Optelvaardigheden van Kleuters: De Rol van (Niet-) Symbolische Vaardigheden

Naam: Sjanou Drost

Studentnummer: s1433474

Masterthese ‘Interventie Dyscalculie’

Datum: 15-06-2014

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

Tweede lezer: Mw. I. Merkelbach, MSc

Abstract

Symbolische vaardigheden, het vermogen getallen verbaal en/of visueel weer te geven, en niet-symbolische vaardigheden, zoals kennis van een hoeveelheid stippen, spelen een belangrijke rol bij het optellen. Over de onderlinge relatie tussen symbolische en niet-symbolische vaardigheden bestaan verschillende ideeën. Eén van de opkomende theorieën is dat kennis van niet-symbolische hoeveelheden essentieel is voor de koppeling van cijfersymbolen en cijferwoorden aan niet-symbolische hoeveelheden. Als dit zo is, dan zouden niet-symbolische vaardigheden een mediator kunnen zijn in de relatie tussen symbolische vaardigheden en optelvaardigheid. Om dit te onderzoeken zijn een receptieve taaltaak, een getalgrootte vergelijkingstaak en een optelvaardigheidstaak afgenomen bij kleuters. In totaal bestond de onderzoeksgroep uit 94 kinderen van gemiddeld 5.8 jaar (SD = 5.1). Uit de resultaten blijkt dat niet-symbolische vaardigheden een voorspeller zijn voor eenvoudige optelvaardigheden, $p = .005$, $f^2 = .09$. Daarnaast voorspellen de symbolische en de niet-symbolische vaardigheden algehele en complexe optelvaardigheden, $p < .05$, $f^2 < .27$. Er is daarentegen geen bewijs voor mediatie van niet-symbolische vaardigheden, omdat de scores op de symbolische vergelijkingstaak de scores op de niet-symbolische taak niet kunnen voorspellen, $p = .14$, $1\text{-}\beta = .27$. Er is hiermee dus niet gevonden dat de koppeling van symbolen aan niet-symbolische hoeveelheden essentieel is voor het optellen. Het huidige onderzoek biedt wel ondersteuning voor de stelling dat symbolische en niet-symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor de ontwikkeling van optelvaardigheid. Toekomstig onderzoek moet uitwijzen wat de specifieke rol is van symbolische en niet-symbolische vaardigheden bij optelsommen van verschillende moeilijkheidsgraden.

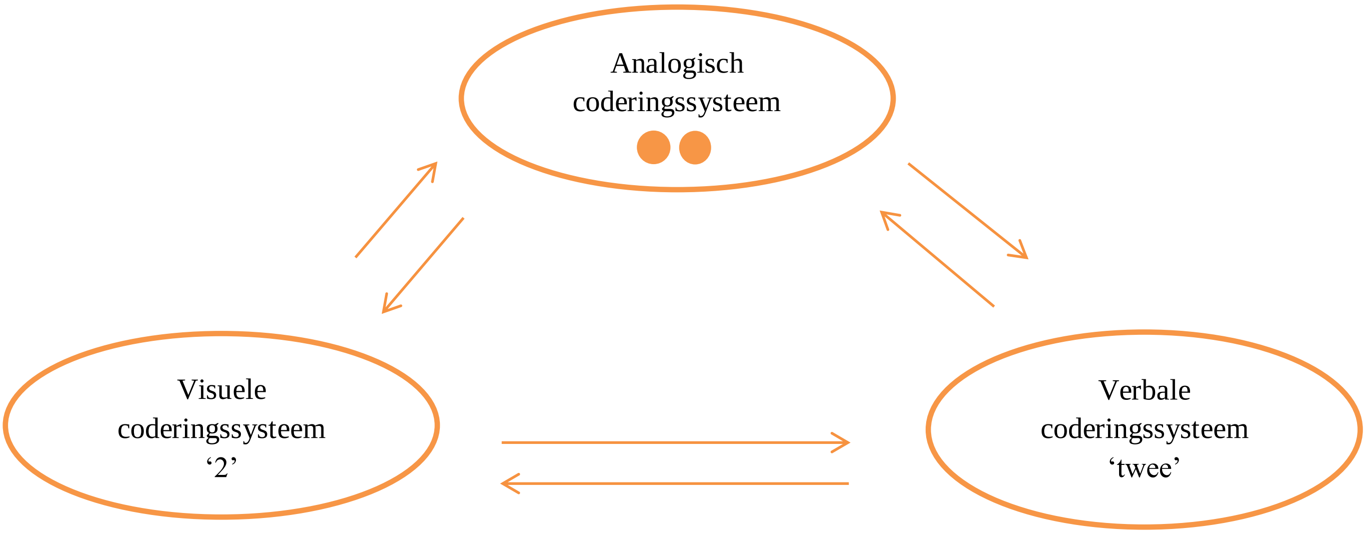
Kernwoorden: niet-symbolische vaardigheden, symbolische vaardigheden, optellen

Optelvaardigheid van Kleuters:

De Rol van (Niet-) Symbolische Vaardigheden

Van een rekenprobleem wordt gesproken wanneer de rekenvaardigheden lager zijn dan verwacht zou mogen worden op basis van leeftijd, intelligentie en onderwijs (American Psychiatric Association [APA], 1994). Bij kinderen met rekenproblemen is het getalbegrip vaak onvoldoende ontwikkeld (Braams & Denise, 2003). Getalbegrip verwijst naar het snel herkennen van getallen en de relatie tussen getallen (Howden, 1989; Nickerson & Whitacre, 2008). Voor de ontwikkeling van getalbegrip is het belangrijk dat kinderen leren tellen, betekenis kunnen geven aan getallen en hoeveelheden weten te koppelen aan symbolen (Van Groenestijn, 2009/2010). Zodra kinderen deze rekenvaardigheden beheersen, kunnen zij rekenkundige bewerkingen uit gaan voeren (Braams & Denise, 2003). Kinderen met rekenproblemen hebben vaak nog een tekort aan getalbegrip als zij aan het formele rekenonderwijs in groep 3 beginnen. Het gevolg hiervan kan een langdurende rekenachterstand zijn, in sommige gevallen zelfs nog merkbaar op het Voortgezet Onderwijs (VO) (Van Luit, 2012).

Volgens het Triple Code Model van Dehaene (2001) zijn er drie manieren waarop numerieke informatie, aangeduid door getallen en hoeveelheden, verwerkt wordt. Zo is er een analogisch coderingssysteem dat niet-symbolische hoeveelheden, zoals hoeveelheden stippen, verwerkt. De verwerking van symbolische hoeveelheden, zoals een gesproken getal of visueel weergegeven Arabisch cijfersymbool, vindt plaats in het verbale en visuele coderingssysteem (Kolkman, Kroesbergen & Leseman, 2013). In het verbale coderingssysteem worden representaties van cijferwoorden, zoals het woord ‘één’, gevormd. Arabische cijfers, zoals het cijfersymbool ‘2’, worden visueel weergegeven in het visuele coderingssysteem. De informatie uit het ene coderingsysteem kan omgezet worden in informatie uit een ander coderingsysteem (Figuur 1) (Dehaene, 2001).



Figuur 1. Het Triple Code Model (Dehaene, 2001)

Dehaene (2001) suggereert dat het eerste systeem, het analogische coderingssysteem, aangeboren is. Kennis van cijferwoorden en cijfersymbolen krijgen kinderen door blootstelling aan taal, de cultuur en het volgen van onderwijs. Daarnaast gaat het Triple Code Model (Dehaene, 2001) er vanuit dat symbolische vaardigheden afgestemd moeten worden op de conceptuele representaties van niet-symbolische hoeveelheden. Dit model stelt daarmee dus dat niet- symbolische hoeveelheden betekenis geven aan symbolische hoeveelheden (Kolkman et al., 2013). Het analogische coderingssysteem lijkt dan ook een fundament te vormen voor kennis van cijfersymbolen en cijferwoorden. Verder redenerend zou het analogisch coderingssysteem daarmee een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van zowel het verbale als het visuele coderingssysteem.

Tussen zes- en achtjarige leeftijd ontwikkelen kinderen het vermogen om informatie uit het analogische coderingssysteem te koppelen aan informatie uit het verbale en visuele coderingsysteem. Ze gaan cijfersymbolen en cijferwoorden associëren met een niet-symbolische hoeveelheid. Dit zou kinderen in staat stellen tot de uitvoer van rekenkundige bewerkingen, zoals optellen (Mundy & Gilmore, 2009).

Een optelsom bestaat uit getallen die kinderen door middel van verschillende strategieën samenvoegen om het totaal te bepalen (Hulme & Snowling, 2009). In het onderzoek van Moomaw en Dorsey (2013) zijn een aantal optelstrategieën gevonden die kinderen vaak gebruiken. Als de optelvaardigheid nog beperkt is, tellen kinderen op met behulp van de ‘counting all strategie’ (Baroody, 1987; Clements & Sarama, 2007). Als ze bijvoorbeeld een hoeveelheid van drie blokken bij vier blokken op moeten tellen, tellen ze eerst drie blokken, dan vier blokken en tellen daarna alle blokken samen van één tot zeven. Al snel leren kinderen de ‘shortcutsum strategie’ te gebruiken (Clements & Sarama, 2007; Siegler & Jenkins, 1989), waarbij ze de twee hoeveelheden samen optellen om het totaal te krijgen, zonder eerst beide hoeveelheden gescheiden op te tellen (Moomaw & Hieronymus, 1995, 2011). Vervolgens gaan kinderen optellen vanaf één van de hoeveelheden en tellen daar de andere hoeveelheid bij op (Baroody, 1987; Baroody & Tiilikainen, 2003; Kamii, 2000). Als kinderen bijvoorbeeld de optelsom ‘Wat is drie plus vier?’ krijgen, dan beginnen ze bij drie en tellen verder: vier, vijf, zes, zeven. Bij deze strategie is het niet nodig om te starten met tellen vanaf één. Optellen zou dus gezien kunnen worden als een natuurlijke uitbreiding van tellen (Hulme & Snowling, 2009). Uiteindelijk gaan kinderen zich realiseren dat ze minder hoeven te tellen wanneer beginnen bij het grootste getal en daar het kleinere getal bij optellen: de ‘min strategie’(Hulme & Snowling, 2009).

Als kinderen een optelsom en het bijbehorende antwoord met elkaar leren te associëren, zijn ze steeds beter in staat om het antwoord automatisch te herinneren als ze een bepaalde optelsom zien. Hiervoor is het belangrijk dat de associaties tussen getallen opgeslagen worden in het lange termijn geheugen. Dit vereist veel oefening in de uitvoer van eenvoudige optelsommen. Met elke oefening neemt de kans op het automatisch herinneren van de som toe, wat een snelle en zeer efficiënte manier is (Hulme en Snowling, 2009). Kinderen die als kleuter moeite hebben met telstrategieën zullen er langer over doen om in het lange termijn geheugen numerieke feiten op te slaan en zullen minder automatisme ontwikkelen in reactie op numerieke taken (Geary, 1993). Verder blijkt dat wanneer kinderen de besproken telstrategieën verkeerd gebruiken en incorrecte antwoorden geven op optelsommen, deze onjuiste antwoorden opslagen worden in het lange termijn geheugen (Hulme & Snowling, 2009).

Voordat kinderen les hebben gekregen in optellen, hebben ze nog weinig mogelijkheid gehad om te oefenen met optelsommen en hebben nog relatief weinig numerieke informatie in het lange termijn geheugen. Al voordat kinderen naar school gaan, begrijpen ze optellen op abstract niveau en hebben dus al enige conceptuele kennis (Gilmore, McCarthy & Spelke, 2007). Ze kunnen deze conceptuele kennis zelfs gebruiken om optelsommen in symbolische vorm op te lossen, zonder dat ze les hebben gekregen in de betekenis van cijfersymbolen. Dit lijkt te suggereren dat jonge kinderen, naast aangeboren niet-symbolische vaardigheden (Dehaene, 2001), ook het vermogen bezitten om getallen verbaal weer te geven.

De literatuur is niet duidelijk over de exacte rol van (niet-) symbolische vaardigheden in relatie tot de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Zo is in Kolkman en collega's (2013) gevonden dat er meerdere stromingen te onderscheiden zijn. Binnen de eerste stroming hebben symbolische vaardigheden een essentiële rol in de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Onderzoek van De Smedt en Gilmore, (2011) heeft bijvoorbeeld aangetoond dat kinderen met rekenproblemen minder ontwikkelde symbolische vaardigheden hadden, wat niet het geval was voor de niet-symbolische vaardigheden. In een tweede stroming heerst de overtuiging dat niet-symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor rekenvaardigheid (Barth, La Mont, Lipton, Dehaene, Kanwisher & Spelke, 2006). Tenslotte is er een stroming waar het Triple Code Model (Dehaene, 2001) deel vanuit maakt. Volgens deze stroming spelen niet-symbolische vaardigheden een belangrijke rol in optellen. De stelling is namelijk dat Arabische cijfersymbolen en cijferwoorden geassocieerd worden met niet-symbolische hoeveelheden, die betekenis geven aan de cijfersymbolen. Ook Mundy en Gilmore (2009) hebben gevonden dat symbolische hoeveelheden verbonden worden met de overeenkomstige niet-symbolische hoeveelheid. Dit wordt ondersteund door Von Aster en Shalev (2007) die stellen dat kennis van niet-symbolische hoeveelheden een voorwaarde is voor het relateren van cijfersymbolen en/of cijferwoorden aan niet-symbolische hoeveelheden. Als kinderen symbolische vaardigheden beheersen, ontwikkelen kinderen 'mapping skills', het vermogen om niet-symbolische hoeveelheden te koppelen aan verbale cijferwoorden en/of Arabische cijfersymbolen (Kolkman et al., 2013). Onderzoek toont aan dat deze 'mapping skills' belangrijk zijn voor het leren rekenen (Kolkman et al., 2013; Mundy & Gilomore, 2009). Deze verschillende ideeën geven aan dat er nog veel discussie is omtrent de rol van (niet-) symbolische vaardigheden in relatie tot het vermogen van kinderen om rekenkundige bewerkingen uit te gaan voeren.

Om meer duidelijkheid te creëren binnen de discussie over (niet-) symbolische vaardigheden en optellen is een onderzoek opgesteld met als onderzoeksvraag: Heeft kennis van symbolen en hoeveelheden invloed op de optelvaardigheid bij kleuters uit groep 2? Het antwoord hierop kan inzicht geven in de bijdrage van (niet-) symbolische vaardigheden aan de ontwikkeling van rekenvaardigheid en rekenproblemen. Het is belangrijk meer inzicht te krijgen in deze relatie, omdat een grote groep leerlingen in het basisonderwijs, namelijk zes tot zeven procent, te kampen heeft met rekenproblemen (Nelissen, 2003/2004). Volgens Van Luit (2012) hebben deze problemen met voorbereidend rekenen niet alleen gevolgen voor het leren rekenen, maar ondervinden deze kinderen zelfs op het VO hier nog de gevolgen van.

Omdat optelsommen visueel (en verbaal) aangeboden worden en deels bestaan uit cijfersymbolen, wat ook het geval is bij de vergelijking van symbolische hoeveelheden, zou er een sterke relatie moeten bestaan tussen de vergelijking van symbolische hoeveelheden en optelvaardigheid. Uitgaand van het Triple Code Model (Dehaene, 2001) zouden symbolen vervolgens betekenis moeten krijgen door overeenkomstige niet-symbolische hoeveelheden. Dit zou kinderen in staat stellen tot de uitvoer van rekenkundige bewerkingen. De koppeling van symbolen aan niet-symbolische hoeveelheden zou daarmee dus een grote invloed moeten hebben op de optelvaardigheid. Omdat cijfersymbolen betekenis krijgen door een niet-symbolische hoeveelheid, wordt verwacht dat niet-symbolische vaardigheden een mediërende rol hebben in de relatie van symbolische vaardigheden en optelvaardigheid. Daarnaast zou er een sterke relatie moeten bestaan tussen de niet-symbolische vergelijkingstaak en de optelvaardigheidstaak, omdat beide (deels) door middel van een hoeveelheid stippen aangeboden worden. Dit mediatie-effect wordt onderzocht door kleuters in groep 2 een getalgrootte vergelijkingstaak en een optelvaardigheidstaak te laten maken.

Methode

Participanten

Voorafgaand aan het onderzoek zijn folders en toestemmingsformulieren uitgedeeld aan 56 scholen in de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht en Overijssel om ouders en leerkrachten op de hoogte te stellen van de onderzoeksopzet. De benaderde scholen bevonden zich in impulsgebieden: postcodegebieden met veel lage inkomens en/of uitkeringen (Dijksma, 2009; Van Bijsterveldt-Vliegenthart, 2012). Van de 56 scholen verleenden 12 hun medewerking aan het onderzoek.

Op de deelnemende scholen zijn 269 toestemmingsformulieren uitgedeeld, waarvan 52.8% ondertekend door ouders ingeleverd werd. Van de ouders die het toestemmingsformulier ingeleverd hadden, gaf 93.7% toestemming voor deelname. Kleuters uit groep 2, waarvan hun ouders een toestemmingsverklaring hadden getekend, mochten deelnemen aan het onderzoek. Verder was het voor deelname van belang dat de kinderen de Nederlandse taal begrepen.

Er deden aan het onderzoek 94 kinderen mee, waarvan 54.3% een jongen was. Hun gemiddelde leeftijd was 5 jaar en 8 maanden (*SD* = 5.1). Het huidige onderzoek vormt een onderdeel van een groter onderzoek, dat ingaat op de effectiviteit van een lineair getallenbordspel (voor meer informatie hierover, zie Appendix A - C). Tijdens het onderzoek is 21.7% van de kinderen uitgevallen in verband met onvoorziene omstandigheden, zoals ziekte van deelnemers en de uitval van twee onderzoekers.

Procedure

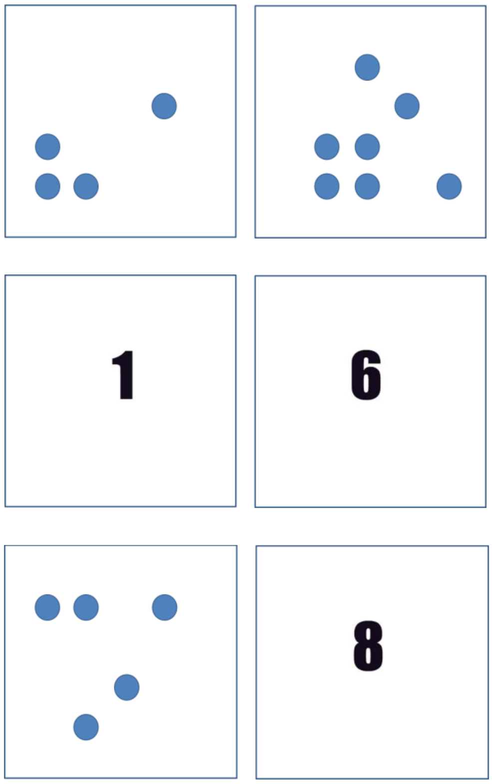
Training. Voorafgaand aan de daadwerkelijke uitvoer van het onderzoek hebben de onderzoeksters een korte training ondergaan. Deze bestond uit een pilot onder kleuters waarin de onderzoekers onder andere een receptieve taaltaak, de Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT), en twee rekentaken, een getalgrootte vergelijkingstaak en een optelvaardigheidstaak afnamen.

Het testen. De onderzoeksters bezochten de scholen in april 2014 om de PPVT, een getalgrootte vergelijkingstaak en een optelvaardigheidstaak bij de deelnemende kinderen af te nemen. Deze taaltaak en rekentaken werden individueel bij de kinderen afgenomen in ongeveer 30 minuten. De testafname werd gefilmd en kinderen kregen een sticker als beloning. Om afleiding bij de kinderen te voorkomen hebben de onderzoeksters een rustige ruimte gezocht, meestal de kamer van de intern begeleider van de school of de vergaderkamer.

Meetinstrumenten

Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT). De taalontwikkeling van de kinderen is gemeten door een receptieve taaltaak, de PPVT (Schlichting, 2005; Dunn & Dunn, 1997). In deze taak kregen kinderen verbaal een woord gepresenteerd. De kinderen moesten een keuze maken uit vier plaatjes en het plaatje aanwijzen dat bij het woord hoorde, waarbij ze geen verbale reactie hoefden te geven. De PPVT bestaat uit 204 items, verdeeld over 17 sets. Elke set bestond uit 12 items van vier plaatjes. In totaal duurde de afname ongeveer tien minuten. De ruwe scores werden omgezet in een standaardscore, het Woordbegripscoëfficiënt (WBQ). Dit instrument is afgenomen omdat taal mogelijk een rol speelt in de rekenontwikkeling van kinderen (Kleemans, Segers & Verhoeven, 2010). De betrouwbaarheid van deze receptieve taaltaak is goed; lambda-2 varieert voor de leeftijdsgroep van 5 tot 8 jaar van .92 tot .95 (Schlichting, 2005; Dunn & Dunn, 1997). De Cohen's interbeoordelaarsbetrouwbaarheid voor dit onderdeel was .87.

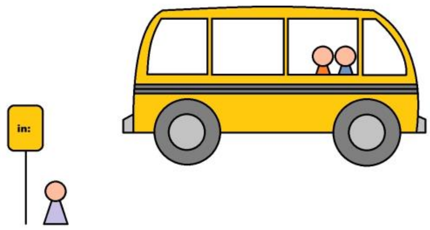
Vergelijkingstaken. De vaardigheid hoeveelheden vergelijken is gemeten door een digitale getalgrootte vergelijkingstaak, gebaseerd op Ramani & Siegler (2011). Kinderen moesten zo snel mogelijk en zonder fouten aanwijzen welke van twee hoeveelheden en/of cijfers meer was. Om zowel het vermogen tot de vergelijking van niet-symbolische hoeveelheden als symbolische hoeveelheden te beoordelen, zijn drie condities gemeten. Elke conditie werd in PowerPoint gepresenteerd op een laptopscherm. De kinderen kregen twee vakken te zien waarin hoeveelheden van één tot tien in willekeurige volgorde gepresenteerd werden. De hoeveelheden zijn bepaald met behulp van True Random Number Generator (Versie 1.0; 1998-2014). In de niet-symbolische conditie kregen kinderen in de twee vakken hoeveelheden stippen gepresenteerd op een raster van 1 tot en met 16. True Random Number Generator (Versie 1.0; 1998-2014) is gebruikt om te bepalen welke plaats de stippen moesten krijgen op het raster. De kinderen kregen in de symbolische conditie in beide vakken een cijfersymbool te zien en moesten hiervan het grootste cijfer bepalen. Bij de combinatieconditie kregen kinderen in één vak een hoeveelheid stippen en in één vak een cijfersymbool te zien. De eerste vijf opgaven werd het cijfersymbool rechts en de niet-symbolische hoeveelheid links gepresenteerd. De overige opgaven stond het cijfersymbool links en de hoeveelheid stippen rechts weergegeven.



Figuur 2. Voorbeeld van de drie vergelijkingstaken

Deze rekentaak is een veel gebruikte manier om het vermogen tot de vergelijking van (niet-) symbolische hoeveelheden te meten bij kinderen (Price, Palmer, Battista & Ansari, 2012). De kinderen konden per vraag één punt verdienen. Dit punt werd toegekend indien een kind correct aanwees welke hoeveelheid en/of getal meer was. Per conditie kon dus een score van maximaal tien punten behaald worden. Een hogere score betekende meer vaardigheid in dit rekenonderdeel. De Cronbach's alpha is .61 voor de symbolische en .84 voor de niet-symbolische conditie (Kolkman et al., 2013) en kan daarmee als gemiddeld worden beschouwd. Voor de combinatieconditie is Cronbach's alpha onbekend. De Cohen's interbeoordelaarsbetrouwbaarheid was .84 voor de niet-symbolische vergelijkingstaak, .91 voor de symbolische en .96 voor de combinatiegroep.

Optelvaardigheidstaak. Om optelvaardigheid te meten zijn 16 bussommen (Junior Einstein BV, n.d.) gebruikt. Dit is een in Nederland veel gebruikte rekenmethode voor kinderen uit groep 2 en 3 waarmee kinderen leren optellen en aftrekken (Jurriens, 2014). De optelsommen bestonden uit een afbeelding van een bus met een cijfer erop. Het cijfer gaf aan hoeveel personen er in de bus zaten. Naast de bus stonden personen die ‘in wilden stappen’. Deze moesten bij de inzittenden van de bus opgeteld worden. Het was aan de kinderen om de sommen verbaal oplossen door het totaal aantal personen in de bus te benoemen.



Figuur 3. Voorbeeld van een bussom

Kleuters hebben soms nog moeite met verbaal aangeboden verhaaltjessommen (Dyson, Jordan & Glutting, 2013). Bussommen worden zowel visueel als verbaal aangeboden en zijn daarmee uitermate geschikt voor de leeftijdsgroep. Deze rekentaak bestond uit meerdere condities, geordend in vier moeilijkheidsgraden. Wanneer een kind in één conditie meer dan drie fouten maakte, werd een afbreekregel toegepast. Als op een bepaalde moeilijkheidsgraad drie of meer fouten gemaakt werden, gingen de onderzoeksters niet verder met een hogere moeilijkheidsgraad. Per vraag konden kinderen één punt verdienen wanneer ze het juiste antwoord gaven. Kinderen konden op dit onderdeel een maximum score van 16 punten halen. Een hogere score betekende een betere optelvaardigheid. Voor deze rekentaak was de Cohen’s interbeoordelaarsbetrouwbaarheid .92.

Statistische analyses

Allereerst is een missende waarde analyse uitgevoerd. Bij een maximum van twee missende waarden op een variabele zijn deze vervangen door het gemiddelde. Ook is gezocht naar uni- en bivariate afwijkende waarden. Dit is gedaan door voor elke variabele een boxplot te maken. De algemene kenmerken van de variabelen zijn zowel met als zonder de uitbijters onderzocht. De waarden van de uitbijters zijn met behulp van winsorizing (Winsor, 1946) aangepast naar de dichtstbijzijnde waarden die geen uitbijter was. Als hierdoor de variatie op de variabele verminderde en/of er meer dan vijf procent van de data aangepast zou worden, is er toch voor gekozen de oorspronkelijke waarden mee te nemen in de analyses. Op normaliteit is getoetst door de Kolmogorov-Smirnov toets, de gestandaardiseerde skewness en kurtosis, een histogram en een Q-Q plot per variabele op te vragen. Voor een niet normale verdeling is een transformatie, via log10 en Van Der Waerden (1952/1953) uitgevoerd.

Om te voorkomen dat de resultaten van de regressieanalyses beïnvloed worden door achtergrondvariabelen, is getest of de variabelen leeftijd, geslacht en receptieve taalvaardigheid een verband hebben met de twee vergelijkingstaken. Voor de variabele geslacht is een t-test uitgevoerd. Voor de overige variabelen is een correlatiematrix gemaakt.

Om te toetsen of de niet-symbolische vergelijkingstaak een mediator is voor de relatie tussen de symbolische vergelijkingstaak en de optelvaardigheidstaak, zijn meerdere regressieanalyses uitgevoerd. Voorafgaand is homoscedasticiteit getest door de gestandaardiseerde residuen weer te geven in een spreidingsdiagram. Per regressieanalyse is onderzocht of de residuen normaal verdeeld waren door de studentized error op normaliteit te controleren. Door een correlatiematrix is onderzocht of er een lineaire relatie is tussen de voorspellers en de responsvariabele. Met de eerste regressieanalyse is getoetst of de score op de symbolische vergelijkingstaak de prestatie op de optelvaardigheidstaak kan voorspellen. Met de tweede regressieanalyse is onderzocht of de prestatie op de symbolische variant van de vergelijkingstaak een voorspeller is voor de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak. Tenslotte is getoetst of de prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak de prestatie op de optelvaardigheidstaak kan voorspellen. Als richtlijn wordt een significantieniveau van .05 en een power van .80 nagestreefd. Bovendien geldt voor de effectgrootte Cohen's f^2 (Cohen, 1988) de volgende richtlijn: .02 - .15 is klein, .15 - .35 gemiddeld en > .35 is een groot effect (Buchner, Erdfelder, Faul & Lang, 1992-2013).

Resultaten

Data-inspectie

De algemene beschrijvende kenmerken staan weergegeven in Tabel 1. Hierin is te zien dat de drie vergelijkingstaken en de optelvaardigheidstaak niet normaal verdeeld waren. Verscheidene transformaties, waaronder een transformatie via log10 en Van Der Waerden (1952/1953), resulteerden alleen op de optelvaardigheidstaak in een (bij benadering) normale verdeling, zie Appendix D. Omdat regressie een redelijk robuuste techniek is tegen deze schending van normaliteit, is besloten de regressieanalyses uit te voeren met de niet-getransformeerde vergelijkingstaken als voorspellers. De getransformeerde optelvaardigheidstaak als responsvariabele resulteerde in normaal verdeelde residuen. Dit was niet het geval wanneer de niet-getransformeerde optelvaardigheidstaak gebruikt werd. Op basis hiervan is ervoor gekozen de getransformeerde optelvaardigheidstaak als responsvariabele te gebruiken.

Er waren geen missende waarden op de voorspellers en de responsvariabele. Eén proefpersoon behaalde op de vergelijkingstaken een lage extreme waarde; de scores vielen

Tabel 1

Algemene kenmerken van de rekenprestaties van kinderen

						Kolmogorov-Smirnov	Missing	Uitbijters
	n	*M(SD)*	95% CI	Zskewness	Zkurtosis	*p*	*n*	*n*
Rekentaken								
Getalgrootte vergelijkingstaak 1	94	9.67(0.65)	[9.54, 9.80]	-11.02	21.80	< .001	-	1
Getalgrootte vergelijkingstaak 2	94	9.60(1.05)	[9.38, 9.81]	-16.11	40.06	< .001	-	11
Optelvaardigheidstaak	94	12.97(2.90)	[12.37, 13.56]	-5.72	3.60	< .001	-	7
Achtergrondvariabelen								
Leeftijd	94	70.38(5.16)	[69.31, 71.44]	0.77	-0.45	.20	1	0
WBQ (PPVT)	94	102.06(1.64)	[98.81, 105.32]	-1.62	0.82	.20	1	2

meer dan drie standaarddeviaties onder het gemiddelde. Er is voor gekozen om deze proefpersoon uit te sluiten van alle analyses. Op de rekentaken waren relatief veel uitbijters (4.3% van de data). Met name bij de symbolische vergelijkingstaak was het aantal uitbijters groot (3.9% totaal). Omdat veel van de oorspronkelijke informatie verloren zou gaan als winsorizen (Winsor, 1946) toegepast zou worden en juist dit de variatie op de variabelen beperkt, zijn de oorspronkelijke waarden meegenomen in de analyses.

Tenslotte kwam uit de data-inspectie naar voren dat de residuen van de regressieanalyses met als voorspeller de niet-symbolische of de symbolische vergelijkingstaak normaal verdeeld waren. Dit gold niet voor de residuen van de regressieanalyse waarbij de niet-symbolische vergelijkingstaak als responsvariabele en de symbolische vergelijkingstaak als voorspeller gebruikt werd.

Achtergrondanalyses

De achtergrondvariabelen leeftijd en het WBQ lieten een normale verdeling zien. Op beide achtergrondvariabelen is één missende waarde gesignaleerd. Deze waarden zijn beiden vervangen door het gemiddelde van de variabele. In totaal waren er twee uitbijters op de variabele WBQ (1.08% van de data). Deze afwijkende waarden zijn door middel van winsorizing (Winsor, 1946) aangepast naar de laagste waarde die geen uitbijter was.

Tabel 2

Pearsons correlatie tussen de numerieke variabelen

	1.	2.	3.	4.	5.
1. Optelvaardigheidstaak	-				
2. Niet-symbolische vergelijkingstaak	.26*	-			
3. Symbolische vergelijkingstaak	.41**	.16	-		
4. Leeftijd	.30**	.14	-.02	-	
5. WBQ (PPVT)	.03	.02	.23*	-.30**	-

Noot. ** $p < .01$ (tweezijdig)

* $p < .05$ (tweezijdig)

De correlatie tussen de verschillende variabelen staat weergegeven in Tabel 2. Hierin is te zien dat optelvaardigheid significant samenhangt met zowel de niet-symbolische als de symbolische vergelijkingstaak. Bovendien hangen de scores op de symbolische vergelijkingstaak significant samen met de achtergrond variabele WBQ. Omdat het WBQ significant samenhangt met één van de voorspellers, is besloten deze als achtergrondvariabele mee te nemen in de regressieanalyses. De resultaten van de t-test met als onafhankelijke variabele geslacht staan weergegeven in Appendix E. Omdat de gemiddelde prestatie op de beide vergelijkingstaken niet verschilde tussen jongens en meisjes, is geslacht niet meegenomen als achtergrondvariabele.

Vergelijkingstaken als voorspeller

Om te toetsen of de prestatie op de symbolische vergelijkingstaak als voorspeller dient voor de score op de optelvaardigheidstaak, is een regressieanalyse uitgevoerd met het WBQ als achtergrondvariabele. Hieruit bleek dat de prestatie op de symbolische vergelijkingstaak een positieve voorspeller is voor de score op de optelvaardigheidstaak, $B(SE) = 0.15(0.04)$, $t(92) = 4.72$, $p < .001$, $f^2 = .20$.

Ook is een regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of de score op de symbolische vergelijkingstaak een voorspeller is voor de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak. De prestatie op de symbolische vergelijkingstaak bleek geen significante voorspeller te zijn voor de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak, $B(SE) = 0.10(0.07)$, $t(92) = 1.51$, $p = .14$, $1\text{-}\beta = .27$.

Tenslotte is door middel van een regressieanalyse onderzocht of de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak de prestatie op de optelvaardigheidstaak kan voorspellen. Hieruit kwam naar voren dat de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak een positieve voorspeller is voor de prestatie op de optelvaardigheidstaak, $B(SE) = 0.14(0.05)$, $t(92) = 2.58$, $p = .01$, $f^2 = .08$.

Verdiepende analyses

De optelvaardigheidstaak is op basis van moeilijkheid ingedeeld in vier categorieën. Onderzocht is of de score op de (niet-) symbolische vergelijkingstaken de prestatie op de eerste en vierde moeilijkheidscategorie optelsommen kan voorspellen. Hoewel de residuen van de regressieanalyse met als responsvariabele de eenvoudige optelsommen, niet normaal verdeeld waren, zijn de regressieanalyses toch uitgevoerd om meer inzicht te verkrijgen in de bijdrage van (niet-) symbolische vaardigheden aan de uitvoer van optelsommen die verschillen in moeilijkheidsgraad.

Om te testen of de prestatie op de symbolische vergelijkingstaak een voorspeller is voor de score op de eenvoudige optelsommen, is een regressieanalyse uitgevoerd waarbij het WBQ meegenomen is als achtergrondvariabele. Hieruit kwam naar voren dat prestatie op de symbolische vergelijkingstaak geen significante voorspeller is, $B(SE) = 0.13(0.07)$, $t(92) = 1.75$, $p = .08$, $1-\beta = .38$. Ook is onderzocht of de prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak de score op deze categorie optelsommen kan voorspellen. De prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak was geen significante voorspeller voor de score op de eenvoudige optelsommen, $B(SE) = 0.31(0.11)$, $t(92) = 2.89$, $p = .005$, $f^2 = .09$.

Om te onderzoeken of de score op de symbolische vergelijkingstaak een voorspeller is voor de prestatie op de complexe optelsommen, is een regressieanalyse uitgevoerd waarbij wederom het WBQ als achtergrondvariabele meegenomen is. De prestatie op de symbolische vergelijkingstaak bleek een positieve voorspeller te zijn voor de score op deze categorie optelsommen, $B(SE) = 0.13(0.07)$, $t(92) = 4.71$, $p < .001$, $f^2 = .27$. Ook is onderzocht of de score op de niet-symbolische vergelijkingstaak een significante voorspeller is. Hieruit kwam naar voren dat ook de prestatie op deze vergelijkingstaak een positieve voorspeller is voor de score op complexe optelsommen, $B(SE) = .61(.26)$, $t(92) = 2.32$, $p = .02$, $f^2 = .06$.

Discussie

Met het huidige onderzoek is geprobeerd om meer duidelijkheid te creëren over de relatie tussen (niet-) symbolische vaardigheden en de ontwikkeling van optelvaardigheid.

De eerste hypothese was dat het vermogen tot de vergelijking van symbolische hoeveelheden een voorspeller is voor optelvaardigheid. De resultaten bevestigen de hypothese: de prestatie op de symbolische vergelijkingstaak was een significante voorspeller voor de score op de optelvaardigheidstaak. De effectgrootte is middelmatig (f^2 = .20), wat betekent dat de relatie tussen de variabelen gemiddeld van sterkte is (Levine & Hullett, 2002).

De tweede hypothese was dat de niet-symbolische vaardigheden een mediator zijn in de relatie tussen symbolische vaardigheden en optelvaardigheid. De resultaten bevestigen de hypothese niet: de score op de symbolische vergelijkingstaak bleek geen significante voorspeller voor de prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak. Omdat de power van deze regressieanalyse klein is (1-β = .27), is het mogelijk dat er in werkelijkheid wel een significante relatie tussen beide vergelijkingstaken is.

De derde hypothese was dat niet-symbolische vaardigheden de optelvaardigheid kunnen voorspellen. De resultaten bevestigen dit: de prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak was een significante voorspeller voor de score op de optelvaardigheidstaak. De relatie tussen beide variabelen lijkt niet heel sterk te zijn (Levine & Hullett, 2002), de effectgrootte is klein, $f^{2\,=}$ .08.

Met de verdiepende analyses is getracht meer inzicht te verkrijgen in de bijdrage van (niet-) symbolische vaardigheden aan de uitvoer van optelsommen die verschillen in moeilijkheidsgraad. Hieruit kwam naar voren dat de prestatie op de niet-symbolische vergelijkingstaak een significante voorspeller is voor de score op eenvoudige en complexe optelsommen. In beide gevallen was de effectgrootte klein (f^2 was respectievelijk .09 en .06), de relatie tussen de variabelen is niet sterk (Levine & Hullett, 2002). De score op de symbolische vergelijkingstaak bleek geen significante voorspeller voor de prestatie op de eenvoudige optelsommen. De power was relatief laag: 1-β = .38. Het is dus mogelijk dat er in werkelijkheid wel een relatie is. De prestatie op de symbolische vergelijkingstaak was wel een significante voorspeller voor de score op de complexe optelsommen. De effectgrootte was gemiddeld, f^2 = .27. De sterkte van de relatie tussen beide variabelen is middelmatig (Levine & Hullett, 2002).

Bewijs voor de verschillende stromingen

Momenteel is er veel discussie omtrent de rol van (niet-) symbolische vaardigheden in relatie tot de ontwikkeling van rekenvaardigheid, zoals optellen. Eerder is al genoemd dat er in de literatuur grofweg drie stromingen te onderscheiden zijn; er zijn onderzoekers die stellen dat symbolische vaardigheden een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheid, onderzoekers die gevonden hebben dat juist niet-symbolische vaardigheden van belang zijn, maar er zijn ook onderzoekers die stellen dat niet-symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor de ontwikkeling van symbolische vaardigheden.

In het huidige onderzoek is gevonden dat kinderen die beter presteerden op de symbolische vergelijkingstaak, ook een hogere score hadden op de optelvaardigheidstaak. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van De Smedt en Gilmore (2011) waarin geconcludeerd werd dat kinderen die beter vast konden stellen welke van twee cijfersymbolen groter was, ook beter waren in de uitvoer van rekenkundige bewerkingen. De resultaten van het huidige onderzoek bieden dus bewijs voor de stroming waarin de overtuiging heerst dat symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor de ontwikkeling van rekenvaardigheid.

Onderzoekers van de tweede stroming (Barth et al., 2006) veronderstellen dat niet-symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Deze onderzoekers hebben gevonden dat kinderen al niet-symbolische vaardigheden bezitten voordat ze naar school gaan. Dit komt ook naar voren in het huidige onderzoek: kleuters die een beter prestatie leverden op de niet-symbolische vergelijkingstaak, behaalden vaak ook een hogere score op de optelvaardigheidstaak. Deze beide onderzoeken lijken aan te tonen dat kleuter met een grotere beheersing van de niet-symbolische vaardigheden ook beter kunnen optellen.

Er is ook een derde stroming waarbinnen de onderzoekers er vanuit gaan dat niet-symbolische vaardigheden van belang zijn voor de ontwikkeling van symbolische vaardigheden. Het Triple Code Model (Dehaene, 2001) suggereert bijvoorbeeld dat niet-symbolische vaardigheden betekenis geven aan cijfersymbolen. Ook Von Aster en Shalev (2007) hebben gevonden dat kennis van niet-symbolische hoeveelheden, zoals een hoeveelheid stippen, een voorwaarde is voor het ontwikkelen van symbolische vaardigheden. Volgens Mundy en Gilmore (2009) resulteert een grotere beheersing van niet-symbolische vaardigheden in een betere prestatie op symbolische vergelijkingstaken. Dit is niet naar voren gekomen in het huidige onderzoek: er is geen significante relatie gevonden tussen de niet-symbolische vergelijkingstaak en de symbolische vergelijkingstaak. De mogelijk bestaat dat deze relatie er wel is, maar in het huidige onderzoek niet gevonden is vanwege een lage power.

Al met al kan geconcludeerd worden dat er bewijs gevonden is voor de beide stromingen die suggereren dat niet-symbolische vaardigheden en symbolische vaardigheden een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Er is daarentegen geen bewijs gevonden voor de derde stroming, wellicht gemaskeerd door een lage power.

Alternatieve verklaringen

In de literatuur is veel onduidelijkheid over de exacte rol van (niet-) symbolische vaardigheden in relatie tot de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Dit huidige onderzoek heeft geen bewijs geleverd voor het Triple Code Model (Dehaene, 2001): in dit onderzoek is niet gevonden dat niet-symbolische hoeveelheden betekenis geven aan cijfersymbolen en cijferwoorden. De mogelijkheid bestaat dat beide vaardigheden zich onafhankelijk van elkaar ontwikkelen en beiden een eigen bijdrage leveren een aan de ontwikkeling van optelvaardigheid. Er zijn in het huidige onderzoek aanwijzingen gevonden dat niet-symbolische vaardigheden belangrijk zijn voor eenvoudige opteltaken, terwijl symbolische vaardigheden een grotere rol gaan spelen als het optellen moeilijker wordt. Dit kan een verklaring bieden voor de verschillende stromingen die gevonden zijn in Kolkman et al. (2013): de moeilijkheidsgraad van de optelvaardigheidstaak zou dan bepalen of een kleuter niet-symbolische vaardigheden of symbolische vaardigheden gebruikt bij het oplossen van een optelsom.

Een andere verklaring voor de gevonden resultaten zou te maken kunnen hebben met de optelstrategie die kleuters gebruiken. Wellicht zijn niet-symbolische vaardigheden nog belangrijk voor kleuters die ‘counting all’ als optelstrategie gebruiken, terwijl symbolische vaardigheden een grotere rol spelen bij kinderen die de ‘min strategie’ beheersen.

Bovendien is het mogelijk dat gebruik van niet-symbolische vaardigheden en/of symbolische vaardigheden afhankelijk is van de manier waarop optelvaardigheidstaken aangeboden worden. Wanneer een optelsom verbaal en/of door middel van cijfersymbolen gepresenteerd wordt, is het waarschijnlijk dat symbolische vaardigheden hierin een rol spelen. Om een optelsom die weergegeven is door middel van stippen op te kunnen lossen zou het belangrijker kunnen zijn dat kleuters niet-symbolische vaardigheden beheersen.

Later onderzoek moet uitwijzen of er voor de drie alternatieve verklaringen bewijs gevonden wordt. Mocht dit het geval zijn, dan levert dit extra bewijs voor de stelling dat de (niet-) symbolische vaardigheden zich onafhankelijk van elkaar ontwikkelen en een eigen bijdrage leveren aan de ontwikkeling van optelvaardigheid.

Limitaties

Het onderzoek is uitgevoerd in zogenoemde impulsgebieden. Op basis hiervan was de verwachting dat de kleuters die deelnamen aan het huidige onderzoek een groter risico lopen rekenproblemen te ontwikkelen. Eén van de beperkingen aan het huidige onderzoek is dat op basis van het huidige onderzoek niet vastgesteld kan worden dat de gevonden resultaten ook opgaan voor scholen die zich niet bevinden in de impulsgebieden.

Daarnaast lijkt er sprake te zijn van een plafondeffect op met name de vergelijkingstaak: het merendeel van de kleuters behaalde op deze taken een goede score. Op de niet-symbolische vergelijkingstaak behaalde 73.4% van de kinderen een perfecte score, op de symbolische vergelijkingstaak 80.9%. Een tweede beperking is dus dat het onderzoek voor veel kleuters (te) makkelijk was. Op de optelvaardigheidstaak behaalde 16.0% van de kinderen een perfecte score.

Een andere limitatie is dat er geen inzicht verkregen is in de strategieën die de kleuters gebruiken bij het vergelijken van hoeveelheden en optellen. Wellicht dat kinderen verschillende strategieën gebruiken bij de uitvoer van de niet-symbolische en symbolische vergelijkingstaak. Als dit het geval is, biedt dit ondersteuning voor de stelling dat beide vaardigheden onafhankelijk van elkaar de rekenvaardigheid beïnvloeden.

Een laatste beperking aan het onderzoek was dat de residuen voor meerdere regressieanalyses niet normaal verdeeld waren. Dit was het geval voor de regressieanalyse met als voorspeller de symbolische vergelijkingstaak en als responsvariabele de niet-symbolische vergelijkingstaak. Dit gold ook voor de regressieanalyses met als responsvariabele de eenvoudige optelsommen.

Toekomstig onderzoek moet meer inzicht verschaffen in de exacte rol van (niet-) symbolische vaardigheden in relatie tot het vermogen optelsommen van verschillende moeilijkheidsgraad uit te kunnen voeren. Ook moet een plafondeffect voorkomen worden door de vergelijkingstaken, maar ook de optelsommen lastiger te maken. Bovendien moet meer onderzoek gedaan worden naar de strategieën die kinderen gebruiken om hoeveelheden te vergelijken en op te tellen.

Implicaties

Geconcludeerd kan worden dat met dit onderzoek meer duidelijk is geworden over de bijdrage van (niet-) symbolische vaardigheden aan de ontwikkeling van rekenvaardigheid. Het Triple Code Model van Dehaene (2001) stelt dat niet-symbolische vaardigheden aangeboren zijn en symbolische vaardigheden aangeleerd moeten worden. Ook in het huidige onderzoek zijn hier aanwijzingen voor gevonden. Kleuters die de niet-symbolische en/of symbolische vaardigheden beter beheersen, zijn vaak beter in staat rekenkundige bewerkingen uit te voeren. Voor de onderwijspraktijk betekent dit dat kleuters onderwezen moeten worden in de betekenis van cijfersymbolen en – woorden. Door hen deze kennis bij te brengen, wordt de beginnende rekenontwikkeling gestimuleerd. Dit onderzoek biedt de leerkrachten een eenvoudige manier om de beginnende rekenontwikkeling van kleuters te stimuleren: door kinderen bekend te maken met eenvoudige vergelijkingstaken, zullen ze het optellen makkelijker gaan beheersen.

Referenties

American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorder* (4th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.

Baroody, A.J. (1987). The development of counting strategies for single-digit addition. *Journal for Research in Mathematics Education, 18*(2), 141-157.

Baroody, A.J., & Tiilikainen, S.H. (2003). Two perspectives on addition development. In A.J. Baroody & A. Dowker (Ed.), *The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise* (pp. 75-125). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition, 98*(3), 199-222. doi: 10.1016/j.cognition.2004.09.011

Braams, T., & Denise, D. (2003). Getalbegrip: een noodzakelijke voorwaarde voor het leren rekenen. *Tijdschrift voor Remedial Teaching*. Verkregen van: http://www.tbraams.nl/site/wp-content/uploads/2012/11/getalbegrip.pdf

Buchner, A., Erdfelder, E., Faul, F., & Lang, A.G. (1992-2013). G*Power (Versie 3.1.7) [Computer programma]. Duitland: Universiteit Düsseldorf.

Clements, D.H., & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning In F.K. Lester, Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 461-555). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

De Smedt, B., & Gilmore, C.K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*, 278-292. doi:10.1016/ j.jecp.2010.09.003

Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-36.

Dijksma, S.A.M. (2009). Uitwerking gewichtenregeling voor komende schooljaren (onderwijsachterstandenbeleid). *Kamerbrief informatie over uitwerking impulsgebieden in gewichtenregeling.* Den Haag, DH: de Rijksoverheid.

Dunn, L., & Dunn, L. (1997). *Peabody Picture Vocabulary Test* (3rd ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Service.

Dyson, N.I., Jordan, C. & Glutting, J. (2013). A number sense intervention for low-income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 46*(2), 166-181. doi: 10.1177/0022219411410233

Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin, 114,* 345-362.

Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature, 447,* 589-591. doi:10.1038/nature05850

Howden, H. (1989). Teaching number sense. *Arithmetic Teacher, 36*, 6-11.

Hulme, C., & Snowling, M.J. (2009). *Developmental disorder of language, learning and cognition.* Oxford: Wiley-Blackwell.

Junior Einstein BV (n.d.) *Rekenen groep 2: Bussommen* [Computer software]. Verkregen van: http://www.rekenen-oefenen.nl/rekenen-groep-2/bussommen

Jurriens, H. (2014). Bussommen (Versie 1.2) [Ipad app]. Verkregen van: https://itunes.apple.com/nl/app/bussommen/id716831058?mt=8

Kamii, C. (2000). *Young children reinvent arithmetic: Implications of Piaget's theory* (2nd ed.). New York, NY: Teachers College Press.

Kleemans, T., Segers, E., & Verhoeven, L. (2010). De rol van taal bij rekenontwikkeling. *De Wereld van het Jonge Kind, 37,* 20-22.

Kolkman, M.E., Kroesbergen, E.H. & Leseman, P.P.M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction, 25,* 95-103.

Levine, T.R., & Hullett, C.R. (2002). Eta squared, partial eta squared, and misreporting of effect size in communication research. *Human Communication Research, 28*(4), 612-625.

Moomaw, S., & Dorsey, A.G. (2013). The use of numeric and non-numeric symbols by preschool children in early addition. *Journal of Research in Childhood Education, 27,* 319-329. doi:10.1080/02568543.2013.796332

Moomaw, S., & Hieronymus, B. (1995). *More than counting.* St. Paul, MN: Redleaf Press.

Moomaw, S., & Hieronymus, B. (2011). *More than counting: Standards edition.* St. Paul, MN: Redleaf Press.

Mundy, E., & Gilmore, C.K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology, 103,* 490-502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003

Nelissen, J. (2003/2004). Kinderen die niet leren rekenen. *Volgens Bartjens, 3,* 5-11.

Nickerson, S.D. and Whitacre, I. (2008). *A local instruction theory for the development of number sense*. San Diego State University: Theses

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*(1), 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

Randomness and Integrity Services Ltd (1998-2014). True Random Number Service (Versie

1.0). [Computer programma]. Verkregen van: http://www.random.org/randomness/

Siegler, R.S., & Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Slichting, L. (2005). *Peabody Picture Vocabulary Test-III-NL. Handleiding.* Amsterdam: Hartcourt Test Publishers.

Van Bijsterveldt-Vliegenthart, M. (2012, Mei 11). Regeling vaststelling impulsgebieden schooljaar 2013–2014 tot en met 2016–2017. *Staatscourant,* Verkregen van: https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2012-9238.html

Van Der Waerden, B.L. (1952/1952). Order test for the two-sample problem and their power. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Academic van Wetenschappen (A), 55,* 453-458.

Van Groenestijn, M. (2009/2010). Van informeel handelen naar formeel rekenen. *Volgens Bartjens, 29*(1), 22-25.

Van Luit, J.E.H. (2012, Februari). Aanpak vroege rekenproblemen. *De Wereld van Het Jonge Kind (HJK).*Verkregen van: http://www.hjkonline.nl/assets/documentenservice_zen/ hjk /archief/2012/06_februari_2012/jrg39-februari2012-vanluit-aanpakvroege rekenproblemen.pdf

Von Aster, M.G., & Shalev, R.S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology, 49,* 868-873. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x

Winsor, C.P. (1946). Which regression? *Biometrics Bulletin, 2*(6), 101–109.

Appendix A

Beschrijving van de procedure van het lineaire bordspel.

Training. Door middel van rollenspel werd in een workshop geoefend met het bordspel en zaken die fout kunnen gaan tijdens het spelen ervan.

Het testen. In april 2014 zijn de onderzoeksters op verschillende scholen geweest om een receptieve taaltaak (de PPVT) en een aantal rekentaken, namelijk een cijferidentificatietaak, een getalgrootte vergelijkingstaak, een optelvaardigheidstaak en een getallenlijnschattingstaak af te nemen. In april en mei 2014 bezochten de onderzoeksters de scholen viermaal om met de kinderen een bordspel te spelen. De kinderen werden in groepjes van drie door de onderzoeksters uit de klas gehaald om het spel te gaan spelen. In deze ontmoetingen speelden alle kinderen in groepjes van drie een gekleurd of lineair bordspel. Afhankelijk van de motivatie van de kinderen duurde dit minimaal 20 en maximaal 30 minuten. In totaal nam elk kind 8 tot 12 keer deel aan het bordspel. Wanneer een kind ziek was, speelden de overige twee kinderen uit dezelfde conditie samen het spel. In mei 2014 namen de onderzoeksters wederom de vier rekentaken af, op dezelfde manier als in de eerste bijeenkomst.

Appendix B1

Beschrijving van de interventie

Design. De helft van de kinderen werd met behulp van True Random Number Generator (Versie 1.0; 1998-2014) willekeurig toegewezen aan een getallen bordspelconditie, de overige helft aan een gekleurde bordspelconditie. Voor het aantal kinderen en de gemiddelde leeftijd (en standaardafwijking) per conditie, zie Appendix C. Binnen elke spelconditie werden kinderen willekeurig in twee groepen verdeeld met behulp van True Random Number Generator (Versie 1.0; 1998-2014), waarvan één groep feedback op hun spelhandelingen kreeg. Gedurende het gehele onderzoek bleven de kinderen in dezelfde conditie.

Lineair en gekleurd bordspel. In zowel de lineaire als de gekleurde bordspelconditie bevatte het bordspel (16x84 cm) 21 vakjes van gelijke grootte (16x4cm) waarin om en om twee kleuren, rood en blauw, weergegeven waren. Het lineaire bordspel bevatte daarnaast de getallen van 1 tot en met 20, het gekleurde bordspel niet. Aan de linkerkant van het bordspel stond het woord “START”, rechts “EINDE”. Bovenaan stond “De grote race”. Het ontwerp van de bordspellen is gebaseerd op het ontwerp van Ramani en Siegler (2011). Elk kind kreeg verder een dier waarmee het zijn/haar voortgang op het bord kon monitoren.

Aan het begin van de tweede sessie, werden de regels van “De grote race’ door de spelleidsters uitgelegd. De bedoeling was dat kinderen met een zeshoekige dobbelsteen, die in de cijferconditie de getallen ‘één’ en ‘twee’ en in de kleuren conditie twee kleuren – ‘rood’ en ‘blauw’ – had, gooiden om te zien hoeveel stappen hun dier mocht zetten of naar welk kleur het dier mocht gaan. De spelleidsters vertelden het kind dat hij/zij het gegooide getal of de kleur moest benoemen, vervolgens het dier met dezelfde hoeveelheid stappen moest verplaatsen en daarbij vertellen langs welke getallen of kleuren hij of zij kwam. De spelleidsters deden het spel één keer voor en elk kind mocht een keer oefenen zodat de spelleidsters er zeker van waren dat iedereen de spelregels begreep. Tijdens elke spelsessie mocht ieder kind een keer beginnen.

Tijdens het spel. Aan de helft van de lineaire bordspelconditie en de helft van de gekleurde, gaven de spelleidsters feedback op het spelgedrag van het kind. Deze feedback bestond uit verschillende gedragsniveaus.

Appendix B2

Tabel van de niveaus van feedback op de spelhandelingen van het kind.

Gedragsniveau	Soort ondersteuning
1	Het kind voerde zelfstandig zijn/haar beurt uit.
2	Het kind moest herinnert worden aan de spelwijze; er werd algemene verbale informatie gegeven.
3	Het kind had specifieke hulp nodig bij de uitvoer van zijn/haar beurt; een specifieke verbale aanwijzing, welke met name ging om het aantal te zetten stappen.
4	De spelleidsters gaven eerst een verbale of non-verbale (gebaar) instructie over de wijze waarop het kind het spel moest spelen. Was dit niet voldoende, dan deden de ze de stappen voor.

Appendix C

Tabel van het aantal kinderen per conditie en hun gemiddelde leeftijd in jaren.

Conditie	*N*	*n* (jongens)	*M*(*SD*)	Min-Max	Range
Lineaire bordspelconditie	47	50	5;9(5.2)	5;1-6;8	1;8
Gekleurde bordspelconditie	46	43	5;9(5.2)	4;9-7;0	2;1

Appendix D

Tabel van de algemene kenmerken van de rekenprestaties na transformatie via Van Der Waerden (1952/1953)

						Kolmogorov-Smirnov	Missing	Uitbijters
	n	*M(SD)*	95% CI	Zskewness	Zkurtosis	*p*	*n*	*n*
Rekentaken								
Getalgrootte vergelijkingstaak 1	94	.50(.22)	[.45, .55]	-4.52	-1.33	< .001	-	-
Getalgrootte vergelijkingstaak 2	94	.50(.21)	[.46, .54]	-5.96	0.63	< .001	-	-
Optelvaardigheidstaak	94	.50(.28)	[.44, .56]	-0.14	2.46	< .001	-	-

Appendix E

Tabel van de t-test met geslacht als onafhankelijke variabele

	T	*p*	95% CI
Rekentaken			
Getalgrootte vergelijkingstaak 1	-0.59	.95	[-.27, .25]
Getalgrootte vergelijkingstaak 2	-1.11	.27	[-.64, .18]
Optelvaardigheidstaak	-0.16	.87	[-.13, .11]