

Werkgeheugen als Voorspeller voor Getalbegrip bij Kinderen in de Leeftijd van 6  
tot 12 Jaar

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

Output 7: Definitieve versie

Name student: A.A.E. (Alisa) Driehuis  
Student number: 4082249  
Name supervisor: drs. Michel Nelwan  
Name second assessor: prof. dr. Hans van Luit  
Date: 26-05-2017  
Words: 3958

### Abstract

**Background:** The purpose of this study is to investigate the relationship between working memory and number sense in children in the age of 7 and 12. In addition, this study investigates whether age moderates this relationship. **Method:** Participants are 146 children from which were 72 boys and 74 girls from Grade 1 to 6 in regular primary schools without any psychological problems participated in the study. Computerized tasks are used to measure the two different components of working memory and number sense. **Results:** Pearson correlations show that there is a significant relation between working memory and number sense. Hierarchical regression analyses show that verbal working memory and visual working memory are a predictor for number sense. However, when age is added as a predictor in the model, both verbal working memory and visual working memory are not significant as a predictor. In addition, age does not have a moderating role on both relations. **Conclusion:** Results show that there is a correlative relationship between working memory and number sense and that the different components of working memory are a predictor for number sense. These findings are in line with previous research. However, age does not have a moderating effect on this relationship. This is not in line with previous research and can partly be explained by the composition of the sample. This study provides insight in the relationship between working memory and number sense.

*Keywords: verbal, visual, working memory, number sense, math, moderation*

### Samenvatting

**Achtergrond:** Het doel van het huidige onderzoek is om de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip bij kinderen in de leeftijd van 7 tot 12 jaar te onderzoeken. Daarnaast wordt gekeken of leeftijd een modererende rol speelt in deze relatie. **Methode:** In totaal deden 146 kinderen mee aan het onderzoek. Hiervan waren er 72 jongens en 74 meisjes. Enkel de kinderen in groep 3 tot en met groep 8, van de reguliere basisscholen, zonder psychosociale problemen konden deelnemen aan het onderzoek. Er zijn verschillende taken afgenomen om het werkgeheugen en het getalbegrip te meten. Alle data zijn verzameld door middel van een computer. **Resultaten:** Een correlatieanalyse laat zien dat er een significante relatie is tussen werkgeheugen en getalbegrip. De hiërarchische multipale regressieanalyse laat zien het verbale werkgeheugen en het visuele werkgeheugen een voorspeller zijn voor getalbegrip. Echter, wanneer leeftijd wordt toegevoegd als voorspeller vervalt de voorspellende waarde van zowel het verbale als het visuele werkgeheugen. Ten slotte laat de data zien dat leeftijd geen modererende rol speelt in de relatie. **Conclusie:** De resultaten laten

zien dat er een correlerende relatie is tussen werkgeheugen en getalbegrip en dat de twee componenten van het werkgeheugen een voorspeller zijn voor getalbegrip. Deze resultaten komen overeen met eerder onderzoek. Echter, leeftijd heeft geen modererend effect in deze relatie. Dit komt niet overeen met eerder onderzoek en kan gedeeltelijk verklaard worden door een verschil in samenstelling van de steekproef. Het huidige onderzoek geeft inzicht in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip.

*Trefwoorden: visueel, verbaal, werkgeheugen, getalbegrip, rekenen, moderatie.*

Werkgeheugen als Voorspeller voor Getalbegrip bij Kinderen in de Leeftijd van 6 tot 12 Jaar

In de huidige maatschappij wordt rekenvaardigheid gezien als een belangrijke factor in het algehele functioneren. Kinderen die moeite hebben met rekenvaardigheid kunnen problemen ervaren op school en in hun dagelijkse leven. Aandacht voor rekenvaardigheid is dus van belang (Berg, 2008). Een belangrijke factor voor het voorspellen van rekenvaardigheid bij kinderen is het werkgeheugen (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Een zwak werkgeheugen is gerelateerd aan een zwakkere prestatie op rekenen. Ook getalbegrip is een belangrijke voorspeller voor rekenvaardigheid. Wanneer de ontwikkeling van getalbegrip niet goed verloopt uit zich dit in slechtere rekenprestaties (Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, & Van de Rijt, 2009). Zowel werkgeheugen als getalbegrip zijn van invloed op de rekenvaardigheid bij kinderen. De relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip is echter nog weinig onderzocht.

### **Werkgeheugen**

Het bekendste model voor werkgeheugen is het model van Baddeley en Hitch (1977). Zoals beschreven in Repovš en Baddeley (2006) gaat dit model ervan uit dat het werkgeheugen is opgedeeld uit vier componenten. De vier componenten van het werkgeheugen model zijn: de *central executive*, de fonologische lus, het visuospatieel kladblok en de episodische buffer. Deze vier componenten hebben elk op een andere manier invloed op het rekenproces (DeStefano & Lefevre, 2004). De fonologische lus en het visuospatieel kladblok worden ook wel de slaafsystemen van de *central executive* genoemd. De *central executive* stuurt de twee genoemde slaafsystemen aan en is verantwoordelijk voor het reguleren en controleren van cognitieve processen. Tijdens het rekenproces zorgt de *central executive* voor een planning en volgorde in de activiteiten die nodig zijn voor het maken van de rekentaak (Destefano & Lefevre, 2004).

De fonologische lus is verantwoordelijk voor het verwerken en het tijdelijk opslaan van verbale informatie. De fonologische lus is betrokken bij het tellen en opslaan van tussenresultaten tijdens het rekenproces (Fürst & Hitch, 2000; Heathcote, 1994; Imbo & Vandierendonck, 2007; Noël, Seron, & Trocarelli, 2004). Het visuospatieel kladblok is verantwoordelijk voor het verwerken en het tijdelijk opslaan van visuele informatie. Over de precieze rol van dit slaafstelsel in het rekenproces is echter nog geen overeenstemming. Uit onderzoek blijkt dat het visuospatieel kladblok vooral een rol speelt bij minsommen waarbij van de kinderen verwacht wordt dat de waarde van de getallen verwerkt worden op een mentale getallenlijn (Lee & Kang, 2002). Uit ander onderzoek blijkt dat het visuospatieel

kladblok vooral in actie komt bij meercijferige berekeningen, waarbij het zorgt voor een ruimtelijke ordening van de berekening (Trbovich & Lefevre, 2003).

De episodische buffer zorgt voor een integratie van de twee slaafsystemen, slaat tijdelijk informatie op uit beide slaafsystemen en maakt verbinding met het langetermijngeheugen (Baddeley, 2000).

### **Getalbegrip**

Naast werkgeheugen heeft ook getalbegrip invloed op de rekenvaardigheid van kinderen. Een lager getalbegrip is gerelateerd aan lagere rekenprestaties (Chard et al., 2005; Gersten, Jordan, & Flojo, 2005; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010). In de literatuur is er onenigheid over hoe getalbegrip gedefinieerd moet worden (Gersten et al., 2005). Er zijn veel verschillende definities opgesteld. De kern van al deze definities samen omvat het vermogen om te tellen, het kunnen inschatten van de waarde van getallen en verbanden tussen de getallen te begrijpen (Berch, 2005). Bijvoorbeeld de kennis dat '9' groter is dan '3' (Dehaene, 1997). Getalbegrip ontwikkelt zich al op zeer jonge leeftijd (Piazza et al., 2010). De ontwikkeling vindt geleidelijk plaats zonder gestructureerde educatie. Wel wordt het beïnvloed door het aanbod van getallen vanuit de omgeving. Voor een goede ontwikkeling van getalbegrip is een frequent aanbod noodzakelijk (Van de Rijt & Van Luit, 1998).

Getalbegrip kan verder worden uitgelegd aan de hand van het Triple Code model (Dehaene & Cohen, 1995, 1997; Noël, 2001; Schmithorst & Brown, 2004) Volgens dit model zijn er drie verschillende manieren (codes) om getallen te representeren. Twee hiervan zijn symbolisch en één is non-symbolisch. De drie codes zijn: analoge, visuele code en de auditief-verbale code.

De ontwikkeling van deze codes gaat geleidelijk en bestaat uit verschillende fases. In de eerste fase ontwikkelt het kind de analoge code. Dit is een non-symbolische code. Deze code omvat de semantische kennis over de nabijheid van hoeveelheden (bijvoorbeeld '- - -' en '- - - -' liggen dicht bij elkaar) en over de grootte van hoeveelheden (bijvoorbeeld '- -' is kleiner dan '- - - -'). Het kind leert dan dat er hoeveelheden bestaan en dat het één bijvoorbeeld meer is dan het ander (Siegler, 2016). De analoge code kan al vroeg in de ontwikkeling gemeten worden (Dehaene, 2001). Deze vroege ontwikkeling van de non-symbolische code is de basis voor het ontwikkelen van de twee symbolische codes (Siegler, 2016). In de tweede fase van de ontwikkeling wordt de eerste symbolische code ontwikkeld, namelijk de visuele code. Deze wordt ook wel de Arabic code genoemd. Kinderen leren om hun non-symbolisch getalbegrip te koppelen aan symbolisch getalbegrip. Zij leren dat een bepaald aantal objecten benoemd kan worden met een cijfer (bijvoorbeeld '- - -' hoort bij het

cijfer '3'). Dit gebeurt in eerste instantie enkel met kleine getallen (Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008). In de volgende fase ontwikkelen kinderen de tweede symbolische code, de auditief-verbale code. Zij leren om symbolisch getalbegrip aan non-symbolisch hoeveelheidsrepresentatie te koppelen bij steeds grotere getallen. Ook gaan de kinderen gebruik maken van een mentale getallenlijn. Daarnaast wordt deze code gebruikt voor het ophalen van rekenkundige feiten zoals optellen, vermenigvuldigen en kennis van de telrij (Gonzalez & Kolers, 1982).

Ten slotte leren kinderen gebruik te maken van rationale getallen. In deze fase leren kinderen dat tussen de hele getallen ook nog andere getallen zijn. Om dit te ontwikkelen is een goede conceptuele kennis nodig van de hele getallen. Deze kennis moet vervolgens gereorganiseerd worden voor het begrijpen van relationele getallen. De ontwikkeling van deze fase duurt het langst (Siegler, 2016). Wanneer de ontwikkeling van getalbegrip niet goed verloopt kunnen er problemen ontstaan in de rekenvaardigheid bij kinderen (Kroesbergen et al., 2009).

Uit de literatuur blijkt dat werkgeheugen en getalbegrip samenhangen (Bull & Scerif, 2001; Friso-Van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Deze samenhang kan beïnvloed worden door leeftijd. Uit verschillend onderzoek blijkt dat naarmate kinderen ouder worden, de voorspellende waarde van het visuele werkgeheugen op rekenvaardigheid afneemt en dat de voorspellende waarde van het verbale werkgeheugen toeneemt (McKenzie, Bull, & Gray, 2003; Raghobar et al., 2010; Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, & Van Luit, 2015b). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het visuospatieel kladblok wordt gebruikt bij het aanleren van nieuwe rekenkundige vaardigheden (Tronsky, 2005). De fonologische lus wordt juist ingeschakeld wanneer al geleerde vaardigheden uitgevoerd moeten worden (De Smedt et al., 2009; Holmes & Adams, 2006).

### **Huidig Onderzoek**

Om kinderen met rekenproblemen beter te kunnen ondersteunen in het rekenonderwijs is het van belang om de relatie tussen de verschillende werkgeheugencomponenten en getalbegrip in kaart te brengen (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Beide hebben namelijk invloed op de ontwikkeling van de rekeningvaardigheid bij kinderen.

Het doel van het huidige onderzoek is om de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip bij kinderen van groep 3 tot en met groep 8 van de basisschool te onderzoeken. Om deze relatie goed in kaart te brengen is het belangrijk onderscheid te maken tussen het verbaal werkgeheugen en het visueel werkgeheugen (Raghobar et al., 2010).

Tevens is het doel om te onderzoeken welke invloed leeftijd heeft op deze relatie. Aangezien hier in de literatuur nog weinig duidelijkheid over is. De onderzoeksvraag luidt als volgt: In hoeverre is er een voorspellende relatie tussen het werkgeheugen en getalbegrip in de leeftijd van 6 tot 12 jaar? Gebaseerd op bovenstaande literatuur wordt verwacht dat zowel verbaal werkgeheugen als visueel werkgeheugen positief samenhangt met getalbegrip. Tenslotte wordt verwacht dat zowel de relatie tussen visueel werkgeheugen en getalbegrip als de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip wordt gemodereerd door leeftijd.

### **Methode**

#### **Participanten**

Er is gestreefd om in totaal 120 leerlingen aan het onderzoek mee te laten doen. In totaal hebben 146 kinderen in de leeftijd van 6.15 en 12.97 jaar deelgenomen aan het onderzoek ( $M=9.74$ ;  $SD=1.72$ ). Deze kinderen waren afkomstig uit vier verschillende basisscholen verspreid over Nederland. Hiervan waren er 72 jongens en 74 meisjes. Alle kinderen in groep 3 tot en met groep 8 konden mee doen aan het onderzoek. Exclusiecriteria waren dat er geen psychiatrische stoornissen bekend waren bij het kind en dat er sprake was van een normale ontwikkeling op technisch lezen, begrijpend lezen en spelling. Daarnaast moest de leeftijd van de kinderen zich tussen de 6 en 12 jaar bevinden. Voor werving van de participanten is gebruik gemaakt van het sociale netwerk van de onderzoekers. Er is gebruik gemaakt van een gemakssteekproef.

#### **Procedure**

Bij alle kinderen zijn er in totaal vijf taken afgenomen. Twee taken voor het meten van het getalbegrip en drie taken voor het meten van de executieve functies in het werkgeheugen. De taken werden afgenomen op de school van de kinderen. Per kind duurde de afname ongeveer 45 minuten. De kinderen werden individueel en soms in groepjes uit de klas genomen. De taken vonden plaats achter de computer. De kinderen kregen na het afronden van de taak een sticker als beloning.

#### **Meetinstrumenten**

Om het verbale werkgeheugen te meten is gebruik gemaakt van de Monkey Game (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Jolani, & Luit, 2015a). Deze taak werd afgenomen doormiddel van een computer. De kinderen hoorden een aantal woorden en zagen deze tegelijk in een 3 x 3 matrix. Deze woorden moesten zij onthouden. Vervolgens moesten de kinderen deze woorden in omgekeerde volgorde aanklikken in de 3 x 3 matrix. De taak bestond uit vijf niveaus die opliepen in moeilijkheidsgraad. Per niveau nam het aantal te onthouden woorden toe. Uit onderzoek is gebleken dat de validiteit en betrouwbaarheid van

de Monkey Game goed zijn. Cronbach's alpha is  $\alpha = .89$  (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015a).

Om het visuele werkgeheugen te meten is gebruik gemaakt van de Lion Game (Van de Weijer-Bergsma, Kroesberg, Prast, & Van Luit, 2014). De Lion Game is een taak op de computer waarbij kinderen een 4 x 4 matrix te zien kregen met 16 struiken. Elke keer kregen de kinderen achtereenvolgens acht leeuwen met verschillende kleuren te zien (rood, groen, geel, paars en blauw). De leeuwen kwamen tevoorschijn op verschillende plekken in de matrix. De kinderen moesten onthouden in welk hokje een leeuw van een bepaalde kleur het laatst te zien was. Ook deze taak bestond uit vijf niveaus die opliepen in moeilijkheidsgraad. Per niveau nam het aantal gekleurde leeuwen waarvan de kinderen de positie moesten onthouden toe. Uit onderzoek is gebleken dat de validiteit en betrouwbaarheid van de Lion Game goed zijn. Cronbach's alpha is  $\alpha = .86$  (Van de Weijer-Bergsma, et al., 2014).

Om het symbolisch getalbegrip te meten is gebruik gemaakt van een computergestuurde taak waarbij de kinderen twee getallen op het beeldscherm te zien kregen. De kinderen moesten aangeven welke van deze twee getallen de hoogste waarde had. Dit deden zij door op de 'A' (linker getal) of de 'L' (rechter getal) op het toetsenbord te klikken. Voordat de taak begon, kregen de kinderen oefenopgaven (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013).

Om het non-symbolisch getalbegrip te meten is gebruik gemaakt van een computergestuurde taak waarbij de kinderen twee puntenwolken te zien kregen. De kinderen moesten aangeven in welke van de twee puntenwolken de meeste puntjes stonden. Dit deden zij door op de 'A' (rechter puntenwolk) of de 'L' (linker puntenwolk) op het toetsenbord te klikken. De puntjes veranderden naast hoeveelheid ook in grootte. De kinderen kregen eerst oefenopgaven (Barth et al., 2006; Gebuis, Kadosh, & de Haan, 2009). Deze test wordt regelmatig gebruikt om de non-symbolische vaardigheden te testen (De Smedt & Gilmore, 2011; Iuculano, Tang, Hall, & Butterworth, 2008; Landerl & Kölle, 2009; Rousselle & Noël, 2007).

De laatste test om getalbegrip te meten was een computergestuurde getallenlijntaak. De kinderen kregen tijdens deze taak een getal te zien die zij, doormiddel van de muis, op de juiste plek van de getallenlijn moesten plaatsen. De getallenlijn liep van 0 tot 100. Het getal zagen de kinderen op een centrale plek op het beeldscherm. (Laski & Siegler, 2007).

### **Analyses**

Om de scores van de verschillende testen te verwerken en te vergelijken is gebruik gemaakt van het programma SPSS versie 22. In het huidige onderzoek was getalbegrip de



afhankelijke variabele en verbaal werkgeheugen en visueel werkgeheugen de onafhankelijke variabelen. Leeftijd werd als moderator meegenomen.

Er was een aantal missende data. Deze data zijn in SPSS aangegeven als -999.00 en zijn door middel van de optie *exclude cases listwise* niet meegenomen in de analyses. Ook de uitschieters zijn niet meegenomen in de analyses. Hiervoor zijn eerst alle scores omgezet naar z-scores. Vervolgens is in SPSS aangegeven dat alle scores met een z-score hoger dan 3,00 en lager dan -3,00 niet meegenomen werden in de analyses.

Om één score te krijgen voor getalbegrip en werkgeheugen zijn eerst twee Principal Axis Factoring (PAF) uitgevoerd. Uit de factoranalyse bleek dat de drie getalbegrip taken samengevoegd konden worden tot één schaal: getalbegrip. Samen verklaarden de taken 38,06% van de variantie. De Cronbach's alpha bij de schaal getalbegrip is  $\alpha = 0,57$ . Dit is een matige betrouwbaarheid.

Ook bleek dat de scores op de verbaal werkgeheugen taak en visueel werkgeheugen taak samengevoegd konden worden tot één schaal: werkgeheugen. De taken verklaarden samen 40,65% van de variantie. De Cronbach's alpha bij de schaal werkgeheugen is eveneens  $\alpha = 0,57$ . Aangezien de beide schalen een matige betrouwbaarheid hadden, moeten de resultaten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Vervolgens zijn voor alle variabelen de Pearson correlatiecoëfficiënten uitgerekend om zo inzicht te krijgen in de samenhang tussen de verschillende variabelen. Daarna is een aantal regressieanalyses uitgevoerd om getalbegrip te voorspellen vanuit het werkgeheugen. Om multicollineariteit tegen te gaan zijn de scores van werkgeheugen en getalbegrip eerst gecentreerd voordat de analyses werden uitgevoerd. Daarna zijn de interactie-variabelen verbaal werkgeheugen\*leeftijd en visueel werkgeheugen\*leeftijd aangemaakt. Voor het uitvoeren van de regressieanalyses is er gebruik gemaakt van  $\alpha = 0,05$ .

## Resultaten

### Beschrijvende Statistiek

De totale onderzoeksgroep bestaat uit 146 kinderen in de leeftijd van 6.15 en 12.97 jaar ( $M=9.74$ ;  $SD=1.72$ ). Hiervan zijn er 72 jongens en 74 meisjes. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de gemiddelden, standaarddeviaties en correlaties tussen de variabelen die gebruikt zijn in de analyses. Uit de tabel is ten eerste af te lezen dat er een significante positieve relatie is tussen werkgeheugen en getalbegrip. De hypothese dat werkgeheugen en getalbegrip positief samenhangen wordt aangenomen. Hoe beter het werkgeheugen is, hoe beter het getalbegrip is. Daarnaast is een significante positieve relatie te zien tussen beide slaafsystemen en getalbegrip. Hoe beter het slaafstelsel hoe beter het getalbegrip. Ten slotte

is leeftijd aan alle variabelen significant positief gecorreleerd. Dit betekent dat hoe ouder het kind hoe beter het werkgeheugen en getalbegrip.

Tabel 1

*Steekproefomvang, gemiddelden, Standaarddeviaties en Pearson Correlatiecoëfficiënten*

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	1	2	3	4	5
1.leeftijd	146	9.74	1.72	-				
2.visueel wg	131	0.74	0.17	.58**	-			
3.verbaal wg	138	0.57	0.14	.41**	.41**	-		
4.getalbegrip	125	0.84	0.06	.48**	.36**	.19*	-	
5.werkgeheugen	126	0.65	0.13	.61**	.87**	.80**	.35**	-

*Noot.* \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$

### **De Voorspellende Waarde van Verbaal Werkgeheugen op Getalbegrip met Leeftijd als Moderator**

Om te onderzoeken of verbaal werkgeheugen getalbegrip kan voorspellen is een hiërarchische multipele regressieanalyse uitgevoerd. Hierbij is leeftijd als moderator meegenomen. Allereerst zijn de variabelen verbaal werkgeheugen en leeftijd gecentreerd. Vervolgens is er een interactievariabele aangemaakt.

In Tabel 2 zijn de resultaten van de hiërarchische multipele regressieanalyse opgenomen. In model 1 is verbaal werkgeheugen toegevoegd. Hieruit blijkt dat verbaal werkgeheugen significant bijdraagt aan het getalbegrip ( $F(1, 116) = 4.417, p = .038$ ). Model 1, dus het verbaal werkgeheugen, verklaart 19.2% van de variantie in het getalbegrip ( $R^2 = .192$ ). Een sterker verbaal werkgeheugen voorspelt een sterker getalbegrip.

In model 2 is leeftijd toegevoegd. Leeftijd draagt voor 19.3% bij aan een significante relatie ( $\Delta R^2 = .193, \Delta F = (1, 115) = 28.792, p < .001$ ). Leeftijd is positief significant gerelateerd aan getalbegrip. Een hogere leeftijd voorspelt een sterker getalbegrip. Daarentegen blijkt geen positieve relatie meer te bestaan tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Wanneer leeftijd wordt toegevoegd als predictor, neemt de voorspellende waarde van verbaal werkgeheugen op getalbegrip af.

In model 3 is het interactie-effect leeftijd\*verbaal werkgeheugen toegevoegd. Dit zorgt voor een extra niet-significante variantie van 1.2% in getalbegrip ( $\Delta R^2 = .012, \Delta F(1, 114) = 1.780, p = .185$ ). De drie variabelen samen, verklaren 24.1% van de variantie in getalbegrip ( $R^2 = .241, F(3, 114) = 12.093, p < .001$ ). In tabel 2 is te zien dat er geen significante positieve relatie is tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Daarnaast heeft

leeftijd ook geen modererend effect op de voorspellende waarde tussen verbaalwerkgeheugen en getalbegrip. Leeftijd is daarentegen wel positief significant gerelateerd aan getalbegrip.

Deze resultaten komen niet overeen met de opgestelde hypothesen.

Tabel 2

*Ongestandaardiseerde regressie coëfficiënten (B), Gestandaardiseerde Regressiecoëfficiënten ( $\beta$ ), de standaarddeviatie (SE) en de overschrijdingskans (p)*

Variabele	B	$\beta$	SE	p
<b>Model 1</b>				
(Constant)	.835		.006	<.001
Verbaal werkgeheugen	.086	.192	.041	0,038
<b>Model 2</b>				
(Constant)	.834		.005	<.001
Verbaal werkgeheugen	.002	.005	.040	.953
Leeftijd	.017	.477	.003	<.000
<b>Model 3</b>				
(Constant)	.837		.005	<.001
Verbaal werkgeheugen	.007	.016	.040	.857
Leeftijd	.017	.453	.003	<.001
Leeftijd*verbaal werkgeheugen	-.029	-.111	.021	.185

### **De Voorspellende Waarde van Visueel Werkgeheugen op Getalbegrip met Leeftijd als Moderator**

Er is een soort gelijke analyse uitgevoerd om de relatie tussen visueel werkgeheugen te onderzoeken. Het enige verschil is dat verbaal werkgeheugen is vervangen door visueel werkgeheugen. In Tabel 3 zijn de resultaten van de hiërarchische multipale regressieanalyse opgenomen. Uit model 1 blijkt visueel werkgeheugen 13.2% van de variantie in getalbegrip te verklaren ( $R^2 = .132$ ,  $F(1, 113) = 17.250$ ,  $p < .001$ ). Een sterker visueel werkgeheugen voorspelt een sterker getalbegrip.

In model 2 is leeftijd toegevoegd, dit zorgt voor een extra significante verklaarde variantie van 10.9% ( $\Delta R^2 = .109$ ,  $\Delta F(1, 112) = 16.097$ ,  $p < .001$ ). Leeftijd is positief significant gerelateerd aan getalbegrip. Een hogere leeftijd voorspelt een sterker getalbegrip. Daarentegen blijkt geen positieve relatie meer te bestaan tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip. Wanneer leeftijd wordt toegevoegd als predictor, neemt de voorspellende waarde van visueel werkgeheugen op getalbegrip af.

Bij model 3 is het interactie-effect leeftijd\*visueel werkgeheugen toegevoegd. Dit zorgt voor een extra niet-significante verklaarde variantie van 2.3% ( $\Delta R^2=.023$ ,  $\Delta F(1, 111)=3.415$ ,  $p=.067$ ). De drie variabelen samen verklaren 26.4% van de variantie in getalbegrip ( $R^2=.264$ ,  $F(3, 111)= 13.278$ ,  $p<.001$ ). In tabel 3 is te zien dat er geen significante positieve relatie is tussen visueel werkgeheugen en getalbegrip. Daarnaast heeft leeftijd ook geen modererend effect op de voorspellende waarde tussen visueel werkgeheugen en getalbegrip. Leeftijd alleen is daarentegen wel positief significant gerelateerd aan getalbegrip. Deze resultaten komen niet overeen met de opgestelde hypothesen.

Tabel 3

*Ongestandaardiseerde regressie coëfficiënten (B), Gestandaardiseerde Regressiecoëfficiënten ( $\beta$ ), de standaarddeviatie (SE) en de overschrijdingskans (p)*

Variabele	B	$\beta$	SE	p
Model 1				
(Constant)	.834		.005	<.001
Visueel werkgeheugen	.143	.264	.034	<.001
Model 2				
(Constant)	.833		.005	<0,001
Visueel werkgeheugen	.066	.169	.038	.079
Leeftijd	.014	.383	.004	<.000
Model 3				
(Constant)	.838		.006	<.001
Verbaal werkgeheugen	.050	.129	.038	.188
Leeftijd	.014	.370	.003	<.001
Leeftijd*visueel werkgeheugen	-.031	-.158	.017	.067

### Discussie

Het doel van het huidige onderzoek is om de voorspellende waarde van werkgeheugen op getalbegrip in kaart te brengen. Daarnaast is gekeken of leeftijd een modererend effect heeft op deze relatie. Om dit in kaart te brengen is er onderscheid gemaakt tussen het verbaal werkgeheugen en visueel werkgeheugen.

Allereerst is gekeken of er een relatie is tussen werkgeheugen en getalbegrip. Uit de correlatieanalyse blijken deze twee factoren positief met elkaar samen te hangen. Een beter werkgeheugen hangt samen met een beter getalbegrip. Dit komt overeen met eerder onderzoek (Bull & Scerif, 2001; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012).

Ten tweede zijn er twee hiërarchische multiële regressieanalyses uitgevoerd om te onderzoeken of de twee slaafsystemen van het werkgeheugen een voorspellende waarde hebben op getalbegrip en of leeftijd een modererend effect heeft. Uit de eerste analyse blijkt dat verbaal werkgeheugen een voorspellende waarde heeft op getalbegrip. Dit komt overeen met eerder onderzoek (Friso-Van den Bos et al., 2013). Echter, de voorspellende waarde vervalst wanneer leeftijd als predictor wordt toegevoegd. Leeftijd heeft wel een voorspellende waarde voor getalbegrip, maar heeft geen modererend effect op de relatie tussen verbaal werkgeheugen en getalbegrip.

Uit de tweede analyse blijkt dat visueel werkgeheugen eveneens een voorspellende waarde heeft op getalbegrip, wat ook overeenkomt met eerder onderzoek (Friso-Van den Bos et al., 2013). Echter, ook deze voorspellende waarde vervalst wanneer leeftijd als predictor wordt toegevoegd. Leeftijd heeft wel een voorspellende waarde voor getalbegrip maar heeft ook in deze relatie geen modererend effect.

Dat leeftijd geen modererend effect heeft, komt niet overeen met eerder onderzoek. Eerder onderzoek laat namelijk zien dat jonge kinderen meer gebruik maken van het visueel werkgeheugen en oudere kinderen weer meer gebruik maken van het verbaal werkgeheugen tijdens het rekenen (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015b). Een mogelijke verklaring voor het verschil in resultaat is het verschil in deelnemende participanten. Ten eerste heeft het onderzoek van Van de Weijer-Bergsma et al. (2015b) een groter aantal deelnemende participanten (4,285) in vergelijking met het huidige onderzoek (146). Ten tweede waren deze participanten van meer verschillende scholen afkomstig wat voor een representatiever beeld zorgt dan het huidige onderzoek. Daarnaast zijn er verschillende analyses gebruikt, wat een mogelijke verklaring kan zijn voor de verschillende resultaten.

Het huidige onderzoek heeft een aantal beperkingen. Ten eerste hebben in totaal vier scholen deelgenomen aan het onderzoek. Deze scholen waren wel verspreid over het land, maar niet random geselecteerd. Veel scholen zijn benaderd, maar slechts vier scholen hebben ingestemd met deelname. De scholen die hebben ingestemd kunnen op verschillende gebieden verschillen van scholen die deelname aan het onderzoek hebben geweigerd. Hierdoor zijn de resultaten verkregen uit het huidige onderzoek niet te generaliseren naar alle schoolgaande kinderen in groep 3 tot 8.

Daarnaast waren de deelnemende kinderen erg ongeduldig tijdens het maken van de getallenlijn taak, vaak klikten de kinderen een aantal keer op de muis, omdat het programma aan het laden was. Hierdoor ging het programma soms al naar de volgende opgave en hadden

de kinderen niet hun gewenste antwoord kunnen aanklikken. Dit kan ervoor gezorgd hebben dat enkele resultaten van de getallenlijntaak tot een vertekend beeld hebben geleid.

Tenslotte heeft de schaal getalbegrip een matige betrouwbaarheid. Mogelijk komt deze lage betrouwbaarheid doordat de schaal slechts met drie items wordt gemeten. Wanneer in toekomstig onderzoek meer items worden gebruikt voor getalbegrip neemt de betrouwbaarheid hoogstwaarschijnlijk toe (Field, 2013).

Ondanks de genoemde beperkingen heeft het huidige onderzoek meer informatie opgeleverd over de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Om deze informatie uit te breiden wordt voor toekomstig onderzoek aanbevolen om het huidige onderzoek te repliceren met een grotere onderzoeksgroep. De onderzoeksgroep van de huidige studie bedraagt slechts 146 kinderen. Aangezien de totale populatie erg groot is zou de onderzoeksgroep ook groter moeten zijn voor een representatief beeld. Een onderzoeksgroep van minimaal 300 proefpersonen wordt als voldoende beschouwd (Field, 2013).

Daarnaast is in het huidige onderzoek enkel gekeken naar getalbegrip in het algemeen. Een aanbeveling voor toekomstig onderzoek is om naar de twee soorten getalbegrip los van elkaar te kijken. Zowel symbolisch als non-symbolisch getalbegrip is positief gerelateerd aan rekenvaardigheid op latere leeftijd (Desoete, Ceulemans, De Weerd, & Pieters, 2012). Verder onderzoek is nodig om de relaties tussen werkgeheugen en symbolisch en non-symbolisch getalbegrip in kaart te brengen.

Getalbegrip is een belangrijke voorspeller voor de rekenvaardigheid op latere leeftijd. Aangezien 10% van de schoolgaande kinderen problemen heeft met rekenen is het van belang om in de toekomst meer onderzoek te doen naar de verschillende factoren die gerelateerd zijn aan de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen. Met meer kennis over deze factoren kan bijdragen aan het ondersteunen van kinderen met rekenproblemen. Het huidige onderzoek heeft een bijdrage geleverd aan deze kennis door inzicht te geven in de relatie tussen een deze factoren, namelijk het werkgeheugen, en getalbegrip.

## Literatuur

- 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. D., & Hitch, G. (1977). “Commentary on working memory,” in Bower, G. D. (Eds.), *Human Memory: Basic Processes* (pp. 191–241). doi:10.1016/B978-0-12-121050-2.50009-0
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Nonsymbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, 98, 199-222. doi:10.1016/j.cognition.2004.09.011
- 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
- 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
- Chard, D. J., Clarke, B., Baker, S., Otterstedt, J., Braun, D., & Katz, R. (2005). Using measures of number sense to screen for difficulties in mathematics: Preliminary findings. *Assessment for Effective Intervention*, 30, 3-14. doi:10.1177/073724770503000202
- Dehaene, S. (1997) *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press, New York (1997)
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language*, 16, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154s

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition, 1*, 83–120. doi:10.1016/S0010-9452.70002-9

De Smedt, B., & Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*, 278-292. doi:10.1016/j.jecp.2010.09.003.

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

Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerdt, 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*, 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

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th edition)*. London: Sage.

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 and Cognition, 28*, 774–782. doi:10.3758/BF03198412



- Gebuis, T., Cohen Kadosh, R., & De Haan, E. (2009). Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. *Cognitive Processing, 10*, 133-142. doi:10.1007/s10339-008-0219-x.
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 293-304. doi:10.1177/00222194050380040301
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition, 115*, 394-406. doi:10.1016/j.cognition.2010.02.002
- Gonzalez, E. G., & Kolers, P. A. (1982). Mental manipulation of arithmetic symbols. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 8*, 308-319. doi:10.1037/0278-7393.8.4.308
- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*, 665-668. doi:10.1038/nature07246
- Heathcote, D. (1994). The role of visuospatial working memory in the mental addition of multi-digit addends. *Current Psychology of Cognition, 13*, 207-245. Retrieved from: <http://psycnet.apa.org.proxy.library.uu.nl/psycinfo/1995-08317-001>
- 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
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 284-309. doi:10.1016/j.jecp.2006.09.001

- Iuculano, T., Tang, J., Hall, C. W. B., & Butterworth, B. (2008). Core information processing deficits in developmental dyscalculia and low numeracy. *Developmental Science, 11*, 669-680. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00716.x.
- 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
- 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
- Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs a meta-analysis. *Remedial and Special Education, 24*, 97-114. doi:10.1177/07419325030240020501
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 226-236. doi:10.1177/0734282908330586
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006
- Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connection among numerical categorization, number-line estimation and numerical magnitude comparison. *Child Development, 78*, 1723-1744. [doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x).
- Lee, K. M., & Kang, S. Y. (2002). Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual tasks. *Cognition, 83*, 63–68. doi:10.1016/S0010-0277(02)00010-0

- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual–spatial interference on children’s arithmetical performance. *Educational and Child Psychology, 20*, 93–108. Retrieved from:  
[https://www.researchgate.net/publication/250928054\\_The\\_relationship\\_between\\_working\\_memory\\_and\\_early\\_writing\\_at\\_the\\_word\\_sentence\\_and\\_text\\_level#page=95](https://www.researchgate.net/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level#page=95)
- Noël, M. P. (2001). Numerical cognition. In R. Brenda (Ed.), *The handbook of cognitive neuropsychology. What deficits reveal about the human mind* (pp. 495–518). London: Psychology Press, Tylor & Frances.
- Noël, M. P., Seron, X., & Trovarelli, F. (2004). Working memory as a predictor of addition skills and addition strategies in children. *Current Psychology of Cognition, 22*, 3–25. Retrieved from:  
[https://www.researchgate.net/publication/232545485\\_Working\\_memory\\_as\\_a\\_predictor\\_of\\_addition\\_skills\\_and\\_addition\\_strategies\\_in\\_children](https://www.researchgate.net/publication/232545485_Working_memory_as_a_predictor_of_addition_skills_and_addition_strategies_in_children)
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition, 116*, 33-41. doi:10.1016/2010.03.012
- 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
- Repovš, 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
- Rousselle, L., & Noël, M. P. (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.

- Schmithorst, V. J., & Brown, R.D. (2004). Empirical validation of the triple-code model of numerical processing for complex math operations using functional MRI and group independent component analysis of the mental addition and subtraction of fractions. *NeuroImage*, *22*, 1414–1420. doi:10.1016/j.neuroimage.2004.03.021
- Siegler, R. S. (2016). Magnitude knowledge: The common core of numerical development. *Developmental Science*, *19*, 341–361. doi:10.1111/desc.12395
- Tronsky, L. N. (2005). Strategy use, the development of automaticity, and working memory involvement in complex multiplication. *Memory and Cognition*, *33*, 927–940. doi:10.3758/BF03193086
- Trbovich, P. L., & Lefevre, J. A. (2003). Phonological and visual working memory in mental addition. *Memory and Cognition*, *31*, 738–745. doi:10.3758/BF03196112
- Van de Rijt, B. A. M. & Van Luit, J. E. H. (1998). Effectiveness of the additional early mathematics program for teaching children early mathematics. *Instructional Science*, *26*, 337–358. doi:10.1023/A:1003180411209
- 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., Jolani, S., & Van Luit, J. E. (2015a). The Monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior Research Methods*, *48*, 1–16. doi:10.3758/s13428-015-0607-y
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & Van Luit, J. E. (2014). Validity and reliability of an online visual–spatial working memory task for self-

reliant administration in school-aged children. *Behavior Research Methods*, *47*, 708-719. doi:10.3758/s13428-014-0469-88

Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015b). 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