



Universiteit Utrecht

Executieve functies en rekenvaardigheid

Een onderzoek naar de relatie tussen de executieve functie updating en
rekenvaardigheid

Utrecht, juli 2008

Master Orthopedagogiek, werkveld leerlingenzorg

Universiteit Utrecht

Student: A.M.H. Sigmond (0307017)

Begeleidster: S.H.G. van der Ven, MSc.

Tweede beoordelaar: Dr. J.H.M. Hamers

Voorwoord

Dit onderzoeksverslag betreft het afstudeeronderzoek naar de samenhang tussen de executieve functie updating en voorbereidende rekenvaardigheid bij kinderen in groep 2 en 3 van het basisonderwijs. Dit onderzoek is een onderdeel van een groter lopend onderzoek naar executieve functies en rekenvaardigheid, uitgevoerd door de Universiteit Utrecht. Mijn interesses zijn naar dit onderwerp uitgegaan vanwege mijn voorkeur me te verdiepen in rekenen bij kinderen in het basisonderwijs.

Ik wil graag mijn dank uitspreken naar iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan de totstandkoming van dit onderzoeksverslag. In de eerste plaats wil ik mijn begeleidster, Sanne van der Ven bedanken voor het geven van heldere en deskundige feedback en prettige begeleiding tijdens alle fasen van dit onderzoek. Daarnaast bedank ik ook mijn ouders, die ervoor gezorgd hebben dat ik een universitaire opleiding kon volgen en daarnaast volledig achter mij stonden tijdens deze opleiding. Tot slot bedank ik mijn directe vrienden voor hun steun en afleiding.

Anne-Marthe Sigmond

Utrecht, juli 2008

Inhoudsopgave

1.	Abstract	4
2.	Inleiding	4
	2.1 Voorbereidend rekenen	5
	2.2 Werkgeheugen en executieve functies	6
	2.2.1 Werkgeheugen	6
	2.2.2 Executieve functies	8
	2.3 Rekenen en updating	9
	2.4 Het huidige onderzoek	11
3.	Methode	12
	3.1 Participanten	12
	3.2 Procedure	13
	3.3 Onderzoeksinstrumenten	13
	3.3.1 Onthoud de plaatjes	13
	3.3.2 Odd one out	13
	3.3.3 Cijferreeksen achterwaarts	14
	3.3.4 UGT	14
	3.3.5 Cito-rekenen	14
	3.4 Betrouwbaarheid	15
	3.5 Statistische analyses	15
4.	Resultaten	16
	4.1 Beschrijvende statistieken	16
	4.2 Statistische analyses	17
5.	Discussie	19
6.	Literatuurlijst	23

1. Abstract

Mathematics is an ability used in every day life and starts to develop at a young age. Five till eight percent of all children have mathematic problems. Executive functions are a part of the working memory and essential during the development of mathematical abilities. The aim of this study was to investigate the relationship between the executive function updating and early mathematics. This sample includes 220 children, followed in kindergarten and first grade. Two mathematic tests and three working memory tasks were used in this research. The results suggest that there is a medium-sized relation between the executive function updating and early mathematics. For the mathematic tests, all updating tasks were significant. But there were two updating task stronger predictors for good mathematical functioning than other tasks; digit span backwards and keep track. Results show a development in updating skills during six months.

2. Inleiding

Rekenen is een vaardigheid die veel gebruikt wordt in het dagelijkse leven en al op jonge leeftijd vorm begint te krijgen. Vijf tot acht procent van alle kinderen heeft echter rekenproblemen (Geary, 2004). Ook Kroesbergen en Van Luit (2003) bevestigen dit beeld en geven aan dat ongeveer vijf tot tien procent van schoolgaande kinderen rekenmoeilijkheden hebben. Deze moeilijkheden kunnen op zichzelf staan, maar ook kunnen er problemen aanwezig zijn op het gebied van andere vaardigheden zoals de leesvaardigheid (Ruijsenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004).

Diverse onderzoeken hebben uitgewezen dat een goed functionerend werkgeheugen een rol speelt bij het ontwikkelen van rekenvaardigheden (DeStefano en Lefevre, 2004; Imbo en Vandierendonck, 2007; Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007; Rasmussen en Bisanz, 2005). Ander onderzoek heeft laten zien dat executieve functies een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Bull en Scerif, 2001; Dowker, 2005).

Dit onderzoek is onderdeel van een groter onderzoek, waarbij onderzoek gedaan wordt naar de stabiliteit van executieve functies en hun rol in het aanvankelijk rekenproces. Het doel van het huidige onderzoek is inzicht verkrijgen in de relatie tussen executieve functies en rekentoetsen UGT en Cito-rekenen in groep 2 en 3 van het basisonderwijs. De executieve functie updating wordt hierbij uitgelicht omdat eerder onderzoek heeft laten zien dat deze executieve functie een onderscheid kan maken tussen kinderen met goede en slechte probleemoplossingcompetenties (Passolunghi en Pazzaglia, 2004; Passolunghi en Pazzaglia,

2005). Als hoofdvraag wordt gebruikt: ‘Wat is de relatie tussen rekenvaardigheid en de executieve functie updating?’

2.1 Voorbereidend rekenen

Rekenvaardigheden ontwikkelen zich bij kinderen al op vroege leeftijd. Kinderen komen al gauw in aanraking met getallen en hoeveelheden. Hierbij kan gedacht worden aan bepaalde spelvormen, gesprekken, computerspelletjes en tv-programma’s. Deze ervaring wordt ook wel informele kennis genoemd; de kinderen zijn op een onbewuste manier bezig met het ontwikkelen van rekenvaardigheden. Daarnaast bestaat er ook formele kennis. Deze kennis wordt opgedaan op een bewuste manier, bijvoorbeeld door rekenen-wiskundeonderwijs. De voorbereidende rekenvaardigheden beginnen zich te ontwikkelen vanaf het vierde levensjaar en zorgen ervoor dat kinderen voorbereid zijn op het rekenen-wiskundeonderwijs van groep drie en vier. Rekenvaardigheden als optellen en aftrekken en telvaardigheden ontwikkelen zich in de groepen één en twee verder, nadat deze vaardigheden basaal in de babytijd al aanwezig zijn. De overgang naar het rekenen in groep drie wordt vergemakkelijkt door de dan reeds aanwezige rekenvaardigheden. (Ruijsenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004).

Dumont (1994, in Ruijsenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004) heeft enkele voorwaarden voor rekenen op een rijtje gezet. Deze zijn gebaseerd op de basale elementen van getalbegrip die Piaget (1973) ontwikkeld heeft, namelijk conservatie, correspondentie, classificatie en seriatie. Deze ‘Piagetiaanse operaties’ spelen een rol bij voorbereidend rekenonderwijs. Bij conservatie is er inzicht in het onveranderlijk blijven van bepaalde eigenschappen van een object ondanks dat het object bepaalde veranderingen ondergaat. Als water uit een smal, hoog glas, overgegoten wordt in een ander breed, laag glas en kinderen nog steeds snappen dat er in beide glazen dezelfde hoeveelheid water gezeten heeft, is er sprake van conservatie. Het vergelijken van hoeveelheden door het maken van een één op één relatie tussen afzonderlijke objecten wordt corresponderen genoemd. De ‘Piagetiaanse operatie’ classificeren wordt omschreven als de operatie waarbij objecten geordend worden in klassen of subklassen. Tot slot wordt er onder seriëren rangordening van objecten verstaan. Passolunghi, Vercelloni en Schadee (2007) geven aan dat ook getalbegrip een essentieel component is binnen rekenen op het basisonderwijs. Getalbegrip houdt in dat het uit- en verwerken van getallen mogelijk is. Als een kind op ieder moment tijdens het aftellen van losse elementen elk telwoord zowel opvat als aanduiding van het hoeveelste getelde element als van het totale aantal tot dan toe getelde elementen, is er sprake van getalbegrip.

Telvaardigheden zijn gericht op het geven van één op één relaties tussen objecten en de numerieke representaties. Gelman en Gallistel (1978) hebben een aantal telprincipes op een rijtje gezet. Om tot het een op een principe te komen, zijn er twee processen waar een kind aan moet voldoen; verdeling en labelen. Elk getal krijgt een afzonderlijk label. Kinderen kunnen aangeven dat als getallen voldoen aan een juiste volgorde, er sprake is van een rangvolgorde. Als een huis in een straat gesloopt wordt, blijven de huisnummers hetzelfde. Dit wordt ordinaliteit genoemd. Een ordinaal getal geeft de positie van een getal in een getallenrij aan. Het begrip kardinaliteit betekent het aantal elementen van een verzameling getallen. Daarnaast bestaat er ook het ‘order irrelevance’ principe dat aangeeft dat het niet van belang is hoe er geteld wordt. Het principe gericht op de stabiele volgorde houdt zich bezig met de juiste volgorde van getallen. Daarnaast is er het abstractieprincipe dat gericht is op wát en niet hoe er geteld wordt; vijf schapen zijn hetzelfde als vijf cirkels. Kennis van rekenen blijft zich ontwikkelen naarmate kinderen en later volwassenen, meer ervaringen op doen met getallen, de kenmerken van getallen en de handelingen met getallen (Ruijsenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004).

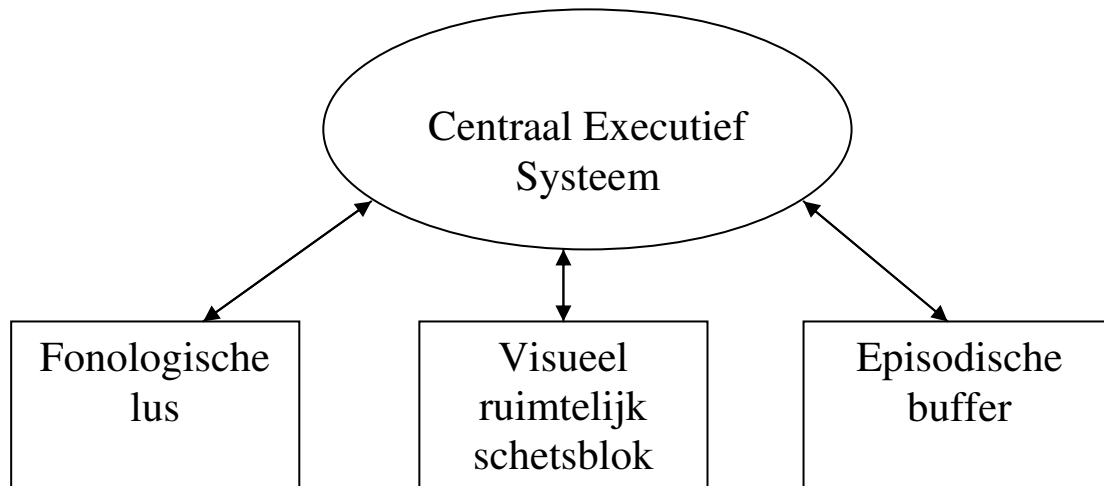
Rekenvaardigheid begint zich goed te ontwikkelen in groep 3, wanneer kinderen rekenen-wiskunde onderwijs aangeboden krijgen. Er zijn een aantal onderdelen die in het rekenen-wiskunde onderwijs in groep 3 naar voren komen. Deze hebben te maken met getallen, automatisering en hoofdrekenen. Kinderen in groep 3 leren tellen tot twintig en krijgen een eerste kennismaking met het verder tellen dan twintig. Daarbij zijn rekensommen met optellen en aftrekken belangrijk om deze kennis toe te passen. Ook leren ze betekenis geven aan getallen. Er is aandacht voor de telrij en het tellen van ongeordende hoeveelheden, maar ook voor het aanbrengen en herkennen van structuur in hoeveelheden. Er wordt een begin gemaakt met het verkennen van ruimte, symmetrie en spiegelingen.

2.2 Werkgeheugen en executieve functies

2.2.1 Werkgeheugen

Rekenen wordt gezien als een proces van informatieverwerking omdat rekenen te maken heeft met het opslaan van informatie in het lange termijn geheugen en het ophalen van relevante informatie hieruit voor direct gebruik. Het werkgeheugen is een belangrijk element bij het ontwikkelen van rekenvaardigheid, omdat het bewerken van informatie onder de taken van het werkgeheugen valt. Daarnaast is het werkgeheugen de plaats waar al het bewuste voelen, vergelijken, berekenen en beredeneren plaatsvindt (Grey, 2001). Baddeley en Hitch (1974)

hebben een model ontwikkeld voor het werkgeheugen (zie figuur 1). Het bevat een attentieel controle systeem: het centraal executieve systeem en drie subordinaire opslagsystemen: de fonologische lus, het visueel ruimtelijke schetsboek en de episodische buffer. De laatste is pas toegevoegd na verder onderzoek naar het werkgeheugen (Baddeley, 2000).



Figuur 1: *Working Memory Model van Baddeley en Hitch (1974)*

Het centraal executieve systeem wordt beschouwd als een controle component, dat verantwoordelijk is voor de controle en regulatie van cognitieve processen die in relatie staan met de opslagsystemen. Ook wordt dit systeem vaak in verband gebracht met het functioneren van de frontale kwabben in de hersenen. Een andere functie die geassocieerd wordt met het centrale executieve systeem is de verantwoordelijkheid voor planning en het samenvoegen van activiteiten (Baddeley, 1986; DeStefano en LeFevre, 2004). De fonologische lus is bedoeld voor de fonologische opslag en herhaling. Het visueel ruimtelijke schetsblok heeft als functie het behouden van visueel-ruimtelijke informatie en is belangrijk bij het manipuleren en genereren van mentale beelden. De laatste component van het werkgeheugen is de episodische buffer. Ook deze component zorgt voor tijdelijke opslag van informatie. Deze opslag wordt weergegeven in een code, waarbij de informatie uit de twee andere hulpsystemen (de fonologische lus en het visueel ruimtelijke schetsblok) en uit het lange termijn geheugen geïntegreerd worden tot een episodische representatie (Grey, 2001).

Baddeley (1996, 1998) heeft de eerste stap gezet voor de verdieping in het begrijpen van het centraal executieve systeem. Hij gebruikt hiervoor enkele functies die vallen onder de controle van executieve processen. Dit zijn de hogere controlefuncties van de hersenen. In het model van het werkgeheugen, ontwikkeld door Baddeley (1996), zijn er binnen het centraal

executieve systeem vier verschillende executieve functies, namelijk inhibitie, shifting, updating en planning. Cognitieve strategieën, de mogelijkheid om te kunnen reflecteren op eigen denkprocessen en het maken van metacognitieve processen zijn taken die te maken hebben met de executieve functies. De executieve functies worden vaak geassocieerd met componenten van informatieverwerking en hebben invloed op de drie opslagsystemen en andersom. Baddeley (2007) geeft aan dat de vier executieve functies zich ontwikkelen gedurende de kindertijd en de adolescentie.

2.2.2 Executieve functies

Onder de executieve functie *inhibitie* wordt de mogelijkheid verstaan om irrelevante informatie te schrappen en te voorkomen dat deze terecht komt in het werkgeheugen. Inhibitie zorgt ervoor dat relevante informatie behouden wordt voor het oplossen van problemen en nutteloze informatie weggefilterd wordt (Miyake et al., 2000). De executieve functie *shifting* wordt gedefinieerd als het verwisselen van meervoudige taken, strategieën en mentale constructies (Monsell, 1996 in Miyake et al., 2000). *Updating* wordt door Miyake et al. (2000) gezien als het kunnen monitoren en coderen van representaties in het werkgeheugen. Informatie die het werkgeheugen binnen komt wordt door deze executieve functie gemanipuleerd. Oude, niet relevante informatie wordt vervangen door nieuwe, meer relevante informatie (Miyake et al., 2000; Passolunghi en Pazzaglia, 2004).

Onderzoek naar executieve functies blijkt verre van gemakkelijk. Een van de fundamentele problemen is het 'task impurity problem'. Dit houdt in dat executieve taken andere, niet executieve componenten bevatten. Omdat executieve functies cognitieve processen reguleren, meten ze vaak cognitieve processen die niet direct relevant zijn voor executieve functies. Bij bepaalde taken wordt er bovendien een beroep gedaan op meerdere executieve functies. Een lage score op een enkele executieve taak hoeft niet noodzakelijk te betekenen dat er sprake is van inefficiënt of verminderd executief functioneren (Miyake et al., 2000; Van der Sluis, De Jong en Van der Leij, 2007). Daarnaast geven Miyake et al. (2000) aan dat de construct validiteit van executieve taken vaak niet goed is. Er is een gebrek aan rigoureuze theoretische analyses en onafhankelijk empirisch bewijs met betrekking tot wat de executieve taken meten. Naast dat het lastig is om onderzoek te doen naar executieve functies spreken empirische onderzoeken elkaar ook tegen. Aan de ene kant is uit meerdere onderzoeken gebleken dat executieve functies van elkaar te scheiden zijn (Huizinga, Dolan en Van der Molen, 2006; Lehto et al, 2003; Passolunghi en Pazzaglia, 2005), terwijl ander

onderzoek aangeeft dat het centrale executieve systeem als eenheid werkt en niet op te delen is in verschillende functies (De Jong en Van der Leij, 2007). Vanwege de moeilijkheden om executieve functies te onderzoeken is er in nu voorliggend onderzoek voor gekozen om dieper in te gaan op de executieve functie updating. De andere executieve functies komen in dit onderzoek niet aan bod.

Er is onderzoek gedaan naar de groei van de executieve functies in de kindertijd. Hughes (1998) laat in haar onderzoek naar voren komen dat er in de voorschoolse periode leeftijd gerelateerde veranderingen in het executief functioneren plaatsvinden. Kinderen krijgen in hun ontwikkeling meer grip op hun gedachten en acties. Dit wordt geassocieerd met de ontwikkeling van executieve functies. Deze functies groeien vanaf de vroege kindertijd tot aan de volwassenheid. Maar voor elke executieve functie geldt een ander ontwikkelingstraject (Huizinga, Dolan en Van der Molen, 2006). Wanneer kerncomponenten van executief functioneren zich ontwikkelen, vormen ze een belangrijke basis die de start zal zijn voor de ontwikkeling van complexere cognitieve processen tot in de volwassenheid (Garon, Bryson en Smith, 2008). Veranderingen op gedragsniveau en hersenfunctionering zijn geconstateerd bij de executieve functie updating. De groei van updating begint al in de babytijd. Wanneer kinderen de basisschoolleeftijd bereiken, namelijk op 6- of 7-jarige leeftijd, neemt deze groei exponentieel toe. Updating wordt teruggevonden in het werkgeheugen (Alloway, Gathercole, Willis and Adams, 2004; Gathercole & Pickering, 2000; Gathercole, Pickering, Ambridge and Wearing, 2004). Daarnaast wordt een lineaire lijn getrokken voor de ontwikkeling op het gebied van updating van 6 á 7-jarigen tot aan de adolescentie. Volgens Huizinga, Dolan en Van der Molen (2006) blijft updating zich ontwikkelen tot in de jong volwassenheid. Hoe ouder de kinderen worden, hoe groter de correlatie is tussen updating en andere functies van het werkgeheugen. Dit kan worden verklaard door een groei in de procesefficiëntie. De structurele organisatie van het werkgeheugen blijft constant gedurende de kinderjaren. En de positieve ontwikkeling van updating hangt samen met andere factoren als de ontwikkeling van strategieën (Gathercole, Pickering, Ambridge and Wearing, 2004).

2.3 Rekenen en updating

Uit onderzoek is gebleken dat het werkgeheugen een significante voorspeller is voor rekenen aan de start van het basisonderwijs en dat met name het centrale executieve systeem hier een grote bijdrage aan levert (Bull en Scerif, 2001; Dowker, 2005; McLean en Hitch, 1999; Passolunghi en Pazzaglia, 2004; Passolunghi en Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni en

Schadee, 2007; Van der Sluis, De Jong en Van der Leij, 2007) Het werkgeheugen heeft te maken met de beheersing van rekenbegrippen en het maken van onderscheid en groepering van voorwerpen, zoals deze in de Utrechtse Getalbegrip Toets (UGT) aan bod komen (Van Luit, Van de Rijt en Pennings, 1998). Daarbij spelen specifieke functies van het werkgeheugen ook een belangrijke rol binnen het rekenonderwijs. Kinderen met reken- en leesproblemen hebben een domein-specifiek probleem binnen het werkgeheugen. Problemen zijn ontdekt binnen het centraal executieve systeem (Andersson en Lyxell, 2007; Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007; Swanson en Kim, 2007). Alle functies van het centraal executieve systeem functioneren op een ander niveau dan bij kinderen zonder reken- en leesproblemen. Deze kinderen vertonen voornamelijk problemen bij opslag en proces van informatie. Kinderen zonder reken- en leesproblemen vertonen deze problemen niet (Andersson & Lyxell, 2007).

De executieve functie updating is positief gerelateerd aan rekenvaardigheden (Bull en Scerif, 2001; Lehto, 1995; Passolunghi en Pazzaglia, 2004; Passolunghi en Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007). Onderzoek heeft uitgewezen dat metingen voor updating, uitgevoerd voordat kinderen de basisschool betreden, een goede voorspeller zijn voor schoolse vaardigheden tot aan drie jaar later (Gathercole, Brown & Pickering, 2003).

In het bijzonder wanneer er een probleem opgelost moet worden, is het noodzakelijk dat relevante informatie gebruikt wordt om op een adequate manier tot een oplossing te komen (Dowker, 2005). Problemen met probleemoplossen komen voort uit moeilijkheden met verwerken en updaten van informatie (Passolunghi en Pazzaglia, 2004). Dezelfde onderzoekers (Passolunghi en Pazzaglia, 2005) komen in ander onderzoek ook tot de conclusie dat er een relatie is tussen updating en rekenkundig probleem oplossen. Het blijkt dat minder goede probleemoplossers moeite hebben met updating taken, waardoor geconcludeerd kan worden dat probleem oplossen vertrouwt op het centrale executieve systeem voor proces en updating informatie. De executieve functie updating kan een onderscheid maken tussen kinderen met goede en slechte probleemoplossingcompetenties. Kinderen die goed ontwikkeld zijn betreffende updating leverden betere prestaties dan de kinderen die minder goed ontwikkeld waren op deze executieve functie gebied (Passolunghi en Pazzaglia, 2004).

Updating functioneert minder goed bij kinderen met rekenproblemen, dan bij kinderen met andere schoolse moeilijkheden als leesproblemen (Dowker, 2005). Onderzoek heeft uitgewezen dat er moeilijkheden zijn bij kinderen die rekenproblemen of een combinatie van

reken- en leesproblemen hebben (Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007). Goede updating vaardigheden zouden betere voorwaarden kunnen zijn voor succesvol presteren op rekenvaardigheidstaken (Van der Sluis, De Jong en Van der Leij, 2007). In onderzoek van Van der Sluis, Van der Leij en De Jong (2005) zijn zwakke rekenaars vergeleken met sterke rekenaars op hun updatingvaardigheden. Hieruit komt dat de negen tot elf-jarigen met rekenproblemen of leesproblemen géén tekorten vertonen op taken die het executief functioneren meten. Voor de executieve functie updating is echter wel geconstateerd dat kinderen met zowel lees- als rekenproblemen een tekort ontwikkeld hebben. Dit tekort kan verklaard worden als een toevoeging van de lichte problemen die reken- of leesproblemen hebben, die geen significantie bereikt hebben. In een ander onderzoek, met een steekproef van zeven-jarige kinderen, waarin zwakke én sterke rekenaars zijn betrokken, komt wel een relatie tussen updating en rekenen naar voren. Een verklaring voor dit verschil is dat er sprake is geweest van een andere samenstelling van de steekproef. Bull en Scerif (2001) maken gebruik van zeven-jarige kinderen, terwijl Van der Sluis, Van der Leij en De Jong (2005) negen- tot elf-jarige kinderen betreft in de steekproef. Zoals eerder aangegeven, is leeftijd van invloed op de ontwikkeling van executief functioneren en kan het bij deze onderzoeken ook van invloed zijn geweest.

2.4 Het huidige onderzoek

Het doel van het overkoepelende onderzoek is meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de executieve functies inhibitie, shifting en updating in de domein specifieke ontwikkeling van vroege rekenvaardigheden. Binnen dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van toetsende hypothesen, waardoor er gesproken kan worden van een experimentele onderzoeksstrategie. Dit onderzoek kan gezien worden als een kwantitatief onderzoek. Er wordt gekeken naar de eventuele relatie tussen capaciteiten in executieve functies en rekentoetsen. Er is sprake van praktische relevantie. Hoe meer kennis er is betreffende executieve functies in relatie tot rekenvaardigheid, hoe beter er gekeken kan worden naar het rekenen-wiskunde onderwijs. Aan de hand van deze kennis kunnen rekenprogramma's in de toekomst aangepast worden om te zorgen voor betere aansluiting bij capaciteiten van het kind.

Omdat dit onderzoek slechts een onderdeel is van het overkoepelende onderzoek, zal er één executieve functie specifiek in betrokken worden. Er is gekozen om updating als specifieke executieve functie uit te diepen. Er zal gekeken gaan worden naar een relatie tussen de rekenvaardigheidstoetsen en de executieve functie updating.

De volgende vraagstelling is ontwikkeld: ‘Wat is de relatie tussen rekenvaardigheid en de executieve functie updating?’

Aan de hand van deze vraagstelling worden de volgende onderzoeksvragen geformuleerd;

1. Is er een relatie tussen UGT (Utrechtse Getalbegriptoets) en rekenen?
2. Wat is de relatie tussen de executieve functie updating en UGT?
3. Wat is de relatie tussen de executieve functie updating en Rekenen M3 (Cito-toets)?
4. Welke updatingtaken zijn goede voorspellers voor de rekenvaardigheid?
5. Is er een vooruitgang van de executieve functie updating te zien in zes maanden?

Vanuit de literatuur zijn de volgende verwachtingen opgesteld: wanneer de relatie bekeken wordt tussen de UGT en rekenen, zal er verwacht worden dat er een relatie bestaat tussen deze twee rekentoetsen (Ruijssenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004). Er wordt verwacht dat een positief verband bestaat tussen de rekenvaardigheidstoetsen en de executieve functie updating (Bull en Scerif, 2001; Dowker, 2005; Miyake et al., 2000; Passolunghi en Pazzaglia, 2004; Passolunghi en Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007). Ten slotte wordt er verwacht dat er een vooruitgang te zien is van de executieve functie updating tussen de twee meetmomenten (Hughes, 1998; Passolunghi en Pazzaglia, 2004).

3. Methode

3.1 Participanten

In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van een steekproef van 237 kinderen, waarna bij het tweede meetmoment nog 220 kinderen deelnamen aan het onderzoek, 105 meisjes en 115 jongens. Na meetmoment 2, hadden de kinderen een gemiddelde leeftijd 86.6 maanden (78 – 100 maanden, $SD = 4.35$). De kinderen zijn getest in groep 2, dezelfde groep is ook getest in groep 3. De kinderen zijn verdeeld over tien basisscholen die gesitueerd zijn in heel Nederland. De scholen zijn volgens een aantal criteria. In eerste instantie is er gekeken naar de rekenmethode die er op de scholen gebruikt wordt. Deze is op alle tien de scholen hetzelfde, namelijk Pluspunt. Daarnaast zijn de scholen die in aanmerking gekomen zijn voor deelname aan dit onderzoek witte scholen. Op deze scholen zijn nauwelijks tot geen allochtone kinderen aanwezig. Voor deze selectie is gekozen om te voorkomen dat er taalzwakke kinderen mee zouden doen aan het onderzoek. Ten slotte is er geselecteerd op sociaal economische status (SES). Binnen de geselecteerde scholen zijn er zowel ouders met een lage sociale economische status als met een hoge sociale economische status. De selectie

van kinderen heeft plaatsgevonden op vrijwillige basis. Kinderen waarvan ouders toestemming gegeven hebben voor deelname aan het onderzoek zijn geselecteerd.

3.2 Procedure

In mei/juni 2007 is de UGT afgenomen bij kinderen in groep 2. De geselecteerde kinderen zijn na de zomervakantie naar groep drie gegaan. Door de school zelf zijn Cito-toetsen afgenomen in januari-februari 2008 (rekenen M3), die betrekking hebben op rekenen-wiskunde. Er zijn twee verschillende Cito-toetsen afgenomen, namelijk de Leerlingvolgsysteem (LVS) en de Leerling- en Onderwijsvolgsysteem (LOVS). De LVS is bij 57 kinderen afgenomen en de LOVS bij 163 kinderen. Er zijn twee meetmomenten geweest om de executieve functie updating te meten, namelijk in september/oktober 2007 en in maart/april 2008.

3.3 Onderzoeksinstrumenten

3.3.1 Onthoud de plaatjes

Onthoud de plaatjes is een test waarbij het kind tien verschillende plaatjes na elkaar te zien krijgt. Deze plaatjes horen bij vijf verschillende categorieën. Bij de eerste categorie ‘dieren’ horen de plaatjes hond, kat, vogel en vis. De tweede categorie is ‘vormen’ en hierbij horen de plaatjes cirkel, vierkant, driehoek en hart. De derde categorie is ‘speelgoed’ en de plaatjes lego, auto, beer en step horen hierbij. De plaatjes zon, wolk, sterren en maan horen bij de vierde categorie ‘lucht’. De laatste categorie ‘fruit’ bevat de plaatjes banaan, kers, peer en aardbei. De taak van het kind is om alle plaatjes hardop te benoemen en na afloop het laatste getoonde plaatje van de vooraf gegeven categorieën op te noemen. Geheugensteuntjes geven tijdens de taak aan welke categorie(ën) het kind moet onthouden. Het aantal categorieën waar het kind op moet letten loopt uiteen van één tot vier categorieën. Per categorie zijn er twee trials. Voordat er aan de échte taak begonnen wordt, wordt de taak uitgelegd. Daarna volgt er een oefenserie met zes plaatjes. De score die het kind haalt is het totaal aantal correct onthouden plaatjes, waarmee een maximale score van twintig behaald kan worden.

3.3.2 Odd one out

Bij de test *Odd one out* krijgt het kind steeds drie plaatjes te zien. Het is de bedoeling dat het kind aanwijst welk plaatje anders is dan de andere twee. Na afloop van de serie moet het kind in lege vakjes op volgorde aanwijzen waar de afwijkende plaatjes stonden. De taak begint met

een introductie, waarin de taak uitgelegd wordt en oefenstimuli aangeboden worden. Daarna begint de échte taak. De taak wordt gestart met één rij plaatjes en loopt op tot maximaal zeven rijen plaatjes. Bij drie achtereenvolgende goede antwoorden, wordt er één rij plaatjes toegevoegd. De taak wordt afgebroken wanneer het kind twee fouten van dezelfde lengte rijen gemaakt heeft. De score die het kind haalt is het aantal goed gegeven antwoorden.

3.3.3 Cijferreeksen achterwaarts

Cijferreeksen achterwaarts is een test waarbij het de taak van het kind is om een ingesproken cijferreeks achterstevoren na te zeggen. Deze taak begint met een introductie, waarbij de taak wordt uitgelegd en er een paar oefenstimuli gegeven worden. Wanneer de taak écht begint, wordt er begonnen met een cijferreeks van twee getallen, waarna het aantal getallen oploopt. Bij drie goede antwoorden van een bepaalde lengte wordt de reeks één cijfer langer. Bij twee fouten van dezelfde lengte stopt de taak. De score die een kind behaalt is het totaal aantal correct onthouden reeksen.

3.3.4 UGT

De UGT bestaat uit twee verschillende delen: vorm A en vorm B. Elke vorm bevat veertig afzonderlijke opgaven. De UGT opgaven zijn in groepen van vijf verdeeld over een achttal onderdelen. Er zijn een aantal aspecten die de UGT beoogt te meten, namelijk beheersing van rekenbegrippen, onderscheid en groepering van voorwerpen, het maken van een één-één-relatie tussen verschillende gegevens, het herkennen van voorwerpen of getallen in de juiste rangorde, akoestisch tellen, het gebruik van kardinale en ordinale getallen tot twintig, synchroon tellen, het bepalen van hoeveelheden bij gestructureerde en ongestructureerde verzamelingen en het toepassen van kennis van getallen (Van Luit, Van de Rijt en Pennings, 1998).

3.3.5 Cito-rekenen

Om vast te stellen wat de vorderingen in de rekenvaardigheid van kinderen zijn, zijn de LOVS en de LVS Rekenen-Wiskunde toets afgenomen. Met deze toetsen wordt het rekenniveau vastgesteld voor de kinderen in groep 3. Daarnaast wordt er ook gekeken naar de beheersing van de stof en de toepassing ervan. De opgaven van de toetsen hebben betrekking op een grote hoeveelheid aan kennis, inzichten en vaardigheden.

3.4 Betrouwbaarheid

Het is van belang te kijken of de geselecteerde items hetzelfde meten. Dit wordt ook wel de betrouwbaarheid of homogeniteit genoemd. Om er achter te komen of er sprake is van betrouwbaarheid wordt er gekeken naar de Cronbach's Alpha. Een (hoge) betrouwbaarheid is een voorwaarde voor validiteit. Daarom is het ook belangrijk om te kijken of dit in orde is. Het betekent dat er gekeken gaat worden of met dit onderzoek gemeten wordt wat er gemeten moet worden.

3.5 Statistische analyses

Als format voor het databestand en ter beantwoording van de onderzoeksvragen wordt er gebruik gemaakt van het statistische programma SPSS 14.0 voor Windows. Elke analyse wordt uitgevoerd met een *alpha* van .05. Waar nodig zal een Bonferroni-correctie uitgevoerd worden.

Voor deelvraag 1, 'Is er een relatie tussen UGT en rekenen?', wordt er met een correlatie gekeken in hoeverre er een samenhang is tussen deze twee variabelen.

Om een antwoord te krijgen op deelvraag 2, 'Wat is de relatie tussen de executieve functie updating en UGT?', zal er ook een regressieanalyse uitgevoerd worden. Hierbij worden de gegevens van de UGT als afhankelijke variabelen gezien en zijn de gegevens van de drie testen waarbij updating gemeten wordt, de onafhankelijke variabelen. Er wordt gebruik gemaakt van de gegevens van meetmoment 1 (T1).

Deelvraag 3, 'Wat is de relatie tussen de executieve functie updating en rekenen', wordt beantwoord aan de hand van resultaten die opgedaan zijn uit een regressieanalyse en een correlatie. Voor de beantwoording van deze vraag wordt gebruik gemaakt van de gegevens van meetmoment 2 (T2).

Met een regressieanalyse wordt er gekeken naar de beste voorspeller voor rekenen (onthoud de plaatjes, odd one out of cijferreeksen achterwaarts). Hiermee wordt deelvraag 4, 'Welke updatingtaken zijn goede voorspellers voor de rekenvaardigheid?', beantwoord.

Ten slotte wordt er voor de beantwoording van deelvraag 5, 'Is er een vooruitgang van de executieve functie updating te zien tussen de twee meetmomenten?', een gepaarde T-toets uitgevoerd. Deze analyse vergelijkt T1 met T2.

4. Resultaten

4.1 Beschrijvende statistieken

In tabellen 1.1 en 1.2 wordt een overzicht getoond met de beschrijvende statistieken van de drie taken die de executieve functie updating meten, cijferreeksen achterwaarts, odd one out en onthoud de plaatjes.

Tabel 1.1 : *scores bij meting 1 executieve functies*

	N	Minimum	Maximum	M	SD
Cijferreeksen achterwaarts	220	0	9	3.76	1.69
Odd one out	220	3	16	6.75	2.42
Onthoud de plaatjes	220	4	19	11.65	3.01

Tabel 1.2: *scores bij meting 2 executieve functies*

	N	Minimum	Maximum	M	SD
Cijferreeksen achterwaarts	220	0	9	4.68	1.54
Odd one out	220	3	14	7.68	2.64
Onthoud de plaatjes	220	6	19	12.96	2.68

Een lage score op de taken die betrekking hebben op de executieve functie updating, betreft een matig tot slecht functioneren van deze executieve functie. Een hoge score op de taken geeft aan dat er sprake is van een goed functioneren van updating.

In tabel 2 zijn de beschrijvende statistieken van de rekentoetsen UGT en Rekenen M3 weergegeven.

Tabel 2: *scores rekentoetsen*

	N	Minimum	Maximum	M	SD
Rekenen M3 2002	57	17	42	36.65	5.60
Rekenen M3 2006	163	8	50	39.45	7.30
UGT	219	44	100	69.80	8.62

Om te kijken of de drie testen samengevoegd kunnen worden tot één variabele is er een Cronbach's Alpha uitgevoerd. Omdat de waarde van beide meetmomenten onder de .60 ligt (T1 = .49, T2 = .53), kan er geen overkoepelende variabele aangemaakt worden en zullen de testen voor de twee meetmomenten apart geanalyseerd worden. Vanwege deze uitkomst wordt er gebruik gemaakt van multiple regressie in de verdere analyses.

4.2 Statistische analyses

Om inzicht te verkrijgen in het verband tussen de twee rekentoetsen UGT en Cito rekenen-wiskunde is er gekeken naar de correlaties tussen deze variabelen door middel van Pearson's Correlatie Coëfficiënt. De onderlinge correlatie tussen M3 rekenen-wiskunde en UGT is groot ($r = .60, p < .01$).

Of er sprake is van relatie tussen de executieve functie updating en de UGT wordt duidelijk aan de hand van een correlatie analyse en een regressieanalyse. Er wordt gebruik gemaakt van de gegevens van meetmoment 1 omdat deze dichterbij de afname van de UGT liggen dan de gegevens van meetmoment 2. De correlaties tussen Cijferreeksen achterwaarts ($r(219) = .36, p < .01$), Odd one out ($r(219) = .30, p < .01$) en Onthoud de plaatjes ($r(219) = .28, p < .01$) met UGT geven aan dat de verbanden middelgroot zijn (zie tabel 3). Uit de regressieanalyse die is uitgevoerd komt naar voren welke predictoren significante voorspellers zijn voor de UGT. Bij deze analyse is eenzijdig getoetst. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 4. Uit deze analyse blijkt dat de taak Cijferreeksen achterwaarts de beste voorspeller is voor de UGT ($\beta = .27$). De taken Odd one out en Onthoud de plaatjes hebben allebei een β van .17.

Tabel 3: *Correlatie UGT en updating*

N = 220	UGT	Cijferreeksen achterwaarts	Odd one out	Onthoud de plaatjes
UGT	-	.36(**)	.30(**)	.28(**)
Cijferreeksen achterwaarts		-	.32(**)	.25(**)
Odd one out			-	.24(**)
Onthoud de plaatjes				-

** $p < .01$; N= 220

Tabel 4: *Regressie UGT en updating*

	R ²	Bèta	T	p
Cijferreeksen achterwaarts	.19	.27	4.04	<.01
Odd one out	.19	.17	2.57	<.01
Onthoud de plaatjes	.19	.17	2.69	<.01

De gegevens van T2 worden gebruikt bij het kijken naar de relatie tussen de executieve functie updating en rekenen M3. Voor het gebruik van deze gegevens is gekozen omdat T2 dichterbij de meting van rekenen M3 in de buurt kwam.

In tabel 5 zijn de onderlinge correlaties weergegeven. De correlaties rekenen M3 met respectievelijk de taken Cijferreeksen achterwaarts ($r(219) = .20, p < .01$) en Odd one out ($r(219) = .30, p < .01$) zijn zwak tot middelgroot. De correlatie rekenen M3 met Onthoud de plaatjes ($r(219) = .40, p < .01$) is middelgroot

Tabel 5: *Correlatie Rekenen M3 en updating*

	Rekenen M3	Cijferreeksen achterwaarts	Odd one out	Onthoud de plaatjes
Rekenen M3	-	.20(**)	.28(**)	.40(**)
Cijferreeksen achterwaarts		-		.23(**)
Odd one out			-	.43(**)
Onthoud de plaatjes				-

** = $p < .01$; N = 220

Om te kijken naar de beste voorspeller van rekenen M3 is er ook hier een regressieanalyse uitgevoerd. Bij deze analyse is eenzijdig getoetst. De gegevens van de regressieanalyse zijn weergegeven in tabel 6. De $R^2 = .19$ en geeft aan dat 19% van de variantie van rekenen M3 verklaard wordt door updating. De resultaten geven weer dat zowel de taak Cijferreeksen achterwaarts ($p = .04$) als Odd one out ($p = .04$) ook goede voorspeller zijn voor rekenen M3. De taak Onthoud de plaatjes behaalt een significant resultaat ($p < .01$) en is een goede voorspeller voor rekenen M3. Aan de hand van de regressieanalyses komt naar voren dat Cijferreeksen achterwaarts bij T1 de beste voorspeller is voor rekenen, terwijl voor T2 dit de taak Onthoud de plaatjes is.

Tabel 6: *Regressie Rekenen M3 en updating*

	R^2	Beta	T	p
Cijferreeksen achterwaarts	.19	.11	1.79	.04
Odd one out	.19	.12	1.76	.04
Onthoud de plaatjes	.19	.32	4.64	<.01

Ten slotte wordt gekeken of er vooruitgang te zien is van de executieve functie updating tussen de twee meetmomenten. Een gepaarde T-toets wordt hiervoor uitgevoerd, waarbij scores op de taken Cijferreeksen achterwaarts, Odd one out en Onthoud de plaatjes van T1 vergeleken worden met T2 (zie tabel 7). De verschillscore van de twee metingen op de taak Cijferreeksen achterwaarts ligt op .93 met $t(219) = -7.50, p < .001$. Omdat dit gemiddelde

niet gelijk is aan 0, kan er gesteld worden dat er een verandering heeft plaatsgevonden bij de executieve functie updating tussen T1 en T2. Gemiddeld genomen zijn de resultaten van de updatingtaak Cijferreeksen achterwaarts hoger op T2 ($M = 4.69$; $SD = 1.55$) dan op T1 ($M = 3.76$; $SD = 1.69$). De taak Odd one out heeft een verschilscore van .95 met $t(219) = -4.87$, $p < .001$. De kinderen zijn significant vooruitgegaan op de taak Odd one out tussen T1 ($M = 6.74$; $SD = 2.42$) en T2 ($M = 7.69$; $SD = 2.64$). Voor de laatste taak, Onthoud de plaatjes geldt hetzelfde als bij de twee voorgaande updatingtaken. Er is een verschilscore van 1.31 met $t(219) = -5.93$, $p < .001$. Dit geeft aan dat de kinderen significant vooruit gegaan zijn tussen T1 ($M = 11.65$; $SD = 3.01$) en T2 ($M = 12.96$; $SD = 2.68$).

Tabel 7: *Gepaarde T-toets voor updating*

	Mean	SD	<i>p</i>
Cijferreeksen achterwaarts T1 - T2	.93	1.84	<.01
Odd one out T1 - T2	.95	2.87	<.01
Onthoud de plaatjes T1 - T2	1.31	3.26	<.01

Omdat er vastgesteld is dat er sprake is van een significant verschil tussen T1 en T2 op de drie verschillende updatingtaken, wordt er nagegaan in welke mate het verschil voorspeld kan worden. Dit wordt gedaan aan de hand van de Cohen's d ($d = (T1 - T2) / \sigma$). Voor Cijferreeksen achterwaarts geldt dat het effect van T1 op T2 middelgroot is ($d = .51$), net als voor Odd one out ($d = .33$) en Onthoud de plaatjes ($d = .40$).

5. Discussie

Het doel van dit onderzoek is inzicht te verkrijgen in de relatie tussen executieve functies en twee rekentoetsen (UGT en Cito) in groep 3 van het basisonderwijs. Er is hierbij sprake van enige wetenschappelijke relevantie. Hoe meer kennis er is betreffende executieve functies in relatie tot rekenvaardigheid, hoe beter er gekeken kan worden naar het rekenen-wiskunde onderwijs. Aan de hand van deze kennis kunnen rekenprogramma's in de toekomst aangepast worden om te zorgen voor betere aansluiting op de capaciteiten van het kind. Aan de hand van de gevonden resultaten zal de volgende hoofdvraag beantwoordt worden: 'Wat is de relatie tussen rekenvaardigheid en de executieve functie updating?' Uit onderzoeksresultaten komen verschillende bevindingen naar voren.

Er werd verwacht dat er een relatie zou zijn tussen de twee rekentoetsen UGT en Rekenen M3. Ruijsenaars, Van Luit en Van Lieshout (2004) geven aan dat kennis van rekenen zich blijft ontwikkelen naarmate kinderen, en later volwassenen, meer ervaringen opdoen met getallen, de kenmerken van getallen en de handelingen met getallen. Er wordt inderdaad aangetoond in het huidige onderzoek dat er sprake is van een relatie tussen de rekentoetsen UGT en Rekenen M3.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat rekenen en de executieve functie updating met elkaar in verband staan. Om goed te kunnen presteren op rekenvaardigheidstaken zijn goede updating vaardigheden van belang (Van der Sluis, De Jong en Van der Leij, 2007). Problemen op rekengebied zijn gerelateerd aan het executieve systeem. Er komen voornamelijk problemen voor bij opslag en proces van informatie (Bull en Scerif, 2001; Dowker, 2005; Miyake et al., 2000; Passolunghi en Pazzaglia, 2004; Passolunghi en Pazzaglia, 2005; Passolunghi, Vercelloni en Schadee, 2007) In het huidige onderzoek zijn bevestigende bevindingen naar voren gekomen over de relatie tussen rekenvaardigheidstoetsen en de executieve functie updating. Zo blijkt dat er sprake is van een verband tussen de UGT en updating. Ook het verband tussen rekenvaardigheidstoets rekenen M3 en updating is aangetoond. Deze bevindingen komen overeen met de verwachting die uitgesproken is dat er een verband zou zijn tussen de rekenvaardigheidstoetsen en updating. Naast het verband tussen updating en de rekenvaardigheidstoetsen is er ook gekeken naar de voorspeller voor deze toetsen. Uit de resultaten komt naar voren dat er een duidelijke voorspeller is voor de rekenvaardigheidstoetsen UGT, namelijk de taak Cijferreeksen achterwaarts. Ook Passolunghi, Vercelloni en Schadee (2007) komen tot dezelfde uitkomst in hun onderzoek. Omdat bij Cijferreeksen achterwaarts informatieopslag en –verwerking en een hoofdrol van de centraal executieve component vereist zijn, is deze taak een voorspeller voor rekenen. Voor rekenen M3 is de taak Onthoud de plaatjes een duidelijke voorspeller. Deze resultaten zijn opvallend te noemen, omdat er voor beide rekentoetsen geen eenduidige voorspeller aan te wijzen is. Een verklaring voor deze opvallende bevinding zou het verschil tussen de updating taken kunnen zijn. Het ‘task impurity problem’, waarbij gesteld wordt dat executieve functies cognitieve processen reguleren en hierdoor vaak cognitieve processen meten die niet direct relevant zijn voor executieve functies, speelt hier een belangrijke rol bij. Om een juiste verklaring te vinden voor de verschillende voorspellers van rekenen, is vervolgonderzoek noodzakelijk. Dit vervolgonderzoek moet zich specifiek richten op updating en rekenvaardigheid, waarbij rekening gehouden moet worden met de leeftijd van de kinderen.

Er werd verwacht dat er een vooruitgang te zien zou zijn van de executieve functie updating tussen de twee meetmomenten. Hughes (1998) geeft aan dat er in de voorschoolse periode veranderingen in het executief functioneren plaatsvinden. Deze executieve functies groeien vanaf de vroege kindertijd tot aan de volwassenheid. Veranderingen op gedragsniveau en hersenfunctionering zijn geconstateerd bij de executieve functie updating. De groei van updating begint al in de babytijd, maar maakt een exponentiële groei door wanneer kinderen de basisschoolleeftijd bereiken, op 6- of 7-jarige leeftijd. Updating wordt teruggevonden in het werkgeheugen (Alloway, Gathercole, Willis and Adams, 2004; Gathercole & Pickering, 2000; Gathercole, Pickering, Ambridge and Wearing, 2004). Volgens Huizinga, Dolan en Van der Molen (2006) blijft updating zich ontwikkelen tot in de jong volwassenheid. Hoe ouder de kinderen worden, hoe groter de correlatie is tussen updating en andere functies van het werkgeheugen. Uit huidig onderzoek is gebleken dat er sprake is van veranderingen in de executieve functie updating tussen de twee meetmomenten. De gemiddelde scores op de taken zijn vooruit gegaan. De meeste vooruitgang is geboekt bij de taak Cijferreeksen achterwaarts. Deze bevindingen zijn consistent met bevindingen uit eerder onderzoek waaruit blijkt dat updating in ontwikkeling is bij kinderen in de leeftijd van 6-7 jaar (Hughes, 1998).

De ontwikkeling van deze executieve functie is van invloed op de kwaliteiten op rekengebied. Kinderen die goed ontwikkeld zijn betreffende deze executieve functie leverden betere prestaties dan de kinderen die minder goed ontwikkeld waren op dit gebied (Passolunghi en Pazzaglia, 2004).

Ondanks de gevonden resultaten, is voorzichtigheid geboden bij het interpreteren van dit onderzoek. Allereerst is dit onderzoek slechts een deel van een groter onderzoek, waardoor andere executieve functies overgeslagen worden. Om executief functioneren te bekijken in combinatie met voorbereidende rekenvaardigheid, is het van belang dat alle executieve functies worden meegenomen in verder onderzoek. Ten tweede is het van belang dat er meer rekening gehouden wordt met het eerder besproken ‘task impurity problem’ (zie 2.2.2) de betrouwbaarheid van deze taken te verbeteren. Voor volgend onderzoek is het dan ook belangrijk extra aandacht te besteden aan het ‘task impurity problem’. Ten derde is verder onderzoek naar de relatie tussen voorbereidende rekenvaardigheid en updating genoodzaakt. Bij vervolgonderzoek is het van belang dat er aandacht geschonken wordt aan de updatingtaak. Huidig onderzoek heeft uitgewezen dat twee taken duidelijke voorspellers zijn voor rekenvaardigheid. Aan de hand van deze twee taken, is het mogelijk te zorgen voor verdieping in de executieve functie updating. Ten slotte zijn andere beperkingen als eventuele

leerstoornissen en persoonlijke factoren buiten beschouwing gelaten in het huidige onderzoek. De bovengenoemde beperkingen van dit onderzoek buiten beschouwing latend, dragen de huidige onderzoeksresultaten bij aan de kennis over de ontwikkeling van executieve functies, rekenvaardigheidstoetsen en de relatie tussen deze twee.

6. Literatuurlijst

- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Willis, C., & Adams, A. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 85-106
- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: a general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford U.P.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (1), 5-28.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423
- Baddeley, A.D., Emslie, H., Kolodny, J., & Duncan, J. (1998). Random generation and the executive control of working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 819-852
- Baddeley, A.D. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford. Oxford U.P.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
- DeStefano, D., & LeFevre, J.A. (2004). The role of working memory in mental arithmetics. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 353-386.
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic. Implications for psychology, neuroscience and education*. New York. Psychology Press.
- Dumont, J.J. (1994). *Leerstoornissen 1. Theorie en model*. Rotterdam. Lemniscaat.
- Grey, P. (2001). *Psychology*, fourth edition. New York. Worth Publishers.
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134, 31-60
- Gathercole, S.E., Brown, L., & Pickering, S.J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child psychology*, 20, 109-122.
- Gathercole, S.E., & Pickering, S.J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92, 2, 377-390.
- Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of

- working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 2, 177-190
- Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 1, 4-15
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 233-253.
- Huizinga, M., Dolan, C.V., & Van der Molen, M.W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The role of phonological and executive working memory resources in simple arithmetic strategies. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19, 910-933.
- Kroesbergen, E.H., & Van Luit, J.E.H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs. A meta-analysis. *Remedial and Special Education*, 24, 97-114.
- Lehto, J. (1995). Working memory and school achievement in ninth form. *Educational Psychology*, 15, 271-281
- Lehto, J.H., Juujarvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21 (1), 59-80.
- McLean, J.F., & Hitch, G.J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41.
- Passolunghi, M.C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences*, 14, 219-230.
- Passolunghi, M.C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 15, 257-269.
- Passolunghi, M.C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics

- learning: working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22, 165-184.
- Piaget, J. (1973). *Rekenonderwijs en getalbegrip*. Baarn. Bosch en Keuning.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*. Volume 9, issue 2, 137-157
- Ruijsenaars, A.J.J.M., Van Luit, J.E.H., & Van Lieshout, E.C.D.M. (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie; Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam. Lemniscaat.
- St. Clair-Thompson, H.L., & Gathercole, S.E. (2006). Executive functions and achievements in school: shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 4, 745-759.
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35, 151-168.
- Van Luit, J.E.H., Rijt, Van der, B.A.M., & Pennings, A.H. (1998). *Utrechtse Getalbegrip Toets*. Doetinchem. Graviant.
- Van der Rijt, B.A.M. (1996). *Voorbereidende rekenvaardigheid bij kleuters; de ontwikkeling van rekenvaardigheidsschalen en een onderzoek naar de invloed van een programma*. Doetinchem. Graviant Educatieve Uitgaven.
- Van der Sluis, S., De Jong, P.F., & Van der Leij, A. (2003). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal Experimental Child Psychology* 87, 239-266.
- Van der Sluis, S., Van der Leij, A. & De Jong, P.F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 3, 207-221
- Van der Sluis, S., De Jong, P.F. & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading and arithmetic. *Intelligence*, 35, 427 - 449