

**Masterthesis**  
**Universiteit Utrecht**  
**Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen**  
**Masterprogramma Orthopedagogiek**

**De relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij jonge kinderen en adolescenten**

Naam: Anique (A.J.) Hoogerland

Studentnummer: 3658031

Begeleider: E.H. Kroesbergen

2° beoordelaar: A. van Hoogmoed

Datum: 15-07-2014

### **Voorwoord**

Het schrijven van deze thesis was een ervaring op zich. Veel verschillende vaardigheden zijn aan bod gekomen, als het zoeken naar participanten, het leren werken met eeg-apparatuur, het spelen van games met de kinderen en het schrijven van een artikel. Elke vaardigheid heeft zijn eigen uitdagingen en ik heb er van genoten om deze uitdagingen aan te gaan. Mijn dank gaat uit naar mijn thesisbegeleider en de tweede beoordelaar van mijn thesis. Zonder hun hulp en adviezen was ik zeker niet zover gekomen. Daarnaast dank aan mijn ouders, vriend, familie en vriendinnen die mij elke keer weer tot steun waren.

### **Abstract**

Number sense is a predictor for mathematical abilities by children and adults. Non-symbolic, symbolic and mapping skills are three different components of number sense. The correlation between the different components of number sense and mathematical abilities in adults is still unclear. The correlation between the symbolic component en mathematical abilities in children ( $n = 90$ ) is has been studied with a number line task and symbolic comparison task, which are measures for number sense and the UGT a measure for mathematical abilities. Founded is that there is a moderate correlation between symbolic number sense and mathematical abilities. Second the correlation between number sense and mathematical abilities in adults ( $n = 12$ ) has been studied with a comparison task in four symbolic and non-symbolic conditions and the TTR. The correlation between symbolic – non-symbolic condition and non-symbolic – symbolic condition and mathematical abilities is strongest. It means that mapping is the best predictor for number sense in adults.

There is an effect of distance in comparison tasks. This effect is measured with electro-encephalography by the different conditions and by the different distances small, medium and large of the comparison task. Repeated Measure Anova indicated a main effect of distance for all conditions and distances. There is also a correlation between the distance effect and number sense. The large distance between quantities is a better predictor of mathematical abilities than a small distance. So mapping skills and a large distance between quantities are the best predictors for mathematical abilities in adults.

Searching terms: number sense, mathematical abilities, non-symbolic, symbolic, mapping

### **Samenvatting**

Getalbegrip is een voorspeller voor de rekenvaardigheid van kinderen en volwassenen. Binnen getalbegrip wordt het symbolische en non-symbolische getalbegrip en mapping onderscheiden die elk een verschillende rol spelen in de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid. De samenhang tussen symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen wordt onderzocht door het bereken van de correlatie van de prestaties op een symbolische vergelijkingstaak en getallenlijntaak en op de UGT. Bij volwassenen wordt de correlatie tussen symbolisch en non-symbolisch getalbegrip en mapping en de rekenvaardigheid bepaald door het afnemen van vergelijkingstaken met verschillende symbolische en non-symbolische condities en de TTR. Bij kinderen blijkt het symbolisch

getalbegrip positief samen te hangen met rekenvaardigheid. Bij volwassenen wordt een positieve relatie gevonden tussen mapping en rekenvaardigheid.

Naast getalbegrip is het afstandseffect een voorspeller voor rekenvaardigheid. Het afstandseffect is gemeten met electro-encephalografie in de verschillende condities van de vergelijkingstaak bij de verschillende afstanden klein, gemiddeld en groot. Een Repeated Measured Anova geeft een hoofdeffect voor afstand in al de verschillende condities en voor de verschillende afstanden. Er wordt ook een correlatie gevonden tussen het afstandseffect en getalbegrip. Een grote afstand tussen de te vergelijken hoeveelheden een een betere voorspeller voor rekenvaardigheid dan een kleine afstand. Geconcludeerd wordt dat mapping en het vergelijken van getallen met grote afstanden tot elkaar sterke voorspellers zijn van rekenvaardigheid bij volwassenen.

Zoektermen: getalbegrip, rekenvaardigheid, non-symbolisch, symbolisch, mapping

### **Inleiding**

Er bestaan grote verschillen in rekenvaardigheid tussen kinderen. Hoe deze verschillen tot stand komen is voor alsnog niet duidelijk. Eerdere studies hebben aangetoond dat getalspecifieke en algemene cognitieve vaardigheden samen hangen met rekenvaardigheid (Holloway & Ansari, 2009; Kytala & Lehto, 2008). Zo is kennis over de telrij, getallen en hun betekenis nodig voor het oplossen van eenvoudige rekenopgaven (DeSmedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009). Andere studies geven aan dat getalbegrip, met name mapping, bij kinderen gerelateerd is aan de rekenvaardigheid (Mundy & Gilmore, 2009; Rouselle & Noel, 2007; Simon, Bearden, McDonalds-McGinn, & Zackai, 2005). Welke cognitieve vaardigheden een voorspellende waarde hebben voor de rekenvaardigheid bij volwassenen is echter niet geheel duidelijk. Kennis over de onderliggende processen aan rekenvaardigheid bij volwassenen geeft meer inzicht in wat nodig is voor de ontwikkeling van de rekenvaardigheid. De relatie tussen de vroege rekenvaardigheden, ook wel getalbegrip genoemd, en de latere rekenvaardigheid staat in deze studie centraal.

Getalbegrip is het vermogen om numerieke eenheden (hoeveelheden) te begrijpen, te verwerken en hieromtrent inschattingen te kunnen maken (Dehaene, 1996). Binnen het getalbegrip kunnen drie componenten onderscheiden worden. Enerzijds is er het non-symbolisch getalbegrip, de vaardigheid hoeveelheden te begrijpen en te manipuleren (Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998). Het non-symbolisch getalbegrip wordt al in de vroege kindertijd waargenomen en lijkt zich te blijven ontwikkelen tot in de

volwassenheid. Naast het non-symbolisch getalbegrip is er ook het symbolisch getalbegrip. Het symbolisch getalbegrip is het herkennen en kunnen benoemen van de cijfersymbolen (Dehaene & Cohen, 1995). Het symbolisch getalbegrip is aangeleerd, met name in onderwijssettings (Dehaene, 2001). Een derde component is mapping, het kunnen koppelen van non-symbolische hoeveelheden aan symbolische getalrepresentaties.

Getalbegrip bestaat onder andere uit de vaardigheden het schatten van hoeveelheden, en het vergelijken van hoeveelheden. Het schatten van hoeveelheden kan inzichtelijk gemaakt worden met de getallenlijntaak, waarbij gevraagd wordt de plaats van een getal aan te wijzen op een getallenlijn van 0 tot 100 (Siegler & Booth, 2004). De mate waarin de getallen lineair, en niet langer logaritmisch, op de lijn geplaatst worden, is een voorspeller van getalbegrip. De ontwikkeling van het schatten van getallen hangt positief samen met de rekenvaardigheid van kinderen en hun mogelijkheid om nieuwe rekenkundige problemen op te lossen (Booth & Siegler, 2008; Siegler & Booth, 2004;). Als getallen in de juiste verhouding tot elkaar op een getallenlijn geplaatst kunnen worden, is er kennis van de verhoudingen tussen de hoeveelheden en begrip van de betekenis van het symbolische getal. Deze kennis wordt toegepast in het gebruiken van de telrij bij het oplossen van eenvoudige rekenkundige opgaven.

Het vergelijken van hoeveelheden wordt gemeten met vergelijkingstaken. Het non-symbolisch getalbegrip wordt gemeten met non-symbolische vergelijkingstaken. In een standaard non-symbolische vergelijkingstaak worden twee hoeveelheden stippen getoond aan waarbij wordt gevraagd aan te geven welke hoeveelheid groter is. De ratio van de afstand tussen de hoeveelheden kan verschillen. Het is moeilijker om 16 en 12 stippen (ratio 0.75) van elkaar te onderscheiden dan 16 en 8 stippen (ratio 0.5). Dit wordt ook wel het afstandseffect genoemd. Hoe groter de afstand tussen de twee hoeveelheden die met elkaar vergeleken worden, hoe kleiner de reactietijd en hoe groter de nauwkeurigheid van de respondent (Dehaene, 1989; Libertus & Brannon, 2009; Moyer & Landauer, 1967).

De prestaties op non-symbolische vergelijkingstaken hangen samen met rekenvaardigheid. Echter, niet alle onderzoeksresultaten ondersteunen deze visie. Een aantal onderzoeken heeft een relatie gevonden tussen de prestaties op de vergelijkingstaken en de vroege, huidige of late rekenvaardigheid bij kinderen (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011; Libertus, Feigenson, Halberda, 2013; Mazzocco, Feigenson, Halberda, 2011; Mundy & Gilmore, 2009) en bij volwassenen (Lourenco, 2012). Anderen hebben daarentegen geen relatie gevonden bij kinderen (Fuhs & McNeil, 2013; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Soltesz, Szucs, & Szucs, 2010) en bij volwassenen (Inglis, Attridge, Batchelor, &

Gilmore, 2011). Een mogelijke verklaring voor het verschil in resultaten is de verschillen binnen de gebruikte non-symbolische vergelijkingstaken wat betreft ratio, presentatietijd van de stimuli en de grootte van de stippen.

Een andere verklaring wordt gegeven door Mundy en Gilmore (2009). Het non-symbolisch getalbegrip is een voorwaarde voor de ontwikkeling van symbolisch getalbegrip en mapping tussen het symbolisch en non-symbolisch getalbegrip. Bij het vergelijken van hoeveelheden wordt de te vergelijken hoeveelheid gerepresenteerd op een mentale getallenlijn. Bij non-symbolische vergelijkingstaken lijkt de participant een minder exacte representatie te maken van de hoeveelheid op de mentale getallenlijn dan bij symbolische vergelijkingstaken. Mogelijk speelt mapping, het verbinden van een symbool aan een hoeveelheid, hierin een grote rol. Betere mappingsvaardigheden kunnen leiden tot een meer efficiënte en exacte representaties van de hoeveelheden op de mentale getallenlijn (Holloway & Ansari, 2009). Een meer exacte representatie geeft meer accuratesse op de vergelijkingstaken en een kleinere invloed van het afstandseffect. Participanten die meer correcte verbanden tussen getallen en hun betekenis leggen, zijn in staat twee getallen sneller met elkaar te vergelijken en ondervinden minder invloed van het afstandseffect.

Symbolisch getalbegrip kan net als non-symbolisch getalbegrip bepaald worden met symbolische vergelijkingstaken. De prestaties op de symbolische vergelijkingstaken nemen toe naarmate men ouder wordt. Het effect van afstand is ook van invloed op de prestaties van symbolische vergelijkingstaken. De prestaties op de symbolische vergelijkingstaken correleren significant met de latere rekenvaardigheid bij kinderen (De Smedt et al., 2009; Holloway & Ansari, 2009; Kolkman, et al., 2013; Mundy & Gilmore, 2009) en bij volwassenen (Lyons & Beilock, 2011).

Zowel het non-symbolisch getalbegrip als het symbolisch getalbegrip blijken een rol te spelen in de ontwikkeling van de voorlopers van rekenvaardigheid bij volwassenen. Een derde component van getalbegrip is mapping. Naar mapping is bij volwassenen alsnog weinig onderzoek verricht. Uit onderzoek van Izard en Deaheane (2008) blijkt dat volwassenen kunnen mappen tussen symbolische en non-symbolische hoeveelheden en Mundy en Gilmore, 2009 onderzochten dat bij volwassenen mapping kan plaatsvinden in de richting van symbolisch naar non-symbolisch als van non-symbolisch naar symbolisch. Niet duidelijk is of het afstandseffect zich voordoet bij mapping in beide richtingen.

Het afstandseffect wordt beïnvloed door de leeftijd van de participanten. Temple en Posner (1998) onderzochten het verschil in afstandseffect bij getalvergelijken tussen vijfjarigen en adolescenten. Zij concludeerden dat vijfjarigen en adolescenten verschillen in

reactietijd bij het vergelijken van de getallen. De reactietijd van de vijfjarigen was groter, 160 milliseconden bij kinderen ten opzichte van 500 milliseconden bij adolescenten. Mogelijk is de reactietijd een indicator voor de mate van automatiseren van symbolische en non-symbolische hoeveelheden, die bij 5-jarigen lager ligt dan bij adolescenten.

Het afstandseffect is niet alleen zichtbaar in de reactietijd en accuratesse bij vergelijkingstaken, ook in de hersenen wordt het waargenomen. Verschillende onderzoeken hebben met behulp van elektro-encefalografie (eeg) de processen in kaart gebracht die zich in de hersenen afspelen bij het vergelijken van hoeveelheden. Bij deze onderzoeken werd het afstandseffect zichtbaar in de golfbeweging van de ERP's voor zowel non-symbolische als voor symbolische vergelijkingstaken. Bij het vergelijken van hoeveelheden wordt in de ERP een vroege negatieve piek waargenomen rond de 150 - 200 ms. na het tonen van de stimuli (Dehaene, 1996; Hyde & Spelke, 2011; Libertus, Woldorff, & Brannon, 2007; Temple & Posner, 1998) en een late positieve piek rond de 230 - 540 ms. (Hyde & Spelke, 2011; Paulsen & Neville, 2008; Szucs & Csepe, 2005). De amplitude van de late parietale piek is groter voor het vergelijken van getallen met een grote afstand tot elkaar dan voor het vergelijken van getallen met een kleine afstand tot elkaar bij volwassenen (Paulsen, Woldorff, & Brannon, 2010) en bij kinderen (Dekany, Markus, & Csepe, 2007; Heine, Tamm, & Wissmann, 2011; Soltesz, Szucs, Temple en Posner, 1998).

Opvallend is dat bij symbolische vergelijkingstaken een grotere amplitude wordt gevonden bij een kleine afstand in vergelijking met een gemiddelde en grote afstand (Libertus et al., 2010; Paulsen et al., 2010; Temple & Posner, 1998). Voor non-symbolische vergelijkingstaken wordt echter het omgekeerde effect gevonden. De amplitude van de golfbeweging is groter voor getallen met een grotere afstand tot elkaar in vergelijking met getallen die dichtbij elkaar liggen (Libertus et al., 2010). Libertus et al. (2010) vinden dezelfde resultaten bij het vergelijken van grotere getallen (1-30).

In dit onderzoek wordt de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen vergeleken met de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij volwassenen. Allereerst zal onderzocht worden wat de relatie is tussen het schatten van hoeveelheden en het vergelijken van hoeveelheden bij vijf- en zesjarigen en de rekenvaardigheid. Omdat deze studie deel uit maakt van een groter onderzoek, is het niet mogelijk de relatie tussen non-symbolisch getalbegrip en rekenvaardigheid te onderzoeken bij vijf- en zesjarigen. Alleen het symbolisch getalbegrip wordt onderzocht. Verwacht wordt dat er een gemiddelde samenhang is tussen het schatten van hoeveelheden en rekenvaardigheid (Booth & Siegler, 2008) en een

matige samenhang tussen het vergelijken van hoeveelheden en rekenvaardigheid (Mundy & Gilmore, 2009).

Vervolgens zal in het tweede deel van het onderzoek bij volwassenen eveneens de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid onderzocht worden. Hierbij zal niet alleen onderzoek gedaan worden naar het symbolische en non-symbolische getalbegrip, maar ook naar mapping. Omdat mapping wordt gezien als een complex proces waarin het symbolisch en non-symbolisch getalbegrip een rol spelen, wordt verwacht dat mapping een sterkere voorspeller voor rekenvaardigheid is dan het symbolisch en non-symbolisch getalbegrip. Daarnaast zal nagegaan worden wat het effect is van afstand op het aantal correct beantwoorde vragen op de vergelijkingstaak in verschillende non-symbolische en symbolische condities. In verschillende studies is aangetoond dat het afstandseffect zich zowel voordoet bij symbolisch als bij non-symbolisch getalvergelijken. Deze studies hebben bij de vergelijkingstaken voornamelijk gebruik gemaakt van kleine getallen (getallen kleiner dan 20). In dit onderzoek zal nagegaan worden of het afstandseffect zich voordoet bij grote getallen (getallen groter dan 20) en of het afstandseffect niet alleen zichtbaar is in het symbolische en non-symbolische getalbegrip, maar ook bij mapping. De effecten zullen op gedragsmatig niveau en neurologisch niveau bepaald worden. Verwacht wordt dat het afstandseffect zich ook voordoet bij getallen groter dan 10 (Holloway & Ansari, 2009) zowel in de symbolische als in de non-symbolische conditie, maar ook in de symbolisch – non-symbolische en de non-symbolisch – symbolische conditie.

## Participanten

### Studie 1

Onderzoeksgroep 1 bestaat uit 90 kinderen (47 jongens) met een gemiddelde leeftijd van 5.38 jaar ( $SD = 0.45$ ). De leeftijd verschilt van 5.2 tot 6.6 jaar. Het onderzoek is uitgevoerd door drie masterstudenten pedagogische wetenschappen. Elke student heeft een school benaderd, waarbij aan de leerkracht is gevraagd 30 kinderen te kiezen uit groep 2. Aan de ouders van deze kinderen is toestemming gevraagd voor de deelname van hun kind aan het onderzoek.

### Studie 2

De onderzoeksgroep 2 bestaat uit 12 adolescenten (3 mannen) met een gemiddelde leeftijd  $M = 21.6$ ,  $SD = 1.93$ . De leeftijd varieert van 18.2 tot 25.7 jaar.

De participanten zijn verzameld door een oproep op facebook en een mail aan een deel van de 4<sup>e</sup>-jaars pedagogiekstudenten van de Universiteit Utrecht. Vooraf werd aan de participanten



korte informatie gegeven over het onderzoek en aangegeven dat het onderzoek op elk moment afgebroken kon worden.

## **Instrumenten**

### **Studie 1**

*Vergelijkingstaak (symbolisch 0-10, symbolisch 0-100).* Deze taak richt zich op het meten van getalbegrip. Bij deze taak werd een reeks van tien items aangeboden op een tablet. Een item bestond uit twee kaders met een getal (1 tot 10). Aan het kind werd gevraagd te drukken op de knop onder het kader met het hoogste getal. Bij de vergelijkingstaak symbolisch 0-100 werd een reeks van twintig items aangeboden, waarbij een item bestond uit twee kaders met een getal van 1 tot 100. Onderzoek van Mundy en Gilmore (2009), waarbij een vergelijkbare taak werd gebruikt, laat zien dat de vergelijkingstaak voldoende begripsvalide is. De betrouwbaarheid van de vergelijkingstaak is voldoende (Clarke & Shinn, 2004).

*Getallenlijntaak (symbolisch 0-10, symbolisch 0-100).* Met deze taak wordt gekeken naar mapping. Op een tablet was een getallenlijn zichtbaar met aan de linkerkant het getal 0 en aan de rechterkant het getal 10. De onderzoeker wees de positie van de getallen nul en tien aan en vroeg het kind de positie van het door de tablet aangeboden getal aan te wijzen. De getallen 1 tot en met 9 werden in willekeurige volgorde aangeboden. Bij de getallenlijntaak symbolisch 0-100 was een getallenlijn zichtbaar met aan de linkerkant het getal nul en aan de rechterkant het getal 100. In totaal werden 20 verschillende getallen tussen de 0 en 100 aangeboden. De geschatte positie van het getal door het kind en de exacte positie van het getal werden met elkaar vergeleken. De mate waarin dit overeenkwam, gaf de score van het kind aan op de taak. Eerder onderzoek laat zien dat de begrips- en predictieve validiteit van de getallenlijntaak voldoende is (Booth & Siegler, 2008)

*Utrechtse Getalbegriptoets - Revised, verkorte tablet versie.* De Utrechtse Getalbegriptoets - Revised (UGT-R) (Van Luit & Van de Rijt, 2009) is gebruikt om de rekenvaardigheid te meten. De oorspronkelijke versie van de UGT-R bestaat uit twee versies (A en B), elk bestaande uit negen subschalen. In dit onderzoek is een verkorte en computergestuurde versie gebruikt. Van de subschalen zijn gebruikt: telwoorden gebruiken, synchroon en verkort tellen, resultatief tellen en toepassen van kennis van getallen. Wat betreft de interne consistentie (betrouwbaarheid) van de gehele UGT-R kan gezegd worden dat deze, met een gemiddelde Cronbach's alfa van .93 voor de versies A en B tezamen, voldoet. Ook onderzoek in Finland naar de voorbereidende rekenvaardigheid van kinderen, gemeten met de Engelstalige variant van de UGT-R, laat zien dat er sprake is van een goede interne consistentie (Aunio, Hautamäki, Heiskari, & Van Luit, 2006). In hoeverre de UGT-R voldoende begripsvalide en

criteriumvalide is, kan op dit moment onvoldoende worden vastgesteld (Evers, et al., 2009-2012). De betrouwbaarheid van de verkorte en computergestuurde versie van de UGT-R is vastgesteld op  $\alpha=.69$  (Kolkman et al., 2013). Dit is voldoende voor het type beslissingen binnen dit onderzoek (Evers, Lucassen, Meijer, & Sijtsma, 2010).

## **Studie 2**

*Vergelijkingstaak (volwassenen)*: Bij de vergelijkingstaak worden twee hoeveelheden getoond aan de participant, waarbij de opdracht gegeven wordt op een toets te drukken wanneer de twee hoeveelheden aan elkaar gelijk zijn. Aangegeven werd dat het verschil tussen twee hoeveelheden altijd minimaal 5 is en dat in tien procent van de gevallen de hoeveelheden aan elkaar gelijk zijn. De taak werd in vier verschillende condities uitgevoerd. Een non-symbolische – non-symbolische conditie waarin de twee te vergelijken hoeveelheden op non-symbolische wijze, als een hoeveelheid stippen, aangeboden werden. Een non-symbolische – symbolische conditie, waarin de eerste hoeveelheid op non-symbolische wijze werd aangeboden en de tweede hoeveelheid op symbolische wijze, een Arabische weergave van een getal. De derde conditie was een symbolische – non-symbolische conditie en de vierde conditie een symbolische – symbolische conditie. Het verschil in afstand tussen de hoeveelheden was klein (0.7), middel (0.6) of groot (0.5) met een minimum verschil van 5.

*Tempotoets Rekenen (TTR)*: De Tempotoets Rekenen (DeVos, 1994) bestaat uit 5 kolommen van elk 40 sommen. De kolommen bestaan uit sommen die een beroep doen op de elementaire bewerkingen optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. In de vijfde kolom staan deze vier bewerkingen door elkaar. Voor het bepalen van de rekenvaardigheid is alleen de vijfde kolom afgenomen. Van de participant wordt gevraagd binnen één minuut zoveel mogelijk sommen te maken. De participant begint bij de eerste rij en werkt de sommen één voor één af. Er mogen geen hulpmiddelen gebruikt worden bij het uitrekenen van de sommen. De betrouwbaarheid en validiteit worden door de COTAN beoordeeld als onvoldoende vanwege verouderde normen en gebrek aan onderzoek (Evers, et al., 2009-2012).

### *EEG (elektro-encefalografie)*

Er is gebruik gemaakt van een BioSemi Active Two EEG systeem (BioSemi), waarbij 32 elektroden werden bevestigd in een Active-cap. De elektroden zijn op het hoofd geplaatst volgens het patroon van het internationale 10/20 systeem. Als referentie werd CommonMode Sense-Driven Right Leg (CMS-DRL) gebruikt. De horizontale elektro-oculografie (EOG) werd gemeten met elektroden aan de zijkant van de ogen, welke werden bevestigd met plakken. De verticale OEG werd gemeten met elektroden boven en onder het linker oog.

De EEG data zijn online verkregen met een sampling rate van 20 Hz. De impedantie werd onder de 5 K $\Omega$  gehouden. De EEG-signalen zijn geïmporteerd in Matlab-based Fieldtrip toolbox (Oostenveld, Fries, Maris, & Schoffelen, 2011). De signalen zijn eerst gedownsampeld naar 256 Hz en vervolgens gefilterd met een 0 Hz lowpass filter.

De signalen zijn opnieuw gerefereerd tot het gemiddelde van de linkse en rechtse mastoïde. (Ackles & Cook, 2007; Hoehl & Wahl, 2012). Oogbewegingen en oogknippers zijn door middel van ‘independent component analyses’ verwijderd.

De EEG data werd opgedeeld per conditie van 200 ms. tot 750 ms. na de start van de stimulus. De fragmenten werden gecorrigeerd door het aftrekken van de gemiddelde amplitude in het -100 tot 0 ms. pre-stimulus interval. Daarna zijn de fragmenten handmatig gescreend op afwijkingen in de verschillende sensoren met uitzondering die in de buitenste ring van de cap. Een elektrode die in meer dan 8 trials afweek van de signalen in andere elektroden, terwijl de andere elektroden geen afwijkingen lieten zien, werd als foutief beschouwd. De foute elektroden zijn gereconstrueerd op basis van de ruwe data van de omliggende elektroden.

De data is geanalyseerd door middel van repeated measures Anova's. Hierbij is de Greenhouse-Geisser correctie toegepast als niet voldaan werd aan de assumptie van sphericity. In verband met problemen bij de data acquisitie is er geen eeg-data verkregen voor de NsNs conditie.

## **Procedure**

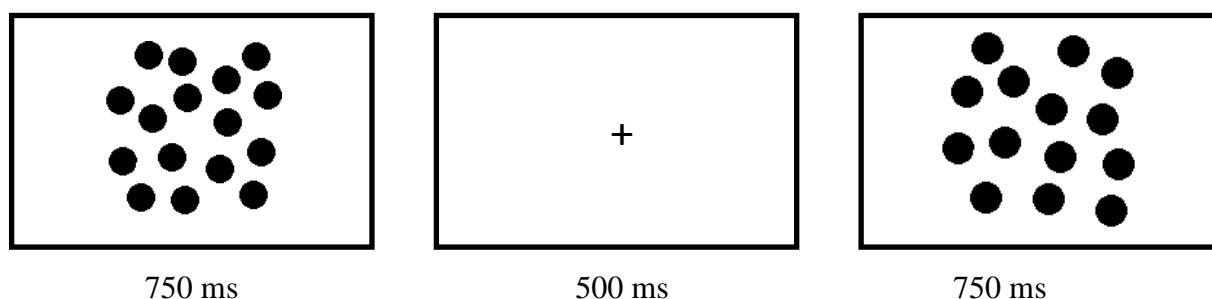
### **Studie 1**

De vergelijkingstaak, lijnentaak en de UGT werden achtereenvolgens bij alle kinderen individueel afgenomen in een gesloten ruimte. Bij de taken werd een korte uitleg gegeven door de testleider. Tussendoor werden de kinderen verbaal beloond voor hun inzet en aan het einde kregen de kinderen een sticker. Het getalbegrip is gemeten met twee verschillende taken, de Vergelijkingstaak 1-10 en 1-100 en de Getallenlijntaak 1-10 en 1-100. De score op de Vergelijkingstaak is bepaald door het totaal aantal goed op de Vergelijkingstaak 1-10 en het totaal aantal goed op de Vergelijkingstaak 1-100. De totaalscore van de getallenlijntaken is berekend door het totaal te nemen van de gemiddelde afstand tot de gemiddelde afwijking. De rekenvaardigheidsscore is bepaald door het totaal aantal goed op de UGT-R. Voor berekenen van de correlatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid is gebruik gemaakt van de Pearson correlatie  $r$  na controle voor uitschieters.

### **Studie 2**

Het EEG-onderzoek werd afgenomen in een stralingsvrije ruimte van 2 bij 3 meter. De participanten zaten op een stoel 50-60 centimeter voor het computerscherm. De active-cap werd opgedaan en de elektroden werden aan de cap bevestigd. Aan de participanten werd gevraagd zo min mogelijk te bewegen in verband met de EEG-meting.

De vier verschillende condities van de vergelijkingstaak werden achtereenvolgens afgenomen, beginnend bij de non-symbolische – non-symbolische conditie, vervolgens de non-symbolische – symbolische conditie, de symbolische – non-symbolische conditie en als laatste de symbolische – symbolische conditie. Elke conditie bestond uit 80 trials die random werden aangeboden. De eerste conditie startte met 8 oefenopgaven. Daarna werd de eerste stimuli 750 ms. gepresenteerd op het scherm, gevolgd door een fixatiekruis gedurende 400-600 ms., waarna de tweede stimuli van opnieuw 750 ms. volgde (zie Figuur 1). Na een set stimuli volgde een intervalperiode van 1000-1500 ms., waarin de participant gelegenheid had om bij gelijke stimuli zo snel mogelijk op spatiebalk te drukken.



*Figuur 1.* Schematische weergave van de stimulipresentatie.

Na beëindiging van de vergelijkingstaak werd de active-cap afgedaan. De participant werd gevraagd aan een tafel te gaan zitten voor het laatste deel van het onderzoek. Aan de participant werd de TTR voorgelegd met de instructie zoveel mogelijk sommen te maken binnen één minuut, totdat er ‘stop’ werd gezegd. Daarbij werd aangegeven de sommen op volgorde te maken zonder er één over te slaan.

*Eeg - analyses:* Op basis van het kijken naar grote verschillen in de pieken van de golfbewegingen zijn tijdsvakken geselecteerd voor de ERP analyses. Statistische analyses zijn uitgevoerd voor vier elektrodes, linksachter (P3), rechtsachter (P4), linksvoor (F3) en rechtsvoor (F4), op basis van de literatuur gekozen (Soltez et al., 2007; Heine et al., 2011; Temple & Posner, 1998). Voor elke elektrode is het gemiddelde van de ERP amplitudes genomen. Een repeated-measures Anova is gebruikt voor het vergelijken van de verschillende condities, non-symbolisch – non-symbolisch, non-symbolisch – symbolisch, symbolisch –

non-symbolisch en symbolisch – symbolisch, en het effect van afstand, .5, .6 en .7. Voor alle statistische analyses heeft een Greenhouse-Geisser correctie plaats gevonden wanneer de assumptie van sphericity was geschonden. Als post hoc test is, indien nodig, Bonferroni toegepast.

## Resultaten

### Studie 1

Voorafgaand aan de analyses is gecontroleerd op uitschieters aan de hand van een scatterplot. Bij de Vergelijkingstaak is bij een reactietijd kleiner dan 900 ms is de gegeven waarde als ‘ontbrekend’ gerekend. Wanneer de totaalscore op Vergelijken uit minder dan 6 waarden bestond, is deze totaalscore niet meegenomen in de analyses.

Bij de Getallenlijntaak is een gegeven waarde van 1.00 als ‘ontbrekend’ gerekend, tenzij de waarde gegeven was bij de doelwaarde 1. Bij de Getallenlijntaak 1-10 zijn alle totaalscores meegenomen in de analyses, bij de Getallenlijntaak 1-100 zijn de totaalscores die uit minder dan 6 waarden bestonden niet meegenomen. Dit resulteerde in de volgende waarden, zoals getoond in Tabel 1.

Tabel 1  
*Beschrijvende statistieken*

| Taak               | Aantal | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard Deviatie |
|--------------------|--------|---------|---------|------------|--------------------|
| Vergelijken 1-10   | 90     | 6.00    | 20.00   | 17.29      | 2.83               |
| Vergelijken 1-100  | 76     | 5.00    | 20.00   | 13.20      | 3.23               |
| Vergelijken totaal | 76     | 20.00   | 40.00   | 30.87      | 4.47               |
| Getallenlijn 1-10  | 90     | 0.35    | 3.26    | 1.32       | 0.67               |
| Getallenlijn 1-100 | 68     | 12.50   | 43.65   | 27.25      | 5.95               |
| UGT-R totaal       | 90     | 5.00    | 20.00   | 11.57      | 3.57               |

Allereerst is de relatie tussen getalbegrip, opgedeeld in het schatten van hoeveelheden en het vergelijken van hoeveelheden, en rekenvaardigheid bij kinderen onderzocht. Er is een significant positieve samenhang gevonden tussen het aantal goed op Vergelijken 1-10 en Vergelijken 1-100 en Rekenvaardigheid,  $r = .30$  en  $r = .36$  (zie Tabel 2), evenals tussen het totaal aantal goed op Vergelijken totaal en Rekenvaardigheid,  $r = .42$ . Tussen de Getallenlijntaak 1-100 en Rekenvaardigheid is eveneens een significante samenhang

gevonden,  $r = -.41$  (zie Tabel 2). Tussen de Getallenlijntaak 1-10 en Rekenvaardigheid is echter geen significant verband gevonden.

Tabel 2

*Correlatiecoëfficiënten Rekenvaardigheid en Vergelijken 1-10, 1-100, totaal en Rekenvaardigheid en Getallenlijntaak 1-10 en 1-100*

| Taak               | $r$               | $p$   |
|--------------------|-------------------|-------|
| Vergelijken 1-10   | .30               | <.01  |
| Vergelijken 1-100  | .36               | <.01  |
| Vergelijken totaal | .42               | <.001 |
| Getallenlijn 1-10  | -.05 <sup>a</sup> | .66   |
| Getallenlijn 1-100 | -.41 <sup>a</sup> | <.01  |

a. Negatief verband, een hoge score op de Getallenlijn taak staat voor een grote afwijking tussen doelgetal en geschatte getal en staat dus voor een lage prestatie

## Studie 2

De vergelijkingstaak, als maat voor het getalbegrip gemeten bij volwassenen, bestond uit verschillende condities. De condities zijn hieronder weergegeven als non-symbolische – symbolische (NsNs), non-symbolische – symbolisch (NsS), symbolische – non-symbolisch (SNs) en symbolisch – symbolisch (SS). Per conditie varieerde de afstand tussen de hoeveelheden van klein (.5), gemiddeld (.6) en groot (.7). De gemiddelde scores op de vergelijkingstaak zijn per conditie en afstand weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3

*Beschrijvende statistieken gedragsdata*

| Conditie | Aantal<br>( $n$ ) | Missing | Gemiddelde<br>(M) | Standaarddeviatie<br>(SD) | Minimum<br>(min.) | Maximum<br>(max.) |
|----------|-------------------|---------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| NsNs_5   | 11                | 0       | 0.88              | 0.10                      | 0.70              | 0.98              |
| NsNs_6   | 11                | 0       | 0.77              | 0.09                      | 0.62              | 0.89              |
| NsNs_7   | 11                | 0       | 0.67              | 0.09                      | 0.54              | 0.80              |
| NsS_5    | 11                | 0       | 0.91              | 0.07                      | 0.75              | 1.00              |
| NsS_6    | 11                | 0       | 0.82              | 0.11                      | 0.61              | 0.97              |
| NsS_7    | 11                | 0       | 0.68              | 0.12                      | 0.46              | 0.80              |
| SNs_5    | 11                | 0       | 0.84              | 0.14                      | 0.55              | 1.00              |
| SNs_6    | 11                | 0       | 0.80              | 0.14                      | 0.52              | 0.98              |
| SNs_7    | 11                | 0       | 0.74              | 0.13                      | 0.50              | 0.87              |

|      |    |   |      |                   |      |      |
|------|----|---|------|-------------------|------|------|
| SS_5 | 11 | 0 | 1.00 | 0.01              | 0.98 | 1.00 |
| SS_6 | 11 | 0 | 1.00 | 0 <sup>E-12</sup> | 1.00 | 1.00 |
| SS_7 | 11 | 0 | 1.00 | 0.01              | 0.98 | 1.00 |

Na het onderzoek naar de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen is onderzoek gedaan naar de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij volwassenen. Vanwege een kleine power door de kleine onderzoeksgroep, zijn de gevonden correlaties tussen getalbegrip en rekenvaardigheid niet significant. Omdat de gevonden correlaties overeenkomen met de gevonden correlaties tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen is ervoor gekozen de correlaties toch met voorzichtigheid te interpreteren. Er is een matige samenhang gevonden tussen de proportie correct beantwoorde vragen op de totale vergelijkingstaak en rekenvaardigheid,  $r = -.25$ .

Wanneer gekeken wordt naar de verschillen in de non-symbolische en symbolische vergelijkingstaken wordt er een matige samenhang gevonden tussen de non-symbolische – symbolische conditie en de symbolische – non-symbolische conditie. Er wordt geen samenhang gevonden tussen de non-symbolische – non-symbolische en symbolische – symbolische conditie (zie Tabel 3).

Naast de verschillen in correlaties tussen non-symbolische en symbolische vergelijkingstaken en rekenvaardigheid zijn ook de verschillen in correlaties tussen afstand en rekenvaardigheid onderzocht. Hieruit blijkt dat de gemiddelde proportie correct beantwoorde vragen bij het vergelijken van hoeveelheden met een grote of gemiddelde afstand tot elkaar sterker samenhangt met rekenvaardigheid dan de gemiddelde proportie correct beantwoorde vragen bij het vergelijken van hoeveelheden met een kleine afstand tot elkaar (zie Tabel 3).

Tabel 3

*Correlatie Afstand en TTR en Conditie en TTR*

|  | Subject | r    | P   |
|--|---------|------|-----|
| Gemiddelde proportie correct beantwoorde vragen per afstand  | Groot   | -.29 | .42 |
|  | Middel  | -.25 | .50 |
|  | Klein   | -.18 | .62 |
| Gemiddelde proportie correct beantwoorde vragen per conditie | Totaal  | -.25 | .50 |
|  | NsNs    | -.08 | .83 |
|  | NsS     | -.25 | .50 |
|  | SNs     | -.30 | .39 |

---

SS                      -.06                      .88

---

Vervolgens werd de gedragsdata geanalyseerd met behulp van een Repeated Measures Anova om te bepalen wat het effect is van afstand en richting op het aantal correct beantwoorde vragen op de vergelijkingstaak in de non-symbolische en symbolische condities. Analyses van de data laten een hoofdeffect zien voor afstand bij de NsNs, de NsS en de SNs condities (zie Tabel 4). Voor alle condities is geen interactie-effect van afstand en richting gevonden (zie Tabel 5).

Tabel 4

*Hoofdeffect en Interactie-effecten van Afstand*

| Conditie | Afstandseffect |     |          | Interactie-effect<br>afstand*richting |     |          |
|----------|----------------|-----|----------|---------------------------------------|-----|----------|
|          | F              | df  | <i>P</i> | F                                     | Df  | <i>P</i> |
| NsNs     | 33.98          | 2,9 | <.001    | 0.14                                  | 2,9 | .87      |
| NsS      | 29.76          | 2,9 | <.001    | 0.75                                  | 2,9 | .50      |
| SNs      | 4.90           | 2,9 | <.05     | 0.55                                  | 2,9 | .59      |
| SS       | 1.69           | 2,9 | .24      | 1.69                                  | 2,9 | .24      |

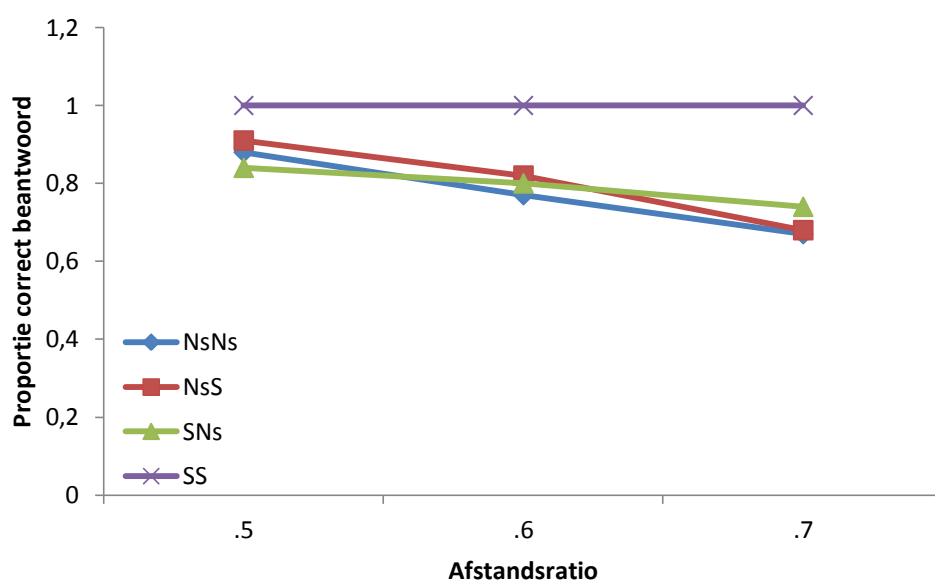
Binnen de NsNs, de NsS en de SNs conditie is een significant verschil gevonden in de proportie correct beantwoorde vragen (zie Tabel 5 en Figuur 2). De proportie correct beantwoorde vragen neemt lineair toe wanneer het afstandseffect groter wordt (zie Tabel 6). Binnen de SNs conditie wordt er een significant verschil gevonden tussen de afstanden groot en middel en groot en klein, maar geen significant verschil tussen de afstanden middel en klein. Dit geeft aan dat bij de SNs conditie eveneens geldt dat bij een grotere afstand tussen twee hoeveelheden de nauwkeurigheid toeneemt in vergelijking met een middel of kleine afstand. Er is geen significant verschil in nauwkeurigheid tussen een middel en kleine afstand.



Tabel 5

*Vershil in de Proportie Correct Beantwoorde Vragen per Conditie*

| Conditie | F     | Df          | P     | Mean Square | Partial Eta Squared |
|----------|-------|-------------|-------|-------------|---------------------|
| NsNS     | 44.48 | 2, 20       | <.001 | 0.18        | .82                 |
| NsS      | 48.72 | 1.57, 15.69 | <.001 | 0.20        | .83                 |
| SNs      | 9.00  | 2, 20       | <.01  | 0.03        | .47                 |



Figuur 2. Verband tussen proportie correct beantwoorde vragen en de afstandsratio.

Tabel 6

*Lineair Verband in de NsNs, NsS, en de SNs Conditie tussen de Proportie Correct Beantwoorde Vragen en Afstand; Verschil in Gemiddelden per Conditie*

| Conditie | F     | P     | Afstand (i - j) | Vershil gemiddelde |        |
|----------|-------|-------|-----------------|--------------------|--------|
|          |       |       |                 | i - j              | P      |
| NsNs     | 56.33 | <.001 | 1-2             | .11                | <.001  |
|          |       |       | 1-3             | .21                | <.001  |
|          |       |       | 2-3             | .10                | <.01   |
| NsS      | 65.60 | <.001 | 1-2             | .10                | < .01  |
|          |       |       | 1-3             | .24                | < .001 |
|          |       |       | 2-3             | .14                | < .001 |
| SNs      | 10.37 | <.01  | 1-2             | .04                | < .001 |
|          |       |       | 1-3             | .10                | < .05  |

2-3

.06

.08

*ERP data:* Bij de NsS, SNs en de SS condities worden in de erp's na het tonen van de S2 stimuli een serie negatieve en positieve buigingen die variëren per elektrode weergegeven. Tussen de 80 en 180 ms. wordt over het posterieure gebied de N1 piek gezien, tussen de 200 en 300 ms. verschijnt over het anterieure gebied de P2 piek. Tussen de 550 en 650 ms. wordt in alle condities een slow wave gezien.

Analyses van de piek latencies van de componenten tussen de 200 en 650 seconden laten geen significante effecten zien van afstand. Bij de N1 piek wordt een significant effect gevonden voor afstand in de SNs conditie,  $F(3,5) = 6.43, p < .05$ . Er is geen sprake van een significant lineaire trend,  $F(1) = 3.07, p = .12$ . Paarsgewijze vergelijking geeft aan dat er geen significant verschil is tussen de afstanden groot (.5) en middel (.6) en tussen groot (.5) en klein (zie Tabel 7). Tussen de afstanden middel en klein is wel een marginaal significant verschil, wat laat zien dat wanneer de afstand tussen twee hoeveelheden kleiner wordt, de amplitude groter wordt.

Voor de SNs condities zijn verdere analyses uitgevoerd naar het afstandseffect. Uit een Repeated Measures Anova voor het posterieure gebied (LP en RP) blijkt een marginaal effect van afstand,  $F(1.40, 9.77) = 3.17, p = .10$ . Er is een lineair verband tussen de afstanden middel en klein,  $F(1,7) = 12.24, p < .01$ . Wanneer de afstand afneemt, neemt de amplitude toe (zie Tabel 7). Er is eveneens een Repeated Measures Anova uitgevoerd voor het anterieure gebied (LA en RA). Hierbij wordt geen significant effect gevonden voor afstand,  $F(1.26, 2.53) = .98, p = .37$ .

Tabel 7

*Verskil in amplitude per afstand voor de SNs en NsS conditie*

| Locatie    | tijdsvak  | conditie | Afstand (i-j) | Gemiddelde<br>verschil afstand | <i>P</i> |
|------------|-----------|----------|---------------|--------------------------------|----------|
| Alle       | P1        | SNs      | 1-2           | -0.01                          | 1.00     |
|            |           |          | 1-3           | 0.62                           | .37      |
|            |           |          | 2-3           | 0.64                           | .05      |
| Posterieur | P1        | SNs      | 1-2           | 0.06                           | 1.00     |
|            |           |          | 1-3           | 0.75                           | .30      |
|            |           |          | 2-3           | 0.69                           | < .05    |
| Anterieur  | Slow wave | NsS      | 1-2           | .95                            | <.05     |

---

|     |     |      |
|-----|-----|------|
| 1-3 | .99 | <.05 |
| 2-3 | .04 | 1.00 |

---

Voor de P2 worden geen effecten van afstand waargenomen. Wel is er sprake van een marginaal interactie effect van afstand en locatie voor de SNs conditie over het posterieure gebied,  $F(1.40, 9.78) = 3.70, p = .08$ .

In de slow wave wordt voor de NsS conditie over het anterieure gebied een effect van afstand gevonden,  $F(1.92, 13.47) = 9.53, p = < .01$ . Er is een significant verschil tussen de grote en middel en tussen de grote en kleine afstand (zie Tabel 7). Er is geen verschil tussen de middel en kleine afstand. De amplitude neemt af naarmate de afstand tussen de getallen kleiner wordt. Voor de overige condities en locaties is geen significant effect van afstand gevonden. Wel is er sprake van een interactie effect voor de SS conditie over het posterieure gebied,  $F(1.76, 12.31) = 7.75, p = < .01$ .

Naast onderzoek naar het afstandseffect in de ERP is het verband tussen de ERP-data en rekenvaardigheid onderzocht. Uit het bepalen van de correlaties tussen de ERP-data en de TTR blijkt dat voor N1 er een significant positieve sterke samenhang is tussen de gemiddelde amplitude van de NsS conditie voor de afstanden klein, gemiddeld en groot over het anterieure gebied zowel over het linkse als over het rechtse gebied en rekenvaardigheid (zie 8 Tabel 8). Voor de overige condities wordt geen significante samenhang gevonden tussen de gemiddelde amplitude en rekenvaardigheid.

Wanneer de gevonden resultaten in de ERP-data samengevat worden, kan gezegd worden dat het afstandseffect voornamelijk zichtbaar is in het posterieure gebied bij de vergelijkingstaken die een beroep doen op het mappen van symbolisch naar non-symbolisch. Hoe kleiner de afstand tussen de te vergelijken getallen, hoe groter de amplitude van de ERP.

Tabel 8

*Correlatie gemiddelde amplitude voor de NsS conditie per afstand over het anterieure gebied in P1 en de TTR*

| Conditie    | <i>r</i> | <i>p</i> |
|-------------|----------|----------|
| NsS_P1_La_5 | .93      | <.01     |
| NsS_P1_La_6 | .80      | <.05     |
| NsS_P1_La_7 | .94      | <.01     |
| NsS_P1_Ra_5 | .97      | <.001    |
| NsS_P1_Ra_6 | .84      | <.01     |
| NsS_P1_Ra_7 | .84      | <.01     |

Als laatste is onderzoek gedaan naar de samenhang naar de gemiddelde amplitude en de proportie goed beantwoorde vragen per conditie. Hierbij is echter geen significante samenhang gevonden.

### **Discussie en conclusie**

Allereerst is onderzoek gedaan naar de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen. Uit de resultaten blijkt dat er gesproken kan worden van een matige samenhang tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij vijf- en zesjarigen. De correlatie van de verschillende componenten van getalbegrip geeft een matige samenhang tussen symbolische vergelijkingstaken (1-10 en 1-100) en rekenvaardigheid en tussen de symbolische getallenlijntaak en rekenvaardigheid. In andere onderzoeken naar de samenhang tussen vergelijkingstaken en rekenvaardigheid wordt eveneens een matige tot gemiddelde correlatie gevonden (Booth & Siegler, 2006; De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009; Siegler & Booth 2004). Opvallend is dat er geen significante samenhang gevonden wordt tussen score op de getallenlijntaak 1-10 en rekenvaardigheid. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de gemiddelde afwijking van de positie van geschatte getal tot de positie van het getal op de lijn klein is ( $M = 1.32$ ;  $Mdn = 1.03$ ). Hierdoor is het verschil in totaalscore op de getallenlijntaak tussen de participanten klein en wordt er geen significante samenhang gevonden.

Bij kinderen lijkt zowel het schatten van symbolische hoeveelheden als het vergelijken van symbolische hoeveelheden voorspellend voor de rekenvaardigheid. Het symbolisch getalbegrip blijkt op deze leeftijd, naast het non-symbolisch getalbegrip van belang te zijn voor de rekenvaardigheid.

Bij volwassenen is er eveneens sprake van een matige correlatie tussen getalbegrip (proportie aantal correct beantwoorde vragen op de totale vergelijkingstaak) en

rekenvaardigheid. Wanneer gekeken wordt naar de samenhang tussen de proportie correct beantwoorde vragen en rekenvaardigheid bij volwassenen per conditie blijkt dat er een matige samenhang is gevonden voor de non-symbolische – symbolische conditie en de symbolische – non-symbolische conditie met rekenvaardigheid. Deze condities doen vooral een beroep op de mappingsvaardigheden (Mundy & Gilmore, 2009). Er wordt geen samenhang gevonden voor de non-symbolische – non-symbolische en symbolische – symbolische conditie en rekenvaardigheid. Binnen de ERP data wordt voor het anterieure gebied een sterke samenhang gevonden tussen de non-symbolische – symbolische conditie van de vergelijkingstaak en de TTR. Ook hierbij gaat het om een vergelijkingstaak die een beroep doet op mapping.

Mappingsvaardigheden blijken een belangrijk component te zijn binnen getalbegrip en zijn bij volwassenen een sterkere voorspeller voor rekenvaardigheid dan symbolisch of non-symbolisch getalbegrip. Wanneer de resultaten tussen kinderen en volwassenen vergeleken worden, lijkt er een verschuiving te zijn van het symbolisch getalbegrip als voorspeller van rekenvaardigheid bij kinderen naar mapping als voorspeller van rekenvaardigheid bij volwassenen.

De score op een vergelijkingstaak blijkt af te hangen van de afstand van de te vergelijken hoeveelheden. Zowel binnen de NsNs, de NsS en de SNs conditie doet zich het afstandseffect voor, hoe groter de afstand tussen de twee te vergelijken getallen, hoe hoger de score op de taak. Er is geen significant effect van afstand zichtbaar bij de SS conditie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de participanten een hoge totaalscore hebben behaald binnen de SS conditie, waardoor de verschillen tussen de participanten op de symbolische vergelijkingstaak niet significant waren. Om die reden wordt het gebruik van reactietijden bij het bepalen van het effect van afstand binnen de verschillende condities aanbevolen.

Het afstandseffect doet zich dus niet alleen voor bij kleine getallen, maar ook bij grote getallen (Heine, Tamm, & Wisman, 2010; Libertus, Woldorff, & Brannon, 2010). Er is een lineair verband tussen de nauwkeurigheid en het afstandseffect. De nauwkeurigheid neemt toe wanneer het afstandseffect groter wordt. Dit komt overeen met de bevindingen van eerder studies (Hyde en Spelke, 2009; Temple & Posner, 1998; Soltesz et al., 2007). Uit deze resultaten blijkt dat niet alleen de ontwikkeling van het non-symbolische en symbolische getalbegrip en mapping voorspellend is voor de rekenvaardigheid, maar dat ook het afstandseffect hierin een rol speelt.

De elektrofyysiologische resultaten laten een afstandsgelateerde verandering zien in de hersenactiviteit in het posterieure gebied tussen de 80 en 180 ms. (N1) en in het anterieure

gebied tussen de 200 en 300 ms. (P2). De eerste negatieve piek laat een grotere negativiteit zien voor de non-symbolische hoeveelheden met een kleine afstand dan voor hoeveelheden met een grotere afstand tot elkaar. Voor de symbolische conditie wordt dit effect van afstand niet gevonden. De tweede positieve piek laat, zowel voor de symbolische als voor de non-symbolische conditie geen effect zien voor afstand. Rond de 550-560 is er sprake van een Slow Wave, waarin een significant effect van afstand wordt gevonden voor de symbolische conditie over het anterieure gebied. Dit is gelijk aan de gedragsresultaten die eveneens het afstandseffect laten zien in minder nauwkeurigheid voor het vergelijken van hoeveelheden met een kleine afstand tot elkaar dan voor het vergelijken van hoeveelheden met een grote afstand tot elkaar.

Opvallend is dat bij de non-symbolische condities er geen significant verschil is in amplitude van de N1 piek voor de afstanden klein en middel. Er is wel een significante toename van de amplitude voor de afstanden middel en groot. Dit komt overeen met de gedragsdata. Ook hierbij is het afstandseffect voornamelijk zichtbaar voor de grote getallen. Voor de symbolische condities is het omgekeerde het geval. Er is wel een significant verschil tussen de afstand en groot en middel en groot en klein, maar niet tussen de afstanden middel en klein. In de gedragsdata komt dit verschil tussen de afstanden niet terug.

Concluderend kan gezegd worden dat er een matige samenhang is tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij kinderen en bij volwassenen. Voor de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid bij volwassenen blijkt mapping een sterkere voorspeller te zijn voor rekenvaardigheid dan het symbolisch of non-symbolisch getalbegrip. De symbolisch – non-symbolische conditie en de non-symbolisch – symbolische conditie van de vergelijkingstaak hangen dan ook sterker samen met rekenvaardigheid dan de symbolische of non-symbolische conditie. Naast mapping is het afstandseffect ook een voorspeller voor rekenvaardigheid. Het afstandseffect doet zich eveneens voor bij getallen groter dan twintig en is niet alleen zichtbaar in het symbolische en non-symbolische getalbegrip, maar ook bij mapping. De prestaties op het vergelijken van getallen met een grotere afstand tot elkaar hangen sterker samen met rekenvaardigheid dan de prestaties op het vergelijken van getallen met een kleine afstand tot elkaar.

Aanbevolen wordt om in vervolgonderzoek de TTR, gebruikt voor het meten van de rekenvaardigheid bij volwassenen te vervangen door taak die meerdere componenten van rekenvaardigheid meet dan alleen de automatisering. Mogelijk heeft het gebruik van de TTR in dit onderzoek geleid tot het niet kunnen vinden van een significante correlatie met rekenvaardigheid. Nog niet duidelijk is hoe de samenhang tussen getalbegrip en

rekenvaardigheid zich ontwikkeld in de volwassenheid. Afgevraagd kan worden of de ontwikkeling van getalbegrip een voorwaarde is en blijft voor rekenvaardigheid of dat er een wederzijdse beïnvloeding is van de ontwikkeling van getalbegrip en de ontwikkeling van rekenvaardigheid naarmate men ouder wordt en het onderwijs toeneemt.

### Literatuur

- Aunio, P., Hautamäki, J., Sajaniemi, N., & Van Luit, J.E.H. (2009). Early numeracy in low-performing Young children. *British Educational Research Journal*, *35*, 25-46.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, *79*, 1016-1031. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Clarke, B., & Shinn, M. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, *33*, 234-248.
- Dehaene, S. (1989). The psychophysics of numerical comparison: A reexamination of apparently incompatible data. *Perception & Psychophysics*, *45*, 557-566.
- Dehaene, S. (1996). The organization of brain activations in number comparison: Event-Related Potentials and the additive-factors Method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*, 41-68.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language*, *16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- 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*, 335-361
- DeSmedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, 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
- DeVos, T. (1994). *Handleiding Tempo Test Rekenen, T.T.R. (2<sup>e</sup> druk)*. Nijmegen: Berkhout. Lisse: Harcourt Test Publishers.
- Evers, A., Egberink, I. J. L., Braak, M. S. L., Frima, R. M., Vermeulen, C. S. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009-2012). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom test uitgevers.
- Evers, A. V. A. M., Sijtsma, K., Lucassen, W., & Meijer, R. R. (2010). The Dutch review process for evaluating the quality of psychological tests: History, procedure and results. *International Journal of Testing*, *10*, 295-317. doi:10.1080/15305058.2010.518325



- 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.
- Heine, A., Tamm, S., Wissmann, J., & Jacobs, A.M. (2011). Electrophysiological correlates of non-symbolic numerical magnitude processing in children: Joining the dots. *Neuropsychologica, 49*, 3238-3246. doi: 10.1016/j.neuropsychologica.2011.07.028
- 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
- Hoehl, S., & Wahl, S. (2012). Recording infant ERP data for cognitive research. *Developmental Neuropsychology, 37*, 187-209.
- Hyde, D.C., & Spelke, E.S. (2011). Neural signatures of number processing in human infants: Evidence for two core systems underlying numerical cognition. *Developmental Science, 14*, 360-371. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.00987.x
- Inglis, M., Attridge, N., Batchelor, S., & Gilmore, C. (2011). Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: But only in children. *Psychonomic Bulletin and Review, 18*, 1222-1229
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J. E. H., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology, 20*, 65-76.
- 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.
- Libertus, M.E., & Brannon, E.M. (2009). Behavioral and neural basis of number sense in infancy. *Current Directions in Psychological Science, 18*, 346-351. doi :10.1111/j.1467-8721.2009.01665.x
- 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.
- 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.
- 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.

- Libertus, M.E., Woldorff, M.G., & Brannon, E.M. (2010). Electrophysiological evidence for notation independence in numerical processing. *Behavioral and Brain Functions*, *3*, 1-15. doi:10.1186/1744-9081-3-1
- Lourenco, S.F., Bonny, J.W., Fernandez, E.P., & Rao, S. (2012). Nonsymbolic number and cumulative are a representation contributes hared and unique variance to symbolic math competence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*, 1837-1842.
- Lyons, I.M., & Beilock, S.L (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number sense and arithmetic competence. *Cognition*, *121*, 256-261.
- Mazzocco, M.M.M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development*, *82*, 1224-37.
- Moyer, R.S., & Landauer, T.K. (1967). Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, *215*, 1519-1520.
- Mundy, E., & Gilmore, C.K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 490-502.
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J.-M. (2011). FieldTrip: Open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological Data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *156869*, 1-9. doi:10.1155/2011/156869
- Paulsen, D.J., & Neville, H.J. (2008). The processing of non-symbolic numerical magnitudes as indexed by ERPs. *Neuropsychologia*, *46*, 2532-2544. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.003
- Paulsen, D.J., Woldorff, M.G., & Brannon, E.M. (2010). Individual differences in nonverbal number discrimination correlate with event-related potentials and measures of probabilistic reasoning. *Neuropsychologia*, *48*, 3687-3695. doi:10.1016/j.neuropsychologica.2010.08.014
- 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*, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, *75*, 428-444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- Simon, T.J., Bearden, C.E., McDonald-McGinn, D., & Zackai, E. (2005) Visuospatial and numerical cognitive deficits in children with chromosome 22q11.2 deletion syndrome. *Cortex*, *41*, 131-141.

- Soltesz, F., Szucs, D., Dekany, J., Markus, A., & Csepe, V. (2007). A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neuroscience Letters*, *417*, 181-186. doi:10.1016/j.neulet.2007.02.067
- Soltesz F, Szücs D, & Szücs L. (2010). Relationships among magnitude representation, counting, and memory in 4- to 7-year-old children: a developmental study. *Behavioral and Brain Function*, *6*, 1-14.
- Szűcs, D., & Csépe, V. (2005). The effect of numerical distance and stimulus probability on ERP components elicited by numerical incongruencies in mental addition. *Cognitive Brain Research*, *22*, 289-300.
- Temple, E., & Posner, M. I. (1998). Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults. *Proceedings of the National Academic of Sciences of the United States of America*, *95*, 7836-7841.
- Van Luit, J.E.H., & Van de Rijt, B.A.M. (2009). De Utrechtse Getalbegrip Toets – Revised; het belang van vroegtijdige signalering. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, *48*, 255-270.