

De Relatie Tussen Werkgeheugen en Getalbegrip

Masterthesis

Cursuscode: 201500201

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen
Masterprogramma Orthopedagogiek

2015 - 2016

Universiteit Utrecht
Faculteit Sociale Wetenschappen
Departement Educatie & Pedagogiek
thesis.orthopedagogiek@uu.nl

Student: Rebecca, M. M. A. Muller
Studentnummer: 5627737
Begeleider: Dr. Ilona Friso-van den Bos
Tweede beoordelaar: Dr. Evelyn Kroesbergen
Inleverdatum: 10 juni 2016
Aantal woorden: 4.480

Samenvatting

Achtergrond: In deze studie is de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip onderzocht en is tevens gekeken of leeftijd een modererend effect had op deze relatie. **Methode:** De data van deze studie maakte deel uit van een grotere dataset bij onderzoek naar de onderliggende factoren van getalbegrip. Getalbegrip is gemeten met een getallenlijntaak, symbolische en non-symbolische vergelijkingstaak. Werkgeheugen is gemeten met behulp van enkele taken die gebaseerd zijn op de *Automated Working Memory Assessment [AWMA]*. Al deze taken zijn met behulp van een laptop met het programma *e-prime* afgenomen. In totaal hebben 157 kinderen deelgenomen aan dit onderzoek, waarvan 90 meisjes en 67 jongens in de leeftijd van 5.33 tot 11.25 jaar. **Resultaten:** Analyses zijn uitgevoerd met behulp van een Pearson correlatie analyse en hiërarchische multiële regressie. Uit de correlatie analyse bleek een positief effect tussen werkgeheugen en getalbegrip. Dit effect werd ook gevonden in de relatie tussen de slaafsystemen en getalbegrip. Leeftijd had alleen een modererend effect op de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. **Conclusie:** De gevonden relaties van het huidige onderzoek, werden op basis van eerdere studies verwacht. Daarnaast heeft het een mogelijke verklaring gevonden voor de tegenstrijdige resultaten uit eerder onderzoek. Aanbevolen wordt de rol van non-symbolische processen in getalbegrip nader te onderzoeken.

Trefwoorden: getalbegrip, werkgeheugen, verbaal, visueel-ruimtelijk, kinderen, leeftijd

Abstract

Background: The aim of this study was to investigate the relation between working memory and number sense and the moderating role of age. **Method:** The data in this current study was part of a larger test battery, which was part of a research in the underlying factors of number sense. Number sense was measured with a number line task, symbolic and non-symbolic comparison task. Working memory was measured with tasks based on the *Automated Working Memory Assessment [AWMA]*. The tasks were collected using a laptop with *e-prime*. 157 children participated from which were 90 girls and 67 boys, aged between 5.33 and 11.25 years. **Results:** Analyses were executed with a Pearson correlation analysis and a hierarchical multiple regression analysis. Working memory was positively related to number sense. The visual-spatial and verbal working memory were also positively related to number sense. The moderating effect of age was only significant on the relation of visual-spatial working memory and number sense. **Conclusion:** Current study yielded results which were expected,

based on previous studies and may have found a possible explanation for the contradictory results in previous research. Further research should investigate the role of non-symbolic processes in number sense.

Keywords: number sense, working memory, verbal, visual-spatial, children, age

De Relatie Tussen Werkgeheugen en Getalbegrip

Uit het rapport van de Inspectie van het Onderwijs (2008) blijkt dat het niet goed gaat met de basisvaardigheid rekenen. Zowel op landelijk niveau (Cito, 2013) als in internationaal vergelijkend onderzoek (Meelissen et al., 2012) zijn tegenvallende resultaten gevonden. Het rekenniveau van Nederland moet worden verhoogd. Uit onderzoek blijkt dat werkgeheugen (Duncan et al., 2007) en getalbegrip belangrijke voorspellers zijn voor rekenvaardigheid op latere leeftijd (Berch, 2005; Dehaene, 1992; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009). Getalbegrip lijkt zelfs een betere voorspeller te zijn dan algemene intelligentie (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011). Dit betekent dat problemen in getalbegrip kunnen leiden tot blijvende problemen in rekenvaardigheid (Ansari & Karmiloff-Smith, 2002; Butterworth, 2005). Daarnaast lijkt getalbegrip een belangrijke voorspeller van later schoolsucces (Duncan et al., 2007). Het doel van dit onderzoek is de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip nader te onderzoeken. Meer kennis over deze relatie, kan er aan bijdragen dat het getalbegrip onderwijs toegankelijker wordt en het rekenniveau van Nederland wordt verhoogd.

Getalbegrip

De definiëring van getalbegrip is niet eenduidig. Ondanks gebrek aan consensus, kan getalbegrip worden gezien als het inzicht dat iemand heeft in getallen en het besef dat een woord kan refereren aan een kwantitatieve vorm, zonder dat de elementen hiervan direct zichtbaar hoeven te zijn (Dehaene, 2001). Hierdoor ontwikkelt men de vaardigheid om getallen mentaal te kunnen representeren en te manipuleren (Jordan, Glutting, Ramineni, & Watkins, 2010). Kinderen met getalbegrip hebben inzicht in het verwerken, begrijpen en schatten van numerieke hoeveelheden (Dehaene, 2001). Hoewel studies naar de onderliggende factoren van getalbegrip wisselende resultaten laten zien (Cirino, 2011; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Lago & DiPerna, 2010), wordt de verdeling tussen symbolisch en non-symbolisch getalbegrip door meerdere onderzoekers ondersteund (Defever, Sasanguie, Gebuis, & Reynvoet, 2011; Holloway & Ansari, 2009; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Sasanguie, Defever, Maertens, & Reynvoet, 2014). Non-symbolische en symbolische vaardigheden lijken beide voorspellers voor latere rekenvaardigheid (Desoete, Ceulemans, De Weerd, & Pieters, 2012). Op basis van voorgaand onderzoek zal de verdeling tussen de symbolische en non-symbolische vaardigheden worden aangehouden binnen het huidige onderzoek.

Non-symbolisch getalbegrip betreft het vermogen om verschillende hoeveelheden te manipuleren en te begrijpen (Kolkman et al., 2013). Hierbij gaat het bijvoorbeeld om het

vermogen om van twee verschillende stippenwolken te zeggen welke de meeste stippen heeft. Het lijkt erop dat kinderen reeds worden geboren met de vaardigheid om verschillende hoeveelheden te vergelijken. Dit kan worden gezien als het startpunt van non-symbolische vaardigheden (Xu, Spelke, & Goddard, 2005). Oefening lijkt van belang te zijn voor een goed ontwikkeld non-symbolisch getalbegrip. Uit onderzoek van Bonny en Lourenco (2013) blijkt dat het non-symbolisch getalbegrip beter was ontwikkeld bij kinderen die door hun ouders gestimuleerd werden om te oefenen met non-symbolische getalbegrip taakjes, dan bij kinderen waarbij dit minder was gedaan. Goed ontwikkelde non-symbolische vaardigheden lijken van belang te zijn voor latere rekenvaardigheden, het zou ervoor zorgen dat kinderen hoeveelheden adequaat kunnen schatten (Rouselle & Noël, 2007).

Symbolisch getalbegrip betreft de vaardigheid om getallen te vormen uit Arabische getalsymbolen en geschreven woorden, zonder dat hierbij waarde wordt gehecht aan de hoeveelheid (Dehaene & Cohen, 1995). Het betreft het kennen van de telrij en telwoorden. Enerzijds lijkt deze vaardigheid zich met de leeftijd te ontwikkelen (Holloway & Ansari, 2009). Anderzijds is de ontwikkeling van deze vaardigheid afhankelijk van wat het kind krijgt aangeboden (Dehaene & Cohen, 1995). Evenals bij non-symbolisch getalbegrip, lijkt stimulering door de omgeving van belang bij de ontwikkeling van symbolisch getalbegrip. Op jonge leeftijd kunnen symbolisch en non-symbolisch getalbegrip worden gezien als losse processen (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014). Naarmate de leeftijd vordert, kunnen kinderen deze twee processen steeds meer integreren. Het vermogen om deze twee vaardigheden te integreren, wordt aangeduid als *mapping* (Kolkman et al., 2013).

Getalbegrip ontwikkelt zich bij de meeste kinderen als een natuurlijk proces, dankzij informeel leren in de thuis- en/ of (voor)schoolsituatie (Ginsburg, Lee, & Boyd, 2008). De ontwikkeling van deze informele kennis verloopt echter niet bij alle kinderen als vanzelfsprekend, waardoor op vijfjarige leeftijd al grote verschillen zichtbaar zijn in het niveau van getalbegrip (Aunio, Hautamäki, Sajaniemi, & Van Luit, 2009). Kinderen met een lager niveau van getalbegrip zijn meestal niet in staat dit verschil in getalbegrip in te lopen en behouden in hun onderwijs carrière een achterstand in rekenvaardigheid (Jordan et al., 2010; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Daarnaast hebben deze kinderen vaak moeite met het automatiseren van rekenfeiten (Locuniak & Jordan, 2008). De achterblijvende rekenvaardigheid is in de meeste gevallen een gevolg van kindafhankelijke kenmerken, zoals werkgeheugen en getalbegrip (Van Luit, 2014).

Werkgeheugen

Werkgeheugen lijkt samen te hangen met getalbegrip (Bull & Scerif, 2001; Van der

Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Uit onderzoek blijkt dat een deel van de variantie van getalbegrip verklaard kan worden door het werkgeheugen (Friso-van den Bos et al., 2014). Kinderen met rekenproblemen lijken zwak te presteren op werkgeheugentaken (Krajewski, & Schneider, 2009; Van der Sluis, Van der Leij, & De Jong, 2005).

Werkgeheugen is een kindafhankelijk kenmerk dat refereert aan de opslag van informatie en de capaciteit om dit gedurende een korte tijdspanne te manipuleren en te bewerken (Baddeley, 2003). Het model van Baddeley (1986, 2000) wordt in de literatuur frequent aangehaald. In eerste instantie bestond dit model uit drie verschillende subsystemen: de *central executive*, de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok. Later is hier nog een vierde component aan toegevoegd: de episodische buffer (Baddeley, 2000). De central executive kan worden omschreven als het oppersysteem met een belangrijke functie, namelijk het sturen van aandacht en het verwerken en verdelen van informatie over de slaafsystemen: de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok. De fonologische lus is verantwoordelijk voor de opslag en manipulatie van verbale informatie. Het visueel-ruimtelijk schetsblok is verantwoordelijk voor de opslag en manipulatie van visuele informatie. De episodische buffer functioneert als verbinding tussen de slaafsystemen en zorgt voor integratie van het korte- en lange termijngeheugen (Baddeley, 2000).

De verschillende componenten van het werkgeheugen lijken ieder een specifieke taak te hebben tijdens het toepassen van rekenvaardigheden (DeStefano & Lefevre, 2004). Zo zou de central executive verantwoordelijk zijn voor de verschillende stappen in het rekenproces (DeStefano & Lefevre, 2004; Fürst & Hitch, 2000). De fonologische lus lijkt belangrijk te zijn bij het coderen, tellen en onthouden van de verbale gegevens binnen de denkstappen van een berekening (Fürst & Hitch, 2000). Het visueel-ruimtelijk schetsblok lijkt een belangrijke rol te spelen bij de visuele presentatie van rekenopgaven, zoals in schema's en symbolen. Het stelt een kind in staat om zich een verbeelding te maken bij het oplossen van een rekenopgave, maar ook om deze met behulp van de vingers uit te rekenen (Kyttälä, Aunio, Lehto, Van Luit, & Hautamäki, 2003). De slaafsystemen lijken rekenprestaties op verschillende leeftijden te kunnen voorspellen (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Holmes & Adams, 2006). Jonge kinderen zouden meer een beroep doen op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, terwijl oudere kinderen meer verbale strategieën zouden gebruiken (De Smedt et al., 2009; Holmes & Adams, 2006; Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, & Van Luit, 2014). Volgens De Smedt en collega's (2009) is dit een verklaring voor het proces van tellen op de vingers, naar verbaal rekenen.

Bovenstaande laat zien dat er een sterke kennisbasis is over de relatie tussen het

werkgeheugen en rekenvaardigheden (Costa et al., 2011; Friso- van den Bos et al., 2014; Jenks et al., 2007; Xenidou-Dervou, Van Lieshout, & Van der Schoot, 2014). Gezien de samenhang tussen rekenen en getalbegrip, kan aangenomen worden dat dit ook geldt voor de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip. Om de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip beter te begrijpen, is het van belang onderscheid te maken tussen de verschillende werkgeheugencomponenten (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Eerder onderzoek naar deze relatie laat echter wisselende resultaten zien. Uit onderzoek van Passolunghi, Vercelloni en Schadee (2007) lijkt de central executive ten grondslag te liggen aan rekenproblemen bij kinderen. Daarentegen blijkt uit ander onderzoek (Bull et al., 2008) dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een belangrijke voorspeller is van voorbereidende rekenvaardigheid. Andere onderzoekers (Berg, 2008; Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013) concluderen dat de verbale aspecten van het werkgeheugen het sterkst samenhangen met rekenvaardigheden. Tot slot zijn er ook onderzoeken waaruit blijkt dat beide slaafsystemen belangrijk zijn bij het voorspellen van rekenvaardigheid (Andersson & Lyxell, 2007; Kyttälä, Aunio, & Gautamäki, 2010). De relatie tussen de verschillende werkgeheugencomponenten en getalbegrip is nog niet duidelijk.

Huidig onderzoek

Dit onderzoek tracht duidelijkheid te verkrijgen in deze tegenstrijdige resultaten en heeft als doel het in kaart brengen van de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Daarbij wordt gekeken of leeftijd een modererende rol speelt. Hierbij wordt ook gekeken naar de relatie tussen getalbegrip en de afzonderlijke slaafsystemen. De onderzoeksvraag luidt als volgt: *Is er een relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip en wordt dit gemodereerd door leeftijd?* Hierbij zijn enkele deelvragen opgesteld: (I) Is er een relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip? (II) Is er een relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip? (III) Is er een relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip? (IV) Heeft leeftijd een modererend effect op de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip? (V) Heeft leeftijd een modererend effect op de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip? (VI) Heeft leeftijd een modererend effect op de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip? Op basis van de gevonden literatuur wordt verwacht dat het werkgeheugen en getalbegrip positief met elkaar samenhangen. Daarnaast wordt verwacht dat leeftijd een modererend effect heeft op deze relatie, waarbij het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip op jonge leeftijd sterker samenhangen en dat bij oudere kinderen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip sterker samenhangen (Van de Weijer-Bergsma et al., 2014). Om deze relatie in kaart te brengen wordt een kwantitatief empirisch onderzoek uitgevoerd.

Methode

Participanten

De participanten van dit onderzoek zijn geselecteerd op basis van leeftijd. In totaal hebben 157 kinderen uit groep drie tot en met zeven meegedaan aan dit onderzoek, waarvan 67 jongens en 90 meisjes. De groep participanten bestond uit 39 kinderen uit groep drie, 40 uit groep vier, 41 uit groep vijf, 33 uit groep zes en vier uit groep 7. De participanten zijn middels een combinatie van een gemakssteekproef en quota-steekproef verkregen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het sociaal netwerk van de onderzoekers. De scholen zijn actief om toestemming gevraagd. Kinderen van de participerende scholen zijn geselecteerd op basis van leeftijd zodat er voldoende kinderen van verschillende leeftijden zouden zijn. Voorafgaand aan het onderzoek zijn alle ouders op de hoogte gesteld van de inhoud en het belang van het onderzoek en is hen actief om toestemming gevraagd.

Meetinstrumenten

Werkgeheugen.

Voor het meten van het werkgeheugen, werd gebruik gemaakt van computergestuurde taken die gebaseerd waren op de Automated Working Memory Assessment ([AWMA]; Alloway, 2007). Deze test is geschikt voor kinderen en adolescenten van vier tot tweeëntwintig jaar. Uit onderzoek is gebleken dat de AWMA een valide en betrouwbaar meetinstrument is (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). De test-hertestbetrouwbaarheid loopt van .64 tot .83 (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). Aangezien de taken binnen dit onderzoek gebaseerd zijn op de AWMA, kan worden aangenomen dat deze resultaten ook gelden voor de taken die binnen dit onderzoek zijn gebruikt.

Verbaal werkgeheugen.

Voor het verbaal werkgeheugen is gebruik gemaakt van de taken *digit recall*, *word recall forwards* en *word recall backwards*. Voor al deze taken geldt, dat het kind na vier correcte antwoorden door ging naar het volgende blok en dat de taak werd afgebroken na drie foutieve antwoorden binnen een blok. Bij de eerste taak, *digit recall*, kreeg het kind telkens een reeks getallen te horen, welke hij moest herhalen. De lengte van deze reeksen liep op tot vijf getallen. De tweede taak, *word recall forwards*, leek op de taak *digit recall*, alleen kreeg het kind geen reeksen getallen te horen maar reeksen met woorden. De lengte van deze reeksen liep wederom op tot vijf. Bij de laatste taak voor het verbaal werkgeheugen, *word recall backwards*, diende het kind de woorden die hij te horen kreeg, in omgekeerde volgorde na te zeggen. Dit waren woorden met één lettergreep en een hoge frequentie in de

Nederlandse taal. De taak begon met een reeks van twee woorden en liep op tot zeven woorden. Alvorens de taak begon, kreeg het kind twee oefentaken. Voor alle taken geldt dat de score was gebaseerd op accuratesse: voor ieder correct herhaalde reeks, kreeg het kind een punt toegekend.

Visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen werd gemeten met behulp van de taken *odd one out* en *dotmatrix*. Bij deze taken ging het kind na vier correcte antwoorden door naar het volgende blok en de taak werd afgebroken na drie foutieve antwoorden binnen een blok. Bij de eerste taak, *odd one out*, kreeg het kind telkens drie plaatjes op een rij te zien, waarvan er één anders was. Het kind moest aanwijzen welk plaatje anders was. Hierna verdwenen de plaatjes en moest het kind aangeven waar het plaatje stond dat anders was. Voor ieder correct aangewezen locatie kreeg het kind een punt toegekend. Bij de laatste taak, *dotmatrix*, kreeg het kind een raamwerk van 4x4 te zien waarin een kruisje verscheen, dat even later weer verdween. Het kind moest aanwijzen waar het kruisje stond. De taak begon met één kruisje en liep op tot zes kruisjes. Alvorens de taak begon, kreeg het kind twee oefentaken.

Getalbegrip.

Om het getalbegrip te meten, werd een testbatterij met daarin drie korte computergestuurde taken afgenomen. Tijdens de oefenitems ontvingen de kinderen feedback. Tijdens de taken kregen de kinderen enkel positieve bekrachtiging.

Getallenlijntaak.

De eerste taak was een getallenlijntaak waarbij de participant getallen moest plaatsen op een lege getallenlijn, waarop bij de uiteinden enkel de cijfers nul en honderd stonden aangegeven (Laski & Siegler, 2007). De getallen die op de juiste plaats gezet moesten worden, verschenen op een centrale plek op het beeldscherm en werden door de testleider voorgelezen. Alvorens de test begon, kreeg het kind de taak om de nul en honderd op de juiste plaats te zetten. De computer registreerde de plek die het kind aanwees, doordat de testleider deze plek met de cursor markeerde. De scores werden gebaseerd op de gemiddeld percentage absolute afwijking (*PAE*). Onderzoek naar de betrouwbaarheid van een soortgelijke taak, wijst uit dat deze voldoende is (Booth & Siegler, 2008).

Vergelijkingstaak.

De tweede en derde getalbegriptaak, waren beide vergelijkingstaken en bestonden uit twee versies: een symbolische en non-symbolische versie. Bij de symbolische variant verschenen er twee getallen op het beeldscherm. Het kind moest aangeven welke van de twee getallen het grootst was, door op de A of de L (resp. voor links en rechts op het scherm) te

drukken (Mundy & Gilmore, 2009). Alvorens de taak begon, kreeg het kind zes oefentaken. Onderzoek naar de validiteit van een soortgelijke taak als deze, laat zien dat de vergelijkingstaak voldoende begripsvalide is (Mundy & Gilmore, 2009). Dit geldt eveneens voor de betrouwbaarheid van deze taak (Clarke & Shinn, 2004).

Tot slot werd de non-symbolische vergelijkingstaak afgenomen, waarbij het kind twee stippenwolken zag verschijnen op het beeldscherm. Het kind diende, wederom door een toets op het toetsenbord in te drukken, aan te geven welke wolk de meeste stippen had (Leibovich & Henik, 2013). Alvorens de taak begon, kreeg het kind zes oefentaken. Voor de scores van de vergelijkingstaken is gekeken naar accuratesse. Voor ieder correct item kreeg het kind een punt toegekend. De test-hertest betrouwbaarheid van soortgelijke taken, wordt beoordeeld als voldoende (Sasanguie, Defever, Van den Bussche, & Reynvoet, 2011).

Procedure

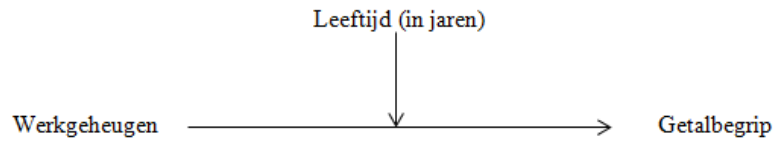
De afgenomen taken maakten deel uit van een grotere testbatterij. De taken zijn in sessies van ongeveer 30 minuten afgenomen. De belasting van de participanten is hierdoor minimaal gebleven. Zowel de getalbegrip- als de werkgeheugentaken zijn individueel afgenomen met behulp van een laptop met *e-prime*. Deze zijn afgenomen in een rustige, prikkelarme omgeving waardoor de kans op afleiding minimaal bleef. Afname van de taken was gestandaardiseerd doordat instructies voor de testleider vastgelegd waren in een handleiding.

Analyses

In dit onderzoek was getalbegrip de afhankelijke variabele en werkgeheugen de onafhankelijke variabele. Als modererende factor werd er gekeken naar de variabele leeftijd (zie Figuur 1). Om tot de werkgeheugenscores te komen, zijn composiet scores gecreëerd. Hiervoor zijn de scores van de desbetreffende taken gestandaardiseerd en vervolgens bij elkaar opgeteld. De getalbegrip score was eveneens een composiet score en bestond uit het *PAE* op de getallenlijn en de accuratesse op de symbolische en non-symbolische vergelijkingstaak. Voorafgaand aan het standaardiseren, zijn de waarden van de variabele *PAE* gespiegeld.

De assumpties zijn voorafgaand aan de analyses gecontroleerd, o.a. met behulp van de Shapiro-Wilk test en *scatterplot*. Vervolgens is met behulp van een *boxplot* bekeken of er sprake was van uitbijters. De relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip is geanalyseerd met behulp van een Pearson correlatie analyse. De samenhang tussen de slaafsystemen en getalbegrip, is daarna getoetst met behulp van een multipole hiërarchische regressie analyse. Bij de interpretatie van de resultaten, zijn de standaarden van Cohen (1988) aangehouden. In

zijn richtlijnen wordt gesproken over een klein effect ($r=0.10$), gemiddeld effect ($r=0.30$) of groot effect ($r=0.50$). Tot slot is er met behulp van een moderator analyse bekeken of leeftijd gezien kan worden als een modererende factor.



Figuur 1. Schematische weergave van de relatie tussen de (on)afhankelijke variabele en de moderator.

Resultaten

Beschrijvende statistieken

De onderzoeksgroep bestond in totaal uit 157 kinderen in de leeftijd van 5.33 tot 11.25 jaar ($M = 8.31$, $SD = 1.32$). Uit het databestand zijn op de variabele werkgeheugen twee uitbijters met extreem lage scores verwijderd. Op de variabele getalbegrip, zijn 6 uitbijters met extreem lage scores verwijderd. De beschrijvende statistieken staan in Tabel 1 weergegeven.

De Shapiro-Wilk test leverde bij de variabele getalbegrip een significante score op, de data was linksscheef verdeeld. Na het uitvoeren van een *Box-Cox* transformatie, was de data niet meer linksscheef. Het resultaat van de Shapiro-Wilk test op de werkgeheugenvariabelen, leverde geen significant resultaat op.

Tabel 1

Beschrijvende Statistieken bij de Getalbegrip- en Werkgeheugentaken

Meetinstrument	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Minimum	Maximum
Dotmatrix	157	15.80	3.37	8	24
Odd one out	157	13.34	3.47	5	20
Digit recall fwd	157	16.61	2.50	10	24
Word recall fwd	157	15.25	2.52	10	21
Word recall bwd	156	7.01	2.09	4	13
Symbolisch vergelijken	156	30.10	3.66	17	33
Non-symbolisch vergelijken	156	28.06	3.82	12	37

Getallenlijn	157	.09	.06	.03	.27
--------------	-----	-----	-----	-----	-----

Noot: fwd = forward; bwd=backward.

Correlatie analyse

Om de mate en richting van de samenhang tussen werkgeheugen en getalbegrip te meten, is een Pearson's product moment correlatie coëfficiënt (r) berekend. De bivariate correlatie tussen beide variabele is positief gebleken, met een groot effect $r(154) = .596$, $p = <.001$, eenzijdig. De proportie verklaarde variantie van werkgeheugen op getalbegrip is 35.5% ($R^2 = .355$).

Regressie analyse

Om te onderzoeken of de slaafsystemen van werkgeheugen, de getalbegriptaken konden voorspellen, is een multiële hiërarchische regressie analyse uitgevoerd. Voorafgaand aan de analyse zijn de getalbegrip- en werkgeheugenvariabelen gecentraliseerd. Daarna is een interactievariabele aangemaakt waarmee kon worden bekeken of leeftijd een modererend effect had op de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Bij de analyse zijn drie modellen opgesteld waarbij eerst is gekeken naar het hoofdeffect van werkgeheugen op getalbegrip, vervolgens naar het effect van leeftijd op getalbegrip en tot slot het interactie effect van werkgeheugen en leeftijd op getalbegrip. De resultaten van de regressie analyse zijn opgenomen in Tabel 2.

Het eerste model bestond uit de variabelen werkgeheugen, leeftijd in jaren en getalbegrip. In de eerste stap van de hiërarchische multiële regressie, verklaarde het werkgeheugen 34.6% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .346$, $F(1, 152) = 80.59$, $p = <.001$. In de tweede stap is leeftijd in jaren toegevoegd die zorgde voor een extra 11% verklaarde variantie in getalbegrip, $\Delta R^2 = .11$, $\Delta F(1, 151) = 30.83$, $p = <.001$. Bij de laatste stap is het interactie effect van werkgeheugen en leeftijd in jaren toegevoegd. Dit zorgde voor een extra niet-significante 6% van de variantie in getalbegrip, $\Delta R^2 = .006$, $\Delta F(1, 150) = 1.58$, $p = .211$. De drie variabelen samen, verklaarden 46.3% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .463$, $F(3, 150) = 43.10$, $p = <.001$. Dit gecombineerde effect is groot ($f^2 = .86$).

In het tweede model is het werkgeheugen vervangen door het verbaal werkgeheugen. Het verbaal werkgeheugen verklaarde in de eerste stap 18.9% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .189$, $F(1, 152) = 35.33$, $p = <.001$. In de tweede stap is leeftijd in jaren toegevoegd, dit zorgde voor een extra 22.3% verklaarde variantie in getalbegrip, $\Delta R^2 = .223$, $\Delta F(1, 151) = 57.12$, $p = <.001$. Bij de laatste stap is het interactie effect van verbaal werkgeheugen en leeftijd in jaren toegevoegd. Dit zorgde voor een extra niet-significante .1% van de variantie

in getalbegrip, $\Delta R^2 = .001$, $\Delta F(1, 150) = .19$, $p = .668$. De drie variabelen samen, verklaarden 41.2% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .412$, $F(3, 150) = 35.04$, $p < .001$. Dit is een groot gecombineerd effect ($f^2 = .70$).

In het derde model is het verbaal werkgeheugen vervangen door het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. In de eerste stap van de hiërarchische multipele regressie, verklaarde het visueel-ruimtelijk werkgeheugen 39% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .390$, $F(1, 153) = 97.88$, $p < .001$. In de tweede stap is leeftijd in jaren toegevoegd, dit zorgde voor een extra 8.1% verklaarde variantie in getalbegrip, $\Delta R^2 = .08$, $\Delta F(1, 152) = 23.21$, $p < .001$. Bij de laatste stap is het interactie effect van visueel-ruimtelijk werkgeheugen en leeftijd in jaren toegevoegd. Dit zorgde voor een extra 1.7% van de variantie in getalbegrip, $\Delta R^2 = .017$, $\Delta F(1, 150) = 4.87$, $p = .029$. De drie variabelen samen, verklaarden 48.7% van de variantie in getalbegrip, $R^2 = .487$, $F(3, 151) = 47.86$, $p < .001$. Dit gecombineerde effect is groot ($f^2 = .95$).

Tabel 2

Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde (β) Regressie Coëfficiënten voor de Voorspellers van Getalbegrip (N=153)

	B	β	SE	p
Model 1				
Werkgeheugen	4.06	.59	.45	*
Leeftijd	6.89	.39	1.24	*
Werkgeheugen * Leeftijd	-.43	-.08	.34	.211
Model 2				
Verbaal werkgeheugen	4.50	.43	.76	*
Leeftijd	8.83	.51	1.17	*
Verbaal werkgeheugen * Leeftijd	-.22	-.03	.52	.668
Model 3				
Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	8.78	.63	.89	*
Leeftijd	6.27	.36	1.30	*
Visueel-ruimtelijk werkgeheugen * Leeftijd	-1.49	-.13	.67	.029

Noot. * $p < .001$.

Conclusie en Discussie

Het doel van dit onderzoek was de relatie tussen de slaafsystemen van het werkgeheugen en getalbegrip te onderzoeken. Het werkgeheugen lijkt samen te hangen met getalbegrip (Bull & Scerif, 2001; Van der Ven et al., 2012). Getalbegrip en werkgeheugen

lijken daarnaast een voorspeller te zijn voor latere rekenvaardigheid (Berch, 2005; Dehaene, 1992; Duncan et al., 2007; Jordan et al., 2009). Het onderzoeken van de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip kan meer kennis opleveren, waardoor kinderen beter ondersteund kunnen worden in het rekenonderwijs (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Naast het verband tussen werkgeheugen en getalbegrip, had dit onderzoek als doel het modererend effect van leeftijd te bekijken.

Uit de correlatie analyse bleek dat werkgeheugen en getalbegrip significant met elkaar samenhangen. Dit sluit aan bij resultaten uit voorgaand onderzoek (Bull & Scerif, 2001; Van der Ven et al., 2012). De analyse heeft tevens informatie opgeleverd over de verklaarde variantie in getalbegrip. Net als in voorgaand onderzoek (Friso-van den Bos et al., 2014) duiden de resultaten van het huidige onderzoek erop dat een deel van de variantie in getalbegrip verklaard konden worden door het werkgeheugen.

In de regressie analyse is gekeken naar de samenhang tussen de slaafsystemen van het werkgeheugen en getalbegrip en het modererend effect van leeftijd. In het eerste model zijn werkgeheugen, leeftijd en het interactie effect van leeftijd en werkgeheugen opgenomen. Uit de analyse bleek dat zowel werkgeheugen als leeftijd positief samenhangen met getalbegrip, maar dat leeftijd geen modererende rol speelde. Datzelfde gold voor het tweede model waarin het werkgeheugen als geheel, plaats maakte voor het verbaal werkgeheugen. Zowel het verbaal werkgeheugen als leeftijd hingen significant samen met getalbegrip, maar leeftijd had geen modererend effect. Dit effect werd wel ontdekt in het derde model waarbij het visueel-ruimtelijk werkgeheugen was opgenomen in plaats van het verbaal werkgeheugen. Hieruit bleek dat zowel het visueel-ruimtelijk werkgeheugen als leeftijd positief samenhangen met getalbegrip, maar bleek ook dat leeftijd een modererend effect had. Dit was een negatief effect: hoe hoger de leeftijd, des te lager was de rol van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit laatste sluit aan bij bevindingen uit eerder onderzoek van Van de Weijer-Bergsma en collega's (2014). Zij concludeerden op basis van diverse onderzoeken, dat jonge kinderen meer een beroep doen op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij het leren en toepassen van rekenvaardigheden, dan oudere kinderen. Wellicht verklaart dit waarom jongere kinderen hun vingers gebruiken bij het tellen (De Smedt et al., 2009). Toekomstig onderzoek zou dit al dan niet kunnen bevestigen.

Het huidige onderzoek kent enkele beperkingen. Zo was de data van de getalbegripvariabelen niet geheel normaal verdeeld. Toch zijn deze meegenomen in de analyses omdat de *skewness*-waarde nagenoeg nul was en er sprake was van een grote sample. Hierdoor kon volgens de *central limit theorem* aangenomen worden dat de distributie normaal

verdeeld was (Dedecker, 1997) en is het onwaarschijnlijk dat er onjuiste analyses -en daarmee onterechte conclusies- zijn uitgevoerd. Wat betreft de data-verzameling kan een kanttekening worden geplaatst bij de getalbegriptaken. Zo zijn er onderzoeken bekend die de rol van non-symbolische vaardigheden betwijfelen (De Smedt Noël, Gilmore, & Ansari, 2013; Inglis, Attridge, Batchelor, & Gilmore, 2011). De non-symbolische getalbegriptaken kunnen onterecht zijn meegenomen in de analyses van dit onderzoek. Dit kan van invloed zijn op de gevonden relaties en de getrokken conclusies. Echter, er was ook voldoende ondersteuning om deze taken wel mee te nemen in de analyses (Desoete et al., 2012; Kolkman et al., 2013).

Dit onderzoek heeft ondersteunende resultaten gevonden voor de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip. Waar sommige onderzoekers echter twijfelen of beide slaafsystemen van belang zijn in de relatie met getalbegrip (Berg, 2008; Bull et al., 2008; Friso- van den Bos et al., 2013) bleek uit het huidige onderzoek dat beide slaafsystemen belangrijk zijn in deze relatie. Het modererend effect werd echter alleen ontdekt in de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Wellicht verklaart dit de wisselende resultaten die in eerdere studies zijn gevonden. Aanbevolen wordt om soortgelijk onderzoek te herhalen, zodat een eenduidig beeld kan worden gevormd over de relatie tussen de slaafsystemen en getalbegrip en het modererend effect van leeftijd. Daarnaast wordt aanbevolen om verder onderzoek te verrichten naar de rol van non-symbolische processen binnen getalbegrip en latere rekenvaardigheid. Zo lang hier nog geen duidelijkheid over bestaat, is het lastig te beoordelen of deze taken wel of niet opgenomen moeten worden in analyses.

Informatie over de samenhang tussen het werkgeheugen en getalbegrip is van groot belang voor het rekenonderwijs. Kinderen met een minder goed ontwikkeld werkgeheugen kunnen hierdoor immers geremd worden in het ontwikkelen van getalbegrip en de latere rekenvaardigheden. Meer kennis over deze relatie kan bijdragen aan het interveniëren en ondervangen van rekenproblemen. Dit onderzoek heeft getracht een bijdrage te leveren aan deze kennis.

Referenties

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Hartcourt Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuo-spatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:0009-3920/2006/7706-0014
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H. J., & Elliot, J. E. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational psychology, 28*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 197-228. doi:10.1016/j.jecp.2006.10.001
- Ansari, D., & Karmiloff-Smith, A. (2002). Atypical trajectories of number development: A neuroconstructivist perspective. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 511-516. doi:10.1016/S1364-6613(02)02040-5
- Aunio, P., Hautamäki, J., Sajaniemi, N., & Van Luit, J. E. H. (2009). Early numeracy in low-performing young children. *British Educational Research Journal, 35*, 25-46. doi:10.1080/01411920802041822
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews, 4*, 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- 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
- Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002
- Bonny, J. W., & Lourenco, S. F. (2013). The approximate number system and its relation to early math achievement: Evidence from the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology, 114*, 375-388. doi:10.1016/j.jecp.2012.09.015
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79*, 1016-1031.

doi:10.1111/j.14678624.2008.01173.x

Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 205-228.

doi:10.1080/87565640801982312

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive function as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, *19*, 273-293. doi:10.1207/S15326942DN1903_3

Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, *46*, 3-18.

doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x

Cirino, P. T. (2011). The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*, 713-733.

doi:10.1016/j.jecp.2010.11.004.

Cito. (2013). *PPON rekenen-wiskunde einde basisonderwijs*. Verkregen van

<http://www.cito.nl>

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. Verkregen van: https://www.researchgate.net/publication/262006279_A_Preliminary_Investigation_Into_the_Identification_and_Development_of_Early_Mathematics_Curriculum-Based_Measurement

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (second ed.)*.

Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

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, 1-12. doi:10.3389/fpsyg.2011.00368

Dedecker, J. (1997). A central limit theorem for stationary random fields. *Probability*

Problems and Related Fields, *110*, 397-426. doi:10.1007/s004400050153

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

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
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, *1*(1), 83-120. Verkregen van: http://books.google.nl/books?hl=en&lr=&id=eK4egLfRgGkC&oi=fnd&pg=PA83&dq=Towards+an+anatomical+and+functional+model+of%09%09number+processin+g.&ots=AE0JYYzZIG&sig=JuOSmGsxAApAleRL29WgvoTUec&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- 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
- De Smedt, B., Noël, M-P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). The relationship between symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills and the typical and atypical development of mathematics: A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience & Education*, *2*, 48-55. doi:10.1016/j.tine.2013.06.001
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, *82*(1), 64-81. doi:10.1348/2044-8279.002002
- DeStefano, D., & Lefevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, *16*, 353-386.
doi:10.1080/09541440244000328
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., . . . Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*, 1428-1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428
- 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
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, *28*, 774-782.

doi:10.3758/BF03198412

- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS One*, 8(1), 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0054651
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). *Mathematics education for young children: What it is and how to promote it*. Ann Arbor, MI: Society for Research Development. Verkregen van <http://eric.ed.gov/?id=ED521700>
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26, 339-366. doi:10.1080/01443410500341056
- Inglis, M., Attridge, N., Batchelor, S., & Gilmore, C. (2011). Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: But only in children. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(6), 1222-1229. doi:10.3758/s13423-011-0154-1
- Inspectie van het onderwijs. (2008). *Basisvaardigheden rekenen- wiskunde in het basisonderwijs*. Verkregen van <http://www.onderwijsinspectie.nl/binaries/content/assets/publicaties/2008/Basisvaardigheden+rekenen-wiskunde+in+het+basisonderwijs.pdf>
- 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., Glutting, J., Ramineni, C., & Watkins, M. W. (2010). Validating a number sense screening tool for use in kindergarten and first grade: Prediction of mathematics proficiency in third grade. *School Psychology Review*, 39, 181-195. Verkregen van: <http://search.proquest.com.proxy.library.uu.nl/openview/72e1833c89a5c7c732083df99b0ca902/1?pq-origsite=gscholar>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters:

- Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850-867. doi:10.1037/a0014939
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction*, 25, 95–103. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.12.001
- 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 Luit, J. E. H. (2003). Mathematics interventions for children with special education needs: A meta-analysis. *Remedial and Special Education*, 24, 97-114. doi:10.1177/07419325030240020501.x
- Kytällä, M., Aunio, P., & Hautamäki, A. J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology*, 51, 1-15. doi:10.1111/j.1467-9450.2009.00736.x
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J. E. H., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, 20, 65-76. Verkregen van http://www.researchgate.net/profile/Lorna_Bourke/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level/links/02e7e51ee5262398b0000000.pdf#page=67
- Lago, R. M., & DiPerna, J. C. (2010). Number sense in kindergarten: A factor-analytic study of the construct. *School Psychology Review*, 39, 164–180. Verkregen van <http://search.proquest.com.proxy.library.uu.nl/openview/8d8015b8a3437e8a12d91bb4b8969342/1?pq-origsite=gscholar>
- Laski, E. V. & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development*, 78, 1723–1743. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x
- Leibovich, T., & Henik, A. (2013). Magnitude processing in non-symbolic stimuli. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-6. doi:10.3389/fpsyg.2013.00375
- 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

- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS One*, *6*(9), 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0023749
- Meelissen, M. R. M., Netten, A., Drent, M., Punter, R. A., Droop, M., & Verhoeven L. (2012). *PIRLS-en TIMS-2011: Trends in leerprestaties in lezen, rekenen en natuuronderwijs*. Twente: Universiteit Twente
- 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
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, *22*, 165-184. doi:10.1016/j.cogdev.2006.09.001
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual differences and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, *20*, 110-122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Rousselle, L., & Noël, M. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005
- Sasanguie, D., Defever, E., Van den Bussche, E., & Reynvoet, B. (2011). The reliability of and the relation between non-symbolic numerical distance effects in comparison, same-different judgments and priming. *Acta Psychologica*, *136*, 73-80. doi:10.1016/j.actpsy.2010.10.004
- 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
- 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. *Journal of Learning Disabilities*, *44*, 521-532. doi:10.1177/0022219410387302
- 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:10.1177/00222194050380030301
- 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

Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2014). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory and Cognition*, 43, 367-378.

doi:10.3758/s13421-014-0480-4

Van Luit, J. E. H. (2014). Remediëring bij rekenzwakke kleuters met een beperking in werkgeheugen en/of intelligentie. In P. Goudena, R. de Groot, & J. Jansens (Red.), *Orthopedagogiek: State of the art* (pp. 43-56). Antwerpen-Apeldoorn: Garant.

Xenidou-Dervou, I., Van Lieshout, E. C. D. M., & Van der Schoot, M. (2014). Working memory in nonsymbolic approximate arithmetic processing: A dual-task study with preschoolers. *Cognitive Science*, 38, 101-127. doi:10.1111/cogs.12053

Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science*, 8, 88-101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x