

**Het effect van werkgeheugentraining, zowel visueel-spatieel als verbaal, op  
getalbegrip bij kinderen van ongeveer vijf jaar**

Bachelorthesis Pedagogische Wetenschappen

Code 200600042

L. E. J. van der Flier (3455807)

S. I. Miedema (3339688)

M. Schaapman (3360229)

J.E. van der Worp (3349896)

Docent: Ilona van den Bos

Datum: 27 juni 2011

Opleiding Pedagogische Wetenschappen

Faculteit Sociale Wetenschappen

Universiteit Utrecht

## Abstract

**Background:** Number sense and working memory are predictors for math skills in developing children. Working memory also plays an important role in school achievement in general. **Aim:** The aim of this study is to determine whether domain-specific memory training has an effect on number sense in young children about five years old. **Sample and method:** A total of 127 preschoolers from the first and second grade of primary school in the Netherlands were involved. Children were randomly assigned to one of the three experimental conditions, the verbal condition, the visual-spatial condition and the control condition. The children of each condition were exposed to twelve training sessions. **Results:** A significant effect was found for the verbal condition on the results of the UGT-R. There was a lack of significant effects of the visual-spatial condition on the results of the UGT-R and of both conditions on the results of the tasks involving the mental number line. **Conclusion:** There is evidence to assume that verbal memory training does positively affect number sense. Visual-spatial working memory training seems to have no effect on number sense in young children. **Implications:** Included in the school curriculum, working memory training might positively attribute to the working memory and math skills of preschoolers. More research is needed to assess the impact of working memory training on number sense. Future directions can play an important role in the contribution of acquiring knowledge about the improvement of cognitive skills through working memory training.

**Key words:** Working memory, number sense, preschoolers, training, UGT-R, and mental number line.

### **Het effect van werkgeheugentraining, zowel visueel-spatieel als verbaal, op getalbegrip bij kinderen van ongeveer vijf jaar**

Rekenvaardigheid en kennis van getallen spelen een belangrijke rol in de hedendaagse samenleving (Booth & Siegler, 2006; Lago & DiPerna, 2010). Kinderen hebben lang voordat zij naar school gaan een besef van getallen en zijn al op jonge leeftijd in staat numerieke hoeveelheden te onderscheiden (Butterworth, 1999, 2005; Lipton & Spelke, 2003; Schneider, Grabner, & Paetsch, 2009; Xu & Spelke, geciteerd in Soltész, Szűcs, & Szűcs, 2010). Kinderen kunnen zichzelf intuïtief aanleren wat de verschillende betekenissen van getallen zijn en wat de manier is waarop deze getallen gebruikt worden (Torbeyns et al., 2002). Deze vaardigheden worden geschaard onder getalbegrip (Berch, 2005).

#### **Getalbegrip**

Getalbegrip speelt een belangrijke rol bij het ontwikkelen van rekenvaardigheid (Andersson, 2008; Butterworth, 2005; Geary, 2007; Geary, Bailey, & Hoard, 2009; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2009; Lago & DiPerna, 2010; Locuniak & Jordan, 2008; Räsänen, Salminen, Wilson, Aunio, & Dehaene, 2009; Van Luit & Van de Rijt, 2009). Het blijkt een goede voorspeller voor rekenvaardigheid op latere leeftijd te zijn en getalbegrip neemt toe naarmate kinderen ouder worden (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Jordan et al., 2009; Jordan, Kaplan, Nabors Oláh, & Locuniak, 2006; Torbeyns et al., 2002; Locuniak & Jordan, 2008).

Getalbegrip wordt op verschillende manieren gedefinieerd door onderzoekers (Dunphy, 2007). In het huidige onderzoek wordt getalbegrip beschreven als de vaardigheid om begrip van betekenis van getallen te hebben, strategieën te kunnen ontwikkelen voor het oplossen van complexe rekenkundige vraagstukken, procedures te kunnen bedenken voor het uitvoeren van numerieke berekeningen, hoeveelheden in te kunnen schatten, te kunnen vergelijken, te kunnen tellen en het kunnen toepassen van kennis van getallen (Berch, 2005; Van Luit & Van de Rijt, 2009). Getalbegrip ligt voor een deel vast in biologische factoren, maar wordt ook beïnvloed door omgevingsfactoren en ervaring. Door middel van training worden nieuwe strategieën aangeleerd en kunnen de biologische factoren optimaal benut worden. Hieruit blijkt dat er aanwijzingen zijn dat getalbegrip trainbaar is (Berch, 2005; Dehaene, 2001).

Een mentale representatie van getallen is een onderdeel van getalbegrip. Het is het vermogen om hoeveelheden en getallen te rangschikken op een lijn (Berch, 2005; Booth & Siegler, 2006; Laski & Siegler, 2007). Deze mentale representatie van getallen blijkt belangrijk bij het kunnen leren rekenen. Het wordt gezien als een centraal construct voor het structureren van kennis over getallen. Kleuters blijken daarbij op een getallenlijn kleine getallen beter te schatten dan grote getallen. Deze vaardigheid neemt

toe met de leeftijd (Booth & Siegler, 2006; Dehaene, 2001; Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008; Siegler & Booth, 2004).

### **Werkgeheugen**

Uit onderzoek is gebleken dat niet alleen getalbegrip van invloed is op rekenvaardigheid. Ook het werkgeheugen is een belangrijke cognitieve bron voor getalbegrip en rekenvaardigheid (Alloway & Passolunghi, 2011; Geary, 2004). Het werkgeheugen betreft de capaciteit om tijdelijk informatie op te slaan en te manipuleren terwijl een cognitieve taak wordt uitgevoerd en stuurt informatie al dan niet door naar het lange termijngeheugen. In het lange termijngeheugen wordt de informatie voor een langere tijd opgeslagen. Het werkgeheugen controleert en reguleert informatie en behoudt relevante informatie (Alloway, Pickering, & Gathercole, 2006; Baddeley, 2003; Hallahan, Kauffman, & Pullen, 2009; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010; Repovš & Baddeley, 2006). Dit is noodzakelijk voor een brede reeks van complexe cognitieve activiteiten (Baddeley, 2003; Repovš & Baddeley, 2006). Bij peuters blijkt het werkgeheugen bijvoorbeeld al een voorspeller voor het goed kunnen afronden van een taak. Naarmate de capaciteit van het werkgeheugen toeneemt, verbeteren de prestaties in het volbrengen van de taken (Haden et al., 2011).

Het multi-componenten model van Baddeley en Hitch (1974) wordt gebruikt in verschillende onderzoeken naar het werkgeheugen. Volgens dit model bestaat het werkgeheugen uit verschillende componenten, te weten de centrale executieve, de fonologische lus, het visueel-spatiële schetsblok en de episodische buffer (Alloway et al., 2006; Andersson, 2008; Baddeley, 2000, 2003; Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004; Knops, Nuerk, Fimm, Vohn, & Willmes, 2006; Repovš & Baddeley, 2006).

De centrale executieve is verantwoordelijk voor het controleren en manipuleren van informatiebronnen. Daarnaast stuurt de centrale executieve informatieprocessen aan in de verschillende domeinen van het werkgeheugen, te weten de fonologische lus, het visueel-spatiële schetsblok en de episodische buffer. Ook is de centrale executieve verantwoordelijk voor een reeks van regulerende functies, zoals het terugvinden van informatie in het lange termijngeheugen en voor aandachtscontrole van het werkgeheugen en de planning van een taak. Dit worden ook wel de executieve functies genoemd (Alloway et al., 2006; Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 2003; Gathercole et al., 2004; Repovš & Baddeley, 2006).

De fonologische lus en het visueel-spatiële schetsblok worden gezien als de twee 'slaafsystemen' van de centrale executieve (Baddeley & Hitch, 1974). Deze twee systemen dienen als tijdelijke opslag, manipulatie en herhaling van respectievelijk verbale en visueel-ruimtelijke, dynamische en mogelijk ook kinesthetische informatie (Alloway et al., 2006; Baddeley, 2003; Baddeley & Hitch, 1974, 2000; Gathercole et al., 2004; Repovš & Baddeley, 2006).

De episodische buffer is de vierde component van het werkgeheugen. De episodische buffer speelt ook een belangrijke rol in het opslaan en ophalen van informatie in en uit het lange termijngeheugen. Tevens verbindt de episodische buffer informatie uit de verschillende domeinen met elkaar en integreert deze in kleine stukjes informatie. Echter, over deze laatste component is weinig bekend en hier dient meer onderzoek naar gedaan te worden (Alloway et al., 2006; Baddeley, 2000, 2003; Baddeley & Hitch, 1974; Gathercole et al., 2004; Repovš & Baddeley, 2006).

### **Relatie werkgeheugen en getalbegrip**

Zoals eerder vermeld speelt het werkgeheugen een belangrijke rol bij het ontwikkelen van rekenvaardigheid. Een betere capaciteit van het werkgeheugen voorspelt vaak een betere rekenvaardigheid op latere leeftijd (Alloway & Passolunghi, 2011; Bull & Scerif, 2001; Bull et al., 2008; D'amico & Guarnera, 2005; Halberda & Feigenson, 2008; Holmes & Adams, 2006; Holmes, Adams, & Hamilton, 2008; Krajewski & Schneiders, 2009; Kyttälä, Aunio, & Hautamäki, 2010; Rasmussen & Bisanz, 2005; Swanson & Kim, 2007; Wilson & Swanson, 2001). Daarnaast zijn leerproblemen op het gebied van rekenvaardigheid te verklaren vanuit problemen in het werkgeheugen (D'Amico & Guarnera, 2005; Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Wilson & Swanson, 2001).

De componenten van het multi-componenten model van het werkgeheugen blijken op verschillende manieren invloed uit te oefenen op rekenvaardigheid. Zo zijn de executieve functies een indicator voor het leren. Beter executief functioneren op oudere leeftijd leidt tot betere prestaties op rekenvaardigheid (Andersson, 2008; Bull & Scerif, 2001; Bull et al., 2008; Mazzocco & Kover, 2007). In het huidige onderzoek wordt ingegaan op de relatie tussen rekenvaardigheid en de werking van de fonologische lus en het visueel-spatieel schetsblok.

De fonologische lus speelt een belangrijke rol bij het leren rekenen. In de vroege ontwikkeling van getalbegrip is het fonologische bewustzijn van belang voor het verwerven en het automatiseren van getallen. Het gaat hierbij om het nazeggen van getallen en het leren tellen (Krajewski & Schneiders, 2009; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010). Symbolen en getallen worden in verbale codes omgezet met behulp van de fonologische lus. Problemen in de fonologische lus bemoeilijken daarmee het leren rekenen (Geary et al., 2009; Krajewski & Schneiders, 2009; Meyer et al., 2010). Op latere leeftijd is de fonologische lus betrokken bij het tellen en vermenigvuldigen. De fonologische lus speelt voornamelijk een rol bij het behouden van verbale informatie bij rekenproblemen (Lee & Kang, 2002; Raghobar et al., 2010).

Naast de fonologische lus is ook het visueel-spatieel schetsblok van belang bij rekenvaardigheid van kinderen. Moeilijkheden met rekenvaardigheid worden geassocieerd met een slecht werkend visueel-spatieel schetsblok. Daarnaast wordt het

visueel-spatieel schetsblok gezien als indicator voor rekenvaardigheid op latere leeftijd (Andersson, 2008; Bull, Davidson, & Nordmann, 2010; Bull et al., 2008; D'Amico & Guarnera, 2005; Holmes & Adams, 2006; Krajewski & Schneiders, 2009; Rasmussen & Bisanz, 2005). Dit deel van het werkgeheugen wordt gezien als mentale werkruimte voor het oplossen van sommen, het vasthouden van ruimtelijk gecodeerde informatie en het kunnen manipuleren van deze informatie (Booth & Thomas, 2000). Het visueel-spatieel schetsblok heeft een grote invloed op het richten van de visuele aandacht, het vermogen van discriminatie van cijfers en de getalproductie bij kinderen. Daarnaast blijkt het visueel-spatieel schetsblok van invloed op ruimtelijk denken dat wordt gebruikt bij het ontwikkelen van een mentale representatie van getallenlijnen (Alloway & Passolunghi, 2011; Knops et al., 2006; Feigenson, Denaene, & Spelke, 2004).

Sommige onderzoekers suggereren dat de invloed van de componenten van het werkgeheugen verschilt per leeftijd (Alloway & Passolunghi, 2011; Bull et al., 2008; Holmes & Adams, 2006). Volgens Bull en collega's (2008) zijn alle componenten van het werkgeheugen van invloed op rekenvaardigheid wanneer kinderen net naar school gaan en leren rekenen. Echter, op achtjarige leeftijd wordt rekenvaardigheid voorspeld door alleen het visueel-spatieel werkgeheugen (Bull et al., 2008). Andere onderzoeken suggereren dat het visueel-spatieel vermogen belangrijker is wanneer kinderen leren rekenen. Wanneer kinderen ouder worden, maken ze meer gebruik van de capaciteiten in de fonologische lus (Alloway & Passolunghi, 2011; Holmes & Adams, 2006; Rasmussen & Bisanz, 2005). Echter, volgens Meyer en collega's (2010) speelt de fonologische lus een grote rol bij vroege rekenvaardigheid.

### **Doelstelling**

Er is nog geen consensus bereikt over de leeftijd waarop de componenten daadwerkelijk invloed uitoefenen. Wel is gebleken dat kinderen met zowel problemen in het werkgeheugen als een zwak getalbegrip een verhoogd risico hebben op het ontwikkelen van problemen in rekenvaardigheid en wiskunde op latere leeftijd (Bull et al., 2008; Holmes et al., 2008; Krajewski & Schneiders, 2009). Werkgeheugentraining, zowel visueel-spatieel als verbaal, kan significante effecten hebben op het werkgeheugen van kinderen (Klingberg, 2010; Thorell et al., 2009). St. Clair-Thompson, Stevens, Hunt en Bolder (2009) tonen aan dat verbetering van het werkgeheugen leidt tot verbetering in schoolresultaten op achtjarige leeftijd.

Het huidige microgenetische onderzoek gaat daarom na of het trainen van zowel het verbale als het visueel-spatieel werkgeheugen invloed heeft op getalbegrip bij kinderen van ongeveer vijf jaar in het reguliere onderwijs. De doelstelling is om een causale relatie aan te tonen tussen het werkgeheugen en voorbereidende rekenvaardigheden bij kinderen van gemiddeld vijf jaar. De causale relatie wordt getracht te achterhalen door het uitvoeren van zowel een visueel-spatieel werkgeheugentraining

als een verbale werkgeheugentraining en door in de voor- en nameting zowel een verbale als een visueel-spatieel getalbegrip taak te betrekken. Er wordt hierbij gekeken of zowel de verbale als de visueel-spatieel werkgeheugentraining effect heeft op de mentale representatie van getallen en de Utrechtse Getalbegrip Toets - *Revised* (UGT-R). Hierbij wordt verwacht dat het trainen van zowel het verbale werkgeheugen als het visueel-spatieel werkgeheugen invloed heeft op getalbegrip. Er wordt echter een groter effect verwacht van de verbale werkgeheugentraining op het toenemen van de verbale getalbegrip taak, de UGT-R, in vergelijking met de visueel-spatieel training (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Bovendien wordt er in vergelijking met de verbale training een groter effect verwacht van de visueel-spatieel werkgeheugentraining op de visueel-spatieel getalbegrip taak, de *Number-to-Position* (NP) taak (Laski & Siegler, 2007).

Het huidige onderzoek zal bijdragen aan nieuwe wetenschappelijke inzichten in de relatie tussen werkgeheugen en getalbegrip. Meer inzicht krijgen in de precieze relaties tussen de verschillende componenten van het werkgeheugen en getalbegrip zal leiden tot een betere en effectievere aanpak van de rekenproblemen die kinderen kunnen ervaren (Meyer et al., 2010). Het verkrijgen van inzichten over het werkgeheugen en getalbegrip en de relaties hiertussen is relevant. Hierdoor kunnen in de praktijk kinderen met rekenproblemen vroegtijdig worden opgespoord en kan de effectiviteit van het gebruik van de basiskennis van getalbegrip bij kinderen zoveel mogelijk worden vergroot (Landerl & Kölle, 2009).

## Methode

### Participanten

In dit onderzoek waren 127 kinderen uit groep 1 en 2 van het reguliere onderwijs betrokken met een gemiddelde leeftijd van 4 jaar en 9 maanden (SD = 9 maanden). Van deze kinderen was 54.3% jongen en 45.7% meisje. De kinderen zaten op verschillende basisscholen, verspreid over heel Nederland. In de steekproef waren 92.1% van de deelnemende kinderen geboren in Nederland, de andere kinderen waren per land met 0.8% afkomstig uit Amerika, België, Brazilië, Colombia, Dubai en Irak.

Testleiders waren derdejaars bachelorstudenten of pre-master studenten. Alleen kinderen met toestemming van ouders of verzorgers namen deel aan dit onderzoek. De eerste negen aanmeldingen waren betrokken in het onderzoek. De kinderen waren door middel van aselechte *matching* toegewezen aan een van de drie experimentele condities. Deze experimentele condities bestonden uit de verbale conditie, visueel-spatieel conditie en de controle conditie. Elke testleider begeleidde kinderen uit de verschillende condities in groepjes van drie kinderen.

### Instrumenten

Tijdens de voor- en nameting en tijdens de training werden verschillende

instrumenten gebruikt. Er werd onder andere gebruik gemaakt van de UGT-R en van de NP taak.

### **Utrechtse Getalbegrip Toets – Revised (UGT-R)**

De UGT-R meet het getalbegrip van kinderen (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Deze is ontwikkeld voor kinderen van vier tot zeven en een half jaar. De UGT-R bestaat uit twee analoge versies, versie A en versie B. Beide versies bevatten 45 items. De items zijn onderverdeeld in negen verschillende wiskundige domeinen, te weten vergelijken, hoeveelheden koppelen, een op een correspondentie, ordenen, telwoorden gebruiken, synchroon en verkort tellen, resultatief tellen, toepassen van kennis van getallen en schatten. De UGT-R kan betrouwbaar genoemd worden met een Cronbach's *alfa* van .93. Daarnaast is de UGT-R zowel begripsvalide als criteriumvalide (Van Luit & Van de Rijt, 2009; Van de Rijt, Van Luit, & Pennings, 1999).

In dit onderzoek werd een deel van versie A gebruikt voor de nameting en een deel van versie B voor de voormeting. In totaal werden twintig items afgenomen. Met dit deel werd het volgende gemeten, 1. Telwoorden gebruiken: hardop vooruit en achteruit tot twintig tellen; 2. Synchroon en verkort tellen: tellen terwijl er naar objecten wordt gewezen en het herkennen van getallen op een dobbelsteen; 3. Resultatief tellen: tellen zonder naar objecten te wijzen, en 4. Toepassen van kennis van getallen: het gebruik van getallen in de dagelijkse situatie (Van Luit & Van de Rijt, 2009). De items werden goed gescoord door middel van een '1' en fout gescoord door middel van een '0'. Hieruit werd een totale score berekend.

### **Number-to-Position (NP)**

De NP taak werd gebruikt om de non-verbale getallenlijn te meten. De getallenlijntaken meten in twee verschillende vormen de non-verbale vaardigheden van kinderen om hoeveelheden te onderscheiden. Het kind zag bij deze taken een horizontale lijn van een tot tien. Om deze taak te introduceren liet de testleider de positie van de getallen een en tien op de lijn zien. Vervolgens moest het kind de positie van de getallen op de lijn aanwijzen. Het kind moest dit meerdere keren doen (Laski & Siegler, 2007).

De betrouwbaarheid en validiteit van de NP taak zijn niet wetenschappelijk onderzocht. Volgens Laski & Siegler (2007) geven getallenlijnen echter weer in hoeverre kinderen in staat zijn hoeveelheden te onderscheiden en te categoriseren. Ook andere onderzoekers gebruiken de NP taak om inzicht te verkrijgen in het getalbegrip van kinderen (Booth & Siegler, 2006; Geary et al., 2007; Siegler & Booth, 2004).

### **Trainingstaken**

#### ***Visueel-spatiële conditie***

Kinderen in de visueel-spatiële conditie kregen in elke trainingssessie twee verschillende spelletjes aangereikt. In totaal waren er zes verschillende spelletjes die allen een beroep deden op het visueel-spatiële werkgeheugen. De spelletjes waren



respectievelijk *Block Tapping*, *Mister X*, *Mazes*, *Memory Game*, *Sequencing* en *Sorting Game*. Deze werden gedurende de gehele trainingsperiode vier keer aangeboden.

Het spel *Block Tapping* betrof het aanwijzen van blokjes en het onthouden van deze volgorde. Bij het *Mister X* spel moesten kinderen beoordelen of figuur 1 de bal in dezelfde hand heeft als figuur 2. Tevens moesten de kinderen de positie van de bal onthouden en aanwijzen op een rooster. Bij het *Mazes* spel kregen de kinderen gedurende drie seconden een ingevuld doolhof te zien. Het kind moest deze weg natekenen in een leeg doolhof. Bij het *Memory* spel ging het om het in volgorde leggen van een aantal plaatjes, nadat deze kort waren getoond aan het kind. Bij het *Sequencing* spel moesten de kinderen een toenemende reeks objecten aanwijzen en onthouden. Bij het spel *Sorting Game* moesten kinderen plaatjes sorteren op kleur en vervolgens de afbeelding onthouden.

#### **Verbale conditie**

Kinderen in de verbale conditie kregen in elke trainingssessie twee verschillende spelletjes aangereikt. In totaal waren er zes verschillende spelletjes die allen een beroep deden op het verbale werkgeheugen. De spelletjes waren respectievelijk *Non-word Recall*, *Listening Recall*, *Story Telling*, *Sequencing Backwards*, *Sequencing* en *Sorting Game*. Deze werden gedurende de gehele trainingsperiode vier keer aangeboden.

Het spel *Non-word Recall* betrof het nazeggen van een oplopende reeks van niet bestaande woorden. Kinderen moesten bij het spel *Listening Recall* beoordelen of zinnen wel of niet waar zijn. Bovendien moesten ze het eerste woord van de zin of zinnen onthouden en deze in de juiste volgorde benoemen. Bij het spel *Story Telling* gaven kinderen antwoord op een vraag die voorafgaand aan een voorleesverhaal werd gesteld. Het spel *Sequencing Backwards* betrof het onthouden van verschillende woorden die vervolgens in omgekeerde volgorde gereproduceerd moesten worden. De bedoeling van het spel *Sequencing* was dat een reeks van objecten opgenoemd moest worden waarbij elk kind een object mocht toevoegen. Het spel *Sorting Game* ging om het sorteren van woorden op basis van geluidsterkte. De kinderen kregen een geluidsterkte toegewezen en moesten de woorden van deze sterkte onthouden en opnoemen.

#### **Controle conditie**

Kinderen in de controle conditie kregen in elke trainingssessie twee verschillende kleurplaten aangereikt. In totaal waren er zes verschillende kleurplaten. De kinderen kregen de keuze om in de training gedurende twintig minuten lang een kleurplaat te kleuren of om twee keer tien minuten aan twee verschillende kleurplaten te werken.

#### **Procedure**

In februari 2011 werd er gestart met de voormeting. Deze voormeting werd individueel afgenomen in twee sessies van ongeveer een half uur per sessie. Er werden verschillende computertaken afgenomen om de capaciteit van het werkgeheugen en

getalbegrip vast te stellen, waaronder de NP taak en de UGT-R. In sessie 1 werd het werkgeheugen gemeten en in sessie 2 het getalbegrip van kinderen. Vervolgens kregen de kinderen in groepjes van drie, zes weken lang, twee keer per week een training horende bij een conditie, te weten de verbale, visueel-spatieële of controle conditie. In totaal werden er 12 trainingssessies gegeven. Een trainingssessie duurde ongeveer dertig minuten. De nameting werd in april 2011 afgenomen. De nameting kwam geheel overeen met de voormeting, met uitzondering van de UGT-R. In de voormeting werd gebruikgemaakt van de UGT-R versie B en in de nameting van versie A. In tegenstelling tot de voormeting en de training werd de nameting afgenomen door een andere testleider. De voor- en nameting en de trainingen werden in een afgesloten ruimte in de school gegeven. Aan het eind van elke meting en trainingssessie ontvingen de kinderen als beloning een sticker.

## **Resultaten**

### **Hypothese en analyse**

Naar aanleiding van de opgestelde deelvragen wordt de hypothese opgesteld dat kinderen van de verbale en visueel-spatieële conditie een significante vooruitgang tonen op de nameting van de UGT-R en de mentale representatie van getallen van 1-10, en daarmee op getalbegrip, in vergelijking met de controle conditie. Er wordt een grotere vooruitgang verwacht van de verbale conditie op de verbale rekentaak en van de visueel-spatieële conditie op de visueel-spatieële rekentaak. Daarnaast wordt er verwacht dat de verbale conditie, de visueel-spatieële en de controle conditie zullen verbeteren over tijd op de getallenlijntaken en de UGT-R, door rijping en onderwijs.

Om de hypothese te toetsen zal er voor elke deelvraag een herhaalde metingen variantieanalyse (ANOVA) worden uitgevoerd. De herhaalde metingen ANOVA maakt een vergelijking tussen de voor- en nameting en kan hierdoor de effectiviteit van de training beoordelen bij de verschillende experimentele groepen. Bij de uit te voeren ANOVA's zijn de afhankelijke variabelen de behaalde scores op de NL 1-10 en de NV 1-10 of de UGT-R. De onafhankelijke variabelen zijn de verbale of de visueel-spatieële conditie.

### **Verbale training en getallenlijnen**

#### **Bewerkingen en voorwaarden**

Voor het uitvoeren van alle herhaalde metingen ANOVA's in het huidige onderzoek moet de verkregen data aan enkele voorwaarden voldoen, te weten een normale verdeling van het kenmerk in de populaties, homogeniteit van varianties, afwezigheid van uitschieters, een aselechte steekproef die met teruglegging is getrokken, onafhankelijke observaties en tot slot moet de afhankelijke variabele van minimaal interval meetniveau zijn (Field, 2009). Voordat de voorwaarden zijn gecontroleerd voor deze deelvraag zijn eerst zes participanten uit het databestand verwijderd door het ontbreken van gegevens op de voor- of nameting op de NL 1-10 of NV 1-10.

Vervolgens zijn er verschillcores gevormd van de nameting en de voormeting op de variabelen NL 1-10 en NV 1-10. Deze zijn gebruikt voor het controleren van de voorwaarden. Aan de voorwaarde voor onafhankelijke observaties en aselechte steekproeftrekking met terugtrekking getrokken wordt niet voldaan. Dit wordt veroorzaakt doordat kinderen deelnemen op vrijwillige basis en de scholen niet willekeurig zijn gekozen. Wegens deze kanttekeningen moet rekening gehouden worden met de generalisatie en interpretatie van de resultaten. Tevens wordt niet voldaan aan de voorwaarde voor afwezigheid van uitschieters voor de variabele NL 1-10. Er is sprake van twee uitschieters, daarom zijn er nogmaals twee participanten uit het databestand verwijderd. Voor het uitvoeren van de daadwerkelijke analyse is de data van de visueel-spatieële conditie uit het bestand verwijderd. Aan de andere voorwaarden wordt voldaan.

### **Beschrijvende statistieken en resultaten**

De resultaten van de NP taken worden weergegeven door de *linear fit* score ( $R^2$ ). De *linear fit* score wordt berekend door middel van SPSS die de scores op de getallenlijntaken vergelijkt met een lineaire trend. De standaardnorm verloopt lineair. De *linear fit* score geeft dus aan in welke mate de lineaire lijn de antwoorden van de kinderen verklaart. Een hogere *linear fit* score ( $R^2$ ) geeft een betere weergave van schatting weer (Geary et al., 2008). De beschrijvende statistieken zijn hieronder weergegeven (Tabel 1). Wat opvalt uit de beschrijvende statistieken is dat de gemiddelden op de nameting hoger zijn dan op de voormeting, met uitzondering van de controle conditie op de NV 1-10.

De herhaalde metingen ANOVA is uitgevoerd. Er is geen interactie-effect van tijd en conditie op de resultaten van de NL 1-10 gevonden,  $F(1, 77) = 0.48$ ,  $p = .83$  (Figuur 1). Er is geen hoofdeffect van tijd,  $F(1, 77) = 2.48$ ,  $p = .12$ , en er is tevens geen hoofdeffect van conditie gevonden op de resultaten op de NL 1-10,  $F(1, 77) = 2.21$ ,  $p = .14$ .

Naast het afwezige interactie-effect op de resultaten van de NL 1-10 is er ook geen interactie-effect van tijd en conditie op de resultaten van de NV 1-10 gevonden,  $F(1, 77) = 0.44$ ,  $p = .83$  (Figuur 1). Er is geen hoofdeffect van tijd,  $F(1, 77) = 0.31$ ,  $p = .58$ , en tevens is er geen hoofdeffect van conditie gevonden op de resultaten op de NV 1-10,  $F(1, 77) = 0.64$ ,  $p = .43$ .

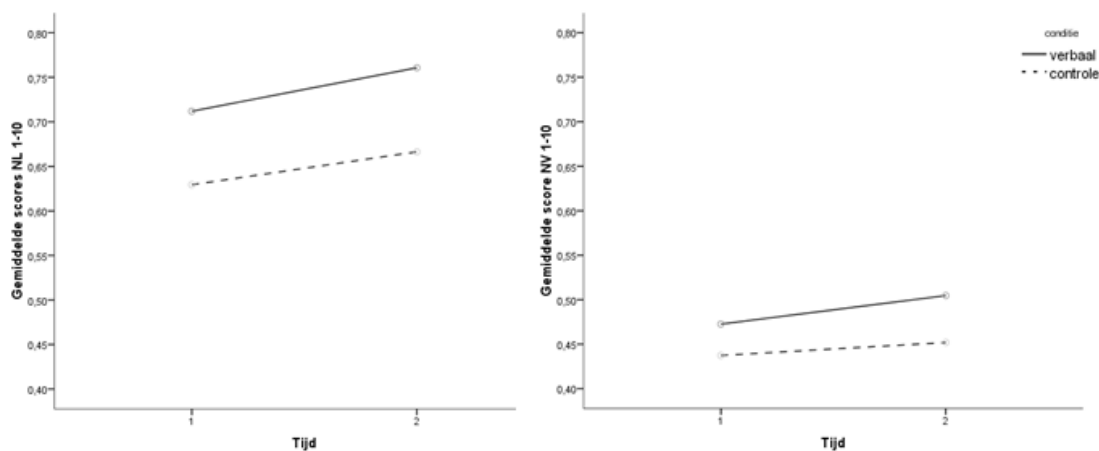
Geconcludeerd kan worden dat, noch door de verbale training, noch door rijping en onderwijs, de kinderen van beide condities vooruitgang boeken op de NL 1-10 of op de NV 1-10. Dit komt niet overeen met de verwachting.

Tabel 1. *Aantallen, Gemiddelden, Standaardafwijkingen, Minimum en Maximum, op de resultaten op de verbale en visueel-spatieële training en de controlegroep op de voor- en nameting van de NL 1-10, NV 1-10 en de UGT-R*

Conditie	Voormeting					Nameting				
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Verbaal NL 1-10	39	.71	.29	.03	.99	39	.76	.24	.01	.98
Visueel- spatieel NL 1-10	40	.70	.32	.00	.99	40	.74	.30	.01	.99
Controle NL 1-10	40	.63	.32	.00	1.00	40	.67	.33	.00	.97
Verbaal NV 1-10	39	.47	.42	.00	.97	39	.50	.30	.00	.95
Visueel- spatieel NV 1-10	40	.43	.33	.00	.96	40	.50	.28	.00	.95
Controle NV 1-10	40	.45	.27	.00	.89	40	.45	.27	.01	.90
Verbaal UGT-R*	37	7.76	3.63	3	18	37	10.41	4.53	2	18
Visueel- spatieel UGT-R*	40	7.40	3.40	1	19	40	9.00	4.31	2	20
Controle UGT-R*	41	7.51	3.92	0	17	41	8.56	4.69	2	20

*Noot.* Het theoretisch minimum = 0 en het theoretisch maximum = 1

\**Noot.* Het theoretisch minimum = 0 en het theoretisch maximum = 20



*Figuur 1.* Gemiddeldendiagrammen met de effecten van de factoren Conditie en Tijd op de resultaten van de getallenlijnen NL 1-10 en NV 1-10 betreffende de verbale conditie.

## Visueel-spatieële training en getallenlijnen

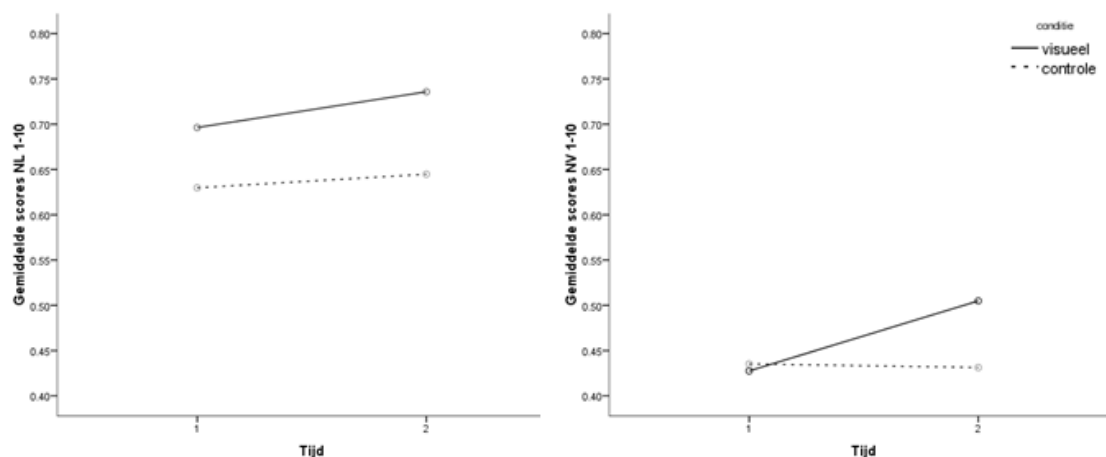
### Bewerkingen en voorwaarden

Voor uitvoering van de analyse zijn de voorwaarden voor de herhaalde metingen ANOVA gecontroleerd. Er zijn verschillen gevormd van de nameting en de voormeting op de variabelen NL 1-10 en NV 1-10. Deze scores zijn gebruikt om de voorwaarden te controleren. In dit onderzoek blijkt er te worden voldaan aan alle voorwaarden, met uitzondering van uitschieters bij de NL 1-10. Deze zijn verwijderd uit de analyse van de NL 1-10. Verder blijkt er in dit onderzoek geen sprake van een aselechte steekproef en van onafhankelijke observaties. Voor het uitvoeren van de daadwerkelijke analyse is de data van de verbale conditie uit het bestand verwijderd. Aan de andere voorwaarden wordt voldaan.

### Beschrijvende statistieken en resultaten

Uit de beschrijvende statistieken blijkt het gemiddelde op de nameting hoger dan op de voormeting, zowel op de NL 1-10 als op de NV 1-10 (Tabel 1). Uit de analyse met de ANOVA voor herhaalde metingen blijkt echter geen significant interactie-effect van conditie en tijd op de resultaten op de NV 1-10,  $F(1, 80) = .75, p = .39$  (Figuur 2). Er blijkt geen hoofdeffect van conditie,  $F(1, 80) = .45, p = .51$ . Bovendien is er geen hoofdeffect van tijd op de NV 1-10,  $F(1, 80) = .61, p = .44$ .

Daarnaast blijkt er geen significant interactie-effect van de conditie en tijd op de resultaten van de NL 1-10,  $F(1, 78) = .15, p = .70$  (Figuur 2). Tevens is er geen hoofdeffect van tijd op NL 1-10,  $F(1, 78) = .76, p = .39$  en geen hoofdeffect van conditie,  $F(1, 78) = 1.51, p = .22$ .



*Figuur 2.* Gemiddeldendiagrammen met de effecten van de factoren Conditie en Tijd op de resultaten van de getallenlijnen NL 1-10 en NV 1-10 betreffende de visueel-spatiële conditie.

Geconcludeerd wordt dat op geen van de NP taken sprake is van een interactie-effect van conditie en tijd op de mentale representatie van getallen. Kinderen ontwikkelen geen betere mentale representatie van getallenlijnen van 1-10, wanneer zij een visuele-spatiële training ondergaan. Er blijkt geen effect van de visuele-spatiële training op mentale representatie van getallen. Daarnaast voorspelt de experimentele conditie niet in welke mate kinderen vooruitgaan en beïnvloedt tijd niet de scores van de mentale representatie van getallen van 1-10. Deze bevindingen komen niet overeen met de verwachting.

## Verbale training en UGT-R

### Bewerkingen en voorwaarden

Voorafgaand aan het uitvoeren van de analyse zijn de mogelijke bewerkingen van de data nagegaan. Er is besloten negen participanten uit de data te verwijderen, aangezien van deze participanten geen gegevens bekend zijn over de nameting en/of de voormeting. Vervolgens zijn verschilcores opgesteld voor de nameting en de voormeting op de variabele UGT-R. Deze verschilcores zijn gebruikt voor het controleren van de voorwaarden. Na deze bewerkingen zijn de voorwaarden voor het uitvoeren van de herhaalde metingen ANOVA gecontroleerd. Uit de controle kan worden geconcludeerd dat aan alle voorwaarden wordt voldaan, met uitzondering van de voorwaarden van een aselechte steekproef met teruglegging en onafhankelijke observaties.

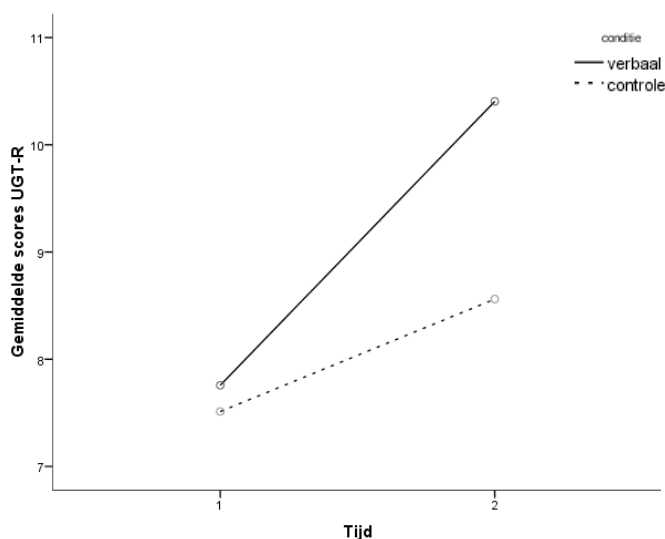
### Beschrijvende statistieken en resultaten

Na controle van de voorwaarden is besloten de herhaalde metingen ANOVA uit te voeren. Hierbij zijn de participanten uit de visueel-spatiële conditie uit het databestand verwijderd, aangezien de deelvraag van toepassing is op de verbale en de controle conditie. De beschrijvende statistieken behorend bij deze toetsing zijn weergegeven in

Tabel 1. Opvallend is dat de verbale training door verwijdering van een aantal participanten een minder groot aantal heeft dan de controlegroep. Verder blijkt uit de beschrijvende statistieken dat de verbale training een hoger gemiddelde heeft op nameting dan de controlegroep, terwijl de gemiddelden op de voormeting voor beide groepen redelijk gelijk zijn.

Er is een herhaalde metingen ANOVA uitgevoerd waaruit een significant interactie-effect is gekomen voor de verbale training op de UGT-R,  $F(1, 76) = 4.02$ ,  $p = .05$ ,  $\eta^2 = .05$  (Figuur 3). Dit verschil heeft met een  $\eta^2$  van .05 een kleine relevantie. De verbale conditie laat daarmee een significante vooruitgang zien op de UGT-R in vergelijking met de controle conditie. Bovendien is er een significant hoofdeffect gevonden voor tijd,  $F(1, 76) = 21.49$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .22$ . Dit verschil heeft met een  $\eta^2$  van .22 een grote relevantie. Er is geen significant hoofdeffect voor conditie,  $F(1, 76) = 1.44$ ,  $p = .23$ .

Aan de hand van deze gegevens, in combinatie met het verkregen Figuur 3, kan geconcludeerd worden dat zowel de verbale conditie als de controle conditie vooruitgang tonen op het resultaat van de UGT-R, maar in verschillende mate. De verbale conditie toont significant meer vooruitgang dan de controle conditie. Hieruit kan een positief effect van tijd worden gehaald. Dit gevonden effect is in overeenstemming met de vooraf opgestelde verwachting.



*Figuur 3.* Gemiddeldendiagram voor de scores van de voor- en nameting op de UGT-R voor de verbale en de controle conditie.

## Visueel-spatiële training en UGT-R

### Bewerkingen en voorwaarden

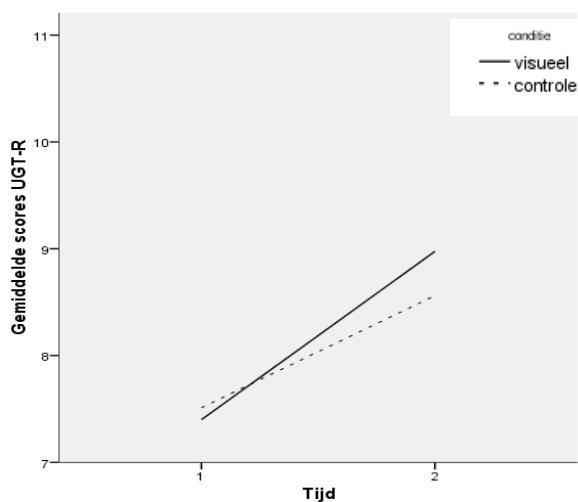
Om een herhaalde metingen ANOVA te kunnen uitvoeren, moet aan verschillende voorwaarden zijn voldaan. Deze voorwaarden zijn gecontroleerd. Aan de voorwaarden

zijn voldaan, behalve aan de voorwaarde voor onafhankelijke observaties en aan de voorwaarde voor een aselechte steekproef. Voor het uitvoeren van de daadwerkelijke analyse is de data van de verbale conditie uit het bestand verwijderd.

### Beschrijvende statistieken en resultaten

De beschrijvende statistieken van de experimentele conditie en de controle conditie worden benoemd in Tabel 1. Uit de beschrijvende statistieken blijkt dat de visueel-spatiële conditie een hoger gemiddelde heeft op nameting dan de controlegroep, terwijl de gemiddelden op de voormeting voor beide groepen redelijk gelijk zijn. Daarnaast zijn de gegevens geanalyseerd door middel van een herhaalde metingen ANOVA. Hieruit komt naar voren dat er geen significant interactie-effect van tijd en conditie is gevonden,  $F(1,79) = 2.80$ ,  $p = .52$  (Figuur 4). Verder is er wel een significant hoofdeffect gevonden van tijd,  $F(1,79) = 10.55$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .12$ . Dit hoofdeffect heeft met een  $\eta^2$  van .12 een gemiddelde relevantie. Tevens is het hoofdeffect van de conditie niet significant,  $F(1,79) = 0.03$ ,  $p = .85$ .

Deze analyse is uitgevoerd om een antwoord te verkrijgen op de vraag of er een effect is van de visueel-spatiële training op de UGT-R. Dit is niet het geval. Dit is niet in overeenstemming met de verwachting.



*Figuur 4.* Gemiddeldendiagram voor de scores van de voor- en nameting op de UGT-R voor de visueel-spatiële en de controle conditie.

### Conclusie en discussie

De hoofdvraag van het onderzoek is de vraag of het trainen van zowel het verbale als het visueel-spatiële werkgeheugen invloed heeft op getalbegrip bij kinderen van ongeveer vijf jaar in het reguliere onderwijs. Hier is antwoord op gegeven door het opstellen van vier afzonderlijke deelvragen. Betreffende de deelvragen of er een effect is van respectievelijk de verbale training en de visueel-spatiële training op de mentale



representatie van getallen, kan geconcludeerd worden dat er geen effect is. Twee vormen van getallenlijntaken zijn betrokken ter beantwoording van de onderzoeksvraag, te weten de *Number-Line* 1-10 (NL 1-10) en de *Non-Verbal* 1-10 (NV 1-10). Voor beide getallenlijnen is geen effect gevonden voor beide trainingsgroepen. Geconcludeerd kan worden dat zowel de verbale als de visueel-spatieële training niet in staat zijn de prestaties van kinderen rond de vijf jaar op de getallenlijnen van 1 tot 10 te verbeteren. Dit is tegenstrijdig met de vooraf opgestelde verwachtingen en met eerder onderzoek. Uit onderzoek van Deheane (2001) komt naar voren dat getalbegrip trainbaar is.

Een derde deelvraag betreft of er een effect is van de verbale werkgeheugentraining op de Utrechtse Getalbegrip Toets - Revised (UGT-R). Uit onderzoek is gebleken dat de zowel de verbale conditie als de controle conditie vooruitgaan in de tijd op de prestaties van de UGT-R. De verbale conditie laat hierbij een grotere vooruitgang zien in vergelijking met de controle conditie. Er kan worden gesteld dat in de tijd de prestaties op de UGT-R toenemen en dat de verbale training kan bijdragen aan een grotere verbetering over tijd. Dit is in overeenkomst met de verwachtingen.

De laatste deelvraag heeft betrekking op de vraag of er een effect is van de visueel-spatieële werkgeheugen training op de UGT-R. Er blijkt geen effect te zijn. In overeenstemming met de resultaten van de vorige deelvraag kan geconcludeerd worden dat de prestaties op de UGT-R toenemen over tijd. De visueel-spatieële training draagt echter niet bij aan deze verbetering. Dit komt niet overeen met de vooraf opgestelde verwachtingen.

Aan de hand van de uitkomsten op de vier deelvragen kan een antwoord geformuleerd worden op de hoofdvraag van het onderzoek. Er is een effect gevonden van de verbale training op de UGT-R, maar niet van alle trainingen op alle taken. Kinderen lijken baat te hebben bij het volgen van een verbale werkgeheugentraining. Uit dit onderzoek is gebleken dat de prestaties op de UGT-R door het volgen van deze training vooruitgaan. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat door de verbale training het verbale werkgeheugen, en daarmee de fonologische lus, beter werkt. Dit kan leiden tot een beter behoud van verbale informatie bij rekenproblemen (Lee & Kang, 2002; Raghobar et al., 2010). Aangezien de UGT-R een verbale rekentaak is, is het aannemelijk dat de prestaties op deze test zijn verbeterd door de verbale werkgeheugentraining. Hiermee lijken de afwezige effecten van de visueel-spatieële training op de UGT-R en van de verbale training op de mentale getallenlijnen een logische gebeurtenis, aangezien deze trainingen niet gericht zijn op de vereisten van de taak. De UGT-R vereist namelijk verbaal werkgeheugen en de mentale getallenlijnen vereisen visueel-spatieel werkgeheugen (Van Luit & Van de Rijt, 2009; Laski & Siegler, 2007). Daarmee ontstaat echter wel de vraag waarom geen effect is gevonden van de visueel-spatieële

werkgeheugentraining op de visuele rekentaken, te weten de getallenlijnen. Dit zou kunnen komen door beperkingen van de visueel-spatieële training die hieronder bij de kritische noten zijn weergegeven. Daarnaast zou een verklaring voor het effect van de verbale training op de UGT-R kunnen zijn dat het verbale werkgeheugen een rol speelt bij vroege rekenvaardigheden en het visueel-spatieële werkgeheugen bij gevorderde rekenvaardigheden. Kinderen van vijf jaar oud zouden daarmee nog niet voldoende in staat zijn hun visueel-spatieële werkgeheugen te gebruiken of te trainen. Dit is in overeenstemming met gevonden resultaten van Meyer en collega's (2010).

Een mogelijke verklaring voor het feit dat er weinig effecten van de trainingen zijn gevonden op getalbegrip is dat de trainingen inhoudelijk niet veel betrekking hebben op getalbegrip en rekenvaardigheid. Getalbegrip zou moeten verbeteren doordat de werkgeheugentraining het leren ervan bevordert (St. Claire-Thomson et al., 2010). Dit verband tussen getalbegrip en het trainen van het werkgeheugen is dan mede afhankelijk van het aanbod in de klas. Het zou kunnen zijn dat het aanbod in de klas te gering is om de effecten te vinden die in de vooraf opgestelde hypothesen zijn verwacht. Een beter werkend werkgeheugen zal een positieve invloed hebben op het kunnen profiteren van leerervaringen in de klas (St. Claire-Thomson et al., 2010). Een langere periode van onderwijs vergroot het aanbod wat kinderen opdoen in de klas en met een beter werkgeheugen kunnen kinderen daar meer voordeel uit halen. Hierdoor zullen kinderen die een werkgeheugentraining hebben gevolgd op langere termijn mogelijk meer positieve resultaten tonen op rekenvaardigheid dan kinderen die geen werkgeheugentraining hebben gevolgd.

### **Kritische noten**

Het onderzoek heeft een aantal beperkingen. Bij het indelen van de kinderen in groepjes is er gebruik gemaakt van aselechte matching. Dit heeft zowel een voordeel als een nadeel. Het is voordelig dat de groepen met elkaar vergelijkbaar zijn. Echter, doordat er in elk groepje zowel sterke als zwakke kinderen zitten en er bij de training steeds wordt begonnen in het niveau van het zwakste kind, kunnen de sterke kinderen niet het niveau behalen waartoe ze mogelijk in staat zijn. Hierdoor wordt niet het optimale uit de training gehaald door sommige kinderen. De scores van met name de kinderen met een hoger niveau zouden hierdoor lager kunnen zijn uitgevallen dan in het vermogen van deze kinderen ligt.

De trainingen zijn gegeven door verschillende testleiders onder verschillende omstandigheden en dagdelen, waardoor er sprake kan zijn van verscheidene omgevingsinvloeden en instructiewijzen. Dit is een beperking van het onderzoek, omdat de resultaten van de kinderen hierdoor minder goed vergelijkbaar zijn. Bovendien kunnen deze verschillende omstandigheden invloed hebben op de resultaten. De resultaten zouden minder goed kunnen uitvallen in de middag dan in de ochtend door

mogelijk verminderde energie en concentratie. Daarnaast kan een rustige omgeving zorgen voor een betere concentratie wat een positieve invloed heeft op de resultaten in tegenstelling tot een onrustige omgeving.

Naast verschillen in omgeving en instructie zijn er ook verschillen op te merken in het aantal weken dat de training is aangeboden. Bij sommige kinderen zijn er twee trainingen in de week gedurende zes weken gegeven, bij andere kinderen is dit drie trainingen per week gedurende vier weken. Dit kan zowel een positief als negatief effect hebben op de resultaten. Een positieve verklaring zou kunnen zijn dat een kortere training ervoor kan zorgen dat kinderen intensiever leren in vergelijking met een langere, minder intensieve training. Daartegenin kan worden gebracht dat een langere training positief zou kunnen zijn omdat dan kinderen langer blootgesteld worden aan de training en mogelijk aan meer leerervaringen in de klas. Een mogelijk negatief effect van de kortere trainingsperiode is dat het kan zorgen voor verminderde motivatie doordat de taken sneller worden herhaald en dit kan leiden tot verveling. Dit kan een negatief effect hebben op de resultaten.

Een volgende beperking van het onderzoek is de kwaliteit van het visueel-spatieel trainingsmateriaal. De visueel-spatieel informatie die de kinderen is aangeboden, heeft een matige kwaliteit. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat kinderen minder goed presteren op taken dan in hun vermogen ligt, doordat ze meer gericht zijn op het onderscheiden van de visuele informatie, dan het opslaan van de benodigde visuele informatie. Dit kan als resultaat hebben gehad dat kinderen minder goed gepresteerd hebben op de taken binnen de visueel-spatieel training.

Tot slot is te noemen dat er bij de voorwaarden van aselechte steekproeftrekking en onafhankelijke observaties kanttekeningen geplaatst kunnen worden. De scholen zijn select gekozen, aangezien de testleiders zelf scholen hebben benaderd. De steekproef is select, aangezien de kinderen op vrijwillige basis door opgave van de ouders deelnemen aan het onderzoek. Deze ouders zouden meer gemotiveerd en meer betrokken kunnen zijn bij de school en bij hun kind. Daardoor kan het zijn dat deze ouders de kinderen meer stimuleren in hun leerproces, in vergelijking met ouders die het toestemmingsformulier later hebben ingeleverd. De leerlingen uit de verschillende condities komen bovendien uit dezelfde klas, waardoor niet met zekerheid kan worden vastgesteld of er sprake is van onafhankelijke observaties. Wegens deze kanttekeningen moet rekening gehouden worden met de generalisatie van de resultaten. Doordat de steekproef select is, kunnen de resultaten alleen worden gegeneraliseerd naar een populatie die deze representeert.

### **Bruikbaarheid en implicaties**

Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek lijken kinderen baat te hebben bij het volgen van een verbale werkgeheugentraining ter bevordering van de

rekenvaardigheid en getalbegrip. In de praktijk lijkt het niet nuttig te zijn het visueel-spatiële werkgeheugen te trainen bij kinderen van ongeveer vijf jaar. Hierbij moet echter rekening worden gehouden met de bovenstaande kritische noten. Als de visueel-spatiële training zou worden verbeterd, zouden mogelijk kinderen ook baat hebben bij het volgen van een visueel-spatiële werkgeheugentraining.

Het gegeven dat de verbale werkgeheugentraining positieve resultaten kan hebben op getalbegrip bij kinderen is belangrijk voor het onderwijs. Zo is het mogelijk dat door het volgen van een werkgeheugentraining het werkgeheugen van kinderen verbeterd wordt. Hierdoor zouden zij beter in staat zijn rekenkundige informatie in de klas op te slaan welke ze vervolgens kunnen gebruiken om rekenkundige problemen op te lossen. Dit zou niet alleen het geval kunnen zijn voor rekenvaardigheid, maar ook voor andere cognitieve functies die op school nodig zijn en aangeleerd worden, aangezien zowel rekenvaardigheid als andere cognitieve functies gemedieerd worden door de prefrontale cortex (Klingberg, 2010). Hieruit kan worden geadviseerd dat werkgeheugentraining op scholen een goede toevoeging zou kunnen zijn aan het onderwijsprogramma omdat het een positieve invloed kan hebben op schoolse prestaties.

#### **Suggesties toekomstig onderzoek**

Aan de hand van de opgestelde kritische noten kan gesteld worden dat er behoefte is aan een herhaling van het onderzoek met een aanbod van betere kwaliteit van visueel materiaal. Bovendien zou de verlenging van de trainingsduur ervoor kunnen zorgen dat er een duidelijker resultaat zichtbaar is van zowel de verbale als de visueel-spatiële training ten opzichte van de controlegroep. Hierbij is het belangrijk op te merken dat in dit geval het aanbod van de trainingstaken moet worden uitgebreid aangezien dit aanbod passend is bij de huidige training maar te beperkt is voor een langere trainingsduur. Een te beperkt aanbod in trainingstaken zou de motivatie van de kinderen niet ten goede kunnen komen.

Kinderen lijken baat te hebben bij het volgen van een verbale werkgeheugentraining. Uit dit onderzoek is gebleken dat de prestaties op de UGT-R door het volgen van deze training vooruitgaan. Bij getallenlijnen is dit niet het geval. De verbale training heeft geen positieve invloed op de prestaties van de getallenlijntaken. Toekomstig onderzoek moet uitwijzen of deze verbetering ook van toepassing is op andere rekentaken. Dit zou mogelijk kinderen kunnen helpen te verbeteren op getalbegrip en rekenvaardigheid. Toekomstig onderzoek zou duidelijkheid kunnen verschaffen over hoe het werkgeheugen gebruikt wordt in het maken van rekentaken en op welke manier de verschillende componenten een rol spelen. Dit zou mogelijk de resultaten van het huidige onderzoek kunnen verklaren. Het huidige onderzoek ondersteunt het gegeven dat de fonologische lus op vroege leeftijd een grotere rol speelt dan het visueel-spatiële schetsblok. Op latere leeftijd lijkt deze verdeling omgekeerd te

zijn. Per kind kunnen echter verschillen bestaan in het gebruik van de verschillende onderdelen van het werkgeheugen als ook in verbaal of visueel-spatieel strategiegebruik. Nader onderzoek zal de huidige kennis hierover vergroten.

Kinderen kunnen niet presteren op getallenlijntaken zonder het werkgeheugen, omdat bij elke cognitieve taak het gebruik van het werkgeheugen een vereiste is (Baddeley, 2003; Repovš & Baddeley, 2006). Volgens onderzoekers is het executief functioneren van kinderen in ontwikkeling, waardoor mogelijk kinderen van vijf jaar nog niet optimaal gebruik kunnen maken van de centrale executieve en strategieën die daarmee samenhangen (Andersson, 2008; Bull & Scerif, 2001; Bull et al., 2008; Mazzocco & Kover, 2007). Het zou ook kunnen zijn dat kinderen de taak niet goed begrijpen, zodat ze alleen de uitersten kiezen van het continuüm, de getallenlijn, in plaats van posities binnen dit continuüm. Duidelijk moet worden welke strategieën kinderen van ongeveer vijf jaar gebruiken bij het oplossen van rekentaken en welke executieve functies daarbij betrokken zijn

Toekomstig onderzoek moet uitwijzen of kinderen mogelijk baat hebben bij een andere vorm van visueel-spatieel training, of dat ze pas op latere leeftijd voordeel kunnen halen uit een dergelijke training. Duidelijk moet worden wanneer het visuele werkgeheugen een rol gaat spelen bij het leren rekenen. Neurologisch onderzoek moet uitwijzen welke hersengebieden actief zijn bij bepaalde cognitieve taken, om te kijken welke gebieden getraind moeten worden om prestaties op de taken te verbeteren.

## Referenties

- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences, 21*, 133-137. doi:10.1016/j.lindif.2010.09.013
- Alloway, T. P., Pickering, S. J., & Gathercole, S. E. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Andersson, U. (2008). Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology, 78*, 181-203. doi:10.1348/000709907X209854
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189-208. doi:10.1016/S0764-4469(97)89817-4
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, 8*, 47-90. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2000). Development of working memory: Should the Pascual-Leone and the Baddeley and Hitch models be merged? *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 128-137. doi:10.1006/jecp.2000.2592
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 333-340. doi:10.1177/00222194050380040901
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology, 41*, 189-201. doi:10.1037/0012-1649.41.6.189
- Booth, R. D. L., & Thomas, M. O. J. (2000). Visualization in mathematics learning: Arithmetic problem-solving and student difficulties. *The Journal of Mathematical Behavior, 18*, 169-190. doi:10.1016/S0732-3123(99)00027-9
- Bull, R., Davidson, W. A., & Nordmann, E. (2010). Prenatal testosterone, visual-spatial memory, and numerical skills in young children. *Learning and Individual Differences, 20*, 246-250. doi:10.1016/j.lindif.2009.12.002
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*, 205-228. doi:10.1080/87565640801982312

- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*, 273-293. doi:10.1207/S15326942DN1903\_3
- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: Macmillan.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*, 3-18. doi:10.1111/j.14697610.2005.00374.x
- D'amico A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences, 15*, 189-202. doi:10.1016/j.lindif.2005.01.002
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- 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*, 5-24. doi:10.1080/03323310601125088
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE Publication Ltd.
- Feigenson, L., Denaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*, 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*, 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*, 4-15. doi:10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C. (2007). An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Developmental Neuropsychology, 32*, 471-519. doi:10.1080/87565640701360924
- Geary, D. C., Bailey, D. H., & Hoard, M. K. (2009). Predicting mathematical achievement and mathematical learning disability with a simple screening tool. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 265-279. doi:10.1177/0734282908330592
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development, 78*, 1343-1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Development Neuropsychology, 33*, 277-299. doi:10.1080/87565640801982361
- Haden, C. A., Ornstein, P. A., O'Brien, B. S., Elischberger, H. B., Tyler, C. S., & Burchinal, M. J. (2011). The development of children's early memory skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*, 44-60. doi:10.2016/J.JECP.2010.06.007

- Halberda J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number sense": The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology, 44*, 1457-1465. doi:10.1037/a0012682
- Hallahan, D. P., Kauffman, J. M., & Pullen, P. C. (2009). *Exceptional learners: Introduction to special education* (11th ed.). Boston: Pearson Higher Education.
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-266. doi:10.1080/01443410500341056
- Holmes, J., Adams, J. W., & Hamilton, C. J. (2008). The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *Journal of Cognitive Psychology, 20*, 272-289. doi: 10.1080/09541440701612702
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2009). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82-89. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors Oláh, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77*, 153-175. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences, 14*, 317-324. doi:10.1016/j.tics.2010.05.002
- Knops, A., Nuerk, H. C., Fimm, B., Vohn, R., & Willmes, K. (2006). A special role for numbers in working memory? An fMRI study. *NeuroImage, 29*, 1-14. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.07.009
- Krajewski, K., & Schneiders, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 516-531. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Kyttälä, M., Aunio, P., & Hautamäki, J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology, 51*, 1-15. doi:10.1111/j.1467-9450.2009.00736.x
- Lago, R. M., & DiPerna, J. C. (2010). Number sense in kindergarten: A factor-analytic study of the construct. *School Psychology Review, 39*, 164-180.
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006
- Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and



- numerical magnitude comparison. *Child Development*, *78*, 1723-1743.  
doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x
- Lee, K., & Kang, S. (2002). Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual tasks. *Cognition*, *83*, B63-B68. doi:10.1016/S0010-0277(02)00010-0
- Lipton, S. L., & Spelke, E. S. (2003). The origins of number sense: The large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, *14*, 396-401.  
doi:10.1111/1467-9280.01453
- Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, *41*, 451-459.  
doi:10.1177/0022219408321126
- Mazzocco, M. M. M., & Kover, S. T. (2007). A longitudinal assessment of executive function skills and their association with math performance. *Child Neuropsychology*, *13*, 18-45. doi: 10.1080/09297040600611346
- Meyer, M. I., 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.  
doi:10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual differences, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, *20*, 110-122.  
doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Räsänen, P., Salminen, J., Wilson, A. J., Aunio, P., & Dehaene, S. (2009). Computer-assisted intervention for children with low numeracy skills. *Cognitive Development*, *24*, 450-472. doi:10.1016/j.cogdev.2009.09.003
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*, 137-157.  
doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Repovš, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, *139*, 5-21.  
doi:10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Schneider, M., Grabner, R. G., & Paetsch, J. (2009). Mental number line, number line estimation, and mathematical achievement: Their interrelations in grades 5 and 6. *Journal of Educational Psychology*, *101*, 359-372. doi:10.1037/a0013840
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, *75*, 428-444. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x

- Soltész, F., Szűcs, D., & Szűcs, L. (2010). Relationships between magnitude representation, counting and memory in 4-to 7-year-old children: A developmental study. *Behavioral and Brain Functions, 6*, 1-13. doi:10.1186/1744-9081-6-13
- St. Claire-Thomson, H., Stevens, R., Hunt, A., & Bolder, E. (2010). Improving children's working memory and classroom performance. *Education Psychology, 30*, 203-219. doi:10.1080/01443410903509259
- Swanson, H. L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence, 35*, 151-168. doi:10.1016/j.intell.2006.07.001
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Nutley, S. B., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*, 106-113. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x
- Torbeyns, J., Van den Noortgate, W., Ghesquiére, P., Verschaffel, L., Van de Rijt, B. A. M., & Van Luit, J. E. H. (2002). Development of early numeracy in 5- to 7- year-old children: A comparison between Flanders and the Netherlands. *Educational Research and Evaluation, 8*, 249-275. doi:10.1076/edre.8.3.249.3855
- Van de Rijt, B. A. M., Van Luit, J. E. H., & Pennings, A. H. (1999). The construction of the Utrecht early mathematical competence scales. *Educational and Psychological Measurement, 59*, 289-309. doi:10.1177/00131649921969857
- Van Luit, H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). De Utrechtse Getalbegrip Toets - Revised. Het belang van vroegtijdige signalering. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek, 48*, 255-270.
- Wilson, K. M., & Swanson, H. L. (2001). Are mathematics disabilities due to a domain-general or a domain-specific working memory deficit? *Journal of Learning Disabilities, 34*, 237-248. doi:10.1177/002221940103400304