

Het Verband tussen de Verwerking van Non-symbolische Hoeveelheden in de Hersenen en

Rekenvaardigheden bij Kinderen

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Naam: Daniëla M. A. van Wijngaarden

Studentnummer: 5625114

Thesisbegeleider: dr. A. H. Van Hoogmoed

Tweede beoordelaar: dr. E. H. Kroesbergen

Inleverdatum: 30-06-2016

### **Voorwoord**

Het gehele proces voorafgaande en gedurende het schrijven van deze thesis is een leerzame ervaring geweest. Het was interessant om te leren hoe EEG onderzoek wordt uitgevoerd en hoe de uitkomsten hiervan geanalyseerd en geïnterpreteerd kunnen worden. Dit heeft een nieuwe dimensie aan de opleiding tot Orthopedagoog gegeven en het afronden van de thesis geeft een voldaan gevoel. Ik wil mijn thesisbegeleiders en de tweede beoordelaar bedanken voor de adviezen en ondersteuning. Tot slot wil ik ook mijn ouders, vriend, vriendinnen en familie bedanken voor hun steun.

### **Abstract**

Number sense is a key predictor for mathematical skills. However, based on earlier research it is not yet completely clear which components of number sense are important for the development of mathematical skills in children from nine to twelve years. Number sense consists of three components, namely; non-symbolic number sense, symbolic number sense, and mapping. Also, few attempts have been made in evaluating the time course of non-symbolic numerical comparisons in children, which can be measured using the Event-Related Brain Potentials technique. Firstly, the distance effects have been studied in children ( $n = 25$ ), in the time windows related to non-symbolic number sense using comparison tasks with a distance ratio of 0.5 and 0.7. There is no significant distance effect in all four time windows (N1, P2p, N2, and P3). Secondly, the connection between number sense and mathematical skills have been studied. In this study non-symbolic number sense is the automatic processing of non-symbolic measures. The average distance effects per time window were used as independent variable and the scores on the TTR were used as dependent variable. Contrary to what was expected, no relationship was found between non-symbolic number sense and mathematical skills. Possible explanations, limitations and recommendations for future research are discussed.

*Keywords:* number sense, non-symbolic, mathematical skills, distance effect

### **Samenvatting**

Getalbegrip is een belangrijke voorspeller voor rekenvaardigheden. Het is echter nog niet geheel duidelijk welke componenten van getalbegrip belangrijk zijn voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden bij kinderen van negen tot en met twaalf jaar. Getalbegrip bestaat uit drie componenten, namelijk non-symbolisch getalbegrip, symbolisch getalbegrip en mapping. Er heeft daarnaast nog weinig onderzoek plaatsgevonden naar het tijdverloop van de non-symbolische verwerking bij kinderen, dat kan worden gemeten middels EEG. Ten eerste zijn de afstandseffecten bestudeerd bij de participanten ( $n = 25$ ), in de tijdvensters die gerelateerd zijn aan non-symbolisch getalbegrip. Hierbij zijn vergelijkingstaken gebruikt met een afstandsratio van 0,5 en 0,7. In geen van de vier tijdvensters (N1, P2p, N2, P3) zijn significante afstandseffecten gevonden. Ten tweede is onderzocht of er een verband bestaat tussen non-symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheden. Met het non-symbolisch getalbegrip wordt in deze studie de automatische verwerking van non-symbolische hoeveelheden bedoeld. De gemiddelde afstandseffecten per tijdvenster zijn als onafhankelijke variabele gebruikt en de scores op de TTR zijn als afhankelijke variabele gebruikt. In

tegenstelling tot wat werd verwacht, is er geen relatie gevonden tussen non-symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheden. Mogelijke verklaringen, beperkingen en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek worden besproken.

*Zoektermen:* getalbegrip, non-symbolisch, rekenvaardigheden, afstandseffect

## Verwerking van Non-symbolische Hoeveelheden in de Hersenen en Rekenvaardigheden bij Kinderen

Bij kinderen bestaan onderling grote verschillen in rekenvaardigheid. Een zwak getalbegrip hangt samen met minder goede rekenvaardigheden en mogelijke problemen op dit gebied (Jordan, Kaplan, Oláh, & Locuniak, 2006). Het is echter nog niet helemaal duidelijk welke onderdelen van getalbegrip van belang zijn voor het ontwikkelen van rekenvaardigheden (Jordan et al., 2006). Er zijn drie componenten of vaardigheden te benoemen die onder getalbegrip vallen. Ten eerste spreekt men van symbolisch getalbegrip (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). Het betreft de vaardigheid om Arabische getallen te herkennen en te benoemen (Dehaene & Cohen, 1995; Kolkman et al., 2013). Ten tweede is er het non-symbolisch getalbegrip. Hierbij gaat het om het kunnen interpreteren en manipuleren van hoeveelheden (Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998; Kolkman et al., 2013). In diverse onderzoeken wordt gesuggereerd dat non-symbolische getalbegrip een voorwaarde is voor de ontwikkeling van symbolisch getalbegrip (Mundy & Gilmore, 2009; Rubinsten, Dana, Lavro, & Berger 2013). De derde component betreft mapping. Hierbij gaat het om het kunnen koppelen van een symbolisch getal aan een non-symbolische hoeveelheid (Holloway & Ansari, 2009). Deze studie zal beperkt worden tot onderzoek naar het non-symbolische getalbegrip.

In de literatuur is al eens gesuggereerd dat de non-symbolische verwerking van hoeveelheden bij kinderen gerelateerd zou kunnen zijn aan het vermogen om rekenvaardigheden aan te leren (Butterworth, 1999; Dehaene, 1997), maar pas een decennium later is gestart met het empirisch testen van dit verband. Booth en Siegler (2008) hebben aangetoond dat het vermogen van kinderen om symbolische representaties op een getallenlijn te plaatsen, gerelateerd is aan rekenvaardigheden. Het is echter niet duidelijk op welke manier representaties op getallenlijntaken gelinkt zijn aan algemene non-symbolische representaties van hoeveelheden (Mundy & Gilmore, 2009). Daarom leek het relevant om taken te gebruiken waarbij sprake is van een meer algemene non-symbolische representatie en dit hebben Mundy en Gilmore dan ook gedaan (2009). In dit onderzoek kwam naar voren dat er een verband bestaat tussen de ontwikkeling van rekenvaardigheid en de verwerking van non-symbolische hoeveelheden bij kinderen van zes en zeven jaar (Mundy & Gilmore, 2009). Ook in andere onderzoeken komt dit verband naar voren (Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008; Kolkman et al., 2013; Lonnemann, Linkersdörfer, Hasselhorn, & Lindberg, 2011). Onderzoek bij kinderen van negen tot twaalf jaar heeft nog niet plaatsgevonden en nader onderzoek door middel van Elektro-encefalografie [EEG] kan hier meer inzicht in bieden.

In de hersenen blijkt voornamelijk de pariëtale kwab actief bij het verwerken van non-symbolische hoeveelheden (Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004; Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003). Bij het onderzoek naar het verwerken van non-symbolische hoeveelheden, kan gebruik worden gemaakt van vergelijkingstaken. Bij deze taken is het de bedoeling dat de participant steeds twee non-symbolische hoeveelheden met elkaar vergelijkt. Daarbij moet de participant aangeven wanneer hij of zij denkt dat de twee hoeveelheden gelijk zijn. De afstandsratio tussen de te vergelijken hoeveelheden kan verschillen: er kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van hoeveelheden met een ratio van 0.5 en 0.7. Ter illustratie: het is makkelijker om 40 van 20 stippen (ratio 0.5) te onderscheiden dan om 40 van 30 stippen (ratio 0.7) te onderscheiden. Uit onderzoek blijkt dat er een grotere hersenactiviteit wordt gemeten wanneer de te vergelijken hoeveelheden dichter bij elkaar liggen en hier is sprake van het zogenaamde afstandseffect (Libertus & Brannon, 2009; Pinel, Dehaene, Riviere, & LeBihan, 2001; Price, Palmer, Battista, & Ansari, 2012).

Daarnaast is het opvallend dat er nog weinig onderzoek is gedaan naar het tijdsverloop bij het vergelijken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen. Uit EEG onderzoek is gebleken dat er vier pariëtale componenten geassocieerd worden met het proces van het vergelijken van hoeveelheden in de hersenen, namelijk N1, P2p, N2 en P3 (Gómez-Velázquez, Berumen, & González-Garrido, 2015). N1 is de eerste negatieve component dat te zien is binnen een EEG. P2p is een positieve component dat volgt op de N1 component. N2 is de late negatieve component en P3 is de late positieve component (Heine et al., 2013).

Het verschil tussen ratio 0.5 en 0.7 reflecteert een automatische verwerking van ratio. Wanneer blijkt dat de automatische verwerking van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen als onderdeel van getalbegrip samenhangt met rekenvaardigheden van kinderen, kan in toekomstig onderzoek worden bekeken of er hiertussen ook een voorspellend verband bestaat. Wanneer dit zo is, kunnen mogelijke problemen op rekengebied eerder ontdekt worden. Daarnaast zouden kinderen met zwakke rekenvaardigheden getraind kunnen worden in hun non-symbolische getalbegrip om op die manier mogelijk hun rekenvaardigheden positief te beïnvloeden.

Het doel van dit onderzoek is om door middel van EEG onderzoek eerst te bepalen of er sprake is van significante afstandseffecten in die vier eerder genoemde relevante tijdvensters, wat een automatische verwerking van non-symbolische hoeveelheden zou reflecteren. Vervolgens zal worden bepaald of het verwerken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen samenhangt met rekenvaardigheden bij kinderen tussen negen en twaalf jaar. De centrale vraagstelling van dit onderzoek is: Bestaan er significante

afstandseffecten in de tijdvensters N1, P2p, N2 en P3 en is er een verband tussen het verwerken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij kinderen tussen negen tot twaalf jaar? Op basis van eerder onderzoek wordt er een significant afstandseffect verwacht in tijdvenster P2p (Gómez-Velázquez et al., 2015). Daarnaast wijst onderzoek van Gebuis en Reynvoet (2012) uit dat de visuele waarneming van invloed is op de sterkte van de amplitude die hoort bij de N1 component. Omdat er in het huidige onderzoek wordt gecontroleerd voor de verschillen in visuele input, moet er rekening mee worden gehouden dat er mogelijk geen significant afstandseffect aanwezig zal zijn in tijdvenster N1. Er wordt een positief verband verwacht wat betreft het verwerken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij de participanten (Fuhs & McNeil, 2013; Kolkman et al., 2013; Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013).

## **Methode**

### **Participanten**

De doelpopulatie betreft alle kinderen tussen negen en twaalf jaar in Nederland. Omdat het niet haalbaar was om al deze kinderen te laten participeren in het onderzoek, werd er gebruik gemaakt van een selecte gemakssteekproef ( $n = 25$ ). De onderzoekers hebben bij het verzamelen van participanten gebruik gemaakt van hun eigen netwerk. Er is een brief opgesteld en naar scholen verstuurd met het verzoek om mee te werken aan het onderzoek. De participanten zijn afkomstig van twee basisscholen uit de provincie Utrecht en Gelderland. Wanneer scholen toestemming gaven, is er middels een brief naar de ouders toestemming verkregen voor participatie in het onderzoek. Aan dit onderzoek deden 10 meisjes en 15 jongens mee ( $M_{\text{age}} = 10,8$  jaar) met een leeftijdsrange van negen tot twaalf jaar. Bij het selecteren van participanten is gebruik gemaakt van inclusiecriteria. De participanten moesten de Nederlandse taal beheersen en moesten goed kunnen zien en horen, met of zonder bril of hoortoestel.

### **Procedure**

Het onderzoek is uitgevoerd in april en mei 2016. De onderzoekers zijn voorafgaand getraind in het afnemen van EEG onderzoek. Het onderzoek vond plaats in een aparte ruimte van de scholen van de participanten. Voorafgaand aan het onderzoek is klassikaal uitleg gegeven over hoe het onderzoek in zijn werk zou gaan. In de onderzoeksruimte is deze uitleg herhaald en werd stap voor stap uitgelegd hoe de elektroden op het hoofd werden geplaatst. De totale tijdsduur van het onderzoek bedroeg ongeveer 40 tot 50 minuten per participant. Wanneer de participant was aangesloten, werd verteld dat het de bedoeling was om tijdens de taken niet te praten en zo weinig mogelijk te bewegen. Ook werd er aangegeven dat er steeds

eerst een uitleg over elke taak in beeld kwam en dat de participant vragen kon stellen wanneer er onduidelijkheden waren. Na elke taak werd een korte pauze gehouden waarin de participant zich even konden bewegen. Na afloop van het EEG onderzoek werd de participant losgekoppeld van de apparatuur. Vervolgens is de Tempo-Test-Rekenen [TTR] (De Vos, 1992) afgenomen om het rekenvaardigheidsniveau te bepalen.

### **Instrumenten**

*Vergelijkingstaken:* Er werden in totaal vier taken afgenomen (Ns-S, S-Ns, Ns-Ns en S-S). Alleen de taak waarbij de participanten non-symbolische met non-symbolische hoeveelheden moesten vergelijken, is gebruikt in dit onderzoek. Binnen de non-symbolische vergelijkingstaak zijn 40 trials gepresenteerd met een ratio van 0.5 en 40 trials met een ratio van 0.7. Iedere trial bestond uit twee stimuli, namelijk een prime en een target. De participanten moesten de prime (eerste stipfiguur) met de target (tweede stipfiguur) vergelijken. Wanneer de participant schatte dat de twee hoeveelheden gelijk waren, moest de participant zo snel mogelijk op de spatiebalk drukken. Iedere stimulus is gedurende 1000 ms gepresenteerd en tussen de prime en de target bestond een pauze van 300-700 ms. Tussen de trials was een pauze aanwezig van 800-1200 ms.

*TTR:* De TTR (De Vos, 1992) bestaat uit vijf kolommen en elke kolom bestaat uit 40 sommen. In de eerste vier kolommen staan sommen die een beroep doen op optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. In de vijfde en laatste kolom staan sommen die een beroep doen op optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen door elkaar. De participant kreeg voor elke rij één minuut om zoveel mogelijk sommen uit het hoofd te maken. Voor het bepalen van de rekenvaardigheid is een totaalscore berekend voor elke participant, die bestaat uit het totaal aantal goede antwoorden minus het aantal foute antwoorden en overgeslagen items. De betrouwbaarheid en validiteit van de TTR zijn door de Commissie van Testaangelegenheden van het NIP [COTAN] vooralsnog als onvoldoende beoordeeld (1997). De reden hiervoor is gebrek aan onderzoek en dit hoeft niet te betekenen dat de betrouwbaarheid en validiteit ook daadwerkelijk onvoldoende zijn.

*EEG:* Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van een BioSemi Active Two EEG systeem. Er zijn 32 elektroden aangesloten op de Active-cap. Er zijn drie extra elektroden rond de ogen geplaatst zodat gecorrigeerd kon worden voor oogknippers en oogbewegingen middels de methode van Gratton, Coles en Donchin (1983). Daarnaast is er een elektrode bevestigd op beide mastoïden als referentie. De EEG data zijn geïmporteerd in Brain Vision Analyzer. De data is vervolgens gedownsampeld naar 512 Hz en gefilterd met een 0.5 – 40 Hz bandpass filter. Vervolgens is de data opnieuw gerefereerd naar de mastoïde elektrodes.



De EEG data zijn gesegmenteerd van 200 ms voor tot 1000 ms na de start van de stimulus. De fragmenten werden baseline gecorrigeerd in het -100 – 0 ms tijdsinterval. Vervolgens zijn de fragmenten handmatig gescreend op afwijkingen. Hierna is per participant apart het gemiddelde berekend voor ratio 0.5 en ratio 0.7. De gemiddelde amplitudes van de tijdvensters N1, P2p, N2 en P3 zijn geëxporteerd naar SPSS 22.0.

### **Data-analyse**

Ten eerste is bekeken of er significante afstandseffecten bestaan binnen de tijdvensters N1, P2p, N2 en P3, gemeten middels de elektroden p3, pz en p4. Hierbij is gebruik gemaakt van een herhaalde metingen variantieanalyse [ANOVA]. Voorafgaand aan het uitvoeren van de herhaalde metingen ANOVA is gecontroleerd of er aan de assumpties werd voldaan. Eerst is de normaliteit van de variabelen gecontroleerd met behulp van de Shapiro-Wilk test. Daarna is de homogeniteit van variantie gecontroleerd door gebruik te maken van de  $F_{\max}$  test. Omdat SPSS deze test niet uitvoert bij een herhaalde metingen analyse, is de  $F_{\max}$  met de hand berekend. Tot slot is de sfericiteit gecontroleerd met behulp van Mauchly's Test of Sphericity. Wanneer deze assumptie werd geschonden, is Huyn-Feldt Epsilon gerapporteerd. Gecorrigeerde p-waardes zijn gerapporteerd met originele vrijheidsgraden.

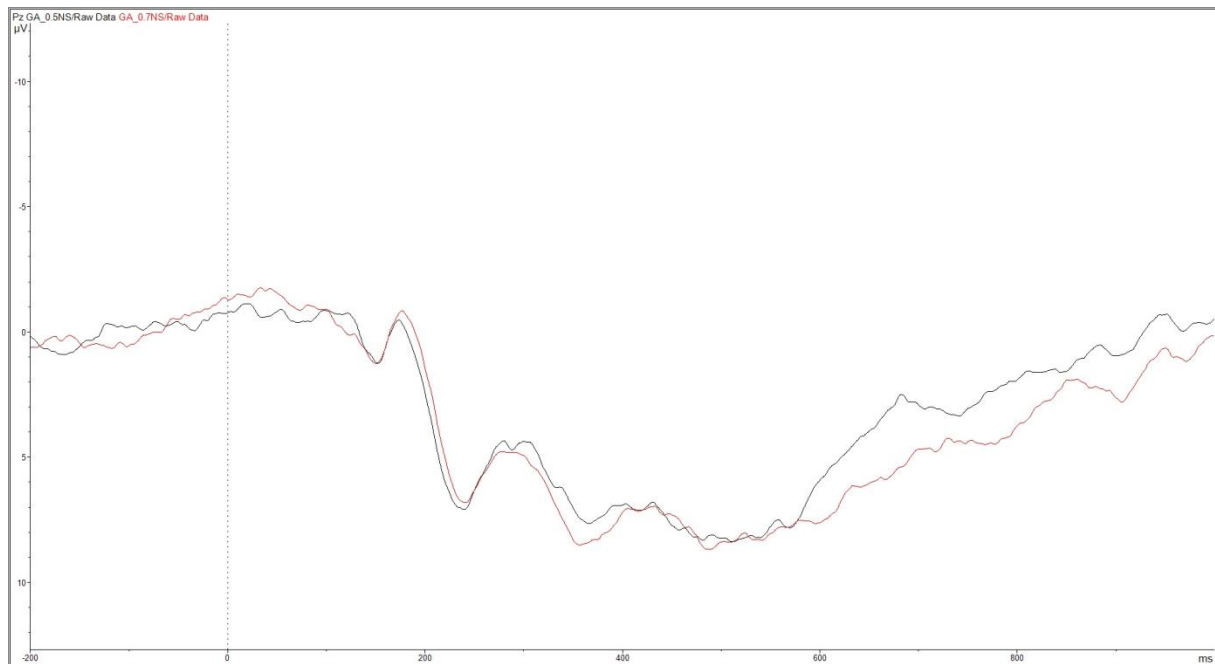
Ten tweede is een multiële regressie analyse [MRA] uitgevoerd, met de gemiddelde afstandseffecten per tijdvenster als onafhankelijke variabele en de scores op de TTR als afhankelijke variabele. Voorafgaand aan het uitvoeren van de MRA is wederom gecontroleerd of er aan de assumpties werd voldaan. Eerst is de normaliteit van de variabelen gecontroleerd. Er is bekeken of er sprake was van univariate en multivariate uitschieters. Univariate uitschieters zijn opgespoord met behulp van stem-and-leaf plots en boxplots. De maximale Mahalanobis Distance is bekeken en vergeleken met de bijbehorende kritieke  $\chi^2$  waarde bij  $\alpha = .05$  om te beoordelen of er multivariate uitschieters aanwezig waren. Daarna is er gecontroleerd voor multicollineariteit door te kijken naar Tolerance en VIF in de tabel coëfficiënten. Tot slot is gecontroleerd voor normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit van de residuen, door de normal probability plot of standardizes residuals en het scatterplot te inspecteren. Zowel bij de herhaalde metingen ANOVA als bij de MRA is gebruik gemaakt van een alfa niveau van .05 en een 95%-betrouwbaarheidsinterval.

### **Resultaten**

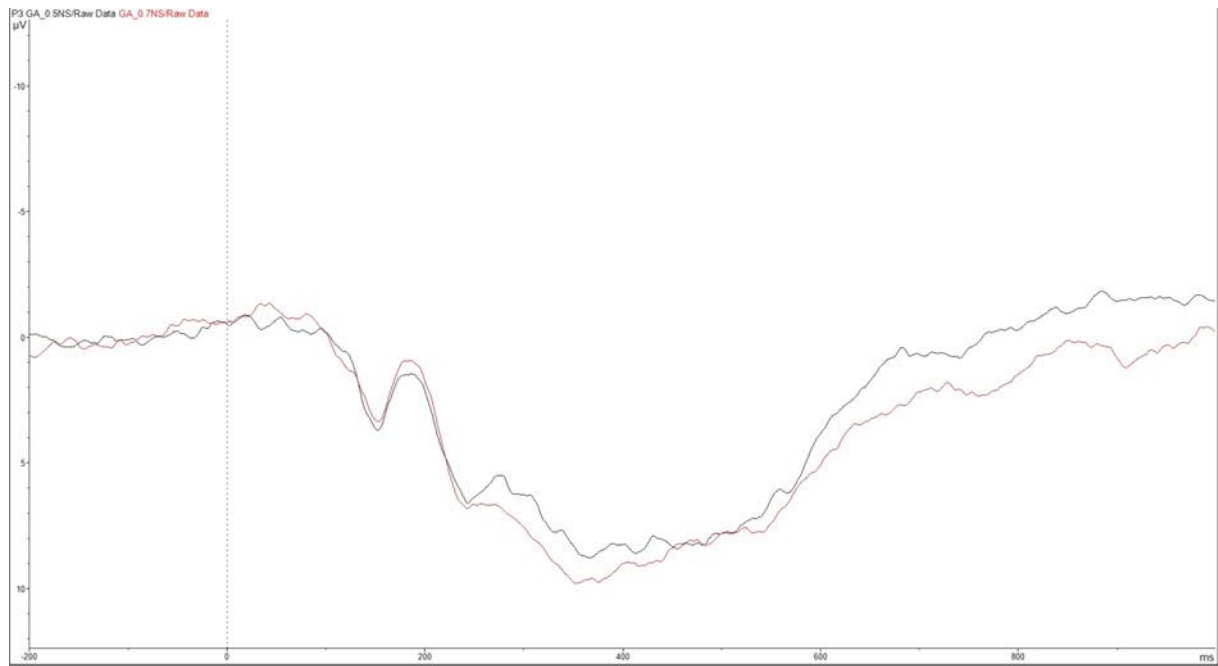
In dit onderzoek is eerst door middel van een herhaalde metingen ANOVA onderzocht of er sprake was van significante afstandseffecten binnen de vier tijdvensters voor de elektroden p3, pz en p4. Hiermee wordt de vraag beantwoord of er bij de participanten daadwerkelijk meer hersenactiviteit zichtbaar is wanneer zij stipfiguren moeten vergelijken

met een ratio van 0.7 ten opzichte van stipfiguren met een ratio van 0.5. De onafhankelijke variabele is de ratio en de afhankelijke variabele is de gemiddelde amplitude binnen het tijdvenster. In figuur 1.1 zijn event-related potentials weergegeven voor de elektrode pz. In figuur 1.2 zijn deze weergegeven voor elektrode p3 en in figuur 1.3 zijn deze weergegeven voor elektrode p4.

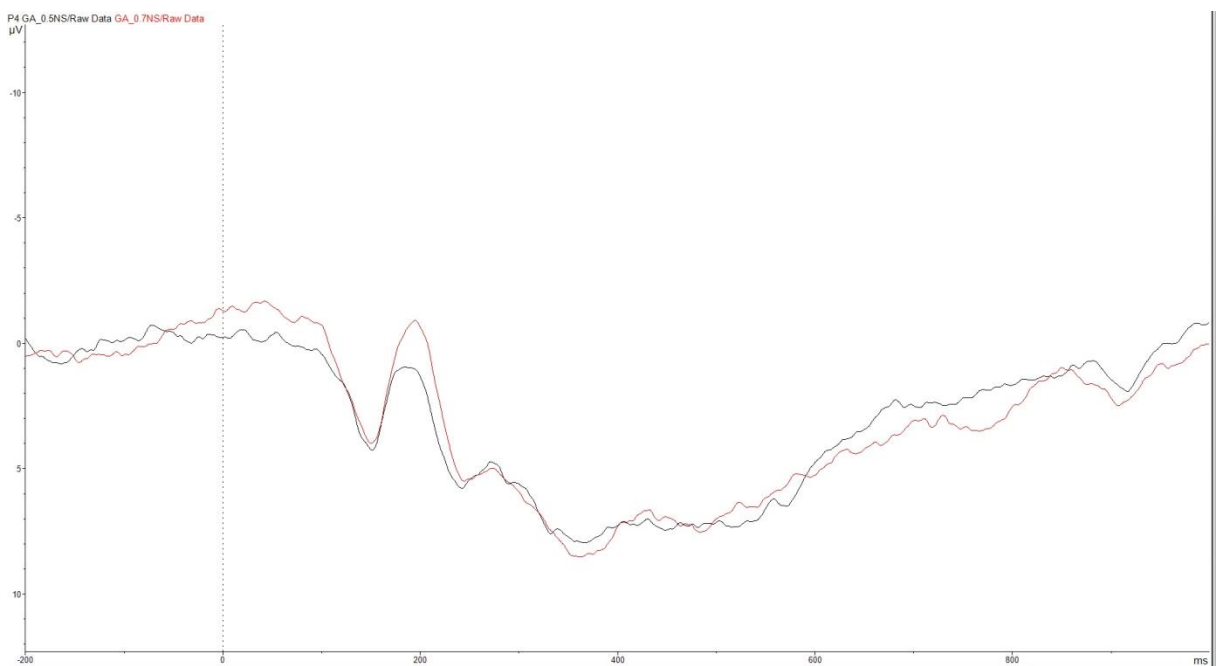
Figuur 1.1. Event-related potentials elektrode pz, waarbij de zwarte lijn de 0.5 conditie representeert en de rode lijn de 0.7 conditie.



Figuur 1.2. Event-related potentials elektrode p3, waarbij de zwarte lijn de 0.5 conditie representeert en de rode lijn de 0.7 conditie.



Figuur 1.3. Event-related potentials elektrode p4, waarbij de zwarte lijn de 0.5 conditie representeert en de rode lijn de 0.7 conditie.



Voordat de herhaalde metingen ANOVA is uitgevoerd, is eerst gecontroleerd of aan de assumpties werd voldaan. Uit inspectie van de boxplots en uit de Shapiro-Wilk test komt naar voren dat aan de assumptie van normaliteit is voldaan. Ook aan de assumptie homogeniteit van variantie is binnen alle tijdvensters voldaan. Tot slot is ook de assumptie van sfericiteit in geen van de tijdvensters geschonden, zoals blijkt uit Mauchly's test of sphericity. Voor tijdvenster N1 blijkt er geen significant afstandseffect te bestaan,  $F(1, 24) = .056, p = .814$ , partiële  $\eta^2 = .002$ . Ook voor tijdvenster P2p bestaat geen significant afstandseffect,  $F(1, 24) = 3.071, p = .092$ , partiële  $\eta^2 = .113$ . Voor tijdvenster N2 is geen significant afstandseffect gevonden,  $F(1, 24) = .137, p = .715$ , partiële  $\eta^2 = .006$  net als voor tijdvenster P3,  $F(1, 24) = .000, p = .991$ , partiële  $\eta^2 = .000$ . Binnen tijdvenster P2p is sprake van een medium effectgrootte, wat betekent dat er bij het vergelijken van stipfiguren met een ratio van .07 ten opzichte van het vergelijken van stipfiguren met een ratio van .05 meer hersenactiviteit gemeten is. Wanneer wordt gekeken naar interactie-effecten tussen afstand en elektrode is te benoemen dat aan de assumpties is voldaan, behalve aan de assumptie van sfericiteit bij het tijdvenster N1 en P2p. Er blijken geen interactie-effecten te zijn tussen afstand en elektrode in tijdvenster N1:  $F(2, 48) = 3.248, p = .060$ , partiële  $\eta^2 = .119$ , tijdvenster P2p:  $F(2, 48) = .1421, p = .252$ , partiële  $\eta^2 = .056$ , tijdvenster N2:  $F(2, 48) = .772, p = .468$ , partiële  $\eta^2 = .031$  en tijdvenster P3:  $F(2, 48) = .619, p = .543$ , partiële  $\eta^2 = .025$ . Binnen tijdvenster N1 is wederom sprake van een medium effectgrootte, wat suggereert dat er een effect bestaat.

Vervolgens is middels de MRA getest of er een positief verband bestaat tussen non-symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheden bij kinderen tussen negen en twaalf jaar. Hierbij is de onafhankelijke variabele de gemiddelde afstandseffecten van de participanten tussen ratio 0.5 en 0.7, binnen de tijdvensters N1, P2p, N2 en P3, die samen het non-symbolische getalbegrip vertegenwoordigen. De afhankelijke variabele is de uitkomst op de TTR en hiermee wordt rekenvaardigheid gemeten. De vraag is of deze gemiddelde afstandseffecten van non-symbolische verwerking in de hersenen samenhangt met de rekenvaardigheden en zo ja, in welk tijdvenster dit het geval is. Met de MRA is bekeken welke proportie van de variantie in rekenvaardigheden bij kinderen kan worden toegekend aan hun non-symbolische getalbegrip. In tabel 1 zijn de beschrijvende statistieken te vinden van non-symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheid.

Tabel 1

*Beschrijvende statistieken van Non-symbolisch Getalbegrip en Rekenvaardigheid*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
Gemiddeld afstandseffect N1	.10	2.03	25
Gemiddeld afstandseffect P2p	-.81	2.31	25
Gemiddeld afstandseffect N2	-.19	2.51	25
Gemiddeld afstandseffect P3	-.01	2.62	25
Score TTR	100.56	26.20	25

*Noot.* M = gemiddelde. SD = standaarddeviatie. N = aantal respondenten.

Voordat de resultaten van de MRA zijn geïnterpreteerd, werd eerst bekeken of aan de assumpties werd voldaan. Aan de assumptie van multicollineariteit is voldaan, net als aan de assumptie van normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit. Voor elke voorspeller binnen non-symbolisch getalbegrip is een niet-significante positieve dan wel negatieve correlatie met rekenvaardigheid gevonden (Tabel 2).

Tabel 2

*Pearson Correlaties tussen Non-symbolisch Getalbegrip en Rekenvaardigheid*

	TTR-score
Gemiddeld afstandseffect N1	.09
Gemiddeld afstandseffect P2p	-.29
Gemiddeld afstandseffect N2	-,24
Gemiddeld afstandseffect P3	-.33

De gemiddelde afstandseffecten in ieder tijdvenster verklaren samen een niet-significante 21,5% van de variantie in rekenvaardigheden bij kinderen van negen tot twaalf jaar,  $R^2 = .215$ , gecorrigeerde  $R^2 = .058$ ,  $F(4, 20) = 1.37$ ,  $p = .280$ . Niet-gestandaardiseerde ( $B$ ) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressiecoëfficiënten en gekwadrateerde semi-partiële correlaties ( $sr^2$ ) voor elke voorspeller in het regressiemodel zijn gerapporteerd in tabel 3. Concluderend blijkt non-symbolisch getalbegrip geen voorspeller voor rekenvaardigheid in dit onderzoek.

Tabel 3

*Niet-gestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde ( $\beta$ ) Regressiecoëfficiënten, Gekwadrateerde Semi-partiële Correlaties ( $sr^2$ ) en p-waardes Voor Non-symbolisch Getalbegrip in een Regressiemodel dat de TTR-score Voorspelt*

Variabele	B [95% BI]	$\beta$	$sr^2$	p-waarde
Gemiddeld afstandseffect N1	3.793 [-2.429, 10.015]	.293	.064	.218
Gemiddeld afstandseffect P2p	-3.479 [-9.465, 2.508]	-.307	.058	.240
Gemiddeld afstandseffect N2	1.141 [-7.294, 9.576]	.109	.003	.781
Gemiddeld afstandseffect P3	-3.794 [-10.728, 3.140]	-.379	.051	.267

*Noot.* n = 25. BI = betrouwbaarheidsinterval.

### Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar al dan niet aanwezige afstandseffecten binnen de tijdvensters N1, P2p, N2 en P3 en naar het verband tussen non-symbolische verwerking van hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij kinderen tussen negen en twaalf jaar. Wanneer het automatisch verwerken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen samenhangt met rekenvaardigheden, kan in toekomstig onderzoek worden bekeken of het automatisch verwerken op jonge leeftijd mogelijk ook rekenvaardigheden bij oudere kinderen voorspelt. Wanneer dit zo is, kunnen mogelijke problemen op rekengebied eerder ontdekt worden. Daarnaast zouden kinderen met zwakke rekenvaardigheden getraind kunnen worden in hun non-symbolische getalbegrip om op die manier mogelijk hun rekenvaardigheden positief te beïnvloeden. Op basis van eerder aangehaald onderzoek werd verwacht dat er een significant afstandseffect aanwezig zou zijn in tijdvenster P2p (Gómez-Velázquez et al., 2015) en werd verwacht dat er mogelijk geen significant afstandseffect aanwezig zou zijn in tijdvenster N1 (Gebuis & Reynvoet, 2012). Tot slot werd verwacht dat de verwerking van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen als onderdeel van getalbegrip samenhangt met rekenvaardigheden (Fuhs & McNeil, 2013; Kolkman et al., 2013; Libertus et al., 2013).

Er zijn geen significante afstandseffecten gevonden tussen de vergelijkingstaken met een ratio van 0.5 en 0.7 binnen de vier tijdvensters. Een eerste mogelijke verklaring hiervoor is de relatief kleine steekproef van 25 participanten. Met een relatief kleine steekproef is de kans kleiner dat er significante resultaten gevonden zullen worden (Gravetter & Walnau, 2013).

Een tweede verklaring voor de niet-significante afstandseffecten kan worden gevonden in de bevindingen van Gebuis en Reynvoet (2012). Hun onderzoek wijst uit dat de visuele waarneming van invloed is op de sterkte van de amplitude behorend bij de N1 component. Visuele processen zouden van groot belang zijn bij onze beoordeling van non-symbolische hoeveelheden (Gebuis & Reynvoet, 2012). Dit zou betekenen dat ook afstandseffecten binnen de N1 component niet alleen worden bepaald door de hoeveelheidsverwerking in de hersenen, maar ook door de visuele waarneming. Effecten in eerdere onderzoeken zouden mogelijk verklaard kunnen worden door verschillen in visuele input. Op basis van de studie van Gebuis & Reynvoet (2012) is in het huidige onderzoek beter gecontroleerd voor de visuele input dan in eerder onderzoek is gedaan. Mogelijk is dit de reden dat er in het huidige onderzoek geen significante afstandseffecten zijn gevonden. Daarbij werd op basis van het artikel van Gómez-Velázquez en anderen (2015) verwacht dat er een significant afstandseffect gevonden zou worden in het tijdvenster P2p. Dit blijkt niet het geval, al was er wel sprake van een gemiddelde effectgrootte. Mogelijk is ook dit niet-significante effect te verklaren door de controle voor visuele input in het huidige onderzoek.

Een derde verklaring voor de niet-significante afstandseffecten is de volgende. In de studie van Gómez-Velázquez en anderen (2015) zijn vergelijkingstaken gebruikt waarbij de hoeveelheden stippen kleiner waren dan de hoeveelheden stippen die zijn gebruikt in de vergelijkingstaak binnen het huidige onderzoek. Het zou kunnen dat het vergelijken van grotere hoeveelheden stippen minder automatisch gaat dan het vergelijken van relatief kleinere hoeveelheden stippen zoals in het onderzoek van Gómez-Velázquez en anderen (2015) en dat de afstandseffecten daarom niet significant waren.

In dit onderzoek is geen verband gevonden tussen het verwerken van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen als onderdeel van getalbegrip en rekenvaardigheden gemeten met de TTR. Dit is tegen de verwachting op basis van eerder onderzoek (Fuhs & McNeil, 2013; Kolkman et al., 2013; Libertus et al., 2013). Ook dit zou mogelijk te maken kunnen hebben met de relatief kleine steekproef die is gebruikt. Een andere mogelijke verklaring zou kunnen liggen bij de onduidelijke psychometrische kwaliteiten van de TTR (COTAN, 1997) die is gebruikt als instrument om rekenvaardigheden te meten bij de participanten. Mogelijk is hierdoor het daadwerkelijke rekenniveau van de participanten niet accuraat gemeten. Een derde mogelijke verklaring kan worden gevonden in onderzoek van Holloway en Ansari (2008). In dit onderzoek werd eveneens gevonden dat de mogelijkheid van kinderen om non-symbolische representaties te vergelijken niet samen lijkt te hangen met hun rekenvaardigheden. In dit onderzoek wordt echter wel gevonden dat mapping tussen de

symbolische en non-symbolische systemen een zeer sterke voorspeller is voor rekenvaardigheden bij kinderen. De suggestie wordt gewekt dat de non-symbolische representaties van kinderen wel invloed hebben op het leren van rekenvaardigheden, maar alleen wanneer het gaat om een combinatie van de non-symbolische representaties en symbolische representaties in de vorm van mapping (Mundy & Gilmore, 2009). In ander onderzoek wordt mapping tevens gezien als voorspeller voor rekenvaardigheden (Kolkman et al., 2013).

Het gegeven dat er in het huidige onderzoek beter is gecontroleerd voor visuele input in vergelijking met andere studies, vormt een sterke kant van dit onderzoek. Dit onderzoek kent ook een aantal beperkingen. Ten eerste is de steekproef van 25 participanten beduidend kleiner dan de doelpopulatie. Vanwege dit relatief kleine aantal participanten en vanwege het feit dat er in dit onderzoek gebruik is gemaakt van een selecte gemakssteekproef, kunnen de resultaten niet zonder meer generaliseerd worden naar de doelpopulatie (Field, 2013). Ten tweede is er gebruik gemaakt van de TTR, waarbij de validiteit en betrouwbaarheid zoals eerder genoemd volgens de COTAN (1997) onvoldoende zijn, echter vanwege beperkt onderzoek. In vervolgonderzoek wordt aanbevolen om de TTR te vervangen door een instrument dat psychometrisch goed is onderbouwd en waarbij normen beschikbaar zijn die als voldoende zijn beoordeeld. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de Citotoets Rekenen, waarbij sprake is van een voldoende validiteit, een goede betrouwbaarheid en representatieve normen (COTAN, 2012).

Er is in dit onderzoek gecontroleerd voor visuele input en er zijn geen significante afstandseffecten gevonden binnen de vier tijdvensters. Dit zou kunnen betekenen dat de verwerking van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen minder automatisch verloopt dan eerder werd gedacht. Dit nieuwe inzicht kan hiermee het bestaande beeld over de verwerking van non-symbolische hoeveelheden in de hersenen nuanceren.



### Referenties

- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: MacMillan.
- COTAN (2012). *Beoordeling Volg- en adviessysteem CITO*. Verkregen van [http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test\\_details.php?id=733](http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test_details.php?id=733)
- COTAN (1997). *Beoordeling Tempo Test Rekenen*. Verkregen van [http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test\\_details.php?id=218](http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test_details.php?id=218)
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83–120.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neuroscience*, 21(8), 335-361. doi:10.1016/S0166-2236(98)01263-6
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L., & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current opinion in neurobiology*, 14(2), 218-224. doi:10.1016/j.conb.2004.03.008
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 487-506. doi:10.1080/02643290244000239
- De Vos, T. (1994). *Handleiding Tempo Test Rekenen, T.T.R.* Nijmegen: Berkhout.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London: Sage.
- Fuhs, M. W., & McNeil, N. M. (2013). Acuity and mathematics ability in preschoolers from low-income homes: Contributions of inhibitory control. *Developmental Science*, 16, 136-148. doi:1111/desc.12013
- Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2012). Continuous visual properties explain neural responses to nonsymbolic number. *Psychophysiology*, 49(11), 1649-1659. doi:10.1111/j.1751-228X.2012.01147.x
- Gómez-Velázquez, F. R., Berumen, G., & González-Garrido, A. A. (2015). Comparisons of numerical magnitudes in children with different levels of mathematical achievement. An ERP study. *Brain research*, 1627, 189-200. doi:10.1016/j.brainres.2015.09.009
- Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 55(4), 468-484. doi:10.1016/0013-4694(83)90135-9
- Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2013). *Statistics for the Behavioral Sciences*. London: Thomson Wadsworth.

- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, *455*, 665-668. doi:10.1038/nature07246
- Heine, A., Wißmann, J., Tamm, S., De Smedt, B., Schneider, M., Stern, E., ... Jacobs, A. M. (2013). An electrophysiological investigation of non-symbolic magnitude processing: Numerical distance effects in children with and without mathematical learning disabilities. *Cortex*, *49*(8), 2162-2177. doi:10.1016/j.cortex.2012.11.009
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2008). 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
- 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
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L. N., & 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
- 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. doi:dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.12.001
- Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2009). Behavioral and neural basis of number sense in infancy. *Current Directions in Psychological Science*, *18*(6), 346-351. doi:10.1111/j.1467-8721.2009.01665.x
- Libertus, M. E., Feigenson, M., & Halberda, J. (2013). Is the approximate number precision a stable predictor of math ability? *Learning and Individual Differences*, *25*, 126-133. doi:10.1016/j.lindif.2013.02.001
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M., & Lindberg, S. (2011). Symbolic and nonsymbolic distance effects in children and their connection with arithmetic skills. *Journal of Neurolinguistics*, *24*(5), 583-591. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.02.004
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(4), 490-502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003

- Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D., & LeBihan, D. (2001). Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *Neuroimage*, *14*(5), 1013-1026. doi:10.1006/nimg.2001.0913
- 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
- Rubinsten, O., Dana, S., Lavro, D., & Berger, A. (2013). Processing ordinality and quantity: ERP evidence of separate mechanisms. *Brain and Cognition*, *82*(2), 201-212. doi:10.1016/j.bandc.2013.04.008