

PREMASTER ORTHOPEDAGOGIEK

Bachelorthesis

Het effect van werkgeheugentraining op de mate van getalbegrip  
bij vijfjarige kinderen

---



Universiteit Utrecht

Faculteit Sociale Wetenschappen

Auteurs:	R. Draaijer (0440892) B. Hölter (3633365) A. Segeren (3639908) S. de Vos (3703703)
Datum:	29-06-2011
Cursus:	200600042
Werkgroep:	12
Begeleider:	Ilona van den Bos, MSc

### **Abstract**

The purpose of this study was to examine the effects of working memory training on children with the mean age of five years in relation to number sense. Moreover the effects of working memory training between the two genders were examined in relation to number sense. A sample of 126 children was randomly matched assigned to the experimental conditions and the control condition. The sample consisted of 69 boys and 57 girls. The experimental conditions either received a visual-spatial working memory training (n=42) or a verbal working memory training (n=42). The non-experimental condition (n=42) received a substitute program. Three instruments were used to measure number sense, *the Number-to-Position* (NP) 1-10, the NP 1-100 and the *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised* (UGT-R). The results revealed a significant average effect of verbal working memory training in comparison with the non-experimental condition on the UGT-R. No significant improvements were found on the NP 1-10 and the NP 1-100. There were also no significant effects of gender on all tasks. It is suggested that number line and gender differences are still developing in children with a mean age of five years. Together these findings suggest that number sense of children with the mean age of five years can be trained by using working memory tasks.

*Keywords: working memory, visual-spatial, verbal, number sense, gender differences, five year old children*

## **Inleiding**

### **Belang rekenvaardigheden**

Rekenvaardigheden zijn belangrijk voor het goed kunnen functioneren binnen het onderwijssysteem. Gedurende het gehele basis- en middelbaar onderwijs maken rekenkundige en wiskundige vaardigheden een aanzienlijk onderdeel uit van het onderwijsaanbod. Daarnaast zijn rekenvaardigheden essentieel om deel uit te kunnen maken van een maatschappij waarin technische vaardigheden worden vereist (Butterworth, 2005; Swanson & Kim, 2007). De ontwikkeling van deze rekenvaardigheden is afhankelijk van de mate van voorbereidende rekenvaardigheden en de inzet van het werkgeheugen.

### **Voorbereidende rekenvaardigheden**

Voor het verwerven van rekenvaardigheden is ten eerste een goede voorbereidende rekenvaardigheid noodzakelijk (Dehaene, 2001; Van de Rijt & Van Luit, 1998). De voorbereidende rekenvaardigheid die jonge kinderen nog aan het ontwikkelen zijn en nog niet vloeiend uitvoerbaar is, wordt ook wel getalbegrip genoemd (Dunphy, 2007; Gersten & Chard, 1999; Gersten, Jordan, & Flojo, 2005). Terwijl in de literatuur verschillende benamingen voor deze vaardigheden zijn, wordt in dit onderzoek de term getalbegrip aangehouden.

Hoewel getalbegrip veel is beschreven, bestaat er nog geen algemene definitie van getalbegrip (Gersten et al., 2005). Volgens Dehaene (2001) is getalbegrip het vermogen om numerieke hoeveelheden te verwerken, begrijpen en te schatten. Okamoto (2000, geciteerd in Gersten et al., 2005) spreekt daarentegen over twee factoren om getalbegrip te definiëren, namelijk het verschil kunnen ontdekken tussen hoeveelheden en de vaardigheid te kunnen tellen.

Starkey & Cooper (1980) laten in hun onderzoek zien dat kinderen met de vaardigheid worden geboren een verschil in hoeveelheden te ontdekken (Holmes & Adams, 2006; Krajewski & Schneider, 2009; Landerl & Kölle, 2009; Rasmussen & Bisanz, 2005; Xu, Spelke & Goddard, 2005). Deze vaardigheid is continu in ontwikkeling. Op latere leeftijd maken kinderen gebruik van een 'mentale getallenlijn' om hoeveelheden te onderscheiden. De hoeveelheden worden ten opzichte van elkaar op een mentale lijn gezet (Laski & Siegler, 2007).

Onafhankelijk van de vaardigheid een verschil tussen hoeveelheden te kunnen maken, begint het kind rond het tweede levensjaar met tellen (Butterworth, 2005; Krajewski & Schneider, 2009). Een kind leert op dat moment hoeveelheden verbaal te vergelijken, waarvoor het woorden als 'meer' en 'minder' gebruikt (Krajewski & Schneider, 2009). De bewoording van de getallen staan in dit stadium nog los van het getal. Vanaf ongeveer drie jaar zijn veel kinderen daadwerkelijk in staat een verband tussen woord en getal te leggen.

Hoewel er nog onenigheid heerst over de definitie van getalbegrip, is er overeenstemming over het belang ervan voor een goede ontwikkeling van rekenvaardigheden (Howell & Kemp, 2010). Onder getalbegrip wordt in dit onderzoek de vaardigheid verstaan het verschil kunnen ontdekken tussen hoeveelheden, evenals de vaardigheid tellen.

### **Werkgeheugen**

Bij het verwerven van rekenvaardigheden wordt een groot beroep gedaan op het werkgeheugen (Dehaene, 2001; Rasmussen & Bisanz, 2005; Swanson & Kim, 2007; De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets, & Ghesquière, 2009). Dit geheugen wordt ingezet bij complexe cognitieve taken, zoals begrijpen, leren en redeneren (Baddeley, 2003; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010). In het werkgeheugen vindt het tijdelijk opslaan en het bewerken van informatie plaats (Baddeley, 2003; Swanson & Kim, 2007). Individuele verschillen in rekenvaardigheden bij kinderen worden vaak hierop teruggevoerd (Baddeley, 2003; Bull & Scerif, 2001; Gathercole & Pickering, 2000; De Smedt et al., 2009; Repovs & Baddeley, 2006; Swanson & Kim, 2007; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Een goed functionerend werkgeheugen is dan ook van belang, niettemin is het onduidelijk welke specifieke componenten ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden bij kinderen (Swanson & Kim, 2007).

Baddeley en Hitch hebben in 1974 een model ontwikkeld om de werking van het werkgeheugen te illustreren met inzet van verschillende componenten (Baddeley, 2003). Inmiddels is dit een wijd geaccepteerd model (Holmes & Adams, 2006; Meyer et al., 2010; Rasmussen & Bisanz, 2005). Het model deelt het werkgeheugen op in drie deelsystemen; het centraal executieve systeem, het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus (Baddeley, 2003). In een later stadium is het model van Baddeley en Hitch uitgebreid met een vierde component, de episodische buffer.

Het centraal executieve systeem coördineert activiteiten van het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus (Baddeley, 2003; Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Ook is dit systeem verbonden met het lange termijn geheugen om toegang te krijgen tot eerder verkregen informatie om een probleem op te lossen (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

Het visueel-ruimtelijk schetsblok slaat visuele en ruimtelijke informatie op, de fonologische lus is verantwoordelijk voor het tijdelijk opslaan van verbale- en auditieve informatie (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004; Swanson & Kim, 2007; StClair-Thompson, Stevens, Hunt, & Bolder, 2010). Het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus zijn sterk verbonden (Holmes & Adams, 2006; Meyer et al., 2010). Over de functie en werking van de episodische buffer is nog relatief weinig onderzoek verricht. Er

wordt ervan uitgegaan dat de episodische buffer informatie vanuit verschillende bronnen integreert (Baddeley, 2003). Het visueel-ruimtelijk schetsblok, de fonologische lus en de episodische buffer worden ook wel slaafsystemen genoemd, aangezien zij door het centraal executieve systeem worden aangestuurd. Alle componenten leveren een afzonderlijke bijdrage aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Bull & Scerif, 2001). Uit onderzoek blijkt echter tussen het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus een hoge correlatie te bestaan, waardoor zij moeilijk los van elkaar te onderzoeken zijn (Alloway, Gathercole, Adams, Willis, Eaglen, & Lamont, 2005). Wat betreft rekenvaardigheden spelen alle componenten van het werkgeheugen een rol (Alloway et al., 2005).

### **Relatie getalbegrip en werkgeheugen**

Welk component bij het ontwikkelen van getalbegrip het meest gebruikt wordt is onder meer afhankelijk van de specifieke taak en de reeds ontwikkelde rekenvaardigheden (Meyer et al., 2010). Het is van belang een onderscheid te maken tussen de verschillende componenten van het werkgeheugen en de samenhang met rekenvaardigheden (Iuculano, Moro, & Butterworth, in press). De invloed van de verschillende componenten van het werkgeheugen zal worden besproken aan de hand van voorbeelden uit leeftijdsperiodes waarin zij een belangrijke rol spelen.

Op jonge leeftijd wordt voornamelijk het visueel-ruimtelijk schetsblok ingezet. Jonge kinderen hebben de neiging te vertrouwen op hun visuele geheugen tijdens hun rekenkundige ontwikkeling (Rasmussen & Bisanz, 2005). Dit wordt verklaard doordat kleuters gebruik maken van een mentale representatie voor rekenen, wat de inzet van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen vereist (Rasmussen & Bisanz, 2005). Deze mentale representatie bezitten en gebruiken kleuters al voordat zij naar school gaan (Huttenlocher, Jordan, & Levine, 1994). Tijdens voorbereidend rekenen wordt het visueel-ruimtelijk schetsblok ingezet bij vergelijken en classificeren (Bull et al., 2008).

Schoolgaande kinderen vertrouwen in toenemende mate op verbale herhaling om informatie te onthouden. Wanneer zij formeel rekenonderwijs aangeboden krijgen, leren ze kwantitatieve symbolen te koppelen aan verbale labels (Rasmussen & Bisanz, 2005; De Smedt et al., 2009). Deze verbale aanpak vraagt de inzet van de fonologische lus. De fonologische lus wordt gezien als hulpmiddel om opgedane kennis van getallen en sommen te automatiseren en productie van kennis efficiënter te maken (Bull et al., 2008; Rasmussen & Bisanz, 2005; Swanson & Kim, 2007). Zodoende wordt gesproken over het belang van de fonologische lus bij tellen, rekenfeiten, rekenprocedures en woordproblemen (Bull et al., 2008).

### **Sekseverschillen en getalbegrip**

Naast onderzoek naar het belang van getalbegrip en de ontwikkeling van rekenvaardigheden in algemene zin, is tevens onderzoek uitgevoerd naar verschillen wat betreft sekse in de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Hieruit blijkt dat geen effect wordt gevonden als het gaat om sekse of dat de sekseverschillen die bij jonge kinderen aangetoond zijn, slechts minimaal zijn (Lachance & Mazzocco, 2006). Er bestaat geen eenduidigheid over het feit op welke leeftijd sekseverschillen waar te nemen zijn bij kinderen. Sekseverschillen nemen echter toe naarmate kinderen ouder worden (Lachance & Mazzocco, 2006; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995). Jongens presteren veelal beter qua rekenvaardigheden dan meisjes, ook al is dit verschil klein (Royer, Tronsky, Chan, Jackson, & Marchant, 1999). Het verschil heeft betrekking op verschillend strategiegebruik en de vlotheid bij rekenen. Bij meisjes gaat de voorkeur namelijk uit naar de inzet van manipulatieve strategieën voor het oplossen van rekenkundige problemen, waarbij zij het gebruik van hulpmiddelen prefereren. Bij jongens daarentegen gaat de voorkeur uit naar cognitieve, probleemoplossingsstrategieën en vlotheid van rekenen, wat de prestatie kan bevorderen (Carr, Steiner, Kyser, & Biddlecomb, 2008).

### **Sekseverschillen en werkgeheugen**

In onderzoeken naar sekseverschillen en het verband met rekenvaardigheden en werkgeheugen wordt gesproken over verschillen op een aantal visueel-ruimtelijke taken (Cattaneo, Postma, & Vecchi, 2006; Loring-Meier & Halpern, 1999; Tzuriel & Egozi, 2010; Voyer et al., 1995; Vederhus & Krekling, 1996; Weiss, Kemmler, Deisenhammer, Fleischhacker, & Delazer, 2003). Zo blijken jongens beter te zijn dan meisjes in non-verbaal tellen, vergelijken en schatten van groottes. Dit zijn taken welke een groot beroep doen op het visueel-ruimtelijke schetsblok (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003; Jordan, Kaplan, Oláh, & Locuniak, 2006; Royer et al., 1999). Verschillen in visuele verwerking tussen jongens en meisjes kunnen zich al voordoen op de kleuterschool (Levine, Huttenlocher, Taylor, & Langrock, 1999). Meisjes daarentegen blijken beter te zijn dan jongens in vrijwel elke rekentaak die een beroep doet op het verbale werkgeheugen (Herlitz & Rehman, 2008). Dit betreft rekenkennis die verbaal verwerkt wordt, zoals tellen, rekenfeiten, rekenprocedures en woordproblemen (Bull et al., 2008). Deze sekseverschillen zijn waargenomen binnen alle leeftijdsgroepen (Kramer, Delis, Kaplan, O'Donnell, & Prifitera, 1997).

Uit onderzoek is gebleken dat door training het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus bij zowel jongens als meisjes kunnen verbeteren (Levine et al., 1999; Thorell, Lindqvist, Bergman Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009; Tzuriel & Egozie, 2010).

## **Belang onderzoek**

In de literatuur wordt veelvuldig gesproken over het belang van getalbegrip bij het aanleren van rekenvaardigheden. De verschillende componenten van het werkgeheugen worden genoemd als invloedrijke factoren bij de ontwikkeling van getalbegrip (Iuculano et al., in press; De Smedt et al., 2009). Dit is echter een complex proces waarbij er onenigheid heerst over de specifieke rol van het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus (De Smedt et al., 2009). Er is veel theorievorming, maar weinig empirisch onderzoek verricht naar de invloed van de verschillende componenten van het werkgeheugen op getalbegrip (Gersten et al., 2005).

Daarnaast wordt in meerdere onderzoeken gesproken over een verschillende prestatie van jongens en meisjes op rekentaken en een sekseverschil wat betreft de inzet van verschillende componenten van het werkgeheugen hierbij (Herlitz & Rehman, 2008; Jordan et al., 2003; Jordan et al., 2006; Royer et al., 1999). Training van deze werkgeheugencomponenten is mogelijk (Levine et al., 1999; Thorell et al., 2009; Tzuriel & Egozie, 2010).

Het uitvoeren van empirisch onderzoek is relevant om meer inzicht te verkrijgen in het ontstaan van getalbegrip en de daarbij betrokken componenten van het werkgeheugen (Gersten et al., 2005). Welk sekseverschil qua inzet van de componenten er bij vijfjarige kinderen bestaat is onbekend. Met behulp van deze wetenschappelijke kennis is het uiteindelijk mogelijk om vroegtijdige interventies voor kinderen, respectievelijk jongens of meisjes, te ontwikkelen om latere rekenproblemen te voorkomen (Berch, 2005; Gersten et al., 2005).

## **Onderzoeksvragen**

Individuele verschillen in rekenvaardigheden bij kinderen worden vaak op het werkgeheugen teruggevoerd (Baddeley, 2003; Bull & Scerif, 2001; Gathercole & Pickering, 2000; De Smedt et al., 2009; Repovs & Baddeley, 2006; Swanson & Kim, 2007; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Verschillen in de capaciteit van het werkgeheugen zouden een rol spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Training van het werkgeheugen zou dan ook effect kunnen hebben op de mate van getalbegrip. Een belangrijke vraag is of er een verschillend effect bestaat tussen een verbeterde werking van het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus wat betreft een vooruitgang in mate van getalbegrip bij vijfjarige kinderen. De verwachting is dat training van het werkgeheugen resulteert in een verbeterd getalbegrip bij kinderen (Thorell, Lindqvist, Bergman Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009; Tzuriel & Egozie, 2010; Levine et al., 1999). Wat daarbij de verschillen zijn voor vijfjarige jongens of meisjes is onduidelijk.

Om de exacte rol van het visueel-ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus te

onderzoeken wordt een visueel-ruimtelijke en een verbale werkgeheugentraining uitgevoerd bij kinderen in de leeftijd van gemiddeld vijf jaar. De resultaten van de trainingen worden vergeleken met de resultaten van een controlegroep. Tevens wordt gekeken naar eventuele sekseverschillen tussen de verschillende condities.

Verwacht wordt dat de experimentele condities na de werkgeheugentraining een significant positief effect zullen vertonen qua mate van getalbegrip in vergelijking met de controle conditie (Gersten et al., 2005; St Clair-Thompson et al., 2010). Daarnaast wordt verwacht dat na de werkgeheugentraining significante sekseverschillen waarneembaar zullen zijn binnen de experimentele condities (Herlitz & Rehman, 2008; Kramer et al., 1997).

## **Methode**

### **Participanten**

Aan het onderzoek hebben 126 kinderen van gemiddeld vijf jaar uit groep 1 en 2, van elf verschillende scholen deelgenomen. Onder de 126 kinderen waren 69 jongens (54.76%) en 57 meisjes (46.34%). De ouders van alle kinderen hebben toestemming gegeven voor deelname aan het onderzoek. Door middel van aselect gekoppelde toewijzing (matched random assignment) zijn telkens 42 kinderen toegewezen aan de drie condities. Deze toewijzing is op basis van de scores op de UGT-R en werkgeheugen taken verricht.

### **Instrumenten**

**Non-verbale getallenlijn.** Om de ruimtelijke getalvaardigheden in kaart te brengen wordt gebruik gemaakt van de taak *Number-to-Position* ([Getallenlijn], Laski & Siegler, 2007). Een computerversie wordt gebruikt om de representatie van hoeveelheden op een lijn van één tot 10 of een lijn van één tot 100 te testen. De hoeveelheden worden in de vorm van druppels aangeboden. De testleider demonstreert de posities van de hoeveelheden één en 10 evenals één en 100, waarna het kind posities van hoeveelheden op de non-verbale getallenlijn aanwijst. Het kind krijgt acht keer de taak om de positie van een hoeveelheid tussen één en 10 aan te wijzen. Daarnaast wijst het kind 22 keer hoeveelheden tussen één en 100 aan op de tweede getallenlijn (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008). Tot op heden is door COTAN nog geen onderzoek uitgevoerd naar de psychometrische kwaliteiten van dit meetinstrument. Uit verschillende onderzoeken waarin gebruik gemaakt wordt van het meetinstrument, blijkt dat aangenomen wordt dat kinderen hoeveelheden op een mentale getallenlijn representeren en dit overeenkomt met de resultaten (Butterworth, 2005; Geary et al., 2008; Laski & Siegler, 2007). In dit onderzoek wordt tevens verondersteld dat de criteriumvaliditeit en betrouwbaarheid voldoende is.

**UGT-R.** Om data te verzamelen omtrent telvaardigheden is gebruik gemaakt van een deel van de *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised* (UGT-R; Van Luit & Van de Rijt, 2009). De



UGT-R bestaat uit negen subschalen en heeft twee analoge versies, A en B. Versie B is tijdens de voormeting afgenomen, versie A tijdens de nameting. In dit onderzoek worden vier subschalen gebruikt: gebruik van telwoorden (tellen tot 20 en terugtellen van 20, kardinaal en ordinaal tellen), gestructureerd tellen (tellen en wijzen naar objecten, herkennen van getallen op een lijn), resultaatief tellen (tellen zonder te wijzen naar objecten) en algemeen begrip telwoorden (gebruik van getallen in dagelijkse situaties). In totaal bestaat een meting uit 20 items. De items werden gescoord met een 0 (verkeerd antwoord) of met een 1 (goed antwoord). De begripsvaliditeit en criteriumvaliditeit wordt door Commissie Test Aangelegenheden Nederland ([COTAN], Nederlands Instituut van Psychologen [NIP]) in 2010 als onvoldoende beoordeeld, omdat er nog te weinig onderzoek naar is verricht. In 2006 is de begripsvaliditeit van de eerdere versie echter beoordeeld als voldoende. De criteriumvaliditeit was ook in 2006 onvoldoende aangezien in Nederland te weinig onderzoek was uitgevoerd. De betrouwbaarheid is zowel bij de UGT als UGT-R als voldoende beoordeeld (NIP, 2011).

### **Procedure**

De testleiders zijn in één dagdeel geschoold in het afnemen van de voor-/nametingen en het geven van de verschillende trainingen. Vervolgens is het onderzoek uitgevoerd over een periode van zes tot acht weken, tussen de voorjaarsvakantie en de meivakantie.

**Voor-/nameting.** De voormetingen werden individueel afgenomen gedurende één week, twee maal een half uur in een rustige omgeving (aparte ruimte) op de betreffende basisschool. Eenzelfde procedure werd gehanteerd bij de nametingen. De inhoud van de voor- en nametingen verschilden, naar gelang het specifieke doel ervan. De voor- en nametingen werden z gezegd beide op twee dagen afgenomen en bestonden uit metingen van het werkgeheugen (dag één) alsmede de voorbereidende rekenvaardigheden (dag twee). Voor het meten van het werkgeheugen werd gebruik gemaakt van verschillende taken: *Flanker*, *Word recall*, *Dotmatrix*, *Word recall backwards*, *Odd one out* en *Dimensional Change Card Sorting test (DCCS)*. De taken welke werden ingezet om de mate van getalbegrip te meten zijn: *Vergelijken*, *Non-verbale getallenlijn 1-10*, *Non-verbale getallenlijn 1-100*, *Tellen UGT-R*, *Verbale getallenlijn 1-10*, *Benoemen* en *Verbale getallenlijn 1-100*.

**Training.** Voor alle participanten vonden de trainingssessies gedurende vier tot zes weken plaats, twee à drie maal per week 20 minuten. Per manipulatie (visueel-ruimtelijk/ verbaal/ controle) werden in totaal 12 trainingssessies uitgevoerd op de betreffende basisschool in een rustige, afgesloten ruimte. Globaal bestond een manipulatie uit zes oefeningen van elk tien minuten, waarvan er per sessie semi-willekeurig twee werden verricht. De participanten werden door middel van aselekt gekoppelde toewijzing

toegewezen aan een groep bestaande uit drie kinderen. In elke groep is geprobeerd sekse evenredig te verdelen.

De oefeningen die zijn geselecteerd voor de drie manipulaties zijn opgesplitst in visueel-ruimtelijke oefeningen, verbale oefeningen en controleoefeningen. In Tabel 1 staan de zes oefeningen uitgelegd die voor de visueel-ruimtelijke training zijn geselecteerd en aanspraak maken op de inzet van het visueel-ruimtelijk schetsblok: *Block tapping*, *Mister X*, *Mazes*, *Memory game*, *Sequencing* en *Sorting game*. In Tabel 1 staan tevens de zes oefeningen toegelicht die gekozen zijn voor de verbale training: *Non-word recall*, *Listening recall*, *Story telling*, *Sequencing backwards*, *Sequencing* en *Sorting game*. Aangezien de participanten in de controle conditie oefeningen aangeboden dienden te krijgen welke niet de inzet van het werkgeheugen verlangen, is gekozen voor het kleuren van twee kleurplaten tijdens elke sessie. Hierdoor kan de controle conditie dienen als vergelijkingsgroep voor de visueel-ruimtelijke en verbale conditie.

Tabel 1

*Beschrijving van de taken uit de visueel-ruimtelijke en verbale werkgeheugentraining.*

Visuele conditie	Beschrijving	Verbale conditie	Beschrijving
Block tapping	De participanten moeten de in moeilijkheidsgraad opbouwende volgorde van blokjes onthouden en vervolgens aanwijzen, zoals is voorgedaan door de testleider.	Non word recall	Bij deze in moeilijkheidsgraad opbouwende taak worden non-woorden uitgesproken door de testleider. De participanten herhalen deze woorden.
Mister X	De participanten moeten via rotatie bekijken of de figuren (een bal) op dezelfde plek staan aangegeven. Vervolgens moeten de zij de locatie van het figuur aanwijzen op een windroos.	Listening recall	De participanten krijgen bij deze moeilijkheidsgraad opbouwende taak zinnen te horen en moeten benoemen of deze correct zijn en vervolgens het eerste woord uit de zin herhalen.
Mazes	De participanten dienen op een leeg doolhof met potlood de weg naar de uitgang te tekenen zoals op het voorbeeld aangegeven.	Story telling	De participanten krijgen een kort verhaal (leesniveauproef 3) aangeboden en beantwoorden vervolgens een vraag hierover.
Memory game	De participanten dienen bij deze in moeilijkheidsgraad opbouwende taak figuren neer te leggen, zoals de onderzoeksleider deze in eerste instantie had neergelegd.	Sequencing backwards	De participanten moeten, bij deze in moeilijkheidsgraad opbouwende taak, de door de testleider vertelde woorden in omgekeerde volgorde benoemen.

Sequencing game	M.b.v. een vertelplaat. De participanten wijzen om de beurt een figuur aan, waarbij ze eerst de figuren die aan bod zijn geweest moeten onthouden en aanwijzen.	Sequencing verbaal	De participanten bedenken om de beurt een woord, waarbij ze eerst de woorden welke aan bod zijn geweest moeten onthouden en herhalen.
Sorting game	De participanten krijgen bij deze in moeilijkheidsgraad opbouwende taak een stapel kaartjes met figuren. Zij dienen de kleur te onthouden, voor wie deze kleur bestemd is en het figuur dat erop staat. Tot slot moeten zij in één keer alle figuren die zij onthouden hebben omcirkelen op een blad vol figuren.	Sorting game	De participanten krijgen bij deze moeilijkheidsgraad opbouwende taak een zin te horen van de testleider, waarbij iedere participant een zacht, midden of hard uitgesproken woord moet onthouden en benoemen.

## Resultaten

Om de gestelde onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is getalbegrip gemeten met behulp van de Non-verbale getallenlijnen 1-10 en 1-100, alsmede de UGT-R. De Non-verbale getallenlijn 1-10 is bij 121 kinderen afgenomen, Non-verbale getallenlijn 1-100 bij 113 kinderen en de UGT-R bij 123 kinderen. Om het effect van de verbale en visueel-ruimtelijke werkgeheugentraining te beoordelen is een herhaalde metingen ANOVA (repeated measures analyses) uitgevoerd. Om een herhaalde metingen ANOVA te kunnen uitvoeren dient aan een aantal voorwaarden te worden voldaan. Deze voorwaarden betreffen het meetniveau van de variabelen, de spreiding (homoscedasticiteit) en normaalverdeling van residuen, onafhankelijkheid van waarnemingen bij respondenten en het uitblijven van uitbijters en te invloedrijke respondenten (Field, 2009). Aan de genoemde voorwaarden is voldaan, behalve aan de eis van een aselechte steekproeftrekking, het uitblijven van uitbijters, homoscedasticiteit en een normale verdeling. De selecte steekproef brengt echter geen beperkingen met zich mee voor uitvoering van de analyse, uitgezonderd van de generalisatiemogelijkheden van de resultaten. De gevonden uitbijters zijn uitgesloten van de statistische analyse. Aan de homoscedasticiteit is niet voldaan, waardoor het verschil in variantie tussen de groepen op toeval kan berusten. De assumptie van de normaalverdeling wordt bij de variabelen van Non-verbale getallenlijn 1-10 en 1-100 geschonden. De verdeling bestaat uit meerdere toppen en is daarnaast niet symmetrisch. Om alsnog aan de assumptie van normaalverdeling te voldoen is ervoor gekozen een natuurlijke logaritmische transformatie toe te passen. Om de spreiding van de data te behouden hebben kinderen met een score van nul, een waarde van .001 gekregen. De data zijn door de transformatie meer

normaalverdeeld, echter toch licht linksscheef.

Eerder genoemde meetinstrumenten zijn als uitgangspunt genomen om de resultaten uit de statistische analyse te bespreken. In Tabel 2 is per instrument voor de verschillende condities de steekproefgrootte, het gemiddelde en de standaardafwijking weergegeven, tijdens zowel de voormeting als de nameting.

Tabel 2

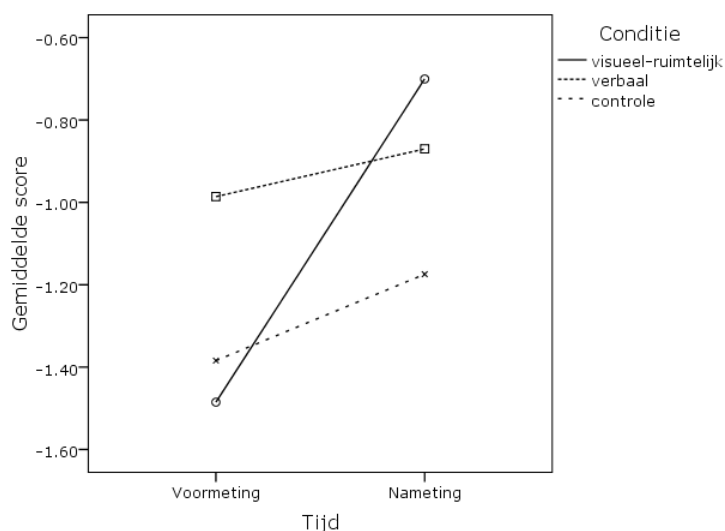
*Beschrijvende statistieken van de voor- en nameting per afgenomen meetinstrument en conditie.*

Meetinstrument	Controle			Visueel-ruimtelijk			Verbaal		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Non-verbale Getallenlijn 1-10									
Voormeting	40	-1.38	1.49	35	-1.48	1.62	34	-.98	1.08
Nameting	40	-1.17	1.01	35	-.70	.52	34	-.87	.86
Non-verbale Getallenlijn 1-100									
Voormeting	32	-.99	.93	32	-.67	.46	32	-.96	1.00
Nameting	32	-1.39	1.93	32	-1.07	.91	32	-.65	.49
UGT-R									
Voormeting	41	7.51	3.92	39	7.10	2.87	35	7.20	2.84
Nameting	41	8.56	4.69	39	8.69	3.97	35	10.03	4.36

### Non-verbale Getallenlijn

**Non-verbale getallenlijn 1-10.** In Tabel 2 en Figuur 1 is zichtbaar dat alle condities wat betreft Getallenlijn 1-10 zowel op de voor- als nameting gemiddeld gezien verschillend hebben gepresteerd. De experimentele condities scoren hoger op de nameting, de controle conditie lager. Met behulp van een herhaalde metingen ANOVA zijn de scores van de condities op de voor- en nameting vergeleken. Getalbegrip is bepaald aan de hand van het meetinstrument Non-verbale getallenlijn 1-10. Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is een interactie-effect van tijd tussen de visueel-ruimtelijke en controle conditie op de mate van getalbegrip gebleken, dit effect is echter niet significant,  $F(1,74)=.64$ ,  $p=.43$ . Een interactie-effect van tijd tussen de verbale en controle conditie op de mate van getalbegrip is niet aangetoond,  $F(1,73)=.12$ ,  $p=.73$ . Daarnaast is er sprake van een

significant hoofdeffect van tijd op de mate van getalbegrip,  $F(1,106)=5.39$ ,  $p=.02$ ,  $\eta^2=.05$ . Dit is te interpreteren als een klein effect van tijd. De resultaten geven tevens geen hoofdeffect van conditie aan op de mate van getalbegrip,  $F(2,106)=1.68$ ,  $p=.19$ . In Figuur 1 en Tabel 3 zijn de verschillende effecten na te gaan.



*Figuur 1.* Weergave per conditie van de prestatie op de Non-verbale getallenlijn 1-10, tijdens de voor- en nameting.

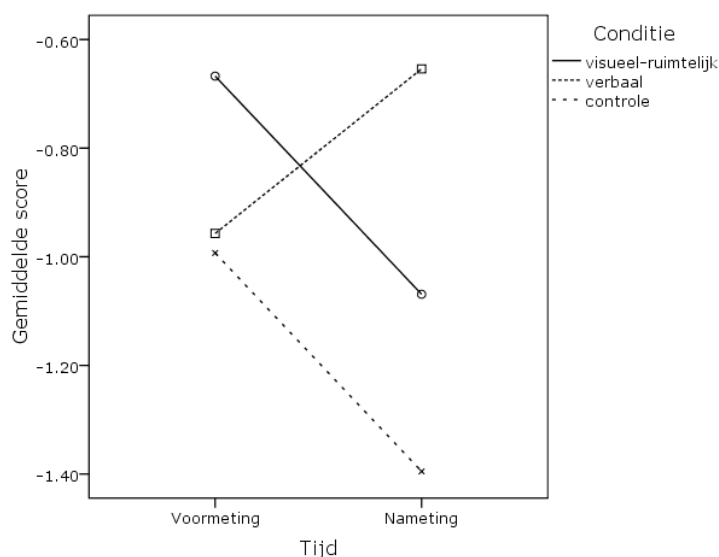
Tabel 3

*Geanalyseerde interactie-effecten per meetinstrument.*

Interactie-effect	<i>F</i>	<i>Df</i>	Error <i>Df</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Non-verbale Getallenlijn 1-10					
Tijd x Conditie visueel-controle	.64	1	74	.43	
Tijd x Conditie verbaal-controle	.21	1	73	.73	
Non-verbale Getallenlijn 1-100					
Tijd x Conditie visueel-controle	2.17	1	70	.15	
Tijd x Conditie verbaal-controle	2.03	1	61	.16	
UGT-R					
Tijd x Conditie visueel-controle	.44	1	78	.51	
Tijd x Conditie verbaal-controle	4.81	1	74	.03*	.06
Tijd x Sekse visueel	.29	1	38	.59	
Tijd x Sekse verbaal	2.94	1	35	.10	

\* *significant (alfa=.05)*

**Non-verbale getallenlijn 1-100.** In Figuur 2 is voor de Getallenlijn 1-100 de prestatie van de verschillende condities op de voor- en nameting weergegeven. Deze scores lopen voor alle condities op de voor- als nameting gemiddeld gezien uiteen. De controle en verbale conditie hebben op de nameting hoger gescoord, de visueel-ruimtelijke zichtbaar lager. Op te merken is dat de hoogte van de scores op zowel de voor- als de nameting tussen de condities uiteenlopen. De herhaalde metingen ANOVA resulteerde niet in een significant interactie-effect van tijd tussen de visueel-ruimtelijke en controle conditie op de mate van getalbegrip,  $F(1,70)=2.17$ ,  $p=.15$ . Een interactie-effect van tijd tussen de verbale en controle conditie op de mate van getalbegrip is tevens niet aangetoond,  $F(1,61)=2.03$ ,  $p=.16$ . Daarnaast is er wat betreft tijd (voor- en nameting) geen sprake van een hoofdeffect op de mate van getalbegrip,  $F(1,93) = 1.27$ ,  $p=.26$ . Ook is geen hoofdeffect van conditie op de mate van getalbegrip aangetoond,  $F(2,93)=2.52$ ,  $p=.09$ . In Figuur 2 en Tabel 3 zijn de verschillende effecten weergegeven.

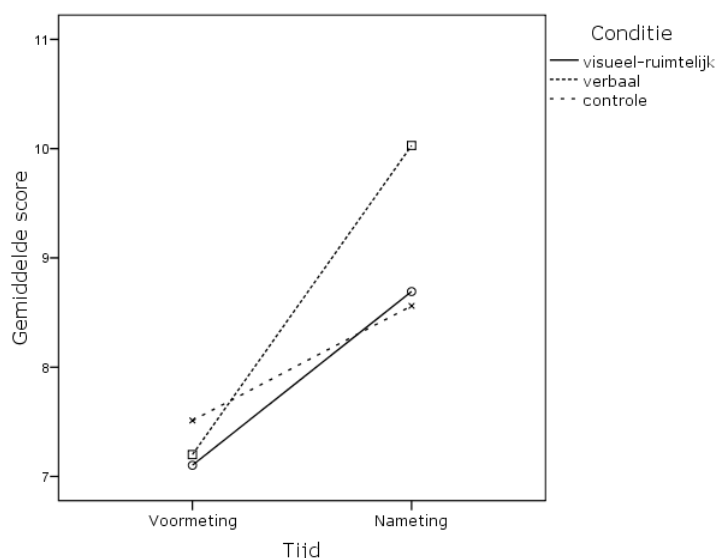


*Figuur 2.* Weergave per conditie van de prestatie op de Non-verbale getallenlijn 1-100, tijdens de voor- en nameting.

### UGT-R

In Figuur 3 zijn de resultaten van de statistische analyse weergegeven wat betreft de UGT-R. Hierin is zichtbaar, evenals in Tabel 2, dat alle condities op de nameting gemiddeld hoger hebben gescoord dan op de voormeting. Uit de herhaalde metingen ANOVA bleek echter geen sprake te zijn van een significant interactie-effect van tijd tussen de visueel-ruimtelijke en controle conditie op de mate van getalbegrip (UGT-R),  $F(1,78)=.44$ ,  $p=.51$ . Wel is een significant interactie-effect van tijd tussen de verbale en controle conditie op de

mate van getalbegrip aangetoond. Verbale werkgeheugentraining heeft een significant positief effect op de mate van getalbegrip bij vijfjarige kinderen,  $F(1,74)=4.81$ ,  $p=.03$ ,  $\eta^2=.06$ . Volgens de criteria van Cohen is er sprake van een gemiddelde effectgrootte (Field, 2009). Wat betreft tijd (voor- en nameting) is er sprake van een significant hoofdeffect op de mate van getalbegrip,  $F(1,112)=30.85$ ,  $p<.01$ ,  $\eta^2=.22$ . Dit is te interpreteren als een groot effect van tijd. De resultaten geven echter geen hoofdeffect van conditie aan op de mate van getalbegrip,  $F(2,112)=.45$ ,  $p=.64$ . Wederom zijn de verschillende effecten weergegeven in een figuur en tabel, ditmaal Figuur 3 en Tabel 3.



*Figuur 3.* Weergave per conditie van de prestatie op de UGT-R, tijdens de voor- en nameting.

### UGT-R en sekse

Aangezien alleen enkele effecten op de UGT-R significant zijn gebleken en niet op de Non-verbale Getallenlijnen, is de statistische analyse gericht op sekse verder uitgevoerd uitsluitend bij de prestaties op de UGT-R. In overeenstemming met ander onderzoek wordt verwacht dat er een verschillend effect van de werkgeheugentrainingen bestaat tussen jongens en meisjes wat betreft mate van getalbegrip (Herlitz & Rehman, 2008). Om de verwachting te toetsen en na te gaan of de effecten van werkgeheugentraining significant verschillen tussen jongens en meisjes zijn de resultaten uit de herhaalde metingen ANOVA geanalyseerd voor beide experimentele condities.

In Tabel 4 zijn voor de experimentele condities de prestaties van jongens en meisjes op de UGT-R tijdens de voor- en nameting weergegeven. In Tabel 4 evenals Figuur 4 en 5 is af te lezen dat de meisjes in beide experimentele condities hoger hebben gescoord op de

UGT-R dan de jongens in dezelfde conditie. Op te merken is dat de hoogte van de scores op zowel de voor- als de nameting in beide experimentele condities uiteenlopen.

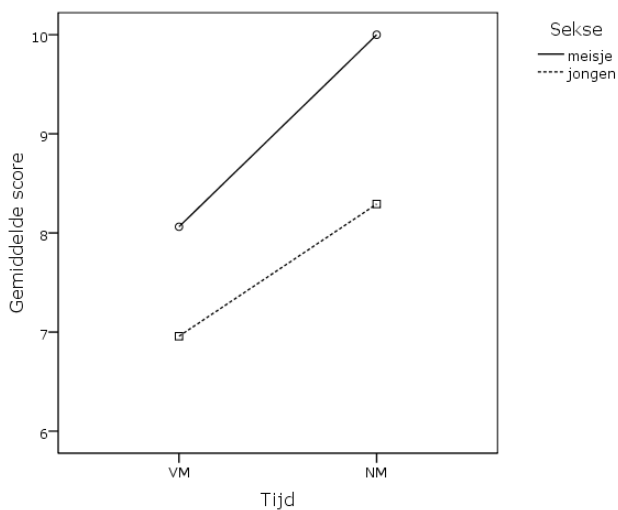
Tabel 4

*Beschrijvende statistieken van de voor- en nameting op de UGT-R voor de experimentele condities, uitgesplitst betreffende jongens (n=44) en meisjes (n=33).*

Conditie	Jongens			Meisjes		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Visueel-ruimtelijk						
Voormeting	24	6.96	2.81	16	8.06	4.16
Nameting	24	8.29	3.76	16	10.00	4.97
Verbaal						
Voormeting	20	8.30	4.28	17	7.12	2.67
Nameting	20	10.15	5.02	17	10.71	4.01

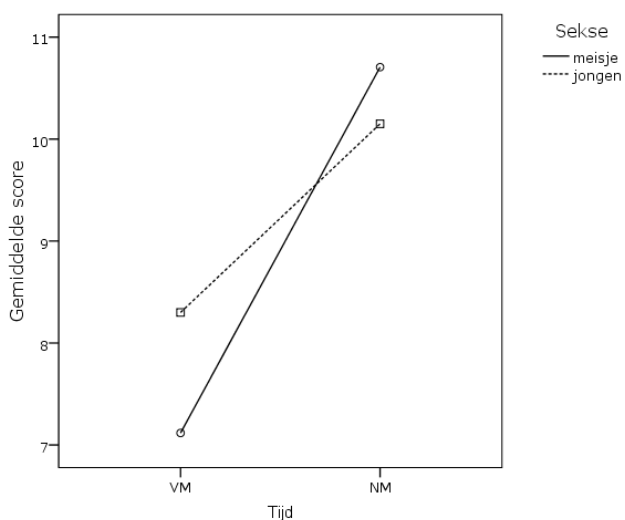
**Visueel-ruimtelijke conditie.** Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is gebleken dat visuele werkgeheugentraining een verschillend effect heeft op getalbegrip van jongens en meisjes, dit effect is echter niet significant,  $F(1,38)=.29$ ,  $p=.59$ . Verder is een hoofdeffect van tijd en een hoofdeffect van sekse bestudeerd. Tijd bleek een significant positief effect te hebben op de mate van getalbegrip,  $F(1,38)=8.52$ ,  $p<.01$ ,  $\eta^2=.18$ . De resultaten geven echter geen hoofdeffect van sekse aan op de mate van getalbegrip,  $F(1,38)=1.59$ ,  $p=.22$ . De verschillende effecten weergegeven in een Figuur 4 en Tabel 3.





*Figuur 4.* Weergave van de prestaties op de UGT-R van jongens ( $n=24$ ) en meisjes ( $n=16$ ) in de visueel-ruimtelijke conditie, tijdens de voor- en nameting.

**Verbale conditie.** Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is gebleken dat verbale werkgeheugentraining geen significant verschillend effect heeft qua prestatie op de UGT-R wat betreft sekse,  $F(1,35)=2.94$ ,  $p=.10$ . Daarnaast is een hoofdeffect van tijd en een hoofdeffect van sekse nagegaan. Uit de statistische analyse is een significant hoofdeffect van tijd gebleken,  $F(1,35)=28.77$ ,  $p<.01$ ,  $\eta^2=.45$ . Volgens de criteria van Cohen is dit een matige effectgrootte (Field, 2009). De resultaten geven echter geen significant hoofdeffect van sekse aan op de mate van getalbegrip,  $F(1,35)=.06$ ,  $p=.81$ . Zie voor de beschreven effecten Figuur 5 en Tabel 3.



*Figuur 5.* Weergave van de prestaties op de UGT-R van jongens ( $n=20$ ) en meisjes ( $n=17$ ) in de verbale conditie, tijdens de voor- en nameting.

## Conclusie en discussie

Dit onderzoek trachtte het effect van een visueel-ruimtelijk en verbale werkgeheugentraining op de mate van getalbegrip te onderzoeken. Voor het meten van getalbegrip is voor drie taken gekozen, te weten de Non-verbale getallenlijnen 1-10 en 1-100, evenals UGT-R. De scores van de experimentele condities zijn vergeleken met de controle conditie en hieronder per meetinstrument weergegeven.

Met de non-verbale getallenlijntaken wordt nagegaan of kinderen betekenis kunnen geven aan de grootte van getallen op een getallenlijn. Op de Non-verbale getallenlijnen 1-10 en 1-100 bleken beide werkgeheugentrainingen in vergelijking met de controle conditie geen significant positief effect te hebben. Op de Non-verbale getallenlijn 1-100 leek de visueel-ruimtelijke en controle conditie achteruit te gaan, dit resultaat is echter niet significant gebleken.

Het uitblijven van een vooruitgang op de Non-verbale getallenlijn 1-100 kan mogelijk verklaard worden door de jonge leeftijd van de kinderen. Voorstelbaar is dat de mentale getallenlijn bij vijfjarige kinderen nog niet voldoende is ontwikkeld om deze taak goed uit te voeren. Bij het ontwikkelen van de mentale getallenlijn begint het kind de getallen op een logaritmische, mentale getallenlijn te plaatsen waarop lage hoeveelheden overschat en grote hoeveelheden onderschat worden. Wanneer getalbegrip zich verder ontwikkelt, verandert de logaritmische mentale getallenlijn in een lineaire mentale getallenlijn (Laski & Siegler, 2007). Mogelijk is de mentale getallenlijn bij vijfjarige kinderen nog niet voldoende ontwikkeld, waardoor schattingsfouten worden gemaakt. Deze veronderstelling wordt ondersteund door het significante hoofdeffect van tijd dat is aangetoond bij de Non-verbale getallenlijn 1-10. Na verloop van tijd hebben kinderen namelijk hoger gescoord op deze taak, wat waarschijnlijk te maken heeft met rijping. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat het schatten van hoeveelheden niet alleen een beroep doet op het werkgeheugen, maar bijvoorbeeld ook op ervaring, genoten onderwijs en cognitief vermogen van kinderen. Hierdoor ontstaan individuele verschillen in scores.

Verder onderzoek is van belang om het verband tussen leeftijd en het ontwikkelen van de mentale getallenlijn te onderzoeken. Een hypothese die daarbij opgesteld kan worden is dat bij het ontwikkelen van een lineaire mentale getallenlijn een positief verband bestaat tussen leeftijd, ervaring, genoten onderwijs en cognitie.

Zoals verwacht heeft verbale werkgeheugentraining een significant (matig) positief effect op de prestatie op de UGT-R. Bij de visueel-ruimtelijke conditie kon echter geen significant effect van werkgeheugentraining op UGT-R worden gevonden. Voor de UGT-R is een

significant (groot) hoofdeffect van tijd aangetoond. Dit effect heeft vermoedelijk met rijping te maken. Het hoofdeffect van tijd zou verklaard kunnen worden door de aanname dat kinderen soortgelijke opdrachten en spellen uitvoeren in de klas.

De resultaten ondersteunen de veronderstelling dat voor de taken die de UGT-R meet, voornamelijk de fonologische lus wordt ingezet. De UGT-R toetst het gebruik van telwoorden, gestructureerd tellen, resultaatief tellen en het algemene begrip van telwoorden. De fonologische lus speelt bij deze taken een rol. Een kind wordt bijvoorbeeld gevraagd (terug) te tellen met behulp van en zonder hulpmiddelen, waarbij het kind verbale informatie moet kunnen vasthouden en herhalen. De vooruitgang van de verbale conditie op de UGT-R laat zien dat training van de fonologische lus zinvol is, dit levert een verbeterd getalbegrip (UGT-R) op. De fonologische lus wordt gezien als hulpmiddel om opgedane kennis van getallen en sommen te automatiseren en productie van kennis efficiënter te maken (Bull et al., 2008; Rasmussen & Bisanz, 2005; Swanson & Kim, 2007). Alle componenten van het werkgeheugen leveren een afzonderlijke bijdrage aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Bull & Scerif, 2001). De resultaten laten zien dat er een verband bestaat tussen de fonologische lus en het verbeteren van getalbegrip. De resultaten laten daarnaast ook een vooruitgang bij de visueel-ruimtelijke conditie zien. Eerder onderzoek heeft een hoge correlatie tussen de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok aangetoond (Alloway et al., 2005). Verbale werkgeheugentraining zou mogelijk ook het visueel-ruimtelijk schetsblok trainen.

Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op de vraag of de verschillende componenten uit het werkgeheugen domeinspecifiek zijn. Hierdoor zou duidelijk kunnen worden of specifieke werkgeheugentraining (verbaal/ visueel-ruimtelijk) effectiever is dan een algemene werkgeheugentraining.

Aangezien alleen effecten op de UGT-R significant zijn gebleken is de statistische analyse gericht op sekse uitsluitend uitgevoerd bij de prestaties op de UGT-R. Echter, de verschillen tussen sekse zijn niet significant gebleken. Met dit onderzoek is dan ook geen significant effect van sekse op het ontwikkelen van getalbegrip door middel van visueel-ruimtelijke of verbale werkgeheugentraining aangetoond.

De gevonden resultaten wat betreft sekse sluiten aan bij eerder uitgevoerd onderzoek, namelijk dat geen of slecht een klein effect van sekse werd gevonden in relatie tot getalbegrip. Verschillen in het werkgeheugen tussen sekse die bij volwassenen zijn gevonden, zijn mogelijk nog niet bij kinderen aan te tonen vinden (Lachance & Mazzocco, 2006; Voyer et al, 1995). Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat de inzet van de verschillende componenten van het werkgeheugen bij jongens en meisjes op jonge leeftijd

veel overeenkomsten vertoont en pas in de loop van de ontwikkeling gaat verschillen.

Verder onderzoek zou kunnen uitzoeken op welke leeftijd verschillen in sekse relevant en significant zijn, wat betreft het ontwikkelen van getalbegrip en rekenvaardigheden.

In vervolgonderzoek is aan te bevelen gebruik te maken van een grotere steekproef zodat onderzoeksbevindingen gegeneraliseerd kunnen worden. Om de validiteit van de onderzoeksbevindingen te verhogen is het belangrijk de psychometrische eigenschappen van de gebruikte meetinstrumenten verder te onderzoeken. Daarnaast is aan te raden achtergrondgegevens zoals intelligentie, sociaal economische status (SES) en voorkennis van rekenvaardigheden van de participanten in het onderzoek op te nemen. Deze achtergrondgegevens zijn mogelijk van invloed op het verband tussen een werkgeheugentraining en getalbegrip. Toekomstig onderzoek zou tevens een meer homogene onderzoeksgroep kunnen creëren, zodat gerichtere uitspraken over bijvoorbeeld werkgeheugentraining bij kinderen met zwak getalbegrip mogelijk zijn.

Allesomvattend kan gesteld worden dat dit onderzoek waardevol is voor de theorievorming rondom getalbegrip en werkgeheugentraining. Tot nu toe is weinig onderzoek verricht naar het effect van een werkgeheugentraining op getalbegrip. De visueel-ruimtelijke werkgeheugentraining blijkt geen significant effect te hebben op de mate van getalbegrip, gemeten met de gekozen meetinstrumenten. Verder onderzoek naar de ontwikkeling van een logaritmische naar een lineaire mentale getallenlijn is van belang. Geconcludeerd kan worden dat alleen verbale werkgeheugentraining effectief is gebleken om getalbegrip te verbeteren. Verbale werkgeheugentraining heeft dan ook een relevant en significant positief effect op de mate van getalbegrip bij vijfjarige kinderen.

### Referenties

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A., Willis, C., Eaglen, R., & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *British Journal of Developmental Psychology, 23*, 417-426.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189-208.
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 333-339.
- Bull, R., & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: Contributions from processing speed, item identification and short-term memory. *Journal of*

*Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.

- 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(3), 205-228.
- 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.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3-18.
- Carr, M., Steiner, H. H., Kyser, B., & Biddlecomb, B. (2008). A comparison of predictors of early emerging gender differences in mathematics competency. *Learning and Individual Differences*, 18, 61-75.
- Cattaneo, Z., Postma, A., & Vecchi, T. (2006). Gender differences in memory for object and word locations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 904-919.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language*, 16, 16-36.
- Dunphy, E. (2007). The primary mathematics curriculum: enhancing its potential for developing young children's number sense in the early years at school. *Irish Educational Studies*, 26, 5-25.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage Publications Limited.
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28(5), 774-782.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177-194.
- 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.
- Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33, 18-28.
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 293-304.
- Herlitz, A., & Rehman, J. (2008). Sex differences in episodic memory. *Current Directions in Psychological Science* february 2008, 17, 52-56.
- Holmes, J., & Adams, J.W. (2006). Working memory and children's mathematical skills:

Implications for mathematical development and mathematics curricula.

- Howell, S. C., & Kemp, C. R. (2010). Assessing preschool number sense: Skills demonstrated by children prior to school entry. *Educational Psychology, 30*(4), 411-429.
- Huttenlocher, J., Jordan, N. C., & Levine, S. C. (1994). A mental model for early arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: General, 123*(3), 377-380.
- Iuculano, T., Moro, R., & Butterworth, R. (in press). Updating working memory and arithmetical attainment in school. *Learning and Individual Differences*.
- Jordan, N., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child Development, 74*, 834-850.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L. N., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77*, 153-175.
- 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.
- Kramer, J. H., Delis, D. C., Kaplan, E., O'Donnell, L., & Prifitera, A. (1997). Developmental sex differences in verbal learning. *Neuropsychology, 11*, 577-584.
- Lachance, J. A., & Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and individual differences, 16*, 195-216.
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565.
- 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.
- Levine, S. C., Huttenlocher, J., Taylor, A., & Langrock, A. (1999). Early sex differences in spatial skill. *Developmental Psychology, 35*, 940-949.
- Loring-Meier, S., & Halpern, D. (1999). Sex differences in visuospatial working memory: Components of cognitive processing. *Psychonomic Bulletin & Review, 3*, 464-471.
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences, 20*, 101-109.
- Nederlands Instituut voor Psychologen. COTAN beoordeling UGT. Retrieved from the web, 4

- April, 2011. [http://www.cotandocumentatie.nl/test\\_details.php?id=57](http://www.cotandocumentatie.nl/test_details.php?id=57)
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*(2), 137-157.
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*(1), 5-21.
- Royer, J. M., Tronsky, L. N., Chan, Y., Jackson, S. J., & Marchant, H. (1999). Math-fact retrieval as the cognitive mechanism underlying gender differences in math test Performance. *Contemporary Educational Psychology, 24*, 181-266.
- Smedt, B. de, 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.
- Starkey, P., & Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science 210*, 1033- 1035.
- StClair-Thompson, H., Stevens, R., Hunt, A., & Bolder, E. (2010). Improving children's working memory and classroom performance. *Educational Psychology, 30*(2), 203-219.
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96*(3), 471-491.
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence, 35*(2), 151-168.
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*, 106-113.
- Tzuriel, D., & Egozi, G. (2010). Gender differences in spatial ability of young children: The effects of training and processing strategies. *Child Development, 81*, 1417-1430.
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised*. Doetinchem: Graviant.
- 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.
- Vederhus, L., & Krekling, S. (1996). Sex differences in visual spatial ability in 9-year-old children. *Intelligence, 23*, 33-43.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological*

*Bulletin*, 117, 250-270.

- Weiss, E. M., Kemmler, G., Deisenhammer, E. A., Fleischhacker, W. W., & Delazer, M. (2003). Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences*, 35, 4, 863-875.
- Xu, F., Spelke, E. S., Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science*, 8, 88-101.