

## Bachelorthesis

Het werkgeheugen en getalbegrip bij kleuters uit groep twee

Pedagogische Wetenschappen

Universiteit Utrecht

Cursuscode 200600042

Naam studenten: Baukje Boersma 4173724

Gesine Nijzink 4173791

Begeleidster: Bernadette van de Rijt

Werkgroep: 18

Datum: 18 juni 2016

### Abstract

**Aim** In literature both numeracy and working memory are seen as predictors of mathematic skills. However there is little known about the relation between these predictors and even less particular for children without formal math education. In line with the model of Baddeley (1992) verbal working memory and visual-spatial memory are separated. The aim of the current study is to investigate whether there is a relation between numeracy and working memory in young children. **Method** To answer this question 61 children of two different schools have been tested with three different tests. To measure numeracy the Utrechtse Getalbegrip Toets Revised (UGT-R) is used. Cijferreeksen and the Knox Blokkentest are used to measure working memory. A Pearson-correlation is used to conclude if there is a relation between the two variables. **Results** It is shown that there is a significant correlation between working memory and numeracy in young children. However, there is a difference in correlation between verbal working memory and visual-spatial in numeracy for both age and school. **Conclusion** This study shows a relation between working memory and numeracy in young children, but also highlights the difference in relation when both components (verbal working memory and visual-spatial working memory) are separated. Findings illustrate the importance of other explanations for the relation between visual-spatial working memory and numeracy. Other directions for future research are discussed.

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

### Het Werkgeheugen en Getalbegrip bij Kleuters

Al op jonge leeftijd komen kinderen in hun dagelijkse leven voortdurend in aanraking met getallen en hoeveelheden. Dit gebeurt met name door spel en informele situaties (Ginsburg, Lee & Boyd, 2008). Door deze ervaringen begint de getalgevoeligheid zich te ontwikkelen (Aunio, Hautamäki, Heiskari, & Van Luit, 2006). Kinderen krijgen kennis van onderwerpen als ruimte, vorm, patronen van getallen en hoeveelheid (Ginsburg et al., 2008). Vanaf de kleutertijd (vier tot zes jaar) gaan kinderen naar school. Doordat er in de klas doelgericht en formeel gewerkt wordt met getallen en hoeveelheden wordt deze kennis uitgebreid. Op die manier komt de ontwikkeling van het getalbegrip bij kleuters op gang, krijgen zij meer interesse in tellen en begint het inzicht in het beschrijven van hoeveelheden te groeien (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014; Van Nes & Van Eerde, 2010).

#### **Getalbegrip**

Getalbegrip wordt in het 'triple code model' van Dehaene (1992) gedefinieerd als de vaardigheid om numerieke hoeveelheden te begrijpen en te manipuleren, op zowel symbolisch (verbaal, arabische getallen) als non-symbolisch niveau (analoog). Dit betekent dat een goed ontwikkeld getalbegrip bij kinderen ervoor zorgt dat zij zich

bewust zijn van het feit dat een getal meerdere functies en betekenissen kan hebben (Ginsburg, 1977). Binnen deze ontwikkeling van het getalbegrip kunnen volgens de theorie van Krajewski en Schneider (2009) drie niveaus worden onderscheiden. Bij het eerste niveau kunnen kinderen verbaal onderscheid maken tussen bijvoorbeeld veel of weinig, maar maken zij hierbij nog geen gebruik van getallen. Bij het tweede niveau zien kinderen het verband tussen een hoeveelheid en een getal. Een voorbeeld hiervan is dat 100 wordt bestempeld als 'heel veel'. Tenslotte gaan kinderen bij het derde niveau begrijpen wat een getal betekent en kunnen zij bijvoorbeeld het getal 3 tussen de 2 en de 4 plaatsen (Krajewski & Schneider, 2009).

Het belang van de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen is duidelijk geworden uit de resultaten van verschillende onderzoeken (o.a. Dyson, Jordan, & Glutting, 2013; Jordan & Kaplan, 2009). De ontwikkeling van het getalbegrip is een voorspeller voor rekenvaardigheden gebleken, zowel op de korte- als op de langere termijn (Dyson et al., 2013; Jordan & Kaplan, 2009). Zo bleek getalbegrip bij kleuters een goede voorspeller te zijn voor de rekenvaardigheden in groep drie, maar ook voor latere rekenprestaties gedurende de basisschoolperiode. Deze resultaten wijzen op een relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheden (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Sasanguie, Göbel, Moll, Smets, & Reynvoet, 2013). Ook blijven de gevolgen van een minder goed ontwikkeld getalbegrip niet beperkt tot het gebied van rekenvaardigheden. Problemen op het gebied van rekenen kunnen immers grote gevolgen hebben en kunnen leiden tot beperkingen binnen verschillende opleidingen in bijvoorbeeld de techniek, wiskunde of natuurkunde (Jordan & Kaplan 2009). Een zwak getalbegrip zorgt er ook voor dat de kinderen zelf de relevantie en mogelijkheden van rekenen niet begrijpen en hierdoor minder gemotiveerd zijn (Reys et al., 1999).

### **Werkgeheugen**

Niet alleen getalbegrip, maar ook het werkgeheugen kan worden gezien als voorspeller van rekenvaardigheden (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Espy et al., 2004; Geary et al., 2013; Kolkman et al., 2013; Sasanguie et al., 2013;). In de literatuur wordt het werkgeheugen ook wel als synoniem van het korte-termijn geheugen gebruikt. Het werkgeheugen kan echter, naast het opslaan van informatie voor een korte periode, de informatie ook manipuleren (Baddeley, 1992; Gathercole, Alloway, Willis & Adams, 2006). Volgens het multi-componentenmodel van Baddeley (1992) bestaat het werkgeheugen uit drie componenten waarin specifieke informatie wordt opgeslagen en verwerkt (Alloway et al., 2006). Deze componenten hebben elk hun eigen capaciteit en functie (Baddeley, 1992; Friso-van den Bos et al., 2014). De fonologische lus, ook wel het verbaal werkgeheugen genoemd, is verantwoordelijk voor de tijdelijke opslag van verbaal aangeboden informatie. Het visueel-ruimtelijk kladblok, ook wel het visueel-

ruimtelijk werkgeheugen genoemd, is vooral gericht op de tijdelijke opslag van visueel-ruimtelijke informatie, maar speelt ook een rol in het manipuleren van mentale beelden (Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Raghubar, Barnes & Hecht, 2010; Repovs & Baddeley, 2006). De derde component, de episodische buffer, is pas later aan het model toegevoegd. Deze component slaat informatie over gebeurtenissen op en stuurt deze informatie door. De episodische buffer staat daardoor meer in verbinding met het lange-termijn geheugen (Baddeley 2003). Alle drie componenten zijn ondergeschikt aan een centraal besturingssysteem (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). Deze haalt en bewerkt informatie uit het lange-termijn geheugen en onderdrukt automatische responsen (Van der Molen, Van Luit, Jongmans, & Van der Molen, 2007). Het huidige onderzoek richt zich slechts op het verbaal en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

### **Belang werkgeheugen**

Uit verschillende onderzoeken is het belang van een goed werkgeheugen met betrekking tot getalbegrip en rekenvaardigheid gebleken (Alloway & Alloway, 2010; Gathercole, 2006; Kroesbergen & Van Dijk, 2015; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Volgens Kroesbergen en Van Dijk (2015) is het werkgeheugen van belang in de rekenvaardigheden, omdat zowel de opslag als de verwerking van numerieke informatie een rol speelt in het leren van deze vaardigheden (Kroesbergen & Van Dijk, 2015). Het werkgeheugen blijkt ook een belangrijke voorspeller te zijn voor het leren van rekenvaardigheden op de basisschool (Toll et al., 2011). Ook is gebleken dat zowel leerproblemen op het gebied van rekenen als leerproblemen op het gebied van taal een relatie hebben met het werkgeheugen bij kinderen (Alloway & Alloway, 2010; Gathercole et al., 2006).

#### *Verbaal werkgeheugen*

Wanneer gekeken wordt naar elk van de componenten van het werkgeheugen afzonderlijk blijkt dat het verbaal werkgeheugen tijdens de gehele basisschoolperiode in relatie staat met de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Kyttälä, Aunio, Lehto, Van Luit, & Hautamäki, 2003). Dat er ook een verband is tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip wordt geconcludeerd uit verschillende empirische onderzoeken (Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Jenks et al., 2007; Noël, 2009). Hieruit blijkt met name een relatie tussen verbaal werkgeheugen en de telvaardigheden van kleuters. Kinderen hebben meer moeite met tellen wanneer zij over een zwakker werkgeheugen beschikken ten opzichte van kinderen die een sterker verbaal werkgeheugen hebben (Jenks et al., 2007; Noël, 2009). Desalniettemin zijn er ook studies die geen verband hebben gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip (Costa et al., 2011; Kyttälä, Aunio, & Hautamäki, 2010).

#### *Visueel-ruimtelijk werkgeheugen*

Meer specifiek onderzoek naar de functie van het werkgeheugen heeft ook laten zien dat met name het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een grote rol speelt bij getalbegrip en rekenvaardigheden (Ansari et al., 2003; Bull et al., 2008; Kyttälä et al., 2003). Zo wordt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen gebruikt voor het koppelen van een hoeveelheid aan het bijbehorende getal (Ansari et al., 2003). Dit hoort bij het tweede en derde ontwikkelingsniveau van getalbegrip volgens de eerder beschreven ontwikkelingsniveaus (Krajewski & Schneider, 2003). Met betrekking tot rekenvaardigheid lijkt visueel-ruimtelijk werkgeheugen met name belangrijk voor beginnende rekenaars, kinderen vanaf groep drie van het basisonderwijs. Zij hebben het visueel-ruimtelijk werkgeheugen nodig bij het oplossen van rekenproblemen. Oudere basisschool kinderen gebruiken deze component minder. Zij maken meer gebruik van verbale oplossingsstrategieën. Ook halen oudere kinderen vaker informatie uit het lange termijn geheugen door middel van het centrale besturingssysteem (Baddeley, 1992; De Smedt et al., 2009).

### **Relevantie**

Gezien de verschillende resultaten van studies die zich gericht hebben op de relatie tussen het werkgeheugen en het getalbegrip, lijkt het wetenschappelijk relevant om deze relatie nader te onderzoeken. Bovendien zijn er betrekkelijk weinig studies die zich gericht hebben op de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip, ondanks het feit dat zowel het werkgeheugen als het getalbegrip belangrijke voorspellers zijn voor succes in de rekenvaardigheden (Jordan et al., 2010). Ook lijkt er sprake te zijn van een samenhang tussen een zwak werkgeheugen en rekenstoornissen (Braams, 2000). Het werkgeheugen zou daarom gebruikt kunnen worden als voorspeller voor het ontwikkelen van rekenproblemen of rekenstoornissen. Kinderen met een zwak werkgeheugen lopen mogelijk een hoog risico op het ontwikkelen van deze problemen en door het werkgeheugen te meten kan dit vroegtijdig gesignaleerd worden (Toll & Van Luit, 2013). Dit onderzoek is daarom naast wetenschappelijk relevant ook maatschappelijk relevant. Kennis over deze mogelijke relatie kan leiden tot vroege screening en eventuele interventies om een rekenachterstand bij kinderen te voorkomen (Alloway & Alloway, 2010).

### **Probleemstelling**

Hoewel het dus belangrijk is om meer inzicht te hebben in de relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip, is er weinig kennis over deze relatie. Het onderzoek dat zich hier wel op heeft gericht is voornamelijk toegespitst op kinderen vanaf groep drie van het basisonderwijs. De kennis van de relatie op jongere leeftijd ontbreekt, terwijl deze kennis wel bij zou kunnen dragen aan het eerder inzetten van interventies. Het huidige onderzoek richt zich op de vraag of er een verband is tussen het werkgeheugen en getalbegrip bij kleuters uit groep twee van het basisonderwijs. Deze vraag zal

beantwoord worden aan de hand van twee deelvragen, namelijk of er een verband is tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip en of er een verband is tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. De verwachting hierbij is dat beide componenten in verband staan met getalbegrip (Ansari et al., 2003; Bull et al., 2008; Jenks et al., 2007; Jordan et al., 2010; Kyttälä et al., 2003; Noël, 2009)

## **Methode**

### **Participanten**

In dit onderzoek zijn er twee basisscholen benaderd die makkelijk bereikbaar en toegankelijk waren door middel van een selectie binnen het eigen sociale netwerk. Daarom is er sprake van een gemakssteekproef. De participanten van het huidige onderzoek zijn 61 kleuters (33 jongens en 28 meisjes) uit groep twee van het reguliere basisonderwijs in Nederland. De leeftijd varieert tussen de 5 en 7 jaar (65-81 maanden,  $M = 72.16$  maanden,  $SD = 3,85$  maanden). De participanten volgen onderwijs op twee verschillende scholen waarvan één in Zuid-Holland en één in Overijssel.

### **Procedure**

Voor dit onderzoek zijn twee reguliere basisscholen benaderd met met de vraag of zij een bijdrage wilden leveren aan dit onderzoek door toestemming te geven voor het afnemen van de Utrechtse Getalbegrip Toets – Revised (UGT-R) en werkgeheugentesten bij kleuters. Nadat beide scholen toestemming verleenden zijn er afspraken gemaakt op welke momenten de testafname zou plaatsvinden in de periode van half maart tot begin april. Vervolgens is op één van de scholen een brief aan ouders rondgestuurd met daarin informatie over dit onderzoek en werd de mogelijkheid geboden om bezwaar te maken. Op de andere school was de toestemming door ouders om mee te werken al verleend bij het aanmelden van het kind op de school.

Door de leerkrachten van de scholen is er voorafgaande aan het onderzoek een lijst opgesteld van welke kinderen deel zouden nemen aan de afname. Daarom is de steekproef van de participanten in dit geval select en niet gerandomiseerd. Bij alle participanten zijn eerst de testen afgenomen die een meting maakten van het werkgeheugen waarop de afname van de UGT-R volgde. In sommige gevallen, wanneer bekend was dat een kind wat zwakker was of aandachtsproblemen had, werd de afname opgesplitst door eerst de testen voor het werkgeheugen af te nemen en na de pauze of de eerstvolgende testdag de UGT-R af te nemen. Met de UGT-R werd er afgewisseld tussen het afnemen van versie A of versie B. In totaal hebben 14 meisjes en 16 jongens versie A gemaakt en 14 meisjes en 17 jongens versie B.

### **Meetinstrumenten**

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is gebruik gemaakt van verschillende testen om het getalbegrip en werkgeheugen te meten. Hieronder worden deze testen kort uitgewerkt.

### *Getalbegrip*

Om getalbegrip te meten is de UGT-R afgenomen (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Deze toets is bedoeld voor kinderen van groep één tot en met drie van het basisonderwijs en heeft als doel om een indicatie te krijgen van de mate waarin de leerling voorbereidend rekenen beheerst, passend bij zijn of haar leeftijd (Van Luit & Van de Rijt, 2009). De UGT-R heeft twee soortgelijke versies (A en B) met elk 45 opgaven. Deze opgaven kunnen worden onderverdeeld in verschillende subschalen namelijk: vergelijken, hoeveelheden koppelen, één-op-één correspondentie, ordenen, telwoorden gebruiken, synchroon en verkort tellen, resultaatief tellen, toepassen van kennis van getallen en schatten. Elke opgave wordt gescoord met goed of fout. Het aantal goed beantwoorde opgaven vormt de ruwe totaalscore. De normen uit 2009 worden, evenals de betrouwbaarheid door de Commissie Testaangelegenheden Nederland (COTAN) beoordeeld als voldoende (Egberink, Janssen, & Vermeulen, 2005). Volgens de handleiding van de UGT-R is de toets een betrouwbaar meetinstrument is ( $\alpha = 0.93$ ) (Van Luit & Van de Rijt, 2009). De begrips- en criteriumvaliditeit worden als onvoldoende bestempeld vanwege gebrek aan onderzoek. Het is dus nog niet duidelijk of precies gemeten wordt wat beoogt wordt te meten of dat de UGT-R een voorspellende waarde heeft (Egberink et al., 2005; Evers, Braak, Frima & Van Vliet-Mulder, 2009).

### *Werkgeheugen*

Het werkgeheugen is, in lijn met het model van Baddeley (1992), opgesplitst in het verbaal werkgeheugen en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het verbaal werkgeheugen is gemeten met een subtest van de Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC – III), namelijk Cijferreeksen. Bij deze subtest is zowel het voorwaartse als het achterwaartse onderdeel afgenomen. De participant moet verschillende reeksen met cijfers herhalen die door de onderzoeker verbaal worden aangeboden. De WISC – III is door de Cotan beoordeeld als voldoende betrouwbaar. De begripsvaliditeit is voldoende wat betekent dat de WISC – III beoogt te meten wat het wil meten. De criteriumvaliditeit is door de COTAN beoordeeld als onvoldoende wat betekent dat de resultaten van de WISC – III geen voorspellende waarde hebben (Tak, Bosch, Begeer & Albrecht, 2014). Omdat er geen specifiek onderzoek gedaan is naar de betrouwbaarheid en validiteit van de subtesten van WISC-III wordt er in dit onderzoek vanuit gegaan dat de score op de subtest cijferreeksen voldoende betrouwbaar en valide is voor het huidige onderzoek.

Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is gemeten door middel van de Knox blokkentest (Pintner, 1915). Bij deze test staan er voor het kind vier blokjes op een rij van gelijke grootte. Deze blokjes wijst de testleider steeds in een bepaalde volgorde aan. Het kind moet deze volgorde op de juiste manier herhalen. De herziene versie van deze test is gebruikt, waarbij de reeks na één keer aanwijzen niet herhaald mag worden. Volgens de studie van Bornstein (2008) meet de Knox blokkentest wat deze beoogt te

meten en is de test dus valide. De resultaten van de Knox blokkentest kwamen in dit onderzoek overeen met de resultaten van de andere meetinstrumenten die ook het visueel-ruimtelijk werkgeheugen meten, zoals de Digit Span Backwards en de Speech Perception test die beide valide zijn (Bornstein, 2008). De interne consistentie van de Knox lijkt niet betrouwbaar te zijn, waardoor er geen vergelijking gemaakt kan worden met een populatie. De score op de Knox kan wel op individueel niveau worden bekeken. Hierdoor kunnen afwijkingen ten opzichte van de onderzoeksgroep opgespoord worden (Lindeboom & Matto, 1994).

### **Verantwoording**

De wetenschappelijke doelstelling van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen in hoe werkgeheugen en getalbegrip met elkaar in verband staan en dit toe te lichten. Dit is relevant omdat beide belangrijke voorspellers zijn voor succes in de rekenprestaties (Jordan et al., 2010). Zoals eerder werd genoemd is dit onderzoek ook van maatschappelijk belang. Binnen het onderzoek zijn enkele ethische kwesties naar voren gekomen die hieronder toegelicht zullen worden.

Het informed consent is een ethische kwestie die ter sprake is gekomen, omdat de kinderen zelf niet op de hoogte zijn gesteld van het doel van dit onderzoek. De regels van de school zijn gehandhaafd met betrekking tot informed consent tot de ouders. Bij één school zijn de ouders op de hoogte geweest van het doel van het onderzoek, bij de andere school was dit slechts bekend bij de leerkrachten. Hierdoor is er in beperkte mate sprake van indirecte informed consent. Hoewel de testafname met name gericht is geweest op het leerproces van de onderzoekers hebben de kinderen tijdens de testafname positieve ervaringen opgedaan omdat zij geprezen en beloond werden na de uitvoer van de testen door middel van een sticker. De onderzoekssituatie werd zo ontspannen mogelijk gemaakt. Op die manier ervoeren kinderen minder prestatiedruk maar werd het een speelse ervaring met één op één aandacht. De setting van het onderzoek was in beschikbare ruimtes binnen de vertrouwde omgeving van de school. Doordat ouders, school en kinderen zo min mogelijk belast worden en er sprake is van maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie is dit onderzoek ethisch verantwoord.

### **Dataverwerking en statistische analyse**

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een cross-sectioneel onderzoeksdesign, omdat er maar één periode is gebruikt om data te verzamelen en dit design passend was bij de beperkte tijd waarin dit onderzoek uitgevoerd werd. Zowel de score van de UGT als de score van de werkgeheugentesten, Cijferreeksen en Knox-blokkentest, zijn van ratio meetniveau. Een Pearson-correlatie is passend, omdat er een verband wordt verwacht tussen deze twee variabelen. Bij de UGT-R zal de totaalscore gebruikt worden als afhankelijke variabele. Bij de werkgeheugentesten worden de totaalscore van de Knox en de totaalscore van de subtest Cijferreeksen beide gebruikt als onafhankelijke variabelen.



Er zal tweezijdig worden getoetst omdat de hypothesen niet in een bepaalde richting wijzen. Bij de toetsing van de hypothesen zal er een significantieniveau van 5% worden gehanteerd vanwege het beperkte aantal participanten. Ten behoeve van het leerproces is ervoor gekozen om de toetsen ook uit te voeren wanneer er niet aan alle voorwaarden voor een toets wordt voldaan.

## Resultaten

### Werkgeheugen en getalbegrip

De hoofdvraag van het huidige onderzoek is of er een verband is tussen getalbegrip en werkgeheugen bij kleuters uit groep twee van het basisonderwijs. Op basis van de literatuur wordt verwacht dat er een verband is tussen de totaalscore op de werkgeheugentesten en de totaalscore op de UGT-R. De beschrijvende statistieken van deze variabelen kunnen gevonden worden in Tabel 1.

Tabel 1

*Beschrijvende statistieken van de totaalscore UGT-R en de werkgeheugen score*

	UGT-R			Werkgeheugenscore*		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<73 maanden	32	27.56	6.73	32	6.28	1.86
>72 maanden	29	31.76	5.65	29	6.66	1.60
School 1	30	32.90	3.93	30	7.00	1.28
School 2	31	26.32	6.98	31	5.94	1.97

\*Gemiddelde van Totaalscore cijferreeksen en Knox score

Voordat een Pearson-correlatie kan worden uitgevoerd is er gecontroleerd op de voorwaarden van normaliteit, onafhankelijkheid, lineariteit en homoscedasticiteit. Uit een Shapiro-Wilk test is gebleken dat de scores van de UGT-R niet normaal verdeeld zijn. Aan de overige voorwaarden is wel voldaan. In dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat de mate waarin aan deze voorwaarden voldaan wordt gelijk blijft, omdat steeds gebruik gemaakt wordt van dezelfde onafhankelijke variabelen. De correlatie-toets heeft een verband aangetoond tussen totaalscore UGT-R en werkgeheugenscore dus de hypothese kan worden aangenomen,  $r(59) = .553$ ,  $p = <.001$ .

Uit de literatuur is gebleken dat het verbaal werkgeheugen een blijvende relatie heeft met getalbegrip en rekenvaardigheden. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is daarentegen met name bij beginnende rekenaars belangrijk en op latere leeftijd minder. Om dit te toetsen bij kleuters is er onderscheid gemaakt tussen een groep kinderen met een leeftijd onder het gemiddelde van de onderzoekspopulatie (<73 maanden;  $M_{\text{totaal}} = 72$  maanden) en een groep kinderen met een leeftijd boven het gemiddelde van de onderzoekspopulatie (>72 maanden). Ook is er onderscheid gemaakt op basis van scholen, namelijk school 1 (Zuid-Holland) en school 2 (Overijssel). Uit een onafhankelijke

t-toets is gebleken dat deze leeftijdsgroepen significant van elkaar verschillen,  $t(59) = -10,24, p < .001$ .

#### *Leeftijdsgroep en totaalscore UGT-R*

De verwachting is dat voor de leeftijdsgroepen geldt dat de gemiddelde totaalscores op de UGT-R niet gelijk zijn. Om na te gaan of deze scores significant van elkaar verschillen is er een onafhankelijke t-toets uitgevoerd. Uit de Levene's test blijkt dat er gelijkheid is in variantie. Omdat er een significant verschil is gevonden tussen de gemiddelde totaalscore op de UGT-R kan worden aangenomen dat de gemiddelde totaalscores van beide leeftijdsgroepen verschillen,  $t(59) = -2,62, p = .011$ .

#### **Verbaal werkgeheugen**

Op basis van de besproken literatuur wordt verwacht dat er een verband zal worden gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip. De beschrijvende statistieken van deze variabelen kunnen gevonden worden in Tabel 2.

Tabel 2

#### *Beschrijvende statistieken van de totaalscore UGT-R en de score op Cijferreeksen*

	UGT-R			Cijferreeksen		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<73 maanden	32	27.56	6.73	32	7.38	2.06
>72 maanden	29	31.76	5.65	29	7.86	1.77
School 1	30	32.90	3.93	30	8.30	1.54
School 2	31	26.32	6.98	31	6.94	2.05

Tussen de totaalscore op Cijferreeksen en de totaalscore op de UGT-R is een Pearson-correlatie uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er een significant positief verband is tussen de totaalscore op Cijferreeksen en de totaalscore op de UGT-R,  $r(59) = 0,641, p < .001$ . Dit houdt in dat een kind dat hoog scoort op Cijferreeksen ook een hoge totaalscore heeft behaald op de UGT-R.

#### *Leeftijd*

Met betrekking tot de leeftijdsgroepen is de verwachting dat er bij beide leeftijdsgroepen sprake is van een verband tussen de score Cijferreeksen en de UGT-R score, omdat verschil tussen leeftijdsgroep niet in de literatuur naar voren is gekomen. De resultaten van een Pearson-correlatie tonen aan dat er bij beide leeftijdsgroepen sprake is van een significant positief verband (groep jonge kinderen <73 maanden,  $r(30) = .594, p < .001$ ; groep oudere kinderen >72 maanden,  $r(27) = .709, p < .001$ ). Beide leeftijdsgroepen staan positief in verband met de score Cijferreeksen en de totaalscore op de UGT-R.

#### *School*

Binnen dit onderzoek zijn er testafnames geweest bij twee scholen. De verwachting is dat er bij beide scholen sprake is van een verband tussen de score op Cijferreeksen en de score op de UGT-R. Door de variabele scholen te splitsen is er met behulp van een Pearson-correlatie nagegaan of er bij beide scholen een verband is tussen de variabelen. Uit die correlatietoets blijkt dat er zowel bij school 1 ( $r(29) = .337$ ,  $p = .068$ ) als bij school 2 ( $r(30) = .673$ ,  $p < .001$ .) sprake is van een significant verband. Wel is te zien dat school 2 een sterkere correlatiesterkte heeft ten opzichte van school 1.

### Visueel-ruimtelijk werkgeheugen

Wat betreft het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is de verwachting dat er sprake is van een verband met getalbegrip; zie Tabel 3 voor de beschrijvende statistieken van de variabelen Knox score en de totaalscore UGT-R. Een Pearson-correlatie wijst uit dat er een significant positief verband is tussen de totaalscore UGT-R en de Knox score,  $r(59) = .315$ ,  $p = .014$ . Een kind dat een hoge score op de Knox heeft behaald zal ook een hoge score op de UGT-R hebben.

Tabel 3

*Beschrijvende statistieken van Totaalscore UGT-R en Knox score*

	UGT-R			Knox		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<73 maanden	32	27.56	6.73	32	5.16	2.45
>72 maanden	29	31.76	5.65	29	5.45	2.08
School 1	30	32.90	3.93	30	5.70	1.99
School 2	31	26.32	6.98	31	4.90	2.48

### Leeftijd

De verwachting op basis van de literatuur is dat de correlatiesterkte tussen de UGT-R score en Knox score bij oudere kinderen anders is dan bij jongere kinderen. De resultaten van een Pearson-correlatie hebben aangetoond dat er geen significant verband is tussen de totaalscore UGT-R en Knox score voor de oudste groep kinderen,  $r(27) = .237$ ,  $p = .215$ . Daarentegen werd voor de jongste groep wel een significant verband gevonden tussen de scores,  $r(30) = .358$ ,  $p = .044$ . Dit komt overeen met de verwachting.

### School

Ook met betrekking tot de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip zijn de twee verschillende scholen met elkaar vergeleken. De verwachting is dat op beide scholen er, evenals in de gehele steekproef en bij de relatie met cijferreeksen, een verband gevonden wordt tussen de totaalscore UGT-R en de Knox score. Om deze verwachting te toetsen worden twee Pearson-correlaties uitgevoerd om

te onderzoeken of er een verband is tussen de UGT-R en Knox op beide scholen apart. Uit de toets is gebleken dat er geen significant verband bestaat tussen de totaalscore UGT-R en de Knox score voor school 1,  $r(28) = -.13$ ,  $p = .501$ . Tussen de totaalscore UGT en Knox score op school 2 blijkt wel een significant verband te zijn,  $r(29) = .441$ ,  $p = .013$ . De verwachting wordt daarom verworpen.

Omdat dit resultaat niet overeenkomt met de verwachting zal worden nagegaan of de scholen kenmerken hebben waarop ze verschillen. Om te testen of de gemiddelde leeftijd van de leerlingen per school verschilt is een onafhankelijke t-toets uitgevoerd. De Levene's test bleek niet significant wat betekent dat er sprake is van gelijkheid in variantie. Uit de t-toets bleek dat er een significant verschil tussen de scholen is met betrekking tot leeftijd van de kinderen,  $t(59) = 2,89$ ,  $p = .005$ . De kinderen op school 1 zijn gemiddeld ouder dan op school 2.

Naast een vergelijking in leeftijdsgroepen is er ook een vergelijking gemaakt op basis van de gemiddelde UGT-R score. Dit is gebeurd met behulp van een onafhankelijke t-toets. Uit de Levene's test is naar voren gekomen dat er gelijkheid is in variantie. Tussen de scholen is er sprake van een significant verschil in gemiddelde totaalscore op de UGT-R,  $t(59) = 4,52$ ,  $p < .001$ . De gemiddelde totaalscore op de UGT-R ( $m = 32,90$ ) van school 1 is significant hoger dan de gemiddelde totaalscore op de UGT-R ( $m = 26,32$ ) van school 2.

Dit resultaat roept de vraag op of dit verschil van gemiddelde UGT-R score het gevolg is van de hogere leeftijd van de kinderen op school 1. Eerder bleek door middel van een onafhankelijke t-toets dat de gemiddelde UGT-R score van de oudere groep kinderen significant hoger is dan die van jongere kinderen. De hypothese is dat voor de leeftijd gecorrigeerde gemiddelde scores op de UGT-R van de scholen niet verschillen. Dit is getoetst door middel van een ANCOVA. Vooraf is gecontroleerd voor de voorwaarden. Aan de voorwaarde van normaliteit, lineariteit en homogene regressielijnen zijn, zij het beperkt, voldaan. De voorwaarde voor gelijkheid in variantie is echter wel geschonden. Uit de ANCOVA is gebleken dat leeftijd geen directe invloed heeft op de UGT-R score. Daardoor is het verschil tussen scholen, ook wanneer gecorrigeerd wordt voor leeftijd, significant,  $F(1, 58) = 18,24$ ,  $p < .001$ .

### **Discussie**

In dit onderzoek stond de vraag centraal of er een verband is tussen het werkgeheugen en getalbegrip bij kleuters uit groep twee van het basisonderwijs. Deze hoofdvraag is beantwoord door middel van twee deelvragen, namelijk of er sprake is van een verband tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip en tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Deze twee componenten van werkgeheugen staan volgens de literatuur beide op een andere manier in relatie met getalbegrip

(Kyttälä et al., 2003). Om een antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zullen eerst beide deelvragen uitgewerkt worden.

#### *Verbaal werkgeheugen*

Tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip is binnen dit onderzoek een positief verband naar voren gekomen. Kinderen met een hoge score op Cijferreeksen hebben dus over het algemeen ook een hoge totaalscore op de UGT-R behaald. Dit resultaat komt overeen met resultaten van verschillende studies die aangetoond hebben dat er sprake is van een verband tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip (Jenks, 2007; Jordan et al., 2010; Noël, 2009). Vervolgens is er onderscheid gemaakt tussen leeftijdsgroep en school, in relatie tot het verbaal werkgeheugen. Hieruit is gebleken dat het voor de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip niet uitmaakt hoe oud het kind is. Bij zowel jongere (<73 maanden) als oudere kinderen (>72 maanden) uit groep twee is er een verband tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Ook is naar voren gekomen dat het voor de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip niet uitmaakt op welke school het kind zit. Bij zowel school 1 als school 2 is er een relatie tussen het verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Deze resultaten zijn in lijn met de verwachting, omdat er geen specifieke verschillen met betrekking tot school en leeftijd uit de literatuur naar voren zijn gekomen (Kyttälä et al., 2003).

#### *Visueel-ruimtelijk werkgeheugen*

Meer specifiek onderzoek naar de functie van het werkgeheugen heeft laten zien dat voornamelijk het visueel-ruimtelijk werkgeheugen verantwoordelijk is voor de vroege ontwikkeling van getalbegrip (Ansari et al., 2003; Bull et al., 2008). Uit de resultaten is inderdaad een verband gebleken tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Kinderen met een hoge score op de Knox blokkentest hebben ook een hoge score op de UGT-R behaald. Ook hier is onderscheid gemaakt in leeftijd en school. Voor de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip is gebleken dat de leeftijd van het kind er toe doet. Voor jongere kinderen (<73 maanden) geldt namelijk dat er een verband is tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Voor oudere kinderen (>72 maanden) is er geen verband gevonden. Dit past bij wat is gevonden in de literatuur namelijk dat bij jongere kinderen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een belangrijkere rol speelt dan bij oudere kinderen (De Smedt et al., 2009). Ook tussen scholen is er een verschil gevonden. Op school 1 (Zuid-Holland) is er geen verband gevonden, op school 2 (Overijssel) daarentegen wel.

Dit is opvallend, omdat er geen redenen bekend waren om te veronderstellen dat de scholen zouden verschillen. Mogelijk wordt het verschil verklaard door de leeftijd van de leerlingen. Op school 1 zijn de leerlingen gemiddeld ouder ten opzichte van school 2. Omdat er bij oudere kinderen geen verband is gevonden tussen het visueel-ruimtelijk

werkgeheugen en getalbegrip en bij jongere kinderen wel, lijkt leeftijd een verklaring te zijn voor het verschil tussen scholen wat betreft het verband tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en getalbegrip. Deze verklaring wordt ondersteund door de resultaten van de studie van Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing (2004) waarin naar voren komt dat jongere kinderen meer gebruik maken van hun visueel-ruimtelijk werkgeheugen ten opzichte van oudere kinderen.

Mogelijk is leeftijd ook een verklaring voor verschil in gemiddelde UGT-R score tussen scholen dat gevonden is. Kleuters op school 1 hebben een hoger niveau van getalbegrip in vergelijking met kleuters van school 2. Wanneer echter gecorrigeerd wordt voor leeftijd, blijft het verschil tussen de scholen bestaan waardoor leeftijd als verklaring niet waarschijnlijk is. Een andere verklaring voor verschillen in de gemiddelde UGT-R score van de scholen kan zijn dat kinderen die zwakker zijn in het getalbegrip, meer gebruik maken van hun visueel werkgeheugen ten opzichte van kinderen die een sterker getalbegrip hebben. Dit verklaart mogelijk dat er op school 1 geen relatie is tussen getalbegrip en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, omdat daar meer kinderen zitten met een sterk getalbegrip en zij wellicht meer gebruik maken van verbale verwerking. Deze verklaring kan echter niet worden ondersteund met literatuur, omdat hier tot op heden nog geen onderzoek naar is gedaan.

Uit dit huidige onderzoek is de belangrijkste bevinding dat getalbegrip positief in verband staat met werkgeheugen bij kleuters uit groep twee van het reguliere basisonderwijs. Hieruit kan geconcludeerd worden dat kinderen met een goed werkgeheugen over het algemeen ook beschikken over een beter getalbegrip. Wat ook een relevante uitkomst is van dit onderzoek is dat wanneer naar de twee componenten van het werkgeheugen afzonderlijk wordt gekeken, blijkt dat het verbaal werkgeheugen een meer stabiel verband heeft met getalbegrip dan het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Bij deze component lijken andere factoren, zoals leeftijd en niveau van getalbegrip ook een rol te spelen.

### **Kanttekeningen**

Binnen het huidige onderzoek zijn enkele kanttekeningen te plaatsen. Ten eerste is er in dit onderzoek gebruik gemaakt van een relatief kleine steekproef ( $N=61$ ) die niet random geselecteerd is waardoor de representativiteit van dit onderzoek beperkt is (Neuman, 2009). Daarnaast zijn de werkgeheugentesten die gebruikt zijn om een meting van het werkgeheugen te maken ook beperkt, omdat het eenvoudige testen zijn waar de manier waarop de test wordt afgenomen van invloed kan zijn op het resultaat. Zo kan het zijn dat de snelheid waarin de testen zijn afgenomen per onderzoeker verschilt (Neuman, 2009). Verder zijn er weinig studies die de effectiviteit van de Knox blokkentest en de subtest Cijferreeksen aantonen en is er weinig bekend over de normgroepen en de validiteit van deze testen. Daarnaast is de testafname een

momentopname waarin een kind op een bepaald moment moet presteren. Mogelijk kan dit van invloed zijn op het resultaat van de testen, wanneer een kind juist op dat moment niet goed kan presteren door interne of externe factoren. Binnen dit onderzoek is een beperkte hoeveelheid literatuur gebruikt waardoor niet alle beschikbare studies beschreven zijn ter onderbouwing van het theoretisch kader. Een andere kanttekening is dat verschillende toetsen zijn uitgevoerd ondanks dat er niet is voldaan aan de voorwaarden die gesteld werden aan het uitvoeren van deze toets.

Naast kritische punten zijn er ook sterke aspecten van dit onderzoek te benoemen. In de eerste plaats is het sterk dat er gebruik is gemaakt van twee soorten werkgeheugen testen, waardoor het verbaal en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen met elkaar kunnen worden vergeleken. Een ander sterk punt is dat er gekeken is naar specifieke factoren zoals leeftijd en school, waardoor het beeld van de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip meer volledig is.

### **Conclusie en aanbevelingen**

Het huidige onderzoek heeft een belangrijk nieuw inzicht gegeven. Naast dat er opnieuw naar voren is gekomen dat getalbegrip positief in verband staat met werkgeheugen is namelijk ook gebleken dat er voor de afzonderlijke componenten van werkgeheugen verschillende factoren belangrijk zijn. Over de rol van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen met betrekking tot leeftijd van kinderen was al enige kennis. Dat het niveau van getalbegrip mogelijk van invloed is op de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip is daarentegen een nieuwe bevinding. Omdat het huidige onderzoek veel beperkingen heeft kunnen er geen definitieve conclusies aan worden verbonden. De sterke aspecten van dit onderzoek zorgen er overigens voor dat de resultaten gebruikt kunnen worden als opstap voor toekomstig onderzoek naar nieuwe kennis over getalbegrip en werkgeheugen bij kleuters.

Allereerst zou toekomstig onderzoek zich kunnen richten op meer specifieke factoren in het verband tussen getalbegrip en werkgeheugen. De resultaten van dit onderzoek wijzen in de richting van mogelijke verschillen tussen leeftijdsgroepen binnen kleuters. Dit verschil kan onderzocht worden door een grotere groep kleuters met een bredere leeftijdsrange te gebruiken. Ook kan toekomstig onderzoek bestuderen of bij een hoger of lager niveau van getalbegrip de invloed van de werkgeheugencomponenten verschilt en of er wellicht factoren zijn die het verband tussen getalbegrip en werkgeheugen kunnen beïnvloeden. Daarnaast is het interessant om longitudinaal onderzoek uit te voeren. Het is namelijk tot nu toe niet bekend of het verband dat is gevonden tussen getalbegrip en werkgeheugen bij elk kind vaststaat of dat het niveau van getalbegrip hoger wordt wanneer de capaciteit van het werkgeheugen toe zou nemen bij het kind. Wanneer blijkt dat een beter werkgeheugen leidt tot een hoger niveau van getalbegrip bij een specifiek kind, kan vervolgonderzoek zich richten op de

verbetering van het werkgeheugen. Over de vraag of het werkgeheugen trainbaar is, is onder onderzoekers geen consensus. Over het algemeen laten onderzoeken zien dat de resultaten van werkgeheugentraining beperkt zijn tot enkele maanden. Bovendien blijkt het alleen tot resultaat te leiden op het specifieke gebied waarop getraind is (Melby-Lervåg en Hulme, 2013). Met de nieuwe kennis die vanuit vervolgonderzoek opgedaan kan worden, kunnen vroege interventies worden ontwikkeld. Door binnen deze interventies in te zetten op risicofactoren zoals een zwak werkgeheugen, wordt de ontwikkeling van het getalbegrip niet geremd en vormt deze geen belemmering voor de toekomstige rekenvaardigheden van kinderen.



## Literatuur

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*, 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Ansari, D., Donlan, C., Thomas, M. S. C., Ewing, S. A., Peen, T., & Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology, 85*, 50-62. doi:10.1016/S0022-0965(03)00026-2
- Aunio, P., Hauamäki, J., Heiskari, P., & Van Luit, J. E. H. (2006). The early numeracy test in Finnish: Children's norms. *Scandinavian Journal of Psychology, 47*, 369-378. doi:10.1111/j.1467-9450.2006.00538.x
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*, 556-559. doi:10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*, 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- Bornstein, R. A. (2008). Construct validity of the kox cube test as a neuropsychological measure. *Journal of Clinical Neuropsychology, 5*, 105-114. doi:10.1080/01688638308401158
- 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>
- 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
- 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.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*, 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186-201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004

- Dyson, N. I., Jordan, N. C., & Glutting, J. (2013). A number sense intervention for low-income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities, 46*, 166-181. doi:10.1177/0022219411410233
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Journal of Developmental Psychology, 26*, 465-486. doi:10.1207/s15326942dn2601\_6
- Egberink, I. J. L., Janssen, N. A. M., & Vermeulen, C. S. M. (2005). COTAN beoordeling 2016, Utrechtse Getalbegrip Toets - Revised. Bekeken via [www.cotandocumentatie.nl](http://www.cotandocumentatie.nl)
- Evers, A., Braak, M. S. L., Frima, R. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). Cotan Documentatie. Amsterdam: Boom, Bekeken via <http://www.cotandocumentatie.nl/>
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29-44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- 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
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*, 265-281. doi:10.1016/j.jecp.2005.08.003
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*, 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177
- 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
- Ginsburg, H. (1977). *Children's arithmetic: The learning process*. New York: Van Nostrand
- 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://eric.ed.gov/?id=ED521700>
- 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 second grades. *Learning of Individual Differences, 20*, 82-88. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004
- 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
- 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 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
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology, 20*, 65-76. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/250928054>
- Kyttälä, M., Aunio, P., & Hautamäki, J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology, 51*, 1-15. doi:10.1111/j.1467-9450.2009.00736.x
- Lindeboom, J., & Matto, D. (1994). Digit series and Knox cubes as concentration tests for elderly subjects. *Tijdschrift voor Gerontologie en Geriatrie, 25*, 63-68. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/med/8197598>
- Melby-Lervåg, M. & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology, 49*, 270-291. doi:10.1037/a0028228
- Neuman, W. L. (2009). *Understanding research*. Boston, MA: Pearson Education
- 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
- Pintner, R., (1915). The standardization of Knox cube test. *Psychological Review, 22*, 377-401. doi:10.1037/h0070039
- 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

- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, *139*, 5-21. doi:10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Reys, R., Reys, B., Emanuelsson, G, Johansson, B., McIntosh, A., & Ching Yang, D. (1999). Assessing number sense of students in Australia, Sweden, Taiwan, and the United States. *School Science and Mathematics*, *99*, 61-70. doi:10.1111/j.1949-8594.1999.tb17449.x
- Sasanguie, D., Göbel, S. M., Moll, K., Smets, K., & Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number-space mappings: What underlies mathematics achievement? *Journal of Experimental Child Psychology*, *114*, 418-431. doi:10.1016/j.jecp.2012.10.012
- Tak, T., Bosch, J. D., Begeer, S., & Albrecht, G. (red.) (2014). *Handboek psychodiagnostiek voor de hulpverlening aan kinderen en adolescenten*. Achtste herziene druk. Utrecht: De Tijdstroom.
- 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.2013.03.006
- Van der Molen, M. J., Van Luit, H. E. H., Jongmans, J., & Van der Molen, M. W. (2007). Het werkgeheugen van jongeren met een lichte verstandelijke beperking. *Kind en Adolescent*, *28*, 88-96. doi:10.1007/BF03061026
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009a). De Utrechtse Getalbegrip Toets Revised (UGT-R). Doetinchem: Graviant.
- Van Nes, F., & Van Eerde, D. (2010). Spatial structuring and the development of number sense: A case study of young children working with blocks. *Journal of Mathematical Behavior*, *29*, 145-159. doi:10.1016/j.jmathb.2010.08.001