

# De Relatie tussen Werkgeheugen en Getalbegrip bij Kinderen uit Groep 1, 2 en 3 van het Basisonderwijs

Masterthesis

Master's programme in Clinical Child, Family and Education Studies

Utrecht University

Student: G.A. (Gesine) Nijzink, 4173791

Eerste beoordelaar: Hans van Luit

Tweede beoordelaar: Ilona Friso-van den Bos

Datum 24 mei 2017

### Abstract

**Aim** Several studies show a relation between two predictors of later mathematical abilities, namely working memory and numeracy. However the results of these studies do not give any insight in differences in this relation. The current study focusses on differences in the relation between working memory and numeracy concerning level of numeracy and age. Furthermore the role of non-verbal IQ and mathematical language in this relation is explored. **Method** Four moments of measurement are used to get more insight in this relation. Numeracy, working memory, non-verbal IQ score and mathematical language are measured with the Utrechtse Getalbegrip Toets (UGT-R), four subtests of the Automatic Working Memory Assessment (AWMA), Raven CPM and Taaltoets alle Kinderen,. Pearson correlation tests and Fisher-z tests are used to compare the variables and relations. The process tool of Hayes is used to answer the question if non-verbal IQ and mathematical language are mediators. **Results** The relationship between working memory and numeracy is the strongest for the youngest children and children with a low level of numeracy. No difference between verbal and visual spatial working memory is found. Non-verbal IQ level and mathematical language are no mediators in the relation between working memory and numeracy. **Conclusion** There are differences in the relation between working memory and numeracy in the first three years of primary school. The strength of the relation differs for age and numeracy level. No role of non-verbal IQ and mathematical language is found. Finally several directions for further research are discussed.

*Keywords:* working memory, numeracy, non-verbal Intelligence, Mathematical language

### Samenvatting

**Doel** Verschillende studies laten een relatie zien tussen twee voorspellers van latere rekenvaardigheden, namelijk werkgeheugen en getalbegrip, maar geven geen inzicht in verschillen in deze relatie. De huidige studie focust op verschillen in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip met betrekking tot niveau van getalbegrip en leeftijd. Verder is de rol van non-verbaal IQ niveau en rekentaal onderzocht. **Methode** Vier meetmomenten zijn gebruikt om meer inzicht te krijgen in deze relatie. Om getalbegrip, werkgeheugen, non-verbaal IQ niveau en rekentaal te meten zijn respectievelijk de Utrechtse Getalbegrip Toets (UGT-R), vier subtesten van de Automatic Working Memory Assessment (AWMA), Raven CPM en de Taaltoets alle Kinderen, gebruikt. Pearson correlaties en Fisher-z toetsen zijn gebruikt om variabelen en relaties te vergelijken. De process tool van Hayes is gebruikt om

antwoord te geven op de vraag of non-verbaal IQ niveau en rekentaal mediators zijn.

**Resultaten** De relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip is het sterkst bij jonge kinderen en kinderen met een laag niveau van getalbegrip. Er zijn geen verschillen gevonden tussen verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Non-verbaal IQ niveau en rekentaal zijn geen mediators voor de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. **Conclusie** Er zijn verschillen in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip in de eerste drie jaar van de basisschool. De sterkte van de relatie is afhankelijk van niveau van getalbegrip en leeftijd. Er is geen rol van non-verbaal IQ en rekentaal gevonden. Tenslotte worden enkele aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gedaan.

*Kernwoorden:* werkgeheugen, getalbegrip, non-verbale intelligentie, rekentaal

De Relatie tussen Werkgeheugen en Getalbegrip bij Kinderen uit Groep 1, 2, en 3 van het  
Basisonderwijs

### **Getalbegrip**

Een goed ontwikkeld getalbegrip is cruciaal voor een goede ontwikkeling van rekenvaardigheid (Dyson, Jordan, & Glutting, 2013; Jordan & Kaplan, 2009). Daarom wordt getalbegrip gezien als voorspeller van latere mogelijke beperkingen in rekenvaardigheid (Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Ondanks dat er geen volledige consensus bestaat over de definitie van getalbegrip wordt de definitie uit het Triple Code model van Dehaene (1992) vaak als uitgangspunt genomen voor onderzoek naar getalbegrip (Berch, 2005; Ginsburg, 1977). Door Dehaene (1992) wordt getalbegrip gedefinieerd als de vaardigheid om numerieke hoeveelheden te begrijpen en te manipuleren. De ideeën van Dehaene (1992) hebben invloed gehad op het model dat Krajewski en Schneider (2009) hebben ontwikkeld. In dit model wordt ervan uitgegaan dat visueel-ruimtelijk werkgeheugen, verbale processen en de vaardigheid om hoeveelheden te onderscheiden, elk een unieke bijdrage leveren aan de ontwikkeling van getalbegrip (Soto-Calvo, Simmons, Willis, & Adams, 2015). Het model van Krajewski en Schneider (2009) zal in dit onderzoek worden gebruikt om de verschillen in relaties te koppelen aan specifieke aspecten van de ontwikkeling van getalbegrip. Krajewski en Schneider (2009) onderscheiden drie niveaus binnen de ontwikkeling van getalbegrip. Kinderen bevinden zich vanaf hun geboorte op het eerste niveau omdat zij dan onderscheid kunnen maken tussen veel of weinig. Ongeveer vanaf hun tweede levensjaar leren zij tellen. Op het tweede niveau leren kinderen eerst om hoeveelheden aan getallen te koppelen, bijvoorbeeld 100 aan 'heel veel' en '1' aan weinig. Daarna gaan zij begrijpen dat een getal aan een exacte hoeveelheid is gekoppeld. Op het derde

niveau wordt geleerd dat getallen en hoeveelheden betekenis hebben. De niveaus hoeven niet voor alle getallen gelijk te zijn. Zo kan het zijn dat een kind voor getallen onder de tien op niveau drie is, terwijl het niveau voor getallen boven de tien op niveau twee is. De ontwikkeling van getalbegrip is tijdens de kleuterjaren dus in volle gang (Krajewski en Schneider, 2009).

### **Werkgeheugen**

Naast getalbegrip is ook werkgeheugen een voorspeller van mogelijke beperkingen in latere rekenvaardigheden (Alloway & Alloway, 2010). Werkgeheugen verwijst naar de tijdelijke opslag van informatie en de mogelijkheid om deze informatie te manipuleren (Baddeley, 1992; Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006). Het meest gebruikte werkgeheugenmodel is het multi-componentenmodel van Baddeley (1992). Het werkgeheugen bestaat volgens dit model uit de centraal executieve en twee slaafsystemen: het verbale werkgeheugen, ook wel de fonologische lus genoemd, en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Waar de fonologische lus verantwoordelijk is voor de verbaal aangeboden informatie, zorgt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen voor de tijdelijke opslag van en de manipulatie van visueel aangeboden informatie (Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Raghobar, Barnes & Hecht, 2010; Repovs & Baddeley, 2006). De slaafsystemen worden aangestuurd door het centrale besturingssysteem (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). In het huidige onderzoek zal onderscheid gemaakt worden tussen verbaal- en visueel-ruimtelijk werkgeheugen zoals beschreven door Baddeley, omdat in eerder onderzoek ondersteuning is gevonden voor dit onderscheid (Alloway et al., 2006; Van der Molen, Van Luit, Jongmans, & Van der Molen, 2007).

### **Relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen**

Uit verschillende studies is een relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen gebleken (Alloway & Alloway, 2010; Gathercole, et al., 2006). De resultaten van deze onderzoeken laten zien dat de mate, waarin kinderen afhankelijk zijn van een specifieke werkgeheugencomponent, per leeftijd kan verschillen (Hitch, Halliday, Schaafstal, & Schraagen, 1988; Rasmussen & Bisanz, 2005). Zo blijken kleuters over het algemeen meer gebruik te maken van hun visueel-ruimtelijk werkgeheugen dan van hun verbale werkgeheugen (De Schmedt et al., 2009; Klein & Bisanz, 2000). Vanaf groep 3 maken kinderen meer gebruik van hun verbale werkgeheugen, omdat zij vanaf dat moment formeel rekenonderwijs krijgen. Er wordt dan gebruik gemaakt van verbale labels (Rasmussen & Bisanz, 2005). Sommige onderzoeken hebben specifiek naar het niveau van getalbegrip in relatie met werkgeheugen hebben gekeken (Ansari, et al., 2003; McLean & Hitch, 1999). Uit

deze onderzoeken blijkt dat het koppelen van hoeveelheden en het inzicht hebben in de verhoudingen van getallen, passend bij het tweede en derde niveau van getalbegrip, in relatie staat met het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Ansari et al., 2003; Krajewski, 2009).

Anderzijds is het verbaal werkgeheugen meer betrokken bij het tellen, wat past bij niveau één in het model (McLean & Hitch, 1999).

### **Rekentaal**

Een aantal factoren is mogelijk betrokken bij de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip (Klibanoff, Levine, Huttenlocher, Vasilyeva, & Hedges, 2006; Östergren & Träff, 2013). Rekentaal is één van deze factoren (Klibanoff et al., 2006). Bij rekentaal gaat het om taal die nodig is om rekentaken goed te begrijpen. Voorbeelden hiervan zijn woorden als meer, minder, hoog en laag. Naar de relatie tussen rekentaal, werkgeheugen en getalbegrip is weinig onderzoek gedaan. Uit de studie van Swanson en Sachse-Lee (2001), bij kinderen uit groep 8 van de basisschool, blijkt dat problemen in rekentaal, vooral gekoppeld kunnen worden aan een zwak verbaal werkgeheugen of problemen in het centrale besturingssysteem. Dit wijst dus op een relatie tussen werkgeheugen en rekentaal. Het onderzoek van Klibanoff en collega's (2006) laat zien dat kinderen een beter getalbegrip hebben wanneer hun leerkracht meer rekentaal gebruikte. Hoewel dit ook de verwachting was die Boonen, Kolkman, en Kroesbergen (2011) hadden bleek uit hun onderzoek geen duidelijke relatie. Bij dat onderzoek moet echter de kanttekening gezet worden dat de één uur durende observatie met een instrument, waarvan de validiteit onbekend is, wellicht niet representatief was.

### **Non-verbaal IQ-niveau**

Een andere factor die mogelijk de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip beïnvloedt, is non-verbaal intelligentie –niveau (IQ). Met intelligentie wordt volgens Snyderman en Rothman (geciteerd in Gottfredson, 1997) de mogelijkheid om te redeneren, oplossingen te bedenken, abstract te denken en te leren van ervaringen, bedoeld (Gottfredson, 1997). Non-verbaal verwijst naar het ontbreken van een talige component. Naar de relatie tussen werkgeheugen en intelligentie is veel onderzoek gedaan. Zo concludeerden Conway, Kane, en Engle (2003) dat de capaciteit van het werkgeheugen voor tenminste een derde deel de variantie in algemene intelligentie verklaart. Daarnaast wees onderzoek bij kinderen uit groep 6 en 7 uit dat er een relatie is tussen werkgeheugen en non-verbaal IQ-niveau. Vooral het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleek een groot gedeelte van de variantie in non-verbaal IQ-niveau te verklaren (Giofrè, Mammarella, & Cornoldi, 2013). Naar de relatie tussen non-verbaal IQ-niveau en getalbegrip is weinig tot geen onderzoek gedaan. Wel richtten enkele onderzoeken zich op de relatie tussen (non-verbaal) IQ-niveau en rekenvaardigheden. Zo

bleek uit een cross-sectioneel onderzoek van Kyttälä en Lehto (2008) dat het IQ-niveau samenhangt met rekenprestaties. Het longitudinale onderzoek van Östergren en Träff (2013) liet zien dat non-verbaal IQ-niveau een voorspeller is van rekenvaardigheid in groep 3.

### **Relevantie**

De relevantie van het huidige onderzoek is tweeledig. Enerzijds is het onderzoek wetenschappelijk relevant omdat het aantal studies naar deze relatie beperkt is en er bovendien geen consensus lijkt te bestaan. Daarnaast is het onderzoek ook maatschappelijk relevant. Een duidelijk beeld over het verloop van en de verschillen in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip helpt bij het vroegtijdig opsporen en onderkennen van problematiek. Bovendien kan aandacht worden geschonken aan de aspecten waarmee moeilijkheden verwacht worden.

### **Probleemstelling**

Ondanks dat het relevant is inzicht te hebben in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip, en factoren die hierin mogelijk een rol spelen, is kennis over deze relatie niet uitgebreid aanwezig. Hoewel verschillende onderzoeken zich gericht hebben op de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen bij jonge kinderen is er vrijwel geen onderzoek gedaan naar de verschillen die er mogelijk in die periode zijn. Daarnaast is er nauwelijks onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van een mediërende rol van het non-verbaal IQ-niveau en rekentaal, hoewel er wel onderzoek is gedaan naar de relatie tussen deze factoren en getalbegrip en werkgeheugen.

Dit onderzoek richt zich daarom op de vraag wat de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen bij kinderen uit groep 1, 2 en 3 uit het basisonderwijs is. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zal allereerst worden onderzocht of er verschillen zijn in de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen wat betreft leeftijd. De verwachting is dat de relatie tussen getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij jongere kinderen sterker is dan bij oudere kinderen (De Schmedt et al., 2009). Daarnaast wordt verwacht dat bij kinderen uit groep 3 de relatie tussen getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, en de relatie tussen getalbegrip en verbaal werkgeheugen even sterk is (Rasmussen & Bisanz, 2005). Ten tweede zal worden onderzocht of er verschillen zijn in de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen met betrekking tot getalbegrip niveau. Hierbij is de verwachting dat bij kinderen uit groep 1 en 2 met een laag niveau van getalbegrip het verbale werkgeheugen meer samenhangt met getalbegrip dan het visueel-ruimtelijke werkgeheugen. Ook wordt verwacht dat bij kinderen met een gemiddeld of hoog niveau van getalbegrip juist het visuele werkgeheugen meer samenhangt met getalbegrip dan het verbale werkgeheugen (Ansari et al., 2003). Ten derde

zal worden onderzocht wat de invloed van rekentaal en non-verbaal IQ-niveau is op de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen. Omdat verbaal werkgeheugen een voorspeller is gebleken van rekentaal, visueel-ruimtelijk werkgeheugen een voorspeller is gebleken van non-verbaal IQ-niveau en zowel rekentaal als non-verbaal IQ-niveau voorspellers zijn voor getalbegrip, wordt verwacht dat rekentaal een mediërende factor is voor de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip (Klibanoff et al., 2006; Swanson & Lee, 2001). Daarnaast wordt verwacht dat het non-verbaal IQ-niveau een mediërende factor is voor de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip, omdat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een voorspeller blijkt voor non-verbaal IQ-niveau en non-verbaal IQ-niveau een voorspeller bleek voor rekenvaardigheden in groep 3 (Giofrè et al., 2013; Östergren & Träff, 2013).

## **Methode**

### **Participanten**

De participanten van het huidige onderzoek kwamen van 31 verschillende scholen uit tien provincies in Nederland. Het totaal aantal participanten bij aanvang van de studie was 1041 (539 jongens). Doordat niet alle onderzoeksinstrumenten op dezelfde dag afgenomen zijn, zijn er ook verschillen in aantal participanten binnen een meetmoment. Per meetmoment zijn alleen de participanten meegenomen die zowel de test voor werkgeheugen als de test voor getalbegrip hebben uitgevoerd. Zie Tabel 1 voor de beschrijvende statistieken.

### **Meetinstrumenten**

**Getalbegrip.** De Utrechtse Getalbegrip Toets – Revised (UGT-R) is afgenomen om getalbegrip te meten (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Van de UGT-R bestaan twee vergelijkbare versies met elk 45 opgaven verdeeld over 9 subschalen. De ruwe score wordt gevormd door som van het aantal goede antwoorden. Door de Commissie Testaangelegenheden Nederland (COTAN) zijn zowel de normen als de betrouwbaarheid als voldoende beoordeeld (Egberink, Janssen, & Vermeulen, 2005). De handleiding van UGT-R geeft aan dat deze test betrouwbaar is ( $\alpha = 0.93$ ) (Van Luit & Van de Rijt, 2009).

Tabel 1

*Participanten ingedeeld naar Leeftijd en Sekse op de verschillende Meetmomenten*

|     | Totaal   | Sekse    |      | Leeftijd |           |
|-----|----------|----------|------|----------|-----------|
|     | <i>N</i> | <i>N</i> | %    | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| MM1 | 927      | 476      | 51.3 | 54.79    | 4.06      |
| MM2 | 942      | 485      | 51.5 | 58.98    | 4.09      |
| MM3 | 921      | 472      | 51.2 | 70,82    | 4.04      |
| MM4 | 889      | 462      | 52.0 | 78.64    | 4.14      |

Vanwege het gebrek aan onderzoek is de criteriumvaliditeit niet te bepalen. Dat betekent dat het nog niet duidelijk is of UGT-R een voorspellende waarde heeft en of precies wordt gemeten wat beoogd wordt om te meten (Egberink et al., 2005; Evers, Braak, Frima, & Van Vliet-Mulder, 2009).

**Werkgeheugen.** Om werkgeheugen te meten zijn vier computertaken uit de Automatic Working Memory Assessment (AWMA, Alloway, 2007) afgenomen. Elk van de subtesten representeert één van de gebieden van het werkgeheugen. Allereerst wordt de opslag van visueel-ruimtelijke informatie gemeten met Dot Matrix, een taak waarbij de participant de volgorde van de rode stippen moet onthouden. Daarnaast wordt de manipulatie van visueel-ruimtelijke informatie gemeten met Odd one Out, waarbij de participant de locatie moet onthouden van de vorm die niet in het rijtje thuishoort. Ten derde wordt de opslag van verbale informatie bepaald door Word Recall Forwards waarbij de verbaal aangeboden woorden in de juiste volgorde worden herhaald. Tenslotte meet Word Recall Backwards de manipulatie van verbaal aangeboden informatie. De verbaal aangeboden woorden moeten hierbij in omgekeerde volgorde worden herhaald. De betrouwbaarheid van deze subtesten ligt tussen de .80 en .84, waardoor ze als betrouwbaar kunnen worden beschouwd (Alloway, 2007). In het huidige onderzoek zijn de scores op deze subtesten omgezet naar gestandaardiseerde scores. De gemiddelde, gestandaardiseerde scores van ‘Dot Matrix’ en ‘Odd One Out’ vormden de variabele ‘Visueel-ruimtelijk werkgeheugen’. Het gemiddelde van de gestandaardiseerde scores van ‘Word Recall Forwards’ en ‘Word Recall Backwards’ vormde de variabele ‘Verbaal werkgeheugen’.

**Rekentaal.** Rekentaal is gemeten door twee subtesten van de Taaltoets alle Kinderen (TAK) namelijk Zinsbegrip 1 en Zinbegrip 2. Waar Zinsbegrip 1 vooral gericht is op het toetsen van kennis over functiewoorden, is Zinsbegrip 2 meer gericht op de betekenis van



relaties tussen woorden in een zin. Beide subtesten bestaan uit 42 items, waarbij het aantal goede opdrachten de score per subtest vormt. Voor rekentaal is in dit onderzoek het gemiddelde van de scores op deze subtesten genomen. Voor eind groep 2 (MM4) hebben de afgenomen subtesten Zinsbegrip 1 en Zinsbegrip 2 een Cronbach's alpha van respectievelijk .82 en .84 (Verhoeven & Vermeer, 2006).

**Non-verbaal IQ.** Het non-verbaal IQ-niveau van de participanten is gemeten met de Raven's Colored Progressive Matrix (Raven CPM). Deze test bestaat uit 36 puzzels met oplopende moeilijkheidsgraad. In elke puzzel ontbreekt nog één stukje dat nodig is om het patroon compleet te maken. Uit de zes opties moet worden gekozen welk stukje op de lege plek hoort. Het aantal goed opgeloste puzzels vormt de score op de test. De betrouwbaarheid kan met een Cronbach's alpha van .90 als goed worden bestempeld (Raven, 1962).

### **Procedure**

Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van vier van deze meetmomenten, namelijk midden groep 1 (MM1), eind groep 1 (MM2), eind groep 2 (MM3), groep 3 (MM4). Midden groep 2 is niet meegenomen omdat de werkgeheugenscores daarvan ontbreken. De UGT-R score van midden groep 3 en de AWMA score van eind groep 3 zijn samengenomen en betreffen meetmoment 4. De verschillende testen zijn afgenomen door masterstudenten of afgestudeerde assistenten die hiervoor zijn getraind. De testen voor werkgeheugen en rekentaal zijn afgenomen op de computer. Het onderzoek naar Non-verbaal IQ-niveau is klassikaal afgenomen en het onderzoek naar getalbegrip is op papier afgenomen. Vooraf is van alle ouders toestemming verkregen.

### **Data-analyse**

In het huidige, longitudinale onderzoek betrof de onafhankelijke variabele de gemiddelde score op de AWMA subtesten. De afhankelijke variabele werd gevormd door de totaalscore op de UGT-R. De scores van deze testen zijn evenals de scores van TAK en Raven, van ratio meetniveau. Vooraf zijn alle variabelen gecontroleerd op de voorwaarden normaliteit, onafhankelijkheid, homoscedasticiteit en lineariteit en, hieraan bleek te zijn voldaan. Bij alle deelvragen is tweezijdig getoetst omdat de hypothesen niet in een bepaalde richting wijzen. Vanwege de grote groep participanten is een significantieniveau van 1% gehanteerd.

Om de eerste en tweede deelvraag te beantwoorden zijn allereerst Pearson-correlaties uitgevoerd voor de verschillende groepen en variabelen met aansluitend Fisher Z toetsen om correlatieverschillen te toetsen. Voor de beantwoording van deelvraag drie zijn de scores van

AWMA en UGT-R van meetmoment vier gebruikt. Daarmee is eerst een regressieanalyse uitgevoerd, waarna de process tool van Hayes gebruikt is om mediatie te toetsen.

## Resultaten

### Deelvraag 1

In de eerste deelvraag zal worden onderzocht of er verschillen zijn in de relatie tussen getalbegrip en werkgeheugen wat betreft leeftijd. Voor leeftijd worden de verschillende groepen per meetmoment gebruikt, zie Tabel 2.

Uit de resultaten van de correlatietoetsen blijkt dat er op alle meetmomenten een positief verband is tussen werkgeheugen en getalbegrip, zie Tabel 3. Dat betekent dat een kind met een hoge score op de werkgeheugentoetsen, ook hoog scoort op de getalbegrip toets.

Tabel 2

#### *Beschrijvende Statistieken van Werkgeheugen en Getalbegrip per Meetmoment*

|                                     | MM1      |          |           | MM2      |          |           |
|-------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
|                                     | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Werkgeheugen*                       | 927      | .01      | .73       | 942      | .00      | .73       |
| Visueel-ruimtelijk<br>werkgeheugen* | 927      | .01      | .86       | 942      | .00      | .85       |
| Verbaal<br>werkgeheugen*            | 927      | .01      | .84       | 942      | .00      | .86       |
| Getalbegrip                         | 927      | 14.96    | 7.08      | 942      | 17.58    | 6.40      |
|                                     | MM3      |          |           | MM4      |          |           |
|                                     | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Werkgeheugen*                       | 921      | -.00     | .72       | 889      | -.00     | .69       |
| Visueel-ruimtelijk<br>werkgeheugen* | 921      | -.00     | .85       | 889      | -.00     | .85       |
| Verbaal<br>werkgeheugen*            | 921      | -.00     | .86       | 889      | -.00     | .84       |
| Getalbegrip                         | 921      | 28.43    | 6.30      | 889      | 35.00    | 5.20      |

\* gestandaardiseerde z-scores

Tabel 3

*Resultaten Pearson-correlatietoetsen Getalbegrip en Werkgeheugen per Meetmoment.*

| Variabele                       | Getalbegrip |          | Niveau getalbegrip |          |          |          |          |          |
|---------------------------------|-------------|----------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                 | Totaal      |          | Laag               |          | Middel   |          | Hoog     |          |
|                                 | <i>r</i>    | <i>p</i> | <i>r</i>           | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>R</i> | <i>p</i> |
| Meetmoment 1                    |             |          |                    |          |          |          |          |          |
| Werkgeheugen                    | .61         | .000     | .39                | .000     | .15      | .009     | .29      | .000     |
| Visueel-ruimtelijk werkgeheugen | .49         | .000     | .28                | .000     | .10      | .079     | .22      | .000     |
| Verbaal werkgeheugen            | .57         | .000     | .37                | .000     | .15      | .015     | .25      | .000     |
| Meetmoment 2                    |             |          |                    |          |          |          |          |          |
| Werkgeheugen                    | .66         | .000     | .50                | .000     | .31      | .000     | .34      | .000     |
| Visueel-ruimtelijk werkgeheugen | .57         | .000     | .42                | .000     | .28      | .000     | .34      | .000     |
| Verbaal werkgeheugen            | .56         | .000     | .43                | .000     | .20      | .000     | .18      | .001     |
| Meetmoment 3                    |             |          |                    |          |          |          |          |          |
| Werkgeheugen                    | .58         | .000     | .47                | .000     | .13      | .022     | .30      | .000     |
| Visueel-ruimtelijk werkgeheugen | .51         | .000     | .40                | .000     | .16      | .005     | .30      | .000     |
| Verbaal werkgeheugen            | .47         | .000     | .39                | .000     | .05      | .420     | .17      | .003     |
| Meetmoment 4                    |             |          |                    |          |          |          |          |          |
| Werkgeheugen                    | .49         | .000     | .50                | .000     | .12      | .048     | .13      | .017     |
| Visueel-ruimtelijk werkgeheugen | .47         | .000     | .44                | .000     | .11      | .069     | .19      | .001     |
| Verbaal werkgeheugen            | .33         | .000     | .32                | .000     | .07      | .235     | .04      | .517     |

Voor de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip is een verschil in de correlatie van MM1 ten opzichte van MM3 ( $z = 2.82, p = .005$ ) en MM4 ( $z = 6.45; p = .000$ ) gevonden. De correlatie op MM4 bleek ook anders dan op MM2 ( $z = 6.19, p = <.001$ ) en MM3 ( $z = 3.55, p = <.001$ ). Met betrekking tot verbaal werkgeheugen en getalbegrip, en werkgeheugen en getalbegrip is ook een verschil gevonden in de sterkte van het verband van MM2 en MM3, verbaal werkgeheugen,  $z = 2.77, p = .006$ , en werkgeheugen  $z = 2.72, p = .007$ . De relatie tussen getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleek niet gelijk te zijn op MM2 en MM4,  $z = 2.97; p = .003$ . Dat geldt ook voor de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip,  $z = 5.60; p = .000$ . Tenslotte werd gevonden dat de correlatie tussen werkgeheugen en getalbegrip op MM4 anders is dan op MM1 ( $z = 3.90; p = <.001$ ) en MM3, Fisher  $z = 2.90, p = .004$ , zie Tabel 4.

Tabel 4

*Resultaten van de Fisher-z Toetsen (p-waarden) met betrekking tot Meetmoment, gesplitst in verbaal- en visueel-ruimtelijk Werkgeheugen*

|     | Werkgeheugen |       |       |       | Visueel-ruimtelijk<br>werkgeheugen |      |      |       | Verbaal Werkgeheugen |       |       |       |
|-----|--------------|-------|-------|-------|------------------------------------|------|------|-------|----------------------|-------|-------|-------|
|     | MM1          | MM2   | MM3   | MM4   | MM1                                | MM2  | MM3  | MM4   | MM1                  | MM2   | MM3   | MM4   |
| MM1 | -            | .087  | .317  | .000* | -                                  | .016 | .569 | .562  | -                    | .952  | .005* | .000* |
| MM2 | .087         | -     | .007* | .000* | .016                               | -    | .067 | .003* | .952                 | -     | .006* | .000* |
| MM3 | .317         | .007* | -     | .004* | .569                               | .067 | -    | .250  | .005*                | .006* | -     | .000* |
| MM4 | .000*        | .000* | .004* | -     | .562                               | .003 | .250 | -     | .000*                | .000* | .000* | -     |

### Deelvraag 2

Om verschillen met betrekking tot het niveau van getalbegrip te onderzoeken zijn de participanten per meetmoment in drie groepen verdeeld, namelijk laag, gemiddeld en hoog, zie Tabel 5.

Tabel 5

*Scores op de UGT-R met een totaal Bereik van 0-45 van de drie Niveaugroepen per Meetmoment*

|     | Laag |       |       |        | Gemiddeld |       |       |        | Hoog |       |       |        |
|-----|------|-------|-------|--------|-----------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
|     | N    | M     | SD    | Bereik | N         | M     | SD    | Bereik | N    | M     | SD    | Bereik |
| MM1 | 283  | 7.47  | 2.164 | 2-10   | 304       | 13.39 | 1.716 | 11-16  | 340  | 22.59 | 4.787 | 17-37  |
| MM2 | 252  | 10.24 | 2.251 | 3-13   | 366       | 16.41 | 1.732 | 14-19  | 324  | 24.63 | 4.308 | 20-40  |
| MM3 | 308  | 21.44 | 4.240 | 6-26   | 316       | 28.96 | 1.409 | 27-31  | 297  | 35.12 | 2.536 | 32-43  |
| MM4 | 275  | 28.86 | 4.543 | 14-33  | 288       | 35.67 | 1.049 | 34-37  | 326  | 39.59 | 1.492 | 38-45  |

Uit de resultaten van de correlatietoetsen, zie Tabel 5, blijkt dat er bij het laagste niveau op elk meetmoment sprake is van een positief verband tussen werkgeheugen en getalbegrip. Voor het middelste niveau geldt dat dit alleen op MM1 en MM2 zo is. Voor het hoogste niveau is een positief verband gevonden tussen werkgeheugen en getalbegrip op MM1, MM2 en MM3. Voor de verschillende niveaugroepen zijn niet op alle meetmomenten verbanden gevonden wat betreft de relatie tussen getalbegrip en visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen. De resultaten van de Fisher-z toetsen met betrekking tot niveau van getalbegrip zijn per meetmoment beschreven in Tabel 5. In combinatie met de resultaten van de Pearson-correlatietoetsen uit Tabel 3, zullen de sterkste verschillen worden toegelicht.

**Werkgeheugen.** Het verband tussen werkgeheugen en getalbegrip bij de laagst en de gemiddeld scorende groep blijkt op alle meetmomenten anders te zijn namelijk op MM1 ( $z = 3.14, p = .002$ ), MM2 ( $z = 2.78, p = .005$ ), MM3 ( $z = 4.78, p < .001$ ) en MM4 ( $z = 5.03; p < .001$ ). Wanneer deze resultaten gecombineerd worden met de correlatietoetsen, zie Tabel 3, blijkt dat op MM1, MM3 en MM4 het verband tussen getalbegrip en werkgeheugen sterker is bij de laagst scorende groep, dan bij de gemiddeld scorende groep. Op MM4 was het verband tussen deze twee variabelen bij de laagste scorende groep ook sterker dan bij de hoogst scorende groep ( $z = 5.00; p < .001$ ), zie Tabel 5.

**Visueel-ruimtelijk werkgeheugen.** In de verbanden tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip worden op MM1 en MM2 geen verschillen gevonden tussen de verschillende niveaugroepen, zie Tabel 6. Op MM3 is de correlatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip bij de laagst scorende groep sterker ( $r(306) = .399, p < .001$ ) dan bij de gemiddeld scorende groep ( $r(314) = .157, p = .005$ ),  $z = 3.28, p = .001$ . Ditzelfde werd gevonden op MM4 (laag  $r(273) = .439, p < .001$ ; middel  $r(286) = .107, p = .069$ ),  $z = 4.29; p < .001$ .

**Verbaal werkgeheugen.** Meerdere verschillen werden gevonden in de verbanden tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Op MM1 bleek het verband bij de laagst scorende groep ( $r(281) = .390, p < .001$ ) sterker te zijn dan bij de gemiddeld scorende groep ( $r(302) = .150, p = .009$ ). Op MM2 werd een correlatieverschil gevonden tussen de laagst en gemiddeld scorende groep ( $z = 3.15, p = .002$ ) en de laagst en hoogst scorende groep,  $z = 3.28, p < .001$ . Dit werd ook gevonden voor MM3 (laag-middel  $z = 4.47, p < .001$ ; laag-hoog  $z = 4.13, p < .001$ ) en MM4, laag-middel,  $z = 3.59; p < .001$ ; laag-hoog  $z = 3.09; p < .001$ . In alle gevallen bleek het verband tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip bij de laagst scorende groep sterker te zijn dan bij de gemiddeld of hoogst scorende groep, zie Tabel 3.

Tabel 6

*Resultaten Fisher-z toetsen(p-waarden) met betrekking tot Getalbegrip niveau per Meetmoment*

| MM1 | niveau | Werkgeheugen |        |       | Visueel-Ruimtelijk<br>werkgeheugen |        |      | Verbaal werkgeheugen |        |       |
|-----|--------|--------------|--------|-------|------------------------------------|--------|------|----------------------|--------|-------|
|     |        | laag         | middel | hoog  | laag                               | middel | hoog | laag                 | middel | hoog  |
|     | Laag   | -            | .002*  | .018  | -                                  | .030   | .484 | -                    | .004*  | .091  |
|     | Middel | .002*        | -      | .057  | .030                               | -      | .116 | .004*                | -      | .184  |
|     | Hoog   | .018         | .057   | -     | .484                               | .116   | -    | .091                 | .184   | -     |
|     |        | laag         | middel | hoog  | laag                               | middel | hoog | laag                 | Middel | hoog  |
| MM2 | Laag   | -            | .005*  | .021  | -                                  | .043   | .250 | -                    | .002*  | .001* |
|     | Middel | .005*        | -      | .653  | .043                               | -      | .368 | .002*                | -      | .818  |
|     | Hoog   | .021         | .653   | -     | .250                               | .368   | -    | .001*                | .818   | -     |
|     |        | laag         | middel | hoog  | laag                               | middel | hoog | laag                 | Middel | Hoog  |
| MM3 | Laag   | -            | .000*  | .011  | -                                  | .001*  | .159 | -                    | .000*  | .004* |
|     | Middel | .000*        | -      | .031  | .001*                              | -      | .067 | .000*                | -      | .119  |
|     | Hoog   | .011         | .031   | -     | .159                               | .067   | -    | .004*                | .119   | -     |
|     |        | laag         | middel | hoog  | laag                               | middel | hoog | laag                 | Middel | Hoog  |
| MM4 | Laag   | -            | .000*  | .000* | -                                  | .000*  | .047 | -                    | .000*  | .000* |
|     | Middel | .000*        | -      | .849  | .000*                              | -      | .067 | .000*                | -      | .671  |
|     | Hoog   | .000*        | .849   | -     | .047                               | .067   | -    | .000*                | .671   | -     |

**Verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen.** Met betrekking tot de correlaties tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip zijn geen verschillen gevonden, zie Tabel 6. Groep drie is hierop een uitzondering, hier bleek de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip ( $r(887) = .326$ ,  $p = <.001$ ) sterker te zijn dan de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip ( $r(887) = .471$ ,  $p = <.001$ ),  $z = 3.64$ ,  $p = <.001$ .

Tabel 7

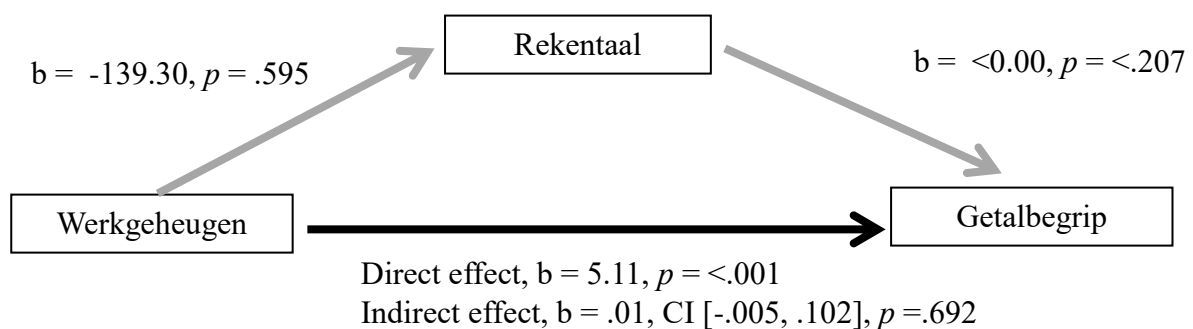
*Resultaten Fisher-z (p-waarden) toetsen met betrekking tot verbaal- en visueel-ruimtelijk Werkgeheugen per Meetmoment en Getalbegrip niveau*

|     | Totaal | Laag | Middel | Hoog |
|-----|--------|------|--------|------|
| MM1 | .027   | .194 | .549   | .704 |
| MM2 | .795   | .912 | .259   | .032 |
| MM3 | .234   | .842 | .162   | .103 |
| MM4 | <.001  | .103 | .653   | .050 |

### Deelvraag 3

Uit de regressieanalyse blijkt dat werkgeheugen verantwoordelijk is voor 34.1% van de variantie in getalbegrip,  $F(1, 919) = 476.3$ ,  $p = <.001$ . Zowel visueel-ruimtelijk als verbaal werkgeheugen blijkt ook afzonderlijk een voorspeller van getalbegrip te zijn. Visueel-ruimtelijk werkgeheugen verklaard 26,2% van de variantie in getalbegrip,  $F(1, 919) = 326.3$ ,  $p = <.001$ . Het verbale werkgeheugen is verantwoordelijk voor 22,1% van de variantie in getalbegrip,  $F(1, 919) = 261.3$ ,  $p = <.001$ . Dat betekent dat de werkgeheugen een voorspeller is van getalbegrip.

**Rekentaal.** Uit de mediatie-analyse blijkt geen indirect effect van werkgeheugen op getalbegrip door een relatie met rekentaal, zie Figuur 1.



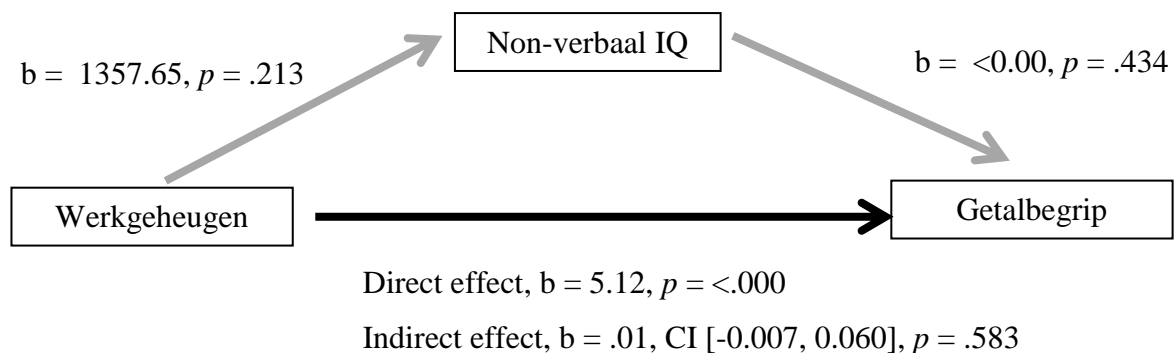
*Noot.* De betrouwbaarheidsinterval voor het indirecte effect is een BCa bootstrapped betrouwbaarheidsinterval gebaseerd op 1000 'samples'.

*Figuur 1.* Model van werkgeheugen als voorspeller van getalbegrip, gemedieerd door rekentaal.

Daarnaast blijkt ook geen indirect effect tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip in relatie met rekentaal,  $b = <0.00$ , BCa CI [-.001, .061],  $p = .638$ . Ditzelfde werd

gevonden wanneer verbaal werkgeheugen als voorspeller werd gebruikt,  $b = 0.00$ , BCa CI [-.021, .988],  $p = .864$ .

**Non-verbale intelligentie.** Uit de tweede mediatie-analyse blijkt geen indirect effect van het verband tussen werkgeheugen en getalbegrip in relatie met Non-verbaal IQ, zie Figuur 2. Ook bleek het verband tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip in relatie met Non-verbaal IQ niet significant,  $b = -0.00$ , BCa CI [-.021, .049],  $p = .831$ . Bovendien was er geen sprake van een indirect verband tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip in relatie met Non-verbaal IQ,  $b = 0.01$ , BCa CI [-.008, .062],  $p = .630$ .



*Noot.* De betrouwbaarheidsinterval voor het indirecte effect is een BCa bootstrapped betrouwbaarheidsinterval gebaseerd op 1000 'samples'.

*Figuur 2.* Model van werkgeheugen als voorspeller van getalbegrip, gemedieerd door Non-verbaal IQ.

## Discussie

In het huidige onderzoek stond de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip bij kinderen uit groep 1, 2 en 3 uit het basisonderwijs centraal. In de eerste twee deelvragen lag de focus op verschillen met betrekking tot leeftijd en niveau van getalbegrip, waarbij ook onderscheid is gemaakt tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen. Jongere kinderen en kinderen met een laag niveau van getalbegrip zijn meer afhankelijk van het werkgeheugen dan oudere kinderen en kinderen met een gemiddeld of hoog niveau van getalbegrip. De derde deelvraag richtte zich op de invloed van Non-verbaal IQ en rekentaal. Deze factoren blijken geen mediërende rol te hebben in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip.

### Deelvraag 1

De relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip is bij de jongste kinderen het sterkst. Met betrekking tot visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip blijkt dat aan het einde van groep 1 de relatie met getalbegrip sterker is dan in groep 3. Omdat dit verschil niet



gevonden wordt voor midden groep 1 kan op basis van deze resultaten niet worden geconcludeerd dat de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip bij jongere kinderen sterker is dan bij oudere kinderen, zoals vanuit de literatuur werd verwacht (De Schmedt et al., 2009).

Het verband tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip is bij kinderen uit groep 3 sterker dan de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Dit komt niet overeen met de verwachting dat de relaties even sterk zouden zijn (Rasmussen & Bisanz, 2005). Opmerkelijk is dat dit verschil tussen verbaal werkgeheugen en visueel-ruimtelijk werkgeheugen juist alleen in groep 3 is gevonden. Op basis van de resultaten kan wel worden geconcludeerd dat het verband tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip bij jongere kleuters sterker is dan bij oudere kleuters.

### **Deelvraag 2**

In tegenstelling tot wat verwacht werd, bleek bij kleuters met een laag niveau van getalbegrip de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip niet sterker te zijn dan de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Wel blijkt dat het niveau van getalbegrip vanaf groep 2 invloed heeft op de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Kinderen met een laag niveau van getalbegrip zijn dan meer afhankelijk van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen dan kinderen met een gemiddeld niveau van getalbegrip. Ook zijn er geen verschillen gevonden in de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip bij kinderen met een gemiddeld of hoog niveau van getalbegrip. Dit komt niet overeen met de verwachting dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij deze kinderen meer samenhangt met getalbegrip dan het verbaal werkgeheugen (Ansari et al., 2003).

### **Deelvraag 3**

Uit de resultaten blijkt dat zowel Non-verbaal IQ als rekentaal geen mediërende rol heeft in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Werkgeheugen bleek bovendien geen voorspeller voor Non-verbaal IQ en rekentaal. Dit komt niet overeen met de resultaten van Klibanoff en collega's (2006). Ook wanneer gekeken wordt naar de rol in de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip, en visueel- ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip blijkt dat zij geen mediërende invloed hebben. Dit is niet in lijn met de verwachting (Swanson & Sachse-Lee, 2001).

### **Kanttekeningen**

Bij dit onderzoek kunnen enkele kanttekeningen worden gezet. Allereerst zijn op de verschillende meetmomenten steeds dezelfde werkgeheugen testen afgenomen. Van de UGT-

R zijn versie A en B afgewisseld. Hierdoor kan het zijn dat er een vertekend beeld ontstaat doordat de participanten de opgaven herkenden. Daarnaast is in het tweede deel van het onderzoek de relatie in eind groep 2 als basis genomen terwijl Rekentaal in midden groep 2 is afgenomen en Non-verbaal IQ niveau in groep 3. Wanneer de relatie op een ander moment als basis zou zijn genomen, zijn de resultaten wellicht anders. Bovendien zijn de gegevens die voor groep 3 gebruikt zijn, verzameld op twee verschillende meetmomenten. Hierdoor is de mogelijkheid om groep 3 met groep 1 en 2 te vergelijken beperkt.

### **Conclusie en aanbevelingen**

In het huidige onderzoek is geen rol gevonden voor non-verbaal IQ niveau en rekentaal in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Deze resultaten zijn in strijd met wat in de literatuur is gevonden. Om duidelijkheid te krijgen over de rol van deze factoren zou vervolgonderzoek zich kunnen richten op de mogelijke mediatie effecten op andere momenten. Daarnaast laat dit onderzoek zien dat jonge kinderen en kinderen met een laag niveau van getalbegrip meer afhankelijk zijn van hun werkgeheugen. Daarom is het belangrijk om de begeleiding van jonge kinderen met betrekking tot de ontwikkeling van getalbegrip goed af te stemmen op hun niveau en leeftijd (Van Luit & Schopman, 2000). Vooral kinderen met een zwak werkgeheugen, in de klas te herkennen aan bijvoorbeeld teruggetrokken gedrag, niet meer weten wat hij of zij wilde vragen, concentratieproblemen of weinig kritisch op eigen werk (Gathercole & Alloway, 2013), lopen risico op achterstanden in de ontwikkeling van getalbegrip. Bovendien kan deze kennis de basis zijn voor het ontwikkelen van nieuwe lesmethodes of ondersteuningsprogramma's.

## Literatuur

- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 20-36. doi:10.1016/j.jecp.2006.07.002
- 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., & 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
- Ansari, D., Donlan, C., Thomas, M. S. C., Ewing, S. A., Peen, T., & Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology, 85*, 50-62. doi:10.1016/S0022-0965(03)00026-2
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*, 556-559. doi:10.1126/science.1736359
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 333-339. doi:10.1177/00222194050380040901
- Boonen, A. J. H., Kolkman, M. E., & Kroesbergen, E. H. (2011). The relation between teachers' math talk and the acquisition of number sense within kindergarten classrooms. *Journal of School Psychology, 49*, 281-299. doi:10.1016/j.jsp.2011.03.002
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 547-552. doi:10.1016/j.tics.2003.10.005
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*, 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- 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

- Dyson, N. I., Jordan, N. C., & Glutting, J. (2013). A number sense intervention for low-income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 46*, 166-181. doi:10.1177/0022219411410233
- Egberink, I. J. L., Janssen, N. A. M., & Vermeulen, C. S. M. (2005). COTAN beoordeling 2016, Utrechtse Getalbegrip Toets - Revised. Verkregen van [www.cotandocumentatie.nl](http://www.cotandocumentatie.nl)
- Evers, A., Braak, M. S. L., Frima, R. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). Cotan Documentatie. Amsterdam: Boom, Verkregen van <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, 10*, 29-44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2013). Kinderen met een zwak werkgeheugen. In S. E. Gathercole, & T. P. Alloway (Red.), *De invloed van werkgeheugen op het leren. Handelingsgerichte adviezen voor het basisonderwijs*. Amsterdam, Nederland: SWP.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*, 265-281. doi:10.1016/j.jecp.2005.08.003
- Ginsburg, H. (1977). *Children's arithmetic: The learning process*. New York: Van Nostrand.
- Giofrè, D., Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2013). The structure of working memory and how it relates to intelligence in children. *Intelligence, 41*, 369-406. doi:10.1016/j.intell.2013.06.006
- Gottfredson, L. S. (1997). Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence, 24*, 79-132. doi:10.1016/S0160-2896(97)90014-3
- Hitch, G. J., Halliday, S., Schaafstal, A. M., & Schraagen, M. C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition, 16*, 120-132. doi:10.3758/BF03213479
- Jordan, N. C., & Kaplan, D. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology, 45*, 850-867. doi:10.1037/a0014939
- Klein, J. S., & Bisanz, J. (2000). Preschoolers doing arithmetic: The concepts are willing but the working memory is weak. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 54*, 105-115. doi:10.1037/h0087333

- Klibanoff, R. S., Levine, S. C., Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., & Hedges, L. V. (2006). Preschool Children's mathematical knowledge: The effect of teacher 'math talk'. *Developmental Psychology, 42*, 59-69. doi:10.1037/0012-1649.42.1.59
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 516-531. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education, 23*, 77-94. doi:10.1007/BF03173141
- McLean, J. F., & Hitch G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 74*, 240-260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Östergren, R., & Träff, U. (2013). Early number knowledge and cognitive ability affect early arithmetic ability. *Journal of Experimental Child Psychology, 115*, 405-421. doi:10.1016/j.jecp.2013.03.007
- 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*, 110-120. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 137-157. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Raven, J. (1962). *Coloured Progressive Matrices*. New York, NY: The Psychological Corporation.
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*, 5-21. doi:10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Soto-Calvo, E., Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. (2015). Identifying the cognitive predictors of early counting and calculations skills: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 140*, 16-37. doi:10.1016/j.jecp.2015.06.011
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological

- processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 299-321.  
doi:10.1006/jecp.2000.2587
- 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
- Van der Molen, M. J., Van Luit, H. E. H., Jongmans, J., & Van der Molen, M. W. (2007). Het  
werkgeheugen van jongeren met een lichte verstandelijke beperking. *Kind en  
Adolescent*, 28, 88-96. doi:10.1007/BF03061026
- Van Luit, J. E. H., & Schopman, E. (2000). Improving early numeracy of young children with  
special educational needs. *Remedial and Special Education*, 21, 27-40.  
doi:10.1177/074193250002100105
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets Revised  
(UGT-R)*. Doetinchem: Graviant.
- Verhoeven, L., & Vermeer, A. (2006). *Verantwoording Taaltoets Alle Kinderen (TAK)*.  
Arnhem: Cito.