

# **Visuele versus verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties.**

Naam: Annet Theunis  
Studentnummer: 3237826  
E-mail: [J.L.Theunis@students.uu.nl](mailto:J.L.Theunis@students.uu.nl)  
Begeleidster: M. E. Kolkman  
Tweede beoordelaar: E. H. Kroesbergen  
Datum: 24-06-2011

## Voorwoord

Deze thesis is geschreven naar aanleiding van het afstudeeronderzoek naar de invloed van verbale versus visuele werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties bij kinderen in groep 1, 2, en 3. Het onderzoek maakt deel uit van een groter lopend onderzoek naar de relatie tussen werkgeheugen en rekenvaardigheid, uitgevoerd door de Universiteit Utrecht.

Ik wil graag iedereen bedanken die een bijdrage heeft geleverd aan de totstandkoming van deze thesis. In het bijzonder wil ik mijn begeleidster Meijke Kolkman bedanken voor het geven van leerzame feedback en de prettige samenwerking en begeleiding gedurende het afgelopen jaar.

Annet Theunis

Utrecht, juni 2011

## Abstract

This longitudinal study examined the influence of verbal versus visual working memory skills on numerical representations of children from kindergarten to first grade. **Method:** This sample includes 69 children from Dutch kindergarten and primary school. The children were 55.14, 63.77 and 71.52 months old at the different measure moments. Several translated versions of working memory tasks of the AWMA test battery and a number line task were used in this research. **Results:** Results from several regression analyses showed that visual but not verbal working memory skills had a significant influence on numerical representations of children from second year of kindergarten and first grade. Stronger visual working memory skills maximizes performances on numeric representations tasks. Visual storage skills are a predictor for numeric representations of children in second year of kindergarten. In first grade (visual) processing skills predict numeric representations. **Discussion:** The implications of this study are that it seems promising to use the concept of working memory for the early identification of children at risk for math learning difficulties.

*Keywords:* Numeric representations, verbal working memory skills, visual working memory skills.

## Samenvatting

In dit longitudinale onderzoek is gekeken naar de invloed van verbale versus visuele werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties bij kinderen in groep 1, 2 en 3. **Methode:** De steekproef bestaat uit 69 kinderen uit groep 1, 2 en 3 van basisscholen in het midden van Nederland. De gemiddelde leeftijd in de groepen 1, 2 en 3 was respectievelijk 55.14, 63.77 en 71.52 maanden. Voor de beantwoording van de onderzoeksvraag is gebruik gemaakt van de vertaalde versies werkgeheugentaken van de AWMA testbatterij en van een getallenlijntaak. **Resultaten:** Uit de resultaten van de regressieanalyses blijkt dat visuele maar geen verbale werkgeheugenvaardigheden van invloed zijn op numeriek representaties voor groep 2 en 3. Hoe beter de visuele werkgeheugenvaardigheden ontwikkeld zijn, hoe beter het kind presteert op numerieke representatietaak. Voor de kinderen in groep 2 geldt dat visuele opslagvaardigheden prestaties op de numerieke representatietaak voorspellen waar (visuele) verwerkingsvaardigheden een voorspeller zijn voor kinderen in groep 3. **Discussie:** De huidige resultaten wijzen op het belang van het stimuleren werkgeheugenvaardigheden in de preventie en vroegtijdige diagnostiek van rekenproblemen.

## Inleiding

Voorbereidende rekenvaardigheden zijn vaardigheden die nodig zijn om tot het latere rekenen te komen. Kinderen verschillen van elkaar in de mate waarin deze vaardigheden aanwezig zijn. Deze verschillen kunnen verklaard worden door onder andere omgevingsfactoren, zoals sociaal economische status, thuisstimulering, onderwijs en ervaring met verschillende soorten materialen (Kroesbergen, van Luit, van Lieshout, van Loosbroek & van de Rijt, 2009). Zo noemen Arnold en Doctoroff (2003) de relatie tussen een lage sociaal economische status en lagere prestaties op rekenvaardigheden. Naast omgevingsfactoren zijn ook kindfactoren als number sense, werkgeheugen en executieve functies van invloed.

Number sense verwijst naar het vermogen om numerieke hoeveelheden te verwerken, begrijpen en te schatten (Dehaene, 2001). Dit vermogen is volgens sommigen genetisch bepaald, omdat pasgeborenen al in staat zijn kleine aantallen (1 tot 3) te onderscheiden en verschillen in grotere aantallen grof te kunnen schatten (Ruijsenaars, van Luit, & van Lieshout, 2006). Het triple code model van Dehaene (2001) beschrijft de neurale basis van number sense. In dit model zijn drie manieren van numerieke representaties te onderscheiden. Allereerst is er de analoge code, de representatie van hoeveelheden op een ruimtelijk georiënteerde getallenlijn (e.g., /xxx/). De verbale code is de representatie van hoeveelheden in woorden (e.g., /drie/). Ten slotte is er de visuele code, wat verwijst naar de Arabische representatie van hoeveelheden (e.g., /3/). Verschillende onderzoeken hebben zich reeds gericht op number sense, al dan niet in combinatie met rekenen. Jordan, Glutting en Ramineni (2010) bevestigen de unieke invloed van number sense op de verschillen in rekenprestaties. In hun onderzoek controleerden zij daarbij voor leeftijd en cognitieve vaardigheden als taal en geheugen. Tekorten in symbolisch getalbegrip, telvaardigheden, getalrelaties en basisberekeningen liggen ten grondslag aan rekenproblemen. Tevens blijkt dat tekorten in verbale cognitieve vaardigheden van negatieve invloed zijn op de verwerving van gesproken getallenreeksen (Donlan, Cowan, Newton, & Lloyd, 2007; Jordan, Glutting & Ramineni, 2010) waar tekorten in visuele cognitieve vaardigheden van negatieve invloed zijn op het begrip van het cardinaliteitsprincipe (Ansari et al., 2003; Jordan, Glutting & Ramineni, 2010).

Om te kunnen rekenen moeten de hiervoor beschreven codes aan elkaar gekoppeld worden. Door de koppeling van de analoge code aan de visuele en verbale code komt een mentale getallenlijn tot stand (Dehaene, 2001). Laski en Siegler (2007) hebben onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van deze mentale getallenlijn. In eerste instantie verlopen de representaties op deze mentale getallenlijn logaritmisch. Jonge kinderen hebben namelijk de neiging om de afstand tussen kleine getallen te overschatten. Als kinderen leren rekenen

wordt de getallenlijn meer lineair. Uit onderzoek naar getallenlijn taken blijkt dat wanneer er grote verschillen zijn tussen de getallen die op de getallenlijn geplaatst dienen te worden of wanneer er sprake is van kleine getallen dit gerelateerd is aan een sneller en nauwkeuriger antwoord (Ebersbach et al., 2008; Laski & Siegler, 2007). Tevens antwoorden kinderen sneller en nauwkeuriger indien zij voor hun bekende getallen op de mentale getallenlijn moeten plaatsen (Ebersbach et al., 2008). De mentale getallenlijn vormt de basis voor het latere rekenen. Zo vonden Siegler en Booth (2004) een relatie tussen prestaties op taken met betrekking tot de getallenlijn en individuele verschillen in rekenprestaties. In aanvulling hierop vonden Geary, Hoard, Nugent en Byrd-Craven (2008) dat kinderen met een rekenstoornis minder accuraat waren in het plaatsen van getallen op een getallenlijn. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de formatie van numerieke representaties (mentale getallenlijn) en de opslag van rekenwiskunde feiten gehinderd wordt door zwakke werkgeheugenprocessen, wat kan leiden tot rekenproblemen (Rotzer et al., 2009). Volgens Ruijsenaars, van Luit en van Lieshout (2006) leiden goede werkgeheugenvaardigheden juist tot adequate representaties in het lange termijn geheugen waardoor benodigde kennis makkelijker op te roepen is, wat een positief effect heeft op de (voorbereidende) rekenvaardigheden.

Het werkgeheugen lijkt dus een rol te spelen bij de formatie van numerieke representaties en daarmee ook bij de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Het werkgeheugen verwijst naar de mentale capaciteit die verantwoordelijk is voor het tijdelijk verwerken en opslaan van informatie (Rosselli, Matute, Pinto, & Ardila, 2006). Het multicomponenten model van Baddeley (2003) beschrijft het werkgeheugen en bestaat uit een centraal executief systeem en drie slaafsystemen. Het eerste slaafstelsel is de fonologische lus, dit zorgt voor de tijdelijke opslag van verbale informatie. Daarnaast is er het visueel ruimtelijke schetsblok, wat zorgt voor de tijdelijke opslag van visuele en ruimtelijke informatie. Volgens Miyake et al. (2001) wordt de capaciteit van het werkgeheugen bepaald door deze twee afzonderlijke systemen, een voor de verbale informatie en een voor de visuele informatie. De systemen kunnen zelfstandig informatie manipuleren en actief houden. Het laatste slaafstelsel wordt de episodische buffer genoemd (Baddeley, 2003). Dit systeem legt verbindingen tussen informatie van diverse bronnen. De drie slaafsystemen worden aangestuurd door het eerder genoemde centraal executief systeem. Dit systeem programmeert wat er moet gebeuren en welke informatie bruikbaar is. Uit onderzoek is gebleken dat het werkgeheugen van kinderen gerelateerd is aan de academische voortgang in lezen en rekenen en een belangrijke factor is om de individuele verschillen in rekenvaardigheid bij kinderen te begrijpen (de Smedt,

Verschaffel & Ghesquière, 2009). Uit het onderzoek van Rosselli et al. (2006) bleek dat werkgeheugentaken de beste voorspellers zijn voor scores op rekentoetsen. De taak die visuele verwerkingsvaardigheden meet, had in dit onderzoek de grootste voorspellende waarde. Volgens Passolunghi en Pazzaglia (2004) presteren kinderen met rekenproblemen zwakker dan andere kinderen op werkgeheugentaakjes. Zij vonden een effect voor visuele maar niet voor verbale verwerkingsvaardigheden.

Het eerder genoemde centraal executief systeem in het model van Baddeley wordt tegenwoordig gezien als bestaande uit verschillende vaardigheden die samen de executieve functies vormen (Baddeley, 2003). Executieve functies zijn cognitieve processen die belangrijk zijn in de controle en uitvoering van cognitieve processen, zoals updating, shifting en inhibitie (Pennington, 2009). Shifting is het vermogen te kunnen wisselen tussen verschillende responses en inhibitie verwijst naar het onderdrukken van dominante reacties (Miyake et al., 2000). Updating is het kunnen manipuleren van informatie uit het werkgeheugen. Informatie die niet meer nodig is, wordt vervangen door nieuwe informatie (Miyake et al., 2000). Er kan onderscheid gemaakt worden tussen verbale en visuele updating. Bij visuele updating gaat het om het manipuleren van visuele informatie. In geval van verbale updating draait het om verbale informatie (Passolunghi & Pazzaglia, 2004). Eerder onderzoek toonde reeds de relatie tussen executieve functies en rekenen aan (Bull, Espy & Wiebe, 2008; Kroesbergen et al., 2009). Verschillende onderzoeken vonden dat kinderen met rekenproblemen significant lager scoorden dan hun leeftijdsgenootjes op taakjes die executieve functies meten (Bull & Scerif, 2001; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004). Bovendien verklaren en voorspellen executieve functies individuele verschillen in rekenvaardigheid (Bull & Scerif, 2001). Uit het onderzoek van Kroesbergen et al. (2009) bleek daarnaast dat updating het hoogste correleerde met voorbereidende rekenvaardigheden. Ook uit andere onderzoeken bleek een positieve relatie tussen rekenvaardigheden en updating (Bull & Scerif, 2001; Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Passolunghi & Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Gathercole, Brown en Pickering (2003) vonden daarnaast dat updating een goede voorspeller is voor schoolse vaardigheden. Het goed kunnen updaten is een voorwaarde voor goede rekenprestaties (Van der Sluis, De Jong en Van der Leij, 2007).

Kortom, er is veel literatuur beschikbaar rondom de relatie tussen het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden. Voorgaand onderzoek was echter cross-sectioneel van aard (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Rosselli et al., 2006), waar huidig onderzoek een longitudinale opzet heeft. Longitudinaal onderzoek maakt het mogelijk om de invloed van het

werkgeheugen op voorbereidende rekenvaardigheden over tijd te onderzoeken. Eerder onderzoek legde daarnaast de nadruk op werkgeheugen en rekenen, executieve functies en rekenen of mentale getallenlijn en rekenen. De relaties tussen de concepten onderling die van invloed zijn op het latere rekenen is minder uitgebreid aan bod gekomen. Zo is er weinig bekend over de specifieke relatie tussen numerieke representaties en het werkgeheugen. Rotzer et al (2009) suggereerden reeds dat werkgeheugenvaardigheden van invloed zijn op de kwaliteit van numerieke representaties en daarmee op rekenprestaties. Dit onderzoek maakte echter gebruik van kinderen tussen de 8 en 10 jaar. Of werkgeheugenvaardigheden ook op jongere leeftijd reeds van invloed is op numerieke representaties is niet bekend. In het huidige onderzoek zal daarom deze relatie verder onderzocht worden bij jongere kinderen. Daarnaast is er tot op heden beperkt onderzoek gedaan waarin onderscheid werd gemaakt tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden. Eerder onderzoek wees reeds uit dat visuele werkgeheugenvaardigheden een betere voorspeller waren voor rekenvaardigheden (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Roselli et al., 2006). Over de voorspellende waarde specifiek voor numerieke representaties is echter niets bekend. In het huidige onderzoek zal daarom aandacht besteed worden aan de eventuele verschillen in invloed van deze twee vormen op numerieke representaties. Er zal daarbij gekeken worden naar zowel opslag als verwerkingsvaardigheden. Wetenschappelijk gezien levert dit onderzoek een bijdrage aan de huidige kennis en stand van zaken betreffende de samenhang tussen voorbereidende rekenvaardigheden en het werkgeheugen. Wanneer gekeken wordt naar maatschappelijke relevantie levert dit onderzoek mogelijk aanknopingspunten op wat betreft diagnostiek en behandeling van rekenproblemen. Tevens kan er rekenonderwijs op maat worden gegeven, waardoor de rekenvaardigheden van kinderen optimaal gestimuleerd worden.

De vraagstelling van dit onderzoek luidt: ‘Wat is de relatie tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties bij kinderen in groep 1, 2 en 3?’. Deze vraagstelling wordt beantwoord aan de hand van de volgende onderzoeksvragen: (1a) Wat is de relatie tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties bij kinderen uit groep 1?, (1b) Wat is de relatie tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties bij kinderen uit groep 2?, (1c) Wat is de relatie tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties bij kinderen uit groep 3?, (2a) Welke werkgeheugenvaardigheden (visuele of verbale) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 1?, (2b) Welke werkgeheugenvaardigheden (visuele of verbale) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 2?, (2c) Welke werkgeheugenvaardigheden (visuele of

verbale) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 3?, (3a) Welke visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden (verwerking of opslag) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 1?, (3b) Welke visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden (verwerking of opslag) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 2? en (3c) Welke visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden (verwerking of opslag) zijn de beste voorspeller voor numerieke representaties bij kinderen uit groep 3?

Op basis van de hiervoor besproken literatuur wordt verwacht dat beter ontwikkelde werkgeheugenvaardigheden gerelateerd zijn aan hogere prestaties op numerieke representatietaken. Met betrekking tot de verschillen tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden wordt verwacht dat visuele vaardigheden de beste voorspeller zijn voor numerieke representaties en dat hierbij verwerkingsvaardigheden een grotere rol spelen dan opslagvaardigheden.

### Methoden

In dit longitudinale onderzoek is gebruik gemaakt van kwantitatieve data verkregen uit rekengerelateerde en werkgeheugentaakjes op een laptop. De taakjes werden afgenomen bij kinderen in groep 1, 2 en 3, afkomstig van verschillende scholen in Nederland. Er is sprake van een selecte steekproef, bestaande uit 69 kinderen, waarvan 36 meisjes en 33 jongens. De gemiddelde leeftijd in de groepen 1, 2 en 3 was respectievelijk 55.14, 63.77 en 71.52 maanden. De deelnemende kinderen werden drie jaar lang gevolgd, zodat hun cognitieve en numerieke ontwikkeling in kaart kon worden gebracht. Ieder jaar vond er per kind vier keer een afname van een halfuur plaats onder schooltijd. De taakjes werden door studenten van de Universiteit Utrecht middels een laptop afgenomen. Voorafgaand hieraan volgden zij hier een training voor.

Voor het concept 'numerieke representaties' is gebruik gemaakt van de prestaties op de verbale versie van de *Number-to-Position 1-100* taak (Laski & Siegler, 2007). Tijdens deze taken kreeg het kind een horizontale lijn te zien van 1 tot en met 100. Ter introductie liet de testleider de positie van de getallen van de twee uitersten zien. Vervolgens moest het kind de positie op de getallenlijn aanwijzen van ieder getal. De taak bestond uit 10 items. De geschatte posities door het kind werden vergeleken met de eigenlijke posities op de getallenlijn en op basis daarvan is in SPSS een linear fit score ( $R^2$ ) voor iedere reeks antwoorden berekend. Van de prestaties op de taken 1-10 en 1-100 is een gemiddelde



berekend, de variabele ‘numerieke representaties’. Hoe hoger de score op deze variabele, hoe beter de numerieke representaties van het betreffende kind ontwikkeld zijn.

Voor de concepten ‘verbale verwerkingsvaardigheden’ en ‘verbale opslagvaardigheden’ is gebruik gemaakt van de prestaties op de computerversie van *Word Recall Backwards* en de *Word Recall Forwards* taak van de Automated Working Memory Assessment Battery (Alloway, 2007). In deze taken noemde een opgenomen stem reeksen van semantisch ongerelateerde woorden. Vervolgens moest het kind de woorden herhalen in respectievelijk de omgekeerde en dezelfde volgorde. De lengte van de woordreeks werd langer indien het kind meerdere woordreeksen correct had nagezegd. Er gold een maximumscore van 28 voor beide taken. Hoe hoger de score op de taken, hoe beter de verbale werkgeheugenvaardigheden van het kind ontwikkeld zijn. De diagnostische validiteit van deze taak voor kinderen met tekorten in het werkgeheugen is goed (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008).

Voor het concept ‘visuele werkgeheugenvaardigheden’ is gebruik gemaakt van de prestaties op de *Odd One Out* taak en de *Dot Matrix* taak (Alloway, 2007). De maximumscores van deze taken waren respectievelijk 28 en 42. Op de *Odd One Out* taak moesten kinderen de afwijkende vorm aanwijzen in een rij van drie geometrische vormen en vervolgens de locaties van deze vormen onthouden. Het aantal rijen nam naar mate de taak vordert toe. De taak werd automatisch afgebroken indien een kind drie foute antwoorden gaf binnen een reeks van items van dezelfde lengte. De diagnostische validiteit van deze taak voor kinderen met tekorten in het werkgeheugen is goed (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). In de *Dot Matrix* taak kregen de kinderen een matrix van vier bij vier te zien, waarin een rode stip kort verscheen in één van de hokjes. Het kind wijst het hokje aan waar de stip verscheen. Het aantal stippen nam toe naarmate de taak vordert. De taak werd afgebroken wanneer het kind drie fouten maakte binnen een blok met een bepaald aantal stippen. Op basis van de gemiddelde score op beide taken werd de variabele ‘visuele werkgeheugenvaardigheden’ aangemaakt. Hoe hoger de score op deze variabele, hoe beter de visuele werkgeheugenvaardigheden van het kind ontwikkeld zijn.

De eerder genoemde onderzoeksvragen zijn getoetst met behulp van het programma SPSS. Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen is gebruik gemaakt van regressie analyses. Deze analyses werden per groep (1, 2 en 3) uitgevoerd. Allereerst is er gekeken of er inderdaad sprake is van samenhang tussen de verschillende variabelen. Vervolgens is de richting van het gevonden verband onderzocht. Ten slotte is gekeken naar de voorspellende waarde van visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden ten opzichte van elkaar.

## Resultaten

In dit onderzoek is gekeken naar de relatie tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden en numerieke representaties bij kinderen uit groep 1, 2, en 3. De beschrijvende statistieken van de gebruikte taken zijn weergegeven in Tabel 1. Gekeken naar de gemiddeldes valt op dat op alle taken de gemiddelde prestaties toeneemt naarmate de kinderen ouder worden, met uitzondering van de *Word Recall Backwards*. Op basis van de correlaties weergegeven in Tabel 2 is per groep een gemiddelde score op de *Dot Matrix* en *Odd One Out* taak berekend, de variabele Visuele Werkgeheugenvaardigheden. De beschrijvende statistieken van deze variabele zijn weergegeven in Tabel 1. Gezien het feit dat de *Word Recall Backwards* taak en de *Word Recall Forwards* taak voor geen van de groepen met elkaar correleerden, kon er geen variabele Verbale Werkgeheugenvaardigheden samengesteld worden. Om deze reden wordt er naar de invloed van de losse taken op numerieke representaties gekeken. Op basis van de significante correlatie tussen *Word Recall Backwards* en *Odd One Out* is per groep een gemiddelde berekend, de variabele Verwerkingsvaardigheden. Ook van deze variabele zijn de beschrijvende statistieken weergegeven in Tabel 1. Gekeken naar de correlaties in Tabel 2 valt daarnaast op dat onder andere de prestaties op de *Dot Matrix* taak niet correleren door de tijd heen.

Met behulp van correlatietoetsen is gekeken naar de samenhang tussen de verschillende variabelen. Hieruit is gebleken dat in groep 1 geen van de werkgeheugentaken significant correleren met de numerieke representatietaak. In groep 2 blijkt dat visuele werkgeheugenvaardigheden in het algemeen en visuele opslagvaardigheden significant met numerieke representaties samenhangen. Daarnaast correleren de visuele werkgeheugenvaardigheden in het algemeen, de verwerkingsvaardigheden in het algemeen en de visuele verwerkingsvaardigheden significant met numerieke representaties in groep 3.

Vervolgens is er voor de groepen 2 en 3 een enkelvoudige regressieanalyse uitgevoerd. De variabele visuele werkgeheugenvaardigheden is gebruikt als voorspeller voor numerieke representaties. De resultaten van de regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 3. Uit de resultaten blijkt dat de visuele werkgeheugenvaardigheden in groep 2 en 3 een significante invloed hebben op de numerieke representaties van de kinderen ( $\beta = .26, p < .05$ ;  $\beta = .27, p < .05$ ). Er is sprake van een positief verband. Dit betekent dat hoe beter de visuele werkgeheugenvaardigheden van het kind zijn, hoe hoger het kind scoort op de numerieke representatietaak. Gezien het feit dat de verbale werkgeheugenvaardigheden niet van invloed blijken te zijn op numerieke representaties zijn visuele werkgeheugenvaardigheden de beste voorspeller voor numerieke representaties.

Tabel 1. *Beschrijvende statistieken (on)afhankelijke variabelen per groep.*

	<i>n</i>	minimum	maximum	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Groep 1</b>					
Word Recall Forwards (WRF)	69	9.00	19.00	13.26	2.21
Word Recall Backwards (WRB)	69	0.00	9.00	4.20	1.92
Odd One Out (OOO)	69	4.00	13.00	9.36	2.28
Dot Matrix (DM)	68	0.00	16.00	9.19	3.18
Visueel werkgeheugen (VW)	69	3.50	14.50	9.30	2.21
Verwerkingsvaardigheden (VV)	69	2.50	9.50	6.78	1.65
Numerieke representaties (NR)	68	0.00	0.92	0.29	0.26
<b>Groep 2</b>					
Word Recall Forwards (WRF)	68	10.00	20.00	13.85	2.31
Word Recall Backwards (WRB)	68	3.00	12.00	5.59	1.89
Odd One Out (OOO)	68	5.00	18.00	10.93	2.59
Dot Matrix (DM)	68	2.00	18.00	10.91	3.16
Visueel werkgeheugen (VW)	68	5.00	17.00	10.91	2.42
Verwerkingsvaardigheden (VV)	68	4.50	14.50	8.26	1.80
Numerieke representaties (NR)	68	0.00	0.97	0.39	0.29
<b>Groep 3</b>					
Word Recall Forwards (WRF)	68	12.00	20.00	14.71	2.00
Word Recall Backwards (WRB)	68	0.00	11.00	5.54	1.79
Odd One Out (OOO)	68	5.00	17.00	11.63	2.29
Dot Matrix (DM)	68	0.00	19.00	11.71	3.08
Visueel werkgeheugen (VW)	68	5.50	16.50	11.67	2.17
Verwerkingsvaardigheden (VV)	68	2.50	12.50	8.59	1.72
Numerieke representaties (NR)	68	0.00	0.96	0.56	0.27

Tabel 2. *Correlaties tussen de onafhankelijke en afhankelijke variabelen per groep.*

	Groep 1							Groep 2							Groep 3							
	WRF	WRB	OOO	DM	VW	VV	NR	WRF	WRB	OOO	DM	VW	VV	NR	WRF	WRB	OOO	DM	VW	VV	NR	
Gr. 1																						
WRF	-	.15	.10	.01	.07	.16	.15	.48**							.47**							
WRB	.15	-	.22	.21	.28*	.74**	.04		.04							.28*						
OOO	.10	.22	-	.28*	.73**	.82**	.13			.38**							.33**					
DM	.01	.21	.28*	-	.78**	.32**	.06				-.08							.20				
VW	.07	.28*	.73**	.78**	-	.67**	.12					.25*							.45**			
VV	.16	.74**	.82	.32**	.67**	-	.11						.31**								.45**	
NR	.15	.04	.13	.06	.12	.11	-							.40**								.49**
Gr. 2																						
WRF	.48**							-	.09	.08	.08	.09	.10	.14	.43**							
WRB		.04						.09	-	.27*	.33**	.36**	.72**	-.05		-.02						
OOO			.38**					.08	.27*	-	.41**	.80**	.86**	.05			.22					
DM				-.08				.08	.33**	.41**	-	.87**	.47**	.36**				.14				
VW					.25*			.09	.36**	.80**	.87**	-	.77**	.26*					.15			
VV						.31**		.10	.72**	.86**	.47**	.77**	-	.00						.19		
NR							.40**	.14	-.05	.05	.36**	.26*	.00	-								.61**
Gr. 3																						
WRF	.47**							.43**							-	.17	.10	-.07	.00	.16	-.02	
WRB		.28*							-.02						.17	-	.41**	.06	.26*	.37**	.16	
OOO			.33**							.22					.10	.41**	-	.30*	.74**	.11	.37**	
DM				.20							.14				-.07	.06	.30*	-	.86**	.27*	.11	
VW					.34**							.15			.00	.26*	.74**	.86**	-	.63**	.27*	
VV						.45**							.19		.16	.79**	.88**	.23	.63**	-	.33**	
NR							.49**							.61**	-.02	.16	.37**	.11	.27*	.33**	-	

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

Tabel 3. *Regressie werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties per groep.*

	Groep 2		Groep 3	
	$\beta$	$R^2$	$\beta$	$R^2$
Visuele werkgeheugenvaardigheden	.26*	.07*	.27*	.07*
Verwerkingsvaardigheden			.33*	.11*
Visuele opslagvaardigheden (DM)	.36**	.13**		
Visuele verwerkingsvaardigheden (OOO)			.37**	.13**

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

Tevens zijn er voor de groepen 2 en 3 regressieanalyses uitgevoerd waarin onderscheid is gemaakt tussen verwerkings- en opslagvaardigheden. De resultaten van deze regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 3. Uit de resultaten blijkt dat in groep 2 visuele opslagvaardigheden een significante invloed hebben op de numerieke representaties van de kinderen ( $\beta = .36, p < .01$ ). Hierbij geldt dat hoe beter de visuele opslagvaardigheden van de kinderen zijn, hoe hoger zij scoren op de numerieke representatietaken. De verwerkingsvaardigheden in het algemeen hebben in groep 3 een significante invloed op de numerieke representaties ( $\beta = .33, p < .05$ ). Dit betekent dat hoe beter de visuele en verbale verwerkingsvaardigheden zijn, hoe hoger de kinderen presteren op de numerieke representatietaken. Daarnaast blijken visuele verwerkingsvaardigheden tevens individueel van significante invloed ( $\beta = .37, p < .01$ ). Ook hier betreft het een positief verband, waarbij geldt dat hoe beter de visuele verwerkingsvaardigheden van de kinderen zijn, hoe hoger ze scoren op de numerieke representatietaken. Gekeken naar de grootte van de voorspellende waarden kan geconcludeerd worden dat in groep 2 de visuele opslagvaardigheden de beste voorspeller zijn voor numerieke representaties in vergelijking met de andere werkgeheugenvaardigheden. Echter, in groep 3 is de voorspellende waarde van de visuele verwerkingsvaardigheden op numerieke representaties groter dan de andere werkgeheugenvaardigheden.

### Discussie

In dit onderzoek is allereerst gekeken naar de invloed van visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties bij kinderen in groep 1, 2 en 3. Uit eerder onderzoek bleek dat werkgeheugenvaardigheden van invloed zijn op numerieke representaties (Bull & Scerif, 2001; Bull, Espy & Wiebe, 2008; Gathercole, Brown en Pickering, 2003; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Kroesbergen et al., 2009; Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Passolunghi & Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007;

St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). In lijn met de verwachting is tevens uit de huidige resultaten gebleken dat visuele werkgeheugenvaardigheden een significante invloed hebben op de numerieke representaties van de kinderen in groep 2 en 3. Hoe beter de werkgeheugenvaardigheden van het kind zijn, hoe hoger het kind scoort op de numerieke representatietaken. Mogelijk leiden goede werkgeheugenvaardigheden tot meer adequate representaties in het lange termijn geheugen waardoor benodigde kennis makkelijker op te roepen is, wat een positief effect heeft op de (voorbereidende) rekenvaardigheden (Ruijsenaars, van Luit, & van Lieshout, 2006). Het huidige onderzoek ondersteunt op dit punt met deze resultaten de beschikbare wetenschappelijke literatuur. Echter, voor de kinderen in groep 1 werd geen relatie gevonden tussen zowel visuele als verbale werkgeheugenvaardigheden. Mogelijk wordt dit verklaard door het feit dat voorgaand onderzoek zich gericht heeft op oudere kinderen (Rotzer et al., 2009). De afwijkende resultaten voor de leerlingen in groep 1 worden mogelijk verklaard doordat bij jongere kinderen het centrale executieve systeem een mediërende rol speelt met betrekking tot visuele werkgeheugentaken (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). Zo is de mate van aandacht van grote invloed op de prestaties op visuele werkgeheugentaken.

Daarnaast is in dit onderzoek gekeken naar de verschillen tussen visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden. Uit eerder onderzoek is gebleken dat visuele werkgeheugentaken betere voorspellers zijn dan verbale werkgeheugentaken (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Rosselli et al., 2006). Er werd dan ook verwacht dat visuele werkgeheugenvaardigheden een grotere invloed hadden op numerieke representaties. Uit de huidige resultaten bleek dat voor de kinderen in groep 2 en 3 de visuele werkgeheugenvaardigheden inderdaad een betere voorspeller zijn dan de verbale werkgeheugenvaardigheden. In groep 1 waren zowel visuele als verbale werkgeheugenvaardigheden niet van invloed. De verwachting met betrekking tot het verschil tussen verbale en visuele werkgeheugenvaardigheden is daarmee voor een deel uitgekomen. Huidig onderzoek ondersteunt gedeeltelijk de grotere invloed van visuele werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties en geeft daarnaast aanwijzingen dat de rol van de werkgeheugenvaardigheden groter wordt naarmate kinderen ouder worden. In volgend onderzoek dient gekeken te worden of deze resultaten replicerbaar zijn. Tevens is nader onderzoek naar de verschillen in ontwikkeling van verbale versus visuele werkgeheugenvaardigheden gewenst, waarbij specifiek gekeken dient te worden naar eventuele mediërende factoren zoals de mate van aandacht.

Ten slotte is in dit onderzoek gekeken naar de verschillen tussen opslag en verwerking binnen de visuele en verbale werkgeheugenvaardigheden. Uit eerder onderzoek is gebleken

dat werkgeheugentaken die een beroep deden op verwerking in plaats van opslag van grotere voorspellende waarde zijn (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Rosselli et al., 2006). Op basis hiervan werd verwacht dat de werkgeheugenvaardigheden met betrekking tot de verwerking van grotere invloed waren op de numerieke representaties dan de vaardigheden met betrekking tot opslag. In lijn met de verwachting is gebleken dat met name de verwerkingsvaardigheden voor zowel visueel als verbaal werkgeheugen van invloed is op numerieke representaties van kinderen in groep 3. Voor het uitvoeren van de numerieke representatietaken moeten de kinderen informatie over het betreffende getal ophalen uit hun geheugen en vervolgens omzetten naar een plek op de getallenlijn. Dit vergt naast goede opslagvaardigheden dus tevens bewerking van de informatie. De huidige resultaten ondersteunen resultaten uit eerder onderzoek (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Rosselli et al., 2006). Echter, de resultaten wijzen uit dat alleen visuele opslagvaardigheden numerieke representaties voorspellen bij kinderen in groep 2. Mogelijk heeft dit opnieuw te maken met de eerder besproken jonge leeftijd van de onderzoeksgroep.

Het is van belang de hiervoor besproken resultaten met enige voorzichtigheid te bespreken gezien de tekortkomingen van dit onderzoek. Er is gebruik gemaakt van een selecte steekproef en de steekproefgrootte is beperkt waardoor de representativiteit van de steekproef verminderd is. Echter, de longitudinale opzet van het huidige onderzoek maakt het mogelijk om uitspraken te doen over de ontwikkeling van de werkgeheugen- en rekenvaardigheden. Volgend onderzoek naar de relatie tussen werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden dient gebruik te maken van een grotere steekproef met verschillende etniciteiten en achtergronden, zodat de generaliseerbaarheid van de resultaten wordt vergroot.

Kortom, de resultaten van dit onderzoek leveren een bijdrage aan de huidige kennis en stand van zaken betreffende de samenhang tussen werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden. De invloed van visuele werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties wordt nu ook voor jonge kinderen ondersteund. Met name over de invloed van visuele versus verbale werkgeheugenvaardigheden was tot nu toe weinig bekend. Huidig onderzoek geeft aanwijzingen dat de rol van (visuele) werkgeheugenvaardigheden op numerieke representaties mogelijk groter wordt naarmate kinderen ouder worden. Deze resultaten bieden implicaties voor verder onderzoek naar de ontwikkeling van visuele versus verbale werkgeheugenvaardigheden en eventueel mediërende factoren. De resultaten van dit onderzoek kunnen daarnaast gebruikt worden als aanknopingspunten met betrekking tot vroegtijdige signalering en diagnostiek van rekenproblemen. Remediërende programma's

dienen zich te richten op het ontwikkelen van werkgeheugenvaardigheden bij jonge kinderen waarbij voornamelijk de verwerkingsvaardigheden centraal staan.



## Literatuurlijst

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuo spatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698–1716.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment. Translated and reproduced by permission of Pearson Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734.
- 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.
- Arnold, D. H., & Doctoroff, G. L. (2003). The early education of socioeconomically disadvantaged children. *Annual Review of Psychology, 54*, 517-545.
- Assel, M. A., Landry, S. H., Swank, P., Smith, K. E., & Steelman, L. M. (2003). Precursors tot Mathematical Skills: Examining the Roles of Visual-Spatial Skills, Executive Processes, and Parenting Factors. *Applied Developmental Science, 7*, 27-38.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Review Neuroscience, 4*, 417-423.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children’s mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*, 273-293.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*, 205-228.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-36.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 469-479.
- Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J., & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: Evidence from childrenwith specific language impairments. *Cognition, 103*, 23–33.

- Ebersbach, M., Luwel, K., Frick, A., Onghena, P., & Verschaffel, L. (2008). The relationship between the shape of the mental number line and familiarity with numbers in 5- to 9-year old children: Evidence for a segmented linear model. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 1-17.
- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology, 20*, 109-122.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 18*, 1-16.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology, 33*, 277-299.
- 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.
- 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.
- Laski, A. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development, 78*, 1723-1743.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences, 14*, 219-230.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences, 15*, 257-269.

- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development, 22*, 165-184.
- Pennington, B. F. (2009). *Diagnosing learning disorders: A neuropsychological framework (2nd ed.)*. New York: The Guilford Press.
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology, 30*, 801-818.
- Ruijsenaars, van Luit, & van Lieshout (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie: theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Lemniscaat: Rotterdam.
- Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K, Martin, E., Klaver, P., & von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia, 47*, 2859-2865.
- Siegler, R. S. & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428-444. St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 745-759.
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading and arithmetic. *Intelligence, 35*, 427-449.