

DE EFFECTEN VAN SPELEN IN 'DE REKENTUIN' BIJ LEERLINGEN IN HET PRAKTIJKONDERWIJS

*Eva de Lange
Brenda Jansen
Mariët van der Molen¹*

Kinderen in het praktijkonderwijs, die een IQ-score tussen de 55 en 80 hebben, hebben moeite met het maken van rekensommen. Vaak hebben deze kinderen ook te maken met een beperkt werkgeheugen, korte termijngeheugen en inhibitievermogen. In dit onderzoek worden de effecten van het gebruik van 'de Rekentuin' (een computergestuurd rekenprogramma) in het praktijkonderwijs onderzocht en wordt de relatie tussen de reken Capaciteiten van kinderen in het praktijkonderwijs, hun werkgeheugen, korte termijn geheugen en inhibitie bestudeerd. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de rekenvaardigheden van de kinderen die in 'de Rekentuin' hebben gespeeld pas significant beter zijn dan van de controlegroep als zij meer dan 1200 sommen in dit programma hebben gemaakt. Verder werd gevonden dat het visueel spatueel korte-termijngeheugen en werkgeheugen positief samenhangen met de reken Capaciteiten, maar de geheugenfuncties en het inhibitievermogen verbeteren niet door het spelen in 'de Rekentuin'.

Inleiding

Kinderen vanaf 12 jaar komen in aanmerking voor het volgen van praktijkonderwijs wanneer hun IQ-score hoger is dan 55 en lager dan 80 en ze een leerachterstand hebben op tenminste twee van de volgende vier domeinen: inzichtelijk rekenen, begrijpend lezen, technisch lezen en spellen. Leerlingen in het praktijkonderwijs hebben meer moeite met rekenen en lezen dan leerlingen in het regulier onderwijs. Dit zou verklaard kunnen worden door hun lagere intelligentie. Van Lieshout (2001) vond in een onderzoek echter dat de rekenachterstand van leerlingen in het mytylonderwijs (leerlingen met een lichamelijke beperking, vaak in combinatie met moeilijk lerend niveau) wegviel, wanneer rekening werd gehouden met het verschil in uren rekenonderwijs. De mogelijkheid bestaat dat ook binnen het praktijkonderwijs minder aandacht wordt besteed aan rekenonderwijs dan in het reguliere onderwijs, waardoor de rekenvaardigheden achterblijven.

Binnen rekenvaardigheden zijn verschillende domeinen te onderscheiden: het domein van het getalbegrip en verschillende telvaardigheden; het domein van de vier basisrekenbewerkingen (optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen) en het domein van rekenkundige probleemoplossingsvaardigheden (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Bij de basisrekenbewerkingen wordt vooral een beroep gedaan op het werkgeheugen.

In de Rekentuin, een computergestuurd rekenprogramma, doen kinderen sommen die betrekking hebben op de basisrekenbewerkingen in een aantrekkelijke web-based omgeving (Straatemeier, Jansen, Klinkenberg & Van der Maas, submitted). De Rekentuin bevat geen instructies, maar is ontwikkeld om kinderen de basisbewerkingen te laten oefenen. Oefenen kan het automatiseren van sommen bevorderen (o.a. Resnick & Ford, 1981). Juist het automatiseren van rekensommen is een lastige taak voor veel kinderen (o.a., Baroody, 1985). De Rekentuin is computer-adaptief (CA). Dat houdt in dat de moeilijkheid van de aangeboden sommen wordt aangepast aan de vaardigheid van het

¹ Eva de Lange was ten tijden van het onderzoek Master student Klinische ontwikkelingspsychologie, UVA, en werkt nu bij Samen Naar School Rotterdam-Zuid; Brenda Jansen is Universitair docent Ontwikkelingspsychologie, UvA; Mariët van der Molen is Universitair docent Ontwikkelingspsychologie VU.

kind. Gemiddeld hebben kinderen een kans van 75% om een som binnen de tijd op te lossen. Dit percentage is hoog, aangezien gangbare CA-programma's items aanbieden waarbij de kans op correct slechts 50% is. Door accuratesse en reactietijd te combineren, kan dit hoge percentage gehanteerd worden, wat het competentiegevoel van kinderen mogelijk verhoogt.

Op het gebied van rekeninterventies is veel onderzoek gedaan, onder andere bij kinderen met leerproblemen, emotionele stoornissen en cognitieve beperkingen (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Uit de meta-analyse van Kroesbergen en Van Luit (2003) komt naar voren dat de effectgrootte van rekeninterventies bij kinderen met een licht verstandelijke beperking (LVB) groot is (Cohen's d van 0.80). Met name rekeninterventies die gericht zijn op het gebied van de basisrekenvaardigheden bleken effectief te zijn. Voor de effectiviteit van rekentrainingen in de vorm van computerspellen in de algemene populatie zijn wisselende resultaten gevonden (Kebritichi, Hirumi & Bai, 2010). De eerste vraag in dit onderzoek is of een computergestuurde rekentraining bij kinderen met een LVB effectief is.

Bij rekenen wordt een beroep gedaan op het werkgeheugen. Vaak moet informatie worden onthouden om later in de bewerking te gebruiken. Het werkgeheugen is een plek waar informatie tijdelijk wordt opgeslagen en kan worden bewerkt (Baddeley, 2003). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verbaal werkgeheugen en visueel-spatieel werkgeheugen (visuele en ruimtelijke informatie). Het kortetermijngeheugen (KTG) is een onderdeel van werkgeheugen en deze vormen van geheugen zijn dus verschillende constructen (Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999). KTG wordt ook verdeeld in verbaal KTG en visueel-spatieel KTG, maar is slechts bedoeld voor de korte opslag van informatie, terwijl het werkgeheugen zowel een opslag- als een aandachtscomponent bevat.

Het KTG is tevens van belang voor rekenen omdat de getallen waarmee gerekend wordt, opgeslagen moeten worden. Uit het onderzoek van Berg (2008) komt naar voren dat er significante associaties bestaan tussen het KTG en de rekenvaardigheden van kinderen. Van der Molen, Van Luit, Jongmans en Van der Molen (2009) vinden in hun onderzoek dat kinderen met cognitieve beperkingen slechter scoren op KTG-taken dan zich normaal ontwikkelende leeftijdsgenoten.

Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat het werkgeheugen van kinderen sterk samenhangt met hun rekencapaciteiten (Berg, 2007; Gathercole, Pickering, Knight & Stegmann, 2004; Holmes & Adams, 2006; voor reviews zie LeFevre, DeStefano & Shanahan, 2005; Raghobar, Barnes & Hecht, 2010). Deze onderzoeken zijn echter gericht op zich normaal ontwikkelende kinderen en kinderen met specifieke rekenmoeilijkheden. Er is weinig onderzoek gedaan naar het verband tussen het werkgeheugen en rekencapaciteiten van kinderen met een algemeen cognitieve beperking. Uit het meest recente relevante onderzoek komt naar voren dat het verbaal en visueel-spatieel werkgeheugen aan de rekencapaciteiten zijn gerelateerd (Henry & Winfield, 2010).

Van kinderen met een LVB is bekend dat zij een zwak werkgeheugen hebben (o.a., Henry, 2001; Schuchardt, Gebhardt & Mäehler, 2010; Van der Molen et al., 2009). Uit verschillende onderzoeken komt naar voren dat kinderen met een cognitieve beperking slechter scoren op geheugentaken dan hun leeftijdsgenoten met een gemiddelde intelligentie. Wanneer de kinderen met een cognitieve beperking worden vergeleken met kinderen van dezelfde mentale leeftijd, blijkt dat ze met name een zwak verbaal geheugen hebben.

In de literatuur over rekenvaardigheden bij kinderen wordt ook een lage mate van inhibitie in verband gebracht met zwakkere rekenvaardigheden. Inhibitie is een onderdeel van het executief functioneren en wordt omschreven als 'het onderdrukken van dominante neigingen ten voordele van meer doelgericht gedrag' (Bull, Espy & Wiebe, 2008). Bij rekenen zijn meerdere denkstappen nodig en een kind moet de neiging om het eerste antwoord dat in hem opkomt kunnen onderdrukken, oftewel

inhiberen (Bull & Scerif, 2001). Van adolescenten met cognitieve beperkingen is bekend dat ze slechter presteren op taken die inhibitie meten (Merrill & MacLean, 2006). Uit onderzoek van St Claire-Thompson en Gathercole (2006) kwam naar voren dat inhibitie samenhangt met rekenen/wiskunde. Hoe deze inhibitieproblemen bij kinderen met cognitieve beperkingen samenhangen met hun reken Capaciteiten is een belangrijke vraag die tot dusver nog niet is onderzocht. De tweede vraag van dit onderzoek is daarom: wat de relatie is tussen rekenvaardigheden enerzijds en werkgeheugen, korte termijngeheugen en inhibitie anderzijds bij leerlingen in het praktijkonderwijs?

Wanneer kinderen hun rekenvaardigheden meer gaan trainen, is het mogelijk dat zij hierdoor ook hun werkgeheugen meer stimuleren. Uit recent onderzoek van Van der Molen en collega's (2010) is gebleken dat het werkgeheugen van kinderen met een LVB kan verbeteren door het te trainen. De mogelijkheid bestaat dat het effect tussen rekenvaardigheid en werkgeheugen wederkerig is, dus dat het werkgeheugen kan verbeteren door de rekenvaardigheden te verbeteren en andersom. In onderzoek met senioren is al aangetoond dat het oefenen met rekensommen kan leiden tot verbeteringen in cognitieve functies, inclusief werkgeheugen (Uchida & Kawashima, 2008). De derde vraag in het huidige onderzoek is daarom of een rekentraining positieve effecten heeft op het werkgeheugen, KTG en de inhibitie.

Op basis van de besproken literatuur zijn de volgende hypothesen geformuleerd:

- Hypothese 1: Na het volgen van de rekentraining zullen de leerlingen in het praktijkonderwijs significant betere reken Capaciteiten hebben dan de leerlingen in de controlegroep die deze rekentraining niet hebben gevolgd.
- Hypothese 2: Reken Capaciteiten van kinderen in het praktijkonderwijs hangen positief samen met hun werkgeheugen, KTG en inhibitie.
- Hypothese 3: Na het volgen van de rekentraining zullen kinderen in het praktijkonderwijs significant beter scoren op taken die het werkgeheugen, KTG en de inhibitie meten, dan de kinderen in de controlegroep die de rekentraining niet hebben gevolgd.

Methode

Deelnemers

58 Fysiek gezonde leerlingen van twee praktijkscholen in de omgeving Rotterdam (leeftijd 12-15 jaar, gemiddelde (M) leeftijd = 13.7 jaar (SD = 0.70), 31 jongens en 27 meisjes) hebben aan het onderzoek meegedaan. Leerlingen in controlegroep en experimentele groep werden zo veel mogelijk gematcht op leeftijd, sekse, nationaliteit en fluid intelligentie gemeten met de Raven Standard Progressive Matrices Test (Raven, 2008). De groepen verschilden niet significant op gemiddelde leeftijd, aantal jongens/meisjes of fluid intelligentie. De Nederlandse en niet-Nederlandse groepen verschilden niet significant van elkaar op één van de gemiddeldes van de variabelen. De mentale leeftijd van de kinderen, geschat op basis van hun prestaties op de Raven Standard Progressive Matrices lag gemiddeld op 10.2 jaar met een SD van 1.80.

Conditie	Geslacht	Aantal (n)	Raven IQ (SD)
Experimentele groep	Jongen	14	74.07 (12.02)
	Meisje	15	73.87 (10.60)
Controle groep	Jongen	17	75.35 (12.77)
	Meisje	12	73.33 (15.31)

Opzet van het onderzoek

Voormeting: Alle kinderen die deelnamen aan het onderzoek werden individueel getest op de volgende taken: een verbale werkgeheugentaak, een visueel-spatieële werkgeheugentaak, een verbale

kortetermijngeheugentaak, een visuele kortetermijngeheugentaak en een inhibitietaak. Klassikaal werden de reken Capaciteiten en de fluid intelligentie getest. Daarnaast vulden alle kinderen een formulier in met vragen over hun geboortedatum, sekse, nationaliteit en beroep van ouders.

Interventie: De deelnemende leerlingen werden ingeschreven voor een jaarabonnement op de Reken tuin. De helft van deze kinderen (de experimentele groep) heeft gedurende 5 weken gebruik gemaakt van dit rekenprogramma. Het programma maakt een automatische analyse van alle resultaten, evenals van de speelfrequentie. De experimentele groep kreeg de opdracht vier keer per week te oefenen in de Reken tuin gedurende ongeveer 10 minuten. Verwacht werd dat de kinderen in deze 10 minuten vier spellen van elk 15 sommen zouden kunnen maken (4 spellen * 15 sommen * 4 keer per week * 5 weken = 1200 sommen in totaal). De kinderen in de controlegroep namen gedurende deze 5 weken alleen deel aan de reguliere rekenlessen die de school biedt (gemiddeld ongeveer 2 uur per week). Het betreft een wachtlijstconditie, deze leerlingen kregen na de nameting de gelegenheid de rest van het schooljaar met de Reken tuin te werken.

Nameting: In de twee weken na de interventieperiode werden alle deelnemende kinderen nogmaals getest met de reken-, werkgeheugen-, KTG- en inhibitietaken.

Materiaal

Reken Capaciteiten

Tempotoets automatiseren (TTA; De Vos, 2010)

De TTA is gemaakt om rekenvaardigheid en de mate van automatisering van rekenfeiten te meten. De test bestaat uit vier bladzijden met elk 60 sommen van de vier bewerkingen; optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Voor elke bladzijde krijgen de kinderen twee minuten de tijd om zoveel mogelijk sommen te maken. De scores kunnen variëren van 0 tot 60 per rekenbewerking.

Verbaal werkgeheugen

Luisteren en herhalen (listening recall) (Pickering & Gathercole, 2001)

De deelnemer hoort een serie individuele zinnen en beoordeelt of de zinnen 'waar' of 'niet waar' zijn. Tegelijkertijd moet het kind het laatste woord van de zin herinneren en herhalen in dezelfde volgorde als de zinnen zijn genoemd. Of het antwoord correct of incorrect is wordt bepaald door te kijken naar het herhalen van de eerste woorden en niet naar de beoordeling 'waar' of 'niet waar'. Deze test start met één zin en een item kan uit maximaal zes zinnen bestaan. Scores kunnen variëren van 0 tot 36.

Visueel-spatieel werkgeheugen

Spatial Span (Alloway, 2007)

Bij deze taak wordt een kaart aan de leerling getoond met daarop twee figuren. Bovenaan de rechterfiguur staat een rode stip. Het linkerfiguur kan dezelfde vorm hebben als het rechterfiguur of het kan gespiegeld zijn. Het figuur kan gedraaid zijn op drie verschillende manieren (0°, 120° en 240°). Het kind moet bepalen of het rechterfiguur hetzelfde is als het linkerfiguur. Tegelijkertijd moet het kind de positie van de rode stip onthouden, die op 3 verschillende plaatsen kan staan, afhankelijk van het aantal graden dat het figuur gedraaid is. Na elke trial wijst het kind de juiste stip aan. Scores kunnen variëren van 0 tot 42.

Verbaal korte termijngeheugen

Cijferreeksen vooruit (Pickering & Gathercole, 2001)

Bij deze taak moet het kind een serie cijfers die verbaal worden aangeboden in dezelfde volgorde herhalen. Om te oefenen worden eerst oefentrials aangeboden. Scores kunnen variëren van 0 tot 48.

Visueel korte termijngeheugen

Block Recall (Pickering & Gathercole, 2001)

Deze taak is gelijk aan de Corsi Block-taak, maar in dit onderzoek worden de instructies van Pickering en Gathercole (2001) gevolgd. De onderzoeker geeft een volgorde aan door op driedimensionale blokken te tikken en het kind dient de blokken in dezelfde volgorde aan te tikken.

De taak begint met één blok en kan oplopen tot een combinatie van negen blokken. Scores kunnen variëren van 0 tot 54.

Inhibitie

Stroop-taak (Hammes, 1978)

Deze taak bestaat uit drie kaarten met ieder 100 stimuli die zo snel mogelijk moeten worden opgelezen. Op kaart I staan de namen van de kleuren rood, groen, geel en blauw. Op kaart II staan rechthoekjes in deze kleuren. Op kaart III staan de namen van deze kleuren gedrukt in een niet-overeenkomende kleur inkt. Interferentie treedt op als de proefpersoon bij kaart III de kleur moet noemen in plaats van het woord te lezen. De interferentiescore is in seconden en wordt berekend door de tijd die het kost om de stimuli van kaart III op te noemen af te trekken van de tijd die het kost om de stimuli van kaart II op te noemen. Een lagere score staat voor een betere mate van inhibitie.

Resultaten

Effecten van spelen in de Rekentuin op rekencapaciteiten

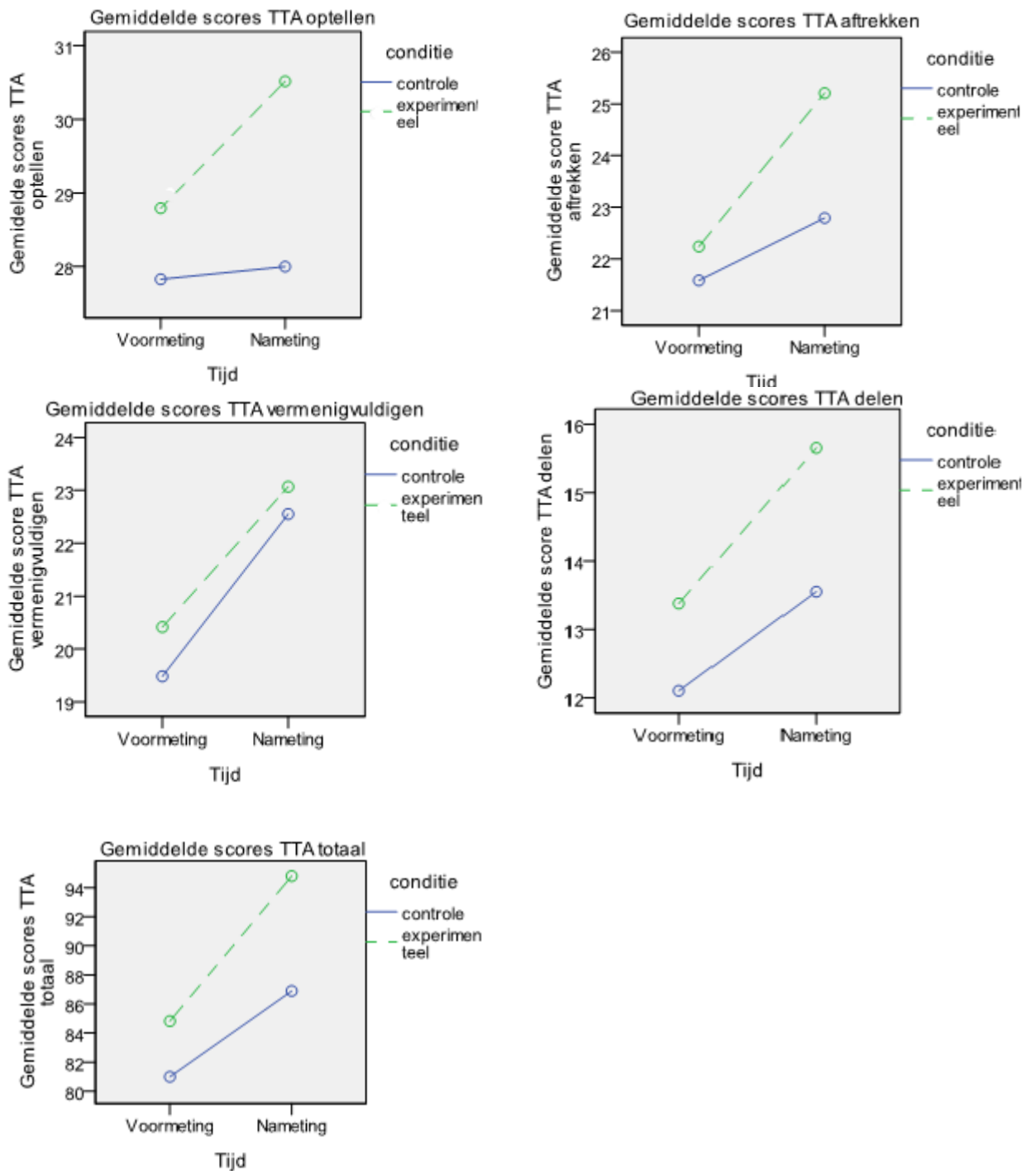
De doelstelling voor het totaal aantal Rekentuinsommen is niet door alle kinderen behaald. Het aantal gemaakte sommen liep uiteen van 464 tot 1678 van de geplande 1200. Eerst wordt in de analyses de complete experimentele groep vergeleken met de controlegroep. Daarna wordt gekeken naar de leerlingen uit de experimentele groep die voldoende hebben weten te oefenen (zie tabel 1 en de Figuren 1 en 2).

Tabel 1. Gemiddelde scores en standaarddeviaties (SD) van rekenvaardigheden, visueel-spatieel en verbaal werkgeheugen en KTG en inhibitie op de voor- en nameting van de experimentele groep en de controlegroep.

<i>Taken</i>	<i>Experimentele groep</i>		<i>Controlegroep</i>	
	<i>Voormeting</i> <i>(n = 29)</i>	<i>Nameting</i> <i>(n = 29)</i>	<i>Voormeting</i> <i>(n = 29)</i>	<i>Nameting</i> <i>(n = 29)</i>
TTA – optellen	28.79 (8.18)	30.52 (7.68)	27.83 (8.14)	28.00 (9.52)
TTA – aftrekken	22.24 (9.13)	25.21 (8.46)	21.59 (9.23)	22.79 (9.26)
TTA– vermenigvuldigen	20.41 (11.57)	23.07 (12.56)	19.48 (11.76)	22.55 (13.28)
TTA – delen	13.38 (11.97)	15.66 (12.80)	12.10 (12.67)	13.55 (13.30)
TTA – totaal	84.83 (33.65)	94.79 (37.32)	81.00 (37.63)	86.90 (40.49)
Luisteren en herhalen	11.79 (3.34)	12.79 (3.12)	11.97 (3.55)	12.38 (3.79)
Spatial Span	16.29 (6.17)	15.93 (6.87)	17.21 (6.47)	17.72 (6.58)
Cijferreeksen	19.89 (3.10)	18.89 (2.57)	20.79 (4.13)	20.48 (3.67)
Corsi Block	25.86 (3.59)	26.39 (4.16)	26.55 (4.20)	26.93 (5.52)
Stroop	60.89 (16.60)	51.86 (19.76)	55.00 (22.03)	47.24 (17.61)

Herhaalde metingen ANOVA's

Een tijd (voormeting, nameting) x groep herhaalde metingen ANOVA werd per domein uitgevoerd. Er was een hoofdeffect van tijd voor aftrekken ($F(1, 56) = 18.96, p < .001$), vermenigvuldigen ($F(1, 56) = 21.98, p < .001$) en delen ($F(1,56) = 9.00, p < .01$, maar niet voor optellen. Dit betekent dat beide groepen het op de nameting beter deden op aftrekken, vermenigvuldigen en delen dan op de voormeting. Er werd geen interactie-effect gevonden ($F(1, 56) = 3.37, p = .07$), wat wil zeggen dat de experimentele groep het relatief niet beter deed op de verschillende rekenvaardigheden dan de controlegroep. De grafieken van de gemiddelde scores op de rekendomeinen optellen, aftrekken en delen laten wel zien dat de scores in de verwachte richting gaan, de experimentele groep lijkt wel meer vooruit te gaan dan de controlegroep, maar dit verschil is niet significant.



Figuur 1. Resultaten op de afgenomen taken voor de controlegroep en de experimentele groep (voor een uitleg van de afkortingen: zie de tekst onder het kopje Materiaal)

Omdat het aantal gemaakte sommen in de Rekentuin bij 19 van de 29 kinderen uit de experimentele groep minder was dan gepland, is tevens gekeken of de kinderen die wel voldoende hebben geoefend (totaal aantal sommen > 1200, n = 10) beter zijn gaan rekenen dan de kinderen uit de controlegroep. Uit deze analyses kwam naar voren dat er voor de domeinen optellen en aftrekken een significant hoofdeffect voor tijd was en een significante interactie tussen tijd en conditie: de vooruitgang was groter voor de experimentele groep dan voor de controlegroep (optellen $F(1,37) = 24.00, p < .001$; aftrekken $F(1,37) = 6.91, p < .05$). Voor de domeinen vermenigvuldigen, delen en totale rekenvaardigheden zijn alleen significante effecten gevonden voor tijd.

Samenhang rekencapaciteiten - verbaal en visueel-spatieel werkgeheugen en KTG, en inhibitie

Door middel van een bivariate correlatietest is gekeken of het verbaal en visueel-spatieel werkgeheugen, verbaal en visueel-spatieel KTG en de inhibitie van de kinderen samenhangen met hun rekenvaardigheden (tabel 2). De correlaties tonen aan dat het verbaal werkgeheugen en KTG en de inhibitie van de kinderen niet significant samenhangen met hun rekenvaardigheden. Het visueel-spatieel werkgeheugen en KTG blijken positief samen te hangen met de rekendomeinen optellen en aftrekken. Het visueel-spatieel werkgeheugen blijkt daarnaast ook positief samen te hangen met de totale rekenvaardigheden (zie tabel 2).

Tabel 2. Correlaties tussen rekenvaardigheden, verbaal en visueel-spatieel werkgeheugen en KTG en inhibitie.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. TTA plus	–									
2. TTA min	.801**	–								
3. TTA keer	.551**	.688**	–							
4. TTA deel	.448**	.563**	.855**	–						
5. TTA totaal	.772**	.862**	.890**	.850**	–					
6. Luisteren en herhalen	.012	.006	.134	.163	.063	–				
7. Spatial Span	.286*	.284*	.159	.249	.299**	.383**	–			
8. Cijferreeksen	.203	.087	.028	.005	.079	.466**	.256	–		
9. Corsi Block	.442**	.293*	.023	-.006	.179	.250	.403**	.402**	–	
10. Stroop	-.131	-.183	-.085	-.176	-.165	-.122	-.103	.060	.050	–

* $p < .05$

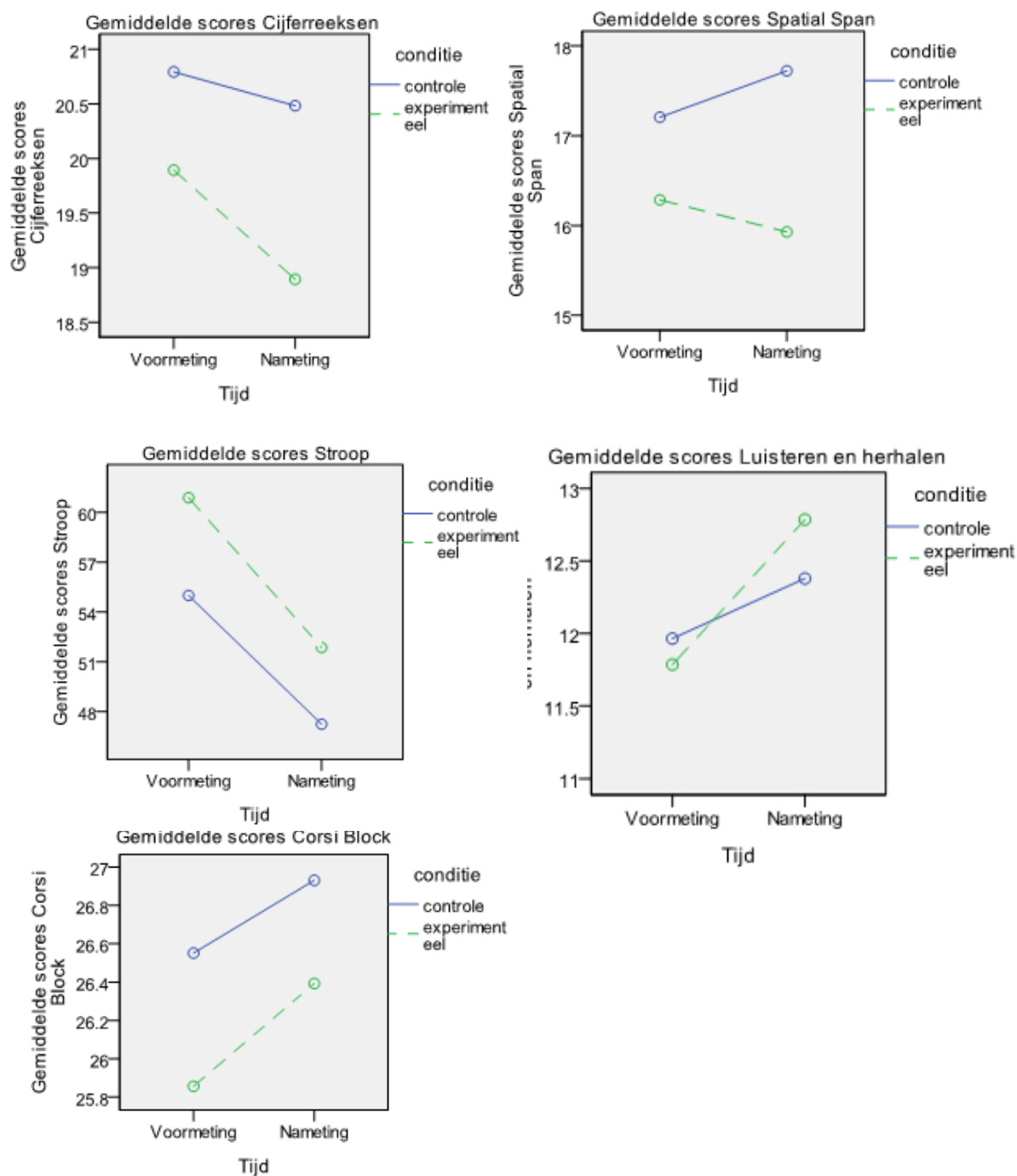
** $p < .01$

Bivariate correlatietest

Effecten van spelen in de Rekentuin op werkgeheugen, KTG en inhibitie

Herhaalde metingen ANOVA's

Uit de analyses komt naar voren dat er voor het verbaal werkgeheugen een significant effect is voor tijd, maar geen significante interactie van tijd en conditie. Voor het visueel-spatieel werkgeheugen zijn geen enkele significante effecten gevonden.



Figuur 2. Resultaten op de afgenomen taken voor de controlegroep en de experimentele groep – vervolg op Figuur 1 (voor een uitleg van de afkortingen: zie de tekst onder het kopje Materiaal)

Het verbaal en visueel-spatieel KTG laten geen significante effecten zien voor tijd of conditie en geen significante interactie voor tijd en conditie. Voor inhibitie is een significant effect gevonden voor tijd. Er is geen significant effect van conditie en geen significante interactie van tijd en conditie.

Conclusie en discussie

Dit onderzoek heeft het effect van spelen in de Rekentuin bestudeerd op de rekenvaardigheden van leerlingen in het praktijkonderwijs. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat alle kinderen vooruitgaan met rekenen en dat de vooruitgang van de leerlingen die in de Rekentuin hebben gespeeld niet verschilt van de leerlingen die alleen de reguliere rekenlessen hebben gevolgd. Het uitblijven van een effect van spelen in de Rekentuin lijkt een gevolg te zijn van te weinig oefenen. De 10 leerlingen die wel minimaal 1200 sommen hebben gemaakt (ongeveer 40 minuten per week) in de Rekentuin, zoals de bedoeling was, zijn wel meer vooruitgegaan op de rekenvaardigheden optellen en aftrekken dan de controlegroep. Door de kleinere experimentele groep moeten deze resultaten echter met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Het te weinig oefenen van 19 kinderen heeft verschillende oorzaken. Zo bleek het voor sommige leerkrachten niet altijd mogelijk de tijd voor de Rekentuin in het rooster in te passen en sommige kinderen hadden onvoldoende motivatie goed te oefenen wanneer ze achter de computer zaten. Er kan op basis van deze resultaten derhalve niet gesteld worden dat de leerlingen die in de Rekentuin hebben gespeeld significant hogere rekencapaciteiten hebben dan de leerlingen uit de controlegroep die alleen het reguliere rekenonderwijs hebben gevolgd. Meer onderzoek naar de effecten van de Rekentuin, met een langere trainingsperiode, instructies en/of meer oefenen, bij kinderen met een cognitieve beperking is gewenst.

In dit onderzoek is daarnaast gekeken naar de samenhang tussen rekencapaciteiten van kinderen in het praktijkonderwijs en hun werkgeheugen, KTG en inhibitie. Uit de resultaten komt naar voren dat het visueel-spatieel werkgeheugen en KTG positief samenhangen met de totale rekenvaardigheden en de domeinen optellen en aftrekken. Dit komt overeen met de verwachtingen. Het verbaal werkgeheugen laat echter geen verband zien met rekenvaardigheden, wat niet overeenkomt met de hypothese. Dit resultaat is in strijd met eerder onderzoek bij kinderen met een cognitieve beperking (Henry & Winfield, 2010), waar een positieve samenhang werd gevonden tussen de taak luisteren en herhalen en eenvoudige nummerherkenning en rekensommen. Het gevonden resultaat komt echter wel overeen met onderzoeken van St Claire-Thompson en Gathercole (2006) en Alloway en Passolunghi (2011), die ook geen significante correlatie vonden tussen luisteren en herhalen en rekenen voor normaal begaafde kinderen. Een mogelijke verklaring voor het verschil in resultaat met het onderzoek van Henry en Winfield (2010) is de mate van cognitieve beperking: dat onderzoek was gericht op IQ-scores tussen 39 en 75, met een gemiddelde van 57 terwijl de IQ-scores in het huidige onderzoek wat hoger lagen, tussen 55 en 80, met een gemiddelde van 74. Wellicht gebruiken kinderen met een ernstigere cognitieve beperking hun geheugen op een andere manier tijdens het rekenen.

Verder onderzoek met kleinere ranges van IQ en grotere steekproeven is gewenst om dit te onderzoeken. Verbaal KTG en inhibitie hadden beiden geen significante associatie met rekencapaciteiten, wat tegen de verwachtingen in gaat. Dat inhibitie in dit onderzoek geen samenhang vertoont met rekenvaardigheden, kan te maken hebben met de taak die gebruikt is om inhibitie te meten, namelijk de kleur-woord Stroop-taak. In onderzoek van St Claire-Thompson en Gathercole (2006) is wel een samenhang gevonden tussen het inhibitievermogen gemeten met de stop taak en rekenvaardigheden bij kinderen, maar wordt geen samenhang gevonden tussen inhibitie gemeten met de Stroop-taak en rekenvaardigheden. Mogelijk speelt lezen een te grote rol in de Stroop-taak en is deze vaardigheid nog niet geautomatiseerd bij de leerlingen in de huidige studie. In toekomstig onderzoek is het van belang verschillende taken voor het meten van inhibitie te gebruiken, om de samenhang ervan met rekenvaardigheden bij leerlingen uit het praktijkonderwijs te onderzoeken. Dat verbaal KTG geen significant verband laat zien met rekenvaardigheden, heeft waarschijnlijk te maken met de leeftijd van de kinderen. Een zeer recent onderzoek heeft aangetoond dat verbaal KTG bij

normaal begaafde kinderen vanaf een leeftijd van acht jaar geen samenhang meer vertoont met rekencapaciteiten, terwijl dit bij zevenjarigen nog wel het geval is (Alloway & Passolunghi, 2011). Steeds meer rekensommen zullen geautomatiseerd raken met toenemende leeftijd, waardoor het geheugen steeds minder belast hoeft te worden. Leeftijd lijkt een rol te spelen bij verschillen in de invloed van verschillende soorten geheugen op rekenen.

Tevens is onderzocht of het spelen in de Rekentuin effect heeft op het werkgeheugen, KTG en inhibitie van de leerlingen in het praktijkonderwijs. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat alle kinderen beter scoren op verbaal werkgeheugen, maar dat er geen conditieverval is. Dit wijst op een algemeen leereffect voor de taak luisteren en herhalen, en niet op een effect van spelen in de Rekentuin. Het visueel-spatieel werkgeheugen bleef voor beide groepen gelijk over voor- en nameting. De verwachting dat spelen in de Rekentuin voor een verbetering van het werkgeheugen kan zorgen, is niet uitgekomen. Hoewel eerder onderzoek heeft aangetoond dat het werkgeheugen van kinderen met een cognitieve beperking effectief getraind kan worden met een speciaal daarvoor ontwikkeld computerprogramma (Van der Molen et al., 2010), lijkt de indirecte manier met behulp van de Rekentuin niet effectief. Alle kinderen scoren op de nameting beter op inhibitie, maar er is geen groepsverschil tussen de controlegroep en experimentele groep. Voor verbaal en visueel-spatieel KTG zijn geen verschillen gevonden tussen voor- en nameting. Het spelen in de Rekentuin lijkt dus geen effect te hebben op het KTG of de inhibitie van kinderen in het praktijkonderwijs.

Samenvattend kan gesteld worden dat de rekenfeiten bij leerlingen in het praktijkonderwijs niet voldoende geautomatiseerd zijn. Er zal tijdens het oplossen van sommen dus een groter beroep gedaan worden op het visueel-spatieel KTG en werkgeheugen; er wordt minder gebruik gemaakt van opgeslagen rekenfeiten waardoor meerdere stappen nodig zijn om een som op te lossen. Het is daarom belangrijk dat deze kinderen de basisrekenvaardigheden beter onder de knie krijgen en leren deze strategieën op de juiste momenten te gebruiken. Op deze manier kan de belasting van het werkgeheugen worden verminderd. Het oefenen met sommen maken in de Rekentuin is een manier om de kennis over getallen en het automatiseren van rekenen te verbeteren, maar ook directe instructie van de leerkracht blijft hierbij van groot belang. Daarnaast kan er met het rekenen gebruik gemaakt worden van externe geheugensteuntjes en de leerlingen van visuele uitleg te voorzien, bijvoorbeeld met behulp van een getallenlijn (zoals omschreven door Kyttälä & Lehto, 2008). De leerlingen die niet in staat blijken het automatiseren van rekenfeiten zelf te maken, zouden gebruik kunnen maken van een werkgeugentraining. Door het verbeteren van het werkgeheugen zullen zij daarna beter in staat zijn de denkstappen voor het oplossen van een som te doorlopen. Daarnaast kunnen leerlingen die de basisrekenvaardigheden beheersen profijt hebben van een werkgeugentraining. Zij zullen overgaan op het werken met moeilijkere sommen, waarbij het werkgeheugen zwaarder zal worden belast. Door eerst het werkgeheugen te verbeteren, zullen zij hun rekencapaciteiten makkelijker kunnen uitbreiden.

Literatuurlijst

- Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment*. London: Harcourt Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the automated working memory assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734.
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences, 21*, 133-137.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 10*, 829-839.
- Baroody, A. J. (1985). Mastery of basic number combinations: Internalization of relationships or facts? *Journal for Research in Mathematics Education, 16*, 83-89.
- Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 288-308.

- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205-228.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematical ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent variable model approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18, 1-16.
- Henry, L. A. (2001). How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory*, 9, 233-247.
- Henry, L. A., & Winfield, J. (2010). Working memory and educational achievement in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, 354-365.
- 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.
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers and Education*, 55, 427-443.
- Kroesbergen, E. H., & Luit, J. E. H. van (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs: A meta-analysis. *Remedial and Special Education*, 24, 97-114.
- Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 1, 77-94.
- LeFevre, J., DeStefano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 361-377). New York: Psychology Press.
- Lieshout, E. C. D. M. van (2001). Ontwikkelingen in de behandeling van leerproblemen: Aandacht voor aanpakken en vasthouden. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 40, 5-19.
- Molen, M. J. van der, Luit, J. E. H. van, Jongmans, M. J., & Molen, M. W. van der (2009). Memory profiles in children with mild intellectual disabilities: Strengths and weaknesses. *Research in Developmental Disabilities*, 30, 1237-1247.
- Molen, M. J. van der, Luit, J. E. H. van, Molen, M. W. van der, Klugkist, I., & Jongmans, M. J. (2010). Effectiveness of a computerised working memory training in adolescents with mild to borderline intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, 433-447.
- Pickering S. J., & Gathercole S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children*. Londen: Psychological Corporation.
- Raghubar, K., Barnes, M. A., & Hecht, S. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122.
- Raven, J. C. (2008). *Raven Standard Progressive Matrices (SPM)*. Amsterdam: Pearson Assessment and Information b.v.
- Resnick, L. B., & Ford, W. (1981). *The psychology of mathematics instruction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Schuchardt, K., Gebhardt, M., & Mäehler, C. (2010). Working memory functions in children with different degrees of intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, 346-353.
- Straatemeier, M., Jansen, B. R. J., Klinkenberg, S., & Maas, H. L. J. van der (manuscript draft). A large-scale integrated analysis of basic multiplication effects, using a new computerized adaptive progress monitoring system for maths.
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745-759.
- Uchida, S., & Kawashima, R. (2008). Reading and solving arithmetic problems improves cognitive functions of normal aged people: A randomized controlled study. *Age*, 30, 21-29.
- Vos, T. de (1994). *Handleiding Tempo Test Rekenen, T.T.R.* (2e druk). Nijmegen: Berkhout / Lisse: Harcourt Test Publishers.