

Het Benaderend Getal-Systeem als Voorspeller voor Rekenvaardigheid bij Kinderen

Masterproject Orthopedagogiek

Universiteit Leiden, Leiden 2013

N. M. Krabbendam (S1292692)

Eerste beoordelaar: mw. M. Guda, Msc.

Tweede beoordelaar: mw. dr. C.A.T. Kegel

Samenvatting

Kinderen zijn al heel vroeg in staat om niet-symbolische hoeveelheden te onderscheiden. Dit gebeurt met behulp van het *benaderend getal-systeem*, een schattend of benaderend numeriek verwerkingssysteem dat zorgt voor een abstracte, interne representatie van niet-symbolische aantallen. De precisie van dit systeem is afhankelijk van de verhouding tussen de aantallen. Ondanks dat verschillende onderzoeken aanwijzingen hebben gevonden voor een verband tussen de accuratesse en de snelheid van de precisie van het benaderend getal-systeem en de rekenvaardigheden, is niet duidelijk waar dit verband op berust. In het huidige onderzoek is dit verband bekeken met behulp van een correlatieve onderzoek onder 147 kinderen tussen de 9 en 13 jaar oud. In het onderzoek werd het benaderend getal-systeem onderzocht middels een taak voor het vergelijken van hoeveelheden. Op deze taak werd de snelheid en accuratesse en de invloed van kleiner wordende verhoudingen tussen hoeveelheden gemeten. Om individuele verschillen in rekenvaardigheid te bekijken werd een test gebruikt om rekenvaardigheidsniveau vast te stellen en met getal- en reketaken werd een onderscheid gemaakt in verschillende soorten taken. Hierin werd gevonden dat de gemiddelde snelheid ($p = .01$, $d = .04$) en gemiddelde accuratesse ($p = .01$, $d = .05$) waarmee hoeveelheden worden vergeleken de individuele verschillen in rekenniveau verklaren. Een vergelijkbaar resultaat werd niet gevonden wanneer de snelheid ($p = .70$, $d < .01$) en de accuratesse ($p = .45$, $d = .01$) afgezet worden tegen kleiner wordende verhoudingen tussen hoeveelheden. De resultaten veronderstellen dat niet de gevoeligheid voor verhoudingen, maar het snel en accuraat kunnen inzetten van de interne representaties een voorspeller is voor rekenvaardigheidsniveau.

Trefwoorden: getalbegrip, rekenvaardigheden, benaderend getal-systeem (ANS), gevoel voor hoeveelheid

Het Benaderend Getal-Systeem als Voorspeller voor Rekenvaardigheid bij Kinderen

Mensen bekijken en verwerken getallen in fracties van seconden. Het gemak en de flexibiliteit waarmee omgegaan wordt met getallen wordt *getalbegrip* genoemd (Gersten & Chard, 1999). Dit is het aangeboren besef van aantallen en numerieke relaties. Kinderen beschikken op heel jonge leeftijd al over enige vorm van getalbegrip (Lipton & Spelke, 2003; Xu & Spelke, 2005). Zij zijn in staat om niet-symbolische aantallen te vergelijken en te discrimineren (Barth, La Mont, Lipton, & Spelke, 2005). Zo maken kinderen van zes maanden oud al een onderscheid in grote aantallen, zoals 16 en 32 (Xu & Spelke, 2005). Deze vorm van getalbegrip is al aanwezig voordat er sprake is van kennis van getallen en zelfs voor dat er sprake is van taalvaardigheid (Lipton & Spelke, 2003). Het vroege getalbegrip ontwikkelt met weinig tot geen verbale input of educatie (Barth et al., 2005; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2008; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Pica, Lemer, Izard, & Dehaene, 2004). Dit getalbegrip is toe te schrijven aan een intern *benaderend getal-systeem* (Approximate Number System: ANS; Nieder & Dehaene, 2009), de cognitieve basis voor het omgaan met aantallen (Inglis, Attridge, Batchelor, & Gilmore, 2011). Het benaderend getal-systeem bewerkstelligt een abstracte, interne representatie van niet-symbolische aantallen (Barth, Kanwisher & Spelke, 2003) en ondersteunt daarmee schattende of benaderende numerieke verwerking (Inglis et al., 2011). Het systeem wordt onder andere ingezet bij het vergelijken van aantallen en het bij benadering optellen en aftrekken zonder te tellen of te rekenen (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2010). Het benaderend getal-systeem is gevoelig voor de verhouding tussen niet-symbolische aantallen en het is hiermee een onprecies vergelijkingsstelsel. Wanneer de verhouding tussen twee groepen aantallen toeneemt, neemt de juistheid van de representatie ook toe (Izard, Pica, Spelke, & Dehaene, 2011; Piazza et al., 2004). Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer de verhouding 8:16 toeneemt naar 14:16. De precisie van dit non-verbale en non-symbolische getal-systeem varieert per individu. Het is niet duidelijk waarom er individuele verschillen zijn in de precisie van het benaderend getal-systeem.

Het op een efficiënte wijze rekenonderwijs verlenen aan kinderen is een hedendaags, actueel onderwerp. Kennis van de eventuele bijdrage die het benaderend getal-systeem levert aan de ontwikkeling van het formele, symbolische rekenvermogen kan van betekenis zijn voor het rekenonderwijs (Gersten & Chard, 1999). Bij rekenen staat centraal; de mogelijkheid

om getallen te vergelijken, te classificeren en het begrip van de één-op-één relatie en verhouding (Aunio, Hautamäki, & Van Luit, 2005) oftewel; het vermogen om getallen te begrijpen en bewerkingen uit te voeren.

Aangetoond is dat het benaderend getal-systeem geactiveerd is tijdens het oplossen van rekenkundige vaardigheden (Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004). Dat er een samenhang zou kunnen zijn tussen rekenvaardigheid en het benaderd getal-systeem wordt tevens ondersteund door bevindingen van Gilmore, McCarthy en Spelke (2010). Zij vonden dat het niveau van het benaderend getal-systeem bij aanvang van het formeel rekenonderwijs gerelateerd was aan het rekenniveau na één jaar rekeneducatie. Het vroege (aangeboren) begrip van hoeveelheden blijkt bij kinderen die een normale ontwikkeling doormaken de ontwikkeling van rekenkundige vaardigheden te ondersteunen (Jordan et al., 2008). Specifieker kan gezegd worden dat symbolische complexe rekenvaardigheden gerelateerd zijn aan de mogelijkheid hoeveelheden snel te vergelijken (Inglis et al., 2011). Over het algemeen is er een positieve relatie aangetoond tussen individuele verschillen in de gevoeligheid voor hoeveelheden en rekenkundige vaardigheden (Gilmore et al., 2010; Halberda, Ly, Wilmer, Naiman, & Germine, 2012; Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008; Libertus, Feigenson & Halberda, 2011). Echter, er zijn ook studies die een dergelijke significantie relatie niet vinden (Holloway & Ansari, 2009; Sasanguie, De Smedt, Defever, & Reynvoet, 2012; Soltész, Szűcs, & Szűcs, 2010).

Het is nog niet duidelijk in hoeverre sommige individuen een preciezer ‘benaderend getal-systeem’ hebben dan anderen en wat dit betekent in relatie tot rekenvaardigheden. Karakteristiek aan het benaderend getal-systeem is dat er een invloed is van de verhouding tussen de te vergelijken hoeveelheden op de precisie van het systeem. De nauwkeurigheid en de snelheid waarmee een individu hoeveelheden vergelijkt geeft weer hoe efficiënt er gebruik gemaakt wordt van het benaderend getal-systeem. Eerdere studies die dit systeem onderzochten varieerden in de maten die hiervoor gebruikt werden; zoals de gemiddelde accuratesse, de reactietijd en de invloed van de verhouding tussen de te vergelijken aantallen (De Smedt, Noël, Gilmore, & Ansari, in press). Hierbij blijkt dat zowel de accuratesse (Piazza et al., 2010) als de snelheid (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009) van het vergelijken van hoeveelheden gecorreleerd zijn met individuele verschillen in rekenvaardigheid. Deze factoren worden in eerder onderzoek dan ook vaak samen meegenomen als één maat voor het benaderend getal-systeem (Halberda et al., 2012). Beide factoren lijken echter een eigen bijdrage te leveren aan het voorspellen van individuele verschillen in rekenkundige

vaardigheden (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013). Hierbij staat de accuratesse voor de nauwkeurigheid van het benaderen van hoeveelheden en de gemiddelde reactietijd voor de toegepaste responsstrategie (Piazza et al., 2010). Om meer inzicht te krijgen in de invloed van het benaderend getal-systeem in rekenvaardigheden, worden de accuratesse en snelheid in huidig onderzoek als afzonderlijke maat meegenomen. Daarnaast wordt aan de hand van beide maten bekeken hoe gevoelig iemand is voor steeds kleiner wordende verhoudingen tussen de te vergelijken hoeveelheden. In eerder onderzoek is dit laatste op vergelijkbare wijze onderzocht, maar hierbij werd enkel de accuratesse van het vergelijken van hoeveelheden afgezet tegen de verhoudingen (Piazza et al., 2010). Hieruit werd de nauwkeurigheid van de interne representatie van hoeveelheden bepaald, ook wel de ‘Weber-fractie’ genoemd (Halberda et al., 2008). Dit is een index voor de precisie van het benaderend getal-systeem en geeft de gevoeligheid aan voor een kleiner wordende verhouding tussen hoeveelheden (Piazza et al., 2010). In huidig onderzoek wordt getracht om de volgende vraag te beantwoorden: zijn verschillen in de accuratesse en/of snelheid van het benaderend getal-systeem een indicator voor individuele verschillen in rekenkundige vaardigheden?

Rekenvaardigheid betreft enerzijds het vermogen om getallen te begrijpen en anderzijds de mogelijkheid om bewerkingen uit te voeren met getallen. Eerdere studies gebruikten over het algemeen een gestandaardiseerde rekentest, die verschillende rekenkundige vaardigheden bevat (zoals kennis van getallen, ordening van getallen en bewerkingen met getallen) (De Smedt et al., in press). Het is echter mogelijk dat de betekenisvolle relatie tussen de representaties van numerieke hoeveelheden en rekenen varieert binnen verschillende soorten taken. Wanneer er een onderscheid gemaakt wordt in het soort rekentaken, laat eerder onderzoek zien dat een preciezer benaderend getal-systeem samenhangt met een betere prestatie op ordinale numerieke getal-taken en juist niet met de prestatie op complexe, formele rekentaken (Piazza et al., 2010). Kennis van numerieke betekenissen kan vervolgens het meer complexe rekenen ondersteunen (Lyons & Beilock, 2011). Veel studies leggen de focus op het verband tussen vroege symbolische numerieke vaardigheden en rekenvaardigheden en bevestigen dat kennis van de betekenissen van getal-symbolen verband houdt met complexe rekenvaardigheden (Libertus et al., 2013; Halberda et al., 2008). Er wordt verondersteld dat het benaderend getal-systeem de basis vormt voor een begrip van getal-symbolen en hiermee indirect bijdraagt aan het uitvoeren van complexe rekenkundige bewerkingen (Lyons & Beilock, 2011). Om specifieker na te gaan met welke onderdelen van het rekenen het benaderend getal-systeem samenhangt, wordt er in huidig

onderzoek een onderscheid gemaakt tussen numerieke getal-taken en rekentaken. Meer kennis hierover stelt mensen in staat om een begrip te ontwikkelen over de manier waarop een aangeboren systeem kan bijdragen aan iets dat door educatie en cultuur tot stand lijkt te komen.

Methode

Participanten

Ten behoeve van het onderzoek werden 629 leerlingen uit groep 6, groep 8 en de brugklas op school benaderd voor deelname. Zij kregen uitleg over het onderzoek en ontvingen een informatiefolder en een toestemmingsformulier voor hun ouders. Op het toestemmingsformulier konden de ouders aangeven of zij toestemming gaven voor deelname aan het onderzoek en voor het maken van video-opnamen. In totaal verleenden negen ouders (6%) toestemming voor deelname zonder video-opname en 150 ouders voor deelname met video-opname. Alleen de kinderen die toestemming kregen voor het onderzoek met video-opname werden meegenomen in het onderzoek, er waren geen andere exclusiecriteria. Drie leerlingen participeerden wegens omstandigheden (zoals ziekte) niet in het onderzoek.

Aan het onderzoek namen uiteindelijk 147 proefpersonen deel, met een minimum leeftijd van 9 jaar en een maximum leeftijd van 13 jaar ($M = 11.0$, $SD = 1.4$). Deze proefpersonen zijn afkomstig van 11 verschillende basisscholen (109 leerlingen, 74.1%) en één middelbare school (38 leerlingen, 25.9%) uit de randstad. Om een inschatting te maken van de sociaal economische klasse van de leerlingen op een school is nagegaan of de school zich in een impulsgebied bevindt. Dit is een gebied dat aangewezen is als een gebied met veel werkloosheid. Dit werd bekeken aan de hand van de lijst van het ministerie van onderwijs, cultuur en wetenschap (Van Bijsterveldt-Vliegenthart, 2012). Van de scholen die hebben deelgenomen bevindt één van de 12 scholen (8.3%) zich in een impulsgebied, dit had betrekking op 38 leerlingen (25.9%). Dit is meegenomen om de variabele Sociaal Economische Status (SES) te bepalen; hierbij is gescoord of de school van de participant wel of niet in een impulsgebied staat.

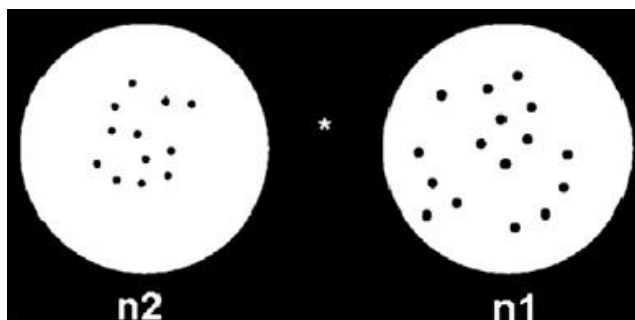
Procedure

De kinderen werden tijdens schooltijd zowel groepsgewijs als individueel getest in een leslokaal waar geen sprake was van omgevingsgeluid of andere afleidende factoren. De dataverzameling heeft in vier tot vijf sessies plaatsgevonden, waarbij video-opnamen werden gemaakt om indien nodig de testafname achteraf te kunnen nakijken. Allereerst werd er een rekenvaardigheidstest afgenomen in twee tot drie sessies van ongeveer 40 minuten. Hierop

volgde een sessie met een taak voor het vergelijken van hoeveelheden van 5 tot 10 minuten. In de laatste sessie werd een testbatterij voor getal- en rekentaken afgenomen, wat 30 tot 40 minuten in beslag nam. Deze taken werden tijdens schooltijd afgenomen door getrainde onderzoekers. Nadat alle kinderen waren onderzocht ontvingen zij als dank voor deelname een zakje met snoep.

Meetinstrumenten

Vergelijkingstaak van niet-symbolische aantallen. Individuele verschillen in de precisie van het benaderend getal-systeem kunnen bekeken worden aan de hand van een non-symbolische vergelijkingstaak (Halberda et al., 2012; Piazza et al., 2010). In dit onderzoek werd er gebruik gemaakt van de Non-Symbolische Vergelijkingstaak van Piazza et al. (2010). Deze taak werd individueel afgenomen met behulp van een laptop, waarbij steeds een scherm met twee groepen stimuli getoond werd. De stimuli bestonden uit twee sets van witte stippen die gepresenteerd werden op een blauw scherm. De ene set werd gepresenteerd op de linkerhelft van het scherm en de andere set op de rechterhelft van het scherm (zie Afbeelding 1).



Afbeelding 1. Voorbeeld van een vergelijkbaar item van de niet-symbolische taak. Overgenomen van Piazza et al. (2010).

In elke trial bestond één van de sets uit 16 of 32 stippen (het referentie-aantal). In de trials met 16 stippen was deze set gekoppeld aan een set met 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19 of 20 stippen. De trial met een set van 32 stippen was gekoppeld aan aantallen die twee keer zo groot waren als de trials die gekoppeld zijn aan het aantal 16 (20, 24, 26, 28, 30, 34, 36, 38, 40 en 44). De verhouding tussen het referentie-aantal en het aantal waaraan dit in één trial gekoppeld is wordt een ‘contrast’ genoemd (bijvoorbeeld 16:20). In totaal werden er 10 verschillende contrasten getoond. De proefpersonen dienden zonder te tellen aan te geven welke set het grootste aantal stippen bevatte, door de hieraan corresponderende linker of rechter toets op het toetsenbord in te drukken. In een eerdere studie is de betrouwbaarheid en

de validiteit van deze non-symbolische getallen vergelijkingstaak voldoende bevonden (Price, Palmer, Battista, & Asari, 2012).

De taak werd afgenomen met behulp van het programma E-prime (versie 2.0.10.242), in dit programma werd de reactietijd en de accuratesse per individu per trial bepaald. De gemiddelde snelheid en gemiddelde accuratesse werden meegenomen om de efficiëntie van het vergelijken van hoeveelheden te bekijken. Daarnaast werd om de gevoeligheid van kleiner wordende verhoudingen te bepalen zowel de reactietijd als de accuratesse afgezet tegen de contrasten. Hierbij werd vervolgens de steilheid van de ontstane functie bepaald. Hiervoor is bij de reactietijd een logaritmisch verband gebruikt, wat uiteindelijk resulteerde in de variabele 'Weber-reactietijd'. Op de accuratesse is een lineair verband toegepast, waaruit de variabele 'Weber-accuratesse' ontstond. Deze variabelen vormen de index voor de invloed van de kleiner wordende verhoudingen op respectievelijk de snelheid en accuratesse van het vergelijken van hoeveelheden. Hiermee geven ze de interne gevoeligheid van het benaderend getal-systeem weer.

Test voor didactische leeftijd equivalent rekenen. Het screenen van het rekenniveau van de proefpersonen gebeurde aan de hand van groepsgewijze afname van een bestaande gestandaardiseerde rekentest, de Didactische Leeftijd Equivalent rekentest (DLE-test rekenen/wiskunde; De Vos, 2000). Deze test bestaat uit 12 bladen met in totaal 274 sommen. De ontwikkeling en samenstelling van deze sommen is voortgekomen uit bestaande reken-/wiskundemethodes. De sommen krijgen een steeds hogere moeilijkheidsgraad en er is volgens de handleiding per groep bepaald welke bladen gemaakt worden. De test werd groepsgewijs in twee sessies van ongeveer 40 minuten afgenomen, waarbij voorafgaand aan de eerste sessie een instructie gegeven werd. Om te voldoen aan de in de handleiding gestelde eis dat de kinderen zo lang aan de test mogen werken als zij willen, werd er nog een derde sessie toegevoegd voor de kinderen die de test in de eerste twee sessies nog niet af hadden. Uit het aantal juist gemaakte sommen kwam een Didactisch Leeftijd Equivalent (DLE) naar voren. Dit DLE geeft aan na hoeveel maanden onderwijs de behaalde score gemiddeld genomen behaald wordt. Door dit getal te delen door het werkelijke aantal maanden genoten onderwijs (Didactische Leeftijd, DL) is er een Leerrendement (LR) bepaald. Het leerrendement is een score die aangeeft wat het niveau van een leerling is ten opzichte van het aantal maanden onderwijs. Een score van 1 geeft weer dat het niveau van het kind gelijk is aan het aantal maanden genoten onderwijs. De interne consistentie van de items bij leerlingen uit groep 6 is .80, ofwel hoog, evenals de interne consistentie voor leerlingen uit groep 8 ($\alpha =$

.93). Voor de leeftijdsgroep brugklas is geen interne consistentie bekend, voor deze groep zijn echter wel bruikbare normen beschikbaar. De normen van de test zijn berekend op basis van een landelijke steekproef van ongeveer 3600 leerlingen. De DLE Test Rekenen is een betrouwbare en valide test voor het meten van de rekenvaardigheden.

Testbatterij getal- en rekentaken. Voor het onderzoeken van verschillende symbolische rekenvaardigheden (zoals begrip van getal-symbolen, verhoudingen tussen getallen en het uitvoeren van bewerkingen met getallen) is een Nederlandse versie gemaakt van een oorspronkelijk Italiaanse testbatterij (Biancardi & Nicoletti, 2004). Deze Nederlandse versie is tot stand gekomen door de in Piazza et al. (2010) gegeven beschrijving te gebruiken om de sub-tests te ontwikkelen. De volledige testbatterij bestaat uit verschillende sub-tests waarbij accuratesse en snelheid wordt gemeten, zie bijlage A voor de beschrijving van de verschillende sub-tests. In deze sub-tests is een onderscheid gemaakt tussen numerieke getaltaken en rekentaken, waaruit een ‘numeriek-quotiënt’ en een ‘rekenquotiënt’ is bepaald. Het numeriek-quotiënt bestaat uit taken waarin de kennis van een enkel getal getoetst werd, bijvoorbeeld de betekenis van het getal-woord of de ordening ten opzichte van andere getallen. Dit had betrekking op de volgende sub-tests: Getallen Lezen, Getallen Schrijven, Getal Herhaling, Invoeging en Drietallen. Van deze taken werd de som van de gestandaardiseerde totaalscores gedeeld door vijf. Het rekenquotiënt bestaat uit taken waarbij bewerkingen uitgevoerd dienden te worden op een tweetal getallen, zoals optellen, aftrekken en vermenigvuldigen. Van de volgende taken werd de som van de gestandaardiseerde totaalscores gedeeld door drie: Sommen, Complexe Sommen Verbaal, Complexe Sommen Schriftelijk.

Design

De statistische analyses zijn uitgevoerd middels het programma SPSS Statistics for Windows (versie 17). In huidig correlatieel onderzoek werden er vier predictoren meegenomen: Gemiddelde reactietijd, Gemiddelde accuratesse, Weber-reactietijd en Weber-accuratesse. De uitkomstvariabelen zijn Leerrendement, Numeriek-quotiënt en Rekenquotiënt. Voorafgaand aan het uitvoeren van de analyses met betrekking tot de onderzoeksvragen zijn de variabelen onderzocht op de belangrijkste karakteristieken. Van niet normaal verdeelde variabelen werden de uitbijters omgezet naar twee standaarddeviaties boven of onder het gemiddelde (Windsorizing; Barnett & Lewis, 1994). Wanneer dit geen normale verdeling opleverde dan werd de variabele getransformeerd middels de Van der Waerden schaaltransformatiemethode (Van der Waerden, 1952) Er werd tevens gekeken of er

een samenhang bestond tussen achtergrondvariabelen (leeftijd, geslacht, SES en leesniveau) en de predictoren en responsvariabelen. Wanneer er met een van de predictoren en met een responsvariabele een significante samenhang bleek, werd de achtergrondvariabele opgenomen in het model.

Het verband tussen de snelheid en accuratesse waarmee kinderen aantallen vergelijken en het niveau van de rekenvaardigheden is getest aan de hand van een meervoudige regressie analyse. Om te onderzoeken hoeveel van de variantie van het numeriek-quotiënt en rekenquotiënt verklaard wordt door de reactietijd en accuratesse op de vergelijkingstaak is tevens een meervoudige regressieanalyse uitgevoerd. In de analyses wordt uitgegaan van een alpha-waarde van .05. Voor alle analyses werd de power berekend om te bepalen of er voldoende power is om een resultaat van betekenis te vinden, een power hoger dan .80 werd aangenomen als voldoende power. De power-waarden werden berekend met behulp van het programma G*Power (versie 3.1). Hierbij werd tevens de effectgrootte bepaald waarbij een waarde tussen .10 en .29 beschouwd wordt als een klein effect, een waarde tussen .30 en .49 als een middel effect en .50 tot 1.0 als een groot effect (Cohen, 1988).

Resultaten

Tabel 1

Beschrijvende statistieken

	<i>N</i>	Minimum	Maximum	M(SD)	95% CI
Leeftijd	147	9	13	11.0(1.4)	10.8 – 11.2
Leerrendement	147	0.30	1.32	0.9(0.2)	0.8 – 0.9
Gemiddelde reactietijd	145	643.0	5301.1	1519.8 (644.4)	1414.0 – 1625.5
Gemiddelde accuratesse	145	5.4	9.7	7.7(0.78)	7.6 – 7.9
Weber -reactietijd	145	-804.1	9648.09	1085.4(1466,7)	844.7 – 1326.2
Weber-accuratesse	145	-23.4	-.5	-9.5(3.9)	-10.8 – -9.5
Numeriek-quotiënt	142	0.7	1.0	0.9(0.1)	0.89 – 0.91
Rekenquotiënt	141	0.4	1.0	0.9(0.1)	0.8 – 0.9

Data-inspectie

Gevoel voor hoeveelheden. Op de vergelijkingstaak werd zowel de snelheid als de accuratesse bekeken. Na de univariate data-inspectie bleken de variabelen ‘Gemiddelde reactietijd’ ($D(145) = .16, p < .001$) en ‘Weber-reactietijd’ ($D(145) = .21, p < .001$) op basis van de Kolmogorov-Smirnov test en de Skewness- en Kurtosiswaarden significant niet-

normaal verdeeld. Na het omzetten van de uitbijters naar twee standaarddeviaties boven het gemiddelde bleek er eveneens geen normaalverdeling. Om deze reden zijn de variabelen getransformeerd door middel van een Van der Waerden Transformatiemethode. Er bleek een samenhang tussen leeftijd en de predictor gemiddelde reactietijd ($r = -.17, p = .04$). Leeftijd hing tevens samen met de responsvariabele leerrendement ($r = -.33, p < .001$) en de responsvariabele rekenquotiënt ($r = .25, p = .003$).

Numeriek- en rekenquotiënt. Na de univariate data-inspectie bleek de variabele ‘Numeriek-quotiënt’ op basis van de Kolmogorov-Smirnov test ($D(142) = .11, p < .001$) en de Skewnesswaarde (-1.00) en Kurtosiswaarde (1.1) significant niet-normaal verdeeld. Daarnaast bleek ook de variabele ‘Rekenquotiënt’ op basis van de Kolmogorov-Smirnov test ($D(141) = .11, p = .001$) en de Skewnesswaarde (-1.26) en Kurtosiswaarde (1.81) significant niet-normaal verdeeld. Om deze reden zijn de variabelen getransformeerd door middel van een Van der Waerden Transformatiemethode.

Tabel 2

Correlaties tussen variabelen

	Leeftijd	Gesl.	SES	Lees- niveau	Leer- rendement	Gem. RT	Gem. Acc	Weber- RT	Weber- acc	Numeriek- quotiënt	Reken- quotiënt
Leeftijd	-	-.13	.63**	.26**	-.33**	-.17*	-.02	-.08	-.01	.11	.25**
Geslacht		-	-.16*	-.02	.27**	.07	.03	.04	.06	.06	.08
SES			-	.14	-.55**	-.08	.03	.01	-.12	.09	-.03
Leesnivea				-	-.20*	-.07	-.13	-.12	.09	-.09	-.05
Leerrendement					-	-.06	.13	-.03	.06	.17*	.42**
Gemiddelde reactietijd						-	.42**	.69**	-.06	-.11	-.10
Gemiddelde accuratesse							-	.49**	.03	.04	.05
Weber-reactietijd								-	.01	.02	-.06
Weber-accuratesse									-	-.02	.04
Numeriek-quotiënt										-	.47**
Rekenquotiënt											-

NB. * $p < .01$, ** $p < .001$

Data-analyse

Leerrendement voorspeld door het gevoel voor hoeveelheden. Uit de meervoudige regressieanalyse na controle voor de achtergrondvariabele ‘leeftijd’ blijkt dat zowel de gemiddelde reactietijd ($\beta = -.21$, $t(145) = -2.48$, $p = .01$, $1-\beta = .81$, $d = .04$) als de gemiddelde accuratesse ($\beta = .22$, $t(145) = 2.54$, $p = .01$, $1-\beta = .82$, $d = .05$) een voorspeller is voor het leerrendement. De Weber-reactietijd bleek geen significante predictor voor het leerrendement ($\beta = -.03$, $t(145) = -.38$, $p = .70$, $1-\beta = .10$, $d < .01$), evenals de Weber-accuratesse ($\beta = .06$, $t(145) = .76$, $p = .45$, $1-\beta = .19$, $d < .01$).

Numeriek-quotiënt voorspeld door het gevoel voor hoeveelheden. Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt noch de gemiddelde reactietijd ($\beta = -.15$, $t(138) = -1.65$, $p = .10$, $1-\beta = .67$, $d = .03$) noch de gemiddelde accuratesse een predictor voor het numeriek-quotiënt ($\beta = .10$, $t(138) = 1.11$, $p = .26$, $1-\beta = .30$, $d < .01$). De Weber-reactietijd bleek geen significante predictor voor het numeriek-quotiënt ($\beta = .02$, $t(138) = -.19$, $p = .85$, $1-\beta = .07$, $d < .01$), evenals de Weber-accuratesse ($\beta = -.02$, $t(138) = -.19$, $p = .85$, $1-\beta = .07$, $d < .01$).

Rekenquotiënt voorspeld door het gevoel voor hoeveelheden. Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt na controle voor de variabele ‘leeftijd’ noch de gemiddelde reactietijd ($\beta = -.09$, $t(136) = -1.02$, $p = .31$, $1-\beta = .27$, $d < .01$) noch de gemiddelde accuratesse een predictor voor het rekenquotiënt ($\beta = .09$, $t(136) = .96$, $p = .34$, $1-\beta = .25$, $d < .01$). De Weber-reactietijd bleek geen significante predictor voor het rekenquotiënt ($\beta = -.07$, $t(137) = -.76$, $p = .45$, $1-\beta = .19$, $d < .01$), evenals de Weber-accuratesse ($\beta = .04$, $t(137) = .49$, $p = .63$, $1-\beta = .13$, $d < .01$).

Discussie

Conclusie

In huidig onderzoek werd het gevoel voor hoeveelheden en het verband met rekenvaardigheden op verschillende onderdelen onderzocht. Naar aanleiding van de resultaten volgen er een drietal bevindingen die van betekenis zijn voor het duiden van het verband tussen het benaderend getal-systeem en rekenvaardigheden. Ten eerste laat huidig onderzoek zien dat de gemiddelde snelheid en de gemiddelde accuratesse waarmee kinderen hoeveelheden vergelijken individuele verschillen verklaren in rekenvaardigheden. Daarentegen werd er geen dergelijk verband gevonden wanneer er gekeken werd naar de gevoeligheid voor kleiner wordende verhoudingen tussen de te vergelijken hoeveelheden. Tot slot werd er geen vergelijkbaar resultaat gevonden wanneer er gekeken wordt naar

verschillende soorten rekenvaardigheden. De effectgroottes van de significante resultaten laten zien dat het gaat om een zeer geringe invloed van het gevoel voor hoeveelheden in de individuele verschillen in rekenvaardigheden.

In huidig onderzoek werd gevonden dat de gemiddelde snelheid en de gemiddelde accuratesse waarmee kinderen hoeveelheden vergelijken individuele verschillen verklaren in rekenniveau. Dit resultaat is in lijn met eerdere onderzoeken waarin werd aangetoond dat de precisie van het vergelijken van hoeveelheden een bijdrage levert aan de variantie in rekenvaardigheidsniveaus (Gilmore et al., 2010; Libertus et al., 2012). Een kortere reactietijd en hogere accuratesse bij het vergelijken van hoeveelheden blijken in verband te staan met een hoger rekenvaardigheidsniveau. Dit doet vermoeden dat het efficiënt (snel en accuraat) inzetten van de interne representatie van hoeveelheden van belang is bij rekenvaardigheden. Het resultaat uit huidig onderzoek toont eveneens aan dat zowel de gemiddelde snelheid als de accuratesse waarmee hoeveelheden vergeleken worden als afzonderlijke indicatoren kunnen dienen voor varianties in rekenvaardigheden. Dit resultaat komt overeen met recent onderzoek (Libertus et al., 2013). Er zijn echter ook onderzoeken die wel een effect vonden van accuratesse, maar niet van gemiddelde reactietijd (Mundy & Gilmore, 2009). Hierbij kan de vraag gesteld worden in hoeverre de factoren, met name reactietijd, beïnvloed worden door bijvoorbeeld aandacht of werkelijk in verband staan met het benaderend getal-systeem en rekenvaardigheid. Uit eerder onderzoek bleek het gevonden verband echter stand te houden wanneer er gecontroleerd wordt voor overige variabelen zoals reactietijd en werkgeheugen op niet-symbolische numerieke taken (Libertus et al., 2013). Het verdient aanbeveling om te onderzoeken waarom deze maten van het gevoel voor hoeveelheden een afzonderlijke rol spelen in het verklaren van prestaties op rekenvaardigheden. De snelheid laat enerzijds mogelijk zien hoe vloeiend de interne representaties beschikbaar zijn. Anderzijds kan de accuratesse van het getal-systeem dienen als basis waarop begrip van getallen en het uitvoeren van bewerkingen berust.

Naast dat er gekeken werd naar de gemiddelde accuratesse en de reactietijd, werd bekeken hoe deze factoren beïnvloed worden door het kleiner worden van de verhouding tussen de hoeveelheden. Deze interne gevoeligheid van het benaderend getal-systeem blijkt in huidig onderzoek geen verband te houden met rekenvaardigheden. Eerdere onderzoeken die op vergelijkbare wijze de accuratesse bekeken ten opzichte van de kleiner wordende verhoudingen vonden op basis van deze maat tevens geen verband met rekenvaardigheden (Sasanguie et al., 2012; Soltész et al., 2010). Er zijn ook studies die op basis van de

accuratesse wel een verband tussen de gevoeligheid van het getal-systeem en rekenvaardigheid laten zien (Halberda et al., 2012; Halberda et al., 2008). Hoewel een aantal studies de gemiddelde reactietijd meenam in het vaststellen van de gevoeligheid (Piazza et al., 2010), is naar de kennis van de auteur nog niet eerder de snelheid afgezet tegen de contrasten. Eerder onderzoek laat dus nog geen eenduidigheid zien over de invloed van de gevoeligheid van het getal-systeem in rekenvaardigheden (De Smedt et al., in press). De moeilijkheden in het vastleggen van het precieze verband tussen de representatie van niet-symbolische hoeveelheden en rekenvaardigheden laat mogelijk zien dat dergelijke representaties geen prioriteit zijn voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden bij kinderen. Meer onderzoek naar de rol van snelheid en/of accuratesse in gevoeligheid voor contrasten in rekenvaardigheden is aanbevolen. Hiermee kan bevestigd worden dat, zoals huidig onderzoek laat zien, deze maten afzonderlijk geen voorspeller zijn voor individuele verschillen in rekenvaardigheden.

Naast de manier waarop het benaderend getal-systeem ingezet wordt bij rekenvaardigheden, werd er gekeken bij welk soort taken het benaderend getal-systeem van belang is. In huidig onderzoek werd geen verband gevonden tussen de precisie van het vergelijken van hoeveelheden en verschillende type taken, waarin onderscheid werd gemaakt tussen numerieke taken en reketaken. Eerder onderzoek dat eenzelfde onderscheid maakte vond bij beide type taken wel een verband met de accuratesse van het vergelijken van hoeveelheden maar niet voor de gevoeligheid van contrasten (Mundy & Gilmore, 2009). Ander onderzoek liet zien dat een preciezer benaderend getal-systeem samenhangt met een numerieke getal-taken en niet met meer complexe rekenkundige bewerkingen (Holloway & Ansari, 2009; Piazza et al., 2010). Een recente studie naar het trainen van het gevoel voor hoeveelheden laat zien dat via numerieke symbolische taken de rekenvaardigheden positief te beïnvloeden zijn (Park & Brannon, 2013). In de huidige studie zijn dergelijke verbanden niet aangetoond, waardoor er nog onduidelijkheid blijft bestaan over hoe het niet-symbolisch begrip van hoeveelheden samenhangt met rekenvaardigheden. Een mogelijke verklaring voor het niet vinden van een resultaat is dat in zowel in het numeriek-quotiënt als in het rekenquotiënt nog veel verschillende rekenvaardigheden schuilen, bijvoorbeeld het numeriek-quotiënt bevat het transcoderen van getallen, maar ook het manipuleren van semantische getallen. Dit laat mogelijk zien dat er nog verder onderscheid gemaakt moet worden in de taken om te onderzoeken met welke vaardigheden het benaderend getal-systeem samenhangt. Het representeren van hoeveelheden is waarschijnlijk belangrijker voor sommige aspecten van rekenvaardigheden dan voor andere. Meer specifieke maten van rekenvaardigheden zijn

nodig om dergelijke associaties te onderzoeken. Hierin kan bijvoorbeeld onderscheid gemaakt worden in getal-woordbegrip, ordening van getallen en bewerkingen als optellen en vermenigvuldigen. Het verdient aanbeveling om dergelijke taken afzonderlijk te onderzoeken om inzicht te krijgen in de vaardigheden waarmee het benaderend getal-systeem samenhangt.

Limitaties

Naast de bovengenoemde conclusies en verklaringen zijn er een aantal beperkingen te noemen bij het onderzoek die mogelijk hebben bijgedragen aan het vinden van niet-significante resultaten. Allereerst bleek een aantal variabelen niet normaal-verdeeld, dit is echter voorafgaand aan de analyses ondervangen door de betreffende variabelen te transformeren. Daarnaast blijken er opvallend lage scores op de rekenvaardigheidstest bij de leerlingen uit de brugklas. Dit is mogelijk te verklaren doordat de rekenmethodes die ingezet worden in het voortgezet onderwijs niet aansluiten bij de methodes die gevraagd worden in de rekenvaardigheidstest; de leerlingen zijn niet meer bekend met het type opgaven dat tijdens de rekenvaardigheidstest aan hen werd voorgelegd. Hoewel er van de DLE-test rekenen wel normen bekend zijn die lopen tot en met de brugklas, is er voor deze leeftijdscategorie geen interne consistentie bekend. De getal- en de rekentaken leken daarentegen zeer eenvoudig voor de leerlingen in de brugklas, waardoor er een plafondeffect optreedt in de score op deze taken. Het verdient aanbeveling om de moeilijkheidsgraad van deze taken te verhogen of om de reactietijd mee te nemen in de score. Verder is de lage power van enkele resultaten belangrijk om in ogenschouw te nemen, dit laat zien dat de gevonden resultaten bij replicatie (met bijvoorbeeld een grotere steekproef) mogelijk wel significant zouden kunnen zijn. Voor deze resultaten zou bij replicatie een steekproef met 620 participanten voldoende power opleveren. In huidig onderzoek is met betrekking tot de significante resultaten wel voldoende power bereikt om te kunnen spreken van een betekenisvol resultaat.

Implicaties

Concluderend laten de resultaten van huidig onderzoek zien dat de individuele verschillen in efficiëntie (snelheid en accuratesse) waarmee kinderen hoeveelheden vergelijken een aanwijzing zijn voor individuele verschillen in rekenvaardigheden. Er is echter geen relatie gevonden tussen de gevoeligheid voor het kleiner worden van de verhoudingen en rekenvaardigheden. Deze resultaten veronderstellen dat niet de gevoeligheid voor de verhoudingen, maar dat het efficiënt kunnen inzetten van de interne representaties een voorspeller is voor rekenvaardigheidsniveau. Het verdient aanbeveling om deze bevinding nader te onderzoeken. Hierbij is het belangrijk dat er in vervolgonderzoek verschillende

maten voor het niet-symbolisch getal-systeem meegenomen worden. Een enkele maat lijkt geen volledig beeld te geven voor de rol van het niet-symbolisch getal-systeem in rekenvaardigheden. Dit kan tevens meer duidelijkheid geven over welke onderdelen van het vergelijken van hoeveelheden gestimuleerd kunnen worden om rekenvaardigheden te verbeteren. Samen met meer kennis over het type taken waarin het gevoel voor hoeveelheden een rol speelt kan dit een belangrijke bijdrage leveren aan het huidige rekenonderwijs.

Recentelijk is gebleken dat een aantal weken trainen met het benaderen van hoeveelheden middels een niet-symbolische taak, de precisie van het benaderend getal-systeem en het formele rekenvermogen verbetert (Park & Brannon, 2013). Dit is onderzocht bij volwassenen, voor vervolgonderzoek is het van belang een dergelijk onderzoek te repliceren bij kinderen om het toe te kunnen passen in een vroeg stadium bij problemen in het gevoel voor hoeveelheden. Vroege rekenvaardigheden blijken namelijk een sterke voorspeller voor latere prestaties op het gebied van rekenen (Duncan et al., 2007). Huidige studie voegt hieraan toe dat het efficiënt inzetten van het gevoel voor hoeveelheden van belang is bij rekenvaardigheden. Waarbij afzonderlijk de snelheid en de accuratesse in beschouwing dienen te worden genomen. Deze kennis en meer onderzoek naar het precieze verband tussen het benaderend getal-systeem en rekenvaardigheden vormt een belangrijke bijdrage aan het vroegtijdig indiceren van moeilijkheden in het inzetten van rekenvaardigheden. Tevens biedt het een uitgangspunt voor verder onderzoek naar effectieve interventiemethodes of oefeningen die in het reguliere onderwijs kunnen worden ingezet.

Referenties

- Aunio, P., Hautamäki, J., & Van Luit, J.E.H. (2005). Mathematical thinking intervention programmes for preschool children with normal and low number sense. *European Journal of Special Needs Education, 20*(2), 131-146.
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E.S. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *PNAS, 102*, 14116-14121. doi: 10.1073/pnas.0505512102
- Barth, H., Kanwisher, N., & Spelke, E.S. (2003). The construction of large number representation in adults. *Cognition, 86*, 201-221.
- Barnett, V., & Lewis, T. (1994). *Outliers in statistical data* (3rd ed.). New York: Wiley.
- Biancardi, A., & Nicoletti, C. (2004). Batteria per la discalculia evolutiva (BDE). Omega.
- Cohen, J.W. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd edition). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L., & Wilson, A.J. (2004) Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology, 14*, 218–224. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.008
- De Smedt, B., Noël, M.-P., Gilmore, C., & Ansari, D. (in press). 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*.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghequière, 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
- De Vos, T. (2002). *DLE Test Rekenen/Wiskunde*. Leeuwarden: Eduforce.
- Duncan, G.J., Claessens, A., Huston, A.C., Pagani, L.S., Engel, M., Sexton, H., ... Duckworth, K. (2007). School readiness and later achievement. *American Psychological Association, 43*, 1428-1446. doi: 10.101037/0012-1649.43.6.1428
- Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *Journal of special education, 33*, 18-28.
- Gilmore, C.K., McCarthy, S.E., & Spelke, E.S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and achievement in the first year of formal schooling in mathematics. *Cognition, 115*, 394-406. doi: 10.1016/j.cognition.2010.02.002
- Gilmore, C.K., McCarthy, S.E., & Spelke, E.S. (2008). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature, 447*, 589-692. doi: 10.1038/nature05850
- 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. *PNAS*, *109*, 11116-11120. doi: 10.1073/pnas.1200196109
- Halberda, J., Mazocco, M.M.M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity 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
- Inglis, M., Attridge, N., Batchelor, S., & Gilmore, C. (2011). Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: But only in children. *Psychonomic Bulletin & Review*, *18*, 1222-1229. doi: 10.3758/s13423-011-0154-1
- Izard, V., Pica, P., Spelke, E.S., & Dehaene, S. (2011). Flexible intuitions of Euclidean geometry Amazonian indigene group. *PNAS*, *108*, 9782-9787. doi: 10.1073/pnas.1016686108
- Jordan, N.C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2008). A number sense assessment tool for identifying children at risk for mathematical difficulties. *Mathematical difficulties: Psychology and intervention*, 45-58.
- Jordan, N.C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and individual differences*, *20*, 82-88. doi: 10.1016/j.lindif.2009.07.004
- Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental Science*, *14*, 1292-1300. doi: 10.1111/j.1467-7687.2011.01080.x
- 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
- Libertus, M.E., Odic, D., & Halberda, J. (2012). Intuitive sense of number correlates with math scores on college-entrance examination. *Acta Psychologica*, *141*, 373-379. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.09.009
- Lipton, S. J., & Spelke, E.S. (2003). The origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, *14*, 396-401. doi: 10.1111/1467-9280.01453

- Lipton, S. J., & Spelke, E.S. (2005). Preschool children's mapping of number words to nonsymbolic numerosities. *Child Development, 76*, 979- 988. doi: 0009-3920/2005/7605-0003
- Lyons, I.M., & Beilock, S.L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition, 121*, 256-261. doi: 10.1016/j.cognition.2011.07.009
- 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
- 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
- Park, J., & Brannon, E.M. (2013). Training the approximate number sense improves math proficiency. *Psychological Science, XX*, 1-7. doi: 10.1177/0956797613482944
- 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.2010.03.012
- Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus. *Neuron, 44*, 547-555.
- Pica, P., Lemer, C., Izard, V., & Dehaene, S. (2004). Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group. *Science, 306*, 499-502. doi: 10.1126/science.1102085
- Price, G., 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.2012.02.000
- Sasanguie, D., Van den Bussche, E., & Reynvoet, B. (2012). Predictors for mathematics achievement? Evidence from a longitudinal study. *Mind, Brain, and Education, 6*, 119-128.
- Soltész, F., Szücs, D., & Szücs, L. (2010). Relationships between magnitude representation, counting and memory in 4- to 7-year-old children: A developmental study. *Behavioral and Brain Functions, 6*, 1-14.
- Van Bijsterveldt-Vliegenthart (2012). Regeling vaststelling impulsgebieden schooljaar 2013–2014 tot en met 2016–2017. *Staatscourant, 9238*, 1-4.

- Van der Waerden, B.L. (1952). Order tests for the two-sample problem and their power. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, 55, 453–458.
- Xu, F., & Spelke, E.S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, B1-11.

Bijlage A

Testbatterij getal- en reketaken

Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de getal- en reketaken die zijn afgenomen. De taken zijn gebaseerd op een Italiaanse gestandaardiseerde testbatterij (Biancardi & Nicoletti, 2004) zoals beschreven in Piazza et al. (2010). De taken worden opgesplitst in een numeriek-quotiënt en een rekenquotiënt, tevens zoals aangegeven in Piazza et al. (2010). Het numeriek-quotiënt bevat taken waarin de kennis van een enkel getal wordt getoetst. Het rekenquotiënt betreft taken die het uitvoeren van bewerkingen met twee getallen vragen.

Numeriek-quotiënt

1. Getallen lezen: Het kind leest 12 Arabische getallen met drie tot zes cijfers hardop voor. Zowel de accuratesse als de snelheid (van de totale taak) worden gemeten.
2. Getallen schrijven: Het kind schrijft in Arabische getallen 12 door de onderzoeker voorgelezen getallen (drie tot zes cijfers). De accuratesse wordt gemeten.
3. Herhaling: Het kind herhaalt 12 door de onderzoeker voorgelezen getallen (drie tot zes cijfers). Accuratesse wordt gemeten.
4. Drietal: Het kind kiest voor 20 items het grootste getal tussen drie Arabische getallen (één tot zes cijfers). Zowel accuratesse als snelheid (over de totale taak) worden gemeten.
5. Invoeging: Het kind zet voor 12 items een getal (één tot vijf cijfers) op een positie tussen drie andere getallen (bijvoorbeeld 'waar staat het getal 10?': $X \ 5 \ X \ 8 \ X \ 15 \ X$). Zowel de accuratesse als de snelheid (over de hele taak) worden gemeten.

Rekenquotiënt

1. Sommen: Het kind beantwoordt 16 vermenigvuldigingen (factoren tussen de 1 en de 9, bijvoorbeeld 6×3), zes optelsommen en zes minsommen (met uitkomsten kleiner dan tien). Een respons wordt alleen als correct gescoord wanneer het binnen twee seconden gegeven wordt. De accuratesse wordt gemeten.
2. Complexe sommen verbaal: Het kind beantwoordt tien optelsommen en tien minsommen, met uitkomsten boven de tien. Een respons wordt alleen als correct gescoord wanneer er binnen de 15 seconden geantwoord wordt.
3. Complexe sommen schriftelijk: Het kind beantwoordt schriftelijk 12 geschreven rekenopgaven (vier optelsommen, vier minsommen en vier vermenigvuldigingen). De maximale tijd is tien minuten. De accuratesse wordt gemeten.