Universiteit Utrecht

De Invloed van Leeftijd, Moeilijkheidsgraad en Visuele Parameters op de Non-Symbolische Vaardigheden van Kinderen in de Groepen 3 tot en met 6 van het Reguliere Onderwijs

The Influence of Age, Difficulty level and Visual Parameters on the Non-Symbolic Skills of Children from Group 3 to 6 of the Regular Education

Bachelorthesis Pedagogische Wetenschappen
Faculteit Sociale Wetenschappen
Universiteit Utrecht

Studenten:	Pietrosanti, A.	(4087208)
	Ruwen, I.	(3698238)
	Salayi, S.	(3964418)
	Weele, M. van der	(4217268)

Docent: Drs. Slot, E.M.
Tweede beoordelaar: Weijer-Bergsma, E. van de

Datum: 9 juni 2014

Code: 200600042

Abstract

Doelstelling: het doel van dit onderzoek is bestaande kennis te verifiëren of hiaten aan te vullen over de invloed van leeftijd, moeilijkheidsgraad en visuele parameters op de non-symbolische vaardigheden. **Methode:** bij 466 leerlingen met een gemiddelde leeftijd van 8,45 jaar is een (digitale) non-symbolische vergelijkingstaak afgenomen. **Resultaten:** ten eerste geven de resultaten een positief verband aan tussen leeftijd en het percentage correct op de non-symbolische vergelijkingstaak. Hierbij is er geen significant verschil is gevonden tussen leeftijd en de reactietijd. Ten tweede is er een negatief verband gevonden tussen moeilijkheidsgraad en het percentage correct op de non-symbolische vergelijkingstaak. Als derde geven de resultaten een significant verschil aan tussen de visuele parameter manipulaties en de gemiddelde reactietijd, waarbij er, als vierde, geen significant verschil in reactietijd is gevonden tussen de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs. **Conclusie:** aan de hand van de gevonden resultaten levert dit onderzoek bewijs dat verschillen in leeftijd, moeilijkheidsgraad en visuele parameters leiden tot verschillende prestaties op de non-symbolische vergelijkingstaak bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs.
Sleutelwoorden: getalbegrip, leeftijd, moeilijkheidsgraad, non-symbolische vaardigheden, visuele parameters.

Inleiding

Het maken van een som als 2+3=5, het schatten van hoeveelheden en het opzeggen van de telrij zijn alle drie voorbeelden waarbij men gebruik maakt van getalbegrip (in de Engelse literatuur bekend als *number sense*; Chard et al., 2005; Dehaene, 1992; Dehaene, 2011; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Lago, & DiPerna, 2010; Locuniak, & Jordan, 2008; Schneide et al., 2008) Toch wordt er bij ieder genoemd voorbeeld gebruik gemaakt van een ander soort getalbegrip (Butterworth, 2005). Dehaene heeft in 1992 een model ontwikkeld die deze drie soorten onderscheidt. Dit wordt ook wel het *triple code model* genoemd. Dit model geeft aan dat getallen mentaal verwerkt worden aan de hand van de verbale code, de visuele code en de analoge code (Schmithorst & Brown, 2004). Volgens N. C. Jordan, Kaplan, Nabors en Locuniak (2006) bestaat de verbale code uit het opzeggen van de telrij, het auditief herkennen van hoeveelheden en het verbaliseren van getallen. Deze verbale informatie wordt vervolgens omgezet in een waarde (Aunio, 2006). Kennis hebben van geschreven getallen, ook wel het Arabisch numerieke systeem genoemd, is de visuele code (Boonen, Kolkman, & Kroesbergen, 2011; Damian, 2004; Dehaene 2001; Fayol & Seron, 2005). Tot slot is er de analoge code. Bij deze code worden getallen vergeleken en geschat aan de hand van een mentale getallenlijn, waarbij de nabijheid en de grootte van de getallen een rol spelen (Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, & Van de Rijt, 2009). Zo moeten kinderen weten dat 52 dicht bij 60 ligt en dat 60 groter is dan 52

(Dehaene & Cohen, 1995; Lipton & Spelke, 2003). De analoge code is op te delen in twee kernsystemen (Barth, La Mont, Lipton, & Spelke, 2005; Barth et al., 2006). Het eerste systeem weet kleine aantallen tot en met drie exact te discrimineren, terwijl het tweede systeem, het *approximate number system (ANS),* in staat is grote aantallen te onderscheiden door het gevoelsmatig inschatten van de omvang (Barth, Kanwisher, & Spelke, 2003; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004; Inglis, Attridge, Batchelor, & Gilmore, 2011; Nieder & Dehaene, 2009).

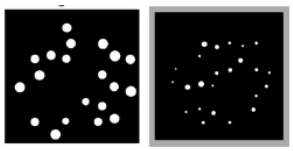
Uit eerdere onderzoeken is tot op heden geen duidelijk antwoord naar voren gekomen of het ANS een voorspellende waarde heeft voor rekenvaardigheid (De Smedt et al., 2013). Sommige onderzoeken hebben aangetoond dat het systeem van invloed is op de formele rekenprestaties van kinderen (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2010; Halberda, Inglis, Attridge, Batchelor, & Gilmore, 2011; Mazzocco, & Feigenson, 2008; Mundy & Gilmore, 2009), terwijl anderen deze relatie niet konden aantonen (Holloway & Ansari, 2009; Lonnemann, Linkersdörfer, Hasselhorn, & Lindberg, 2011; Soltesz, Szücs, & Szücs, 2010). Indien de accuratesse van het ANS wel een voorspellende waarde heeft voor rekenvaardigheid (Howel & Kemp, 2010; Mundy & Gilmore, 2009; Mussolin, Mejias, & Noël, 2010), is het belangrijk dat deze goed gemeten wordt. Dit om signalen voor het ontwikkelen van rekenproblemen vroegtijdig te signaleren. Op deze wijze kan er vaker preventief gehandeld worden, waardoor problemen op latere leeftijd voorkomen kunnen worden.

De accuratesse van het ANS wordt vaak gemeten door middel van een non-symbolische vergelijkingstaak (Price, Palmer, Battista, & Ansari, 2012). Deze taak vertoont twee verschillende stippenwolken (Defever, Reynvoet, & Gebuis, 2013), waarbij de opdracht is om aan te geven welk item de meeste stippen bevat (Leibovich & Henik, 2013). Volgens Leibovich en Henik (2013) zijn er bij de non-symbolische vergelijkingstaak een aantal invloeden die mogelijk van invloed zijn op de prestaties van kinderen op deze taak. De leeftijd van de kinderen, de moeilijkheidsgraad van een item en de wijze waarop de stippen zijn gemanipuleerd, behoren tot deze mogelijke invloeden.

Kijkend naar de leeftijd van kinderen en de moeilijkheidsgraad van de verschillende items heeft eerder onderzoek uitgewezen dat kinderen, naarmate de leeftijd vordert, steeds beter en sneller items met een hogere moeilijkheidsgraad kunnen discrimineren (Feigenson et al., 2004; Sasanguie, Göbel, Moll, Smets, & Reynvoet, 2013). Zo kunnen baby's, wat betreft de verhouding tussen getallen, getallen onderscheiden met een verhouding 1 staat tot 2 (Xu, 2003; Xu, Spelke, & Goddard, 2005), waarbij ze dit volgens K. E. Jordan, Suanda en Brannon (2008) audiovisueel kunnen bij een verhouding van 2 staat tot 3. Kinderen van drie jaar oud maken onderscheid bij een verhouding van 3 staat tot 4. Terwijl zesjarigen, die over voldoende gezichtsscherpte beschikken, een verhouding van 5 staat tot 6 kunnen onderscheiden

(Halberda & Feigenson, 2008). Volwassenen onderscheiden aantallen bij een verhouding van 10 staat tot 11 (Halberda & Feigenson, 2008). Wat betreft de afstand tussen getallen hebben verschillende onderzoeken aangetoond dat kinderen vanaf zes maanden gevoelig zijn voor twee getallen die ver van elkaar liggen (Butterworth, 2005; Feigenson et al., 2004; Halberda & Feigenson, 2008; Xu & Spelke, 2000). Hierbij neemt de accuratesse af wanneer de afstand tussen twee getallen dichter bij elkaar komt te liggen (Mundy & Gilmore, 2009; Mussolin et al., 2010; Sasanguie, et al., 2013). Wat betreft de grootte van getallen is uit eerder onderzoek gebleken dat er bij een gelijke afstand tussen hoeveelheden, er minder goed gediscrimineerd kan worden wanneer de omvang van de getallen toeneemt (Rouselle, Palmers, & Noël, 2004). Kortom, de verhouding tussen de aantallen, de afstand tussen de aantallen en de grootte van de aantallen kunnen van invloed zijn op de prestaties op de non-symbolische vergelijkingstaak. Uit onderzoek van Barth, Beckmann en Spelke (2008) en van Mundy en Gilmore (2009) is namelijk gebleken dat het gemiddelde resultaat lager wordt bij een hogere moeilijkheidsgraad.

Ook de wijze waarop de stippen zijn gemanipuleerd kunnen de prestaties op de non-symbolische vergelijkingstaak beïnvloeden. In lijn met Gebuis en Reynvoet (2011) moet men hierbij denken aan (a) de diameter, oppervlakte, omtrek, dichtheid van de stippen en (b) de ‘convex hull’ (de kleinst gemeten oppervlakte waarin de stippen passen). Deze worden samen visuele parameters genoemd en kunnen op drie verschillende wijzen gemanipuleerd worden, namelijk volledig congruent, gedeeltelijk (in)congruent en volledig incongruent. Bij een volledig congruent item heeft het item met de meeste stippen, in tegenstelling tot een volledig incongruent item, ook de grootste diameter, oppervlakte, omtrek en dichtheid van de stippen en 'convex hull' (Gebuis & Reynvoet, 2012). Bij een gedeeltelijk (in)congruent item is de diameter, oppervlakte, omtrek en dichtheid van de stippen is groter dan de 'convex hull'. Of andersom (Gebuis & Reynvoet, 2012). Dat deze manipulaties mogelijk van invloed zijn op de prestaties van kinderen op de non-symbolische vergelijkingstaak wordt duidelijk aan de hand van Figuur 1. In deze opgave correleren de visuele parameters niet met het getal (incongruente manipulatie). Dit kan een kind ertoe bewegen om het item te kiezen met de grootste stippen en niet die met de meeste stippen. Kortom, wanneer een kind zich door deze incongruentie laat leiden, zijn de taakprestaties beïnvloed door de manipulaties van de visuele parameters (Feigenson, Carey, & Spelke, 2002; Gebuis & Gevers, 2011; Gebuis & Reynvoet, 2011; Leibovich & Henik, 2013; Mix, Huttenlocher, & Levine, 2002; Sophian & Chu, 2008).



Figuur 1. Voorbeeldopgave van de non-symbolische vergelijkingstaak. Het item met de grijze omtrek bevat de meeste stippen (Gebuis & Reynvoet, 2012).

De wijze waarop kinderen zich door deze incongruentie laten leiden, hangt mogelijk ook af van hun leeftijd. Zo blijkt uit onderzoek van Defever en collega's (2013) dat kinderen van zeven jaar geen duidelijke voorkeur hebben voor een bepaalde stippenwolk. Bij vergelijking tussen congruente items en incongruente items kiest ongeveer de helft van de zevenjarigen voor de congruente stippenwolk. De andere helft van deze kinderen kiest voor de incongruente items (Defever et al., 2013). Echter kinderen in de leeftijd tussen achtenhalf en elf jaar zijn meer geneigd om een congruent item te kiezen boven een incongruent item. Dit is in lijn met volwassenen. Zij kiezen bij vergelijking, ook eerder voor het congruente item (Hurewitz, Gelman, & Schnitzer, 2006). Dit lijkt erop dat kinderen, naarmate ze ouder worden, zich steeds minder laten leiden door de visuele parameter manipulaties.

Aangezien de leeftijd van de kinderen, de moeilijkheidsgraad van de items en de wijze waarop de visuele parameters zijn gemanipuleerd mogelijk voor een verschil in prestaties zorgen op de non-symbolische vergelijkingstaak, is het belangrijk dat deze mogelijke invloeden gemeten worden. Leibovich en Henik (2013) stellen dat men op deze wijze meer te weten komt over de achterliggende numerieke vaardigheden, dan wanneer deze invloeden enkel gecontroleerd zouden worden. Om deze reden geeft dit onderzoek antwoord op de vraag: *'wat is de invloed van leeftijd, de drie verschillende moeilijkheidsgraden en de manipulaties van de visuele parameters van de non-symbolische vergelijkingstaak op de non-symbolische vaardigheden van kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs?'* Om hier antwoord op te geven, is er in dit onderzoek als eerste antwoord gegeven op de deelvraag: *wat is de invloed van leeftijd op de non-symbolische vergelijkingsvaardigheid bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 in het reguliere basisonderwijs?* Hierbij is de verwachting dat er steeds betere prestaties geleverd zullen worden op de non-symbolische vergelijkingstaak, dit in lijn met de eerder gevonden literatuur. Ten tweede is er in dit onderzoek antwoord gegeven op de vraag: *wat is de invloed van de moeilijkheidsgraad op de non-symbolische vaardigheden bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs?* De verwachting is dat bij een moeilijkere ratio de prestaties minder zijn, dan bij een makkelijkere ratio. De derde deelvraag waar een antwoord op is gegeven is: *wat is de invloed van visuele parameters binnen de non-symbolische vergelijkingstaak op de prestaties van kinderen in de groepen 3 tot en met 6 in het reguliere onderwijs?* De verwachting is dat kinderen een langere reactietijd laten zien op de gedeeltelijk (in)congruente of volledig incongruente testitems, immers bij deze twee soorten van manipulatie moeten kinderen (gedeeltelijk) (in)congruente stimuli onderdrukken om tot een goed antwoord te komen (Fuhs & McNeil, 2013). Tot slot geeft dit onderzoek op de vraag*: is er een verschil tussen kinderen van groep 3 tot en met 6 in de mate waarin de visuele parameters de prestaties beïnvloeden op de non-symbolische vergelijkingstaak?*

De verwachting is dat er een verschil is in prestaties tussen kinderen van groep 3 tot en met 6 op de visueel gemanipuleerde non-symbolische vergelijkingstaak (Defever et al., 2013). Omdat er weinig onderzoek is gedaan naar dit onderwerp is het interessant of dit onderzoek de bevindingen van het onderzoek van Defever en collega's (2013) zal gaan ondersteunen of verwerpen.

Methode

Participanten

Aan dit onderzoek hebben 466 kinderen (52% meisjes, 48% jongens) van 13 reguliere basisscholen meegewerkt. Door middel van een gemakssteekproef zijn kinderen verzameld uit de groepen 3 tot en met 6 ($n_{groep\ 3}$=116, $n_{groep\ 4}$=117, $n_{groep\ 5}$=113 en $n_{groep\ 6}$=120). De gemiddelde leeftijd van de kinderen uit groep 3 is $M_{\text{leerlingen groep 3}}$ = 6,91 jaar, $M_{\text{leerlingen groep 4}}$ = 8,00 jaar, $M_{\text{leerlingen groep 5}}$ = 8,98 jaar, $M_{\text{leerlingen groep 6}}$ = 9,88 jaar. Hierbij is de algehele gemiddelde leeftijd 8,45 jaar. Van al deze leerlingen zijn er gegevens verzameld over de non-symbolische vergelijkingstaak.

Procedure

De data is verzameld door middel van een digitale testafname van de non-symbolische vergelijkingstaak. Deze test is tijdens schooltijd op de basisscholen van de leerlingen afgenomen door vooraf getrainde testassistenten. De leerlingen zijn individueel uit de klas meegenomen en hebben de taken op een laptop in een stille ruimte gemaakt. Hierdoor werden de leerlingen tijdens de testafname zo min mogelijk beïnvloed door klasgenoten of andere storende factoren. Indien de test mogelijk was beïnvloed door externe factoren, is dit gerapporteerd en genoteerd in het logboek. De testafname duurde 5 tot 10 minuten per leerling. Na afloop ontvingen de leerlingen een sticker als beloning voor hun deelname.

Instrumenten

De non-symbolische vaardigheden zijn gemeten met een non-symbolische vergelijkingstaak, ontwikkeld in 2013 door de Universiteit van Utrecht met het oog op normeringsonderzoek naar deze taak. De taak bestond in totaal uit 86 trials, waarin steeds twee hoeveelheden (uitgedrukt in stippenwolken) met elkaar zijn vergeleken. Deze hoeveelheden zijn naast elkaar op het scherm weergegeven waarbij het kind met behulp van de a-toets en de l-toets heeft aangegeven welke hoeveelheid numeriek het meeste was. De taak bestond uit drie rondes. De eerste twee rondes bestonden uit 28 trials en de laatste ronde uit 30 trials. Er was een tijdslimiet van vijf seconden per trial. De moeilijkheidsgraad was onderverdeeld in drie verschillende ratio's, namelijk ratio één (0,63 makkelijk), ratio twee (0,75 gemiddeld) en ratio drie (0,88 moeilijk). De visuele parameters, zoals (A) de diameter, oppervlakte, omtrek, dichtheid van de stippen en (B)

de 'convex hull' waren op drie verschillende manieren gemanipuleerd, namelijk volledig congruent, volledig incongruent en gedeeltelijke incongruent.

De non-symbolische vergelijkingstaak die is gebruikt, is nieuw ontwikkeld. Hierdoor zijn er nog geen uitspraken mogelijk over de betrouwbaarheid en validiteit.

Dataverwerking en analyse

In het huidige toetsingsonderzoek is er gebruik gemaakt van een variantie- (ANOVA) en regressieanalyse om antwoord te geven op de hoofd- en deelvragen. Als afhankelijke variabelen maakt dit onderzoek gebruik van reactietijd (in duizendste) en van percentage correct. Immers zouden de factoren accuratesse (Piazza et al., 2010) en reactietijd (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009) individuele verschillen in rekenvaardigheid kunnen voorspellen (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013).

Alvorens het uitvoeren van de statistische analyses zijn de *missing values* en de *outliers* opgespoord en verwijderd en de assumpties voor iedere toets zijn gecontroleerd. Bij iedere analyse is er getoetst met een betrouwbaarheidsinterval van alpha .05, waarbij de hypothese zijn aangenomen met $p < .05$.

Resultaten

In dit deel van het onderzoek wordt per deelvraag, die in de inleiding reeds zijn geïntroduceerd, gekeken of de bijhorende hypothesen aangenomen of verworpen kunnen worden. Dit onderzoek hanteerde de volgende toetsingshypothesen:

H_0: Er is geen verband tussen leeftijd en de non-symbolische vaardigheden bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs.

H_0: Er is geen invloed van moeilijkheidsgraad op de non-symbolische vaardigheden bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs.

H_0: Er is geen invloed van de visuele parameter manipulaties binnen de non-symbolische vergelijkingstaak op de gemiddelde reactietijd van kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere basisonderwijs.

H_0: Er is geen verschil tussen de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere basisonderwijs in gemiddelde reactietijd op de drie gemanipuleerde condities.

Als eerste is het verband tussen leeftijd en de non-symbolische vaardigheden bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere basisonderwijs onderzocht. Uit de regressieanalyse blijkt dat er geen significante relatie bestaat tussen reactietijd en leeftijd, t (446) = -1.612, $p > .05$, maar wel een significant verband tussen leeftijd en het percentage correcte antwoorden t (448) = 6.249, $p < .01$. De nulhypothese wordt verworpen. Er is sprake van een positief verband tussen leeftijd en het aantal correcte antwoorden. Hoe ouder een kind wordt, hoe meer correcte antwoorden het kind geeft op de non-symbolische vergelijkingstaak. Er is hierbij sprake van een klein effect: van de

verklaarde variantie (R^2) in leeftijd kan 8% verklaard worden door het aantal correcte antwoorden. De beschrijvende statistieken van leeftijd, de gemiddelde reactietijd en percentage correct op de non-symbolische vergelijkingstaak zijn te vinden in Tabel 1 en 2.

Tabel 1

Beschrijvende Statistieken van Leeftijd, de Gemiddelde Reactietijd en Percentage Correct op de Non-Symbolische Vergelijkingstaak

	n	*M*	*SD*	*Min*	*Max*
Leeftijd van kind in maanden	461	101.38	14.332	67	135
Gemiddelde RT non-symbolische taak	450	1518.51	348.405	610	2703
Percentage correct non-symbolische taak	450	0.626	0.063	0.244	0.779

Noot. n = aantal participanten; *M* = gemiddelde score; *SD* = standaarddeviatie; *Min* = minimum; *Max* = maximum.

Tabel 2

Resultaten van de Regressieanalyse: de Gemiddelde Reactietijd en het Percentage Correct op de Non-Symbolische Vergelijkingstaak

	B	*β*	*SE*	*t*	*p*	*r2*
Gemiddelde RT non-symbolische taak	-1.849	-.076	1.147	-1.612	.108*	.006
Percentage correct non-symbolische taak	.001	.283	.000	6.249	.000**	.080

Noot. B = regressiecoëfficiënt, *β* = gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt, *SE* = standaard error, *t* = toetsingsgrootheid, *p* = overschrijdingskans *p* van steekproefresultaat, *r2* = proportie verklaarde variantie
* $p < .05$; ** $p < .001$.

De tweede hypothese is door middel van een ANOVA voor herhaalde metingen getoetst. Er is nagegaan of moeilijkheidsgraad een significante invloed heeft op de prestaties op de non-symbolische vergelijkingstaak bij kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs. Hierbij is het percentage correct op de non-symbolische vergelijkingstaak de afhankelijke variabele. De herhaalde ANOVA metingen wezen uit dat de prestaties op de non-symbolische taken significant verschilden voor de verschillende ratio's, F (2, 445) = 49.24, $p < .01$, η^2 =.30. Dit effect is relatief groot. De nulhypothese wordt verworpen. Hoe hoger de moeilijkheidsgraad, des te minder correcte antwoorden het kind geeft op de non-symbolische vergelijkingstaak. Tabel 3 geeft een weergave van de beschrijvende statistieken van het percentage correct op de verschillende ratio's van de non-symbolische vergelijkingstaak.

Tabel 3

Beschrijvende Statistiek van het Percentage correct op Ratio 1, 2 en 3 op de Non-Symbolische Vergelijkingstaak

		% correct ratio 1		% correct ratio 2		% correct ratio 3	
Groep	*n*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
3	113	70.76	.09	66.47	.08	61.38	.07
4	114	73.65	.09	68.42	.09	63.02	.09
5	113	75.73	.09	69.65	.10	63.89	.08
6	110	79.20	.09	71.01	.09	63.89	.09
Totaal	450	74.78	.09	68.87	.09	63.05	.06

Noot. n = aantal participanten; *M* = gemiddelde score; *SD* = standaarddeviatie.

Om de derde hypothese te toetsen is door middel van een eenweg-variantieanalyse (ANOVA) onderzocht wat het effect van de visuele parameters op de gemiddelde reactietijd is. De ANOVA is statistisch significant gebleken, wat betekent dat er een significant verschil is tussen minimaal twee condities wat betreft de gemiddelde reactietijd, $F(2,1347)= 39.820$, $p<.01$, $\eta^2=.056$. Om dit nader te specificeren is er een Post-hoc test met de Tukey's HSD uitgevoerd. Deze toets heeft aangetoond dat de gemiddelde reactietijd significant verschilt tussen alle drie condities. Bij zowel de vergelijking tussen de gedeeltelijke (in)congruente trials en de congruente trials (d = 0.29*)* als de gedeeltelijk (in)congruente trials en de incongruente trials (d = 0.20*)* is er sprake van een klein effect. Een gemiddeld effect is gevonden bij de vergelijking tussen de congruente en incongruente trials (d = 0.48; Field, 2009*).* De nulhypothese wordt verworpen. De resultaten geven aan dat kinderen gemiddeld het langst kijken naar de incongruente trials alvorens zij een keuze maken. Dit wordt gevolgd door de gedeeltelijk (in)congruente trials. Het kortst kijken de kinderen gemiddeld naar de congruente trials. Tabel 4 geeft een weergave van de beschrijvende statistieken van de gemiddelde reactietijd op de drie verschillende visuele parameter manipulaties; congruent, gedeeltelijk (in)congruent en incongruent.

Hierop aansluitend is er gekeken of er verschil is in gemiddelde reactietijd op de drie gemanipuleerde condities tussen de groepen 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs. Dit is gemeten aan de hand van een eenweg-variantieanalyse (ANOVA). Tussen de groepen 3 tot en met 6 en de congruente conditie, $F(3, 446) = 0.44$, $p >.05$, de gedeeltelijk (in)congruente conditie, $F(3, 446) = 1.73$, $p > .05$. en de incongruente conditie, $F(3, 446) = 0.76$, $p > .05$., zijn er geen significante verschillen in reactietijd gevonden. De nulhypothese wordt aangenomen: de groep waarin het kind zit, maakt geen significant verschil uit voor de gemiddelde reactietijd op alle drie de condities. Tabel 4 geeft een weergave van de beschrijvende statistieken van de visuele parameter

manipulaties (congruent, gedeeltelijk (in)congruent en incongruent) uitgedrukt in gemiddelde reactietijd op de non-symbolische vergelijkingstaak.

Tabel 4

Beschrijvende Statistiek van de Visuele Parameter Manipulaties (Congruent, Gedeeltelijk (In)Congruent en Incongruent) Uitgedrukt in Gemiddelde Reactietijd op de Non-Symbolische Vergelijkingstaak

	Groep	*M*	*SD*	*Min*	*Max*	*N*
Gemiddelde reactietijd congruente conditie	3	1395,73	353,238	705	2552	113
	4	1345,90	322,765	780	2441	114
	5	1349,51	394,777	480	2579	113
	6	1350,59	428,463	590	3199	110
	totaal	1360,47	375,773	480	3199	450
Gemiddelde reactietijd gedeeltelijk (in)congruente conditie	3	1555,04	352,600	659	2396	113
	4	1493,74	339,009	798	2442	114
	5	1477,00	400,801	605	2852	113
	6	1449,37	345,254	641	2541	110
	totaal	1494,08	361,168	605	2852	450
Gemiddelde reactietijd incongruente conditie	3	1619,42	390,388	692	2710	113
	4	1612,08	391,799	679	2685	114
	5	1552,65	426,776	576	2891	113
	6	1563,22	431,715	596	2910	110
	totaal	1587,06	410,106	576	2910	450

Noot. M = gemiddelde reactietijd gerapporteerd in duizenden; *SD* = standaarddeviatie; *MIN* = minimum; *MAX* = maximum; *n* = aantal participanten.

Conclusie en discussie

De hoofdvraag van dit onderzoek luidde: *wat is de invloed van leeftijd, moeilijkheidsgraad en visuele parameters op de non-symbolische vaardigheden van kinderen in de groepen 3 tot en met 6 van het regulier onderwijs?* Aan de hand van de gevonden resultaten levert dit onderzoek bewijs dat de factoren leeftijd, moeilijkheidsgraad en visuele parameters invloed hebben op de non-symbolische vaardigheden van kinderen in groep 3 tot en met 6 van het reguliere onderwijs.

Allereerst is er een significant verschil gevonden tussen leeftijd en het percentage correcte antwoorden. Dit resultaat komt overeen met conclusies uit eerdere studies waarin het vermogen om onderscheid tussen twee verschillende aantallen te maken al vroeg aanwezig is en steeds preciezer wordt naarmate de leeftijd vordert (Feigenson et al., 2004; Xu, Spelke, & Goddard, 2005). Daarentegen is er geen verband tussen leeftijd en reactietijd gevonden.

Ten tweede is er een significant verschil gevonden tussen leeftijd en moeilijkheidsgraad (ratio). Deze resultaten komen overeen met de studies van Bart en collega's (2008) en Mundy en Gilmore (2009) waaruit blijkt dat een hogere moeilijkheidsgraad de prestaties van kinderen negatief beïnvloed.

Ten derde is er een significant verschil gevonden tussen de visuele parameter manipulaties en de gemiddelde reactietijd van kinderen. Aan de hand van de gevonden resultaten bevestigt dit onderzoek het idee van Gebuis en Gevers (2011) dat de visuele parameters eerst worden gewogen alvorens er een keuze wordt gemaakt welk item de meeste stippen bevat. Naar aanleiding van de resultaten uit dit onderzoek kan er aangenomen worden dat een systeem zoals het ANS, die er van uit gaat dat mensen niet worden beïnvloed door de visuele parameters bij het onderscheiden van aantallen (Gebuis & Reynvoet, 2012), onwaarschijnlijk is.

Tot slot kan er geconcludeerd worden dat de groep waarin het kind zit, geen significant verschil uitmaakt voor de gemiddelde reactietijd op zowel de congruente, de gedeeltelijk (in)congruente en de incongruente conditie. Dit sluit niet aan bij het onderzoek van Defever en collega's (2013), die vonden dat naarmate de leeftijd van kinderen vordert, ze zich steeds minder laten leiden door de visuele parameter manipulaties.

Ondanks deze resultaten zijn er bij dit onderzoek een aantal kanttekeningen te plaatsen. Allereerst is er tijdens dit onderzoek gebruik gemaakt van een gemaksteekproef. Hierdoor moeten de resultaten voorzichtig geïnterpreteerd worden met betrekking tot de generaliseerbaarheid hiervan. Toestemming van de ouders bepaalde of het kind wel of niet mee zou werken aan het onderzoek. Om deze reden kan het zijn dat de gemiddelde intelligentie, sociaal emotionele status en etniciteit geen goede afspiegeling is van de werkelijkheid. Ten tweede is de afname van de testen door verschillende testleiders gedaan. Ondanks de gestandaardiseerde handleiding en training van de taken kunnen er toch geringe verschillen binnen de instructie zitten. Ten derde moet de (digitale) testafname gezien worden als een momentopname. Door persoonlijke factoren of omstandigheden in de privésituatie van kinderen kunnen de resultaten afwijken van de gemiddelde normscores van kinderen. Tot slot is de gebruikte non-symbolische computertaak nieuw ontwikkeld, hierdoor zijn er nog geen uitspraken mogelijk over de betrouwbaarheid en validiteit. De vraag is of de non-symbolische vaardigheden daadwerkelijk door deze taak gemeten worden en of de conclusies van dit onderzoek geldig zijn voor zowel de gehele onderzoeksgroep als de gehele populatie. Ook is het nog onduidelijk hoe nauwkeurig en stabiel de metingen van dit instrument zijn. Kortom, al deze kanttekeningen dienen meegenomen te worden bij de interpretaties van het onderzoek.

Ondanks dat er sprake is van tekortkomingen in het huidige onderzoek, is deze

studie maatschappelijk en wetenschappelijk relevant. Allereerst draagt deze huidige studie bij aan een grootschalige landelijke normeringsstudie naar getalbegripstaken. Getalbegrip wordt gezien als een belangrijke, domeinspecifieke vaardigheid (Von Aster & Shalev, 2007; Wilson, Revkin, Cohen, & Dehaene, 2006). Wanneer deze zwak is ontwikkeld zou dezen namelijk kunnen leiden tot rekenproblemen (Gertsen, Jordan, & Flojo, 2005; Siegler & Ramani, 2009). Hierdoor is het belangrijk om te weten wanneer kinderen onder de norm vallen om zo signalen voor het ontwikkelen van rekenproblemen vroegtijdig te signaleren. Op deze wijze kan er vaker preventief gehandeld worden, waardoor problemen op latere leeftijd voorkomen kunnen worden. Daarnaast heeft dit onderzoek een bijdrage geleverd aan de bestaande kennis over non-symbolische vaardigheden bij kinderen in de leeftijdscategorie van zes tot tien jaar. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat er meerdere factoren van invloed zijn op de prestaties op de non-symbolische vergelijkingstaak. Dit biedt nieuwe inzichten voor toekomstig onderzoek, welk zich kan gaan richten op het onderzoeken van andere mogelijke invloeden op de non-symbolische vaardigen en op interventies die specifiek gericht zijn op non-symbolische vaardigheden. Doordat er ook geen specifieke uitspraken mogelijk zijn over de betrouwbaarheid en validiteit van de gebruikte non-symbolische vergelijkingstaak moeten de resultaten van dit onderzoek nogmaals bevestigd worden aan de hand van een non-symbolische vergelijkingstaak waarvan een goede validiteit en betrouwbaarheid bekend is. Naast een digitale non-symbolische vergelijkingstaak, valt hierbij ook te denken aan een schriftelijke controleconditie. Kroesbergen en Van Luit (2003) stellen namelijk dat een testafname op papier, waarbij mondelinge instructie wordt gegeven, effectiever is dan een computergestuurde testafname. Dit zou weer tot andere resultaten kunnen leiden.

Literatuurlijst

Aunio, P. (2006). *Number sense in young children—(inter)national group differences and an intervention programme for children with low and average performance*. Helsinki, Finland: Yliopistopaino.

Barth, H., Beckmann, L., & Spelke, E. S. (2008). Nonsymbolic, approximate arithmetic in children: abstract addition prior to instruction. *Developmental Psychology, 44,* 1466–1477. doi:10.1037/a0013046

Barth, H., Kanwisher, N., & Spelke, E.S. (2003). The construction of large number representation in adults. *Cognition, 86,* 201-221. doi:10.1016/S0010-0277(02)00178-6

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

Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. S. (2005). Abstract number and arithemic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102,* 14116-14121. doi:10.1073/pnas.0505512102

Boonen., A. J. H., Kolkman, M. E., & Kroesbergen, E. H. (2011). The relation between teachers math talk and the acquisition of number sense within kindergarten classrooms. *Journal of School Psychology, 49,* 281-299. doi:10.1016/j.jsp.2011.03.002

Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*, 3-18. doi:10.1111/j.1469-7610.2005.00374

Chard, D. J., Clarke, B., Baker, S., Otterstedt, J., Braun, D., & Katz, R. (2005). Using measures of number sense to screen for difficulties in mathematics: preliminary findings. *Assessment for Effective Intervention, 30,* 3-14. doi:10.1177/073724770503000202

Damian, M. F. (2004). Asymmetries in the processing of Arabic digits and number words. *Memory and Cognition, 32,* 164-171. doi:10.3758/BF03195829

Defever, E., Reynvoet, R., & Gebuis, T. (2013). Task- and age-dependent effect of visual stimulus properties on children's explicit numerosity judgments. *Journal of Experimental Child Psychology, 116*, 216-233. doi:10.1016/j.jecp.2013.04.006

Dehaene, S. (1992) Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44,* 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N

Deheane, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16,* 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154

Dehaene, S. (2011). *The number sense: how the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. In B. Butterworth (Eds.) *Mathematical Cognition,* 83-120. Hove: Psychology press, publishers.

De Smedt, B., Noel, M. P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education, 2,* 48-55. doi:10.1016/j.tine.2013.06.001

De Smedt, B., Verschaffel, L., & Gheaquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103,* 469-479. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.010

Fayol, M., & Seron, X. (2005). *About numerical representations. Insights from neuropsychological, experimental, and developmental studies.* In J. I. D. Campbell (Ed.), Handbook of mathematical cognition. Hove, New York: Psychology Press.

Feigenson, L., Carey, S., & Spelke, E. (2002). Infants' discrimination of number vs. continuous extent. *Cognitive Psychology, 44*, 33-66. doi:10.1006/cogp.2001.0760

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *TRENDS in Cognitive Sciences, 8,* 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. London: Sage.

Fuhs, M. W., & McNeil N. M. (2013). ANS acuity and mathematics ability in preschoolers from low-income homes: contributions of inhibitory control. *Developmental Science, 16,* 136–148. doi:10.1111/desc.12013

Gebuis, T., & Gevers, W. (2011). Numerosities and space: indeed a cognitive illusion! A reply to De Hevia and Spelke (2009). *Cognition*, *121*, 248–252. doi:10.1016/j.cognition.2010.09.008

Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2011). Generating nonsymbolic number stimuli. *Psychonomic Society, 43,* 981-986. doi:10.3758/s13428-011-0097-5

Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2012). The interplay between nonsymbolic number and its continuous visual properties. *Journal of Experimental Psychology, 141,* 642-648. doi:10.1037/a0026218

Gertsen, R., Jordan, N.C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of learning Disabilities, 38,* 293-304. doi:10.1177/00222194050380040301

Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition, 15,* 394-406. doi:10.1016/j.cognition.2010.02.002

Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number

sense": The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology, 44*, 1457-1465. doi:10.1037/a0012682

Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109,* 11116-11120. doi:10.1073/pnas.1200196109

Halberda, J., Mazzocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number activity correlate with maths achievement. *Nature, 455,* 665-669. doi:10.1038/nature07246

Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: the numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103,* 17-29 doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001

Howell, S. C., & Kemp, C. R. (2010). Assessing preschool number sense: skills demonstrated by children prior to school entry. *Educational psychology, 30,* 411-430. doi:411-429.10.1080/01443411003695410

Hurewitz, F., Gelman, R., & Schnitzer, B. (2006). Sometimes area counts more than number. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103*, 19599-19604. doi:10.1073/pnas.0609485103

Inglis, M., Attridge, N., Batchelor, S., & Gilmore, C. (2011). Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: but only in children. *Psychonomic Bulletin and Review, 18*, 1222-1229. doi:10.3758/s13423-011-0154-1

Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: a longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77,* 153-175. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x

Jordan, K. E., Suanda, S. H., & Brannon, E. M. (2008). Intersensory redundancy accelerates preverbal numerical competence. *Cognition, 108,* 210-221. doi:10.1016/j.cognition.2007.12.001

Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instructions, 25*, 95-103. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.12.001

Kroesbergen, E.H. & Van Luit, J. E. H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs: A meta-analysis. *Remedial and Special Education, 24,* 97-114.

Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: the role of

executive functions and subitizing. *Journal of Psycho-educational Assessment, 27,* 226-236. doi:10.1177/0734282908330586

Lago, R. M., & DiPerna, J. C. (2010). Number sense in kindergarten: A factor analytic study of the construct. *School Psychology review, 39*, 164-191. Retrieved from http://www.nasponline.org

Leibovich, T., & Henik, A. (2013). Magnitude processing in non-symbolic stimuli. *Frontiers in Psychology, 4,* 1-6. doi:10.3389/fpsyg.2013.00375

Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Is approximate number precision a stable predictor of math ability? *Learning and Individual Differences, 25,* 126-133. doi:10.1016/j/lindif.2013.02.001

Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of number Sense: large-number discrimination in human infants. *Psychological Science, 14,* 396-401. doi:10.1111/1467-9280.01453

Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities, 41,* 451-459. doi:10.1177/0022219408321126

Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M., & Lindberg, S. (2011). Symbolic and non-symbolic distance effects in children and their connection with arithmetic skills. *Journal of Neurolinguistics, 24*, 583-591. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.02.004

Mix, K. S., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (2002). Multiple cues for quantification in infancy: is number one of them? *Psychological Bulletin, 128*, 278-294. doi:10.1037/0033-2909.128.2.278

Mundy, E., & Gilmore, C. (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

Mussolin, C., Mejias, S., & Noël, M. P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition, 115,* 10-25. doi:10.1016/j.cognition.2009.10.006

Nieder, A., & Dehaene, S. (2009). Representation of number in the brain. *Annual Review of Neuroscience, 32,* 186-208. doi:10.1146/annurev.neuro.051508.135550

Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A.N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition, 116,* 33-41. doi:10.1016/j.cognition.2010.03.01

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

Rouselle, L., Palmers, E., & Noel, M. P. (2004) Magnitude comparison in preschoolers: what counts? Influence of perceptual variables. *Experimental Child Psychology, 87,* 57-84. doi:10.1016/j.jecp.2003.10.005

Sasanguie, D., Göbel, S. M., Moll, K., Smets, K., & Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number–space mappings: what underlies mathematics achievement? *Journal of Experimental Child Psychology, 114,* 418-431. doi:10.1016/j.jecp.2012.10.012

Schmithorst, V. J., & Brown, R. D. (2004). Emperical validation of the triple-code model Of numerical processing for complex math operations using functional MRI and group independent component analysis of the mental addition and substraction of fractions. *Neuroimage, 22,* 1414-1420. doi:10.1016/j.neuroimage.2004.03.021

Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., … Stern, E. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Elsevier, 23,* 409-422. doi:10.1016/j.cogdev.2008.07.002

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,* 545-560. doi:10.1037/a0014239

Soltesz, F., Szücs, D., & Szücs, L. (2010). Relationships among magnitude representation, counting, and memory in 4- to 7-year-old children: a developmental study. *Behavioural and Brain Functions, 6,* 1-14. doi:10.1186/1744-9081-6-13

Sophian, C., & Chu, Y. (2008). How do people apprehend large numerosities? *Cognition, 107,* 460-478. doi:10.1016/j.cognition.2007.10.009

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

Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of 'The Number Race' computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions, 2,* 1-16. doi:10.1186/1744-9081-2-20

Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: evidence for two systems of representations. *Cognition, 89,* 15-25. doi:10.1016/S0010-0277(03)00050-7

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., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science, 8*, 88-101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395