

**De invloed van het werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid  
bij kinderen met dyscalculie**

Masterthesis  
Universiteit Utrecht  
Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen  
Masterprogramma Orthopedagogiek

<b>Student</b>	E. W. H. Dillen
<b>Studentnummer</b>	3817733
<b>Begeleider</b>	A. H. van Hoogmoed
<b>Tweede beoordelaar</b>	J. E. van 't Noordende
<b>Datum</b>	13 juli 2016

# DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

## **Voorwoord**

Deze masterthesis is geschreven in het kader van de master orthopedagogiek. Het verzamelen van de participanten, evenals het inplannen van de testdagen en het afnemen van de testen verspreid door heel Nederland was een uitdaging die ik met beide handen heb gegrepen. Het werken met de eye-tracker en de kennismaking met de werkgeheugentaken blijft me bij als een zeer leuke en leerzame ervaring. De kennis die ik heb opgedaan over dyscalculie, getalbegrip en het werkgeheugen, hoop ik in mijn toekomstige carrière als schakel tussen de orthopedagogiek en het (basis)onderwijs te kunnen benutten en te verspreiden.

Bij dezen wil ik mijn begeleidster Anne van Hoogmoed hartelijk danken voor haar betrokkenheid, toegankelijkheid en prettige feedback. Ook wil ik Ilona Friso-van den Bos bedanken voor de fijne begeleiding gedurende het verloop van mevrouw van Hoogmoed. Daarnaast wil ik alle ouders en scholen bedanken die in naam van hun kind(eren) gehoor hebben gegeven aan de oproep voor dit onderzoek. Het was heel fijn om te merken dat zij onderzoek naar dyscalculie hoog in het vaandel stelden. Dit zorgde voor enthousiaste en betrokken kinderen, waardoor het testen een van de leukste activiteiten van het masterjaar was. Mijn lieve medestudent Sietske Meuleman wil ik bedanken voor alle uren van overleg en afstemming (ongeacht het moment van de dag), het uitwisselen van ideeën en de fijne samenwerking. Tot slot dank ik mijn ouders en zusjes voor hun steun, onvoorwaardelijke vertrouwen, de nodige afleiding en humor in dit pittige studiejaar.

Lisa Dillen,

Utrecht, juli 2016

# DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

## **Abstract**

Symbolic number sense is a strong predictor of arithmetic skills at later age. Recent studies proved the importance of visual-spatial and verbal working memory for mathematics performance. However, these findings seem to vary with age and level of number sense. Typically developing children rely more on visual-spatial strategies at a younger age. When their number sense has developed, they seem to use more verbal working memory strategies. Children with math problems or dyscalculia have, compared to their age-related students, less developed number sense. The aim of the present study is to investigate the moderation effect of the visual-spatial working memory, as well as the verbal working memory in the relation between number sense and arithmetical ability and how this effect differs for typical developed children and children with dyscalculia. The sample included 39 children aged 8 to 14 years, of whom 18 with dyscalculia. Symbolic number sense has been assessed by the symbolic digit comparison task, math performance by the TTR and the Lion and Monkey game were used to measure verbal and visual-spatial working memory. Multiple Linear Regression analyses were used to examine the predictive value of visual-spatial and verbal working memory in the relation between symbolic number sense and math performance. The results have shown no significant moderation for the visual-spatial working memory or the verbal memory, in children with dyscalculia as well as for the control group. It also appears that the differences between children with dyscalculia and the typical developed children in symbolic digit comparison were very small. Future research should replicate this study by a larger sample and by using a more complex task measuring symbolic number sense.

*Key words:* dyscalculia, mathematics, symbolic number sense, primary school, working memory

## **Samenvatting**

Naast symbolisch getalbegrip, wordt ook steeds meer bewijs gevonden voor het visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen als sterke voorspellers van rekenvaardigheid. De invloed van deze werkgeheugencomponenten op de rekenvaardigheid wisselt naar de leeftijd van het kind en de mate het kind getalbegrip beheerst. Voor typisch presterende kinderen geldt: hoe jonger het kind, hoe minder ontwikkeld het getalbegrip, hoe groter het beroep op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Kinderen met dyscalculie hebben in vergelijking met hun leeftijdsgenoten een minder ontwikkeld getalbegrip. Nog niet eerder werd onderzocht of zij, net als het jonge kind in vergelijking met het oudere kind, een groter beroep doen op het

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIJ EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

visueel-ruimtelijk werkgeheugen dan hun typisch ontwikkelde leeftijdsgenoten. In het huidige onderzoek is onderzocht in hoeverre het visueel-ruimtelijk en het verbaal werkgeheugen de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid modereren voor kinderen met en zonder dyscalculie. De steekproef bestond uit 39 kinderen in de leeftijd van 8 tot en met 14 jaar, waarvan 18 kinderen met dyscalculie. Voor het meten van symbolisch getalbegrip werd de experimentele symbolische vergelijkingstaak uitgevoerd. Het Apen- en Leeuwenspel werd gebruikt om het verbaal en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen te meten. De rekenvaardigheid werd gemeten met de Tempo-Test-Rekenen (TTR; De Vos, 1992). Uit de resultaten blijkt dat voor zowel de kinderen met dyscalculie als voor de controlegroep geen significante moderatie-effecten werden gevonden voor het visueel-ruimtelijk, dan wel het verbaal werkgeheugen. Wel werd bewijs gevonden voor het hoofdeffect van getalbegrip op de rekenvaardigheid van typisch presterende kinderen. Opvallend was het minimale verschil tussen de groep kinderen met dyscalculie en de controlegroep in de prestatie op de symbolische vergelijkingstaak. Voor toekomstig onderzoek wordt een grotere steekproef aanbevolen, waarin een complexere taak symbolische vergelijkingstaak wordt opgenomen.

*Sleutelwoorden:* bovenbouw basisschool, dyscalculie, rekenvaardigheid, symbolisch getalbegrip, werkgeheugen

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

Leren tellen, getalkennis verwerven en rekenkundige bewerkingen zijn activiteiten die gedurende het hele leven van een kind belangrijk zijn (Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013). Denk aan vlot met geld om kunnen gaan, het goed kunnen gebruiken van de NS-borden en klokkijken (Van Lieshout, 2004). Drie tot zes procent van de schoolgaande kinderen heeft door ernstige rekenproblematiek moeite met deze activiteiten (Rotzer et al., 2009; Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2006; De Visscher & Noël, 2012). De problemen die zij ervaren, worden veelal verklaard door een tekort in getalbegrip (Dehaene, 2011) en het werkgeheugen (Geary, 2004). Inzicht in de werking van het werkgeheugen kan een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van het schoolse curriculum en bij het afstemmen van de individuele onderwijsbehoeften (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, & Van Luit, 2015). Dit zal de kans op ernstige rekenproblematiek niet verkleinen, maar adequate en afgestemde hulp kan wel de achterblijvende rekenvaardigheid verbeteren (Van Luit, 2010). Het doel van het huidige onderzoek is dan ook inzicht te verkrijgen in de rol van het werkgeheugen in de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen met en zonder dyscalculie.

### **Getalbegrip bij dyscalculie**

Ernstige rekenproblemen worden in sommige gevallen benoemd als een rekenstoornis of dyscalculie (Van Lieshout, 2004). Dyscalculie wordt bij ongeveer 2.5% van de schoolgaande kinderen vastgesteld en verwijst naar een leerprobleem dat wordt gekenmerkt door hardnekkige problemen met het leren, automatiseren en vlot en accuraat oproepen of toepassen van reken- en wiskundekennis en procedures (feiten en/of afspraken) (Van Luit & Ruijsenaars, 2004). Deze problemen zijn blijvend, ook na gedegen onderwijs (Van Lieshout, 2004; Van Viersen, Slot, Kroesbergen, Van 't Noordende, & Leseman, 2013). Het classificatiesysteem DSM-IV-TR voor diagnostiek van psychische stoornissen bepaalt dat de diagnose dyscalculie wordt gesteld wanneer sprake is van een significante rekenachterstand ten opzichte van leeftijdgenoten, de rekenachterstand groter is dan op basis van leeftijd en intelligentie verwacht mag worden en de rekenproblemen resistent zijn tegen gespecialiseerde hulp (American Psychiatric Association, 2000; Van Luit, Bloemert, Ganzinga, & Mönch, 2012).

Bij kinderen met dyscalculie is sprake van een tekort in getalbegrip (Dehaene, 2011; Mussolin, Mejias, & Noël, 2010). Getalbegrip wordt omschreven als de vaardigheid om numerieke hoeveelheden te begrijpen en te manipuleren en wordt onderscheiden in non-symbolisch en symbolisch getalbegrip (Dehaene, 2001; Lyons & Beilock, 2011; Wilson &

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

Dehaene, 2007). Door de non-symbolische waarde aan het symbolische getal koppelen wordt betekenis gegeven aan een getal (De Smedt, Noël, Gilmore, & Ansari, 2013; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). Volgens Dehaene (2001) kan het betekenis geven aan getallen en het toekennen van bijbehorende waarde aan het getal in drie componenten onderscheiden worden middels het *triple code model*. Dit model bestaat uit de non-symbolische analoge codes en de symbolische auditief-verbale en visuele codes. De analoge code betekent dat het kind waarde aan het symbool 7 toekent, door te zien dat zeven stippen meer zijn dan zes stippen. De auditief-verbale code houdt in dat het kind het getal 7 koppelt aan het woord ‘zeven’ en met behulp van de visuele code wordt hieraan de Arabische getalvorm 7 toegekend.

Beheersing van deze drie codes leidt bij een typisch presterend kind tot getalbegrip; een mentale getallenlijn komt tot stand (Bachot, Gevers, Fias, & Roeyers, 2005; Dehaene, 2003). De mentale getallenlijn vormt de basis van (hoofd)rekenen omdat hierdoor verbindingen tussen getallen kunnen worden gemaakt (Dehaene, 2003; Von Aster & Shalev, 2007). Wanneer het leggen van verbindingen tussen getallen frequent gebeurt, worden uitkomsten geautomatiseerd en als rekenfeiten in het geheugen opgeslagen. Opvallend bij kinderen met dyscalculie is dat het automatiseren niet tot stand komt (Van Lieshout, 2004). Het uitblijven van automatisering bij dyscalculie wordt het meest in verband gebracht met een tekort in het symbolisch getalbegrip (Rousselle & Noël, 2007; Von Aster & Shalev, 2007), waardoor het construeren van een mentale getallenlijn bemoeilijkt wordt (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008; Siegler & Booth, 2004). Symbolisch getalbegrip wordt daarbij gezien als een aan te leren vaardigheid en blijkt de beste voorspeller van rekenvaardigheid (Mundy & Gilmore, 2009). Om die reden richt het huidige onderzoek zich enkel op symbolisch getalbegrip.

### **De rol van het werkgeheugen in rekenvaardigheid**

Naarmate het kind ouder wordt, worden de op te lossen rekenproblemen complexer. Met name in de bovenbouw van de basisschool zijn kinderen hierdoor steeds meer afhankelijk van de mentale getallenlijn en het beroep op het werkgeheugen wordt daarmee groter (De Stefano & LeFevre, 2004; Stock, Desoete, & Roeyers, 2007). De centrale rol van het werkgeheugen in de rekenontwikkeling van het kind is reeds aangetoond. Het werkgeheugen van kinderen met of dyscalculie functioneert minder goed dan bij sterke rekenaars (Friso-van den Bos et al., 2013; Geary, 2004; Passolunghi & Siegel, 2001, 2004; Rarghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Baddeley en Hitch (1974) karakteriseren het werkgeheugen middels het

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

multicomponentenmodel. Zij maken onderscheid in een drietal componenten van het werkgeheugen, te weten de centrale executieve en de slaafsystemen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen. Een vierde component, de episodische buffer, werd later aan het model toegevoegd en zorgt voor een integratie van informatie uit de verschillende systemen en controleert en reguleert de samenwerking met het langetermijngeheugen (Baddeley, 2003). Op deze componenten wordt een beroep gedaan bij het oplossen van een rekenprobleem; bewerkingen moeten simultaan worden uitgevoerd, waarbij relevante informatie wordt onthouden en gemanipuleerd (Baddeley & Hitch, 1974). Het eerste component, de centrale executieve, is een aandacht controlesysteem dat activiteiten uitvoert om binnenkomende informatie te controleren en te sturen. Een van deze activiteiten, *updating*, blijkt voor kinderen met dyscalculie zeer lastig. In een rekenprobleem zoals  $5 \times 15$  betekent dit het vervangen van oude opgeslagen informatie ( $10 \times 5 = 50$  en  $5 \times 5 = 25$ ) door nieuwe relevante informatie ( $50 + 25 = 75$ ). Kinderen met dyscalculie vergeten tussenstappen sneller ten opzichte van leeftijdgenoten. Deze procedurele fouten hangen samen met beheersing van getalbegrip (Bull & Scerif, 2001; Geary, 2004; Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier, & Jansen, 2013; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). De slaafsystemen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen worden door de centrale executieve aangestuurd. Het visueel-ruimtelijke werkgeheugen is verantwoordelijk voor de tijdelijke opslag en manipulatie van ruimtelijke en visuele informatie, zoals het plaatsen van de tussenuitkomsten 50 en 25 op de mentale getallenlijn. Het verbale werkgeheugen regelt de tijdelijke opslag en manipulatie van de fonologische en auditieve informatie, zoals het benoemen en daarmee onthouden van de tussenstap  $10 \times 5$  (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006).

Alle componenten van het werkgeheugen zijn gerelateerd aan rekenvaardigheid (D'Amico & Guenera, 2005; Friso-van den Bos et al., 2013). Daarnaast is aangetoond dat zowel visueel-ruimtelijke als verbale representaties en strategieën vereist zijn bij het oplossen van rekenproblemen (Imbo & LeFevre, 2010; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015). Voor kinderen met ernstige rekenproblemen wordt bewijs gevonden in de vorm van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen als sterkste voorspeller van rekenvaardigheid (McKenzie, Bull, & Gray, 2003; Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013), waar voor typisch ontwikkelde kinderen het verbaal werkgeheugen als sterkste voorspeller wordt gezien (Friso-van den Bos et al., 2013). Recente studies vinden een verklaring voor dit verschil. Verondersteld wordt dat de mate van afhankelijkheid van enerzijds het visueel-ruimtelijk en anderzijds het verbaal werkgeheugen, samenhangt met leeftijd (De Smedt et al., 2009; McKenzie et al., 2003; Van

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

de Weijer-Bergsma et al., 2015; Van der Ven et al., 2013). Het jongere kind in de onderbouw van de basisschool is door een minder ontwikkeld getalbegrip in vergelijking met het oudere kind in de bovenbouw van de basisschool meer afhankelijk van visueel-ruimtelijke representaties (mentale getallenlijn) en strategieën (op de vingers tellen). Deze antwoorden worden naarmate zij ouder worden verbaal gememoriseerd, waardoor zij in mindere mate afhankelijk zijn van de visueel-ruimtelijke representaties en strategieën en in toenemende mate gebruikmaken van verbale representaties en strategieën (Kyttälä, Aunio, & Hautamäki, 2010; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010; Van der Ven et al., 2013; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015).

### **Het huidige onderzoek**

Nog niet eerder werd onderzocht of eenzelfde relatie tussen afhankelijkheid van werkgeheugencomponent en leeftijd zichtbaar is voor kinderen van dezelfde leeftijd, met en zonder dyscalculie. In het huidige onderzoek staat daarom de volgende vraag centraal: *In hoeverre wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd door het visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen bij kinderen met en zonder dyscalculie?* Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, is een viertal deelvragen opgesteld. 1) In hoeverre wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen met dyscalculie? 2) In hoeverre wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij typisch presterende kinderen? 3) In hoeverre wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd door het verbaal werkgeheugen bij kinderen met dyscalculie? 4) In hoeverre wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd door het verbaal werkgeheugen bij typisch presterende kinderen?

Aangezien typisch presterende kinderen naarmate zij ouder worden een beter getalbegrip ontwikkelen en daardoor minder afhankelijk zijn van visueel-ruimtelijke strategieën (Dehaene, 2011; Raghobar et al., 2010), wordt een significante invloed van getalbegrip en het verbale werkgeheugen op de rekenvaardigheid verwacht. Omdat kinderen met dyscalculie een tekort in getalbegrip hebben (Dehaene, 2011), zijn zij meer afhankelijk van visueel-ruimtelijke representaties en strategieën (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015), waardoor een significante invloed van getalbegrip en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op de rekenprestaties wordt verwacht.



# DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

## Methode

### Participanten

De doelgroep in dit onderzoek werd gevormd door 39 kinderen (25 meisjes, 14 jongens) uit de bovenbouw van basisscholen verspreid door Nederland, in de leeftijd van 8 tot en met 14 jaar ( $M = 11.60$ ,  $SD = 1.22$  maanden). De groep kinderen met dyscalculie (DD-groep) bestond uit 18 kinderen, waarvan 14 meisjes en vier jongens ( $M = 11.90$ ,  $SD = 1.21$  maanden). Van hen hadden 12 kinderen de diagnose dyscalculie. De overige kinderen voldeden aan de kenmerken van dyscalculie zoals beschreven in DSM-IV-TR (APA, 2000). De controlegroep bestond uit 21 typisch presterende kinderen, waarvan 12 meisjes en negen jongens ( $M = 11.40$ ,  $SD = 1.22$  maanden). De groepen verschilden niet significant van elkaar nadat zij werden gematcht op leeftijd,  $t(37) = 1.07$ ,  $p = .293$ , en geslacht,  $\chi^2(2) = 0.18$ ,  $p = .175$ .

### Meetinstrumenten

In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van de experimentele symbolische getal vergelijkingstaak, de Tempo-Test-Rekenen (TTR; De Vos, 1992) en de zelfsturende online werkgeheugentaken in de vorm van het Apen- en Leeuwenspel.

**Getalbegrip.** Door middel van de prestaties op de symbolische getal vergelijkingstaak werd getalbegrip gemeten. Deze taak werd uitgevoerd met de Tobii T60 eye-tracker (Tobii Technology AB, 2011). Met behulp van het softwareprogramma E-prime 2.0 (Psychology software tools, <http://www.pstnet.com>) werden de stimuli op de eye-tracker gepresenteerd en de antwoorden geregistreerd. Hierbij moesten de participanten met behulp van de 'Q' en 'P' toets op het QWERTY-toetsenbord aangeven welke van de twee getoonde cijfers (van twee tot en met negen) het grootste was. Voorafgaand aan een vijftal oefenitems werden zestien unieke testitems in 64 trials aangeboden met een presentatietijd van 1000 milliseconden en een tussentijdse fixatietijd van 600 milliseconden. De responstijd was ongelimiteerd. De reactietijd van de participanten werd gedeeld door de score voor accuratesse om tot een maat voor getalbegrip te komen. Hierbij werd voor de reactietijd gebruik gemaakt van de mediaan en voor accuratesse van de proportie correcte antwoorden. Deze experimentele taak is nog in ontwikkeling, om die reden kan over de psychometrische kwaliteiten nog geen uitspraak worden gedaan.

**Rekenvaardigheid.** De rekenvaardigheid werd gemeten met de TTR, een gestandaardiseerde (snelheids)test. De TTR bestaat uit vijf kolommen van ieder veertig opgaven. In elke kolom staat een andere rekenbewerking centraal. De participanten moesten

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

achtereenvolgens de bewerkingen optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen en de gemengde opgaven uitvoeren. Hierbij hadden de participanten per kolom één minuut de tijd om zo veel mogelijk opgaven correct te beantwoorden. De test werd gemaakt met pen en papier. De tijd werd bewaakt met behulp van een stopwatch. Het aantal goede antwoorden werd bij elkaar opgeteld om tot een totaalscore te komen, welke tussen de nul en tweehonderd lag. Van de TTR is geen validiteit- of betrouwbaarheidsonderzoek beschikbaar (Egberink, Janssen, & Vermeulen, 20 mei 2016).

**Visueel-ruimtelijke en verbale werkgeheugen.** Voor het meten van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen werd gebruik gemaakt van het Leeuwenspel (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast, & Van Luit, 2015). Hierbij verscheen steeds één leeuw in beeld, wisselend van kleur en positie in het beeldscherm. Door de computer werd gevraagd om leeuwen in achtereenvolgens één, twee, drie, vier en vijf verschillende kleuren te onthouden en aan te geven waar in het scherm de leeuw voor het laatst werd gezien. Het Leeuwenspel is een valide en betrouwbaar instrument om de capaciteit van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen te meten (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015b). Het verbale werkgeheugen werd gemeten middels het Apenspel (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Jolani, & Van Luit, 2015). Het Apenspel is een *word recall backwards* taak, waarbij de participant in een vijftal ronden achtereenvolgens twee, drie, vier, vijf en zes woorden te horen kreeg, welke vervolgens in omgekeerde moesten worden aangeklikt. Het Apenspel is een zeer valide en betrouwbare instrument gebleken voor het meten van het verbale werkgeheugen (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015a). Voor zowel het Apen- als het Leeuwenspel gold een bereik van 0 tot 1 waarbij uit werd gegaan van de proportie correct aantal scores per ronde. Een hoge score duidde op een grote capaciteit van het visueel-ruimtelijk en/of verbaal werkgeheugen (Van de Weijer et al., 2015a, 2015b).

### **Procedure**

De participanten werden geworven via een internetoproep op (ouder)forums en een e-mail gericht aan samenwerkingsverbanden van basisscholen. Aan ouder(s) en kind werd toestemming gevraagd middels een informed consent. De testafname heeft plaatsgevonden van maart tot en met juni 2016 en vond plaats in het ambulatorium van de Universiteit Utrecht of bij het kind op school. Sprake was van één individueel meetmoment, waarin de taken in willekeurige volgorde werden afgenomen. De testafname nam vijf kwartier in beslag. Deze studie maakte deel uit van een groter onderzoek. Met behulp van de Tobii T60 eye-tracker (Tobii Technology AB, 2011) werden nog een viertal lettertaken en een drietal getaltaken

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

afgenomen. Deze taken werden niet opgenomen in het huidige onderzoek omdat deze resultaten niet bijdragen aan de beantwoording van de onderzoeksvraag.

### **Analyse**

Ter beantwoording van de vier deelvragen werden de relaties tussen de onafhankelijke variabelen getalbegrip, visueel-ruimtelijk werkgeheugen, verbaal werkgeheugen en de interactievariabelen Getal\*Verbaal en Getal\*Visueel op de afhankelijke variabele rekenvaardigheid onderzocht. Aanvankelijk werd overwogen de vier deelvragen in één model te toetsen. Omwille van een powerprobleem werd besloten één model per deelvraag te hanteren. Deze modellen werden getoetst middels een meervoudige lineaire regressieanalyse. Om een uitspraak te doen over de grootte van het individuele effect van de onafhankelijke variabelen op rekenvaardigheid, werden partiële correlaties uitgevoerd. In alle toetsen werd een significantieniveau van  $\alpha = .05$  gehanteerd en aan de assumpties voor normale verdeelde data, lineairiteit, multicollineariteit, normaal verdeelde residuen en homoscedasticiteit werd voldaan. Niet alle resultaten op de taken konden in de data-analyse worden opgenomen. Vanwege ontbrekende scores, door vastlopen of misregistratie van het systeem, zijn de steekproefgroottes wisselend per taak.

### **Resultaten**

In Tabel 1 worden de beschrijvende statistieken weergegeven van de prestaties op de onafhankelijke variabelen en de afhankelijke variabele voor de kinderen met dyscalculie (DD-groep) en de controlegroep.

DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN  
GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

Tabel 1

*Beschrijvende Statistieken van de Prestaties op het Apenspel, Leeuwenspel, de Symbolische Getal Vergelijkingstaak en de TTR voor de DD-Groep en de Controlegroep*

Test	DD-groep			Controlegroep			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
Apenspel	17	0.53	0.15	20	0.62	0.13	
Leeuwenspel	17	0.72	0.14	18	0.81	0.11	
Symbolische	RT <sup>a</sup>	18	783.08	145.25	20	628.83	86.80
vergelijkingstaak	ACC <sup>b</sup>	18	0.94	0.08	20	0.96	0.05
	RT/ACC <sup>c</sup>	18	849.80	272.73	20	658.00	108.59
TTR Totaal		18	75.11	21.51	21	125.90	22.91

*Noot.* <sup>a</sup> Reactietijd gemeten in milliseconden. <sup>b</sup> Mate van accuratesse tussen 0 en 1. <sup>c</sup> Deze maat werd in dit onderzoek gebruikt, een hoge score hangt samen met een lage mate van beheersing van de symbolische getal vergelijkingstaak.

Een meervoudige lineaire regressieanalyse werd uitgevoerd om te onderzoeken in hoeverre sprake was van een moderatie-effect van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en de afhankelijke variabele rekenvaardigheid bij de kinderen in de DD-groep. De onafhankelijke variabelen getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen verklaarden gecombineerd een niet-significante 7.6% van de variantie in rekenvaardigheid,  $R^2 = .25$ , aangepaste  $R^2 = .08$ ,  $F(3, 13) = 1.44$ ,  $p = .277$ . Dit wordt beoordeeld als een gemiddeld effect ( $f^2 = .25$ ). Het hoofdeffect van getalbegrip op rekenvaardigheid werd niet significant bevonden,  $t(13) = -1.49$ ,  $p = .160$ . De partiële correlatie voor getalbegrip, gecontroleerd voor visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleek niet significant,  $r(14) = -.46$ ,  $p = .075$ . Na uitsluiting van visueel-ruimtelijk werkgeheugen kon 21% van de variantie in rekenvaardigheid worden verklaard door de variantie in getalbegrip. Het hoofdeffect van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op rekenvaardigheid bleek niet significant  $t(13) = 0.01$ ,  $p = .992$ . Middels een partiële correlatie werd, gecontroleerd voor getalbegrip een niet significant, klein effect gevonden van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op rekenvaardigheid,  $r(14) = .05$ ,  $p = .848$ . Slechts 0.3% van de variantie in rekenvaardigheid werd verklaard door de variantie in visueel-ruimtelijk werkgeheugen, na uitsluiting van getalbegrip. Het interactie-effect Getal\*Visueel werd niet significant bevonden,  $t(13) = -0.62$ ,  $p = .545$ . Een partiële correlatie,

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

gecontroleerd voor getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, toonde een niet-significant en klein effect voor de interactievariabele Getal\*Visueel op rekenvaardigheid,  $r(13) = -.17, p = .545$ . Na uitsluiting van getalbegrip en het visueel-ruimtelijke werkgeheugen werd 2.9% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard door de variantie in de interactievariabele Getal\*Visueel. Zie Tabel 2 voor een overzicht van de resultaten van de meervoudige lineaire regressieanalyse.

Tabel 2

*Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressiecoëfficiënten en p-Waarden van de Lineaire Meervoudige Regressieanalyse van het Effect van Getalbegrip en Visueel-Ruimtelijk Werkgeheugen op Rekenvaardigheid bij Kinderen met Dyscalculie*

Variabele	B [95 % BI]	$\beta$	p
Getalbegrip	-.06 [-.14, .03]	-.72	.160
Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	.39 [85.86, 86.64]	.30	.992
Getal*Visueel	-.17 [-.74, .41]	-.30	.545

*Noot.*  $N = 17$ . BI = betrouwbaarheidsinterval, afhankelijke variabele: Rekenvaardigheid (TTR Totaalscore).

Om te onderzoeken in hoeverre de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd werd door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij de groep typisch ontwikkelde kinderen, werd een meervoudige regressieanalyse uitgevoerd. Hieruit bleek dat getalbegrip en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een significante 65.1% van de variantie in rekenvaardigheid verklaarden,  $R^2 = .72$ , aangepaste  $R^2 = .65$ ,  $F(3, 13) = 10.97, p = .001$ . Dit is een groot effect, Cohen's  $f = 2.53$ . Het hoofdeffect van getalbegrip op rekenvaardigheid werd in het model significant bevonden,  $t(13) = -3.57, p = .003$ . Uit de partiële correlatie bleek na uitsluiting van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een groot significant effect,  $r(14) = -.77, p < .001$ . Gecontroleerd voor het visueel-ruimtelijk werkgeheugen werd 59% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard door de variantie in getalbegrip. In het model is geen significant hoofdeffect gevonden van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op rekenvaardigheid,  $t(13) = 0.59, p = .568$ . Uit de partiële correlatie blijkt dat 1.3% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard kon worden door de variantie in de lineaire relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de rekenvaardigheid na uitsluiting van

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIJ EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

getalbegrip. Het interactie-effect Getal\*Visueel werd in het model niet significant bevonden,  $t(13) = -0.57$ ,  $p = .580$ . Uit de partiële correlatie bleek, gecontroleerd voor getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, een niet significant en klein effect voor Getal\*Visueel,  $r(13) = -0.16$ ,  $p = .580$ . Hiermee kon 2.4% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard worden door de variantie in de interactievariabele Getal\*Visueel. Zie Tabel 3 voor een overzicht van de resultaten van de meervoudige lineaire regressieanalyse.

Tabel 3

*Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressiecoëfficiënten en p-Waarden van de Lineaire Meervoudige Regressieanalyse van het Effect van Getalbegrip en Visueel Ruimtelijk Werkgeheugen op Rekenvaardigheid bij Typisch Presterende Kinderen*

Variabele	B [95 % BI]	$\beta$	p
Getalbegrip	-.19 [-.30, -.07]	-.89	.003*
Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	27.61 [-74.20, 129.42]	-.12	.568
Getal*Visueel	-.15 [-.71, .41]	-.15	.580

*Noot.*  $N = 18$ . BI = betrouwbaarheidsinterval. \*  $p < .05$ , afhankelijke variabele: Rekenvaardigheid (TTR Totalscore).

Ten derde werd onderzocht in hoeverre de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid werd gemodereerd door het verbaal werkgeheugen bij de kinderen in de DD-groep. Hiertoe werd een meervoudige lineaire regressieanalyse uitgevoerd. Gecombineerd verklaarden getalbegrip en het verbaal werkgeheugen een niet-significante 17.4% van de variantie in rekenvaardigheid,  $R^2 = .33$ , aangepaste  $R^2 = .17$ ,  $F(3, 13) = 2.13$ ,  $p = .146$ . Dit wordt beoordeeld als een groot effect ( $f^2 = .49$ ). Het hoofdeffect van getalbegrip op rekenvaardigheid bleek significant,  $t(13) = -2.17$ ,  $p = .049$ . Uit de partiële correlatie bleek echter, na uitsluiting van verbaal werkgeheugen, een niet-significante lineaire relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid,  $r(14) = -.44$ ,  $p = .092$ . Na uitsluiting van het verbaal werkgeheugen werd 19% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard door de variantie in getalbegrip. Het hoofdeffect van het verbale werkgeheugen op rekenvaardigheid werd niet significant bevonden,  $t(13) = -0.07$ ,  $p = .947$ . Middels een partiële correlatie werd, na uitsluiting van getalbegrip, eveneens een niet-significant en zeer klein effect gevonden voor de lineaire relatie tussen verbaal werkgeheugen en rekenvaardigheid,  $r(14) = -.02$ ,  $p = .935$ .

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

Slechts 0.05% van de variantie in rekenvaardigheid werd verklaard door de variantie in het verbale werkgeheugen, na uitsluiting van getalbegrip. Het interactie-effect Getal\*Verbaal werd niet significant bevonden,  $t(13) = -1.33$ ,  $p = .205$ . Een partiële correlatie toonde een niet-significant gemiddeld effect voor de interactievariabele Getal\*Verbaal op rekenvaardigheid, na uitsluiting van getalbegrip en verbaal werkgeheugen,  $r(13) = -.35$ ,  $p = .205$ . Dit betekent dat 12.04% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard werd door de variantie in de interactievariabele Getal\*Verbaal. Zie Tabel 4 voor een overzicht van de resultaten die verkregen werden uit de meervoudige lineaire regressieanalyse.

Tabel 4

*Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressiecoëfficiënten en p-Waarden van de Lineaire Meervoudige Regressieanalyse van het Effect van Getalbegrip en Verbaal Werkgeheugen op Rekenvaardigheid bij Kinderen met Dyscalculie*

Variabele	B [95 % BI]	$\beta$	p
Getalbegrip	-.08 [-.16, .00]	-1.00	.049*
Verbaal werkgeheugen	-2.62 [-86.13, 80.90]	-.02	.947
Getal*Verbaal	-.16 [-.43, .10]	-.59	.205

*Note.*  $N = 17$ . BI = betrouwbaarheidsinterval. \* $p < .05$ , afhankelijke variabele: Rekenvaardigheid (TTR Totaalscore).

Ten slotte is een meervoudige lineaire regressieanalyse uitgevoerd om te beoordelen in hoeverre de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd werd door het verbale werkgeheugen voor de groep typisch presterende kinderen. De variabelen getalbegrip en verbaal werkgeheugen verklaarden samen een significante 68.1% van de variantie in rekenvaardigheid,  $R^2 = .73$ , aangepaste  $R^2 = .68$ ,  $F(3, 15) = 13.80$ ,  $p < .001$ . De effectgrootte is groot ( $f^2 = 2.76$ ). In het model bleek het hoofdeffect van getalbegrip op rekenvaardigheid significant,  $t(15) = -0.47$ ,  $p < .001$ . Uit de partiële correlatie bleek, gecontroleerd voor het verbale werkgeheugen, een significant en groot effect van getalbegrip op rekenvaardigheid,  $r(16) = -.80$ ,  $p < .001$ . Na uitsluiting van het verbale werkgeheugen werd 64% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard door de variantie in getalbegrip. Het hoofdeffect van het verbale werkgeheugen op rekenvaardigheid bleek in het model niet significant,  $t(15) = 1.31$ ,  $p = .210$ . Middels een partiële correlatie, gecontroleerd voor getalbegrip werd eveneens

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

een niet significant, klein effect gevonden van het verbale werkgeheugen op de rekenvaardigheid,  $r(16) = .25$ ,  $p = .320$ . Slechts 6.2% van de variantie in rekenvaardigheid werd verklaard door de variantie in het verbale werkgeheugen, na uitsluiting van getalbegrip. Het interactie-effect Getal\*Verbaal werd niet significant bevonden  $t(15) = .91$ ,  $p = .377$ . Uit de partiële correlatie bleek een niet significant en klein effect van de interactievariabele Getal\*Verbaal op rekenvaardigheid, na uitsluiting van getalbegrip en verbaal werkgeheugen,  $r(13) = .23$ ,  $p = .377$ . De interactievariabele verklaarde 5.2% van de variantie in rekenvaardigheid. Een overzicht van de resultaten uit de meervoudige lineaire regressieanalyse wordt gevonden in Tabel 5.

Tabel 5

*Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressiecoëfficiënten en p-Waarden van de Lineaire Meervoudige Regressieanalyse van het Effect van Getalbegrip en Verbaal Werkgeheugen op Rekenvaardigheid bij Typisch Presterende Kinderen*

Variabele	B [95 % BI]	$\beta$	p
Getalbegrip	-.16 [-.23, -.09]	-.75	.000*
Verbaal werkgeheugen	44.74 [-28.15, 117,63]	-.21	.210
Getal*Verbaal	-.46 [-.61, 1.53]	-.13	.377

*Noot.*  $N = 20$ . BI = betrouwbaarheidsinterval. \*  $p < .05$ , afhankelijke variabele: Rekenvaardigheid (TTR Totaalscore).

### Discussie

Het doel van het huidige onderzoek betrof het verkrijgen van inzicht in de rol van het visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen in de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen met en zonder dyscalculie. Hiertoe zijn een viertal deelvragen onderzocht.

Allereerst werd gekeken in hoeverre de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid gemodereerd wordt door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen met dyscalculie. Recente studies veronderstellen dat een kind naarmate het ouder wordt dankzij een sterker ontwikkeld getalbegrip visueel-ruimtelijke strategieën internaliseert, waardoor rekenopgaven vaker met behulp van verbale werkgeheugen strategieën worden opgelost (De Smedt et al., 2009; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015; Van der Ven et al., 2013). Kinderen met



## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIJ EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

dyscalculie hebben in vergelijking met typisch presterende kinderen van dezelfde leeftijd een minder ontwikkeld getalbegrip (Dehaene, 2011). Om die reden werd verwacht dat een significant (moderatie-)effect werd gevonden voor het visueel-ruimtelijke werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. In dit onderzoek worden deze bevindingen niet ondersteund. Het getoetste model toonde geen significante (moderatie-)effecten van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. Daarnaast werden geen significante hoofdeffecten gevonden van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, getalbegrip of de interactievariabele Getal\*Visueel op rekenvaardigheid.

Ten tweede werd onderzocht in hoeverre het visueel-ruimtelijke werkgeheugen een modererende invloed heeft op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij typisch presterende kinderen. Omdat het typisch presterende kind in de bovenbouw van het basisonderwijs minder afhankelijk is van visueel-ruimtelijke strategieën, werd hiervoor geen significant effect verwacht (De Smedt et al., 2009; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015; Van der Ven et al., 2013). Deze verwachting wordt bevestigd. Voor de invloed van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is in dit onderzoek geen significant bewijs gevonden. Getalbegrip en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen verklaarden samen een significante 65.1% van de variantie in rekenvaardigheid. Na uitsluiting van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen werd een significant, groot effect gevonden voor de lineaire relatie tussen getalbegrip op rekenvaardigheid. Getalbegrip is daarmee in dit onderzoek een significante voorspeller van rekenvaardigheid voor typisch presterende kinderen.

Omdat is aangetoond dat naast het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, ook het verbale werkgeheugen een voorspeller van rekenvaardigheid is (Friso-van den Bos et al., 2013; Geary et al., 2007), werd ten derde onderzocht in hoeverre het verbale werkgeheugen een modererend effect heeft op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen met dyscalculie. Hierbij werd geen significant effect verwacht. Kinderen met dyscalculie zouden door een zwakker ontwikkeld getalbegrip in mindere mate gebruik maken van verbale strategieën in rekenopgaven (De Smedt et al., 2009; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015; Van der Ven et al., 2013). De resultaten in dit onderzoek bevestigen deze verwachting. Het model bleek niet significant. Wel werd in het model een hoofdeffect van getalbegrip als individuele predictor op rekenvaardigheid gevonden. Na uitsluiting van het verbale werkgeheugen bleek dit resultaat echter niet significant.

Ten slotte is de modererende rol van het verbale werkgeheugen getoetst voor typisch presterende kinderen. Hierbij werd een significant effect verwacht van het verbale

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIJ EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

werkgeheugen als moderator in de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. Typisch presterende kinderen zouden door een goed ontwikkeld getalbegrip visueel-ruimtelijke strategieën internaliseren, waardoor zij bij het uitvoeren van rekenopgaven meer afhankelijk zijn van verbale werkgeheugen strategieën (De Smedt et al., 2009; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015; Van der Ven et al., 2013). Deze verwachting wordt niet bevestigd. Hoewel een significante 68.1% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard werd door de variantie in het verbale werkgeheugen, getalbegrip en de interactie tussen het verbale werkgeheugen en getalbegrip, bleek alleen getalbegrip een significante voorspeller voor rekenvaardigheid. Na uitsluiting van het verbale werkgeheugen werd een significant en groot effect gevonden voor de lineaire relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. Getalbegrip is daarmee in dit onderzoek opnieuw een significante voorspeller van rekenvaardigheid voor typisch presterende kinderen. Voor de modererende invloed van het verbale werkgeheugen mag, evenals voor het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, in dit onderzoek geen bewijs worden toegeschreven.

**Limitaties en aanbevelingen.** Van der Ven et al. (2013) bieden met de *novelty explanation* een mogelijke verklaring voor het uitblijven van significante effecten voor een modererende effect van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Kinderen zouden, ongeacht de leeftijd, een groter beroep doen op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen wanneer zij worden blootgesteld aan nieuwe en uitdagende leerproblemen (Tronsky, 2005; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015). De resultaten lieten zien dat de DD-groep en de typisch presterende kinderen respectievelijk 94% en 96% van de symbolische getal vergelijkingstaak correct beantwoordden. Deze taak bestond uit eencijferige rekenproblemen, waardoor deze taak mogelijk te eenvoudig was voor zowel de kinderen met als zonder rekenproblematiek (Van der Ven et al., 2013). Door een te eenvoudige taak neemt de invloed van het werkgeheugen neemt af; associaties tussen rekenproblemen en bijbehorende antwoorden zijn toegankelijk door *direct retrieval* (Geary et al., 2004; Imbo & Vandierendonck, 2007). Een andere mogelijke verklaring voor het uitblijven van de verwachte resultaten is de kleine steekproef, wat als een beperking van dit onderzoek wordt beschouwd.

De meerwaarde van het huidige onderzoek is dat een tweetal verwachtingen wordt bevestigd. Voor het typisch presterende kind geldt dat er geen significante invloed wordt gevonden voor het visueel-ruimtelijke werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. Daarnaast wordt bevestigd dat het verbale werkgeheugen geen modererende invloed heeft op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

met dyscalculie. Vervolgonderzoek dient zich te richten op het aantonen van de invloed van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen met dyscalculie en de invloed van het verbale werkgeheugen op de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij typisch presterende kinderen. Allereerst wordt sterk aanbevolen deze studie te herhalen met een meer omvangrijke steekproef. Daarin zou een complexere symbolische getal vergelijkingstaak moeten worden opgenomen; bij voorkeur met meercijferige getallen, waardoor tegemoet wordt gekomen aan de *novelty explanation* (Tronsky, 2005; Van der Ven et al., 2013). Daarnaast wordt aangeraden de TTR te vervangen door de modernere Tempo-Test-Automatiseren (TTA; De Vos, 2010); deze test maakt het mogelijk om op een dieperliggend niveau de automatiseringsproblemen te analyseren. Daarmee wordt tegemoet gekomen aan de domeinspecifieke verklaring (Van der Ven et al., 2013), die stelt dat de capaciteit van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen van groter belang is bij de bewerkingen optellen en aftrekken, ten opzichte van de bewerkingen vermenigvuldigen en delen. Met deze aanbevelingen zal nog specifiekere zicht worden verkregen op de invloed en voorspellende waarde van de werkgeheugencomponenten in rekenvaardigheid, wat de optimale afstemming van het rekenonderwijs voor de leerling met dyscalculie mogelijk maakt.

# DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

## Referenties

- 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.x.
- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4<sup>th</sup> ed., Text Revised). Washington, DC: American Psychiatric Pub.
- Bachot, J., Gevers, W., Fias, W., & Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: Orientation of the mental number line. *Psychology Science*, *47*(1), 172.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience*, *4*(10), 829-839. doi: 10.1038/nrn1201.
- 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. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental neuropsychology*, *19*(3), 273-293.
- 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.
- Dehaene S. (2001). Précis of the number sense. *Mind Language*, *16*, 16–36. doi: 10.1111/14680017.00154.
- Dehaene, S. (2003). The neural bias of the Weber-Fechner law: a logarithmic mental number line. *Trends in cognitive sciences*, *7*(4), 145-147.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. OUP USA.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(2), 186-201. doi: 10.1016/j.jecp.2009.01.004.
- De Smedt, B., Noël, M. P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, *2*, 48-55. doi: 10.1016/j.tine.2013.06.001.

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

- De Stefano, D., & LeFevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 353–386.
- De Visscher A., & Noël, M. P. (2012). A case study of arithmetic facts dyscalculia caused by a hypersensitivity-to-inference memory. *Cortex, 49*, 50–70.
- De Vos, T. (1992). *Tempo-Test-Rekenen. Handleiding*. Nijmegen: Berhout.
- De Vos, T. (2010). *TempoTest Automatiseren*. Boom test uitgevers.
- Egberink, I.J.L., Janssen, N.A.M., & Vermeulen, C.S.M. (20 mei 2016). COTAN beoordeling 1992, Vragenlijst. Verkegen van [www.cotandocumentatie.nl](http://www.cotandocumentatie.nl).
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review (2013), 10*, 29-44. doi: 10.1016/j.edurev.2013.05.003.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities, 37*(1), 4-15. doi: 10.1177/00222194040370010201.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental neuropsychology, 33*(3), 277-299. doi: 10.1080/87565640801982361.
- Imbo, I., & LeFevre, J. A. (2010). The role of phonological and visual working memory in complex arithmetic for Chinese-and Canadian-educated adults. *Memory & Cognition, 38*(2), 176-185. doi: 10.3758/MC.38.2.176.
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*(4), 284-309.
- Kolkman M. E., Kroesbergen E. H., & Leseman P. P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning Instruction, 25*, 95. doi: 10.1016/j.learninstruc.2012.12.001.
- Kyttälä, M., Aunio, P., & Hautamäki, J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology, 51*(1), 1-15.
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relationship between number-sense and mathematics. *Cognition, 121*, 256-261.
- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology, 20*(3), 93-108.

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of experimental child psychology*, *103*(4), 490-502.
- Mussolin, C., Mejias, S., & Noël, M. P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition*, *115*(1), 10-25. doi: 10.1016/j.cognition.2009.10.006.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short term memory, working memory, and inhibitory control in children with specific arithmetic learning disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *80*, 44– 57.
- 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*(4), 348-367. doi: 10.1016/j.jecp.2004.04.002.
- 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: 1016/j.lindif.2009.10.005.
- Rotzer, S., Loeneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P., & Von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, *47*(13), 2859-2865. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.009.
- Rouselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numeral skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*(3), 361-395.
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J. E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie. Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, *75*(2), 428-444. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x.
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2007). Early markers for arithmetic difficulties. *Educational and Child Psychology*, *24*(2), 28-39.
- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, *49*(10), 2674-2688.
- Tobii Technology AB. (2011). Tobii T60 & T120 Eye Tracker. *User Manual*. Geraadpleegd van <http://acuity-ets.com/downloads/Tobii%20T60%20120%20User%20Guide.pdf>.

## DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN GETALBEGRIIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

- Tronsky, L. N. (2005). Strategy use, the development of automaticity, and working memory involvement in complex multiplication. *Memory & Cognition*, 33(5), 927-940.
- Van Lieshout, E. C. D. M. (2004). *Ruijssenaars, Rekenproblemen en dyscalculie*. Lemniscaat Publishers.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Jolani, S., & Van Luit, J. E. (2015a). The Monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior research methods*, 1-16. doi: 10.3758/s13428-015-0607-y.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2015). Verbal and visual spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & cognition*, 43(3), 367-378. doi: 10.3758/s13421-014-0480 4.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & Van Luit, J. E. (2015b). Validity and reliability of an online visual-spatial working memory task for self-reliant administration in school-aged children. *Behavior research methods*, 47(3), 708 719.
- Van der Ven, S. H., G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *Britisch Journal of Educational Psychology*, 82(1), 100-119. doi: 10.1111/j.2044 8279.2011.02035.x.
- Van der Ven, S. H., Van der Maas, H. L., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, 27, 182-192. doi: 10.1016/j.lindif.2013.09.003.
- Van Luit, J. E. H. (2010). *Dyscalculie, een stoornis die telt*. Doetinchem: Graviant.
- Van Luit, J. E. H., Bloemert, J., Ganzinga, E. G., & Mönch, M. E. (2012). *Protocol 'Diagnostiek van dyscalculie voor gedragsdeskundigen'*. Doetinchem: Graviant.
- Van Luit, J. E. H., & Ruijssenaars, A. J. J. M. (2004). Dyscalculie, zin en onzin. *Rekenwiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk*, 23(2), 3-8.
- Van Viersen, S., Slot, E. M., Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Leseman, P. P. (2013). The added value of eye-tracking in diagnosing dyscalculia: a case study. *Frontiers in psychology*, 4, 155-171. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00679.

DE INVLOED VAN HET WERKGEHEUGEN OP DE RELATIE TUSSEN  
GETALBEGRIP EN REKENVAARDIGHEID BIJ DYSCALCULIE

Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 868-873. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x

Wilson, A. J., & Deheane, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In: *Human Behavior, Learning and Developing Brain: Atypical Development*, eds Coch D., Dawson G., Fischer, K., editors. New York, NY: Guilford Publications, 212-238.