



Universiteit Utrecht

*Het Verband tussen het Werkgeheugen en Getalbegrip
bij Vijfjarige Kinderen*

Onderzoek 'Reken Erop!'

Faculteit Sociale Wetenschappen
Bachelorthesis Pedagogiek

Studenten:	Y. Bakx	3339041
	P. D. Eikelboom	3366723
	Y. Maandag	3410129
	J.S. Westra	3353893
Begeleider:	I. van den Bos, MSc	
Datum:	28-06-2011	

Inhoudsopgave

	Pagina
Abstract	3
Inleiding	4
- Getalbegrip	4
- Multi-componentenmodel van het werkgeheugen	5
- Wiskundeprestaties jongens en meisjes	7
- Wiskundeprestaties allochtone en autochtone leerlingen	8
- Het huidige onderzoek	8
Methode	10
- Participanten	10
- Instrumenten voor- en nameting	10
- Instrumenten trainingen	11
- Visuele groep	11
- Verbale groep	12
Procedure	13
Resultaten	14
- Beschrijvende statistieken	15
- Resultaten herhaalde metingen ANOVA	16
Conclusie en Discussie	18
- Interpretatie beschrijvende statistiek	19
- Implicaties en toekomstig onderzoek	19
Literatuurlijst	22

Abstract

Rekenvaardigheden worden steeds belangrijker voor alle individuen in de hedendaagse samenleving en een beperkte ontwikkeling van rekenvaardigheden heeft een negatief effect op het alledaags functioneren in de maatschappij. Belangrijke factoren in de ontwikkeling van rekenvaardigheden van kinderen zijn het werkgeheugen en getalbegrip. Het doel van dit onderzoek is het mogelijke bestaan van een causaal verband tussen het visuele en verbale werkgeheugen en getalbegrip bij basisschoolkinderen van gemiddeld vijf jaar aan te tonen, waarbij rekening is gehouden met verschillen in sekse en afkomst. Hiervoor is gekeken naar een mogelijk verschil in effect van visuele en verbale werkgeheugentrainingen tussen leerlingen van allochtone en autochtone afkomst en tussen jongens en meisjes. Er is gebleken dat er afhankelijk van afkomst en sekse geen verband tussen het verbale werkgeheugen en getalbegrip is. Tevens is er geen verband tussen het visuele en verbale werkgeheugen en getalbegrip, afhankelijk van sekse. Tussen het visuele werkgeheugen en getalbegrip is, afhankelijk van afkomst, wel een verband.

Kernwoorden: werkgeheugen, getalbegrip, basisschoolleerlingen, sekseverschillen, afkomstverschillen

Het Verband tussen het Werkgeheugen en Getalbegrip bij Vijfjarige Kinderen

Getallen spelen een centrale rol in de huidige samenleving (Wagner & Davis, 2010). Een goede ontwikkeling van rekenvaardigheden is daarom van belang om succesvol te kunnen slagen in de maatschappij (Miller & Bichsel, 2004; Wagner & Davis, 2010). Uit onderzoek is echter gebleken dat 6-14% van de schoolgaande kinderen rekenkundige leerproblemen hebben (Jordan, Kaplan, Locuniak & Ramineni, 2007), welke met de jaren kunnen toenemen (Jordan & Kaplan, 2009). Tekorten op het gebied van rekenvaardigheden hebben een negatief effect op het alledaags functioneren (Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007; Plasterk & Van der Hoeven, 2009). Wanneer deze tekorten vroeg gesignaleerd worden, kunnen ze voorkomen of verholpen worden. Om vervolgens adequate hulp te kunnen bieden dient echter wel achterhaald te worden op welke factoren de leerling bij de ontwikkeling van rekenvaardigheden achterblijft (Van Luit & Van de Rijt, 2009). In verschillende onderzoeken komt naar voren dat de factoren werkgeheugen (Alloway, Gathercole & Pickering, 2006; D'Amico & Guarnera, 2005; De Smedt et al., 2009; Imbo & Vandierendonck, 2007b; Passolunghi & Mammarella, 2010; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010) en getalbegrip (Berch, 2006; Lago & DiPerna, 2010) een belangrijke rol spelen bij de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Om deze reden zal dit onderzoek zich richten op het verband tussen werkgeheugen en getalbegrip bij vijfjarige kinderen, aan de hand van werkgeheugentrainingen.

Getalbegrip

Er is consensus dat de ontwikkeling van getalbegrip een belangrijke voorwaarde is voor het leren rekenen tijdens het formele onderwijs (Aunio & Niemivirta, 2010; Howell & Kemp, 2010; Lago & DiPerna, 2010; Passolunghi et al., 2007). Getalbegrip wordt omschreven als het vermogen om de betekenis van getallen en hun onderlinge relaties te begrijpen (Berch, 2006; Torbeyns et al., 2002; Faulkner, 2009).

Al voor de start van het formele rekenonderwijs hebben kinderen impliciete kennis over kleine aantallen en over de symbolen die deze aantallen representeren (Van de Rijt & Van Luit, 1999; Torbeyns et al., 2002). Tevens kunnen zij verschillen in hoeveelheden waarnemen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen meer en minder (Geary, 2010; Locuniak & Jordan, 2008). Het gaat hierbij nog niet om een volledig begrip van getallen, maar om een opstap tot een verdere ontwikkeling van dit begrip aan de hand van ervaringen en intentioneel onderwijs (Van Luit & Van de Rijt, 2009). De ontwikkeling van getalbegrip blijkt daardoor ook een krachtige voorspeller te zijn van de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Jordan et al., 2007). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat kinderen die deze basiskennis over getallen meenemen naar groep drie, meer profijt

hebben van de rekenkundige ervaringen die later in de schooltijd worden opgedaan (Jordan, Glutting & Ramineni, 2010).

Het positieve verband tussen getalbegrip en rekenvaardigheden brengt met zich mee dat een onvoldoende leeftijdsadequaat niveau van getalbegrip achterstanden in de ontwikkeling van rekenvaardigheden tot gevolg kan hebben (Jordan et al., 2007). Uit onderzoek van Van Luit en Van de Rijt (2009) blijkt in Nederland een kwart van de kinderen van vier jaar of ouder over een onvoldoende leeftijdsadequaat niveau van getalbegrip te beschikken. Verder blijkt een kwart van de kinderen die een zwakke tot gemiddelde ontwikkeling van getalbegrip hebben, de achterstand niet in te kunnen halen voordat zij instromen in groep drie. Een vroege opsporing van achterstanden in de ontwikkeling van getalbegrip is daarom van belang om rekenachterstanden in de loop van de basisschool te voorkomen.

Multi-componentenmodel van het werkgeheugen

Een manier om verschillen in de ontwikkeling van getalbegrip en rekenvaardigheden te beschrijven en te verklaren is aan de hand van het werkgeheugen, een belangrijk onderdeel van het cognitieve systeem (Repovš & Baddeley, 2006). Het werkgeheugen houdt informatie vast en gebruikt deze bij het uitvoeren van complexe cognitieve taken (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007). Onderzoek naar het werkgeheugen wordt sterk beïnvloedt door het multi-componentenmodel van het werkgeheugen. Het originele model bestaat uit drie componenten, namelijk de centrale verwerker en de twee slaafsystemen fonologische lus en visueel ruimtelijk schetsblok (Baddeley & Hitch, 1974). Later is hier door Baddeley het derde slaafstelsel, de episodische buffer, aan toegevoegd (Baddeley, Eysenck & Anderson, 2009).

De centrale verwerker wordt gezien als het hoofdcomponent van het werkgeheugen (Baddeley et al., 2009) en is een centraal uitvoerend systeem dat processen in het werkgeheugen aanstuurt en controleert (DeStefano & LeFevre, 2004). Dit hoofdcomponent heeft drie verschillende basisfuncties, ook executieve functies genoemd, namelijk 'shifting', 'updating' en 'inhibitie' (Chan, Shurn, Touloupoulou & Chen, 2008; Repovš & Baddeley, 2006). 'Shifting' is het wisselen tussen verschillende taken, 'updating' het vervangen van irrelevante informatie voor relevante informatie in het werkgeheugen en 'inhibitie' het weerstand bieden tegen automatische responsen en de aandacht focussen op de huidige taak (Repovš & Baddeley, 2006). De fonologische lus is verantwoordelijk voor de tijdelijke opslag en manipulatie van auditieve informatie (Baddeley et al., 2009). Het visueel ruimtelijke schetsblok dient voor de tijdelijke opslag en manipulatie van visuele en ruimtelijke informatie (Baddeley et al., 2009; Repovš & Baddeley, 2006). Tot slot kan de episodische buffer auditieve, visuele en ruimtelijke informatie integreren, waardoor gebeurtenissen hierin worden opgeslagen. Onderzoek

naar dit component is echter beperkt gebleven (Alloway & Passolunghi, 2011; Holmes & Adams, 2006; Rasmussen & Bisanz, 2005).

Door verschillende onderzoekers is het verband tussen het werkgeheugen en het leren van schoolse basisvaardigheden aangetoond, waaronder dus rekenvaardigheid (Alloway et al., 2005; Gathercole, Brown & Pickering, 2003; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary & Menon, 2010). Bij de ontwikkeling van rekenvaardigheden zijn alle werkgeheugencomponenten betrokken, waarbij elk component verschillende functies heeft (Holmes, Adams & Hamilton, 2008). De centrale verwerker is bij rekenen van belang voor het leren van nieuwe oplossingsstrategieën en het afwisselen van deze strategieën. Daarbij zorgt de centrale verwerker ervoor dat de aandacht gericht is op de relevante informatie voor het oplossen van het rekenkundige probleem, waarvoor irrelevante informatie wordt onderdrukt. Verder zorgt de centrale verwerker ervoor dat tijdens het oplossen van een rekenkundig probleem bijgehouden kan worden welk deel van de som al is uitgevoerd (DeStefano & LeFevre, 2004; Lemaire & Siegler, 1995). Voor het opslaan van cijferfeiten in verbale vorm is de fonologische lus verantwoordelijk (Jordan & Kaplan, 2009). Verder speelt dit component een belangrijke rol bij het tellen, het nazeggen van getallen en bij de rekenkundige bewerkingen optellen en aftrekken (Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu & Tsivkin, 1999; Holmes & Adams, 2006; Krajewski & Schneider, 2009; Passolunghi & Siegel, 2004; Passolunghi et al., 2007). Het herkennen van kleine aantallen en hoeveelheden en de verwerving van feiten over getallen is gerelateerd aan het visueel ruimtelijk schetsblok. Daarbij ondersteunt dit component het creëren van een mentale getallenlijn (Holmes & Adams, 2006; Holmes et al., 2008). Tot slot is de episodische buffer onder andere betrokken bij het oplossen van simpele sommen en het vergelijken van vormen. Bij deze taken is het namelijk nodig om kennis op te halen uit het lange termijn geheugen en deze te koppelen aan de huidige informatie (Alloway et al., 2005).

Uit bovenstaande informatie kan geconcludeerd worden dat alle componenten van het werkgeheugen de ontwikkeling van getalbegrip en rekenvaardigheden ondersteunen (Holmes, et al., 2008). Dit onderzoek zal zich richten op de werkgeheugencomponenten fonologische lus en visueel ruimtelijk schetsblok, omdat er is gebleken dat kinderen met rekenproblemen zwak presteren op metingen van het visueel ruimtelijk schetsblok (Van der Sluis, Van der Leij & De Jong, 2005) en van de fonologische lus (Holmes & Adams, 2006; Passolunghi & Siegel, 2001). Dit suggereert dat beiden slaafsystemen een cruciale rol spelen bij de ontwikkeling van rekenvaardigheden en tevens fungeren als voorspellers van de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Alloway & Passolunghi, 2011; Holmes & Adams, 2006; Imbo & Vandierendonck, 2007a; Passolunghi & Siegel, 2004; Passolunghi et al., 2007; Simmons, Singleton & Horne, 2008; Swanson & Sachse-Lee, 2001; Wilson & Swanson, 2001). Uit onderzoek van De Smedt en collega's (2009) komt bijvoorbeeld

naar voren dat metingen van de slaafsystemen fonologische lus en visueel ruimtelijk schetsblok op de leeftijd van ongeveer zes jaar gerelateerd zijn aan wiskundeprestaties vier maanden en één jaar later. Hierbij treden echter wel leeftijdsverschillen op met betrekking tot de sterkte van de voorspellende waarde van de slaafsystemen. Het visueel ruimtelijk schetsblok is alleen een voorspeller van de prestaties na 4 maanden en niet na één jaar en de fonologische lus is alleen een voorspeller van de prestaties na één jaar. Het verband tussen het visueel ruimtelijk schetsblok en rekenvaardigheden blijkt dus sterker te zijn bij jonge kinderen, tot de leeftijd van ongeveer zes jaar, dan bij oudere kinderen. Dit verschil heeft mogelijk te maken met het toenemende belang van fonologisch of verbaal gecodeerde informatie tijdens het rekenen op de basisschool (De Smedt et al., 2009; Holmes et al., 2008).

Naast dat er een verband bestaat tussen het werkgeheugen en rekenvaardigheden, komt dus uit onderzoek naar voren dat dit verband een voorspellend karakter heeft. Individuele verschillen in het functioneren van de fonologische lus en het visueel ruimtelijk schetsblok beïnvloeden dus de ontwikkeling van rekenvaardigheden. De bijdragen van de fonologische lus en het visueel ruimtelijk schetsblok aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden blijken hierbij gerelateerd te zijn aan leeftijd (De Smedt et al., 2009; Holmes et al., 2008).

Wiskundeprestaties jongens en meisjes

Bevindingen uit onderzoek naar sekseverschillen in het presteren op rekenkundige toetsen zijn controversieel. Veelvoorkomende resultaten zijn dat er op rekenkundige toetsen beter gepresteerd wordt door jongens dan door meisjes (Roselli, Ardila, Matute & Inozemtseva, 2009). Echter, welke basis achter dit verschil ligt is nog niet volledig bekend (Imbo & Vandierendonck, 2007b). Een suggestie voor de gemiddeld hogere prestaties van jongens op rekenkundige taken is dat jongens sneller rekenkundige feiten kunnen ophalen dan meisjes (Roselli et al., 2009). Het sneller ophalen van rekenkundige feiten wordt deels toegeschreven aan een verhoogd gebruik van ruimtelijke strategieën, welke jongens meer blijken te gebruiken (Benbow, 1988, zoals geciteerd in Lachance & Mazzocco, 2006). Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Levine, Huttenlocher, Taylor en Langrock (1999), waarin wordt aangetoond dat van de kinderen die nog niet naar school gaan, de jongens consistent beter presteren dan meisjes op ruimtelijke rekenkundige taken. Dit verschil in prestaties op ruimtelijke rekenkundige taken tussen jongens en meisjes houdt tevens stand wanneer kinderen naar school gaan. Bij de schoolgaande kinderen blijkt er tevens een verschil te zijn bij het presteren op verbale rekenkundige taken, waarbij de meisjes beter presteren dan jongens (Blakemore & Frith, 2008; Roselli et al., 2009). Dit suggereert dat meisjes en jongens verschillende

manieren gebruiken om rekenproblemen op te lossen (Klein, Adi-Japha, & Hakak-Benizri, 2010).

Wiskundeprestaties allochtone en autochtone leerlingen

In verschillende landen bestaat er al meerdere jaren een verschil in gemiddelde wiskundeprestaties tussen allochtone en autochtone leerlingen, waarbij allochtone leerlingen gemiddeld minder hoog presteren (Entwisle & Alexander, 1992; Huang, 2000; Nasir & Cobb, 2002). Onderzoekers die zich op dit onderwerp hebben gericht, hebben verschillende mediators gevonden om dit verschil mogelijk mee te kunnen verklaren.

Als belangrijkste bron van dit verschil vinden Entwisle en Alexander (1992) de factor sociaal economische status van de familie. De allochtone leerlingen in Nederland maken deel uit van de lage sociale klasse (Van der Slik, Driessen & De Bot, 2006). Uit onderzoek blijkt dat kinderen uit gezinnen met een laag sociaal economische status een relatief zwak getalbegrip hebben, omdat deze kinderen relatief weinig ervaring opdoen met getallen (Entwisle & Alexander, 1992; Jordan & Kaplan, 2009). De ouders hebben niet dezelfde mogelijkheden om de kinderen een omgeving te bieden die educatieverrijkend is. Ook vinden er bij deze gezinnen minder activiteiten plaats die taalrijk en cognitiestimulerend zijn (Mistry, Biesanz, Chien, Howes & Benner, 2008). Daarbij moet in acht worden genomen dat kinderen die tweetalig worden opgevoed minder sterk zijn in taalvaardigheden (Bialystok & Feng, 2009). Bij allochtone leerlingen blijken er dan ook vooral moeilijkheden te ontstaan met opgaven die goed lezen en controle vereisen (van IJzendoorn & de Frankrijker, 2005), die behoren tot de functies van het werkgeheugen. Deze factoren zijn oorzaak van een lager instroomniveau van deze kinderen (Jordan, et al., 2007). Verwacht mag worden dat er bij de kinderen uit dit onderzoek ook sprake zal zijn van een lager dan gemiddeld instroomniveau. Er is meer onderzoek nodig om aan te duiden of het lagere niveau van deze kinderen voortvloeit uit algemene rekenproblemen of door de minder goede taalvaardigheden (Van IJzendoorn & De Frankrijker, 2005).

Het huidige onderzoek: verband tussen werkgeheugentraining en getalbegrip

Het doel van dit onderzoek is het mogelijke bestaan van een causaal verband tussen het werkgeheugen en getalbegrip bij basisschoolkinderen van gemiddeld vijf jaar aan te tonen, waarbij rekening is gehouden met verschillen in sekse en afkomst. Hiervoor is gekeken naar een mogelijk verschil in effect van visuele en verbale werkgeheugentrainingen tussen leerlingen van allochtone en autochtone afkomst en tussen jongens en meisjes. De onderzoeksvragen die hierop aansluiten, luiden: 'Is er een verschil tussen jongens en meisjes in het effect van de verbale en visuele trainingen op

getalbegrip?' en 'Is er een verschil tussen autochtone leerlingen en allochtone leerlingen in het effect van de verbale en visuele trainingen op getalbegrip?'

De visuele werkgeheugentraining zal hierbij het visueel ruimtelijk schetsblok stimuleren en beïnvloeden en de verbale werkgeheugentraining zal de fonologische lus stimuleren en beïnvloeden. Dit zal voor alle participanten een positief effect hebben op het functioneren van de werkgeheugencomponenten. Volgens Kawashima en collega's (2010) leidt het trainen van het werkgeheugen namelijk tot structurele veranderingen van de hersengebieden die betrokken zijn bij het werkgeheugen. Deze structurele veranderingen hebben een verbetering van de werkgeheugencapaciteit, de werkgeheugenvaardigheden en andere cognitieve functies tot gevolg. Jordan en collega's (2007) geven echter aan dat het nog een open vraag is of het trainen van het werkgeheugen ook de ontwikkeling van getalbegrip kan verbeteren. Ook Van IJzendoorn en De Frankrijker (2005) benadrukken dat het van belang is om daar meer onderzoek naar te doen. Naast de maatschappelijke relevantie, namelijk het op jonge leeftijd voorkomen van rekenproblemen, heeft dit onderzoek dus ook wetenschappelijke relevantie. Dit onderzoek zal mogelijk meer inzichten kunnen bieden op het gebied van werkgeheugentrainingen in relatie tot de ontwikkeling van getalbegrip.

Doordat de werkgeheugencomponenten visueel ruimtelijk schetsblok en fonologische lus betrokken zijn bij de ontwikkeling van getalbegrip (Holmes & Adams, 2006), wordt er een positief effect van de visuele en verbale werkgeheugentrainingen op getalbegrip verwacht. Het trainen van het werkgeheugen zal, doormiddel van het effect op getalbegrip, de ontwikkeling van rekenvaardigheden ondersteunen en mogelijke latere problemen op het gebied van rekenvaardigheden kunnen voorkomen (Berch, 2006; Jordan & Kaplan, 2009; Krajewski & Schneider, 2009; Van Luit & Van de Rijt, 2009). Wanneer onderscheid wordt gemaakt tussen het visueel ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus, blijkt het visueel ruimtelijk schetsblok sterker samen te hangen bij jonge kinderen dan de fonologische lus. Om deze reden wordt er een positief effect van de visuele werkgeheugentraining verwacht (De Smedt et al., 2009; Holmes et al., 2008).

Door de prestaties van jongens en meisjes bij dit onderzoek te vergelijken, kan er gekeken worden of er een verschil is in effect van visuele en verbale werkgeheugentrainingen op getalbegrip. In voorgaande onderzoeken is aangetoond dat meisjes beter presteren op verbale rekenkundige taken en jongens beter presteren op visueel ruimtelijke taken (Blakemore & Frith, 2008; Rosselli et al., 2009). Om deze reden wordt er verwacht dat meisjes meer profiteren van een verbale werkgeheugentraining en jongens van een visuele werkgeheugentraining. Het effect in de groep met de verbale werkgeheugentraining zal dan gemiddeld groter zijn voor meisjes dan voor jongens. Aansluitend wordt verwacht dat het effect in de groep met de visuele werkgeheugentraining gemiddeld groter zal zijn voor jongens dan voor meisjes.

Daarnaast wordt er gekeken of er een verschil is in effect van visuele en verbale werkgeheugentrainingen tussen leerlingen van allochtone en autochtone afkomst op getalbegrip. Er is aangetoond dat leerlingen van allochtone afkomst een lager instroomniveau en minder goede taalvaardigheden hebben dan leerlingen van autochtone afkomst (Van IJzendoorn & De Frankrijker, 2005). Er wordt verwacht dat leerlingen van allochtone afkomst door deze factoren minder zullen kunnen profiteren van de werkgeheugentrainingen. Het effect van de visuele en verbale werkgeheugentrainingen zal voor de leerlingen van allochtone afkomst gemiddeld lager zijn dan voor leerlingen van autochtone afkomst.

Methode

Participanten

Aan het onderzoek hebben 127 kinderen deelgenomen, afkomstig van verschillende basisscholen in Nederland. Onder de 127 kinderen waren 57 meisjes (44.9%) en 66 jongens (52%). Van de 127 kinderen waren 78 kinderen autochtoon (61.4%) en 45 kinderen allochtoon (35.4%). Er waren in beide gevallen 4 missende waarden. De kinderen hadden een gemiddelde leeftijd van 4.77 ($N = 121$, $SD = .62$). De meisjes hadden een gemiddelde leeftijd van 4.73 ($n = 56$, $SD = .52$) en de jongens een gemiddelde leeftijd van 4.80 ($n = 65$, $SD = .69$). Er was een groot verschil in leeftijd tussen de autochtone en allochtone leerlingen. De autochtone leerlingen hadden een gemiddelde leeftijd van 4.65 ($n = 78$, $SD = .58$). De allochtone leerlingen hadden een gemiddelde leeftijd van 4.98 ($n = 43$, $SD = .64$). Van de 127 leerlingen zijn 6 leerlingen in een ander land geboren dan Nederland. Van 31 leerlingen is de vader geboren in een ander land. Van 37 leerlingen is de moeder geboren in een ander land. De ouders waren voornamelijk afkomstig uit Marokko en Turkije.

Instrumenten voor- en nametingen

Met de Number Line 1-10 taak wordt gemeten of kinderen de waarde van numerieke hoeveelheden kunnen schatten. Bij de taak wordt een lijn getoond met aan het linkeruiteinde het cijfer 1 en aan het rechteruiteinde het cijfer 10. Vervolgens wordt van de kinderen gevraagd de nummers 1 tot en met 10 te positioneren op deze lijn. Er wordt gesteld dat een goede interne representatie van de getallenlijn een voorwaarde is voor het formeel leren rekenen van kinderen in groep 3 (Ruijsenaars, Van Luit & Van Lieshout, 2006). De schattingen van de kinderen worden vergeleken met de werkelijke hoeveelheid. Voor elk antwoord wordt een lineaire fit (R^2) score berekend. Bekend is dat de patronen van schattingen van kinderen zich ontwikkelen van logaritmisch naar lineair.

Verschillen tussen kinderen in schattingen van getallen komen overeen met rekenprestaties (Siegler & Booth, 2004).

Instrumenten trainingen

Er zijn bij de trainingen drie verschillende condities, namelijk de verbale groep, de visuele groep en de controle groep. Bij elke groep wordt er gebruik gemaakt van verschillende instrumenten.

Visuele groep

Bij de visuele groep worden zes verschillende spelletjes gespeeld. Het gaat om de spelletjes Block Tapping, Mister X, Mazes, Memory Game, Sequencing Visual en Sorting Game. De spelletjes doen zowel een beroep op opslag als op de verwerking van visuele informatie. De spelletjes hebben verschillende niveaus. Als de kinderen meerdere achtereenvolgende goede antwoorden geven, wordt een volgend niveau aangeboden waarbij de moeilijkheidsgraad is verhoogd.

Block tapping.

Dit spel is gebaseerd op Corsi Blocks. De kinderen moeten individueel achtereenvolgend de blokjes aanwijzen die de testleider heeft aangewezen.

Mister X.

Dit spel is gebaseerd op Mister X Automated Working Memory Assessment Battery (AWMA). Er worden twee mannetjes op een blad getoond, die allebei een bal in de hand houden. De kinderen moeten eerst aangeven of de mannetjes de bal in dezelfde of andere hand houden en daarna in een lege windroos de positie van de bal van het rechter mannetje aanwijzen.

Mazes.

Het spel is gebaseerd op Mazes AWMA. Er wordt drie seconden een plaatje van een doolhof getoond, met de route naar de uitgang. De kinderen moeten daarna individueel dezelfde weg uit het doolhof tekenen als het voorbeeld.

Memory Game.

Bij dit spel moet de volgorde van een neergelede rij kaartjes met plaatjes worden onthouden. Elk kind krijgt drie seconden de tijd om de kaartjes te bekijken. Daarna worden de kaartjes geschud en moet elk kind de kaartjes weer op de juiste plek leggen.

Sequencing Visual.

Bij dit spel moeten de kinderen een voor een iets aanwijzen op een plaat met verschillende afbeeldingen. Het eerste kind wijst een figuur op de plaat aan, waarop het tweede kind dit herhaalt en nog een figuur aanwijst. Het derde kind geeft daarna achtereenvolgend aan wat het eerste en tweede kind hebben aangewezen op de plaat en voegt ook zelf iets toe, enzovoorts. Wanneer de kinderen de items niet meer kunnen herhalen wordt een nieuwe ronde gestart.

Sorting Game.

Elk kind krijgt de opdracht om kaartjes te sparen met een specifieke kleur. Er zijn rood-, geel- of blauwgekleurde kaartjes. Als de kaartjes zijn verdeeld moeten de kinderen aangeven op een blad welk plaatje er op het desbetreffende kaartje staat.

Verbale groep

Bij de verbale groep worden ook zes spelletjes aangeboden. Het betreft de spelletjes Non Word Recall, Listening Recall, Story Telling, Sequencing Backwards, Sequencing en Sorting Game. De spelletjes doen zowel een beroep op opslag als op de verwerking van verbale informatie. De spelletjes hebben verschillende niveaus. Als de kinderen meerdere achtereenvolgende goede antwoorden geven, wordt een volgend niveau aangeboden waarbij de moeilijkheidsgraad is verhoogd.

Non Word Recall.

Dit spel is gebaseerd op Non Word Recall AWMA. Kinderen moeten niet bestaande woorden nazeggen die de testleider voorzegt.

Listening Recall.

Het spel is gebaseerd op Listening Recall AWMA. De testleider leest korte zinnen op. De kinderen moeten individueel aangeven of de zin op waarheid gebaseerd is. Daarna moeten de kinderen aangeven wat het eerste woord uit de zin was.

Story Telling.

Bij dit spel wordt er allereerst een vraag aan het kind gesteld, waarna een verhaal verteld wordt. Als het verhaal afgelopen is moet het kind de vraag over het verhaal beantwoorden. Alle kinderen krijgen individueel een verhaal met een vraag aangeboden. Dit spel heeft geen verschillende niveaus.

Sequencing Backwards.

Het kind krijgt een zin voorgelegd van de testleider, over Sam die door het park loopt en allerlei dingen ziet. Elk kind moet individueel aangeven wat Sam gezien heeft, beginnend bij het laatste ding en eindigend met het eerste ding dat Sam zag.

Sequencing Verbal.

Kinderen moeten bij dit spel dingen noemen die in een park aanwezig kunnen zijn. Het eerste kind geeft aan wat er in het park kan zijn, waarop het tweede kind dit herhaalt en een aanvulling maakt. Het derde kind geeft daarna eerst achtereenvolgend aan wat het eerste en tweede kind hebben gezegd en voegt daarna zelf ook iets toe. Indien de kinderen de items niet meer kunnen herhalen wordt een nieuwe ronde gestart.

Sorting Game.

Bij dit spel spreekt de testleider woorden op drie verschillende manieren uit, namelijk zacht, normaal en hard. Elk kind krijgt toegewezen welk woord het kind moet onthouden, het woord welke zacht, normaal of hard gezegd wordt. Nadat alle woorden gezegd zijn moet het kind het desbetreffende woord herhalen.

Procedure

Studenten hebben contact opgenomen met scholen in de omgeving middels een brief met het verzoek voor deelname aan het onderzoek. Bij de brief is aanvullende informatie over het onderzoek meegestuurd. In overleg met de docenten van de deelnemende klassen zijn leerlingen uitgezocht om deel te nemen aan het onderzoek. Voor elke student is hierbij een groep van 9 leerlingen geselecteerd. De ouders van de leerlingen zijn hierna geïnformeerd over het onderzoek en hebben toestemming gegeven voor deelname aan het onderzoek. Vervolgens is het onderzoek gestart met afname van de voormetingen. De voormetingen zijn verdeeld over twee sessies per kind. Elke sessie duurde 35 tot 45 minuten. Hierbij werden de leerlingen één voor één door de studenten in de klas opgehaald en meegenomen naar een rustige ruimte. Na afloop van de sessies zijn de kinderen door de studenten teruggebracht naar de klas. Op basis van de resultaten van de voormetingen zijn de leerlingen verdeeld in groepen van drie kinderen. In deze groepen zijn de trainingen gegeven. De trainingen bestonden uit twaalf sessies, verdeeld over meerdere weken. Per sessie is met elke groep leerlingen twee verschillende trainingsspelletjes gedaan. Elk trainingsspelletje duurt ongeveer 10 minuten. Elke sessie duurde ongeveer 30 minuten. In beide condities werden alle zes de spelletjes

vier keer gespeeld. Elk spelletje had verschillende levels, en bij 4 achtereenvolgende goede antwoorden werd het kind een moeilijker level aangeboden. Het level waarin het zwakste kind 3 of 4 goede antwoorden kon geven, was het startlevel voor de volgende keer dat het spel gespeeld werd. De kinderen in de controle conditie werkten elke sessie aan twee verschillende kleurplaten. In totaal waren er zes verschillende kleurplaten. Aan het eind van elk trainingsspelletje kruisten de kinderen op een kaart aan welk spelletje ze gedaan hebben. De leerlingen zijn elke sessie door de studenten opgehaald in de klas, meegenomen naar een speelruimte en na afloop teruggebracht naar de klas. Afsluitend zijn de nametingen afgenomen, die op eenzelfde wijze zijn ingedeeld als de voormetingen.

Resultaten

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn er herhaalde metingen ANOVA's uitgevoerd. De tussen-subject factoren zijn sekse (jongen/meisje) en afkomst (allochtoon/autochtoon). De binnen-subject factoren zijn de voor- en de nameting. Voorafgaand aan de uitvoering van de herhaalde metingen ANOVA's zijn de voorwaarden gecontroleerd. Er is gebleken dat er sprake is van onafhankelijkheid van observaties en minimaal interval meetniveau. Verder geldt voor alle analyses dat er geen sprake is van een aselekt getrokken steekproef, omdat de deelnemende scholen door de proefleiders en de deelnemende leerlingen door de leraren zijn geselecteerd. Daarbij zijn de leerlingen op basis van de scores op de voormeting toegewezen aan de verschillende condities. Geen enkele groep was normaal verdeeld, de scores waren scheef naar links verdeeld. Er is deels voldaan aan de voorwaarde van homogeniteit van varianties. Bij de analyse gericht op het verschil in effect bij de visuele conditie, afhankelijk van afkomst, wordt hier niet aan voldaan. Ook is er bij de analyse gericht op het verschil in effect bij de visuele conditie, afhankelijk van sekse, geen sprake van homogeniteit van varianties op de nameting. Tot slot blijken er bij alle groepen uitschieters aanwezig te zijn. Deze zijn verwijderd bij de analyse gericht op het verschil in effect bij de visuele conditie, afhankelijk van afkomst, omdat de verwijdering een relatief sterke invloed heeft op het significantieniveau van het interactie-effect. De uitschieters zijn ook verwijderd bij de analyse gericht op het effect bij de verbale conditie, afhankelijk van sekse, om aan de voorwaarde van homogeniteit van varianties te voldoen. Er zijn bij de andere analyses geen bewerkingen op de data toegepast, om de power en de homogeniteit van varianties te behouden. Doordat niet aan alle voorwaarden wordt voldaan, zal voorzichtigheid geboden moeten worden bij de interpretatie en generalisatie van de onderzoeksresultaten.

Beschrijvende statistieken

De beschrijvende statistieken zijn in Tabel 1 weergegeven. Van enkele kinderen ontbreken de data. Deze missende scores zijn voornamelijk het gevolg van ziekte van kinderen of van het feit dat bij kinderen een onderdeel van de verschillende tests niet is afgenomen. Daardoor konden deze kinderen niet in de analyse worden meegenomen. De gemiddelde scores op de test NL 1-10 zijn berekend voor de groepen sekse en afkomst, in de verbale en visuele groep. Hogere scores op de test duiden op beter getalbegrip. Uit de resultaten is onder andere gebleken dat alle kinderen op de nameting gemiddeld hoger scoren dan op de voormeting, behalve de allochtone kinderen in de visuele conditie. De jongens in de verbale en visuele groep hebben een groter verschil in gemiddelde scores tussen de voor- en nameting dan de meisjes. De allochtone leerlingen in de verbale groep hebben een groter verschil in gemiddelde scores tussen de voor- en nameting dan de autochtone leerlingen. Met betrekking tot de voormeting blijkt dat allochtone leerlingen in de visuele en verbale groep gemiddeld een hogere score hebben dan autochtone leerlingen.

Tabel 1. *Beschrijvende Statistieken van Scores op de Voormeting en de Nameting van Getalbegrip (NL 1-10)*

	Voormeting			Nameting		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Verbale Groep						
Jongen	18	.72	.28	18	.83	.12
Meisje	16	.82	.15	16	.85	.10
Totaal	34	.77	.23	34	.84	.11
Visuele Groep						
Jongen	23	.73	.30	23	.80	.22
Meisje	16	.63	.37	16	.64	.39
Totaal	39	.69	.33	39	.73	.31
Verbale Groep						
Autochtoon	26	.70	.31	26	.73	.27
Allochtoon	12	.77	.21	12	.84	.13
Totaal	38	.72	.28	38	.76	.24
Visuele Groep						
Autochtoon	22	.73	.28	22	.86	.10
Allochtoon	10	.90	.08	10	.83	.19
Totaal	32	.78	.25	32	.85	.13

Resultaten herhaalde metingen ANOVA

Sekseverschil in de verbale Groep.

Om de verschillen in vooruitgang tussen jongens en meisjes in de verbale groep te meten, is gekeken naar het interactie-effect tussen tijd en sekse. Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is gebleken dat er geen significant interactie-effect van tijd en sekse was, $F(1, 32) = 1.336, p = .26$ (Figuur 1). Er is ook geen significant hoofdeffect van tijd gevonden, $F(1, 32) = 3.527, p = .07$. Tot slot is uit de herhaalde metingen ANOVA gebleken dat er geen significant hoofdeffect van sekse is, $F(1, 32) = 1.395, p = .24$.

Sekseverschil in de visuele Groep.

Er is gekeken naar het interactie-effect tussen tijd en sekse om de verschillen in vooruitgang tussen jongens en meisjes in de visuele groep te meten. De herhaalde metingen ANOVA heeft aangetoond dat er geen sprake is van interactie-effect tussen geslacht en de voor- en nameting, $F(1, 37) = 0.45, p = .51$ (Figuur 2). Daarnaast is gebleken dat er geen sprake is van een significant hoofdeffect van geslacht op getalbegrip, $F(1, 37) = 2.16, p = .15$. Tevens is gebleken dat er geen sprake is van een significant hoofdeffect van tijd op getalbegrip, $F(1, 37) = 0.63, p = .43$.

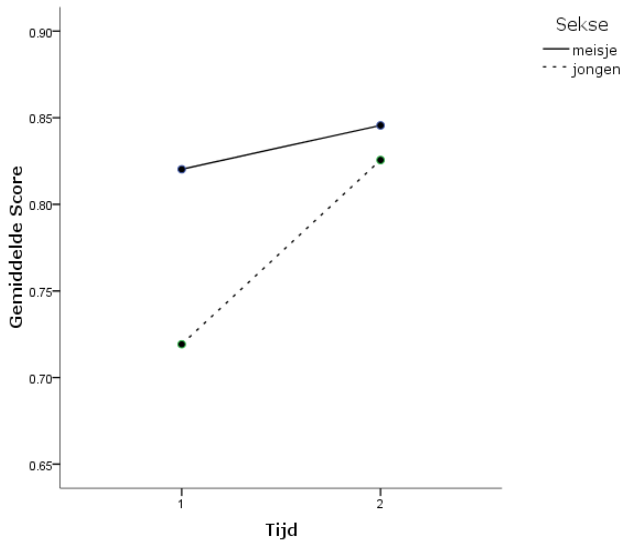
Afkomstverschil in de verbale Groep.

Het verschil in vooruitgang tussen de allochtone en autochtone leerlingen in de verbale groep is gemeten door te kijken naar het interactie-effect tussen tijd en afkomst. Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is gebleken dat er geen sprake is van een significant interactie-effect, $F(1, 36) = 0.31, p = .58$ (Figuur 3). Daarnaast is er uit de herhaalde metingen ANOVA gebleken dat er noch van afkomst, noch van tijd een significant hoofdeffect is, respectievelijk, $F(1, 36) = 1.16, p = .29$ en $F(1, 36) = 1.37, p = .25$.

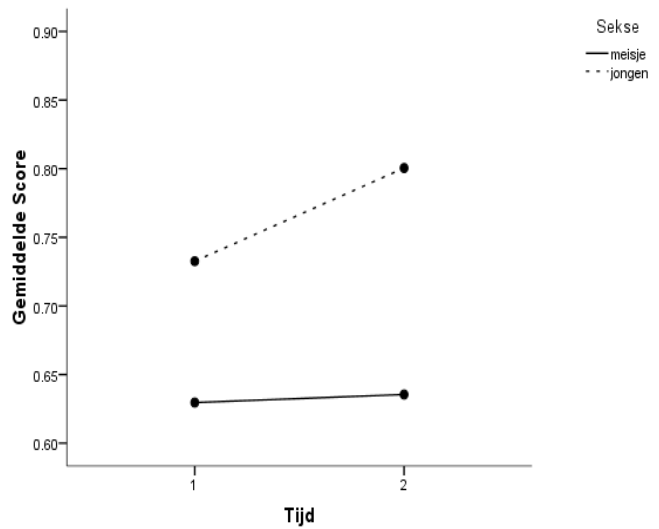
Afkomstverschil in de visuele Groep.

Ten slotte is er om de verschillen in vooruitgang tussen de allochtone en autochtone leerlingen in de visuele groep te meten, gekeken naar het interactie-effect tussen tijd en afkomst. Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is gebleken dat er sprake is van een significant interactie-effect tussen tijd en afkomst, $F(1, 30) = 4.34, p = .05, \eta^2 = .13$ (Figuur 4). De proportie verklaarde variantie wordt hierbij gekwalificeerd als middelgroot. Een interactie-effect tussen tijd en afkomst op getalbegrip houdt in dat, zoals genoemd, de getalbegripscores van kinderen van verschillende afkomst in een verschillende mate voor- of achteruit gaan over de tijd.

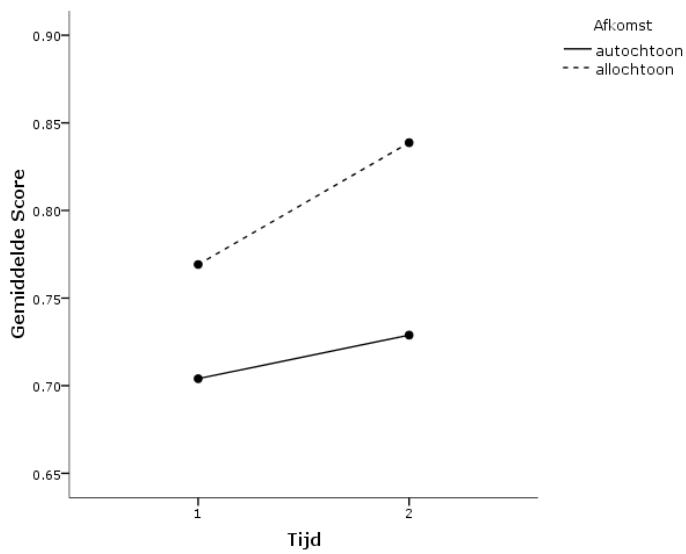
Uit de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA is verder gebleken dat er geen hoofdeffect van tijd op getalbegrip bestaat, $F(1, 30) = .46, p = .50$. Tevens is gebleken dat er geen hoofdeffect van afkomst op getalbegrip bestaat, $F(1,30) = 1.53, p = .23$.



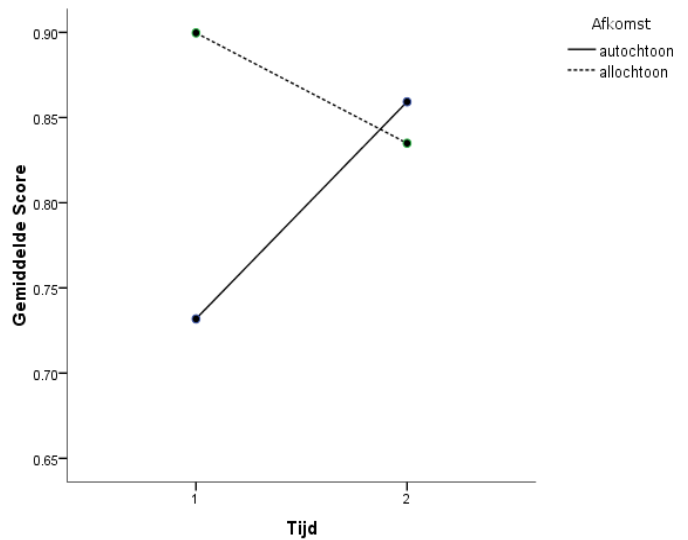
Figuur 1. Gemiddelde scores verbale groep



Figuur 2. Gemiddelde scores visuele groep.



Figuur 3. Gemiddelde scores verbale groep



Figuur 4. Gemiddelde scores visuele groep.

Conclusie en Discussie

Het doel van dit onderzoek is het mogelijke bestaan van een causaal verband tussen het visuele en verbale werkgeheugen en getalbegrip bij basisschoolkinderen van gemiddeld vijf jaar aan te tonen, waarbij rekening is gehouden met verschillen in sekse en afkomst.

Er is een significant interactie-effect gevonden, namelijk tussen tijd en afkomst op getalbegrip in de visuele conditie. Dit houdt in dat de scores op getalbegrip van leerlingen van allochtone en autochtone afkomst in een verschillende mate voor- of achteruit gaan over de tijd. De visuele werkgeheugentraining heeft een positief effect op de autochtone leerlingen en een negatief effect op de allochtone leerlingen. Het negatieve effect komt niet overeen met de vooropgestelde verwachting dat de werkgeheugentrainingen voor alle participanten een positief effect zal hebben op het op getalbegrip, doormiddel van het effect op het functioneren van de werkgeheugencomponenten. Een mogelijke verklaring voor het gevonden significante resultaat is dat in de visuele groep de leerlingen van allochtone afkomst op de voormeting relatief hoog scoren in vergelijking met autochtone leerlingen. Dit verschijnsel kan verklaard worden aan de hand van het statistische fenomeen 'regressie naar het gemiddelde', waarbij de scores op een tweede meting meer naar de gemiddelde score neigen. Dit geeft voor de allochtone leerlingen het beeld dat de scores op nameting in vergelijking met de scores op de voormeting lager zijn. Dit beeld berust mogelijk op toeval en hoeft niet overeen te komen met de werkelijkheid. Het positieve effect van de visuele training op de autochtone leerlingen komt overeen met de verwachting. Dit ondersteunt het gegeven dat het trainen van het werkgeheugen leidt tot veranderingen van de werkgeheugenvaardigheden, mogelijk door structurele veranderingen van de hersengebieden die betrokken zijn bij het werkgeheugen (Kawashima et al., 2010).

Verder is gebleken dat er geen significant verschil is in effect van de visuele en verbale werkgeheugentrainingen tussen jongens en meisjes op getalbegrip. Tevens is er geen significant verschil in effect van de verbale werkgeheugentrainingen tussen leerlingen van allochtone en autochtone afkomst. Het feit dat de werkgeheugentraining slechts zes weken duurde, kan mogelijk verklaren dat deze verschillen in effect niet significant zijn. Een langere training had mogelijk een groter verschil in effect kunnen hebben. Ook de geringe grootte van de groepen kan een mogelijke verklaring zijn voor het uitblijven van significante effecten. De vraag is of er bij een grotere groep kinderen een groter verschil in effect te zien zal zijn.

Aan de hand van deze resultaten kan er met betrekking tot het onderzoeksdoel geconcludeerd worden dat er afhankelijk van afkomst en sekse geen verband tussen het verbale werkgeheugen en getalbegrip is. Tevens is er geen verband tussen het visuele en verbale werkgeheugen en getalbegrip, afhankelijk van sekse. Tussen het visuele

werkgeheugen en getalbegrip is, afhankelijk van afkomst, wel een verband. Dit betekent dat het getalbegrip van autochtone leerlingen in een aantal weken sneller ontwikkelt aan de hand van een visuele werkgeheugentraining, in vergelijking met allochtone leerlingen.

Interpretatie beschrijvende statistiek

Uit de beschrijvende statistiek blijkt dat meisjes zowel in de verbale als de visuele conditie minder profiteren van de werkgeheugentrainingen, want het verschil in gemiddelde scores van getalbegrip op de voor- en nameting is voor meisjes kleiner in vergelijking met jongens. Dit komt wel overeen met de verwachting dat in de visuele conditie jongens meer vooruit gaan dan meisjes. Dat meisjes in de verbale conditie minder vooruit gaan dan jongens komt echter niet overeen met de verwachting. Dit kan worden verklaard door het gegeven dat het visueel ruimtelijk schetsblok sterker samenhangt bij jonge kinderen dan de fonologische lus (De Smedt et al., 2009; Holmes et al., 2008; Alloway & Passolunghi, 2011). Een verbale werkgeheugentraining zal daardoor op de leeftijd van vijf jaar minder effectief zijn dan een visuele werkgeheugentraining. Daarbij is in dit onderzoek getalbegrip gemeten aan de hand van een test die vooral beroep doet op het visueel ruimtelijk schetsblok. Het visueel ruimtelijk schetsblok speelt namelijk een belangrijke rol bij de representatie van de mentale getallenlijn (Holmes & Adams, 2006; Holmes et al., 2008). Dat de jongens in de verbale conditie meer vooruit gaan dan meisjes zou mogelijk verklaard kunnen worden aan de hand van het begrip transfereffect. Dit houdt in dat het trainen van het verbale werkgeheugen mogelijk ook een effect heeft op het functioneren van andere hersengebieden, waaronder het visueel ruimtelijk schetsblok. Er blijkt namelijk een sterke relatie te zijn tussen het visueel ruimtelijk schetsblok en de fonologische lus (Krajewski & Schneider, 2009).

Uit de resultaten blijkt verder dat het effect van de verbale werkgeheugentraining groter is bij de allochtone leerlingen dan bij de autochtone leerlingen. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat het effect voor autochtone leerlingen groter zou zijn. Dit kan betekenen dat de rol van de Nederlandse taal op deze leeftijd relatief klein is voor het ontwikkelen van getalbegrip. Getalbegrip is mogelijk wel ontwikkeld aan de hand van instructies en spelletjes in de moedertaal en deze kennis kan gegeneraliseerd worden naar andere situaties.

Implicaties en toekomstig onderzoek

Er kunnen kanttekeningen bij het onderzoek geplaatst worden. Ten eerste kunnen er verschillen bestaan in de manier waarop de proefleiders de werkgeheugentrainingen hebben gegeven. Dit zal echter naar verwachting geen direct effect hebben op de scores van getalbegrip, omdat bij het vormen van de te vergelijken groepen de participanten

zijn verdeeld over de proefleiders. Verder kan hier tegenover geplaatst worden dat de proefleiders voorafgaand aan het onderzoek zelf een training hebben bijgewoond met betrekking tot het geven van de werkgeheugentrainingen. Tevens hebben de proefleiders zelfstandig geoefend werkgeheugentrainingen, om hier voldoende voorbereid aan te beginnen en de kinderen in het onderzoek op een zo gelijk mogelijke manier te trainen. Standaardisatie is namelijk van belang om een zo betrouwbaar mogelijke uitspraak te doen over de onderzoeksresultaten.

Ten tweede hebben de afnamen van de NL 1-10 en het geven van de werkgeheugentrainingen niet bij elke leerling in een vergelijkbare omgeving plaatsgevonden. Enkele groepjes hebben training gekregen in de gymzaal, wat bij de leerlingen mogelijk voor afleiding heeft gezorgd. Tevens is bij enkele leerlingen de NL 1-10 in een open ruimte in het schoolgebouw afgenomen, waar werknemers en medeleerlingen langs konden lopen. Ook dit kan voor afleiding hebben gezorgd bij de leerlingen. De deelnemende leerlingen van de desbetreffende school zijn echter gewend aan de openheid in dit schoolgebouw en keken niet tot nauwelijks op bij geluiden en voorbijkomende personen. Naar verwachting zullen deze gebeurtenissen relatief weinig effect hebben op de uitkomsten van het onderzoek. In de toekomst dient echter wel meer rekening gehouden te worden met het gegeven dat in scholen ruimtegebrek kan bestaan en geen lege en afgesloten ruimten aanwezig zijn voor de uitvoering van het onderzoek. Hier dient voorafgaand aan het onderzoek naar geïnformeerd te worden bij de deelnemende scholen om de betrouwbaarheid van het onderzoek te waarborgen.

Ten derde deden aan het onderzoek minder leerlingen van allochtone afkomst dan van autochtone afkomst mee. De kleine omvang van de groep allochtone leerlingen heeft gevolgen voor de interne validiteit, omdat de power klein is. Verder waren de allochtone leerlingen grotendeels afkomstig van dezelfde school en zijn zij voornamelijk van Turkse of Marokkaanse afkomst. Hierdoor wordt de externe validiteit van het onderzoek aangetast. De onderzoeksresultaten dienen met voorzichtigheid gegeneraliseerd te worden naar andere leerlingen.

Geconcludeerd kan worden dat het van belang is het onderzoek onder een grotere groep kinderen uit te voeren. Hierbij is het ook mogelijk om te onderzoeken welke effecten een training over een langere periode zal hebben. Toekomstig onderzoek zal ook uit moeten wijzen of de gevonden resultaten ook gelden voor allochtone leerlingen met een andere afkomst dan de Marokkaanse of Turkse, wonend in verschillende steden in Nederland. Hierbij zal moeten blijken of bij een herhaalde meting van getalbegrip dezelfde resultaten worden verkregen. Mogelijk kan een ander resultaat naar voren komen wanneer getalbegrip breder gemeten wordt. Hiervoor kan bijvoorbeeld de Utrechtse Getalbegrip Toets- Revised gebruikt worden. Verder zal er longitudinaal onderzoek uitgevoerd moeten worden om de verschuiving van het aandeel van de

fonologische lus en het visueel ruimtelijk schetsblok in de ontwikkeling van getalbegrip en rekenvaardigheden te onderzoeken. Daarnaast kan longitudinaal onderzoek mogelijk aantonen of er sprake is van een lange termijn effect van de werkgeheugentrainingen.

Dit onderzoek heeft een bijdrage geleverd aan het verkrijgen van nieuwe inzichten op het gebied van werkgeheugen en getalbegrip, waarbij is toegespitst op sekse- en afkomstverschillen. Deze nieuwe inzichten en vragen kunnen aanzetten tot meer onderzoek binnen dit onderzoeksgebied, wat bij kan dragen aan de ontwikkeling of verbetering van interventies met betrekking tot rekenproblemen.

Literatuurlijst

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A., Willis, C., Eaglen, R., & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *British Journal of Developmental Psychology, 23*, 417-426.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716.
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences, 21*, 133-138.
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences, 20*, 427-435.
- Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*, 829-839.
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2009). *Memory*. New York: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. *The Psychology of Learning and Motivation* (Bower, G. A., ed.), pp. 47-89. Academic Press.
- Berch, D. B. (2006). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 333-339.
- Bialystok, E., & Feng, X. (2009). Language proficiency and executive control in proactive interference: Evidence from monolingual and bilingual children and adults. *Brain and Language, 109*, 93-100.
- Blakemore, S. J., & Frith, U. (2008). *The learning brain. Lessons for education*. Malden: Blackwell Publishing.
- Chan, R. C. K., Shurn, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archive of Clinical Neuropsychology, 23*, 201-216.
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences, 15*, 189-202.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L. Boets, B., & Ghesquiere, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186-201.
- Dehaene, S., Spelke, L., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science, 284*, 970-974.

- DeStefano, D., & LeFevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 353-386.
- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (1992). Summer setback: Race, poverty, school composition, and mathematics achievement in the first two years of school. *American Sociological Review, 57*, 72-84.
- Faulkner, V. N. (2009). The components of number sense: An instructional model for teachers. *Teaching Exceptional Children, 41*, 24-29.
- Gathercole, S. E., Brown, L. & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology, 20*, 109-122.
- Geary, D. C. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learning and Individual Differences, 20*, 130-133.
- 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.
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-366.
- Holmes, J., Adams, J. W., & Hamilton, C. J. (2008). The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*, 272-290.
- Howell, S. C., & Kemp, C. R. (2010). Assessing preschool number sense: Skills demonstrated by children prior to school entry. *Educational Psychology, 30*, 411-429.
- Huang, G. G. (2000). Mathematics achievement by immigrant children. *Education Policy Analysis Archives, 8*, 1-16.
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007a). Do multiplication and division strategies rely on executive and phonological working memory resources? *Memory & Cognition, 35*, 1759-1771.
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007b). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 284-309.
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82-88.

- Jordan, N. C., & Kaplan, D. (2009) Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *American Psychological Association, 45*, 850-867.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice, 22*, 36-46.
- Kawashima, R., Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Taki, Y. Yokoyama, S., Yomogida, Y., Komuro, N., Yamanouchi, T., & Suzuki, S. (2010). Training of working memory impacts structural connectivity. *Journal of Neuroscience, 30*, 3297-3303.
- Klein, P. S., Adi-Japha, E., & Hakak-Benizri, S. (2010). Mathematical thinking of kindergarten boys and girls: similar achievement, different contributing processes. *Educational Studies in Mathematics, 73*, 233-246.
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 516-531.
- Lachance, J. A., & Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences, 16*, 195-216.
- Lago, R. M., & DiPerna, J. C. (2010). Number sense in kindergarten: A factor-analytic study of the construct. *School Psychology Review, 39*, 164-180.
- Lemaire, P., & Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology, General, 124*, 83-97.
- Levine, S. C., Huttenlocher, J., Taylor, A., & Langrock, A. (1999). Early sex differences in spatial skill. *Developmental Psychology, 35*, 940-949.
- 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.
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D.C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences, 20*, 101-109.
- Miller, H., & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender and math performance. *Personality and Individual Differences, 37*, 591-606.
- Mistry, R. S., Biesanz, J. C., Chien, N., Howes, C., & Benner, A. D. (2008). Socioeconomic status, parental investeert, and the cognitive and behavioral outcomes of low-income children from immigrant and native households. *Early Childhood Research Quaterly, 23*, 193-212.

- Nasir, N. S., & Cobb, P. (2002). Diversity, equity, and mathematical learning. *Mathematical Thinking and Learning, 4*, 91-103.
- Passolunghi, M. C., & Mammarella, I. C. (2010). Spatial and visual working memory ability in children with difficulties in arithmetic word problem solving. *European Journal of Cognitive Psychology, 22*, 944-963.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology, 80*, 44-57.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 348-367.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development, 22*, 165-184.
- Plasterk, R. H. A., & Van der Hoeven, M. J. A. (2009). Gevonden op 22 maart 2011, op <http://www.rijksbegroting.nl>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Difference, 20*, 110-122.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 137-157. *European Journal of Cognitive Psychology, 12*, 552-570.
- Repovš, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*, 5-21.
- Roselli, M., Ardila, A., Matute, E., & Inozemtseva, O. (2009). Gender differences and cognitive correlates of mathematical skills in school-aged children. *Child Neuropsychology, 15*, 216-231.
- Ruijsenaars, A.J.J.M., Van Luit, J.E.H., & Van Lieshout, E.C.D.M. (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie. Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Siegler, R.S., & Booth, J.L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428-44.
- Simmons, F., Singleton, C., & Horne, J. (2008). Brief report - Phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predicts early arithmetic attainment: Evidence from a longitudinal study. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*, 11-23.
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological

- processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294–321.
- Torbeyns, J., Van den Noortgate, W., Ghesquière, 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.
- Van der Slik, F. W. P., Driessen, G. W. J. M., & De Bot, K. L. J. (2006). Ethnic and socioeconomic class composition and language proficiency: A longitudinal multilevel examination in Dutch elementary schools. *European Sociological Review*, 22, 293-308.
- Van der Sluis, S., Van der Leij, A., & De Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 207-221.
- Van de Rijt, B. A. M., & Van Luit, J. E. M. (1999). Milestones in the development of infant numeracy. *Scandinavia Journal of Psychology*, 40, 65-71.
- Van IJzendoorn, M. H., & De Frankrijker, H. (2005). *Pedagogiek in beeld*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- 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.
- Wagner, D., & Davis, B. (2010). Feeling number: grounding number sense is a sense of quantity. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 39-52.
- 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.