

Voorspellers van De Rekenvaardigheid: Werkgeheugen en Voorbereidende Rekenvaardigheid

Master thesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Rachel Sabine van der Ziel-Enserink (3499200)

Thesis begeleider: Hans van Luit

Tweede beoordelaar: Ilona Friso-van den Bos

Datum: 6 juni 2014

Voorwoord

Aan het begin van dit studiejaar koos ik ervoor om mijn masterthesis binnen een andere afstudeerrichting te schrijven, namelijk binnen de leerlingenzorg. Ik wilde schrijven over leerlingen met rekenproblemen en dat heb ik gedaan.

Hans van Luit ging in op mijn verzoek ondanks mijn andere afstudeerrichting. Ik wil hem bedanken voor zijn feedback, het overdragen van kennis en voor het overbrengen van zijn passie voor het werken met leerlingen met rekenproblemen. De manier waarop hij wetenschappelijke kennis vertaalt naar de praktijk is bijzonder inspirerend.

Daarnaast wil ik Sylke Toll bedanken voor het aanbrenge van structuur en het geven van informatie tijdens de bijeenkomsten, voor de passie waarmee ze praat over statistiek met een hoogzwangere buik en het creëren van een ontspannen sfeer door het meebrengen van paaseitjes tijdens de bijeenkomst.

Als laatste en belangrijkste, wil ik Remco van der Ziel bedanken, mijn lieve man. Bedankt voor jouw steun dit afgelopen studiejaar en jouw feedback op de geschreven stukken.

Abstract

Both working memory and early numeracy have been proven to be strong predictors of mathematical achievement. The aim of this longitudinal study was to investigate working memory and early numeracy as predictors of mathematical achievement in second grade to promote early detection of learning problems. Children from 25 different schools in the Netherlands participated from age 3-5 till the age of 6-8 years old ($N = 692$). The *Automated Working Memory Assessment* (AWMA) was used to measure working memory. Early numeracy was measured by the *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised* (UGT-R). Mathematical achievement in second grade was measured by the *Cito Rekenen van midden groep 4* (CITO-M4 toets). The results revealed that working memory was already in kindergarten a reliable predictor of second grade mathematical achievement. Moreover, working memory added value to number sense as predictor of second grade mathematical achievement. The verbal working memory component in early kindergarten revealed to be a significantly better predictor than the visual working memory component in kindergarten. Although the visual working memory component became a significantly better predictor in late kindergarten and first grade of mathematical achievement in second grade.

Keywords: working memory, early numeracy, visual-spatial sketchpad, phonological loop, UTG-R, AWMA, number sense, preschool children

Samenvatting

Zowel het werkgeheugen als voorbereidende rekenvaardigheid bleken uit onderzoek belangrijke voorspellers voor het latere rekenniveau. Om vroegtijdig signaleren te bevorderen is in dit longitudinale onderzoek gekeken naar het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4. Daarnaast is gekeken naar het verschil in het visuele en het verbale component van het werkgeheugen als voorspellers voor het rekenniveau midden groep 4. De populatie bestond uit 692 leerlingen van 25 verschillende scholen in Nederland in de leeftijd van 3 tot 5 jaar en zijn gevolgd tot de leeftijd van 6 tot 8 jaar. Het werkgeheugen werd gemeten met behulp van de *Automated Working Memory Assessment* (AWMA), voorbereidende rekenvaardigheid met behulp van de *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised* (UGT-R). Het rekenniveau werd gemeten met behulp van de *Cito Rekenen van midden groep 4* (CITO-M4 toets). Uit de resultaten blijkt dat in midden groep 1 het werkgeheugen reeds een betrouwbare voorspeller is voor het rekenniveau midden groep 4. Daarnaast blijkt het werkgeheugen een aanvulling te zijn op voorbereidende rekenvaardigheid als voorspeller van het rekenniveau midden groep 4. Eind groep 1 zijn het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid het meest betrouwbaar als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4. Het verbale werkgeheugen eind groep 1 blijkt een betere voorspeller te zijn voor het rekenniveau midden groep 4 in vergelijking tot het visuele werkgeheugen. In groep 2 en groep 3 blijkt echter het visuele werkgeheugen een betere voorspeller te zijn.

Trefwoorden: werkgeheugen, voorbereidende rekenvaardigheid, AWMA, UGT-R, rekenvaardigheid, CITO-M4, fonologische lus, visueel-ruimtelijk schetsblok

Voorspellers van De Rekenvaardigheid: Werkgeheugen en Voorbereidende Rekenvaardigheid

Er zijn veel kinderen met rekenproblemen. Wanneer deze niet vroegtijdig worden erkend, is dit van invloed op het schoolsucces van deze kinderen (Duncan et al., 2007; Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, & Van Rijt, 2009; Van Luit, 2010). Bij ongeveer 2 tot 3 procent van de Nederlandse leerlingen is er sprake van een rekenstoornis oftewel dyscalculie (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2006). Daarnaast heeft ongeveer 15 procent van de kinderen in Nederland meer hulp nodig dan in het reguliere onderwijs wordt geboden (Van Luit, 2010). De invoering van het 'Passend onderwijs' bevordert de aandacht voor individuele verschillen in het onderwijs, maar biedt geen oplossing voor kinderen met ernstige rekenproblemen (Van Luit, 2010). Voor zwakke leerlingen is het van belang om vroegtijdig rekenproblemen te signaleren.

Voor de onderwijspraktijk is het van belang om te weten op basis van welke criteria een zwakke leerling het beste geselecteerd kan worden voor effectieve interventies voor rekenproblemen, zoals '*Op weg naar rekenen*' (Toll & Van Luit, 2013). In de huidige praktijk worden vaak IQ-scores of algemene schoolprestaties gehanteerd als selectiecriteria voor interventies gericht op rekenproblemen. Het intelligentieniveau (IQ-score) blijkt echter geen goede voorspeller te zijn voor rekenproblemen, aangezien de IQ-score verschillende niveaus van voorbereidende rekenvaardigheid aan het begin van het basisonderwijs niet verklaart (Alloway, 2009; Kroesbergen et al., 2009). Toch wordt intelligentie vaak, naast voorbereidende schoolse vaardigheden, gebruikt als voorspeller van schoolsucces (Kroesbergen et al., 2009). Om te voorkomen dat kinderen ten onrechte worden geselecteerd of ten onrechte niet worden geselecteerd voor een effectieve interventie, is het van belang de voorspellers van rekenproblemen in kaart te brengen.

In de literatuur zijn er door de jaren heen verscheidene voorspellers van het rekenniveau op latere leeftijd onderzocht. Een aantal onderzochte voorspellers zijn intelligentie, werkgeheugen, executieve functies, vermogen om te tellen en voorbereidende rekenvaardigheid (Alloway, 2009; Kroesbergen et al., 2009; Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007). Samen met een analyse van sterktes en zwaktes in voorbereidende rekenvaardigheid, zouden de executieve functies meer belovend zijn dan de IQ-score voor vroege identificatie van kinderen met een risico op rekenproblemen (Kroesbergen et al., 2009). In de executieve functies speelt het werkgeheugen een belangrijke rol (Epsy et al., 2004).

Twee individuele verschillen die invloed hebben op latere schoolprestaties zijn verschillen in het werkgeheugen en in de voorbereidende rekenvaardigheid, ook wel getalbegrip genoemd (Duncan et al., 2007; Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007; Jordan, Kaplan, Oláh, & Locuniak, 2006; Kroesbergen et al., 2009; Morgan, Farkas, & Wu, 2009). Zowel een zwak werkgeheugen als een tekort aan voorbereidende rekenvaardigheid blijken voorspellers te zijn voor rekenproblemen op latere leeftijd (Duncan et al., 2007). Daarnaast spelen de voorbereidende rekenvaardigheid en de executieve functies in de ontwikkeling van de telvaardigheid een belangrijke rol (Kroesbergen et al., 2009).

De voorbereidende rekenvaardigheid is naast lezen en aandacht een voorspeller voor latere schoolprestaties op de middelbare school (Duncan et al., 2007). Binnen voorbereidende rekenvaardigheid is het schatten van getallen een voorspeller van rekenvaardigheid op 6-jarige leeftijd (Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011). Het schatten van getallen blijft een goede voorspeller tenminste tot en met het rekenniveau op 14 jarige-leeftijd (Halberda, Mazzocco, & Feigenson, 2008). De voorbereidende rekenvaardigheid is een betrouwbare voorspeller van het rekenniveau aan het eind van groep 3 en groep 5 (Jordan et al., 2007; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Aunio & Niemivirta, 2010).

Het werkgeheugen en verbaal tellen zijn directe voorspellers voor voorbereidende rekenvaardigheid (Hornung, Schiltz, Brunner, & Martin, 2014; Passolunghi et al., 2007). Het werkgeheugen zou ook naast de voorbereidende rekenvaardigheid een belangrijke voorspeller zijn voor het latere rekenniveau (Alloway, 2009; Stock, Desoete, & Roeyers, 2009; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Op vijf jarige leeftijd is werkgeheugen een betere voorspeller dan de IQ-score voor het rekenniveau zes jaar later (Alloway & Alloway, 2010). Het werkgeheugen is een goede voorspeller voor rekenproblemen (Alloway, 2009).

Voor het voorkomen van problemen op latere leeftijd en voor adequaat vroegtijdig signaleren in de onderwijspraktijk is het van belang om meer te weten over het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid. Daarom wordt onderzoek gedaan naar de rol van het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid als voorspellers voor het rekenniveau in midden groep 4. Daarnaast wordt onderzocht welk component van het werkgeheugen een betrouwbare voorspeller is en vanaf welk moment in de ontwikkeling.

Het werkgeheugen

Het werkgeheugen ontwikkelt zich in de eerste drie levensjaren en verwijst naar de capaciteit om voor een korte periode informatie op te slaan en te bewerken (Alloway, 2009). Baddeley (2000) heeft een model ontwikkeld met vier componenten: het centraal uitvoerend orgaan (*central executive*), de fonologische lus (*phonological loop*), het visueel-ruimtelijk

schetsblok (*visual-spatial sketchpad*) en de episodische buffer (*episodic buffer*). De fonologische lus manipuleert en slaat auditieve informatie op (verbaal werkgeheugen). Het visueel-ruimtelijk schetsblok manipuleert en slaat visuele informatie op (visueel werkgeheugen). De fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok worden de slaafsystemen genoemd. Deze slaafsystemen worden bewaakt en aangestuurd door het centraal uitvoerend orgaan. Tussen deze slaafsystemen staat de episodische buffer, die zorgt voor de integratie van het korte- en langetermijngeheugen (Baddeley, 2000).

Het belang van onderzoek naar specifieke componenten van het werkgeheugen wordt door verschillende onderzoekers onderstreept (Friso-Van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; LeFevre et al., 2010; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010). Recent onderzoek wijst op het belang van het centraal uitvoerend orgaan en de fonologische lus (verbaal werkgeheugen) in de vroegtijdige ontwikkeling van rekenvaardigheden. De derde component, het visueel-ruimtelijk schetsblok (visueel werkgeheugen) speelt een in toenemende mate belangrijke rol tijdens de latere ontwikkeling (De Smedt et al., 2009; Meyer et al., 2010). In groep 3 bleek het visueel werkgeheugen een relevante voorspeller van rekenvaardigheden, maar het verbale werkgeheugen niet (De Smedt et al., 2009). Verbale updating is binnen de specifieke componenten de belangrijkste voorspeller voor rekenvaardigheden (Friso-Van den Bos et al., 2013). Het onderscheiden in visuele en verbale werkgeheugentaken is van cruciaal belang voor het begrijpen van de relatie tussen werkgeheugen en rekenvaardigheid (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010).

Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar de verschillende componenten van het werkgeheugen en de relatie met rekenproblemen op latere leeftijd (Meyer et al., 2010). Ook zijn de verschillende uitkomsten afhankelijk van de onderzoeksmethode. Een meer algemene werkgeheugentest levert hogere correlaties op dan meer specifieke tests. Ook leeftijd en de onderzoeksgroep hebben invloed op de uitkomsten (Friso-Van den Bos et al., 2013). Om meer inzicht te krijgen in deze hiaten in de huidige kennis wordt hier gekozen voor het specificeren van de componenten van het werkgeheugen, namelijk het verbale en visuele werkgeheugen (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006).

De centrale onderzoeksvraag is: *‘Kan het rekenniveau in groep 4 (beter) voorspeld worden door werkgeheugen of door voorbereidende rekenvaardigheid?’* Hierbij zijn drie verschillende deelvragen opgesteld. De eerste deelvraag richt zich op het werkgeheugen als voorspeller voor het latere rekenniveau. Hierbij zal gekeken worden naar de voorspellende waarde op verschillende meetmomenten. Het doel hiervan is na te gaan op welk moment het werkgeheugen een betrouwbare voorspeller is. De tweede deelvraag richt zich op het verschil

tussen de voorbereidende rekenvaardigheid en het werkgeheugen als voorspellers. Hierbij wordt nagegaan of het werkgeheugen een betere voorspeller is dan (of een aanvulling op) de voorbereidende rekenvaardigheid. De derde deelvraag richt zich op de vraag of er een verschil is in de voorspellende waarde van de verschillende componenten van het werkgeheugen. Kortom, de drie deelvragen luiden als volgt: a) *Op welk moment (vanaf wanneer) is het werkgeheugen een betrouwbare voorspeller voor het rekenniveau?* b) *Is het werkgeheugen een betere voorspeller dan (of een aanvulling op) de voorbereidende rekenvaardigheid?* c) *Is het verbaal werkgeheugen een betere voorspeller dan het visueel werkgeheugen voor het rekenniveau?*

Alle deelvragen worden beantwoord aan de hand van hypothese toetsend onderzoek. Op basis van bovenstaande resultaten wordt verwacht dat: a) *het werkgeheugen een betrouwbare voorspeller is vanaf de leeftijd van vijf jaar, dus vanaf groep 2*, b) *het werkgeheugen een aanvulling is op voorbereidende rekenvaardigheid*, c) *het verbaal werkgeheugen een betere voorspeller voor het rekenniveau is dan het visueel werkgeheugen*.

Methode

Participanten

Aan dit onderzoek doen 25 scholen uit verschillende provincies van Nederland mee. De scholen werden geselecteerd op basis van drie criteria: een laag nummer van kinderen die geen Nederlands thuis spreken, diversiteit in sociaal economische status (SES) en gebruik van dezelfde rekenmethode. De SES is weergegeven met behulp van het leerlinggewicht. Het leerlinggewicht houdt in dat er scholen zijn met hoge en lage aantallen ouders die minder dan twee jaar vervolgonderwijs hebben afgerond. Een leerlinggewicht van 0 houdt in dat ten minste één ouder VWO/HAVO of hoger heeft gevolgd. Bij een leerlinggewicht van 0.3 heeft ten minste één ouder onderwijs gevolgd op het VMBO of lager. Bij een leerlinggewicht van 1.2 heeft ten minste één ouder onderwijs gevolgd op de lagere school of speciaal onderwijs. Een leerlinggewicht van 0 werd gelabeld als een hoog SES, een leerlinggewicht van 0.3 en 1.2 werden samen gelabeld als een laag SES.

Kinderen werden geselecteerd uit een grotere dataset op basis van deelname aan de CITO rekenen in midden groep 4. De CITO rekenen midden groep 4 was het laatste meetmoment van dit onderzoek, daardoor is er geen uitval in de populatie van dit onderzoek. De populatie van dit onderzoek bestaat tijdens het eerste meetmoment uit 692 kinderen in de leeftijd van 3 tot en met 5 jaar (47 tot en met 66 maanden). De leeftijd van één leerling ontbreekt. De populatie bestaat uit 348 jongens (50.3%) en 344 meisjes (49.7%) met een gemiddelde leeftijd van 55 maanden ($SD = 3.8$ maanden). Het laatste meetmoment voor het

testen van de rekenvaardigheid is in midden groep 4. Tijdens dit meetmoment zijn de 692 kinderen in de leeftijd van 6 tot en met 8 jaar (83 tot en met 102 maanden) met een gemiddelde leeftijd van 91 maanden ($SD = 3.8$ maanden).

Meetinstrumenten

De afhankelijke variabele in het onderzoek is de rekenvaardigheid. Om de rekenvaardigheid te meten wordt gebruik gemaakt van de toets *Cito Rekenen midden groep 4* (CITO-M4 toets). De onafhankelijke variabelen zijn het werkgeheugen en de voorbereidende rekenvaardigheid.

Werkgeheugen wordt gemeten met behulp van de vier taken van de *Automated Working Memory Assessment* (AWMA; Alloway, 2007). De volgende vier taken zijn gemeten; de *Dot Matrix*, de *Odd One Out*, de *Word Recall Forwards* en de *Word Recall Backwards*. De AWMA heeft een goede constructvaliditeit en is betrouwbaar voor kinderen met een zwak werkgeheugen. De test-hertest betrouwbaarheid is goed voor de *Dot Matrix* ($\alpha = .83$), de *Odd One Out* ($\alpha = .81$), de *Word Recall Forwards* ($\alpha = .76$) en de *Word Recall Backwards* ($\alpha = .74$) (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliot, 2008). Het visuele werkgeheugen is gemeten met behulp van de *Dot Matrix* en de *Odd One Out*. Het verbale werkgeheugen is gemeten met behulp van de *Word Recall Forwards* en *Word Recall Backwards* (Alloway et al., 2006). Deze zijn voor de analyse als composiet score samengevoegd tot het verbale werkgeheugen en visuele werkgeheugen. De AWMA is bedoeld voor kinderen van 4;5 tot 11;5 jaar. De testafname duurt ongeveer 30 minuten (Alloway, 2007).

De *Dot Matrix* meet de visueel-ruimtelijke opslag component. De kinderen krijgen een matrix van vier bij vier op een computerscherm te zien. Een rode stip verschijnt kort in één van de hokjes. De kinderen wijzen vervolgens het hokje aan waarin de rode stip verscheen. De test begint met het verschijnen van één stip in de matrix en het niveau verhoogt tot een opeenvolging van zeven stippen die achter elkaar verschijnen in de matrix. Elk niveau bestaat uit zes proeven. Een proef wordt afgekeurd als een hokje is weggelaten, de volgorde van de hokjes verkeerd wordt geselecteerd of als een hokje verkeerd wordt herinnerd. Wanneer de eerste vier proeven binnen een niveau correct zijn, mag het kind verder naar het volgende niveau. De scoring op dit onderdeel is van 0 tot 28 (zeven keer een score van vier).

De *Odd One Out* meet het visuele verwerkingscomponent. Hierbij krijgen de kinderen drie geometrische figuren te zien en moeten één afwijkende vorm aanwijzen. Daarnaast wordt gevraagd de opeenvolgende locaties van deze afwijkende vormen te onthouden in sets. Het

aantal locaties neemt steeds toe gedurende de proef. De scoring op dit onderdeel is van 0 tot 28 (zeven keer een score van vier).

De *Word Recall Forwards* meet de verbale opslag component. Kinderen moeten een reeks ongerelateerde semantische woorden herhalen in dezelfde volgorde als dat het hen wordt aangeboden. Wanneer de kinderen meerdere reeksen goed herhalen worden de reeksen woorden uitgebreid. Het nummer correct herhaalde woorden werden gescoord voor reeksen waarin alle woorden goed werden herhaald. De scoring op dit onderdeel is van 0 tot 24.

De *Word Recall Backwards* meet de verbale verwerkingscomponent. Dit gebeurt door net als bij de *Word Recall Forwards* een reeks ongerelateerde semantische woorden te herinneren. Alleen bij *Word Recall Backwards* moeten kinderen deze benoemen in omgekeerde volgorde. De scoring is hetzelfde als die van de *Word Recall Forwards*.

De voorbereidende rekenvaardigheden is gemeten met behulp van de *Utrechtse Getalbegrip Toets Revised* (UGT-R; Van Luit & Van de Rijt, 2009). Deze toets bestaat uit 45 items verdeeld over negen domeinen. De negen domeinen bestaan uit acht verbale domeinen (vergelijken, hoeveelheden koppelen, één-op-één correspondentie, ordenen, telwoorden gebruiken, synchroon en verkort tellen, resultatief tellen, toepassing van kennis van getallen) en één non-verbaal domein (schatten). Bij voldoende beheersing van al deze onderdelen is er sprake van getalbegrip. De UGT-R is bedoeld voor kinderen van 4;0 tot 7;6 jaar. De test is individueel afgenomen en heeft een afdurenduur van ongeveer 30 minuten. Er zijn twee versies van de test: versie A en versie B (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Beide versies zijn afgenomen. De betrouwbaarheid van beide versies is goed ($\alpha = .94$; Van Luit & Van de Rijt, 2009).

Procedure

Gegevens zijn verzameld door meerdere getrainde assistenten, die op zijn minst in het bezit waren van een bachelordiploma pedagogiek, onderwijskunde of kinderpsychologie. Iedere assistent ontving drie uur training voor het afnemen van de instrumenten en deed daarna een proefsessie met een kind waarop feedback werd gegeven. In *Statistical Package for Social Science* (SPSS) is de data aangevuld met gegevens van de scoring op de CITO Rekenen midden groep 4. Kinderen die scoren op rekenvaardigheid midden groep 4 zijn geselecteerd voor het uitvoeren van dit onderzoek.

Het werkgeheugen, gemeten met behulp van de vier taken van de AWMA, is bepaald op vier meetmomenten; midden groep 1 (M1), eind groep 1 (M2), eind groep 2 (M4) en eind groep 3 (M6). Voorbereidende rekenvaardigheid, gemeten met behulp van de UGT-R, is gemeten op vijf meetmomenten; midden groep 1 (versie A; M1), eind groep 1 (versie B; M2),

midden groep 2 (versie A; M3), eind groep 2 (versie B; M4) en midden groep 3 (versie A; M5). Beide testen zijn individueel afgenomen door een getrainde assistent.

Data analyse

Eerst zijn de data geprepareerd door te selecteren op een score op rekenvaardigheid midden groep 4. Daarna zijn de missings beschreven en is een analyse uitgevoerd om uitschieters te bepalen. Uitschieters van meer dan drie standaardafwijkingen van het gemiddelde worden tot acceptabele waarde teruggebracht. Er worden standaardscores gemaakt van de werkgeheugentaken op de AWMA. Deze standaardscores worden samengevoegd tot verbale, visuele en totale scores. Daarna worden de beschrijvende statistieken van de groep per meetmoment beschreven.

Daarna worden verschillende achtergrondvariabelen onderzocht, namelijk de sociaal economische status (SES), leeftijd en geslacht. De SES is gemeten met behulp van het leerlinggewicht. Als een achtergrondvariabele een relatie laat zien met de afhankelijke variabele (rekenvaardigheid midden groep 4) dan wordt deze achtergrondvariabele meegenomen als covariaat in de vervolganalyse. Dit wordt getest door middel van twee *one-way* ANOVA's en een onafhankelijke t-test.

Vervolgens wordt een correlatieanalyse uitgevoerd. Een significante lineaire correlatie is namelijk een voorwaarde voor een regressieanalyse. De deelvragen worden getoetst met behulp van een reeks multipele regressieanalyses. Voorafgaand aan de analyses wordt gecontroleerd of aan de voorwaarden voor het uitvoeren van de betreffende analyse is voldaan. De analyses worden getoetst met een alpha van .05 en een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

Deelvraag 1: Voor het beantwoorden van de eerste deelvraag wordt een stapsgewijze multipele regressie uitgevoerd waarbij steeds een extra meetmoment waarop het werkgeheugen is gemeten wordt toegevoegd (M1, M2, M4 en M6). Hierbij wordt steeds de score op het totale werkgeheugen toegevoegd.

Deelvraag 2: Voor het beantwoorden van de tweede deelvraag zijn alleen de meetmomenten waarop zowel het werkgeheugen als de voorbereidende rekenvaardigheid zijn gemeten meegenomen in de analyses (M1, M2 en M4). Per meetmoment wordt een regressieanalyse uitgevoerd.

Deelvraag 3: Voor het beantwoorden van de derde deelvraag wordt een stapsgewijze multipele regressie uitgevoerd waarbij steeds een extra meetmoment waarop het werkgeheugen is gemeten wordt toegevoegd (M1, M2, M4 en M6). Hierbij worden het verbale en visuele werkgeheugen steeds toegevoegd.

Resultaten

In Tabel 1 is weergegeven hoeveel kinderen er op de verschillende meetmomenten aanwezig waren van de 692 kinderen. De ontbrekende kinderen op de verschillende meetmomenten waren ziek, op vakantie, op wereldreis of afwezig tijdens de testafname. Acht uitschieters zijn teruggebracht naar acceptabele waarden. Deze uitschieters zijn; één uitschieter op verbaal werkgeheugen M1, visueel werkgeheugen M2, verbaal werkgeheugen M2, verbaal werkgeheugen M4, totaal werkgeheugen M4, visueel werkgeheugen M6, verbaal werkgeheugen M6 en totaal werkgeheugen M6. De gemiddelde scores op de verschillende meetmomenten zijn weergegeven in Tabel 1 van alle onafhankelijke variabelen in dit onderzoek, namelijk de componenten van werkgeheugen, het totaal werkgeheugen en het totaal aantal goede antwoorden op de UGT-R.

Tabel 1

Beschrijvende statistieken van de verschillende groepen op de vier meetmomenten

	Meetmoment 1			Meetmoment 2			Meetmoment 4			Meetmoment 6		
	<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>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
VIS WG	657	10.07	2.45	657	10.07	2.45	666	12.46	2.68	668	15.51	2.53
DM	646	11.26	3.32	659	12.39	3.27	667	15.31	3.72	668	19.16	3.69
OOO	637	6.31	2.24	658	7.75	2.65	666	9.62	2.72	668	11.85	2.33
VER WG	628	7.54	1.78	656	8.29	1.63	664	9.49	1.59	668	10.46	1.78
WRB	632	3.02	2.15	658	3.78	2.00	665	5.18	1.53	668	5.98	1.94
WRF	637	12.06	2.23	658	12.78	1.95	665	13.80	2.27	668	14.94	2.39
TOT WG	612	8.84	1.68	654	9.19	1.67	664	10.97	1.73	668	12.99	1.70
UGT-R	690	16.13	6.50	688	19.10	5.78	687	29.80	5.34			

Note: VIS = visueel; VER = verbaal; TOT = totaal; WG = werkgeheugen; DM = Dot Matrix; OOO = Odd One Out; WRB = Word Recall Backwards; WRF = Word Recall Forwards; WRB = Word Recall Backwards.

Voor het testen van de relatie tussen sekse en rekenvaardigheid is gebruik gemaakt van een onafhankelijke t-test. Daarna zijn er twee *one-way* ANOVA's uitgevoerd om als eerste de relatie tussen leeftijd en rekenvaardigheid te testen en vervolgens de relatie tussen leerlinggewicht (SES) en rekenvaardigheid te testen. Jongens scoren gemiddeld significant hoger op rekenen in midden groep 4 in vergelijking tot meisjes, $t(690) = 4.56, p < .001$. De gemiddelde score op rekenen in midden groep 4 verschilt niet significant voor de verschillende leeftijden, $F(19, 671) = .84, p = .66$. De gemiddelde score op rekenen midden groep 4 verschilt significant voor de verschillende leerlinggewichten, $F(2, 583) = 7.16, p <$

.001. Het leerlinggewicht 0 (hoog SES) blijkt significant te verschillen van beide andere leerlinggewichten op de gemiddelde score op rekenen midden groep 4 ($p < .05$ voor leerlinggewicht 0.3, $p < .001$ voor leerlinggewicht 1.2). Kinderen met een hoog SES scoren hoger op rekenen midden groep 4 in vergelijking tot kinderen met een laag SES. Dit verschil kan echter verklaard worden door de verdeling over de groepen, waarbij de groep met een hoog SES oververtegenwoordigd is in dit onderzoek ($n = 554$, terwijl bij het leerlinggewicht 0.3 (laag SES): $n = 19$ en bij leerlinggewicht 1.2 (laag SES): $n = 13$). Aangezien SES (leerlinggewicht) en sekse een relatie laten zien met rekenvaardigheid midden groep 4 zullen deze variabelen worden meegenomen als covariaat in de vervolganalyses.

Voor het beantwoorden van de deelvragen is het eerst noodzakelijk om een correlatieanalyse uit te voeren. Een significante lineaire correlatie is een voorwaarde voor een regressieanalyse. In Tabel 2 staan de uitkomsten van de correlatieanalyse weergegeven.

Tabel 2

Correlaties tussen de UGT-R en de verschillende componenten van de AWMA per meetmoment en rekenvaardigheid in midden groep 4

	M1	M2	M4	M6
UGT-R	.47*	.55*	.52*	
Visueel WG	.22*	.23*	.37*	.34*
Verbaal WG	.27*	.30*	.28*	.26*
Totaal WG	.30*	.33*	.40*	.38*

Note: WG = werkgeheugen; M1 = meetmoment 1; M2 = meetmoment 2; M4 = meetmoment 4; M6 = meetmoment 6, * $p < .001$.

Aan de voorwaarden voor het uitvoeren van regressieanalyses is voldaan. Voor de analyse van deelvraag 1 is een stapsgewijze multiële regressie uitgevoerd, waarbij steeds een extra meetmoment, waarop het totale werkgeheugen is gemeten, wordt toegevoegd (M1, M2, M4, M6). De uitkomsten van deze stapsgewijze regressieanalyse zijn opgenomen in Tabel 3. Iedere stap voegt extra verklaarde variantie toe op rekenvaardigheid midden groep 4; 4% verklaarde variantie wordt toegevoegd door werkgeheugen M2, 3% door werkgeheugen M4 en nogmaals 3% door werkgeheugen M6. De uiteindelijke verklaarde variantie is 26%.

Voor het beantwoorden van de tweede deelvraag is per meetmoment waarop zowel werkgeheugen als getalbegrip zijn gemeten een regressieanalyse uitgevoerd. Dit zijn de meetmomenten midden groep 1 (M1), eind groep 1 (M2) en eind groep 2 (M4). De uitkomsten van deze regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 4. De tweede analyse heeft de hoogste verklaarde variantie, namelijk 33%. Deze verklaarde variantie is hoger dan zowel

de eerste als de derde analyse, respectievelijk 28% (analyse 1) en 32% (analyse 2). De UGT-R voegt extra verklaarde variantie toe, gezien de analyse in Tabel 3, waar de verklaarde variantie op M2 waarin alleen het werkgeheugen is meegenomen 20% is ten opzichte van 33% wanneer ook de UGT-R wordt meegenomen in de analyse in Tabel 4.

Tabel 3

Uitkomsten stapsgewijze multiële regressie voor het beantwoorden deelvraag 1

	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>
Stap 1							
Constant	59.31	.90		66.24	.00	.16	32.01***
Sekse	-7.06	1.24	-.23	-5.69	.00***		
Leerlinggewicht	-5.47	1.86	-.12	-2.94	.00**		
Totaal WG M1	6.83	.92	.30	7.42	.00***		
Stap 2							
Constant	59.41	.88		67.66	.00	.20	31.43***
Sekse	-6.83	1.23	-.22	-5.57	.00***		
Leerlinggewicht	-5.88	1.83	-.13	-3.21	.00**		
Totaal WG M1	3.22	1.10	.14	2.92	.00**		
Totaal WG M2	6.26	1.13	.27	5.54	.00***		
Stap 3							
Constant	59.02	.87		67.86	.00	.23	30.32***
Sekse	-6.19	1.22	-.20	-5.05	.00***		
Leerlinggewicht	-5.66	1.80	-.12	-3.14	.00**		
Totaal WG M1	2.20	1.12	.10	1.97	.05*		
Totaal WG M2	3.90	1.22	.17	3.20	.00**		
Totaal WG M4	5.45	1.13	.23	4.81	.00***		
Stap 4							
Constant	59.20	.86		68.79	.00	.26	28.34***
Sekse	-6.44	1.21	-.21	-5.31	.00***		
Leerlinggewicht	-5.18	1.78	-.11	-2.90	.00**		
Totaal WG M1	2.37	1.11	.10	-2.14	.03*		
Totaal WG M2	3.17	1.22	.13	2.59	.01*		
Totaal WG M4	3.38	1.25	.14	2.71	.01**		
Totaal WG M6	4.50	1.19	.18	3.77	.00***		

Note: WG = werkgeheugen; M1 = meetmoment 1; M2 = meetmoment 2; M4 = meetmoment 4; M6 = meetmoment 6, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Voor de laatste deelvraag wordt een stapsgewijze multiële regressieanalyse uitgevoerd, waarbij steeds de twee componenten worden toegevoegd per meetmoment (M1,

M2, M4 en M6). De uitkomsten van deze regressieanalyse zijn weergegeven in Tabel 5. In stap 1 komt naar voren dat zowel het visuele werkgeheugen als het verbale werkgeheugen op M1 significante voorspellers zijn voor het rekenniveau midden groep 4 ($p < .01$ respectievelijk $< .001$). Wanneer in stap 2 het tweede meetmoment wordt toegevoegd, komt naar voren dat zowel het visuele werkgeheugen ($p < .01$) als het verbale werkgeheugen ($p < .001$) op M2 significante voorspellers zijn voor het rekenniveau midden groep 4. Het verbale en visuele werkgeheugen M1 zijn bij toevoeging van M2 geen significante voorspellers meer voor het rekenniveau midden groep 4 ($p = .07$ respectievelijk $.10$). In stap 3 wordt het vierde meetmoment toegevoegd. Uit deze stap komt naar voren dat het verbale werkgeheugen M2 en het visuele werkgeheugen M4 significante voorspellers zijn voor het rekenniveau midden groep 4 ($p < .01$ respectievelijk $< .001$). Uit de laatste stap, na toevoeging van M6, komt naar voren dat het verbale werkgeheugen M2, het visuele werkgeheugen M4 en het visuele werkgeheugen M6 significante voorspellers zijn voor het rekenniveau midden groep 4 ($p < .01$, respectievelijk $< .01$ en $< .001$).

Tabel 4

Uitkomsten van drie regressieanalyses voor het beantwoorden deelvraag 2

	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>
Analyse 1							
Constant	43.15	1.91		22.64	.00	.28	50.17***
Sekse	-6.14	1.16	-.20	-5.32	.00***		
Leerlinggewicht	-6.64	1.73	-.14	-3.85	.00***		
Totaal WG M1	2.45	.97	.11	2.52	.01*		
UGT-R M1	.98	.10	.40	9.41	.00***		
Analyse 2							
Constant	30.96	2.47		12.55	.00	.33	68.02***
Sekse	-4.44	1.11	-.14	-4.00	.00***		
Leerlinggewicht	-4.77	1.65	-.10	-2.90	.00**		
Totaal WG M2	2.02	.99	.08	2.05	.04*		
UGT-R M2	1.43	.12	.49	11.92	.00***		
Analyse 3							
Constant	23.79	3.68		6.47	.00	.32	65.57***
Sekse	-4.36	1.12	-.14	-3.88	.00***		
Leerlinggewicht	-5.25	1.62	-.11	-3.24	.00**		
Totaal WG M4	5.22	.94	.22	5.57	.00***		
UGT-R M4	1.14	.12	.38	9.58	.00***		

Note: WG = werkgeheugen; M1 = meetmoment 1; M2 = meetmoment 2; M4 = meetmoment 4, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Tabel 5

Uitkomsten stapsgewijze multiële regressie voor het beantwoorden deelvraag 3

	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>
Stap 1							
Constant	59.28	.90		66.18	.00	.16	24.28***
Sekse	-7.01	1.24	-.23	-5.64	.00***		
Leerlinggewicht	-5.39	1.86	-.12	-2.90	.00**		
Visueel WG M1	2.67	.81	.14	3.29	.00**		
Verbaal WG M1	4.18	.83	.22	5.06	.00***		
Stap 2							
Constant	59.35	.88		67.48	.00	.20	21.28***
Sekse	-6.73	1.23	-.22	-5.48	.00***		
Leerlinggewicht	-5.77	1.83	-.13	-3.15	.00**		
Visueel WG M1	1.42	.86	.08	1.65	.10		
Verbaal WG M1	1.70	.95	.09	1.80	.07		
Visueel WG M2	2.35	.85	.12	2.77	.01**		
Verbaal WG M2	4.00	.91	.21	4.39	.00***		
Stap 3							
Constant	58.96	.87		67.85	.00	.24	19.64***
Sekse	-6.11	1.22	-.20	-5.00	.00***		
Leerlinggewicht	-5.34	1.80	-.12	-2.96	.00**		
Visueel WG M1	.72	.87	.04	.83	.40		
Verbaal WG M1	1.45	.97	.08	1.50	.14		
Visueel WG M2	1.04	.88	.05	1.19	.24		
Verbaal WG M2	2.98	.95	.16	3.15	.00**		
Visueel WG M4	3.84	.85	.20	4.54	.00***		
Verbaal WG M4	1.51	.85	.08	1.77	.08		
Stap 4							
Constant	59.13	.86		68.77	.00	.27	17.72***
Sekse	-6.37	1.21	-.21	-5.25	.00***		
Leerlinggewicht	-4.87	1.79	-.11	-2.73	.01**		
Visueel WG M1	.80	.86	.04	.94	.35		
Verbaal WG M1	1.65	.96	.09	1.72	.09		
Visueel WG M2	.66	.88	.03	.75	.46		
Verbaal WG M2	2.57	.95	.14	2.70	.01**		
Visueel WG M4	2.58	.90	.14	2.86	.00**		
Verbaal WG M4	.83	.93	.05	.89	.37		
Visueel WG M6	3.10	.87	.16	3.55	.00***		
Verbaal WG M6	1.24	.92	.06	1.35	.18		

Note: WG = werkgeheugen; M1 = meetmoment 1; M2 = meetmoment 2; M4 = meetmoment 4; M6 = meetmoment 6, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Discussie en Conclusie

In dit onderzoek is gekeken naar het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4 om het vroegtijdig signaleren van rekenproblemen te bevorderen. Eerst is nagegaan op welk moment het werkgeheugen een betrouwbare voorspeller is voor het rekenniveau. Uit de resultaten blijkt dat in midden groep 1 (M1) het werkgeheugen reeds een betrouwbare voorspeller is voor het rekenniveau midden groep 4. Dit is eerder dan voorafgaand aan het onderzoek verwacht werd, namelijk vanaf groep 2 (Alloway & Alloway, 2010). Daarnaast blijkt uit de resultaten dat de betrouwbaarheid van het werkgeheugen als voorspeller toeneemt en het meest betrouwbaar is eind groep 3 (M6). Eerdere bevindingen bevestigen deze resultaten, namelijk dat de betrouwbaarheid van metingen van het werkgeheugen van groep 1 tot groep 3 significant toeneemt (Nevo & Breznitz, 2013).

Daarna is gekeken naar het werkgeheugen en de rol van voorbereidende rekenvaardigheid als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4. Uit de resultaten blijkt dat het werkgeheugen een aanvulling is op voorbereidende rekenvaardigheid als voorspeller van het rekenniveau midden groep 4. Eind groep 1 (M2) zijn het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid het meest betrouwbaar als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4. Dit komt overeen met wat aan het begin van dit onderzoek werd verwacht (Alloway, 2009; Toll et al., 2011). Uit recente literatuur blijkt dat het centraal uitvoerend orgaan en het visueel werkgeheugen voorspellers zijn voor symbolische verwerking binnen voorbereidende rekenvaardigheid. Non-symbolische verwerking binnen voorbereidende rekenvaardigheid wordt niet voorspeld door slaafsystemen, maar door het centraal uitvoerend orgaan (Friso-Van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014). Het werkgeheugen voorspelt vooral specifieke complexe taken binnen voorbereidende rekenvaardigheid. Deze taken hebben betrekking op het gebruiken van telwoorden (kardinaal), subiteren, vergelijken van sets en ordenen (Purpura & Ganley, 2014). Het werkgeheugen voorspelt prestaties in taken met betrekking tot tellen, maar niet in relationele taken, zoals één-op-één correspondenties, vergelijken en classificatie. Relationele taken worden het best voorspeld door taalvaardigheid en vloeibare intelligentie (Kyttälä, Aunio, & Hautamäki, 2010). Dit zou kunnen verklaren waarom het werkgeheugen een aanvulling is op voorbereidende rekenvaardigheid als voorspeller van het rekenniveau.

Tot slot is gekeken naar het onderscheid tussen het verbale en visuele werkgeheugen als voorspellers van het rekenniveau midden groep 4. Uit de resultaten blijkt dat in midden groep 1 (M1) en eind groep 1 (M2) zowel het visuele als verbale werkgeheugen goede

voorspellers zijn. Bij toevoeging van de meting eind groep 2 (M4) blijken het verbale werkgeheugen eind groep 1 (M2) en het visuele werkgeheugen eind groep 2 (M4) goede voorspellers te zijn. Bij toevoeging van de meting eind groep 3 (M6) blijken het verbale werkgeheugen eind groep 1 (M2), het visuele werkgeheugen eind groep 2 (M4) en het visuele werkgeheugen eind groep 3 (M6) goede voorspellers te zijn van het rekenniveau midden groep 4. Deze resultaten komen overeen met de verwachtingen (De Smedt et al., 2009; Meyer et al., 2010). Het visuele werkgeheugen speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van rekenvaardigheden in groep 4 en groep 5 (Holmes & Adams, 2006) en in problemen met verhaalsommen (Campos, Almeida, Ferreira, Martinez, & Ramalho, 2013). Uit ander onderzoek blijkt het verbale werkgeheugen een betere voorspeller dan het visuele werkgeheugen voor het latere rekenniveau. De populatie uit dit onderzoek heeft echter een gemiddelde leeftijd van 20 jaar en er zijn vier taken gebruikt van een andere gestandaardiseerde testbatterij (Wilson & Swanson, 2001).

Bij het interpreteren van deze conclusies moet rekening worden gehouden met verschillende kanttekeningen die te plaatsen zijn bij dit onderzoek. Een eerste kritische kanttekening is dat de AWMA en de UGT-R ieder meetmoment op verschillende tijdstippen en dagen door verschillende testassistenten zijn afgenomen. Om zoveel mogelijk op dezelfde manier te testen werden testassistenten op dezelfde manier getraind en werd gebruik gemaakt van gestandaardiseerde testafnames. Verschillende versies van de UGT-R (versie A en B) zijn over de jaren heen afgenomen om rekening te houden met een mogelijk leereffect. Er is een uitgebreidere testbatterij van de AWMA om het werkgeheugen specifiek te testen (Alloway, 2007). Om meer te weten te komen over specifieke componenten die een rol spelen in het werkgeheugen zou vervolgonderzoek gebruik kunnen maken van de uitgebreidere testbatterij van de AWMA.

Een tweede kritische kanttekening is de verdeling in SES binnen de onderzoeksgroep. De onderzoeksgroep bestond voornamelijk uit kinderen met een hoog SES. De invloed van SES op het rekenniveau midden groep 4 kan daardoor niet goed worden weergegeven. Uit recent onderzoek blijkt dat het verschil in SES relevant is voor vaardigheden die ontwikkelen in de executieve functies (Verdine, Irwin, Golinkoff, & Hirsh-Pasek, 2014). Kinderen met een laag SES lopen eerder achter op ruimtelijke vaardigheden op 3-jarige leeftijd en op executieve functies op 4-jarige leeftijd (Verdine et al., 2014). Om voor de invloed van SES te controleren is SES meegenomen als covariaat in de analyses.

Voor verder onderzoek is het van belang om te onderzoeken of vroegtijdige interventies het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheid trainen op het meest

geschikte moment en wat de effecten zijn van deze trainingen. Volgens de resultaten uit dit onderzoek is het meest geschikte moment eind groep 1. Een voordeel van een training eind groep 1 is dat leerlingen in groep 3 weer het reguliere programma kunnen volgen. Er zijn wisselende resultaten over het effect van werkgeheugen trainingen voorhanden (Melby-Lervag & Hulme, 2013; Sprenger et al., 2013). Trainingen hebben op korte termijn effect, maar deze effecten generaliseren niet (Melby-Lervag & Hulme, 2013). Het trainen van het werkgeheugen heeft een positief effect op het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden (Kroesbergen, Van 't Noordenende, & Kolkman, 2014). Het belang van onderzoek naar het trainen van het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden wordt door verschillende onderzoekers onderstreept (Kroesbergen et al., 2014; Melby-Lervag & Hulme, 2013; Sprenger et al., 2013). Het inzetten op betrouwbare voorspellers met behulp van vroegtijdige interventies voor zwakke leerlingen zou het verschil kunnen maken in het rekenniveau, niet alleen in groep 3, maar ook op de CITO-score van rekenen in groep 8 voor de transitie naar het voortgezet onderwijs.

Literatuurlijst

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment: Manual*. London: Pearson Assessment.
- Alloway, T. P. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment, 25*, 92-98. doi:10.1027/1015-5759.25.2.92
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*, 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliot, J. (2008). Evaluating the validity of the automated working memory assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00969.x
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences, 20*, 427-435. doi:10.1016/j.lindif.2010.06.003
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-66139(00)01538-2

- Campos, I. S., Almeida, L. S., Ferreira, A. I., Martinez, L. F., & Ramalho, G. (2013). Cognitive processes and math performance: A study with children at third grade of basic education. *European Journal of Psychology of Education, 28*, 421-436. doi:10.1007/s10212-012-0121-x
- 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*, 186-201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology, 43*, 1428-1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428
- Epsy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*, 465-486. doi:10.1207/s15326942dn2601_6
- Friso-Van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2014). Number sense in kindergarten children: Factor structure and working memory predictors. *Learning and Individual Differences, 33*, 23-39. doi:10.1016/j.lindif.2014.05.003
- 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: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29-44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Halberda, J., Mazocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*, 665-668. doi:10.1038/nature07246
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-366. doi:10.1080/01443410500341056
- Hornung, C., Schiltz, C., Brunner, M., & Martin, R. (2014). Predicting first-grade mathematics achievement: The contributions of domain-general cognitive abilities, nonverbal number sense, and early number competence. *Frontiers in Psychology, 5*, 1-18. doi:10.3389/fpsyg.2014.00272
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82-88. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research and Practice, 22*, 36-46.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77*, 153-175. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 226-236. doi:10.1177/0734282908330586
- Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2014). Training working memory in kindergarten children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology, 20*, 23-37. doi: 10.1080/09297049.2012.736483
- Kyttälä, M., Aunio, P., & Hautamäki, J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology, 51*, 1-15. doi:10.1111/j.1467-9450.2009.00736.x
- LeFevre, J., Fast, L., Skwarchuk, S., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development, 81*, 1753-1767. doi:10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *Plos One, 6*, 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0023749
- Melby-Lervag, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology, 49*, 270-291. doi:10.1037/a0028228
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences, 20*, 101-109. doi:10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Morgan, P. L., Farkas, G., & Wu, Q. (2009). Five-year growth trajectories of kindergarten children with learning difficulties in mathematics. *Journal of Learning Disabilities, 42*, 306-321. doi:10.1177/0022219408331037
- Nevo, E., & Breznitz, Z. (2013). The development of working memory from kindergarten to first grade in children with different decoding skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 114*, 217-228. doi:10.1016/j.jecp.2012.09.004

- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development, 22*, 165-184. doi:10.1016/j.cogdev.2006.09.001
- Purpura, D. J., & Ganley, C. M. (2014). Working memory and language: Skill-specific or domain-general relations to mathematics? *Journal of Experimental Child Psychology, 112*, 104-121. doi:10.1016/j.jecp.2013.12.009
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual differences and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*, 110-122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- 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.
- Sprenger, A. M., Atkins, S. M., Bolger, D. J., Harbison, J. I., Novick, J. M., Chrabaszcz, J. S., ... Dougherty, M. R. (2013). Training working memory: Limits of transfer. *Intelligence, 41*, 638-663. doi:10.1016/j.intell.2013.07.013
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2009). Predicting arithmetic abilities: The role of preparatory arithmetic markers and intelligence. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 237-251. doi:10.1177/0734282908330587
- Toll, S. W. M., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 44*, 521-532. doi:10.1177/0022219410387302
- Toll, S. W. M., & Van Luit, J. E. H. (2013). Accelerating the early numeracy development of kindergartners with limited working memory skills through remedial education. *Research in Developmental Disabilities, 34*, 745-755. doi:10.1016/j.ridd.2012.09.003
- Van Luit, J. E. H. (2010). *Dyscalculie, een stoornis die telt*. Doetinchem: Graviant.
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets Revised*. Doetinchem: Graviant.
- Verdine, B. N., Irwin, C. M., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 126*, 37-51. doi:10.1016/j.jecp.2014.02.012
- Wilson, K. M., & Swanson, H. L. (2001). Are mathematical disabilities due to a domain-general or domain-specific working memory deficit? *Journal of Learning Disabilities, 34*, 237-248. doi:10.1177/002221940103400304