

Het Werkgeheugen in Relatie tot Getalbegrip en de Modererende Rol van  
Benoemsnelheid bij Kinderen van 5 tot 7 Jaar

Master's thesis

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

Utrecht University

Student: B.M. (Baukje) Boersma, 4173724

Eerste beoordelaar: Ilona Friso-van den Bos

Tweede beoordelaar: Evelyn Kroesbergen

Datum: 25 mei 2017

### **Voorwoord**

Het afgelopen studiejaar heb ik voor de master Clinical Child, Family and Education Studies gewerkt aan mijn Masterthesis. Hierbij heb ik mij gericht op de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip en de rol van benoemsnelheid bij kinderen van 5 tot 7 jaar. Het doel van dit onderzoek was om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip en op welke manier benoemsnelheid hierbij een rol speelt.

Aangezien ik vorig studiejaar, 2015-2016 samen met Gesine Nijzink mijn Bachelorthesis heb geschreven over de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip, gaf deze Masterthesis mij de kans tot meer verdieping en uitbreiding van mijn kennis over dit onderwerp. De afgelopen periode heb ik ervaren als uitdagend, leerzaam en intensief. De start en het verdere verloop van de Masterthesis is prima gegaan wegens mijn interesse in het onderwerp en motivatie om soepel het proces te doorlopen en tot een goed eindresultaat te komen. Allereerst wil ik Ilona Friso-van den Bos en Evelyn Kroesbergen bedanken voor de begeleiding en betrokkenheid bij de uitvoer van dit onderzoek. Daarnaast wil ik alle betrokken scholen en kinderen bedanken voor hun enthousiasme en de bijdrage die zij aan dit onderzoek geleverd hebben. Tenslotte wil ik mijn medestudent Gesine Nijzink bedanken voor haar waardevolle inbreng, betrokkenheid en feedback die zij mij de afgelopen periode heeft gegeven.

Baukje Boersma

Almkerk

22 mei 2017

### Abstract

**Aim:** In the literature working memory and naming speed are seen as predictors of numeracy and mathematic skills. The aim of this study was to investigate if both working memory and naming speed were predictors of number sense and also to gain knowledge about the possible moderating role of naming speed. **Method:** In the current study 54 children with the age from 5 till 7 from different schools were tested. Numeracy was measured with a symbolic and non-symbolic comparison task. To measure working memory a few tasks based on the *Automated Working Memory Assessment (AWMA)* were used. **Results:** Analyses were executed with a hierarchical multiple regression analysis and a Pearson's correlation. It was shown that working memory was positively related to numeracy. Also the visual-spatial working memory and verbal working memory were positively related to numeracy. Naming speed was only related to numeracy in the model of working memory and verbal working memory and explained partial variance in numeracy. No moderating effects of naming speed were shown in the relation of working memory and numeracy. **Conclusion:** This study has shown certain results which were expected based on previous studies, but also new insights have been gained regarding to the role of naming speed. Findings illustrate that both working memory and naming speed seem relevant in the development of numeracy. Different directions for future research regarding to naming speed, different parts in working memory and the possible development of interventions are discussed.

*Keywords: numeracy, working memory, naming speed, visual-spatial, verbal*

## Het Werkgeheugen in Relatie tot Getalbegrip en de Modererende Rol van Benoemsnelheid bij Kinderen van 5 tot 7 Jaar.

De ontwikkeling van getalbegrip begint bij jonge kinderen onbewust op het moment dat zij in spel en informele situaties in aanraking komen met getallen en hoeveelheden. Vanaf de kleutertijd wordt de ontwikkeling van getalbegrip op school bewust gestimuleerd door kennis over vormen en patronen van getallen en hoeveelheden aan te leren (Ginsburg, Lee & Boyd, 2008; Siegler, 2009). Wanneer kinderen vroeg problemen ervaren in de ontwikkeling van getalbegrip, voorspelt dit moeilijkheden in de latere rekenprestaties op korte en lange termijn (Dyson, Jordan, & Glutting, 2013; Geary, Hoard, Nugent & Bailey, 2013; Jordan & Kaplan, 2009). Getalbegrip voorspelt namelijk zowel de rekenprestaties van kinderen in groep 3 en 4 als bij kinderen van tien jaar oud (Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007; Locuniak & Jordan, 2008; Martin, Cirino, Sharp, & Barnes, 2014). Een goede ontwikkeling van getalbegrip is dus van belang, omdat dit de basis vormt voor het begrijpen van het numeriek systeem en een belangrijke voorwaarde is voor het verwerven van rekenvaardigheden (Desoete, Ceulemans, De Weerd, & Pieters, 2012; Jordan, Kaplan, Nabors Oláh, & Locuniak, 2006; Kroesbergen, Van't Noordende, & Kolkman, 2012).

### **Getalbegrip**

In wetenschappelijk onderzoek wordt getalbegrip op verschillende manieren beschreven. Deze theorieën en definities van getalbegrip kunnen onderverdeeld worden in theorieën die de betekenis van getalbegrip voornamelijk scharen onder de praktische vaardigheden, zoals het tellen van hoeveelheden, maar ook in theorieën die meer de onderliggende cognitieve structuren onder getalbegrip plaatsen zoals het vergelijken van hoeveelheden en het plaatsen van getallen op de getallenlijn. Dehaene (1992) definieert in zijn 'triple code model' getalbegrip als het begrijpen en manipuleren van hoeveelheden op symbolisch en non-symbolisch niveau en benadrukt hiermee de cognitieve structuren die ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van getalbegrip. Volgens Von Aster en Shalev (2007) ontwikkelt getalbegrip zich door praktische vaardigheden aan te leren, zoals het hardop tellen, waardoor de basiskennis van het numeriek systeem tot stand komt. Hierdoor gaan kinderen de constructen van getallen begrijpen, automatiseren en visualiseren zodat er een mentale getallenlijn ontstaat. De theorie van Krajewski en Schneider (2009) beschrijft drie niveaus binnen de ontwikkeling van getalbegrip. Het eerste niveau bestaat uit de basisnumerieke vaardigheden, waarbij kinderen verbaal onderscheid kunnen maken tussen hoeveelheden zonder dat zij gebruik maken van getallen. Bij het tweede niveau kunnen kinderen een hoeveelheid koppelen aan een getal. In het derde niveau beginnen kinderen het concept van

relaties tussen cijfers begrijpen. Zij kennen de betekenis van een getal en kunnen getallen op de mentale getallenlijn plaatsen. Met name de telvaardigheid, het onderscheiden van hoeveelheden en de mentale getallenlijn blijken volgens deze definities belangrijke onderdelen van getalbegrip te zijn. Dit is in verschillende studies bevestigd (Aunio, Hautamäki, & Van Luit, 2005; Jordan et al., 2006). In dit onderzoek wordt de definitie van getalbegrip met betrekking tot cognitieve structuren aangehouden. Er zal daarom uitgegaan worden van getalbegrip op symbolisch en non-symbolisch niveau en niet op basis van de praktische telvaardigheden. Deze onderverdeling wordt door meerdere onderzoeken wordt ondersteund (Defever, Sasanguie, Gebuis, & Reynvoet, 2011; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Sasanguie, Defever, Maertens, & Reynvoet, 2014). In dit onderzoek zal alleen het vergelijken van hoeveelheden aan bod komen en niet het plaatsen van de getallen op de mentale getallenlijn, omdat kinderen tussen de vijf en zeven jaar een mentale getallenlijn hebben ontwikkeld tot en met twintig. De mentale getallenlijn tot honderd is pas ontwikkeld bij kinderen vanaf 8 jaar, waardoor dit geen representatieve en betrouwbare resultaten zal geven van getalbegrip bij kleuters (Piazza et al., 2010).

De verschillende definities en theorieën gaan echter alleen in op de betekenis van getalbegrip, maar geven geen informatie of verklaringen voor individuele verschillen binnen de ontwikkeling van getalbegrip (Duverne, Lemaire, & Vandierendonck, 2008; LeFevre, DeStefano, Coleman, & Shanahan, 2005; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Een zwak getalbegrip is een gevolg van gebrek aan ervaring en aanbod van spel, waarin getallen en hoeveelheden centraal staan (Gormley, 2007; Siegler, 2009). Dit is echter niet de enige voorspeller, ook cognitieve factoren blijken van belang te zijn in de ontwikkeling van getalbegrip. Dit geldt voor zowel de ontwikkeling van getalbegrip als latere rekenprestaties. (Bull, Andrews Espy, & Wiebe, 2006; Mazzocco & Grimm, 2013). Dit onderzoek beperkt zich tot twee cognitieve factoren, namelijk werkgeheugen en benoemsnelheid.

### **Werkgeheugen**

Het werkgeheugen is een domein-algemeen kenmerk dat betrokken is bij de uitvoer van taken die gerelateerd zijn aan getalbegrip en de basisprocessen in het leren rekenen bij jonge kinderen (Bull et al., 2006; Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001; Kroesbergen et al., 2012; Noël, 2009; Stock, Desoete, & Roeyers, 2009). Het werkgeheugen blijkt daarom samen te hangen met getalbegrip en het leren van rekenvaardigheden op de basisschool, omdat dit een centrale rol speelt in het opslaan en verwerken van numerieke informatie (Bull & Scerif, 2001; Jenks et al., 2007; Klein & Bisanz, 2000; Kroesbergen & Van Dijk, 2015; Noël, 2009; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van

Luit, 2011; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Uit de meta-analyse van Friso-van den Bos (2013) kwam naar voren dat een deel van de variantie in de prestaties op getalbegrip verklaard wordt door het werkgeheugen, op zowel symbolisch als non-symbolisch niveau. Daarnaast is gebleken dat kinderen met rekenproblemen lagere resultaten behaalden op werkgeheugentaken ten opzichte van kinderen met goede rekenvaardigheden (Krajewski & Schneider, 2009; Van der Sluis, Van der Leij, & De Jong, 2005).

Het multi-componentenmodel van Baddeley (1992) gaat er vanuit dat het werkgeheugen bestaat uit verschillende componenten waarin specifieke informatie wordt opgeslagen en verwerkt (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). Elke component heeft een functie en is op een andere manier gerelateerd aan de ontwikkeling van getalbegrip (Alloway et al., 2006; Baddeley, 1992). Volgens dit model bestaat het werkgeheugen uit de centraal executieve en twee slaafsystemen: de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok. De centraal executieve is verantwoordelijk voor de verwerking en het evalueren van de informatie die via de slaafsystemen binnenkomt, zodat de relevante en benodigde informatie wordt behouden (Baddeley, 1996). De centraal executieve bestaat uit drie functies: shifting, updating en inhibitie (Miyake et al., 2000). Voor getalbegrip blijkt voornamelijk updating van belang te zijn, omdat deze functie betrekking heeft op het actief bewerken en onthouden van informatie bij sommen of taken die door middel van tussenstappen opgelost moeten worden om tot een eindresultaat te komen (Baddeley & Hitch, 1974; Friso-van den Bos, 2013). De fonologische lus, oftewel het verbaal werkgeheugen, is verantwoordelijk voor het opslaan van verbale informatie en speelt een rol in het opslaan en actief benoemen van telwoorden (Baddeley, 1992; Lee & Kang, 2002). Verschillende onderzoeken toonden een verband aan tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip (Jenks et al., 2007; Jordan et al., 2010; Noël, 2009). Kinderen met een zwak verbaal werkgeheugen bleken meer moeite te hebben in de ontwikkeling van de telvaardigheden ten opzichte van kinderen met een sterk verbaal werkgeheugen (Jenks et al., 2007; Noël, 2009). Overigens zijn er ook studies die geen verband aantoonde (Costa et al., 2011; Kyttälä, Aunio, & Hautamäki, 2010).

Het visueel-ruimtelijk schetsblok, ook wel het visueel-ruimtelijk werkgeheugen genoemd, is verantwoordelijk voor het opslaan van statische of dynamische visueel-ruimtelijke informatie, zoals kleuren en vormen of routes en locaties (Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Raghubar et al., 2010). Voor getalbegrip blijkt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen voornamelijk gebruikt te worden voor het koppelen van een hoeveelheid aan een getal (Ansari et al., 2003). Meerdere studies tonen een verband aan tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Zo liet het onderzoek van Klein &

Bisanz (2000) een relatie zien tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en non-verbale rekentaken bij kleuters. Dit resultaat werd bevestigd door Rasmussen & Bisanz (2005) en kwam ook naar voren uit het onderzoek van Kleemans, Segers & Verhoeven (2011). Echter, uit longitudinaal onderzoek van Barnes en collega's (2011) bleek het visueel-ruimtelijk werkgeheugen juist een voorspeller te zijn van verbale getalbegriiptaken. Daarnaast blijkt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, getalbegrip op symbolisch niveau te kunnen voorspellen (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014). Vanuit onderzoek zijn er dus verschillende resultaten gevonden met betrekking tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip.

### **Benoemsnelheid**

Naast werkgeheugen blijkt benoemsnelheid van belang voor de ontwikkeling van getalbegrip en rekenvaardigheden bij kinderen, omdat dit een rol speelt in het verwerken en verkrijgen van getallen en hoeveelheden (Koponen, Mononen, Räsänen, & Ahonen, 2006). Zo toonden twee studies aan dat kinderen met een tekort in de rekenvaardigheden lagere scores behaalden op benoemsnelheidstaken (Mazzocco & Grimm, 2013; Van den Bos, Zijlstra, & Lutje Spelberg, 2002). De benoemsnelheid kan gedefiniëerd worden als het snel verkrijgen en benoemen van bekende symbolen, zoals getallen, en is het resultaat van verwerkingssnelheid en getalkennis (Denckla & Rudel, 1974; Koponen et al., 2006). Wanneer er moeilijkheden zijn in het opslaan of in de snelheid van het verkrijgen van materiaal uit het geheugen kan dit leiden tot problemen in het leren of uitvoeren van rekenvaardigheden, omdat de basiskennis van getallen niet goed geautomatiseerd is (Geary & Hoard, 2001; Räsänen & Ahonen, 1995). Uit onderzoek zijn tegenstrijdige bevindingen naar voren gekomen over het gebrek in benoemen van alfanumeriek materiaal (cijfers) of non-alfanumeriek materiaal (kleuren) bij kinderen met tekort in de rekenvaardigheden. Zo rapporteerden Landerl, Bevan en Butterworth (2004) en Van der Sluis, De Jong en Van der Leij (2004) dat kinderen met een tekort in de rekenvaardigheden een gebrek hadden in het benoemen van alfanumeriek materiaal. Andere studies toonden dit gebrek niet aan (Landerl, Fussenegger, Moll, & Willburger, 2009; Moll, Göbel, & Snowling, 2015). Uit onderzoek van Donker, Kroesbergen, Slot, Viersen en De Bree (2016) bleek juist dat kinderen tussen de 7 en 10 jaar met een tekort in de rekenvaardigheden een gebrek hadden in het benoemen van niet-alfanumeriek materiaal. Verschillende studies hebben dus een verband aangetoond tussen benoemsnelheid en rekenvaardigheden.

De benoemsnelheid is niet alleen gerelateerd aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden, maar bleek ook positief in verband te staan met het verbaal werkgeheugen

(Brown & Hulme, 1992). Dit betekent dat kinderen die sneller een item konden benoemen, meer items onthielden ten opzichte van kinderen met een trage benoemsnelheid (Swanson & Kim, 2006). Deze resultaten ondersteunen de 'cognitive load theory' (Sweller, 1980). Wanneer de werkgeheugencapaciteit grotendeels al bezet is voor het verwerken en benoemen van cijfers, omdat deze nog niet geautomatiseerd zijn, zal er minder ruimte zijn voor het onthouden of begrijpen van hoeveelheden. Dit kan de ontwikkeling van getalbegrip belemmeren, omdat de werkgeheugencapaciteit niet volledig wordt gebruikt. De snelheid waarmee kinderen getallen kunnen benoemen kan daarom moeilijkheden in de ontwikkeling van getalbegrip bij kleuters voorspellen (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003).

Als benoemsnelheid in relatie staat tot het werkgeheugen en getalbegrip, kan er sprake zijn van een modererende rol in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Kinderen met een sterke benoemsnelheid hebben meer werkgeheugencapaciteit beschikbaar om hoeveelheden te begrijpen en te onthouden ten opzichte van kinderen met een zwakke benoemsnelheid (Swanson & Kim, 2006). Hierdoor wordt er verwacht dat de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip door benoemsnelheid kan veranderen en bijvoorbeeld sterker is bij kinderen met een hoge benoemsnelheid ten opzichte van kinderen met een lage benoemsnelheid.

### **Dit onderzoek**

Het huidige onderzoek richt zich op de vraag of er een relatie is tussen het werkgeheugen en getalbegrip. Daarbij wordt gekeken naar de modererende rol van benoemsnelheid. Deze vraag zal beantwoord worden aan de hand van vijf deelvragen, namelijk: 1: Is er een verband tussen werkgeheugen en getalbegrip? 2: Is er een verband tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip? 3: Is er een verband tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip? 4: Is er een verband tussen benoemsnelheid en getalbegrip? 5: Heeft benoemsnelheid een modererend effect op de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip? De verwachtingen hierbij zijn dat zowel het verbaal als het visueel-ruimtelijk werkgeheugen in verband staan met getalbegrip (Barnes et al., 2011; Friso-van den Bos et al., 2014; Jenks et al., 2007; Noël, 2009; Rasmussen & Bisanz, 2005; Toll et al., 2011). Wat betreft benoemsnelheid wordt verwacht dat dit in verband staat met getalbegrip, omdat uit de literatuur blijkt dat er een verband is tussen benoemsnelheid en rekenvaardigheden (Donker et al., 2016; Landerl et al., 2004; Van der Sluis et al., 2004). Over het moderatie effect van de benoemsnelheid en de relatie tot getalbegrip kunnen op basis van literatuur geen verwachtingen opgesteld worden.



Gezien de de uiteenlopende resultaten van studies naar werkgeheugen en benoemsnelheid als voorspellers voor getalbegrip, is het wetenschappelijk relevant om hier onderzoek naar te doen. Daarnaast is het meeste onderzoek gericht op doelgroepen van kinderen ouder dan zeven jaar en is er weinig bekend over de modererende rol die benoemsnelheid mogelijk speelt in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Door kennis over werkgeheugen en benoemsnelheid kan meer inzicht verkregen worden in de rol die deze factoren spelen in de ontwikkeling van getalbegrip en of dit voorspellers zijn voor rekenproblemen of rekenstoornissen (Braams, 2000). Dit is van maatschappelijk belang, omdat meer kennis kan bijdragen aan vroegtijdige signalering van problemen of nieuwe interventies om rekenproblemen of rekenstoornissen op jonge leeftijd te voorkomen (Alloway & Alloway, 2010; Toll & Van Luit, 2013).

## **Methode**

### **Participanten**

Drie verschillende basisscholen die benaderd waren door middel van een selectie binnen het eigen sociale netwerk hebben deelgenomen aan dit onderzoek. Er is sprake van een gemakssteekproef met een cross-sectioneel design, omdat er in één periode van het jaar data is verzameld. Door middel van informed consent is toestemming gegeven door ouders. De participanten waren 54 kinderen afkomstig uit groep 2 en 3 van het regulier basisonderwijs in Nederland. De leeftijd varieerde tussen de 60 en 92 maanden ( $M = 64.44$ ,  $SD = .54$ ). Alle kinderen uit groep 2 volgen onderwijs op twee verschillende scholen in Noord-Brabant. De kinderen uit groep 3 waren afkomstig van een school in Noord-Holland.

### **Meetinstrumenten**

#### *Vergelijkingstaken*

Het getalbegrip is gemeten door middel van de Dutch Assessment Battery for Number Sense (DANS), waarin een meting werd gemaakt van zowel het non-symbolisch als het symbolisch getalbegrip door twee vergelijkingstaken. Bij de symbolische taak verschenen telkens twee getallen op het scherm en bij de non-symbolische taak waren dit twee hoeveelheden. Het kind moest aangeven welk cijfer of welke hoeveelheid groter is door op de A of de L-toets op het toetsenbord te drukken. Voor de taak begon werden er eerst 6 oefenitems geïntroduceerd, waarna vervolgens 43 items volgden. Onderzoek naar soortgelijke taken laat voldoende begripsvaliditeit en betrouwbaarheid zien (Clarke & Shinn, 2009; Mundy & Gilmore, 2009). Daarnaast zijn de getallenlijntaak en de Taak voor Getalbegrip in Context (CNST) afgenomen, omdat dit onderzoek deel uitmaakte van een groter

onderzoeksproject. Om getalbegrip te meten is er in dit onderzoek alleen gebruik gemaakt van de resultaten afkomstig uit de DANS.

### *Werkgeheugentaken*

Het verbaal werkgeheugen is gemeten door Word Recall Backwards, waarbij het kind verbaal woorden aangeboden kreeg en deze in omgekeerde volgorde moest herhalen. Bij elk blok werd er een woord aan de reeks toegevoegd (Alloway, 2007). De taak begon met een oefening en vervolgens met een reeks van twee woorden. Per ronde werd er een woord toegevoegd, wat op kon lopen tot een reeks van maximaal zeven woorden. Per correct herhaalde reeks behaalde het kind een punt. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is door de taak Odd One Out gemeten. Bij deze taak kwamen telkens drie plaatjes in beeld, waarbij één plaatje afweek ten opzichte van de rest. Het plaatje wat anders was moest aangewezen worden. Vervolgens verdwenen de plaatjes en moest het kind onthouden en aanwijzen waar het afwijkende plaatje zich bevond. De taken liepen op in moeilijkheidsgraad. Beide testen zijn onderdelen van de Automated Working Memory Assessment en zijn voldoende betrouwbaar en valide gebleken door middel van een test-herstest (Alloway et al., 2006). De taak Benoemen: kleuren en getallen is een test waarbij zo snel mogelijk een kleur of getal benoemd moest worden. Deze computertaak bestond uit twintig items, die onderverdeeld waren in tien kleuren en tien getallen. De participant kreeg een getal of kleur te zien die zo snel mogelijk benoemd moest worden. De testleider registreerde het antwoord. Hiermee is er een meting gemaakt van getalkennis, verwerkingssnelheid en benoemsnelheid. De opzet van de benoemtaak is deels overeenkomstig met de onderdelen Cijfers en Kleuren benoemen van de Continu Benoemen & Woorden Lezen taak, welke als betrouwbaar en valide worden beoordeeld (Van den Bos & Lutje Spelberg, 2007).

### **Procedure**

Voor het huidige onderzoek is bij alle participanten eerst de DANS afgenomen en vervolgens de OOO, WRB, de Benoemtaak en de CNST. De dataverzameling heeft plaatsgevonden op drie basisscholen in de periode van midden januari tot begin februari 2017. Door de leerkrachten is een lijst opgesteld op welke dagen en in welke volgorde de kinderen getest zouden worden. Wanneer een kind moeite ervaarde in de aandacht werd de afname van de testen opgesplitst in twee delen van beide een kwartier. Per kind duurde de testafname ongeveer een half uur. Alle testen zijn afgenomen op de computer.

### **Dataverwerking**

De onafhankelijke variabele is werkgeheugen en bestaat uit de accuratesse score van de taken voor het visueel-ruimtelijk-en verbaal werkgeheugen bij elkaar opgeteld. Het

getalbegrip is de afhankelijke variabele. Deze is tot stand gekomen door de accuratesse scores van de symbolische en de non-symbolische vergelijkingstaak samen te voegen tot één variabele. De variabele benoemsnelheid is onafhankelijk en bestaat uit de gemiddelde reactietijd van het aantal goed benoemde antwoorden van zowel getallen als kleuren. Met behulp van een hiërarchische multi-pele regressie analyse is getoetst of er een verband was tussen werkgeheugen en en getalbegrip en nagegaan of benoemsnelheid een modererend effect had op deze relatie.

### Resultaten

De beschrijvende statistieken van de getoetste variabelen zijn weergegeven in Tabel 1. Aan de voorwaarden van lineariteit, homoscedasticiteit en normaliteit werd voldaan bij de variabelen getalbegrip en werkgeheugen. De variabele benoemsnelheid bleek linksscheef te zijn verdeeld. Desondanks is deze variabele meegenomen in de parametrische toetsen. Tussen werkgeheugen en benoemsnelheid was sprake van multicollineariteit. Om deze reden zijn alle variabelen gecentraliseerd.

Tabel 1

*Beschrijvende Statistieken van de Onderzoeksgroep van Getalbegrip, Werkgeheugen en Benoemsnelheid*

Meetinstrument	<i>n</i>	M	SD	Minimum	Maximum
Symbolisch vergelijken	54	19.46	5.18	7	32
Non-symbolisch vergelijken	54	24.16	3.75	17	33
Getalbegrip <sup>a</sup>	54	43.54	7.21	28	64
Odd one out	54	8.60	2.61	4	14
Word recall backwards	54	4.24	2.08	0	11
Werkgeheugen <sup>b</sup>	54	12.83	3.82	4	21
Benoemsnelheid <sup>c</sup> : kleuren en getallen (reactietijd)	54	2765.38	1578.26	1309.4	7173.38

*Noot.* <sup>a</sup> De totaalscores van Symbolisch en Non-symbolisch vergelijken <sup>b</sup> Totaalscores van OOO en WRB. <sup>c</sup> De gemiddelde reactietijd van Benoemsnelheid.

### Regressie analyse

Om na te gaan of het verbaal-en visueel-ruimtelijk werkgeheugen voorspellers zijn voor getalbegrip is er een multi-pele hiërarchische regressie analyse uitgevoerd. Hiervoor zijn drie modellen opgesteld. Per model is eerst gekeken naar het hoofdeffect van werkgeheugen (visueel-ruimtelijk en verbaal) op getalbegrip, vervolgens naar het effect van

benoemsnelheid (reactietijd) op getalbegrip en tenslotte naar het interactie effect van werkgeheugen (visueel-ruimtelijk en verbaal) en benoemsnelheid op getalbegrip (zie ook Tabel 2).

In het eerste model werd getalbegrip voorspeld aan de hand van de variabelen werkgeheugen en benoemsnelheid. Dit bleken significante voorspellers van getalbegrip te zijn en verklaarden 24% van de variantie met een  $p$ -waarde van .04. Dit is een gemiddelde effectgrootte ( $f^2 = .32$ ). Kinderen met een sterker werkgeheugen en een trage benoemsnelheid behaalden een hogere score op de getalbegriptaken. Het interactie-effect van werkgeheugen en benoemsnelheid verklaarde een niet significante hoeveelheid variantie van getalbegrip met een  $p$ -waarde van .93 (zie ook Tabel 2).

Wanneer het werkgeheugen in het tweede en derde model opgesplitst werd in het visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen, bleken de resultaten grotendeels hetzelfde te zijn. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen voorspelde significant 12,1% van de variantie in getalbegrip met een  $p$ -waarde van .01. Er is sprake van een klein effect ( $f^2 = .14$ ). Dit geldt ook voor het verbaal werkgeheugen, wat significant 11,1%,  $p = .01$  van de variantie in getalbegrip verklaarde. Benoemsnelheid bleek alleen een significante voorspeller van getalbegrip in combinatie met het verbaal werkgeheugen en verklaarde significant 7% van de variantie met een  $p$ -waarde van .04. Dit effect is klein ( $f^2 = .22$ ). In het model van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen verklaarde benoemsnelheid een niet significante hoeveelheid variantie van getalbegrip met een  $p$ -waarde van .07. Bij zowel het visueel-ruimtelijk werkgeheugen als het verbaal werkgeheugen bleek geen sprake te zijn van een moderatie-effect van benoemsnelheid op de relatie met getalbegrip (zie ook Tabel 2).

De regressiemodellen hebben aangetoond dat werkgeheugen een belangrijke voorspeller is van getalbegrip, en dat ook benoemsnelheid een deel van de variantie verklaarde. Wanneer er een Pearson-correlatie werd uitgevoerd op de benoemsnelheid en getalbegrip bleek er echter geen sprake van een significant verband  $r(54) = .24$ ,  $p = .09$ . Zowel het verbaal- en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleken positief in verband te staan met getalbegrip. Kinderen met een hoge score op de werkgeheugentaken leken over het algemeen hoger te scoren op de getalbegriptaken. In alle drie de modellen is er geen moderatie-effect van benoemsnelheid naar voren gekomen.

Tabel 2

*Ongestandaardiseerde (B), Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressie Coëfficiënten en en Verklaarde Variantie( $\Delta R^2$ ) voor Werkgeheugen, Benoemsnelheid en Interactie effecten op Getalbegrip*

---

		B	$\beta$	SE	p	$\Delta R^2$	p
Model 1							
	Werkgeheugen	.78	.42	.24	<.01	.18	<.01
	Benoemsnelheid	<.01	.26	<.01	.04	.07	.04
	Werkgeheugen *	1.21	.01	<.01	.35	<.01	.93
	Benoemsnelheid						
Model 2							
	Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	-.96	-.35	.36	<.01	.12	.01
	Benoemsnelheid	<.01	.24	<.01	.04	.06	.07
	Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	<.01	.18	<.01	.28	<.01	.93
	* Benoemsnelheid						
Model 3							
	Verbaal werkgeheugen	1.15	.33	.45	<.01	.11	.01
	Benoemsnelheid	<.01	.28	<.01	.04	.07	.04
	Verbaal werkgeheugen *	<.01	-.09	<.01	.41	<.01	.46
	Benoemsnelheid						

### Discussie

In het huidige onderzoek stond de vraag centraal of het werkgeheugen en benoemsnelheid in verband staan met getalbegrip en of er sprake is van een modererende rol van benoemsnelheid. De hoofdvraag is beantwoord aan de hand van vijf deelvragen die zich gericht hebben op het verbaal- en visueel ruimtelijk werkgeheugen en benoemsnelheid. Uit literatuuronderzoek bleek dat zowel het werkgeheugen als benoemsnelheid van belang zijn in de ontwikkeling van getalbegrip en latere rekenvaardigheden kunnen voorspellen (Barnes et al. 2011; Donker et al., 2016; Dyson et al., 2013; Jenks et al., 2007; Jordan et al., 2007; Landerl et al., 2004).

Uit de analyses kwam een positief verband tussen werkgeheugen en getalbegrip naar voren. Dit komt overeen met resultaten uit voorgaand onderzoek dat een verband heeft aangetoond tussen het werkgeheugen en getalbegrip (Bull & Scerif, 2000; Jenks et al., 2007; Van der Ven, et al., 2012). Een deel van de variantie in getalbegrip werd verklaard door het werkgeheugen, wat overeenkomstig is met de resultaten uit een meta-analyse van Friso-van den Bos (2013).

Wanneer het werkgeheugen opgesplitst werd in het verbaal- en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleek het visueel-ruimtelijk werkgeheugen positief in verband te staan met getalbegrip. Kinderen met een sterker visueel-ruimtelijk werkgeheugen behaalden hogere resultaten op getalbegrip. De variantie in getalbegrip werd hier alleen verklaard door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en niet door benoemsnelheid. Dit betekent dat alleen het verwerken van visuele informatie getalbegrip kan voorspellen. Het voorspellend verband tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip komt overeen met resultaten uit voorgaand onderzoek (Barnes et al., 2011; Friso-van den Bos et al., 2014; Kleemans et al., 2011). Het verbaal werkgeheugen bleek ook positief in verband te staan met getalbegrip en verklaarde een deel van de variantie. Dat het verbaal werkgeheugen getalbegrip voorspelt komt overeen met resultaten van verschillende studies (Jenks et al., 2007; Jordan et al., 2010; Noël, 2009).

De benoemsnelheid bleek zowel in het model van het werkgeheugen als het verbaal werkgeheugen positief in verband te staan met getalbegrip. Een deel van de variantie van prestaties op getalbegrip werd door benoemsnelheid verklaard. Kinderen met een sterk (verbaal) werkgeheugen en een trage benoemsnelheid behaalden over het algemeen hogere resultaten op getalbegrip. Benoemsnelheid bleek in geen geval een modererend effect te hebben op de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Dat er sprake is van een verband tussen benoemsnelheid en getalbegrip is overeenkomstig met voorgaand onderzoek met betrekking tot rekenvaardigheden (Donker et al., 2016). De richting van het verband wijkt in het huidige onderzoek echter af ten opzichte van eerder gevonden resultaten, omdat naar voren kwam dat kinderen met een trage benoemsnelheid beter scoren op getalbegrip. Uit voorgaand onderzoek bleek juist dat kinderen met een trage benoemsnelheid een tekort hebben in de rekenvaardigheden (Landerl et al., 2004; Van der Sluis et al., 2004). Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat selectieve aandacht bij een benoemtaak van belang is en gezien de jonge leeftijd van de onderzoeksgroep deze aandacht mogelijk nog niet optimaal is ontwikkeld (De Groot & Van den Bos, 2014; Plude, Enss, & Brodeur, 1994). De benoemtaak werd als één na laatste taak afgenomen ten opzichte van de getalbegriptaken waarmee de afname werd gestart. Mogelijk kan een verslachte aandacht van invloed geweest zijn op de uitvoer van de benoemtaak. Deze aanname kan echter niet met zekerheid vastgesteld worden.

### **Kanttekeningen**

Bij het onderzoek zijn verschillende kanttekeningen te plaatsen. Allereerst is er sprake van een relatief kleine steekproef die niet random geselecteerd is. De representativiteit van dit

onderzoek is daarom beperkt. Daarnaast is het van belang om rekening te houden met het feit dat het onderzoek een momentopname was, waarbij van kinderen werd verwacht dat zij op hun beste niveau presteerden. Door interne of externe factoren kan dit bij kinderen verschillen en mogelijk van invloed zijn geweest op het resultaat van de taken. Verder zijn er bepaalde toetsen uitgevoerd terwijl er niet geheel voldaan werd aan de voorwaarde van een normale verdeling. Dit zou van invloed geweest kunnen zijn op het resultaat van de toets. Een standaardregressie blijkt echter vrij robuust te zijn tegen een schending van de voorwaarden van normaliteit, waardoor verwacht wordt dat dit geen verdere gevolgen heeft gehad voor dit onderzoek (Bohrnstedt & Carter, 1971).

### **Conclusie en aanbevelingen**

Het huidige onderzoek heeft opnieuw aangetoond dat verschillende cognitieve factoren voorspellers zijn voor getalbegrip. Dit geldt voor zowel het werkgeheugen als benoemsnelheid, als voor de afzonderlijke componenten van het werkgeheugen. Over de rol van benoemsnelheid met betrekking tot rekenvaardigheden was al enige kennis. Dat benoemsnelheid alleen variantie verklaarde in het model van het werkgeheugen en het verbaal werkgeheugen en niet in het verwerken van visuele informatie van getalbegrip is een nieuw inzicht. Ondanks beperkingen van het onderzoek kunnen de resultaten als opstap gezien worden voor toekomstig onderzoek naar nieuwe kennis over de rol van werkgeheugen en benoemsnelheid in de ontwikkeling van getalbegrip bij jonge kinderen. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op het werkgeheugen, door na te gaan welke onderdelen gebruikt worden bij het snel benoemen van zaken en hoe dit bijdraagt aan de ontwikkeling van getalbegrip. Als zou blijken dat een sterker werkgeheugen kan leiden tot een beter getalbegrip, zouden interventies ontwikkeld kunnen worden om het werkgeheugen te versterken of na te gaan of het trainen van werkgeheugen zinvol is. Op dit moment is daar namelijk nog geen consensus over. Werkgeheugentrainingen blijken over het algemeen maar enkele maanden te zorgen voor een verbetering van een bepaald gebied van het werkgeheugen waar de training zich op heeft gericht. Daarnaast blijkt de transfer naar andere vaardigheden vooralsnog gering te zijn (Melby-Lervåg & Hulme, 2013). Door nieuwe kennis over het werkgeheugen, benoemsnelheid en getalbegrip kunnen er vroege interventies ontwikkeld worden die een bijdrage leveren aan het verbeteren van risicofactoren, zoals een zwak werkgeheugen, waardoor rekenachterstanden of rekenproblemen op jonge leeftijd al voorkomen kunnen worden (Alloway & Alloway, 2010; Toll & Van Luit, 2013).

## Literatuur

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working: Memory Assessment: Manual*. Pearson.
- 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? *Journal of 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 visuospatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology, 85*, 50-62. doi:10.1016/S0022-0965(03)00026-2
- Aunio, P., Hautamäki, J., & Van Luit, J. E. (2005). Mathematical thinking intervention programmes for preschool children with normal and low number sense. *European Journal of Special Needs Education, 20*, 131-146. doi:10.1080/08856250500055578
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*, 556-559. doi:10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A, 49*, 5-28.
- Barnes, M. A., Stubbs, A., Raghubar, K. P., Agostino, A., Taylor, H., Landry, S. ... & Smith-Chant, B. (2011). Mathematical skills in 3-and 5-year-olds with spina bifida and their typically developing peers: A longitudinal approach. *Journal of the International Neuropsychological Society, 17*, 431-444. doi:10.1017/S1355617711000233
- Bohrnstedt, G. W., & Carter, T. M. (1971). Robustness in regression analysis. *Sociological methodology, 3*, 118-146. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/270820>
- Braams, T. (2000). Dyscalculie: Een verzamelnaam voor uiteenlopende rekenstoornissen. *Tijdschrift voor Remedial Teaching, 4*, 6-11. Retrieved from <http://www.tbraams.nl/files/uploads/documenten/dyscalculie.pdf>
- Brown, G. D., & Hulme, C. (1995). Modeling item length effects in memory span: No rehearsal needed? *Journal of Memory and Language, 34*, 594. Retrieved from <http://www.proquest.com>
- Bull, R., Andrews Espy, K., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in pre-schoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*, 205-228. doi:10.1080/87565640801982312



- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*, 273-293. doi:10.1207/S15326942DN19033
- Clarke, B., & Shinn, M. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review, 33*, 234–248. Retrieved from <https://www.researchgate.net>
- Costa, A. J., Lopes Silva, B. J., Chagas, P. P., Krinziger, H., Lonneman, J., Wilmes, K., ... Haase, V. G. (2011). A hand full of numbers: A role for offloading in arithmetics learning? *Frontiers in Psychology, 2*, 368. doi:10.3389/fpsyg.2011.00368
- Defever, E., Sasanguie, D., Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2011). Children's representation of symbolic and nonsymbolic magnitude examined with the priming paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology, 109*, 174-186. doi:10.1016/j.jecp.2011.01.002
- De Groot, B. J. A., & Van den Bos, K. P. (2014). Orienting of attention, reading and rapid naming in dutch school children. In B. de Groot (Ed.), *Neurocognitive profiling of children with specific or comorbid reading disabilities* (pp. 115-134). Antwerpen: Garant Uitgevers
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*, 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and nonsymbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology, 82*, 64-81. doi:10.1348/2044-8279.002002
- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1974). Rapid "automatized" naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex, 10*, 186–202. doi:10.1016/S0010-94527480009-2.
- Donker, M., Kroesbergen, E., Slot, E., Van Viersen, S., & De Bree, E. (2016). Alphanumeric and non-alphanumeric rapid automatized naming in children with reading and/or spelling difficulties and mathematical difficulties. *Learning and Individual Differences, 47*, 80-87. doi:10.1016/j.lindif.2015.12.011
- Duverne, S., Lemaire, P., & Vandierendonck, A. (2008). Do working-memory executive components mediate the effects of age on strategy selection or on strategy execution? Insights from arithmetic problem solving. *Psychological Research, 72*, 27–38. doi:10.1007/s00426-006-0071-5

- 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
- Friso-van den Bos, I. (2013). The relation between executive functions and number sense in primary school children: A meta-analysis. *Orthopedagogiek en Praktijk, 52*, 295-308. Retrieved from <https://www.researchgate.net>
- 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*, 23-29. 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 children: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29-44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *Journal Public Library of Science, 8*, 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0054651
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology, 15*, 635-647. doi:10.1080/02687040143000113
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 236-263. doi:10.1006/jecp.2000.2561
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it. *Social Policy Report, 22*, 1-24. Retrieved from <http://www.eric.ed.gov>
- Gormley, W. T. (2007). Early childhood care and education: Lessons and puzzles. *Journal of Policy Analysis & Management, 26*, 633-671. doi:10.1002/pam.20269
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 192-227. doi:10.1006/jecp.2000.2586
- Jenks, K. M., De Moor, J., Van Lieshout, E. C. D. M., Maathuis, K. G. B., Keus, I., & Gorter, G. W. (2007). The effect of cerebral palsy on arithmetic accuracy is mediated by

- working memory, intelligence, early numeracy and instruction time. *Developmental Neuropsychology*, 32, 861–879. doi:10.1080/87565640701538758
- 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., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Journal of Child Development*, 74, 834-850. doi:10.1111/1467-8624.00571
- 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
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22, 36-46. doi:10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors 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
- 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. doi:10.1037/h0087333
- Kleemans, T., Segers, E., & Verhoeven, L. (2011). Precursors to numeracy in kindergartners with specific language impairment. *Research in developmental disabilities*, 32, 2901-2908. doi:10.1016/j.ridd.2011.05.013
- Koponen, T., Mononen, R., Rasanen, P., & Ahonen, T. (2006). Basic numeracy in children with specific language impairment: Heterogeneity and connections to language. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49, 58-73. doi:10.1044/1092-4388
- 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

- Kroesbergen, E. H., & Van Dijk, M. (2015). Working memory and number sense as predictors of mathematical (dis-) ability. *Zeitschrift für Psychologie*, *22*, 102-109. doi:10.1027/2151-2604/a000208
- Kroesbergen, E. H., Van't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2012). Number sense in low-performing kindergarten children: Effects of a working memory and an early math training. In Z. Breznits, O. Rubinsteyn, V. J. Molfese, & D. L. Molfese (Eds.), *Reading, Writing, Mathematics and the Developing Brain: Listening to Many Voices* (pp. 295-313). Netherlands: Springer
- 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,
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition*, *93*, 99–125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004.
- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 309–324. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.006.
- Lee, K. M., & Kang, S. Y. (2002). Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual tasks. *Cognition*, *83*, 63–68. doi:10.1016/S0010-0277(02)00010-0
- LeFevre, J., DeStefano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J. I. D. Campbell (Ed.), *The Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 361–378). New York: Psychology Press
- Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, *41*, 451-459. doi:10.1177/0022219408321126
- Martin, R. B., Cirino, P. T., Sharp, C., & Barnes, M. (2014). Number and counting skills in kindergarten as predictors of grade 1 mathematical skills. *Learning and Individual Differences*, *34*, 12-23. doi:10.1016/j.lindif.2014.05.0067
- Mazzocco, M. M., & Grimm, K. J. (2013). Growth in rapid automatized naming from grades K to 8 in children with math or reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *46*, 517- 533. doi:10.1177/0022219413477475
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, *49*, 270-291. doi:10.1037/a0028228

- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Moll, K., Göbel, S. M., & Snowling, M. J. (2015). Basic number processing in children with specific learning disorders: Comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology*, *21*, 399-417. doi:10.1080/09297049.2014.899570.
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children’s mapping between symbolic and nonsymbolic representations of numbers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 490-502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003
- Noël, M. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, *45*, 1630-164 doi:10.1037/a0016224
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D. ... & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, *116*, 33-41 doi:10.1016/j.cognition.2010.03.012
- Plude, D. J., Enns, J. T., & Brodeur, D. (1994). The development of selective attention: A life-span overview. *Acta Psychologica*, *86*, 227-272. doi:10-6918(94)00006-3
- 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
- Räsänen, P., & Ahonen, T. (1995). Arithmetic disabilities with and without reading difficulties: A comparison of arithmetic errors. *Developmental Neuropsychology*, *11*, 275-295. doi:10.1080/87565649509540620
- 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
- Sasanguie, D., Defever, E., Maertens, B., & Reynvoet, B. (2014). The approximate number system is not predictive for symbolic number processing in kindergarteners. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*, 271-280. doi:10.1080/17470218.2013.803581
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low- income families. *Child Development Perspectives*, *3*, 118-124. doi:10.1111/j.1750-8606.2009.00090.x

- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2009). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: Evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic abilities. *Journal of Learning Disabilities, 43*, 250-268. doi:10.1177/0022219409345011
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence, 35*, 151-168. doi:10.1016/j.intell.2006.07.001
- Sweller, J. (1980). Transfer effects in a problem solving context. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 32*, 233-239. Retrieved from <http://www.tandfonline.com>
- 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). The development of early numeracy ability in kindergartners with limited working memory skills. *Learning and Individual Differences, 25*, 45-54. doi:10.1016/j.lindif.2013.03.00
- Van den Bos, K. P., Lutje Spelberg, H. C. (2010). *Continu Benoemen en Woorden Lezen. Een test voor het diagnosticeren van taal- en leesstoornissen: Verantwoording*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Van den Bos, K. P., Zijlstra, B. J., & Lutje Spelberg, H. C. (2002). Life-span data on continuous-naming speeds of numbers, letters, colors, and pictured objects, and word-reading speed. *Scientific Studies of Reading, 6*, 25-49. doi:10.1207/S1532799XSSR060102
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*, 239-266. doi:10.1016/j.jecp.2003.12.002
- Van der Sluis, S., van der Leij, A., & de Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading-and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 207-221. doi:10.1177/0022219405038003030
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology, 82*, 100-119. doi:10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x

Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873.

doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x