

Bachelor scriptie

# Het effect van werkgeheugentraining op rekenprestaties

Sanne Samsom

1118617

Pedagogische Wetenschappen

*Onderwijsstudies*



**Universiteit Leiden**

12 augustus 2015

Begeleidende docent: mw. Dr. D.D. Jolles

Tweede beoordelaar: mw. Dr. M. Hickendorff



## INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding .....	1
1.1. Het werkgeheugen .....	1
1.2. Werkgeheugen en rekenen .....	2
1.3. De effecten van werkgeheugentraining op rekenen .....	3
1.4. Individuele verschillen en het effect van de training .....	4
1.5. Het huidige onderzoek .....	4
2. Methoden .....	5
2.1. Participanten .....	5
2.2. Materialen en procedure .....	6
2.3. Meetinstrumenten .....	7
2.3.1. Werkgeheugentraining .....	7
2.3.2. Controletraining: lezen .....	9
2.4. Voor- en nametingen .....	9
2.4.1. Klassikale meting .....	10
2.4.2. Individuele meting .....	10
3. Resultaten .....	12
3.1. Transfer van werkgeheugentraining .....	13
3.1.1. Corsi-plus taak .....	14
3.1.2. Leeuwenspel .....	14
3.1.3. Digit Span Backward .....	15
3.1.4. Schoolse rekentoets .....	16
3.1.5. Getimedede rekentoets .....	16
3.2. Effecten van de training en mate van transfer .....	17
3.3. Aanvangsniveau schoolprestaties en effecten van de training .....	18
4. Discussie .....	19
4.1. Transfer .....	19
4.1.1. Rekenprestaties .....	19
4.1.2. Werkgeheugen .....	20
4.2. Effecten van de training en mate van transfer .....	20
4.3. Aanvangsniveau schoolprestaties en effecten van de training .....	21
4.4. Implicaties voor de praktijk en de wetenschap .....	22
4.5. Conclusie .....	23
5. Literatuurlijst .....	24



## SAMENVATTING

In eerder wetenschappelijk onderzoek zijn verbanden gevonden tussen werkgeheugen en rekenen. In dit onderzoek wordt de vraag gesteld of er transfer is van een werkgeheugentraining naar rekenvaardigheden. Tevens is onderzocht of verbetering op de getrainde taken verband heeft met transfer naar ongetrainde taken en of schoolniveau bij aanvang van invloed is op de effecten van de training. 19 kinderen volgden de werkgeheugentraining en de andere 19 kinderen ontvingen een taaltraining als controletraining. Er werd een voor- en een nameting gedaan, waarin rekentoetsen en werkgeheugentesten werden afgenomen. De training bestond uit 12 sessies verdeeld over een periode van 4 tot 6 weken. Ondanks een verbetering op de getrainde taken is er geen verbetering gevonden op de ongetrainde taken. De training is mogelijk minder effectief dan gedacht. Wel is er een positief verband gevonden tussen rekenniveau bij aanvang en verandering in verbaal werkgeheugen, gemeten met de Digit Span Backward. Om meer duidelijkheid te krijgen omtrent de gevonden resultaten is vervolgonderzoek nodig. Het is van belang dat hierbij gebruik gemaakt wordt van bewezen effectieve trainingen, zodat meer aandacht kan worden gericht op de onderliggende processen van de training.

## **1. Inleiding**

In de maatschappij is de afgelopen jaren steeds meer aandacht gekomen voor taal- en rekenvaardigheden. In een kamerbrief van staatssecretaris Dekker en minister Bussemaker van Onderwijs staat: “Met een te beperkte beheersing van taal- en rekenvaardigheden lopen leerlingen een groot risico vast te lopen in het vervolgonderwijs, op de steeds sneller veranderende arbeidsmarkt en in de maatschappij.” (Dekker & Bussemaker, 17 december 2014). Dit probleem wordt tevens aangekaart in verschillende wetenschappelijke onderzoeken (Karch, Strobach, & Schubert, 2014; Kuhn & Holling, 2014; Titz & Karch, 2014). De Nederlandse overheid heeft de afgelopen jaren een aantal maatregelen genomen om de taal- en rekenvaardigheden van scholieren te verbeteren, die vorm krijgen in onder andere een verplichte rekentoets die in alle lagen van het onderwijs is ingevoerd. Deze toets zou voor leerlingen en studenten een grote stimulans zijn om voor rekenen beter te gaan presteren, aangezien het resultaat meetelt bij het schooladvies en voor het behalen van een diploma (Commissie verantwoorde invoering rekentoets, 2014).

Het probleem met rekenvaardigheden kan ook worden aangepakt met training. Vaak worden domein-specifieke trainingen ingezet, gericht op verbetering van numerieke capaciteiten zoals getalbegrip (Kuhn & Holling, 2014). Maar uit onderzoek van LeFevre et al. (2010) blijkt dat behalve de basale numerieke capaciteiten, ook meer algemene cognitieve vaardigheden, zoals werkgeheugen, een rol spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Uit verschillende wetenschappelijke onderzoeken is gebleken dat werkgeheugen een significant verband heeft met rekenen (Bull & Lee, 2014; De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets, & Ghesquière, 2009; Dumontheil & Klingberg, 2011; Passolunghi & Costa, 2014; Swanson & Kim, 2007) en een sterke voorspeller is voor academisch succes (Alloway & Alloway, 2010; Drigas, Kokkalia, & Lytras, 2015; Holmes & Gathercole, 2014; Karch et al., 2014). Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken of de training van het werkgeheugen helpt om rekenvaardigheden te verbeteren.

### ***1.1. Het werkgeheugen***

Werkgeheugen is de vaardigheid om informatie voor een korte tijd in het geheugen vast te houden en te bewerken (Baddeley, 2012). Het werkgeheugen bestaat uit de *central executive*, twee ondergeschikte opslag systemen, respectievelijk de fonologische lus en het visuospatiële schetsblok, en de recentelijk toegevoegde episodische buffer. De central executive is een multidimensionaal systeem dat processen controleert, coördineert en de aandacht verdeelt (Andersson, 2008). De fonologische lus slaat verbale informatie tijdelijk op en door middel van articulatorisch herhalen wordt deze informatie vastgehouden (Swanson & Kim, 2007). Het visuospatiële schetsblok is verantwoordelijk voor de tijdelijke opslag van visuele informatie en speelt ook een belangrijke rol in de vorming en manipulatie van mentale afbeeldingen. De episodische buffer is in 2000 toegevoegd aan het werkgeheugenmodel van Baddeley en integreert de informatie uit de ondergeschikte systemen,

zodat de informatie begrijpelijk is (Baddeley, 2012). Deze multiële-componenten structuur van het werkgeheugen is aanwezig vanaf zesjarige leeftijd (Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004).

## ***1.2. Werkgeheugen en rekenen***

De afzonderlijke werkgeheugencomponenten spelen een verschillende rol bij rekenen. De central executive is belangrijk bij onder andere complexe rekenkundige procedures, waarbij zogenaamde overdracht- en leenoperaties worden gebruikt bij respectievelijk optellen en aftrekken (Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010). De fonologische lus is betrokken bij het encoderen en vasthouden van rekenkundige elementen, maar niet specifiek bij het berekenen van antwoorden. In verschillende wetenschappelijke onderzoeken is ook een samenhang gevonden tussen het visuospatiële schetsblok en rekenvaardigheden (De Smedt et al., 2009; Holmes & Adams, 2006; McKenzie, Bull, & Gray, 2003). Een mogelijke functie van het visuospatiële schetsblok is het mentaal presenteren van getallen met behulp van een zogenaamde mentale getallenlijn (Holmes & Adams, 2006). De exacte rol van het visuospatiële schetsblok bij rekenkundige cognitie is tot op heden echter nog vrij onduidelijk. Dit komt onder meer doordat rekenen een breed vakgebied is, waarbij gebruik wordt gemaakt van veel verschillende vaardigheden bij het oplossen van rekenkundige problemen (Titz & Karbach, 2014). Het gebruik van de afzonderlijke werkgeheugencomponenten bij rekenen zou samen kunnen hangen met de keuze voor een bepaalde vaardigheid of strategie bij het oplossen van een rekensom. De strategieën van kinderen veranderen met leeftijd en ervaring, van meer procedurele strategieën, zoals tellen, naar geheugenstrategieën waarbij gebruik wordt gemaakt van feitenkennis (Farrington-Flint, Vanuxem-Cotterill, & Stiller, 2009).

De relatie tussen werkgeheugen en rekenen suggereert dat het mogelijk is dat het verbeteren van werkgeheugen leidt tot verbetering van rekenvaardigheden. In studies die gebruik maakten van een werkgeheugentraining is echter geen verbetering van rekenvaardigheden gevonden voor trainingen die uitsluitend gericht waren op het verbale werkgeheugen, maar wanneer zowel het verbale als het visuospatiële werkgeheugen met de training werden aangepakt, was er wel sprake van transfer (voor een review zie Titz & Karbach, 2014). Het lijkt er dus op dat wanneer alleen het verbale werkgeheugen wordt getraind, dit niet de volledige werkgeheugencapaciteit dekt die benodigd is voor rekenvaardigheden. Dit zou kunnen komen doordat het verbale werkgeheugen met name door oudere kinderen wordt ingezet wanneer ze geheugenstrategieën gebruiken bij het rekenen, terwijl jongere kinderen juist meer gebruik maken van het visuospatiële schetsblok bij de procedurele strategieën (Laski, Casey, Yu, Dulaney, Heyman, & Dearing, 2013; Witt, 2011). Met name bij simpele optel- en aftreksommen is een grotere rol voor het visuospatiële schetsblok weggelegd (Van der Ven, van der Maas, Straatemeier, & Jansen, 2013). Voor deze sommen wordt namelijk veelal gebruik gemaakt van mentale representaties, terwijl bij keer- en deelsommen meestal gebruik wordt gemaakt van verbale algoritmes.

### ***1.3. De effecten van werkgeheugentraining op rekenen***

Het hoofddoel van dit onderzoek is om te meten of er transfer is van visuospatiële werkgeheugentraining naar rekenvaardigheid. Transfer houdt in dat aangeleerde vaardigheden in andere contexten en nieuwe situaties worden ingezet (Jaeggi & Buschkuohl, 2014). Transfer kan worden opgedeeld in *near transfer*, ofwel nabije transfer, en *far transfer*, verre transfer. Near transfer is een effect van de getrainde taak op een niet getrainde taak die erg nauw gerelateerd is aan de getrainde taak. Bijvoorbeeld dat een werkgeheugentraining effect heeft op de prestatie op een ongetrainde werkgeheugentaak waarbij gebruik wordt gemaakt van soortgelijke processen, maar met andere stimuli. Far transfer is een effect van de getrainde taak op een niet getrainde taak die behoorlijk verschilt van de originele taak, zoals het effect van werkgeheugentraining op rekenen. Er wordt verondersteld dat de rekentaak een beroep doet op het werkgeheugen, maar niet zo sterk als een ongetrainde werkgeheugentaak dat doet. Near transfer is wordt vaak gevonden bij specifieke strategietraining en de kans op far transfer is groter bij procesgerichte training (Morrison & Chein, 2011). Specifieke strategietraining houdt in dat domein specifieke strategieën worden aangeleerd en versterkt waardoor meer informatie over dat specifieke domein kan worden onthouden. Bij procesgerichte training ligt de kern in het herhalen van werkgeheugentaken waardoor algemene werkgeheugencapaciteit kan worden getraind.

Als er veel overlap is tussen de processen van de getrainde taak en de niet getrainde taak is de kans op transfer groter (Jaeggi & Buschkuohl, 2014). Deze overlap kan cognitief zijn, in de vorm van gelijke verwerkingseisen of strategieën, of neuraal, in de vorm van overlappende hersengebieden of netwerken die voor beide taken gebruikt worden.

Inzichten uit hersenonderzoek wijzen naar verbanden tussen mechanismen die gebruikt worden bij visuospatiële werkgeheugentaken en rekenen. In het pariëtale gebied in de hersenen bevindt zich de functie ‘getalbegrip’, waarmee onder andere hoeveelheden worden herkend (Holmes & Adams, 2006). Deze functie wordt als een krachtige voorspeller van latere rekenprestaties bestempeld (Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010). De pariëtaal kwab is ook heel belangrijk voor het werkgeheugen. Volgens onderzoek van Dumontheil en Klingberg (2011) is de intra pariëtale sulcus (IPS), onderdeel van het pariëtale gebied, zowel betrokken bij numerieke verwerking als bij het visuospatieel werkgeheugen. Visuospatieel werkgeheugen en rekenkundige taken laten in dit gebied overlappende activiteit zien. Bovendien vonden zij dat activatie van de IPS tijdens visuospatiële werkgeheugentaken een voorspellende waarde had voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Doordat er een neuraal verband is tussen rekenen en het visuospatiële werkgeheugen wordt de verwachting voor transfer tussen deze twee factoren groter.

Toegenomen werkgeheugencapaciteit is een voorwaarde voor transfer naar een andere vaardigheid (Shipstead, Redick, & Engle, 2012). Wanneer de werkgeheugencapaciteit is toegenomen door de training kan er dus transfer plaatsvinden naar een andere vaardigheid. Mogelijk hangt de mate van verandering op de getrainde taak samen met de mate van transfer. Dit effect is eerder gevonden in



een studie van Bergman-Nutley en Klingberg (2014), Jaeggi, Buschkuhl, Jonides en Shah (2011) en van Karbach et al. (2014), waarin proefpersonen die de meeste verbetering lieten zien in de getrainde taken ook de grootste verbetering in prestatie lieten zien op ongetrainde taken.

#### ***1.4. Individuele verschillen en het effect van de training***

Binnen iedere trainingsgroep bestaan er individuele verschillen. Door te kijken naar individuele verschillen van de participanten, kan mogelijk het verschil in prestatie bij de training worden verduidelijkt. Bovendien kan hierdoor duidelijk worden voor welke groepen de training het beste ingezet kan worden en welke groepen het minst profiteren van de training. Mogelijk is het niveau van schoolprestaties bij aanvang van invloed op de effecten van de training. Hierbij gaat het tussen de compensatieverklaring en de versterkingsverklaring (Titz & Karbach, 2014). De versterkingsverklaring houdt in dat mensen die al goed presteren meer zullen profiteren van de training. Dit zou kunnen komen doordat zij een efficiënter cognitief stelsel hebben, waardoor zij gemakkelijker nieuwe strategieën ontwikkelen en de aangeboden kennis beter kunnen verwerken. De compensatieverklaring is het tegenovergestelde daarvan en houdt in dat mensen die hoog presteren minder zullen profiteren van een cognitieve training, omdat zij al op hun optimale niveau presteren. Hierdoor hebben zij minder ruimte om te verbeteren, in tegenstelling tot lager presterende individuen, die wel veel kunnen verbeteren. Hierdoor wordt het verschil tussen de prestatieniveaus kleiner na training. Bewijzen voor de versterkingsverklaring zijn met name bij strategietrainingen gevonden, terwijl bewijzen voor de compensatieverklaring met name zijn gevonden bij trainingen gericht op het proces (Titz&Karbach, 2014).

#### ***1.5. Het huidige onderzoek***

In dit onderzoek werd een procesgerichte training ingezet die zich voornamelijk richtte op het visuospatiële werkgeheugen. Deze training is genaamd 'Island Adventures' en is ontwikkeld aan de Universiteit van Stanford. Het was een training van 12 sessies waarin de kinderen verschillende werkgeugentaken oefenden en waarbij ook veel gebruik werd gemaakt van de central executive. Deze procesgerichte training had een adaptief karakter, waarbij de moeilijkheidsgraad steeds werd aangepast aan het niveau van de participanten (Zinke et al., 2014). De training werd op de computer aangeboden, aangezien dit middel zich ervoor leent om programma's te gebruiken die zich aanpassen aan de prestaties van het kind (Shipstead et al., 2012). De keuze voor een adaptieve training ligt bij bevindingen uit eerdere onderzoeken, waaruit blijkt dat adaptieve training leidt tot meer effecten van de training die langer van waarde zijn dan van een niet-adaptieve training (Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009). Met de adaptieve training krijgt ieder kind de training altijd aangeboden op een uitdagend niveau. Hierdoor blijft de intrinsieke motivatie zo goed mogelijk behouden, omdat kinderen zich competent voelen bij het doen van de taken en ze een gevoel hebben van autonomie over hun prestaties (Ryan & Deci, 2000).

In tegenstelling tot veel eerdere onderzoeken naar de verbetering van rekenvaardigheden met behulp van training werd in dit onderzoek gebruikt gemaakt van een actieve controlegroep die tevens een adaptieve training ontving. Deze training was echter niet gericht op werkgeheugen, maar op taalvaardigheden. Er is gekozen voor een actieve controlegroep en adaptieve controletraining met het oog op de invloed van motivatie en mentale prikkeling van een training die van invloed kunnen zijn op onderzoeksresultaten (Green, Strobach, & Schubert, 2014; Morrison & Chein, 2011). Door een verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep op deze factoren uit te sluiten, zijn de trainingsresultaten enkel afhankelijk van de soort training en niet van het feit dat de kinderen een training ontvangen.

Samengevat wordt onderzocht of er transfer is van de werkgeheugentraining naar rekenvaardigheden. Naar aanleiding van resultaten uit eerdere onderzoeken wordt verwacht dat dit effect wordt gevonden (Alloway, 2012; Bergman-Nutley, & Klingberg, 2014; Holmes, & Gathercole, 2014). Bovendien wordt onderzocht of een grotere verbetering op de trainingstaak leidt tot meer transfer naar rekenvaardigheden. Dit is eerder gevonden in onderzoeken van Jaeggi et al. (2011) en van Karbach et al. (2014). Dit is van belang om te meten, omdat aan de hand hiervan bepaald kan worden vanaf welk niveau de training daadwerkelijk een transfereffect heeft. Hierdoor kan het effect van de training worden geoptimaliseerd.

Tenslotte wordt onderzocht of het schoolniveau bij aanvang van invloed is op de effecten van de training. Verwacht wordt dat een lager niveau van bij aanvang leidt tot meer effecten van de training, zoals in eerdere onderzoeken met een werkgeheugentraining is gevonden (Karbach, & Spengler, 2012; Karbach et al., 2014).

## **2. Methoden**

### ***2.1. Participanten***

Aan dit onderzoek hebben 38 basisschoolkinderen meegedaan. Deze kinderen waren leerlingen uit groep 5, afkomstig van vier verschillende Nederlandse basisscholen. De kinderen werden opgedeeld in een experimentele groep ( $n = 19$ ; 63% vrouw; leeftijd:  $M = 8.32$ ,  $SD = .67$ ) en een controlegroep ( $n = 19$ ; 53% vrouw; leeftijd  $M = 8.37$ ,  $SD = .60$ ). Kinderen met een neurologische of psychiatrische aandoening, zoals de kinderen met dyslexie, dyscalculie, ADHD, autisme, werden uitgesloten van het onderzoek. Hiervoor is gekozen omdat hun achterstand in rekenen kan worden beïnvloed door hun aandoening, waardoor kans is op eventuele uitschieters in de data.

De werving is gedaan middels telefonisch contact met de verschillende basisscholen. Wanneer vanuit de school werd aangegeven dat er interesse was in het onderzoek, werd een brief verzonden met het doel van het onderzoek en de praktische invulling ervan. Wanneer een school toegezegd had om mee te werken aan het onderzoek, werden informatie- en consentbrieven uitgezonden aan de

ouders/verzorgenden. Dit was een actieve consentbrief, waarin duidelijk stond aangegeven dat beide ouders/verzorgenden schriftelijk toestemming moesten geven om het kind mee te laten doen aan het onderzoek. Bovendien werd middels deze brief toestemming gevraagd voor het gebruik van de meest recente CITO Leerling- en Onderwijs Volgsysteem (LOVS) reken-wiskunde en leesbegrip scores.

Aan de hand van deze scores werden de leerlingen binnen een school gepaard en vervolgens werden de paren gesplitst en at random toegewezen aan ofwel de experimentele groep of de controlegroep. Deze manier van verdelen is vergelijkbaar met een *randomized blocked design*, zoals beschreven in Green et al. (2014). Hierbij worden de participanten met dezelfde scores onderverdeeld in twee groepen, die vervolgens random worden toegewezen aan ofwel de experimentele groep ofwel de controlegroep. De experimentele groep heeft een werkgeheugentraining gevolgd en de controlegroep een taaltraining. De kinderen die werden uitgesloten van het onderzoek konden indien gewenst gebruik maken van de taaltraining die in de controlegroep werd gegeven.

## **2.2. Materialen en procedure**

De periode van testen besloeg 5 tot 9 weken ( $M = 7$ ,  $SD = 1.185$ ), opgedeeld in een voormeting bestaande uit twee sessies, 12 trainingen en een nameting bestaande uit twee sessies. In de eerste sessie werd een klassikale voormeting gedaan, waarin alle kinderen tegelijkertijd individueel verschillende testen maakten. Deze testen waren een getimede rekentoets en een schoolse rekentoets, een leestoets en een vragenlijst over doorzettingsvermogen. In de tweede sessie werd bij ieder kind individueel een aantal testjes afgenomen. Deze testen waren onder andere drie werkgeheugen taken: de Digit Span, de Sentence Span en het Leeuwenspel. Bovendien werd de Overeenkomsten test afgenomen en een vragenlijst over intelligentie.

Na deze voormeting begon het trainingstraject. Deze training werd gegeven in 12 sessies verdeeld over vier weken. Deze periode kon uitlopen tot zes weken in verband met afwezigheid van het kind bij trainingssessies door bijvoorbeeld ziekte. Dit betekent dat er drie sessies per week werden gegeven. Iedere sessie duurde ongeveer 25 minuten. Aan het einde van iedere training kregen de leerlingen een sticker en aan het einde van iedere trainingsweek kreeg iedere leerling een klein cadeautje. Na de twaalfde training kreeg iedere leerling bovendien een diploma, ter afsluiting van de training.

De training werd gegeven in groepen van drie tot vier leerlingen, die ieder individueel werkten op een computer met koptelefoon onder begeleiding van een testleider. Bij de werkgeheugentraining werden de eerste week voorbeeldopgaven gemaakt voordat de proefpersonen daadwerkelijk aan de spellen begonnen. In de weken daarna werd, net als bij de controletraining, direct gestart met de spellen. De kinderen deden deze spellen zelfstandig en wanneer ze klaar waren met een spel, wachtten ze op de anderen voordat ze verder gingen met het volgende spel. Tussen de spellen door was er voor de kinderen ruimte voor ontspanning en beweging, zodat zij niet overbelast raakten.

Na de laatste training werden nametingen gedaan, wederom opgedeeld in een klassikale meting en een individuele meting. De testen die werden afgenomen waren grotendeels dezelfde als tijdens de voormeting, om te kunnen vergelijken of de leerlingen vooruit waren gegaan.

## **2.3. Meetinstrumenten**

### **2.3.1. Werkgeheugentraining**

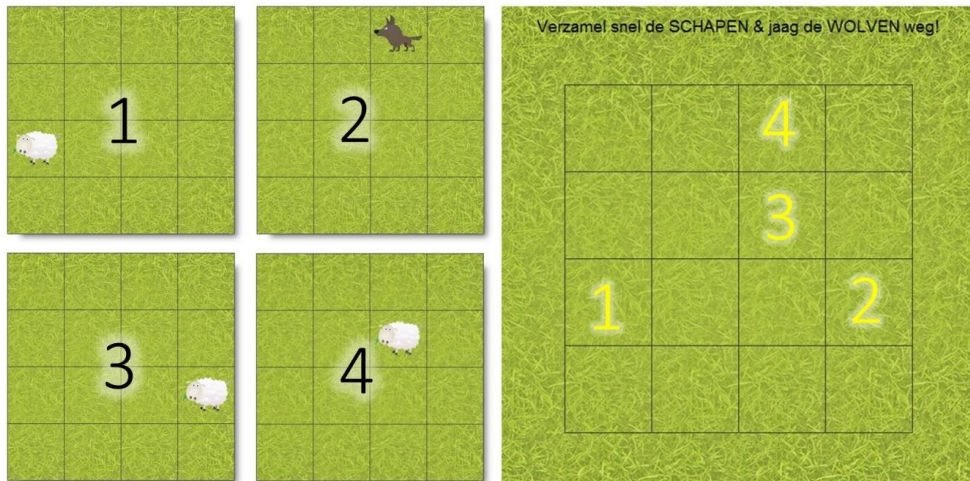
In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van de *Island Adventure Working Memory Training*. Dit is een gecomputeriseerd trainingsprogramma, dat ontwikkeld is aan de Universiteit van Stanford. Het is bedoeld voor kinderen in de leeftijd van 7 tot 12 jaar. Het trainingsprogramma betrof een computerspel dat was weergegeven als een schatkaart. Een beer voer in een bootje langs verschillende eilanden en op elk eiland moest het kind een spelletje doen. Deze spelletjes waren allemaal werkgeheugentaken.

De werkgeheugentaken die gebruikt werden in deze training zijn gebaseerd op taken die in eerder wetenschappelijk onderzoek gebruikt zijn. Deze taken waren adaptief gemaakt, waardoor de moeilijkheidsgraad werd aangepast aan en meegroeide met het niveau van het kind. Uit een kleine pilotstudie aan de Universiteit van Stanford is gebleken dat kinderen de training leuk en uitdagend vinden. Om de intrinsieke motivatie te verhogen was er visuele en auditieve feedback toegevoegd en waren er achtergrondverhalen verzonnen. De training omvatte de volgende taken:

1. Een visuospatiële *N-back* taak (gebaseerd op Jaeggi et al., 2011). Deze taak wordt vaak gebruikt om updating, het bijwerken van het werkgeheugen, te meten en te trainen. Uit onderzoek blijkt dat er een sterk verband bestaat tussen updating en rekenprestaties (Bull & Lee, 2014; Van der Ven, Kroesbergen, Boom & Leseman, 2012). In deze taak verscheen er een cartoonfiguurtje op het scherm dat van locatie naar locatie sprong. Het was de bedoeling dat het kind aangaf of het figuurtje op dezelfde locatie was als  $N$  locaties daarvoor ( $N$  geeft het aantal trials weer). Dus bij  $N = 1$  was het de bedoeling dat de kinderen aangaven of het cartoonfiguurtje op dezelfde locatie was als de vorige trial.  $N$  werd verhoogd als kinderen twee blokken achter elkaar 3 of minder fouten maakten, wat betekent dat ze ongeveer 83% correct hadden, en verlaagd als kinderen twee blokken achter elkaar 4 of meer fouten maakten. Het spel bestond uit vijf blokken van ieder  $18 + N$  trials. De taak werd elke trainingssessie gespeeld, maar de taakcontext (oerwoud, woestijn, noordpool) wisselde van dag tot dag.

2. Een *Corsi-plus* taak (gebaseerd op Kofler, Rapport, Bolden, Sarver, Raiker, & Alderson, 2011; zie figuur 1). Deze taak meet online manipulatie van seriële visuospatiële informatie. Er verschenen opeenvolgend twee soorten cartoonfiguurtjes in een  $4 \times 4$  rooster (bijvoorbeeld schapjes en wolven). Na vertoning van het laatste figuurtje was het de bedoeling dat kinderen de locaties van de cartoonfiguurtjes in de juiste volgorde aanklikten. Daarbij moesten eerst de locaties van de ene reeks figuurtjes worden aangeklikt (de schapjes) en daarna pas de locaties van de andere reeks figuurtjes (de wolven), ondanks dat de figuurtjes door elkaar heen werden gepresenteerd. De

reeks werd met een figuurtje verlengd als er twee blokken achter elkaar geen enkele fout werd gemaakt bij het aanklikken van de locaties. Er ging een figuurtje vanaf als er twee blokken achter elkaar één of meerdere fouten werden gemaakt. Deze taak bestond uit 25 blokken per sessie, beginnend met drie trials per blok, waarvan twee schapjes en een wolf. Naarmate de reeks werd verlengd kwamen er eerst meer schapjes bij en later meer wolven. De taak werd elke trainingssessie gespeeld, maar de taakcontext (moestuin, wei, steppe) wisselde van dag tot dag.



Figuur 1 - Een voorbeeld van de Corsi-plus taak

3. Een *multiple-object tracking* taak, ‘Catching The Spies’ (gebaseerd op Trick, Jaspers-Fayer, & Sethi, 2005). Deze taak doet een beroep op volgehouden aandacht en visuospatieel werkgeheugen. In de taak bewogen er 9 dolfijnen over het scherm. Aan het begin van een trial werd een aantal van deze dolfijnen aangemerkt als ‘vermomde haaien’. De bedoeling is dat kinderen de vermomde haaien gedurende vijf seconden met hun aandacht bleven volgen. Vervolgens moesten ze de dolfijnen aanklikken waarvan zij dachten dat het de vermomde haaien waren. Er kwam een vermomde haai bij als er twee trials achter elkaar geen enkele fout werd gemaakt bij het aanklikken van de haaien. Er ging een vermomde haai vanaf als er twee trials achter elkaar één of meerdere fouten werden gemaakt. De taak bestond uit 10 trials per sessie. Deze taak werd op trainingsdag 1, 4, 7 en 10 gespeeld.

4. Een *running memory* taak gebaseerd op Dahlin, Neely, Larsson, Backman, & Nyberg (2008), genaamd ‘Meerkat’. Net zoals de N-back taak werd deze taak gebruikt om updating te meten. In de taak waren er vier gaten te zien in het zand. Een stokstaartje schoot telkens uit één van de gaten omhoog. Het was de bedoeling dat kinderen bijhielden uit welke gaten het stokstaartje de laatste  $N$  keer naar boven was geschoten ( $N$  geeft het aantal locaties weer dat een kind moet rapporteren). Het was onduidelijk na hoeveel locaties het stokstaartje zou stoppen, dus het was van belang dat kinderen het werkgeheugen bleven updaten. Er kwam een stokstaartje bij als er twee blokken achter elkaar geen enkele fout werd gemaakt bij het aanklikken van de stokstaartjes. Er ging een stokstaartje vanaf als er

twee blokken achter elkaar één of meerdere fouten werden gemaakt. De taak bestond uit 15 blokken per sessie met  $N$  trials. Deze taak werd op trainingsdag 2, 5, 8 en 11 gespeeld.

5. Een statische werkgeheugen taak met afleiders, genaamd ‘School of Fish’ (gebaseerd op Cowan, Morey, AuBuchon, Zwilling, & Gilchrist, 2010). Deze taak meet het onthouden van gelijktijdig aangeboden visuospatiële informatie en inhibitie van visuele distractors. In deze taak verscheen er een aantal gekleurde objecten (cirkels en/of vierkanten) in een 4 x 4 rooster. Vervolgens verscheen er in één van de vakjes weer een object. Het was de bedoeling dat kinderen aangaven of dit object dezelfde vorm en zelfde kleur had als het object dat eerder in die locatie werd vertoond. In deze taak waren er twee condities: in de ene conditie werden er cirkels ofwel vierkanten vertoond; in de andere conditie werden er zowel cirkels als vierkanten vertoond. Het was de bedoeling dat kinderen hun aandacht richtten op een van de twee typen objecten. Op welke van de twee ze moesten letten werd voor de trial aangegeven door middel van een tekstuele cue. Het aantal objecten werd verhoogd als kinderen twee blokken achter elkaar 2 of minder fouten maakten (= 60% correct) en verlaagd als kinderen twee blokken achter elkaar 3 of meer fouten maakten. De taak bestond uit 10 blokken per sessie met 6 trials. Deze taak werd op trainingsdag 3, 6, 9 en 12 gespeeld.

### *2.3.2. Controletraining: lezen*

Voor de controletraining is gekozen voor een taaltraining, genaamd Taalzee ([www.Taalzee.nl](http://www.Taalzee.nl)). De Taalzee is een online trainingsprogramma om technisch lezen te trainen. Deze training is speciaal ontwikkeld voor kinderen in de basisschoolleeftijd en heeft game-elementen om de intrinsieke motivatie van kinderen te bevorderen. Bovendien is de training, net als de werkgeheugentraining, adaptief. Hierdoor worden kinderen gemotiveerd om steeds hun best te blijven doen en zo goed mogelijk te presteren. Binnen de Taalzee werden spelletjes gespeeld die betrekking hebben op lagere orde taalprocessen. Dit trainingsprogramma was op dezelfde manier ingedeeld als de werkgeheugentraining, met twee spelletjes die iedere dag terugkwamen en drie spelletjes die een keer per week werden gespeeld. De dagelijkse spelletjes waren ‘Zoek de oe’, wat gaat over het verklanken van woorden, en ‘Letterchaos’, waarbij losse letters tot een woord moet worden gevormd. Daarbij draait het dus om herkenning van woorden. De spellen die eens per week werden gespeeld zijn ‘Woordvormen’, een spel gericht op grammatica op woordniveau, ‘Goed gespeld’, waarbij de juiste spelling van een woord moet worden aangewezen, en ‘Dictee’, een spel waarbij kinderen woorden die ze horen correct moeten typen.

### *2.4. Voor- en nametingen*

Voor de voor- en nametingen zijn een aantal testen afgenomen, waarvan er voor dit onderzoek slechts een paar worden gebruikt.

#### 2.4.1. Klassikale meting

De klassikale meting vond plaats met de gehele groep participanten van een school bij elkaar. Hierbij waren de testversies eerlijk verdeeld over de groep en kregen alle participanten een andere versie bij de voor- en nameting. De participanten moesten individueel werken en waren ongeveer een uur met deze testen bezig. Wanneer een kind niet aanwezig was tijdens de klassikale meting werd deze later ingehaald. De meting bestond uit de volgende testen:

- *Schoolse rekentoets*: Deze test is speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld. Het betreft een niet getimede rekentoets die in klassikale context werd gemaakt. De toets bestond uit 9 kale en 9 contextopgaven die betrekking hadden op optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Verwacht werd dat de opgaven veel van het werkgeheugen zouden vragen, zoals bij contextopgaven meer het geval is en ook voor grotere getallen (Titz & Karbach, 2014). De kinderen mochten bij deze rekentoets tussenstappen opschrijven, zodat zichtbaar werd welke rekenstrategieën kinderen gebruikten. Van deze toets waren twee parallelle versies beschikbaar, die evenredig waren verdeeld over de kinderen in de voor- en nameting.
- *Getimede rekentoets*: Deze rekentoets was ook speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld en is gebaseerd op de Tempo Test Rekenen (De Vos, 1992). De kinderen kregen een boekje met daarin drie werkbladen die respectievelijk 40 optelsommen, 40 aftreksommen en 40 keersommen bevatten. Voor ieder werkblad kregen de kinderen een minuut de tijd, waarbij ze de instructie kregen om steeds te wachten als ze klaar waren en op teken van de proefleider verder mochten gaan. De opgaven moesten uit het hoofd worden gemaakt en de kinderen mochten alleen het antwoord opschrijven. Bovendien mochten ze geen opgaves overslaan en moesten ze allemaal het werkblad van boven naar beneden afwerken, eerst de linker kolom en daarna de rechterkolom. Met deze test werden snelheid en accuratesse gemeten. Voor deze test was slechts één versie beschikbaar voor de voor- en nameting.
- *Overige meetinstrumenten*: Er zijn bij de klassikale meting een aantal testen afgenomen die niet in dit onderzoek zijn meegenomen. Deze testen zijn de MOCCA (Carlson, Seipel, & McMaster, 2014), een test die het niveau van begrijpend lezen meet bij de kinderen. Verder werd een vragenlijst over doorzettingsvermogen afgenomen (Duckworth, Peterson, Matthews, & Kelly, 2007). Deze beide testen worden niet gebruikt omdat ze niet relevant zijn voor de onderzoeksvragen. De vragenlijst werd alleen in de voormeting afgenomen.

#### 2.4.2. Individuele meting

De individuele meting werd gedaan nadat de participant de klassikale voormeting had afgerond. Het kind was een op een met de onderzoeker in een ruimte met een computer. De meting begon met het invullen van een logboek waarbij onder andere naar de geboortedatum, moedertaal en schoolloopbaan van het kind werd gevraagd. Na de meting werd een korte uitleg gegeven van de training die het kind zou gaan ontvangen, waarbij de participanten zelf op de computer een aantal

spellen mochten oefenen. Deze meting besloeg in totaal een halfuur tot drie kwartier. De nameting duurde korter, omdat het invullen van het logboek en de uitleg van de training niet meer nodig waren en een aantal testen niet gedaan werden. De testen die tijdens de individuele metingen werden gedaan waren de volgende:

- *Verbaal werkgeheugen*: Het verbaal werkgeheugen werd gemeten met de *Digit Span Backward*, die afkomstig is uit de WISC (Kort et al., 2005). Met deze test werd een file op de computer afgespeeld waarmee een reeks cijfers werd opgenoemd, beginnend met twee cijfers achter elkaar. De proefpersoon moest deze dan in omgekeerde volgorde herhalen. De test bestond uit zeven niveaus met ieder twee sets cijferreeksen, per niveau toenemend in lengte. Wanneer de proefpersoon binnen beide sets van een niveau een fout maakte, werd de test afgebroken. De score van deze test werd bepaald door de som de correcte reeksen.
- *Visuospatieel werkgeheugen*: Het visuospatieële werkgeheugen werd gemeten met het *Leeuwenspel*. Dit is een betrouwbaar en valide instrument om visuospatieel werkgeheugen mee te testen en bovendien voorspelt het rekenvaardigheidsscores (Egberink & Kroeze, 2013). Het Leeuwenspel is gebaseerd op een werkgeheugentraining voor kleuters (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2011). De leerlingen kregen een 4x4 matrix met struiken te zien, waarin achtereenvolgens leeuwen in verschillende kleuren op verschillende locaties verschenen. Vervolgens kregen ze de opdracht om de laatste locatie van bepaalde kleuren leeuwen te onthouden. Doordat de leeuw van een bepaalde kleur van positie kon verwisselen, moesten de leerlingen de informatie ook in hun werkgeheugen kunnen updaten. Bij het eerste level moesten ze de locatie van de laatste rode leeuw onthouden; bij het tweede level moesten ze de locatie van de laatste rode en blauwe leeuw aan kunnen geven. Bij het derde, vierde en vijfde level kwamen daar respectievelijk de locaties van de laatste groene, gele en paarse leeuw bij. Bij ieder level hoorden vier items. De test bestond uit 20 items en een aantal oefenitems. Voor ieder item kreeg de leerling een proportie correct score. Vervolgens is berekend wat de gemiddelde proportie correct score van iedere leerling over de gehele test was. Een hoge gemiddelde proportie correct score op het Leeuwenspel duidt op een hoge capaciteit van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen.
- *Overige meetinstrumenten*: Er zijn ook bij de individuele metingen een aantal testen afgenomen die niet in dit onderzoek zijn meegenomen. Namelijk de *Sentence Span* (Swanson, Cochran, & Ewers, 1989), waarmee het verbale werkgeheugen werd gemeten, en *Overeenkomsten*, afkomstig uit de WISC-III-NL (Kort et al., 2005), waarmee verbale intelligentie werd gemeten. Ook in de individuele voormeting werd een vragenlijst afgenomen die was gericht op het beeld dat kinderen hebben van intelligentie en het vermogen om hun intelligentie te veranderen (Dweck, 2006). De *Overeenkomsten*-test en de vragenlijst werden alleen in de voormeting afgenomen. Na de derde training in de eerste trainingsweek werd bovendien een vragenlijst afgenomen om de training te evalueren (Eccles & Wigfield, 1995).



### **3. Resultaten**

Voor de analyses is gebruik gemaakt van de CITO-gegevens en de verschillscores tussen de voormeting en de nameting van het Leeuwenspel, de Digit Span Backward, de Schoolse rekentoets, zowel voor het totaal als voor Context en Kale sommen, en ook voor de Getimedede rekentoets, waaronder de Plussommen, de Minsommen en de Keersommen. De verandering in score op de werkgeheugentraining tussen week 1 en week 4 werd gemeten met de Corsi-plus taak. Er is gekozen om dit als maat voor de werkgeheugentraining te gebruiken, omdat deze test op alle testdagen werd afgenomen en het online manipulatie van seriële visuospatiële informatie test.

Er is gekeken naar uitbijters en missende waarden voor de verschillscores. Met betrekking tot missende waarden en verwijdering van uitbijters is gekozen voor paarsgewijze verwijdering. Dit houdt in dat de proefpersonen met missende waarden of verwijderde uitbijters niet worden meegenomen in analyses van de betreffende variabelen, maar wel in de andere analyses. Hierdoor wordt de steekproefgrootte voor het onderzoek het minst aangetast. Er is getest op uitbijters met behulp van boxplots. Het criterium voor het verwijderen van uitbijters is dat het een extreme uitbijter moet zijn. Een extreme uitbijter is een waarde die meer dan drie keer de interkwartielafstand vanaf de box van een boxplot ligt. De interkwartielafstand is de spreiding van de middelste vijftig procent van de scores. Er is een normaliteitscheck gedaan voor de data met behulp van de Shapiro-Wilk normaliteitstest, waarbij ook werd gekeken naar verdeling op de Q-Q plots. Van de werkgeheugentraining was er een waarde missend, waardoor de steekproefgrootte voor de werkgeheugentraining  $n = 18$  wordt. Voor het Leeuwenspel waren er twee missende waarden. Bovendien was er voor het verschil tussen voor- en nameting van het Leeuwenspel een extreme uitbijter die verwijderd moest worden, waardoor het Leeuwenspel een steekproefgrootte  $n = 35$  heeft, waarvan  $n = 16$  in de trainingsconditie en  $n = 19$  in de controleconditie. Na de verwijdering van deze uitbijter werd getest of de verdeling normaal was met behulp van een Shapiro-Wilk test. De verdeling was nog niet normaal met een  $p$ -waarde van .039 voor de verschillscore van het Leeuwenspel. Dit heeft echter weinig invloed op de resultaten, omdat er in de analyses gebruik is gemaakt van repeated measures ANOVA's die redelijk sterk zijn bij niet-normale verdelingen. Er bleek een extreme uitbijter te zijn voor de Getimedede rekentoets – Plus. Na verwijdering van deze uitbijter werd de steekproefgrootte voor de Getimedede rekentoets  $n = 37$ , met  $n = 19$  in de trainingsconditie en  $n = 18$  in de controleconditie. Hierna werd weer een Shapiro-Wilk normaliteitstest gedaan, waar uit kwam dat de verdeling van de plussommen na verwijdering van de uitbijter wel normaal was ( $p = .334$ ). Ook voor de overige variabelen is een normaliteitscheck gedaan. Deze bleken allen normaal verdeeld te zijn en hadden geen extreme uitbijters.

Tabel 1 – Vergelijking aanvangsniveau groepen met een onafhankelijke *t*-toets

	Training	Controle	<i>t</i> (df)	<i>p</i>	95% CI
	19 (12)	19 (10)			
<i>n</i> (meisje)	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	-	-	-
Leeftijd	8.32 (0.67)	8.37 (0.60)	-0.26 (36)	.800	[-0.47, 0.37]
Aantal weken tussen voormeting en nameting	7.11 (1.20)	6.89 (1.20)	0.54 (36)	.591	[-0.58, 1.00]
CITO - Begrijpend lezen	0.20 (1.12)	-0.24 (0.88)	1.35 (36)	.185	[-0.22, 1.10]
CITO - Rekenen	0.06 (1.10)	-0.05 (0.98)	0.32 (36)	.753	[0.58, 0.79]
Digit Span voormeting ( <i>N</i> correcte reeksen)	4.32 (1.06)	4.32 (1.42)	-0.23 (35)	.819	[-0.92, 0.73]
Leeuwenspel voormeting (Gemiddeld % correct)	73 (11.78)	73.63 (13.71)	-0.14 (33)	.886	[-9.54, 8.28]
Schoolse rekentoets voormeting ( <i>N</i> correct)	10.42 (3.58)	11.32 (3.30)	-0.80 (36)	.428	[-3.16, 1.37]
Getimede rekentoets voormeting ( <i>N</i> correct)	53.63 (11.42)	53.89 (9.37)	-0.08 (35)	.941	[-7.25, 6.74]

Voordat verdere analyses werden gedaan is er eerst gekeken of er geen verschillen tussen de groepen waren bij de aanvang van het onderzoek, om uit te sluiten de resultaten gedreven worden door deze verschillen. De groepen zijn door middel van een *t*-toets voor twee onafhankelijke steekproeven vergeleken op leeftijd, duur van het onderzoek, schoolniveau bij aanvang (CITO), werkgeheugenniveau bij aanvang (Digit Span en Leeuwenspel) en rekenvaardigheden bij aanvang (Schoolse rekentoets en Getimede rekentoets), zie Tabel 1. Hieruit bleek dat er geen significante verschillen waren tussen de beide groepen op deze factoren. Voor de variabele geslacht blijkt tevens geen significant verschil tussen de groepen ( $\chi^2(1) = .432, p = .511$ ).

De beschrijvende statistieken zijn te vinden in Tabel 2. Hierbij is gecontroleerd op missende waarden en extreme uitbijters, waardoor voor het Leeuwenspel een steekproefgrootte van  $n = 35$  geldt en voor de Getimede rekentoets met subonderdelen Plus, Min en Keer, een steekproefgrootte geldt van  $n = 37$ .

Tabel 2 – Beschrijvende statistieken van transfertaken

	Training				Controle			
	<i>n</i>	Voormeting	Nameting	Verskil voor- en nameting	<i>n</i>	Voormeting	Nameting	Verskil voor- en nameting
Digit Span Backwards ( <i>N</i> reeksen correct)	19	4.32 (1.06)	4.58 (1.17)	0.26 (1.49)	19	4.32 (1.42)	5.26 (1.20)	0.95 (1.47)
Leeuwenspel (Gemiddeld percentage correct)	16	73 (11.87)	71.63 (18.43)	-1,38 (13.55)	19	73.63 (13.71)	75.47 (17.26)	1.84 (7.95)
Schoolse rekentoets ( <i>N</i> correct)	19	10.42 (3.58)	10.89 (3.91)	0.47 (3.27)	19	11.32 (3.30)	10.53 (2.48)	-0.79 (2.39)
- Contextopgaven ( <i>N</i> correct)	19	4.74 (1.91)	5.11 (2.18)	0.37 (1.89)	19	4.84 (2.17)	5.16 (1.83)	0.32 (1.80)
- Kale opgaven ( <i>N</i> correct)	19	5.68 (1.97)	5.79 (2.02)	0.11 (2.13)	19	6.00 (1.79)	5.37 (1.21)	-0.63 (1.46)
Getimede rekentoets ( <i>N</i> correct)	19	53.63 (11.42)	56.32 (14.24)	2.68 (7.99)	18	53.42 (9.33)	54.58 (11.90)	1.16 (8.97)
- Plus ( <i>N</i> correct)	19	19.37 (5.48)	20.58 (5.13)	1.21 (3.60)	18	18.67 (3.69)	19.72 (4.27)	1.06 (2.51)
- Min ( <i>N</i> correct)	19	18.16 (3.61)	18.84 (4.90)	0.68 (4.49)	18	18.78 (3.74)	18.50 (4.89)	-0.28 (3.91)
- Keer ( <i>N</i> correct)	19	16.11 (5.67)	16.89 (5.83)	0.79 (3.44)	18	16.44 (3.65)	15.67 (4.63)	-0.78 (4.24)
Corsi-plus (Gemiddeld level per week)	18	2.84 (1.00)	3.36 (1.03)	0.52 (0.74)	-	-	-	-

Gemiddelden (Standaarddeviaties)

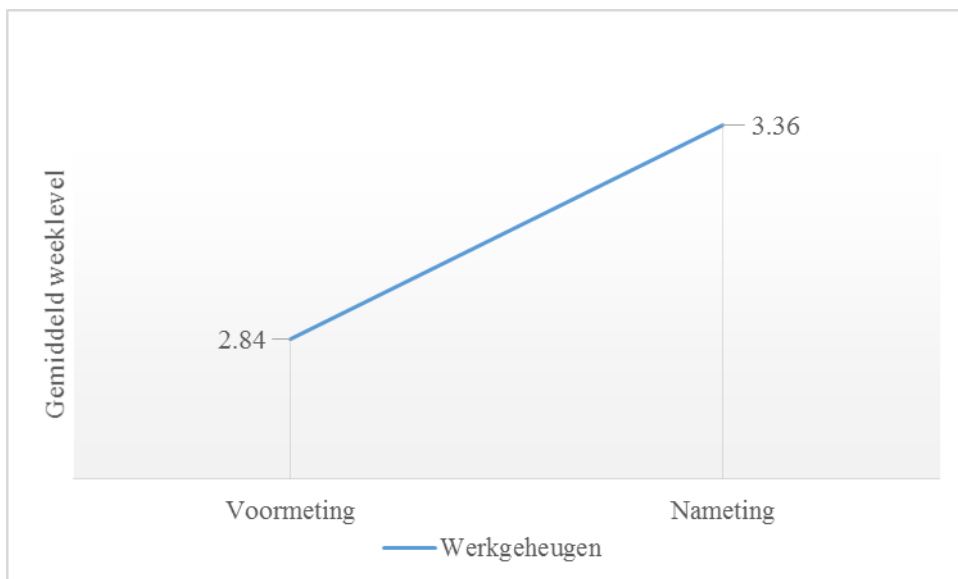
### 3.1. Transfer van werkgeheugentraining

Om te testen of er transfer was van de werkgeheugentraining naar ongetrainde werkgeheugentaken en schoolse taken zijn er repeated measures ANOVA's uitgevoerd met de factor voor binnenvariantie Sessie (voormeting, nameting) en de factor voor tussenvariantie Groep (training,

controle). Hiermee werd gemeten of de prestaties op de testen verbeterd waren en of een eventuele verbetering verschilde per groep.

### 3.1.1. Corsi-plus taak

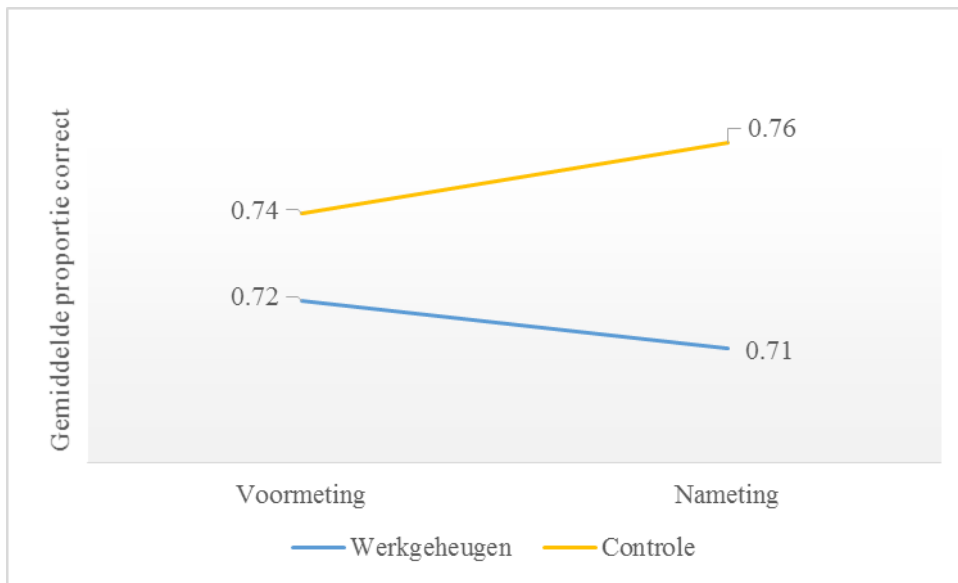
Allereerst is er getest of het niveau op de getrainde taak was verbeterd. Als maat van de getrainde taak is het verschil tussen de gemiddelde weeklevels op de Corsi-plus taak van de werkgeheugentraining van week 1 en week 4 gebruikt. Er bleek een significante verbetering te zijn tussen prestatie in de eerste week en in de laatste week ( $F(1,17) = 8.787, p = .009$ ). Dit is terug te zien in figuur 2.



Figuur 2 - Verandering Corsi-plus taak

### 3.1.2. Leeuwenspel

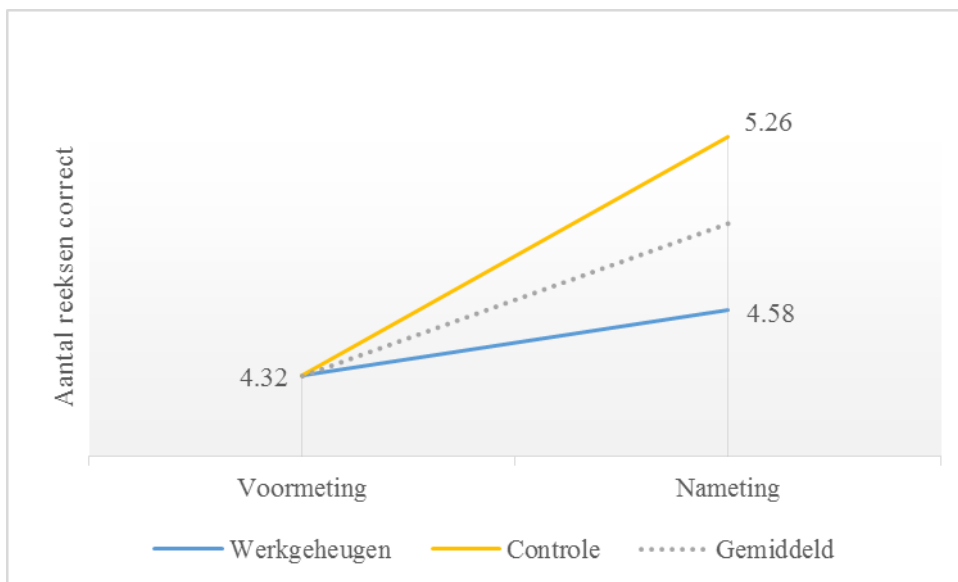
Voor het Leeuwenspel is er geen significant effect gevonden voor Sessie ( $F(1,33) = 0.016, p = .900$ ) en ook het interactie-effect tussen Sessie en Groep was niet significant ( $F(1,33) = 0.763, p = .389$ ). Hieruit blijkt dat de prestatie op het Leeuwenspel niet significant is veranderd tussen de voormeting en de nameting en dat er geen significant verschil is tussen de groepen in deze mate van verandering. Dit is te zien in figuur 3.



Figuur 3 - Verandering Leeuwenspel per testconditie

### 3.1.3. Digit Span Backward

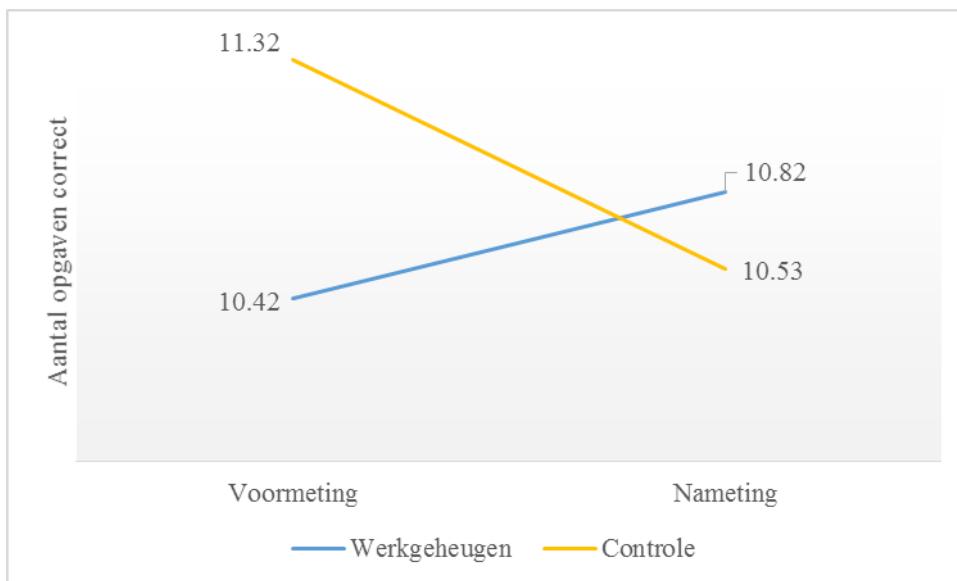
De prestatie op de Digit Span Backward is significant veranderd met de tijd ( $F(1,36) = 6.373, p = .016$ ), maar de interactie tussen Sessie en Groep bleek niet significant ( $F(1,36) = 2.036, p = .162$ ). In figuur 4 is te zien dat er een verschil is tussen de prestaties tijdens de nameting in beide groepen. Dit verschil was echter niet significant ( $t(36) = -1.784, p = .083, 95\% \text{ CI } [-1.462, 0.94]$ ).



Figuur 4 - Verandering Digit Span Backward

### 3.1.4. Schoolse rekentoets

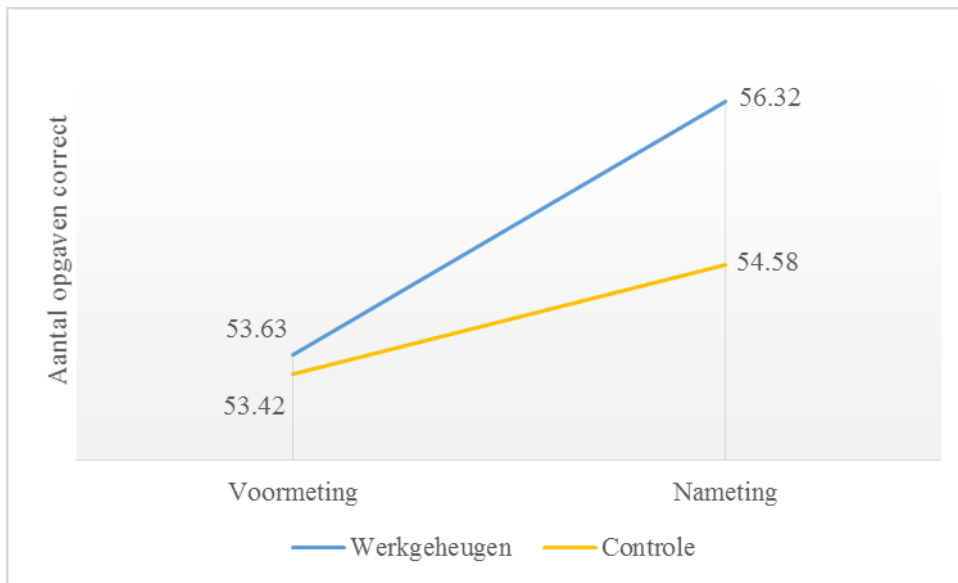
Er is geen significant verschil gevonden tussen de twee sessies van de Schoolse rekentoets ( $F(1,36) = 0.026, p = .874$ ). Ook bleek er geen interactie effect te zijn tussen Sessie en Groep ( $F(1,36) = 0.640, p = .429$ ). Er is ook gekeken naar een eventueel verband tussen verandering op de taak en somtype, maar ook dit interactie effect bleek niet significant te zijn ( $F(1,36) = 3.283, p = .078$ ). Hieruit blijkt dat de prestatie op de Schoolse rekentoets niet significant is verbeterd met de tijd en ook niet per groep of voor de contextopgaven of kale opgaven op zich. In figuur 5 is te zien dat het niveau van de controlegroep daalt terwijl het niveau van de werkgeheugengroep stijgt. Dit verschil in verandering is zoals hierboven vermeld niet significant.



*Figuur 5 - Verandering Schoolse rekentoets*

### 3.1.5. Getimede rekentoets

Voor de Getimede rekentoets is er geen significante verbetering gevonden tussen de twee sessies ( $F(1,35) = 1.09, p = .304$ ) en ook geen significant interactie effect met de groepen ( $F(1,35) = 1.09, p = .304$ ). Er is bovendien gekeken naar een interactie-effect tussen de sessie en het somtype. Hiervoor bleek echter ook geen significant effect te zijn ( $F(1,35) = 1,222, p = .301$ ). In figuur 6 is te zien dat beide groepen wel enige verbetering laten zien, maar voor beide groepen is deze verbetering dus niet significant.



Figuur 6 - Verandering Getimede rekentoets

### 3.2. Effecten van de training en mate van transfer

Om te testen of kinderen met een grotere verbetering op de getrainde taak ook meer transfer lieten zien naar ongetrainde taken zijn er correlatie testen uitgevoerd. De transfer werd gemeten aan de hand van de Digit Span Backward, het Leeuwenspel en de rekentaken, respectievelijk de Schoolse rekentoets en de Getimede rekentoets. Zoals te zien in tabel 3 bleken er geen significante correlaties te zijn tussen de verandering op de Corsi-plus taak en de verandering op de werkgeheugentaken of de rekentaken.

Tabel 3 - Correlaties getrainde taak en transfertaken

	Schoolse Rekentoets - verschil	- Kaal verschil	- Context verschil	Getimede Rekentoets - verschil	- Plus verschil	- Min verschil	- Keer verschil	Digit Span Backward - verschil	Leeuwenspel - verschil
<i>n</i>	19	19	19	19	19	19	19	19	16
Corsi-plus - verschil	,17	,09	,19	,25	-,19	,38	,27	,09	-,15

\*\* . Correlatie is significant op het 0.01 niveau (2-zijdig).

\* . Correlatie is significant op het 0.05 niveau (2-zijdig).

### 3.3. Aanvangsniveau schoolprestaties en effecten van de training

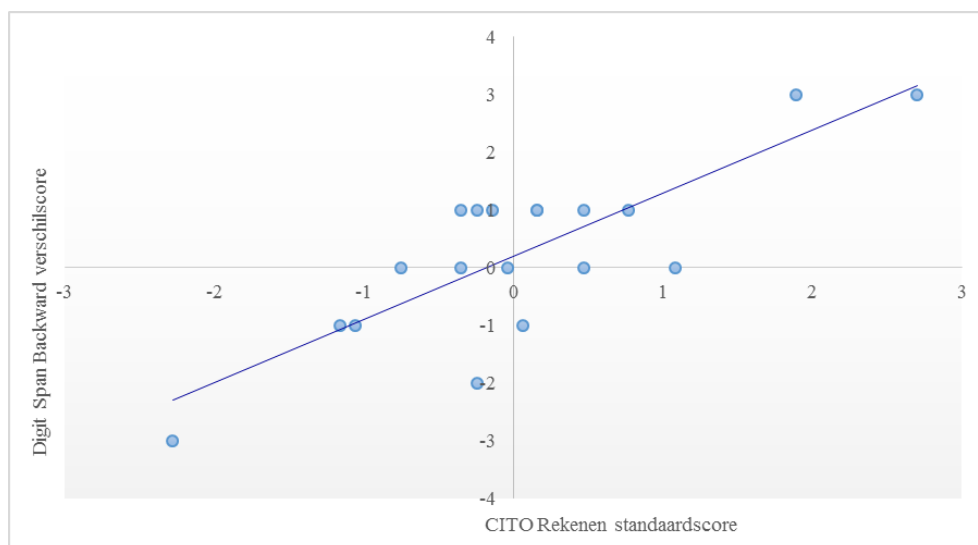
Schoolprestatieniveau bij aanvang werd gemeten door de gestandaardiseerde CITO-score voor begrijpend lezen en rekenen. De effecten van de training werden gemeten door het verschil in prestatie tussen week 1 en 4 op de Corsi-plus taak van de werkgeheugentraining en het verschil tussen de voor- en nameting van de Digit Span Backward en het Leeuwenspel.

Tabel 4 - Correlaties schoolniveau en effecten van de training

	Digit Span Backward - verschil		Leeuwenspel - verschil		Corsi-plus - verschil
	WG	Controle	WG	Controle	WG
	<i>n</i>	19	19	16	19
CITO - Begrijpend lezen	.40	-,09	-,18	-,02	,09
CITO - Rekenen	.81**	-,13	-,21	,09	,28

\*\* . Correlatie is significant op het 0.01 niveau (2-zijdig).  
 \* . Correlatie is significant op het 0.05 niveau (2-zijdig).

Zoals te zien is in tabel 4 is er een significante correlatie gevonden tussen het verschil op de Digit Span Backward test en de CITO-scores rekenen gevonden voor de werkgeheugengroep ( $r = .811, p < .001$ ). Voor de Controlegroep bleken de CITO-scores geen significant verband te hebben met het verschil in prestatie op de Digit Span Backward. Het schoolniveau bij aanvang heeft dus verband met het succes van de werkgeheugentraining, waardoor de prestaties op werkgeheugentaken verbeteren. Dit effect is te zien in figuur 7.



Figuur 7 – Scatterplot van de correlatie binnen de werkgeheugenconditie tussen CITO rekenen en de vershilscore van de Digit Span Backward

## **4. Discussie**

De hoofdvraag van dit onderzoek was of er een transfereffect van werkgeheugentraining naar rekenvaardigheden is. In dit onderzoek zijn er ondanks verbetering op de getrainde taak geen transfereffecten gevonden. De vraag is dus of de werkgeheugentraining effectief was, aangezien er geen verbetering is gevonden voor de werkgeheugentaken. Ook is er geen verbetering gevonden op de rekentaken voor de werkgeheugengroep. Dit gaat tegen de verwachting in. Verwacht werd dat de training allereerst het werkgeheugenniveau zou verbeteren, wat een voorwaarde is voor far transfer. Er werd tevens verwacht dat de mate van verbetering op de getrainde taak effect had op de mate van transfer. Dit effect is echter niet gevonden, waarschijnlijk doordat er geen significante verbetering was op de ongetrainde taken binnen de experimentele groep. Tenslotte is onderzocht of een lager niveau van schoolse vaardigheden bij aanvang zou leiden tot meer effecten van de training. Er is echter geen negatief verband gevonden, maar een positief verband tussen de schoolse vaardigheden bij aanvang en de effecten van de training. Kinderen met een hoger schoolniveau bij aanvang profiteerden dus meer van de training. De uitkomsten worden in de volgende paragrafen verder toegelicht.

### ***4.1. Transfer***

#### ***4.1.1. Rekenprestaties***

Hoewel eerder onderzoek wel een verband heeft laten zien tussen werkgeheugen en rekenvaardigheden (Bull & Lee, 2014; De Smedt et al., 2009; Dumontheil & Klingberg, 2011; Passolunghi & Costa, 2014; Swanson & Kim, 2007), is dat in dit huidige onderzoek niet aangetoond. Het ontbreken van de transfer zou kunnen komen doordat het werkgeheugen niet is getraind ondanks verbetering op de getrainde taak. Er is namelijk geen verbetering gevonden op de ongetrainde werkgeheugentaken. Mogelijk was de training dus niet effectief. Ook is het mogelijk dat de cognitieve vaardigheden die zijn getraind met werkgeheugentraining te weinig overeenkwamen de cognitieve processen die worden ingezet voor de specifieke rekentaken die gebruikt zijn in dit onderzoek. Het uitblijven van een transfereffect naar rekenen zou kunnen komen doordat er bij de rekentaken mogelijk te weinig beroep is gedaan op de werkgeheugenvaardigheden die expliciet zijn getraind zoals inhibitie, manipulatie en updating. Deze vaardigheden worden vaak in verband gebracht met de central executive en ook met rekenprestaties (Friso-van den Bos, van der Ven, Kroesbergen, & van Luit, 2013). Bij de huidige rekentaken werd meer gebruik gemaakt van berekeningen dan van probleemoplossende vragen. Bij probleemoplossende vragen wordt meer gebruik gemaakt van complexe executieve functies, maar bij simpele berekeningen wordt meer gebruik gemaakt van feitenkennis uit het lange termijngeheugen en het werkgeheugen dat de informatie verwerkt (Best, Miller, & Naglieri, 2011). Doordat de training voor een groot deel is gericht op het trainen van de executieve functies inhibitie, manipulatie en updating, is het effect daarvan waarschijnlijk niet terug te zien in de simpele berekeningen die in de huidige rekentoetsen zijn gebruikt. Wanneer meer



probleemoplossende rekentoetsen zouden worden gebruikt, is mogelijk wel een effect van de training te zien. Bovendien wordt gesteld dat als kinderen nieuwe en uitdagende rekentaken krijgen aangeboden, ze meer gebruik maken van hun visuospatiële werkgeheugen dan wanneer ze al bekend zijn met de stof (Van der Ven et al., 2013). De rekentesten die in dit onderzoek zijn gebruikt zijn gebaseerd op bestaande rekentoetsen en bevatten opgaves zoals kinderen deze ook in de klas krijgen. Hierdoor waren de rekentests voor de kinderen waarschijnlijk minder uitdagend en maakten kinderen dus niet per se gebruik van hun visuospatiële werkgeheugen bij het uitvoeren van de taken, maar meer van verbale strategieën (Van der Ven et al., 2013). De training van het visuospatiële werkgeheugen heeft dus niet veel effect gehad op de prestatie op de rekentaken, omdat het visuospatiële werkgeheugen waarschijnlijk geen sterke rol speelt in de gebruikte rekentaken.

#### 4.1.2. Werkgeheugen

Voor de Digit Span Backward is er een significante verbetering gevonden voor de gehele steekproef. Deze verbetering had geen verband met een vorm van training. Dit kan komen doordat beide groepen de taak zowel bij de voormeting als bij de nameting hebben gedaan en dus al bekend waren met de test en vorm van afname, waardoor ze op de nameting beter presteerden. Er was dus mogelijk sprake van een leereffect, wat ook in eerder onderzoek is gevonden bij een herhaalde meting over een relatief korte tijd (Woods et al., 2011). Voor het Leeuwenspel is geen significante verbetering gevonden binnen dit onderzoek. Het is mogelijk dat ondanks verbetering op de getrainde taak, het werkgeheugen niet is verbeterd. De verbetering op de getrainde taak is dan een leereffect specifiek voor die taak. Mogelijk was de werkgeheugentraining dus toch niet zo effectief als bij voorbaat gedacht werd. Een andere mogelijkheid voor het ontbreken van een significante verandering is dat de steekproefgrootte redelijk klein was en er ook een aantal missende waarden waren, waardoor de variantie in scores niet sterk genoeg was om een effect te laten zien.

#### **4.2. Effecten van de training en mate van transfer**

De verbetering op de getrainde taak had geen effect op de mate van verbetering van de niet-getrainde taken. De hypothese dat de mate van verbetering op de getrainde taak effect heeft op de mate van transfer werd dus verworpen. Dit heeft er mogelijk mee te maken dat er geen transfereffect is gevonden, ondanks een verbetering op de getrainde taak. Doordat er geen verband is gevonden tussen de verbetering op de getrainde taak en de verbetering op de niet-getrainde taken is er geen mogelijkheid om te onderzoeken hoe hoog het behaalde trainingsniveau moet zijn om een effect te hebben op ongetrainde taken. In vervolgonderzoek waar wel transfer wordt gevonden naar ongetrainde taken is het interessant om te onderzoeken of de mate van verbetering op de getrainde taak wel invloed heeft op een eventueel gevonden transfereffect, zodat bepaald kan worden na hoeveel sessies en op welk behaald niveau de training voldoende effect heeft om ingezet te worden in aanvulling op of in plaats van een domeingerichte training. Door bovendien te onderzoeken welke factoren van invloed

zijn op verschillen in verbetering van de getrainde taak is het mogelijk om het effect van de training op deze manier te optimaliseren. Factoren die mogelijk zorgen voor een verschil in de vooruitgang van de training zijn onder andere motivatie, leeftijd en cognitief aanvangsniveau (Bastian & Oberauer, 2013).

#### ***4.3. Aanvangsniveau schoolprestaties en effecten van de training***

De invloed van het cognitieve aanvangsniveau is in dit onderzoek meegenomen in de vorm van het schoolniveau bij aanvang. Gemeten is of dit schoolniveau van invloed is op de effecten van de training. De hypothese dat een lager niveau van schoolprestaties leidt tot meer effecten van de training, zoals in de compensatieverklaring wordt gesteld, kan worden verworpen. Er is namelijk een sterk positief verband gevonden tussen de CITO-scores van rekenen en de verschillen van de Digit Span Backward binnen de groep die de werkgeheugentraining heeft ontvangen. Dit wil zeggen dat de kinderen die hogere scores hebben voor CITO rekenen, ook een grotere verbetering lieten zien op de Digit Span Backward test nadat ze de training hebben gevolgd, zoals te zien is in figuur 7. Hier is ook te zien dat kinderen die minder goede scores hadden op de CITO rekenen, soms zelfs een verslechtering in prestatie laten zien op de Digit Span Backward. Dit is een bevestiging van de versterkingsverklaring, die suggereert dat de verschillen tussen goede en zwakke leerlingen toenemen. Dit effect is eerder gevonden in een onderzoek van Lövden, Brehmer, Li en Lindenberger (2012) waarbij de verschillen tussen personen toenamen als een functie van adaptieve training van bepaalde geheugenvaardigheden.

Het is opmerkelijk dat dit effect alleen is gevonden binnen de experimentele groep en niet in de controlegroep. De werkgeheugentraining lijkt dus van invloed te zijn op een eventuele verbetering in de Digit Span Backward score. Deze verbetering wordt gedreven door het rekenniveau bij aanvang. Mogelijk is het zo dat kinderen die al makkelijker leren en daardoor een hogere score hebben op CITO rekenen ook meer verbeteren op de werkgeheugentaak doordat ze gemakkelijker en sneller leren van de werkgeheugentraining. Dit kan doordat ze beter ontwikkelde cognitieve systemen hebben waardoor ze gemakkelijker nieuwe strategieën en vaardigheden kunnen inzetten (Titz & Karbach, 2014).

De Digit Span Backward meet verbaal werkgeheugen, maar er zijn aanwijzingen dat het omgekeerd herhalen van een verbale reeks meer aanspraak doet op het visuospatiële werkgeheugen dan wanneer een verbale reeks in dezelfde volgorde wordt herhaald als waarin hij is aangeboden (St. Clair-Thompson & Allen, 2013). Doordat de werkgeheugentraining wordt aangepast aan het niveau van het kind, krijgen die kinderen die beter ontwikkelde cognitieve vaardigheden hebben de training op een hoger niveau aangeboden dan de kinderen die minder ontwikkelde cognitieve vaardigheden hebben. Hierdoor worden zij uitgedaagd om meer informatie vast te houden en te bewerken, wat teruggezien zou kunnen worden in een betere score op de Digit Span Backward. De kinderen die minder makkelijk leren en dus lagere CITO-scores hebben, laten een daling zien in prestatie op de Digit Span Backward. Dit kan komen doordat zij minder gemotiveerd waren omdat de stof boven hun niveau werd aangeboden.

De kinderen die de controletraining ontvangen en ook beter ontwikkelde cognitieve vaardigheden hebben, worden niet uitgedaagd om hun capaciteiten te vergroten, waardoor hun schoolniveau bij aanvang niet significant samenhangt met de uitkomst op de Digit Span Backward. Deze informatie lijkt ernaar te wijzen dat de werkgeheugentraining de werkgeheugencapaciteit van de experimentele groep daadwerkelijk vergroot, maar dat dat afhankelijk is van het schoolniveau bij aanvang. Dit moet echter verder worden onderzocht, omdat er geen significante verandering was op de Digit Span Backward voor de experimentele groep in zijn geheel. Ook was er geen significant verband tussen het rekenniveau bij aanvang en de training en ook niet tussen de training en de Digit Span Backward.

#### ***4.4. Implicaties voor de praktijk en de wetenschap***

Ondanks dat in eerdere onderzoeken werkgeheugentraining wel een effect leek te hebben op rekenvaardigheden (Alloway, 2012; Bergman-Nutley & Klingberg, 2014; Holmes & Gathercole, 2013), is dat effect met dit onderzoek niet bevestigd. De werkgeheugentraining in de huidige vorm lijkt dus niet effectief te zijn, aangezien er ook geen verbetering is van het werkgeheugenniveau. Dit is een voorwaarde voor transfer en aangezien dat effect ontbreekt, is daardoor waarschijnlijk ook geen transfereffect gevonden. Aangezien in eerder wetenschappelijk onderzoek wel een effect van werkgeheugentraining is gevonden, betekent het ontbreken van effect in het huidige onderzoek niet dat werkgeheugentraining niet effectief kan zijn. De vormgeving en taken van de huidige training waren mogelijk niet toereikend om een effect te vinden. De huidige training is redelijk nieuw in vergelijking met de in eerdere onderzoeken gebruikte trainingen. Hierdoor is er nog weinig onderzoek gedaan naar de effectiviteit van de training en eventuele verbeterpunten wat betreft bijvoorbeeld het aantal sessies en de effectiviteit van de individuele taken. Het is voornamelijk van belang dat de relatie tussen een werkgeheugentraining en rekenvaardigheden verder wordt onderzocht en dat kan in vervolgonderzoek beter worden gedaan met een bewezen effectieve werkgeheugentraining.

Het lijkt het erop dat de werkgeheugentraining wel de werkgeheugencapaciteit heeft vergroot voor de kinderen met een hoger rekenniveau bij aanvang. Deze informatie kan worden gebruikt in de dagelijkse praktijk. Het is voor leerkrachten van belang om te letten op de kinderen die met een lager aanvangsniveau aan een training beginnen, om hen zo goed mogelijk te stimuleren zodat zij zo goed mogelijk hun niveau kunnen verbeteren. De huidige training, Island Adventures, is nog niet uitgebreid onderzocht en er zijn nog geen positieve effecten gevonden en kan daarom nog niet worden ingezet in de praktijk. Andere werkgeheugentrainingen, zoals Cogmed, worden wel al ingezet bij kinderen met leerproblemen. De effecten van deze trainingen zijn al op verschillende gebieden bewezen (Söderqvist & Nutley, 2015). Deze zouden kunnen worden ingezet in een therapeutische of schoolse setting, wanneer de effecten van deze trainingen op rekenvaardigheden verder zijn onderzocht.

In vervolgonderzoek is het van belang om ook te kijken naar de effecten van de training op langere termijn, met behulp van een follow-up meting. Op die manier kan worden gemeten of eventuele

effecten van de training blijvend zijn en of effecten eventueel later zichtbaar worden. Vaak worden effecten van training op schoolse prestaties namelijk pas later teruggezien (Holmes et al., 2009; Shipstead et al., 2012). Dit komt doordat de vaardigheden niet direct worden getraind, waardoor het effect ook niet direct zichtbaar is. Doordat er een indirect verband is tussen werkgeheugen en rekenvaardigheden, is het waarschijnlijk dat een verbetering van het werkgeheugen pas later effect heeft op vaardigheid en accuratesse van rekenen bij kinderen. Hierbij moet echter ook rekening worden gehouden met de natuurlijke groei in vaardigheden bij kinderen, zowel door neurale ontwikkeling als door cognitieve ontwikkeling. Een eventuele verandering die pas bij een follow-up meting gevonden wordt kan dus ook worden voortgebracht door de ontwikkeling van het kind ongeacht een vorm van training. Voor deze eventuele bias moet goed worden gecontroleerd. Dit kan worden gedaan door middel van een extra controlegroep die alleen de rekentesten op de voor- en nameting maakt. Doordat zij geen enkele vorm van training ontvangen laten zij de normale ontwikkeling van de rekenvaardigheden binnen die populatie zien.

Mogelijk heeft de relatief kleine steekproef invloed gehad op het ontbreken van significante resultaten. Doordat de steekproef werd opgesplitst in twee groepen, was het effect voor beide groepen op de tests vaak minder sterk. In toekomstig onderzoek is het dus beter om een grotere steekproef te werven, waardoor eventuele uitschieters in de data ook minder van invloed zijn en de eventuele effecten sterker zijn. Bovendien is het interessant om een werkgeheugentraining te vergelijken met een rekentraining. Op die manier kan worden getest welke van de twee effectiever is om rekenvaardigheden te verbeteren. Van de taaltraining die in dit onderzoek als controletraining is gebruikt, is ook een rekentraining beschikbaar, genaamd Reken tuin (<http://www.rekentuin.nl/>). Dit is tevens een adaptieve training waarbij verschillende rekendomeinen worden getraind. Deze training zou kunnen worden gebruikt in vervolgonderzoek. Tenslotte kan het waardevol zijn om in vervolgonderzoek te kijken naar de factoren die zorgen voor individuele verschillen in effecten van de training om trainingsprogramma's en begeleiding hier zo goed mogelijk op aan te passen, zodat men zoveel mogelijk profijt kan hebben van een werkgeheugentraining. Op die manier kan worden afgestemd voor welke persoon in welke situatie een training het meest van toepassing is.

#### **4.5. Conclusie**

In dit onderzoek is geen transfereffect van werkgeheugen naar rekenvaardigheden gevonden. De werkgeheugentraining die in dit onderzoek is gebruikt leek niet effectief te zijn, aangezien het werkgeheugenniveau niet is verbeterd. Wel is er een sterke relatie gevonden tussen het rekenniveau voor de training en de verbetering op de Digit Span Backward na de meting. Dit wijst mogelijk op verband tussen rekenen en werkgeheugen. Dit betekent dat kinderen die rekenproblemen hebben en dat eventueel zouden willen oplossen met deze werkgeheugentraining, waarschijnlijk alsnog minder verbeteren dan kinderen die al een hoger niveau hebben bij aanvang. Om deze effecten en andere uitblijvende effecten verder te kunnen onderzoeken is het van belang dat in toekomstig onderzoek

gebruik wordt gemaakt van bewezen effectieve trainingen, zodat het werkgeheugen daadwerkelijk wordt getraind en daardoor mogelijk ook rekenprestaties kunnen verbeteren.

#### LITERATUURLIJST

- Alloway, T. (2012). Can interactive working memory training improve learning? *Journal of Interactive Learning Research*, 23(3), 197–207.
- Alloway, T.P., & Alloway, R.G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal Of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- 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(2), 181–203. <http://dx.doi.org/10.1348/000709907X209854>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- von Bastian, C.C., & Oberauer, K. (2013). Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychological Research*, 78(6), 803-820. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-013-0524-6>
- Bergman-Nutley, S. & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological Research*, 78, 869–877. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-014-0614-0>
- Best, J.R., Miller, P.H., & Naglieri, J.A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327-336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>.
- Brehmer, Y., Westerberg, H. & Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(63), 1-7. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2012.00063>
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive Functioning and Mathematics Achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36–41. <http://dx.doi.org/10.1111/cdep.12059>
- Carlson, S.E., Seipel, B., & McMaster, K. (2014). Development of a new reading comprehension assessment: Identifying comprehension differences among readers. *Learning and Individual Differences*, 32, 40-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.003>
- Commissie verantwoorde invoering rekentoets. (2014). *Doordacht doorzetten naar een hoger*

- rekenniveau* [Rapport]. Verkregen van <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/12/01/doordacht-doorzetten-naar-een-hoger-rekenniveau/doordacht-doorzetten-naar-een-hoger-rekenniveau.pdf>
- Cowan, N., Morey, C.C., AuBuchon, A.M., Zwillig, C.E., & Gilchrist, A.L. (2010). Seven-year-olds allocate attention like adults unless working memory is overloaded. *Developmental Science*, 13(1), 120–133. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00864.x>
- Dahlin, E., Neely, A.S., Larsson, A., Bäckman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320(5882), 1510-1512. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1155466>
- Dekker, S. & Bussemaker, J. (17 december 2014). *Kamerbrief invoering referentieniveaus taal en rekenen in vo en mbo* [Kamerbrief]. Verkregen via <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/12/17/kamerbrief-invoering-referentieniveaus-taal-en-rekenen-in-vo-en-mbo/kamerbrief-invoering-referentieniveaus-taal-en-rekenen-in-vo-en-mbo.pdf>
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(2), 186-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2009.01.004>
- Drigas, A. Kokkalia, G. & Lytras, M.D. (2015). ICT and collaborative co-learning in preschool children who face memory difficulties. *Computers in Human Behavior*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.019>
- Duckworth, A.L., Peterson, C., Matthews, M.D., & Kelly, D.R. (2007). Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6), 1087-1101. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.92.6.1087>
- Dumontheil, I., & Klingberg, T. (2012). Brain activity during a visuospatial working memory task predicts arithmetical performance 2 years later. *Cerebral Cortex*, 22(5), 1078-1085. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhr175>
- Egberink, I.T.D., & Kroeze, M.H.M. (2013). *Het leeuwenspel validiteit & betrouwbaarheid van een visueel-ruimtelijk werkgeheugentest en de relatie met rekenvaardigheid en handvoorkeur* (Master thesis, Universiteit Utrecht). Verkregen via <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/278780>
- Farrington-Flint, L., Vanuxem-Cotterill, S., & Stiller, J. (2009). Patterns of problem-solving in children's literacy and arithmetic. *British Journal of Developmental Psychology*, 27(4), 815–834. <http://dx.doi.org/10.1348/026151008X383148>
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>

- Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, *40*(2), 177–190. <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Green, C.S., Strobach, T., & Schubert, T. (2014). On methodological standards in training and transfer experiments. *Psychological Research*, *78*(6), 756–772. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-013-0535-3>
- Holmes, J., & Adams, J.W. (2006) Working memory and children’s mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, *26*(3), 339-366. <http://dx.doi.org/10.1080/01443410500341056>
- Holmes, J., & Gathercole, S.E. (2014). Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, *34*(4), 440–450. <http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2013.797338>
- Holmes, J., Gathercole, S.E., & Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, *12*(4), 9–15. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>
- Jaeggi, S.M., & Buschkuhl, M. (2014). Working memory training and transfer: Theoretical and practical considerations. In B. Toni (Ed.), *New Frontiers of Multidisciplinary Research in STEAM-H (Science, Technology, Engineering, Agriculture, Mathematics, and Health)* (pp. 19-43). [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07755-0\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07755-0_2)
- Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *PNAS*, *108*(25), 10081-10086. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Jordan, N.C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, *20*(2), 82–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2009.07.004>
- Karbach, J. & Spengler, M. (2012). Who benefits the most? Individual differences in the transfer of executive control training in younger and older adults. In A. Bröder et al. (Eds.), *Abstracts of the 54th Meeting for Experimental Psychologists (TEAP)*, S. 64. Lengerich: Pabst.
- Karbach, J., Strobach, T., & Schubert, T. (2014). Adaptive working-memory training benefits reading, but not mathematics in middle childhood. *Child Neuropsychology*, *21*(3), 1-17. <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2014.899336>
- Kofler, M.J., Rapport, M.D., Bolden, J., Sarver, D.E., Raiker, J.S, & Alderson, R.M. (2011). Working memory deficits and social problems in children with ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *39*(6), 805–817. <http://dx.doi.org/10.1007/s10802-011-9492-8>
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2010). *De rol van visueel en verbaal werkgeheugen in het leren van numerieke vaardigheden*. ISED Researchdag, Leiden, The Netherlands.

- Kort, W., Schittekatte, M., Dekker, P. H., Verhaeghe, P., Compaan, E. L., Bosmans, M., & Vermeir, G. (2005). *WISC-III NL Wechsler Intelligence Scale for Children. Derde Editie NL. Handleiding en Verantwoording*. Amsterdam: Harcourt Test Publishers/Nederlands Instituut voor Psychologen.
- Kuhn, J., & Holling, H. (2014). Number sense or working memory? The effect of two computer-based trainings on mathematical skills in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, *10*(2), 59–67. <http://dx.doi.org/10.5709/acp-0157-2>
- Laski, E.V., Casey, B.M., Yu, Q., Dulaney, A., Heyman, M., & Dearing, E. (2013). Spatial skills as a predictor of first grade girls' use of higher level arithmetic strategies. *Learning and Individual Differences*, *23*, 123–130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2012.08.001>
- LeFevre, J., Fast, L., Skwarchuk, S., Smith-Chant, B.L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, *81*(6), 1753-1767. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x>
- Lövden, M., Brehmer, Y., Li, S., & Lindenberger, U. (2012). Training-induced compensation versus magnification of individual differences in memory performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*(141), 1-14. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2012.00141>
- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visuospatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, *20*(3), 93-108.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2009.08.004>
- Morrison, A.B., & Chein, J.M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *18*(1), 46–60. <http://dx.doi.org/10.3758/s13423-010-0034-0>
- Passolunghi, M.C., & Costa, H.W. (2014). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*, 1-18. <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2014.971726>
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 54–67. <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Shipstead, Z., Redick, T.S., & Engle, R.W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, *138*(4). <http://dx.doi.org/10.1037/a0027473>
- Söderqvist, S., & Nutley, S. (2015). *Cogmed working memory training: Claims & Evidence*. Verkregen van <http://www2.cogmed.com/Claims-and-Evidence>
- St. Clair-Thompson, H.L., & Allen, R.J. (2013). Are forward and backward recall the same?



- A dual-task study of digit recall. *Memory & Cognition*, 41(4), 519-532.  
<http://dx.doi.org/10.3758/s13421-012-0277-2>
- Swanson, H. L., Cochran, K. F., & Ewers, C. A. (1989). Working memory in skilled and less skilled readers. *Journal of abnormal child psychology*, 17(2), 145-156.  
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00913790>
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35, 151-168.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2006.07.001>
- Titz, C., & Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. *Psychological Research*, 78, 852-868.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00426-013-0537-1>
- Trick, L.M., Jaspers-Fayer, F., Sethi, N. (2005). Multiple-object tracking in children: The "Catch the Spies" task. *Cognitive Development*, 20, 373-387.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cogdev.2005.05.009>
- van der Ven, S.H.G., Kroesbergen, E.H., Boom, J., & Leseman, P.P.M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 100-119. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x>
- van der Ven, S.H.G., van der Maas, Straatemeier, M., & Jansen, B.R.J. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, 27, 182-192.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.09.003>
- de Vos, T. (1992). Tempo Test Rekenen (TTR). Nijmegen: Berkhout.
- Witt, M. (2011). School based working memory training: Preliminary finding of improvement in children's mathematical performance. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 7-15.  
<http://dx.doi.org/10.2478/v10053-008-0083-3>
- Woods, D.L., Kishiyama, M.M., Yunda, E.W., Herrona, T.J., Edwards, B., Poliva, O., Hinka, R.F., & Reed, B. (2011). Improving digit span assessment of short-term verbal memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(1), 101-111.  
<http://dx.doi.org/10.1080/13803395.2010.493149>