Masterthesis

Neurocognitieve maten van getalbegrip bij leerlingen in het basisonderwijs en de relatie met rekenvaardigheden

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Product:	Eindversie Masterthesis
Naam:	I.S. van Hasselt
Studentnummer:	3853039
Begeleidster:	Dr. A.H. van Hoogmoed
2e beoordelaar:	Dr. J. Verhagen
Datum:	10 – 07 – 2016

Voorwoord

Graag wil ik mijn thesis begeleidster bedanken voor het vele goede advies en de steun die ze mij gegeven heeft. Er ging veel vooraf aan het schrijven van deze thesis, maar uiteindelijk heb ik veel geleerd en ben ik vaardigheden rijker geworden. Zonder de steun van mijn lieve familie en vrienden was ik niet zover gekomen.

Abstract

Humans and animals seem to possess the same system that enables them to estimate quantities and numbers. This system is the fundamental basis for the development of number sense. Number sense ensures that one acquires strategies for solving math problems. Especially processing symbolic quantities seems to play a large role in solving those math problems. By using electroencephalography (EEG) in this study, brain activities are measured during comparison tasks. During these tasks, symbolic quantities are compared that differ with a ratio of 0.5 and 0.7, to detect a possible distance effect within time windows N1, P2p, N2 and P3. The current research shows there is no distance effect within the time windows. Furthermore, the cohesion between automatically processing of symbolic quantities in the brain and mathematical skills among pupils in primary schools is examined. A correlation was calculated between the symbolic comparison task and the score on the TTR. The current study found no cohesion between the automatic processing of symbolic quantities in the brain and mathematical skills among pupils in primary schools from nine to 12 years.

Keywords: number sense – mathematical skills – symbolic – distance effect - EEG

Samenvatting

Mens en dier lijken eenzelfde systeem te bezitten waarmee ze in staat zijn om hoeveelheden en getallen te schatten. Dit systeem ligt ten grondslag aan de ontwikkeling van getalbegrip. Getalbegrip zorgt ervoor dat iemand strategieën voor het oplossen van rekenproblemen verwerft. Voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden lijkt vooral de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden een grote rol in te spelen. In de huidige studie wordt met behulp van elektro encefalografie (EEG) hersenactiviteiten gemeten tijdens het maken van vergelijkingstaken. Tijdens deze taken worden symbolische hoeveelheden met elkaar vergeleken die verschillen met een ratio van 0.5 en 0.7 om een mogelijk afstandseffect te detecteren binnen de tijdsvensters N1, P2p, N2 en P3. In het huidige onderzoek blijkt er binnen geen enkel tijdsvenster een afstandseffect te zijn. Daarnaast is de samenhang tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs onderzocht. Er is een correlatie berekend tussen de symbolische vergelijkingstaak en de score op de TTR. In de huidige studie is geen samenhang gevonden tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs van negen tot en met 12 jaar.

Zoektermen: getalbegrip – rekenvaardigheden – symbolisch – afstandseffect – EEG

Inleiding

Door middel van het Approximate Number System (ANS) zijn volwassenen, kinderen en dieren in staat om hoeveelheden en getallen te schatten (Halberda & Feigenson, 2008). Doordat mensen, kinderen en dieren door het ANS alleen in staat zijn om hoeveelheden te schatten, kan er geen onderscheid worden gemaakt tussen hoeveelheden die te dicht bij elkaar liggen. De ratio tussen hoeveelheden speelt dus een belangrijke rol (Halberda & Feigenson, 2008). Het wordt steeds gemakkelijker om hoeveelheden te onderscheiden wanneer de afstand tussen die hoeveelheden groter wordt (Dehaene, 2001; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004; Halberda & Feigenson, 2008). Uit onderzoek blijkt dat het ANS de cognitieve basis is van de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen (Dehaene, 1997). Getalbegrip bestaat uit drie componenten, namelijk non-symbolisch getalbegrip, symbolisch getalbegrip en mapping.

Non-symbolisch getalbegrip houdt het begrijpen en manipuleren van hoeveelheden in (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). Bij symbolisch getalbegrip gaat het om op cultuur gebaseerde numerieke vaardigheden (Kolkman et al., 2013). Deze vaardigheden hebben betrekking op het mondeling weergeven van een reeks getallen en het visueel weergeven van cijfers als Arabische symbolen (Bonny & Lourenco, 2013). Het duidt de mogelijkheid aan om een symbool aan een nummer te geven, zonder verbindingen te leggen met hoeveelheden (Kolkman et al., 2013). Wanneer er wel een verbinding wordt gemaakt tussen een symbool en een hoeveelheid is er sprake van mapping. Hierbij worden non-symbolische hoeveelheden en symbolische hoeveelheden aan elkaar gekoppeld (Holloway & Ansari, 2009). Er moet zodoende een nieuw, onbekend symbool gekoppeld worden aan een hoeveelheid objecten (Feigenson et al., 2004). Het bezitten van getalbegrip zorgt ervoor dat iemand betekenis kan geven aan getallen en strategieën verwerft voor het oplossen van moeilijke rekenproblemen (Berch, 2005). Wanneer goed onderscheid kan worden gemaakt tussen grote en kleine getallen of hoeveelheden, wordt het oplossen van rekenproblemen minder ingewikkeld (Booth & Siegler, 2008).

Het aanleren van rekenvaardigheden is een ingewikkeld proces dat beroep doet op het cognitieve vermogen. Het begint met het leren oplossen van simpele rekenproblemen en resulteert uiteindelijk in het leren oplossen van complexere problemen (Decker & Roberts, 2015). Om rekenvaardigheden aan te leren, zijn non-symbolisch getalbegrip, symbolisch getalbegrip en mapping van groot belang (Booth & Siegler, 2008; Gómez-Velázquez, Berumen, & González-Garrido, 2015; Kolkman et al., 2013). Er is nog geen consensus over de precieze rol van symbolisch getalbegrip of non-symbolisch getalbegrip bij het ontwikkelen

van rekenvaardigheden bij kinderen (De Smedt, Noël, Gilmore, & Ansari, 2013). Volgens Holloway en Ansari (2009) spelen zowel non-symbolisch als symbolisch getalbegrip een grote rol in de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Ander onderzoek toont aan dat vooral het symbolisch getalbegrip een belangrijke rol speelt in de ontwikkeling van rekenvaardigheden (De Smedt et al., 2013; Kolkman et al., 2013; Inglis, Attridge, Batchelor, & Gilmore, 2011; Rousselle & Noël, 2007). De meeste rekenkundige taken zijn namelijk symbolisch weergegeven (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2007).

Bij volwassenen is er met behulp van Elektro-Encefalografie [EEG] onderzoek gedaan naar de automatische verwerking van hoeveelheden in de hersenen (Inglis et al., 2011). Uit onderzoek blijkt dat vooral de pariëtale kwab actief is bij het verwerken van hoeveelheden (Dehaene & Cohen, 1995). Om dit te onderzoeken wordt er veelal gebruik gemaakt van taken waarbij symbolische en non-symbolische hoeveelheden vergeleken worden. Door middel van het ANS kan een kind al vroeg hoeveelheden met elkaar vergelijken. Naarmate een kind ouder wordt, kan het hoeveelheden die dichter bij elkaar liggen steeds beter onderscheiden (Halberda & Feigenson, 2008). Een afstandseffect kan gemeten worden door de te vergelijken hoeveelheden te laten verschillen met een ratio van 0.5 en 0.7. Het vergelijken van de hoeveelheden met een ratio van 0.5 lijkt gemakkelijker dan het vergelijken van hoeveelheden met een ratio van 0.7. Dit geldt voor zowel non-symbolische als symbolische vergelijkingstaken (Dehaene, 1996; Gómez-Velázquez, et al., 2015; Inglis et al., 2011 Soltész, Szűcs, Dékány, Márkus, & Csépe, 2007; Turconi, Jemel, Rossion, & Seron, 2004). Wanneer de getallen dichter bij elkaar liggen, zal de respondent langer de tijd nodig hebben om te reageren en zal er meer hersenactiviteit gemeten worden (Libertus & Brannon, 2009; Turconi et al., 2004). Vooral het afstandseffect dat gemeten wordt bij symbolische vergelijkingstaken lijkt samen te hangen met rekenvaardigheden (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquiere, 2009).

Met behulp van EEG kan het afstandseffect nauwkeurig worden gemeten door hersenactiviteit weer te geven in de golfbewegingen van event-related potential [ERP] (Dehaene, 1996). Door middel van ERP's kan er binnen een miliseconden bereik gekeken worden naar het precieze verloop van de hersenactiviteit die plaatsvindt (Friedman & Johnson, 2000). Onderzoek toont aan dat vooral tijdsvenster N1, P2p, N2 en P3 gerelateerd zijn aan getalbegrip, waarbij er een afstandseffect is gevonden binnen het tijdsvenster P2p (Gómez-Velázquez, et al., 2015).

In de huidige studie wordt er een samenhang verwacht tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij leerlingen van negen tot en met 12 jaar (De Smedt et al., 2013; Kolkman et al., 2013; Inglis et al., 2011; Rousselle & Noël, 2007). Er heeft nog maar beperkt onderzoek plaatsgevonden naar de wijze waarop deze hoeveelheden worden verwerkt (Kolkman et al., 2013). Middels EEG metingen van vergelijkingstaken waarbij één Arabisch symbool en één uitgeschreven getal wordt weergegeven aan de leerlingen, wordt de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden onderzocht. De hoeveelheden in deze vergelijkingstaken zullen van elkaar verschillen met een ratio van 0.5 en 0.7 om het afstandseffect te onderzoeken. Afgeleid uit eerder onderzoek zullen hiervoor de tijdsvensters N1, P2p, N2 en P3 gehanteerd worden (Gómez-Velázquez, et al., 2015). Op deze manier wordt er belangrijke informatie verkregen die bijdraagt aan de theorievorming over getalbegrip. De resultaten van dit onderzoek kunnen uiteindelijk gebruikt worden voor de ontwikkeling van betere behandelingen voor kinderen die problemen ervaren met rekenen. Interventies voor kinderen met rekenproblemen zijn van groot belang. Een relatief kleine vooruitgang in rekenvaardigheden bij kinderen lijkt al positieve educatieve gevolgen met zich mee brengen (Butterworth, Varma, & Laurillard, 2011; Inglis et al., 2011).

Methode

Participanten

Voor dit onderzoek is een gemakssteekproef getrokken. Basisscholen in Utrecht en Gelderland zijn benaderd met de vraag of ze leerlingen uit de groepen 6, 7 en 8 konden selecteren om te participeren in het onderzoek. De onderzoeksgroep bestond uit 25 leerlingen met een leeftijd van negen tot en met 12 jaar (M = 10.8). Hiervan waren er 15 jongens (60%) en 10 meisjes (40%). Aan de ouders van deze kinderen is schriftelijk toestemming gevraagd voor de deelname van hun kind aan het onderzoek. Aan de ouders werd medegedeeld dat de onderzoeksuitkomsten in de huidige studie uiteindelijk bij zouden kunnen dragen aan interventies voor kinderen met rekenproblemen.

Procedure

Van april tot mei 2016 heeft het onderzoek plaatsgevonden. De onderzoekers hebben een training gevolgd in het afnemen van EEG onderzoek. De leerlingen waarbij toestemming is verkregen, hebben de vergelijkingstaken en de Tempo Test Rekenen (TTR) in een aparte kamer op school gemaakt. De vergelijkingstaken werden als eerste aan de kinderen aangeboden. Nadat ze deze hadden voltooid, moest de TTR worden gemaakt. De uitleg van de vergelijkingstaken werd op het beeldscherm weergegeven en is tevens door een

onderzoeker voorgelezen. Er werd aan de participant expliciet gevraagd zo stil mogelijk te zitten tijdens alle taken. Het maken van de vergelijkingstaken en het afnemen van de TTR duurde bij elkaar ongeveer 40 tot 50 minuten per kind, inclusief het aanbrengen van de elektrodes.

Meetinstrumenten

De automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen is gemeten aan de hand van vergelijkingstaken op een computer, gebaseerd op het onderzoek van Gómez-Velázquez en collega's (2015). In het kader van een breder onderzoek kregen participanten zowel symbolische en non-symbolische stimuli te zien. In totaal waren er vier soorten vergelijkingstaken. De participanten moesten twee stippenwolken, één Arabisch symbool en één uitgeschreven getal, een Arabisch symbool met een stippenwolk of een stippenwolk en dan een Arabisch symbool met elkaar vergelijken. De vergelijkingstaken werden in een willekeurige volgorde aan de participanten gepresenteerd. Tussendoor was er een pauze aanwezig waarin de participant even mocht bewegen. Er werd hierbij gewisseld in de moeilijkheidsgraad door een ratio van 0.5 en 0.7 te gebruiken om een mogelijk afstandseffect te kunnen detecteren (Gómez-Velázquez, et al., 2015; Price, Palmer, Battista, & Ansari, 2012).

Voor dit onderzoek is alleen de symbolische vergelijkingstaak gebruikt. De participanten zaten achter een stimuluscomputer met toetsenbord. Ze moesten één Arabisch symbool en één uitgeschreven getal met elkaar vergelijken. Wanneer ze dachten dat deze hetzelfde waren, moesten ze zo snel mogelijk op de spatiebalk drukken. De participanten hebben twee keer geoefend voordat de vergelijkingstaak daadwerkelijk begon. De participanten moesten telkens één trial vergelijken. De trial bestonden uit twee stimuli: De prime en de target. De prime werd als eerste getoond waarna er een korte pauze van 300-700 ms volgde. Tijdens de pauze was het computerbeeld zwart met daarop een paars vierkant. Vervolgens werd de target gepresenteerd. De stimuli zijn steeds 1000 ms aan de participanten gepresenteerd. Tussen de trials door was er een pauze aanwezig van 800-1200 ms. In totaal waren er 40 trials met een ratio van 0.5 en 40 trials met een ratio van 0.7.

Rekenvaardigheden zijn gemeten met behulp van de TTR. De TTR is een rekentest die zo snel mogelijk gemaakt moet worden. De test bestaat uit vijf kolommen met elk 40 sommen. In één minuut tijd moest de participant per kolom zo veel mogelijk sommen maken. Er moest van boven naar beneden worden gewerkt, zonder een som over te slaan. De eerste vier kolommen bevatten sommen met optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. In de vijfde kolom zijn deze vier bewerkingen samengevoegd (De Vos, 1992). De uiteindelijke

score bestaat uit het aantal juist gemaakte sommen. Door gebrek aan onderzoek heeft de Commissie Testaangelegenheden Nederland (COTAN) zowel de betrouwbaarheid als de criterium- en begripsvaliditeit als onvoldoende beoordeeld (COTAN, 1997). Desondanks is de TTR een bekend instrument en is er een bewuste keuze gemaakt om dit meetinstrument te gebruiken om de rekenvaardigheden te toetsen.

Data analyse

EEG data: Er is gebruik gemaakt van het BioSemi Active Two EEG systeem. Tweeëndertig elektrodes werden aan de elastische elektrode muts vastgemaakt. Als referentie is er op beide mastoiden een elektrode geplaatst. Rond de ogen zijn drie elektrodes geplaatst om vervolgens te corrigeren op oogbewegingen en oogknippers middels de methode van Gratton en Coles (Gratton, Coles, & Donchin, 1983). De data zijn geïmporteerd in het programma Brain Vision Analyzer. Vervolgens zijn de data gedownsampeld naar 512 Hz, gefilterd met een 0.5-40 Hz bandpass filter en opnieuw gerefereerd naar de gelinkte mastoiden. De onderdelen zijn vervolgens baseline gecorrigeerd in het -100 – 0 ms tijdsinterval en gescreend op artefacten. Voor elke participant is het gemiddelde voor de verschillende ratio's berekend. Vervolgens zijn de gemiddelde amplitudes van tijdsvenster N1, P2p, N2 en P3 in SPSS 22.0 geëxporteerd.

Herhaalde metingen ANOVA: Er is een herhaalde metingen ANOVA uitgevoerd om te detecteren of er sprake was van een afstandseffect binnen tijdsvenster N1 (200-300 ms), P2p (300-400 ms), N2 (380-480 ms) en P3 (440-560 ms). Omdat er een pariëtaal effect werd verwacht, zijn de volgende elektrodes gebruikt in de analyses: Pz, P3 en P4 (Gómez-Velázquez, et al., 2015). Voor het uitvoeren van de analyses, zijn eerst de verschillende assumpties gecontroleerd. Middels de Shapiro-Wilk test is de normaliteit gecontroleerd. Vervolgens is de $F_{\max}$ test berekend om te controleren voor homogeniteit van de variantie. Als laatste is de sfericiteit aan de hand van Mauchly's Test of Spherecity gecontroleerd. In het geval dat de assumptie van sfericiteit was geschonden, is de Huyn-Fledt Epsilon gerapporteerd. Voor de herhaalde metingen ANOVA is de ratio als onafhankelijke variabele genomen. Voor de afhankelijke variabele is de gemiddelde amplitude van de EEG uitslag binnen de tijdsvensters genomen.

Multipele Regressie Analyse [MRA]: Er is een MRA uitgevoerd om te onderzoeken of er een samenhang aanwezig was tussen het automatisch verwerken van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden. Voordat de analyse werd uitgevoerd, zijn de assumpties gecontroleerd. De normaliteit van de variabelen is gecontroleerd op mogelijke uitbijters. Middels stem-and-leaf plots en boxplots zijn mogelijke univariate uitbijters

opgespoord. Tevens zijn mogelijke multivariate uitbijters opgespoord. Hiervoor is de Mahalanobis Distance bekeken en vergeleken met de kritieke x^2 waarde bij een alpha van .05. De *Tolerance* en de *Variance Inflation Factor* (VIF) in de coëfficiënten tabel zijn bekeken om te controleren voor multicollineariteit. Als laatste is er een probability plot en scatterplot bekeken om te controleren op normaliteit, lineariteit en homoscedastiteit. De gemiddelde afstandseffecten per tijdsvenster zijn als vier onafhankelijke variabelen in de MRA genomen. De score van de TTR is als afhankelijke variabele genomen.

Resultaten

ANOVA

Voordat de resultaten van de herhaalde metingen ANOVA werden geïnterpreteerd, zijn er verschillende assumpties geëvalueerd. Voor tijdsvenster N1 werd de assumptie van normaliteit geschonden voor elektrode P4 met de ratio van 0.7. Aan alle assumpties voor tijdsvenster P2p werd voldaan. Voor het tijdsvenster N2 werd de assumptie van normaliteit geschonden voor elektrode Pz met de ratio van 0.5. Voor tijdsvenster P3 werd tevens de assumptie van normaliteit geschonden voor elektrode P3 met de ratio van 0.5. Ondanks het gegeven dat de assumptie van normaliteit was geschonden, werd de herhaalde metingen ANOVA toch uitgevoerd omdat er sprake was van slechts een kleine afwijking (Allen & Bennet, 2010).

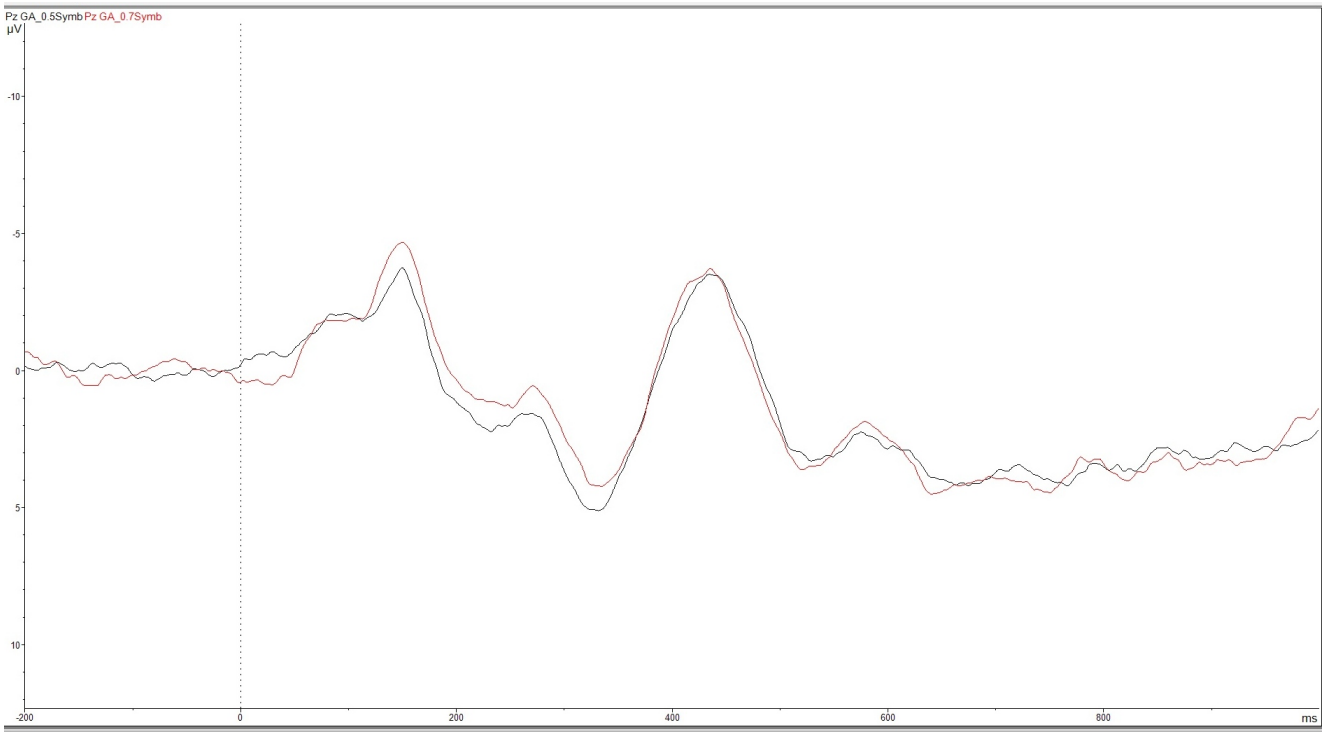
Analyse afstandseffect

In figuur 1, 2 en 3 zijn de ERP's van elektrodes Pz, P3 en P4 weergegeven. In tijdsvenster N1 is er geen significant effect gevonden, $F(1, 24) = 2.372$, $p = .137$, $\eta^2 = .090$. Net als voor tijdsvenster P2p, $F(1, 24) = 1.533$, $p = .228$, $\eta^2 = .06$ en tijdsvenster N2, $F(1, 24) = .538$, $p = .471$, $\eta^2 = .02$. Ook voor tijdsvenster P3 is er geen significant effect gevonden, $F(1, 24) = .031$, $p = .861$, $\eta^2 = .00$.

Er zijn tevens geen significante interactie effecten gevonden tussen de gemiddelde afstand en de elektrodes in tijdsvenster N1, $F(1, 24) = .337$, $p = .716$, $\eta^2 = .014$. Ook in tijdsvenster P2p, $F(1, 24) = .694$, $p = .504$, $\eta^2 = .028$ en N2, $F(1, 24) = 1.78$, $p = .180$, $\eta^2 = .069$ zijn geen significante interactie effecten gevonden. Net als voor tijdsvenster P3, $F(1, 24) = .2.07$, $p = .137$, $\eta^2 = .079$.

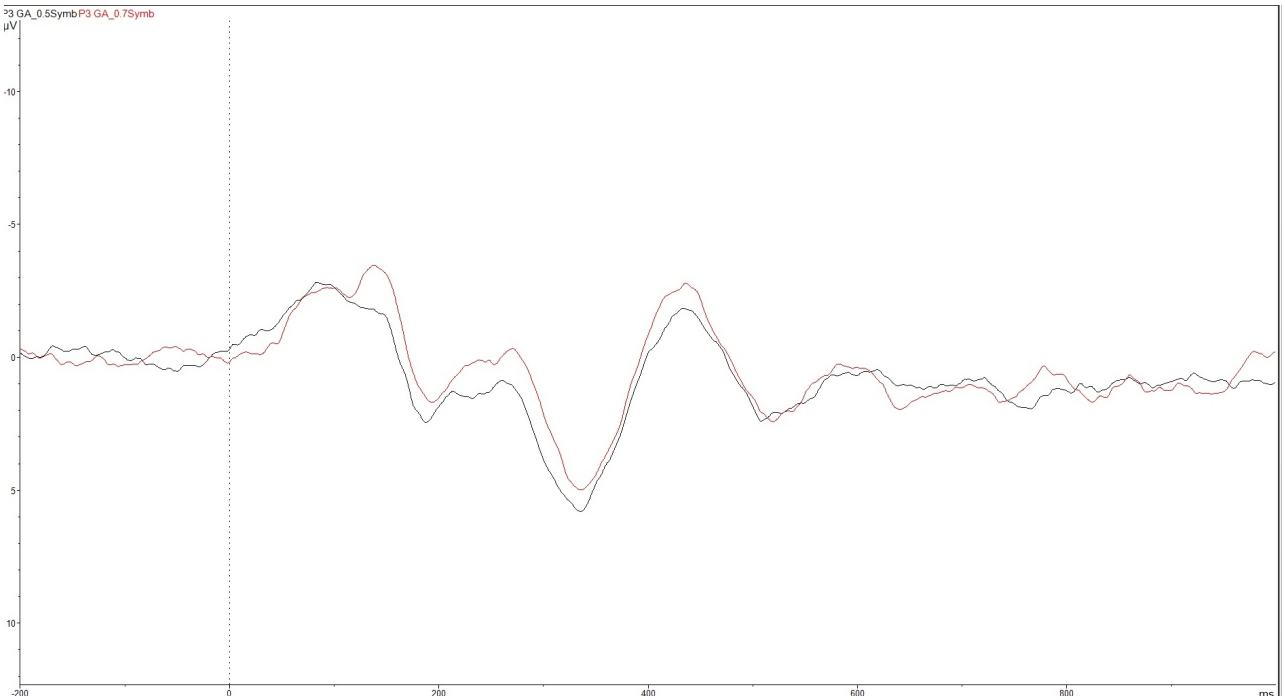
Figuur 1

Event-related-potential voor elektrode Pz. De rode lijn representeert ratio 0.5, de zwarte lijn representeert ratio 0.7.



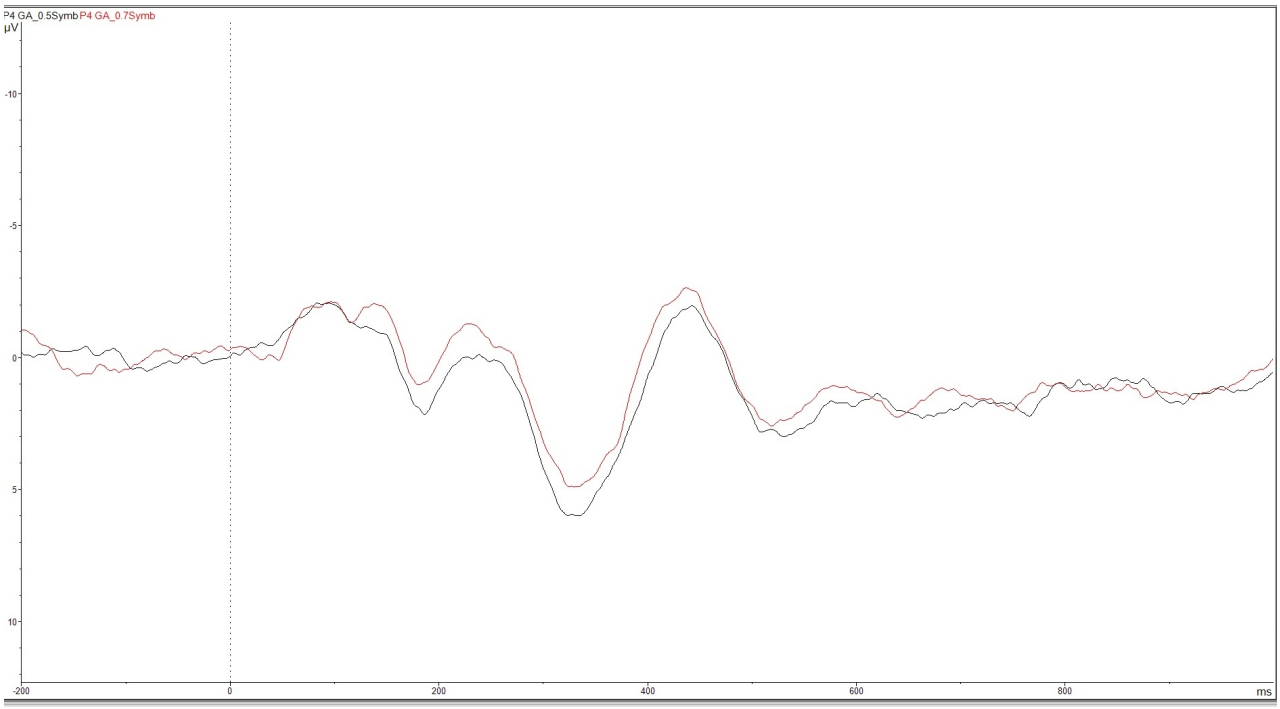
Figuur 2

Event-related-potential voor elektrode P3. De rode lijn representeert ratio 0.5, de zwarte lijn representeert ratio 0.7.



Figuur 3

Event-related-potential voor elektrode P4. De rode lijn representeert ratio 0.5, de zwarte lijn representeert ratio 0.7.



Multipele Regressie Analyse

Voordat de resultaten van de MRA werden geïnterpreteerd, is er onderzocht of er aan de assumpties werd voldaan. Er werd voldaan aan de assumpties van normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit. Er bleken echter een aantal uitbijters te zijn. Desondanks is er toch een MRA uitgevoerd aangezien de uitschieters geen extreme scores bevatten (Allen & Bennet, 2010). In tabel 1 zijn de beschrijvende statistieken van de MRA voor symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheden te vinden.

Tabel 1

Beschrijvende Statistieken van Symbolisch Getalbegrip en Rekenvaardigheid

	M	*SD*	*N*
Score TTR	*100.6*	*26.20*	*25*
Gemiddeld afstandseffect N1	*.99*	*3.20*	*25*
Gemiddeld afstandseffect P2p	*-.81*	*3.24*	*25*
Gemiddeld afstandseffect N2	*-.19*	*3.66*	*25*
Gemiddeld afstandseffect P3	*-.01*	*3.61*	*25*

Noot. M = gemiddelde. SD = standaarddeviatie. N = aantal proefpersonen.

Het regressiemodel liet geen significant resultaat zien $F(4, 20) = .470$, $p = .757$ met een R^2 van .086. Dit betekent dat 8,6% van de rekenvaardigheden voorspeld wordt door symbolisch getalbegrip. In tabel 2 zijn de niet-gestandaardiseerde (*B*) regressiecoëfficiënten, de gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten en de gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor de voorspellers in het regressie model gerapporteerd.

Tabel 2

Niet-gestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde (β) Regressiecoëfficiënten en Gekwadrateerde Semi-partiële Correlaties (sr^2) in een Voorspellend Regressiemodel voor Symbolisch Getalbegrip en de TTR-score

Variabele	*B* [95% BI]	β	sr^2	*p*
Gemiddeld afstandseffect N1	2.955 [-2.41, 8.321]	.361	.061	.264
Gemiddeld afstandseffect P2p	-1.19 [-7.48, 5.094]	-.147	.007	.697
Gemiddeld afstandseffect N2	-1.98 [-9.59, 5.631]	-.277	.013	.593
Gemiddeld afstandseffect P3	2.147 [-3.47, 7.764]	.296	.029	.435

Noot. N = 25. BI = betrouwbaarheidsinterval.

Het afstandseffect binnen de tijdsvensters N1, P3, N2 en P2p liet geen significante samenhang zien met rekenvaardigheden. Aangezien het hele model niet significant was, worden de t-waarden niet gerapporteerd.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat er geen sprake is van een significante samenhang tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij de participanten in dit onderzoek. De hypothese wordt daarom niet aangenomen.

Discussie

In de huidige studie is met behulp van EEG onderzoek het afstandseffect binnen de verschillende tijdsvensters N1, P2p, N2 en P3 onderzocht. Het vergelijken van hoeveelheden lijkt namelijk gemakkelijker wanneer de afstand tussen de twee hoeveelheden groter is. Hierdoor wordt er minder hersenactiviteit weergegeven dan wanneer getallen dicht bij elkaar liggen. Daarnaast is de samenhang tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs tussen de negen en 12 jaar onderzocht. Het bezit van symbolisch getalbegrip lijkt namelijk een belangrijke rol te spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Gómez-Velázquez et al., 2015).

Allereerst is onderzocht of er sprake was van een afstandseffect binnen de verschillende tijdsvensters N1, P2p, N2 en P3. Op basis van eerder onderzoek werd verwacht dat er sprake zou zijn van een significant afstandseffect binnen tijdsvenster P2p (Gómez-Velázquez et al., 2015). Voor de huidige studie geldt echter dat er geen significant afstandseffect is gevonden binnen de vier tijdsvensters.

Een mogelijke verklaring voor de niet-significante afstandseffecten in het huidige onderzoek kan worden gevonden in het *'size effect'*. De vergelijkingstaak is gemakkelijker uit te voeren wanneer de hoeveelheden en cijfers kleiner zijn (Fias, Lammertyn, Reynvoet, Dupont, & Orban, 2003; Verguts & Fias, 2004). In het onderzoek van Gómez-Velázquez en collega's (2015) zijn er tijdens de vergelijkingstaken cijfers gebruikt van 5 tot 34. In de huidige studie zijn getallen gebruikt tussen de 10 en 80. Onderzoek naar rekenproblemen toont aan dat kinderen geen problemen hebben met het vergelijken van kleine getallen zoals 1 en 3 maar wel met het vergelijken van grotere getallen zoals 8 en 9 (Geary, Hamson, & Hoard, 2000). In het huidige onderzoek heeft de participant wellicht meer moeite gehad met het vergelijken van de grotere hoeveelheden waardoor het afstandseffect mogelijk uitgebleven is (Núñez-Peña, 2008; Verguts & Fias, 2004).

Een tweede verklaring voor het uitblijven van het afstandseffect is de grootte van de steekproef. De onderzoeksgroep die in deze studie is gebruikt, is relatief klein. De populatie betrof alle kinderen in Nederland uit de groepen 6, 7 en 8 tussen de negen en 12 jaar. Dit betekent dat de populatie uit meer dan 5000 kinderen bestond. Wanneer de populatie van het

onderzoek uit meer dan 5000 participanten bestaat, zou minimaal 17% van de populatie mee moeten doen om te spreken van een representatieve steekproef (Neuman, 2012). Een relatief kleine steekproef lijkt minder representatief voor de populatie. Dit kan ervoor zorgen dat er minder snel significante resultaten worden gevonden (Gravetter & Walnau, 2016).

Tevens is er in het huidige onderzoek gekeken naar de samenhang tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden en rekenvaardigheden bij leerlingen van negen tot en met 12 jaar in het basisonderwijs. Uit eerdere studies komt naar voren dat voornamelijk symbolisch getalbegrip samenhangt met rekenvaardigheden en rekenproblemen (De Smedt et al., 2013; Kolkman et al., 2013; Inglis et al., 2011; Rousselle & Noël, 2007). Hierdoor werd er een samenhang verwacht tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs.

In het huidige onderzoek is geen samenhang gevonden tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs van negen tot en met 12 jaar. Een eerste verklaring is dat vooral mapping een belangrijke voorspeller van rekenvaardigheden lijkt te zijn (Kolkman et al., 2013). In het huidige onderzoek is de rol van mapping niet onderzocht. Onderzoek laat echter zien dat kinderen het non-symbolische systeem nodig hebben om te kunnen rekenen met symbolische representaties (Gilmore et al., 2007). Dit suggereert dat het symbolische systeem niet los gekoppeld kan worden van het non-symbolische systeem. Daarnaast toont onderzoek aan dat mapping zorgt voor goede resultaten op rekenkundige taken. Ook is iemand in staat om nieuwe strategieën en vaardigheden aan te leren door mapping (Mundy & Gilmore, 2009).

Een tweede verklaring voor de niet-significante samenhang in deze studie heeft betrekking op de leeftijd van de participanten. Het uitvoeren van deze rekentaken wordt gestimuleerd vanaf zesjarige leeftijd, wanneer kinderen naar school gaan. Hoe ouder een kind is, hoe meer rekentaken het al heeft geoefend. Daardoor kunnen oudere kinderen terugvallen op de kennis van verschillende rekenstrategieën (Inglis et al., 2011). Het verband tussen symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheden zou daardoor vanaf zesjarige leeftijd steeds meer afnemen (Holloway & Ansari, 2009). De leeftijd van de participanten in het onderzoek lag tussen de negen en 12 jaar. Hierdoor is een samenhang tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden mogelijk uitgebleven.

Een methodologische beperking van het huidige onderzoek is de manier waarop rekenvaardigheden is getest. Ondanks dat de TTR een test is die de basisbewerkingen meet, is deze test als onvoldoende beoordeeld door de COTAN (COTAN, 1997). Voor

vervolgonderzoek zal er gekeken moeten worden naar een vervanging van de TTR. De Cito score van de participant zou wellicht een goede optie kunnen zijn voor vervolgonderzoek. Met de Cito wordt ook rekenvaardigheden gemeten en de psychometrische kwaliteiten zijn als goed beoordeeld door de COTAN (Janssen, Verhelst, Engelen, & Scheltens, 2010).

Een tweede beperking is de omvang van de onderzoeksgroep. Doordat de onderzoeksgroep relatief klein is, kan er niet gesproken worden van een representatieve steekproef (Neuman, 2012). De resultaten mogen daardoor niet zonder meer gegeneraliseerd worden naar de populatie (Field, 2013). Voor vervolgonderzoek is het daarom van belang om een grotere steekproef te gebruiken.

Ten slotte kan het als een beperking worden gezien dat er participanten van slechts twee scholen zijn onderzocht in deze studie. Dit is tevens geen goede representatie van de populatie en heeft ook effect op de generaliseerbaarheid van het onderzoek. In vervolgonderzoek zou daarom gebruik gemaakt moeten worden van participanten verspreid over meer scholen.

Ondanks dat de resultaten van dit onderzoek geen samenhang aantonen tussen de automatische verwerking van symbolische hoeveelheden in de hersenen en rekenvaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs, dragen deze resultaten bij aan de theorievorming over symbolisch getalbegrip en de verwerking van hoeveelheden in de hersenen.

Referenties

Allen, P. J., & Bennett, K. (2010). *PASW statistics by SPSS: A practical guide: Version 18.0*. South Melbourne: Cengage Learning.

Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(4), 333-339. doi:10.1177/00222194050380040901

Bonny, J. W., & Lourenco, S. F. (2013). The approximate number system and its relation to early math achievement: Evidence from the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology*, *114*(3), 375-388. doi:10.1016/j.jecp.2012.09.015

Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, *79*(4), 1016-1031. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x

Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, *332*(6033), 1049-1053. doi:10.1126/science.1201536

COTAN (1997). Beoordeling Tempo Test Rekenen. Verkregen van http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test_details.php?id=218

De Smedt, B., Noël, 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*(2), 48-55. doi:10.1016/j.tine.2013.06.001

De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquiere, 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. (1992). *Tempo-Test-Rekenen.* Berkhout: Nijmegen

Decker, S. L., & Roberts, A. M. (2015). Specific cognitive predictors of early math problem solving. *Psychology in the Schools*, *52*(5), 477-488. doi:10.1002/pits.21837.

Dehaene, S. (1996). The organization of brain activations in number comparison: Event related potentials and the additive-factors method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*(1), 47-68. doi:10.1162/jocn.1996.8.1.47

Dehaene, S. (1997). *The number sense*. New York: Oxford University Press

Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16-32. doi:10.1111/1468-0017.00154

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, *1*(1), 83-120.

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(7), 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Fias, W., Lammertyn, J., Reynvoet, B., Dupont, P., & Orban, G. A. (2003). Parietal representation of symbolic and nonsymbolic magnitude. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(1), 47-56. doi:10.1162/089892903321107819

Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London: Sage.

Friedman, D., & Johnson, R. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review. *Microscopy Research and Technique*, *51*(1), 6-28. doi:10.1002/1097-0029(20001001)51:1<6::AIDJEMT2>3.0.CO;2-R

Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *77*(3), 236-263. doi:10.1006/jecp.2000.2561

Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, *447*(7144), 589-591. doi:10.1038/nature05850

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. (2016). *Statistics for the behavioral sciences*. Boston: Cengage Learning.

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*(5), 1457. doi:10.1037/a0012682

Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical 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*(6), 1222-1229. doi:10.3758/s13423-011-0154-1

Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). *Wetenschappelijke verantwoording van de toetsen LOVS Rekenen-Wiskunde voor groep 3 tot en met 8.* Arhem: Cito.

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

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

Neuman, W. L. (2012). *Understanding research*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

Núñez -Peña, M. I. (2008). Effects of training on the arithmetic problem-size effect: An event related potential study. *Experimental Brain Research*, *190*(1), 105-110. doi:10.1007/s00221-008-1501-y

Price, G. R., Palmer, D., Battista, C., & Ansari, D. (2012). Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their relationship to arithmetic achievement in adults. *Acta Psychologica*, *140*(1), 50-57. doi:10.1016/j.actpsy.2012.02.008

Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*(3), 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005

Soltés, F., Szűcs, D., Dékány, J., Márkus, A., & Csépe, V. (2007). A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neuroscience Letters, 417*(2), 181-186. doi:10.1016/j.neulet.2007.02.067

Turconi, E., Jemel, B., Rossion, B., & Seron, X. (2004). Electrophysiological evidence for differential processing of numerical quantity and order in humans. *Cognitive Brain Research*, *21*(1), 22-38. doi:10.1016/j.cogbrainres.2004.05.003

Verguts, T., & Fias, W. (2004). Representation of number in animals and humans: A neural model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(9), 1493-1504. doi:10.1162/0898929042568497