

De Mentale Getallenlijn: Een Mogelijke Verklaring
voor Verbetering van de Rekenvaardigheid Getallenvergelijken
door het Spelen van een Lineair Cijferbordspel

Denise E.A. Vervoorn

Universiteit Leiden

15 juli 2014

Eerste lezer: Mw. M.C. Guda, MSc

Tweede lezer: Mw. E.K. Swart, MSc

Samenvatting

De rekenvaardigheid getallenvergelijken en de mentale getallenlijn en van Amerikaanse kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond verbeterde na het spelen van een lineair cijferbordspel. De mentale getallenlijn, een representatie van de betekenis van getallen, wordt vaak gezien als een basisstructuur voor de rekenvaardigheid getallenvergelijken, het vermogen cijfersymbolen van elkaar te onderscheiden. Dat de rekenvaardigheid getallenvergelijken verbetert na het spelen van een lineair cijferbordspel, zou het directe gevolg kunnen zijn van een door dit bordspel verbeterde mentale getallenlijn. Dit mogelijke mediatie effect van de mentale getallenlijn is in het huidige onderzoek getoetst via enkelvoudige en multiple lineaire regressieanalyses. Hieruit bleek dat het spelen van een lineair cijferbordspel geen effect had op de mentale getallenlijn ($p = .35$, $1-\beta = .33$), maar wel een klein effect op de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een makkelijk level ($f^2 = .05$, $p = .04$). Er werd geen verband gevonden tussen de mentale getallenlijn en de rekenvaardigheid getallenvergelijken ($p = .83$, $1-\beta = .05$). Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen sprake was van een mediatie effect van de mentale getallenlijn. Het wordt leerkrachten van kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond daarom niet aanbevolen hun rekenonderwijs specifiek te richten op het verbeteren van de mentale getallenlijn. Wel lijken kleuters die vooraf meer moeite hadden met getallenvergelijken baat te hebben bij een cijferbordspelinterventie.

Trefwoorden: mentale getallenlijn, logaritmisch, getallenvergelijken, cijferbordspel

De Mentale Getallenlijn: Een Mogelijke Verklaring
voor Verbetering van de Rekenvaardigheid Getallenvergelijken
door het Spelen van een Lineair Cijferbordspel

Het vermogen om twee of meer symbolische hoeveelheden (Arabische cijfers) of non-symbolische hoeveelheden (items) van elkaar te onderscheiden wordt de rekenvaardigheid hoeveelhedenvergelijken genoemd (Rouselle & Noël, 2007). Al vanaf de geboorte kunnen kinderen onderscheid maken tussen twee verschillende kleine non-symbolische hoeveelheden van één tot vier items door een nieuwe stimulus te vergelijken met een voorafgaande stimulus (Xu, 2003). De baby neemt elk item van de eerste stimulus waar en slaat het gecodeerd op in het geheugen. Wanneer een nieuwe stimulus vervolgens afwijkt van de eerste stimulus, zal de baby dit opmerken en hierop reageren door er langer naar te kijken (Wood & Spelke, 2005). Naarmate kinderen ouder worden ontwikkelt de rekenvaardigheid hoeveelhedenvergelijken en kunnen zij hoeveelheden met een steeds kleinere verhouding tussen het aantal items op de stimuli met elkaar vergelijken (Xu & Spelke, 2000).

Getallenvergelijken

Vanaf vijf jaar zijn kinderen naast het vergelijken van non-symbolische hoeveelheden ook in staat onderscheid te maken tussen twee of meerdere cijfersymbolen (Huntley-Fenner & Cannon, 2000). Deze symbolische vorm van hoeveelhedenvergelijken wordt de rekenvaardigheid getallenvergelijken genoemd. De kleuter moet hiervoor een juiste representatie van de waarde van de cijfersymbolen hebben, de relatie tussen verschillende waarden begrijpen en de begrippen groter, kleiner en even groot beheersen (Dehaene, 2000). Het is van belang dat kleuters voldoende vaardig zijn in het vergelijken van getallen, omdat deze rekenvaardigheid ten grondslag ligt aan later geleerde rekenbewerkingen, zoals optellen en aftrekken (Jordan, Kaplan, Ramineni & Locuniak, 2007). Wanneer men op volwassen

leeftijd onvoldoende in staat is getallen te vergelijken, kan dit bij veel dagelijkse activiteiten voor problemen zorgen. Hierbij kan gedacht worden aan het niet kunnen bepalen in welke winkel een product goedkoper is en het onjuist inschatten van tijdsduur.

Informele activiteiten waarbij cijfers en hoeveelheden aan bod komen, kunnen de ontwikkeling van de rekenvaardigheid getallenvergelijken van kleuters bevorderen (Siegler & Ramani, 2009). Voorbeelden van deze informele activiteiten zijn: samen met een ouder de cijfers op de klok benoemen, met een broertje gebruiksvorwerpen tellen en met een buurmeisje een cijferbordspel spelen. Vooral in gezinnen met een hogere sociaaleconomische status zijn dergelijke activiteiten dagelijks onderdeel van de opvoeding. In postcodegebieden waar veel gezinnen wonen met een lage sociaaleconomische status, zogenaamde impulsgebieden, worden minder van dit soort informele activiteiten ondernomen (Siegler & Ramani, 2009). Hierdoor hebben kleuters in deze gebieden minder ervaring met cijfersymbolen en hun waarden. Juist in deze gebieden zijn kleuters minder vaardig in het vergelijken van getallen dan kleuters buiten deze gebieden (Dyson, Jordan & Glutting, 2011). Daarnaast is de kans op onderwijsachterstanden in deze gebieden vergroot (Ministerie OCW, 2009).

Lineair cijferbordspel

Uit Amerikaans onderzoek blijkt dat de rekenvaardigheid getallenvergelijken van kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond verbetert wanneer zij onder begeleiding van een onderzoeker een lineair cijferbordspel spelen (Ramani, Siegler & Hitti, 2012). Een lineair cijferbordspel is een bordspel waarbij getallen, beginnend met het cijfer één, in oplopende volgorde van links naar rechts op een rechte lijn staan (Siegler & Ramani, 2009). Tijdens een dergelijk spel gooien de kleuters om beurten met een dobbelsteen en verplaatsen zij hun pion steeds het gegooid aantal stappen (één of twee in het Amerikaanse experiment) over de getallenlijn. Bij elke beurt benoemt de kleuter welk cijfer gegooid is en

over welke getallen de pion verplaatst wordt. De kleuter die als eerst over het eind van de getallenlijn komt, heeft de spelronde gewonnen. Op deze manier oefent de kleuter met het benoemen van getallen, in welke volgorde de getallen op de getallenlijn staan en welke waarde de getallen hebben. Deze vaardigheden werden eerder al genoemd als voorwaarden voor de rekenvaardigheid getallenvergelijken, waardoor het voor de hand ligt dat die rekenvaardigheid verbetert door het oefenen hiervan (Dehaene, 2000). Deze verbetering in rekenvaardigheid blijkt echter niet uitsluitend op te treden bij het getallenvergelijken (Ramani et al., 2012).

Mentale getallenlijn

Naast de rekenvaardigheid getallenvergelijken, verbetert namelijk ook de mentale getallenlijn van kleuters door het spelen van een lineair cijferbordspel (Ramani et al., 2012). De mentale getallenlijn is een analoge representatie in de hersenen van de betekenis van getallen (Ruijssenaars, Van Luit & Van Lieshout, 2004). Evenals op een lineair cijferbordspel staan de getallen op de mentale getallenlijn in oplopende volgorde van links naar rechts. De volgorde van de getallen staat vast, maar de mentale afstand tussen de getallen wordt meer samengedrukt, naarmate de getallen groter zijn of verder op de getallenlijn liggen (Dehaene, 2000). Kleuters plaatsen kleine getallen vaak te veel naar de rechterhelft van de mentale getallenlijn en schatten deze getallen te hoog in (Siegler & Booth, 2004). Ook plaatsen kleuters kleine getallen vaak ver uit elkaar op de mentale getallenlijn, terwijl de grotere getallen naar het einde van de getallenlijn toe steeds dichter op elkaar geplaatst worden. Hieruit blijkt dat kleuters een logaritmische voorstelling van de mentale getallenlijn hebben (Siegler & Booth, 2004). Bij een normale ontwikkeling zijn na een jaar formeel rekenonderwijs (aan het eind van groep 3) de waarden van getallen tot en met 100, hun volgorde en de gelijke afstand tussen de getallen geautomatiseerd en is er sprake van een

lineaire voorstelling van de mentale getallenlijn (Rubinsten, Henik, Berger, & Shahar-Shalev, 2002).

Mediatie

Vanaf de leeftijd van vijf jaar maken kinderen gebruik van de mentale getallenlijn bij het vergelijken van getallen (Huntley-Fenner & Cannon, 2000). De waarde van de getallen kan worden vergeleken door de getallen tijdens het vergelijken op de mentale getallenlijn te plaatsen. Kleine getallen worden meer links op de mentale getallenlijn geplaatst en grote getallen meer rechts (Fischer, 2008). Wanneer de mentale getallenlijn verbetert, kunnen kleuters de waarde van cijfersymbolen beter inschatten en weten zij beter hoe deze zich tot elkaar verhouden (Siegler & Booth, 2004). De score op taken die een beroep doen op de mentale getallenlijn is een voorspeller voor de rekenvaardigheid getallenvergelijken (Booth & Siegler, 2006). Een goed ontwikkelde mentale getallenlijn lijkt dus de basis voor de rekenvaardigheid getallenvergelijken. Aan het non-symbolische hoeveelhedenvergelijken lijkt de mentale getallenlijn echter niet ten grondslag te liggen. Dit berust op een aangeboren vermogen onderscheid te maken tussen twee stimuli, waarover pasgeboren baby's al beschikken (Xu, 2003). Omdat van een mentale getallenlijn bij de geboorte nog geen sprake is, maar baby's wel al vanaf de geboorte in staat zijn non-symbolische hoeveelheden te vergelijken, blijkt de mentale getallenlijn geen basisstructuur voor de rekenvaardigheid non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken (Huntley-Fenner & Cannon, 2000; Xu, 2003).

Wanneer een kleuter een lineair cijferbordspel speelt, verbetert zijn rekenvaardigheid getallenvergelijken én zijn mentale getallenlijn (Ramani et al., 2012). Gegeven dat de mentale getallenlijn ten grondslag kan liggen aan de rekenvaardigheid getallenvergelijken, zou het positieve effect van het spelen van een lineair cijferbordspel op de rekenvaardigheid getallenvergelijken mogelijk kunnen worden verklaard vanuit een beter ontwikkelde mentale getallenlijn. De mentale getallenlijn zou dan een mediërend effect kunnen hebben op het

verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken. Hoewel uit eerder onderzoek bleek dat de mentale getallenlijn en de rekenvaardigheid getallenvergelijken van kleuters uit impulsgebieden verbeterde door het spelen van een lineair cijferbordspel en dat de mentale getallenlijn kan worden gezien als basisstructuur voor de rekenvaardigheid in het algemeen, is het mediatie effect van de mentale getallenlijn nog niet onderzocht (Siegler & Ramani, 2009; Ramani & Siegler, 2011). Met de huidige studie wordt dit mediërende effect getoetst. Omdat de rekenvaardigheid getallenvergelijken van kleuters uit impulsgebieden minder ontwikkeld is dan van kleuters buiten deze gebieden, is het voor hun leerkrachten van belang te weten hoe zij deze rekenvaardigheid kunnen verbeteren (Dyson et al., 2011). Als de mentale getallenlijn als mediator blijkt op te treden, kunnen leerkrachten hun rekenonderwijs waarschijnlijk beter richten op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn in plaats van op het verbeteren van de rekenvaardigheid getallenvergelijken.

De algemene onderzoeksvraag luidt: ‘Speelt de mentale getallenlijn een mediërende rol bij het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken bij Nederlandse kleuters uit impulsgebieden?’ Om de algemene onderzoeksvraag te beantwoorden, zijn de volgende deelvragen met hypothesen geformuleerd: 1) ‘Leidt het spelen van een lineair cijferbordspel tot verbetering van de rekenvaardigheid getallenvergelijken van Nederlandse kleuters?’ Voortvloeiend uit de hierboven beschreven theorie wordt verwacht dat het spelen van een lineair cijferbordspel alleen de rekenvaardigheid getallenvergelijken zal verbeteren (symbolisch hoeveelhedenvergelijken) en niet het vergelijken van non-symbolische hoeveelheden. 2) ‘Leidt het spelen van een lineair cijferbordspel tot verbetering van de mentale getallenlijn van Nederlandse kleuters?’ Verwacht wordt dat de mentale getallenlijn van de Nederlandse kleuters net als in het Amerikaanse onderzoek verbetert door het spelen van een lineair

cijferbordspel en de kleuters door het op deze wijze oefenen met de getallenlijn beter presteren op een getallenlijnschattingstaak tot en met 10. 3) ‘Wordt het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken gemedieerd door de mentale getallenlijn?’ Op basis van de bovenstaande theorie wordt verwacht dat de mentale getallenlijn een mediërende rol speelt bij dit verband. Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden zijn de hypothesen getoetst volgens de methode van mediatieanalyse van Preacher en Hayes (2008) aan de hand van enkelvoudige en multiple lineaire regressieanalyses.

Methode

Participanten

Aan dit onderzoek namen 92 kleuters uit groep twee deel. De kleuters zijn afkomstig van scholen uit impulsgebieden in Nederland. Het grootste gedeelte van de kleuters kwam uit de Randstad (87 %). Van de deelnemende kleuters was 54 procent van het mannelijke geslacht. De leeftijd van de kleuters lag tijdens de onderzoeksperiode tussen de vijf en zes jaar ($M = 5$ jaar, 10 maanden, $SD = 5$ maanden). Bij een lagere leeftijd kan het mediatie effect van de mentale getallenlijn niet worden onderzocht, omdat kinderen pas vanaf vijf jaar gebruik maken van de mentale getallenlijn bij het vergelijken van getallen (Huntley-Fenner & Cannon, 2000). Deelname aan het onderzoek was geheel vrijwillig en de kleuters werden na afloop steeds beloond met een sticker. De gegevens van drie van de 119 geworven kleuters (3%) zijn niet gebruikt voor analyse, omdat zij twee of meer keren afwezig waren in verband met ziekte en andere aan school gerelateerde activiteiten tijdens het onderzoek. Van 24 andere geworven kleuters zijn de gegevens incompleet en onbruikbaar, omdat twee onderzoekers voortijdig stopten met het onderzoek.

Wervingsprocedure

Door middel van telefonisch contact en via wervingsfolders zijn de directieleden en/of leerkrachten van 56 basisscholen in Nederland benaderd om deel te nemen aan dit onderzoek. De directieleden en/of leerkrachten van 12 scholen hebben mondeling toestemming gegeven de ouders van hun oudste kleuters te benaderen. Daarna zijn 269 ouders benaderd door middel van een ouderfolder met toestemmingsformulier waarop ouders konden aangeven hun kind wel of niet deel te willen laten nemen aan het onderzoek. Onder toestemming voor deelname werd op het formulier ook toestemming voor het maken van video-opnamen verstaan. Er zijn 142 formulieren geretourneerd (53%), waarbij 133 ouders toestemming tot deelname hebben gegeven (45%). Tot slot werden 119 kleuters random geselecteerd door de kleuters van een nummer te voorzien en een computer hier vervolgens per school blind vier groepjes van drie leerlingen uit te laten trekken (Random.org, 2014). Alle ouders die toestemming tot deelname hebben gegeven zijn via een brief bedankt en geïnformeerd over deze selectie.

Meetprocedure

De gebruikte data in dit onderzoek zijn onderdeel van de dataset van een groter onderzoek naar een cijferbordspel om de rekenvaardigheden van kleuters te verbeteren. Het experiment werd uitgevoerd door 10 studenten van de Universiteit Leiden in de maanden maart, april en mei 2014. Het onderzoek vond plaats in een rustige ruimte op de scholen van de kleuters en bestond uit een individuele voormeting, een interventie van vier bordspelsessies die in groepjes van drie kleuters gespeeld werden en een individuele nameting. De onderzoekers zijn getraind via een proefafname en via een rollenspel. De 35 minuten durende voormeting bestond uit een taaltaak van 20 minuten, gevolgd door vier rekentaken. Na de taaltaak was er indien gewenst een korte pauze. De eerste rekentaak was een taak waarbij de kleuter cijfers moest identificeren. De tweede rekentaak was gericht op het meten van de rekenvaardigheid hoeveelhedenvergelijken. De derde rekentaak bestond uit een serie

bussommen om de optelvaardigheid te meten. De taak gericht op het meten van de mentale getallenlijn werd als laatst afgenomen. De spelsessies duurden 20 tot 30 minuten per keer, waarin het spel onder begeleiding van een onderzoeker minimaal twee keer gespeeld werd. De kleuters werden random toegewezen aan twee condities: een experimentele conditie van kleuters die een lineair cijferbordspel speelden en een controle conditie van kleuters die een gekleurd bordspel speelden. Tussen de spelsessies zat minimaal één dag en maximaal twee weken. De individuele nameting duurde 15 minuten en bestond uit dezelfde vier rekentaken als bij de voormeting. Na de tweede rekentaak was er indien gewenst een korte pauze. De taken gericht op het meten van de rekenvaardigheid hoeveelhedenvergelijken en de mentale getallenlijn waren de tweede en de vierde taak.

Meetinstrumenten

De mentale getallenlijn is gemeten met behulp van een digitale getallenlijnschattingstaak, die overeenkomt met de papieren versie van deze taak (Ramani et al., 2012). Deze taak duurde ongeveer 10 minuten. De kleuters kregen na de oefenitems 10 keer een getallenlijn van 0 tot 10 en 10 keer een getallenlijn van 0 tot 100 te zien. Uiterst links onder de lijn stond het cijfer 0, uiterst rechts stond het cijfer 10 of het cijfer 100. Boven de lijn verscheen steeds een cijfer, waarvan de kleuter moest inschatten waar het op de getallenlijn zou moeten liggen. De schatting werd in twee decimalen gecodeerd. Vervolgens is met de schatting een afwijkingsscore berekend door de gevraagde waarde te delen door de geschatte waarde en vice versa. De grootste uitkomstwaarde hiervan is gebruikt als afwijkingsscore en is afgerond op twee decimalen. Daarna is er een gemiddelde afwijkingsscore berekend per onderdeel van de taak. Ten slotte is het verschil tussen de voor-en nameting berekend door de gemiddelde afwijkingsscore op de nameting af te trekken van de gemiddelde afwijkingsscore op de voormeting. De getallenlijnschattingstaak is al vele malen in soortgelijk onderzoek

gebruikt en blijkt een valide instrument om de mentale getallenlijn van kleuters in kaart te brengen (Siegler & Booth, 2004).

De rekenvaardigheid getallenvergelijken werd gemeten met een digitaal gepresenteerde getallenvergelijkingstaak, zoals gebruikt door Ramani et al. (2012). Deze taak duurde ongeveer drie minuten. De taak bestond uit drie onderdelen: het vergelijken van non-symbolische hoeveelheden onderling, het vergelijken van symbolische hoeveelheden onderling (getallenvergelijken) en het vergelijken van symbolische hoeveelheden met non-symbolische hoeveelheden. De kleuters kregen bij elk onderdeel na de oefenitems 10 keer een getallenpaar te zien en moesten zo snel mogelijk aanwijzen welk getal van het paar het grootste was. Het niveau van de rekenvaardigheid getallenvergelijken is berekend door per onderdeel het aantal juiste antwoorden te delen door het aantal opgaven. Vervolgens is het verschil tussen de voor-en nameting berekend door het niveau van de rekenvaardigheid op de voormeting af te trekken van het niveau van de rekenvaardigheid op de nameting. De getallenvergelijkingstaak is een valide en betrouwbaar instrument om de rekenvaardigheid getallenvergelijken te meten (Price, Palmer, Battista & Ansari, 2012).

Statistische analyses

Om de algemene onderzoeksvraag ‘Speelt de mentale getallenlijn een mediërende rol bij het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken bij Nederlandse kleuters uit impulsgebieden?’ te beantwoorden zijn enkelvoudige en multiple lineaire regressieanalyses uitgevoerd volgens de mediatieanalyse methode van Preacher en Hayes (2008).

Vooraf werden de gegevens gecontroleerd op missende waarden en uitbijters. Bij de getallenlijnschattingstaak zouden er missende waarden kunnen ontstaan door het te vlug doorklikken naar het volgende item. Indien dit meer dan één keer (>10%) per onderdeel van 10 items voor kwam, is de gemiddelde afwijkingsscore van de betreffende proefpersoon als

missend gecodeerd en uitgesloten van analyse, omdat dit de validiteit van de taak zou kunnen beïnvloeden. Bij proefpersonen met één ontbrekende waarde per onderdeel van de getallenlijnschattingstaak is de gemiddelde afwijkingsscore berekend op basis van negen items per onderdeel. De uitbijters werden zichtbaar gemaakt door middel van boxplots. Vervolgens zijn de waarden van uitbijters die de testresultaten beïnvloedden teruggebracht naar twee standaarddeviaties vanaf het gemiddelde (Field, 2005). Door deze transformatie kunnen uitbijters geen onterechte scheve verdeling veroorzaken en blijft de steekproef toch zo groot mogelijk (Field, 2005).

Na het verwijderen van missende waarden en het transformeren van uitbijters zijn de data gecontroleerd op normaliteit van de verdeling, lineaire verbanden en homoscedastiteit. De verdeling is beoordeeld op normaliteit aan de hand van een histogram, de gestandaardiseerde scheefheid, de gestandaardiseerde gepiekttheid, een Q-Q plot en een Kolmogorov-Smirnov test (Moore, McCabe & Craig, 2009). Ten slotte is er gecontroleerd op de eventuele invloed van leeftijd en geslacht als voorspellers in het mediatiemodel. In alle analyses werd een α van .05 gehanteerd. Voor het berekenen van de effectgrootte werd de Cohen's f^2 gebruikt (.02 - .15 klein, .15 - .35 middelgroot, > .35 groot).

Resultaten

Bij het berekenen van de gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 zijn er 25 proefpersonen op de voor-en/of nameting gevonden met missende waarden in verband met het te vlug doorklikken van een item. Van zeven proefpersonen zijn de gegevens niet meegenomen in de analyses, omdat er meer dan één item op de voor- of nameting ontbrak. De gemiddelde afwijkingsscores van 18 proefpersonen met missende waarden op de getallenlijnschattingstaak tot met 10 zijn berekend op basis van negen items in plaats van 10. Er waren geen ontbrekende waarden op de non-symbolische en symbolische getallenvergelijkingstaak.

Uit de boxplots kwamen vier milde uitbijters naar voren bij het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10. Deze uitbijters hadden geen invloed op de testresultaten. Hierdoor is besloten de uitbijters niet te transformeren. Omdat 80 kleuters (87%) op de non-symbolische én de symbolische getallenvergelijkingstaak precies hetzelfde scoorden op de voormeting als op de nameting, is er bij beide taken een hoge piek op de gemiddelde score nul (zie Tabel 1). Het programma SPSS heeft vanwege de hoge gepiektetheit van de verdeling alle waarden die niet gelijk zijn aan nul (12 gevallen) als extreme uitbijter gemarkeerd. Deze scores zijn geen werkelijke uitbijters, maar laten juist verschillen in het niveau van de rekenvaardigheid hoeveelhedenvergelijken van de kleuters zien. Deze waarden zijn daarom niet getransformeerd. De waarden van één proefpersoon vielen echter zodanig ver buiten de boxplots van de twee taken, dat zij invloed hadden op de verdeling van de variabelen en op de testresultaten. Hierdoor is besloten de gegevens van deze proefpersoon te verwijderen. Na verwijdering van de missende waarden en de gegevens van één proefpersoon bleken alle variabelen bij benadering normaal verdeeld (zie Tabel 1).

Tabel 1

<i>Beschrijvende gegevens van de variabelen</i>						
	<i>N</i>	Min,Max	<i>M(SD)</i>	Scheefheid(SE)	Gepiektetheit(SE)	Kolmogorov-Smirnov <i>p</i>
Vershil in gemiddelde afwijkingsscore getallenlijnschattingstaak	84	-1.69,1.75	0.03(0.64)	-0.26(0.26)	0.84(0.52)	.05
Vershil in niveau van non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken	91	-0.20,0.30	0.00(0.08)	0.54(0.25)	2.89(0.50)	.00
Vershil in niveau van getallenvergelijken	91	-0.20,0.20	0.00(0.07)	0.53(0.25)	2.94(0.50)	.00

Achtergrondanalyse

In Tabel 2 staan de uitkomsten van de regressieanalyses ter controle op achtergrondvariabelen als voorspellers in het mediatiemodel. De achtergrondvariabelen leeftijd en geslacht bleken geen voorspellers voor het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10. Ook op het verschil in niveau van getallenvergelijken en het verschil in niveau van non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken waren leeftijd en geslacht niet van invloed. Deze achtergrondvariabelen zijn daarom niet meegenomen in de mediatieanalyse.

Mediatieanalyse

Om het directe effect van het type bordspel (lineair cijferbordspel of gekleurd bordspel) op het verschil in niveau van getallenvergelijken te meten is er een enkelvoudige regressieanalyse uitgevoerd. Hieruit bleek het spelen van een lineair cijferbordspel geen significante voorspeller voor het verschil in niveau van getallenvergelijken, $B = -.01$, $t(89) = -0.66$, $f^2 = .01$, $p = .51$, $1-\beta = .04$. Het directe effect van het type bordspel op het verschil in niveau van non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken werd eveneens gemeten met behulp van een enkelvoudige regressieanalyse. Het spelen van een lineair cijferbordspel bleek ook geen voorspeller voor het verschil in niveau van non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken, $B = .02$, $t(89) = 1.55$, $f^2 = .03$, $p = .13$, $1-\beta = .07$. Uit de regressieanalyse naar het effect van het type bordspel op het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 kwam naar voren dat het spelen van een lineair cijferbordspel tevens geen voorspeller was voor het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10, $B = .13$, $t(82) = 0.94$, $f^2 = .01$, $p = .35$, $1-\beta = .33$. Om het effect van de mediator, het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10, op het verschil in niveau van getallenvergelijken te meten, werd een enkelvoudige regressieanalyse uitgevoerd. De resultaten hiervan lieten zien dat het verschil in gemiddelde afwijkingsscore

op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 geen significante voorspeller was op het verschil in niveau van getallenvergelijken, $B = -.00$, $t(82) = -0.22$, $f^2 = .01$, $p = .83$, $1-\beta = .05$. Vervolgens is met behulp van multiële regressieanalyse het totale effect gemeten van het type bordspel op het verschil in niveau van getallenvergelijken. Ook dit effect was niet significant, $B = -.01$, $t(82) = -0.69$, $f^2 = .01$, $p = .49$, $1-\beta = .23$. Ten slotte is er een significantietoets over het hele mediatiemodel uitgevoerd. Deze toets was niet significant, waardoor er geen sprake bleek van een mediatie effect van het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 op het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en het verschil in niveau van getallenvergelijken, $f^2 = .01$, $F(2, 81) = .26$, $p = .77$, $1-\beta = .23$.

Tabel 2

<i>Regressieanalyses achtergrondvariabelen</i>		<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Afhankelijke variabele: Verschil in gemiddelde afwijkingsscore getallenlijnschattingstaak	Leeftijd	.02	0.01	.15	1.39	.17	.02
	Geslacht	-.02	0.14	-.02	-0.14	.89	.02
Afhankelijke variabele: Verschil in niveau van non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken	Leeftijd	-.00	0.00	-.11	-1.02	.31	.11
	Geslacht	-.01	0.02	-.05	-0.46	.65	.05
Afhankelijke variabele: Verschil in niveau van getallenvergelijken	Leeftijd	.00	0.00	.04	0.38	.71	.04
	Geslacht	-.02	0.02	-.11	-1.00	.32	.11

Verdiepende analyse

Om de algemene onderzoeksvraag ‘Speelt de mentale getallenlijn een mediërende rol bij het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken bij Nederlandse kleuters uit impulsgebieden?’ uitgebreider te kunnen

beantwoorden zijn er verdiepende regressieanalyses uitgevoerd. Hierbij is het verschil in het niveau van getallenvergelijken uitgesplitst in twee levels die de moeilijkheid van de items van de getallenvergelijkingstaak weergeven. Huntley-Fenner en Cannon (2000) vonden dat kinderen van drie tot vijf jaar beduidend minder fouten maakten als zij hoeveelheden met een verhouding van 1 : 2 vergeleken, dan als zij verhoudingen van 1 : 1.5 en kleiner vergeleken. Op basis van deze bevindingen zijn de moeilijkheidslevels ingedeeld aan de hand van de grootte van de verhouding (grootste getal : kleinste getal) tussen de twee te vergelijken getallen. Het makkelijke level bestaat uit vijf items van de getallenvergelijkingstaak met grote verhoudingen tussen de te vergelijken getallen (minimaal 1 : 2.6 en maximaal 1 : 9) en het moeilijke level bestaat uit vijf items met kleinere verhoudingen tussen de te vergelijken getallen (maximaal 1 : 1.4). Uit de verdiepende regressieanalyses kwam geen significant effect naar voren van het spelen van een lineair cijferbordspel op het niveau van getallenvergelijken op een moeilijk level, $B = -.18$, $t(89) = -1.26$, $f^2 = .02$, $p = .21$, $1-\beta = .53$, maar wel een klein significant effect van het spelen van een lineair cijferbordspel op het niveau van getallenvergelijken op een makkelijk level, $B = .20$, $t(89) = 2.09$, $f^2 = .05$, $p = .04$, $1-\beta = .61$. Ten slotte bleek het verschil in gemiddelde afwijkingsscore op de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 geen significante voorspeller voor het niveau van getallenvergelijken op een makkelijk level, $B = .08$, $t(82) = -1.06$, $f^2 = .01$, $p = .29$, $1-\beta = .18$.

Discussie

Uit vergelijkbaar Amerikaans onderzoek bleek dat de rekenvaardigheid getallenvergelijken en de mentale getallenlijn van kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond verbeterde wanneer zij in een groepje van drie kleuters onder begeleiding van een onderzoeker een lineair cijferbordspel speelden (Ramani et al., 2012). De resultaten van het huidige onderzoek lijken hiermee in strijd. In dit onderzoek leidde het spelen van een lineair cijferbordspel niet tot verbetering van de algehele rekenvaardigheid getallenvergelijken

($1-\beta = .04$, $f^2 < .02$), of tot de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een moeilijk level ($1-\beta = .53$, $f^2 = .02$), maar wel tot verbetering van de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een makkelijk level ($1-\beta = .61$, $f^2 = .05$). Verder leidde het spelen van een lineair cijferbordspel niet tot verbetering van de rekenvaardigheid non-symbolisch hoeveelhedenvergelijken ($1-\beta = .07$, $f^2 = .03$), of tot verbetering van de mentale getallenlijn ($1-\beta = .33$, $f^2 < .02$) van Nederlandse kleuters uit impulsgebieden. Ook bleek de mentale getallenlijn niet van invloed op de algehele rekenvaardigheid getallenvergelijken ($1-\beta = .05$, $f^2 < .02$), of op de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een makkelijk level ($1-\beta = .18$, $f^2 < .02$). De mediatieanalyse liet zien dat de mentale getallenlijn geen mediërende rol speelde bij het verband tussen het spelen van een lineair cijferbordspel en de rekenvaardigheid getallenvergelijken ($1-\beta = .23$, $f^2 < .02$). Een goed ontwikkelde mentale getallenlijn kan op basis van het huidige onderzoek niet worden gezien als basisstructuur van de rekenvaardigheid getallenvergelijken. De power van elke analyse in dit onderzoek lag echter ruim onder de .80. Dit betekent dat er mogelijk wel significante effecten zijn, maar deze indien aanwezig in dit onderzoek niet gevonden konden worden in verband met een te kleine steekproef. De verwaarloosbare effectgroottes binnen de mediatieanalyse ($f^2 < .02$) bevestigen dat er geen significante verbanden gevonden zijn.

Dyson et al. (2011) toonden aan dat Amerikaanse kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond gemiddeld minder vaardig zijn in getallenvergelijken, dan kleuters met een hoge sociaaleconomische achtergrond. Een cijferbordspelinterventie bleek een effectieve methode om de rekenvaardigheid getallenvergelijken van Amerikaanse kleuters met een lage sociaaleconomische achtergrond te verbeteren (Ramani et al., 2012). Op basis van het voorgaande was de verwachting dat de Nederlandse kleuters uit impulsgebieden relatief laag zouden scoren op de voormeting van de getallenvergelijkingstaak en dat deze score zou verbeteren na de cijferbordspelinterventie. De Nederlandse kleuters scoorden echter

in 87% van de gevallen al maximaal op de voormeting van de twee onderdelen van de getallenvergelijkingstaak, waardoor er geen verbetering mogelijk was op de nameting van deze taak. Dit zogenaamde plafond effect blijkt uit de hoge gepiekttheid op het gemiddelde van nul op de verschilcores van de taak. In het Amerikaanse onderzoek was er geen sprake van een plafond effect op deze taak (Ramani et al., 2012).

Een verklaring voor de hoge scores op de voormeting van de getallenvergelijkingstaak in het huidige onderzoek zou kunnen liggen in een verschil tussen de Nederlandse en Amerikaanse kleuters in het aantal maanden dat zij rekenonderwijs gehad hebben. De leeftijdsrange van de Amerikaanse kleuters in het onderzoek van Ramani et al. (2012) liep van drie tot vijf jaar en de kleuters waren gemiddeld ruim een jaar jonger ($M = 4$ jaar en 7 maanden) dan de kleuters in het huidige onderzoek ($M = 5$ jaar en 10 maanden). De kleuters in het Amerikaanse onderzoek hebben vanwege dit verschil waarschijnlijk gemiddeld ongeveer één schooljaar (10 maanden) minder rekenonderwijs genoten dan de kleuters in het huidige onderzoek. De ontwikkeling van de rekenvaardigheid getallenvergelijken van de Nederlandse kleuters is in dat geval één schooljaar langer gestimuleerd door schoolse activiteiten waarbij cijfers en hoeveelheden aan bod komen, dan die van de Amerikaanse kleuters. Bij de Amerikaanse kleuters hing het niveau van getallenvergelijken op de voormeting vooral af van het aantal informele reken- en telactiviteiten dat zij in hun opvoedingsomgeving aangeboden kregen (Siegler & Ramani, 2009). Aangezien de Amerikaanse kleuters (net als de Nederlandse kleuters) uit een lager sociaaleconomisch milieu kwamen én daarbij (in tegenstelling tot de Nederlandse kleuters) nog nauwelijks rekenonderwijs genoten hadden, hadden zij minder ervaring met cijfersymbolen en hun waarden en scoorden zij daardoor lager op de voormeting van de getallenvergelijkingstaak dan de Nederlandse kleuters (Dyson et al., 2011).

Een alternatieve verklaring voor de hoge scores op de voormeting van de getallenvergelijkingstaak ligt mogelijk in de manier van werven van participanten. Het wervingscriterium dat de school van de kleuters in een impulsgebied staat, was misschien te breed om kleuters met een vergroot risico op problemen met getallenvergelijken te kunnen werven. De ouders van de kleuters met (volgens hun leerkracht) het grootste risico op problemen met getallenvergelijken beheersten namelijk vaak de Nederlandse taal onvoldoende om de wervingsfolder te begrijpen en het nut van deelname van hun kind in te zien. Hierdoor namen wellicht voornamelijk de kleuters uit impulsgebieden met een minder groot risico op problemen met getallenvergelijken deel aan het onderzoek.

Om een beter beeld te krijgen van de invloed van het spelen van een lineair cijferbordspel op de rekenvaardigheid getallenvergelijken zijn er verdiepende analyses uitgevoerd. Hieruit kwam naar voren dat de prestaties van kleuters op alleen makkelijke getalsvergelijkingen wél verbeterden na het spelen van een lineair cijferbordspel. Vooral kleuters die voorafgaand aan de cijferbordspelinterventie moeite hadden met getallenvergelijken op een makkelijk level, leken baat te hebben bij de interventie. Dit komt overeen met de bevindingen uit eerder onderzoek, waaruit bleek dat het spelen van een lineair cijferbordspel meer effect had op de scores op de getallenvergelijkingstaak van kinderen, die voorafgaand aan de interventie moeite hadden met deze taak, dan op de scores van kinderen die voorafgaand aan de interventie al relatief hoog scoorden op deze taak (Ramani & Siegler, 2011). Volgens Xu & Spelke (2000) kunnen kinderen naarmate ze ouder worden vergelijkingen met een steeds kleinere verhouding tussen de getallen correct oplossen. Dit verklaart mogelijk waarom het spelen van een lineair cijferbordspel in het huidige onderzoek alleen de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een makkelijk level en niet op een moeilijk level verbeterde. Het verbeteren van de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een moeilijk

level gaat immers via leeftijd en verbetering van de rekenvaardigheid getallenvergelijken op een makkelijk level kan wellicht via een cijferbordspelinterventie bereikt worden.

Uit het Amerikaanse onderzoek bleek behalve de rekenvaardigheid getallenvergelijken, ook de mentale getallenlijn van kleuters met een lage sociaaleconomische status te verbeteren door het spelen van een lineair cijferbordspel (Ramani et al., 2012). In het huidige onderzoek kwam dit effect niet naar voren. Kleuters hebben een logaritmische voorstelling van de mentale getallenlijn, waardoor zij moeite hebben een getal op de juiste locatie op de getallenlijn te plaatsen en de waarde van een getal in te schatten (Siegler & Booth, 2004). Pas na een jaar formeel rekenonderwijs is er sprake van een lineaire voorstelling van de mentale getallenlijn, waardoor hun schattingen op de getallenlijnschattingstaak ook steeds minder ver zullen afwijken van de gevraagde waarden (Rubinsten, et al., 2002). Mogelijk duurde de interventie in het huidige onderzoek te kort en was deze niet intensief genoeg om verbetering van de mentale getallenlijn te bewerkstelligen, zoals de interventie in het Amerikaanse onderzoek (Ramani et al., 2012).

Limitaties

Wanneer het huidige onderzoek vergeleken wordt met het Amerikaanse onderzoek van Ramani et al. (2012) zijn er nog een aantal punten waarop het huidige onderzoek van het Amerikaanse onderzoek afweek. In het huidige onderzoek liep de getallenlijn op het lineaire cijferbordspel tot 20, terwijl dit in het Amerikaanse onderzoek tot 10 liep. Mogelijk heeft dit ervoor gezorgd dat de getallen tot en met 10 minder intens ingeslepen werden tijdens de bordspelsessies, omdat gedurende de helft van de tijd de cijfers tot en met 20 geoefend werden. Echter is het niet waarschijnlijk dat dit verschil effect zal hebben gehad op de resultaten, aangezien er op de getallenvergelijkingstaak al een plafond effect ontstond bij het vergelijken van getallen tot en met 10. Vanwege dit plafond effect zou het interessant zijn het onderzoek te herhalen met een getallenvergelijkingstaak waarin getallen tot en met 20 (zoals

op het lineaire cijferbordspel) met elkaar vergeleken worden. Wellicht levert een getallenlijnschattingstaak tot en met 20 ook andere resultaten op dan de getallenlijnschattingstaak tot en met 10 in het huidige onderzoek. De meetinstrumenten in het huidige onderzoek zijn niet van te voren getoetst op betrouwbaarheid en validiteit, maar afgaand op vergelijkbare taken in de literatuur kan er vanuit gegaan worden dat dit voldoende is. Ten slotte ontvingen de kleuters tijdens de interventie in de huidige studie niet altijd dezelfde hoeveelheid feedback en verschilde de manier waarop er feedback werd gegeven te veel per onderzoeker. In een vervolgstudie zou hier op gecontroleerd kunnen worden.

Implicaties

Het huidige onderzoek levert onvoldoende bewijs voor het positieve effect van het spelen van een lineair cijferbordspel op de mentale getallenlijn bij Nederlandse kleuters uit impulsgebieden. Leerkrachten van deze kleuters wordt het om deze reden niet geadviseerd het lineaire cijferbordspel in te zetten als methode om de mentale getallenlijn van hun leerlingen te verbeteren. Ook lijkt de mentale getallenlijn niet aan de basis te liggen van de rekenvaardigheid getallenvergelijken. Leerkrachten van kleuters in impulsgebieden worden daarom niet aanbevolen hun rekenonderwijs specifiek te richten op het verbeteren van de mentale getallenlijn. Het spelen van een lineair cijferbordspel zou mogelijk wel door hen ingezet kunnen worden om de rekenvaardigheid getallenvergelijken van zeer zwakke rekenaars te kunnen verbeteren, maar hier dient eerst meer onderzoek naar gedaan te worden. Voorlopig staat alleen het plezier dat de kinderen beleven aan het spelen van een bordspel voorop.

Referenties

- Booth, J.L. & Siegler, R.S. (2006) Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, *41*, 189-201. doi: 10.1037/0012-1649.41.6.189
- Dehaene, S. (2000). Cerebral bases of number processing and calculation. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (p. 987-998). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Dyson, N.I., Jordan, N.C. & Glutting, J. (2011) A number sense intervention for low income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *46*(2), 161-188. doi: 10.1177/0022219411410233
- Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS*. London, United Kingdom: Sage Publications.
- Fischer, M.H. (2008). Finger counting habits modulate spatial-numerical associations. *Cortex*, *44*, 386-392. doi: 10.1016/j.cortex.2007.08.004
- Huntley-Fenner, G. & Cannon, E. (2000). Preschoolers' magnitude comparisons are mediated by a preverbal analog mechanism. *Psychological Science*, *11*, 147-152. doi: 10.1111/1467-9280.00230
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Learning and Individual Differences*, *20*(2), 82–88. doi: 10.1037/a0014939
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2003). Origins of the number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, *14*, 396–401.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW). (2009). Regeling vaststelling impulsgebieden schooljaar 2009–2010 tot en met 2012–2013. Verkregen op 11 april 2014, van http://wetten.overheid.nl/BWBR0025945/geldigheidsdatum_28-10-2009.

- Moore, D.S., McCabe, G.P. & Craig, B.A. (2009). *Introduction to the Practice of Statistics*. New York, NY: W.H. Freeman and Company.
- Preacher, K. J. & Hayes, A. F. (2008). Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behavior Research Methods*, *40*, 879-891.
- Price, G.R., Palmer, D., Battista, C. & Ansari, D. (2012). Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their relationship to arithmetic achievement in adults. *Acta Psychologica*, *140*, 50-57. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.02.008
- Ramani, G.B. & Siegler, R. S. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low- and middle-income preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *32*, 146-159. doi: 10.1016/j.appdev.2011.02.005
- Ramani, G. B., Siegler, R. S. & Hitti, A. (2012). Taking it to the classroom: Number board games as a small group learning activity. *Journal of Educational Psychology*, *104*(3), 661-672. doi:10.1037/a0028995
- Random.org. Methode voor het randomiseren van groepjes. Verkregen op 11 april 2014 van <http://www.random.org/sequences/>.
- Rousselle, L. & Noël, M.P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs. non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*, 361–395.
- Rubinsten, O., Henik, A., Berger, A. & Shahar-Shalev, S. (2002). The development of internal representations of magnitude and their association with Arabic numerals. *Journal of Experimental Child Psychology*, *81*, 74–92.
- Ruijsenaars, A.J.J.M., Luit, J.E.H. van & Lieshout, E.C.D.M. van (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie*. Rotterdam: Lemniscaat.

Siegler, R.S. & Booth, J.L. (2004). Development of numerical estimation in young children.

Child Development, 75(2), 428-444. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x

Siegler R.S. & Ramani, G.B. (2009). Playing linear number board games-but not circular

ones-improves low income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, 101(3), 545-560. doi: 10.1037/a0014239

Wood, J. N. & Spelke, E. S. (2005). Infants' enumeration of actions: Numerical

discrimination and its signature limits. *Developmental Science*, 8(2), 173-181.
doi:10.1111/j.14677687.2005.00404.x

Xu, F. & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants.

Cognition, 74, B1-B11. doi: 10.1016/S0010-0277(99)00066-9

Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: Evidence for two systems of

representations. *Cognition*, 89, 12- 25. doi: 10.1016/S0010-0277(03)00050-7