Rolling Meadows: Riverside Publishing.
- Das, J. P., Naglieri, J. A., & Kirby, J. R. (1994). *Assessment of Cognitive Processes: The PASS Theory of Intelligence*. Boston: Allyn & Bacon.
- De Vos, T. (1992). *Handleiding Tempo-Test-Rekenen (2e druk)*. Lisse: Swets Test Publishers.
- Dowker, A., & Kaufmann, L. (2009). Atypical development of numerical cognition: Characteristics of developmental dyscalculia. *Cognitive Development*, *24*, 339-342.
doi:10.1016/j.cogdev.2009.09.010
- Evers, A., Braak, M. S. L., Frima, R. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom test uitgevers.
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, *97*, 493-513. doi:10.1037/0022-0663.97.3.493
- Geary, D., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *88*, 121-151. doi:10.1016/j.jecp.2004.03.002
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R., & Rashotte, C. (2001). The relationship between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study of second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, *79*, 192-227. doi:10.1006/jecp.2000.2586

- Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J., 2007. *Rekenen-Wiskunde. Handleiding*. Arnhem: Cito.
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., & Naglieri, J. A. (2003). Mathematical learning difficulties and PASS cognitive processes. *Journal of Learning Disabilities, 36*, 574-581. doi: 10.1177/00222194030360060801
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van der Ben, E., Leuven, N., & Vermeer, A. (2002). Meten van intelligentie bij kinderen met ADHD. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek, Kinderpsychiatrie en Klinische Kinderpsychologie, 25*, 168-179.
- 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
- Naglieri, J. A., & Rojahn, J. (2004). Construct validity of the PASS theory and CAS: Correlations with achievement. *Journal of Educational Psychology, 96*, 174-181. doi:10.1037/0022-0663.96.1.174
- Passolunghi, M. C., & Cornoldi, C. (2000). Working memory and cognitive abilities in children with specific difficulties in arithmetic word problem solving. *Advances in Learning and Behavioral Disabilities, 14*, 155-178.
- 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
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 137-157. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*, 110-122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Suchy, Y. (2009). Executive functioning: Overview, assessment, and research issues for non-neuropsychologists. *Annals of Behavioral Medicine, 37*, 106-116. doi:10.1007/s12160-009-9097-4
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96*, 471-491. doi:10.1037/0022-0663.96.3.471
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working

- memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294-321. doi:10.1006/jecp.2000.2587
- Temple, C. M., & Sherwood, S. (2002). Representation and retrieval of arithmetical facts: Developmental difficulties. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55, 733-752. doi: 10.1080/02724980143000550
- Van den Bos, K. P., & Lutje Spelberg, H. C. (2007). *CB&WL. Continu Benoemen & Woorden Lezen*. Amsterdam: Boom Testuitgevers.
- Van den Bos, K. P., Lutje Spelberg, H. C., Scheepstra, A. J. M., & De Vries, J. R. (1994). *De Klepel Vorm A en B. Een test voor de leesvaardigheid van pseudowoorden*. Nijmegen: Berkhout.
- Van Luit, J. E. H. (2010). *Dyscalculie, een stoornis die telt*. Doetinchem: Graviant Educatieve Uitgaven.
- Van Luit, J. E. H., Kroesbergen, E. H., & Naglieri, J. A. (2005). Utility of the PASS theory and Cognitive Assessment System for Dutch children with and without ADHD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 434-439. doi:10.1177/00222194050380050601
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 239-266. doi:10.1016/j.jecp.2003.12.002
- Willburger, E., Fussenegger, B., Moll, K., Wood, G., & Landerl, K. (2008). Naming speed in dyslexia and dyscalculia. *Learning and Individual Differences*, 18, 224-236.
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91, 415-438.