
Executieve functies als voorspeller van een lage rekenvaardigheid

Universiteit Utrecht, Faculteit Sociale Wetenschappen

Master Orthopedagogiek, werkveld Leerlingenzorg

Student: S.W.M. Toll (Sylke)

Studentnummer: 3022978

Datum: 25 juni 2009

Begeleidster: Mevr. S. van der Ven, MSc.

2^e Begeleidster: Mevr. Dr. E. H. Kroesbergen

Executieve functies als voorspeller voor lage rekenvaardigheid

S.W.M. Toll (3022978), Universiteit Utrecht, 2009

Abstract

A relatively new research field is that of executive functions as explanatory factor for arithmetical ability. Executive functions are the higher control functions in the brain concerning to proceed systematically, in 'inhibition' of dominant responses, 'shifting' between mental tasks and strategies and information 'updating' and monitoring. The present longitudinal study was designed to investigate whether executive functions can be seen as precursor of poor arithmetic ability in children. A classification was made of children with poor, average and good arithmetic skills. Repeated Measures Analysis and Discriminant Analysis are used to investigate which functions predict arithmetic ability in 4th grade. The three groups differ in the performance on several tasks. The executive functions of all groups develop in 3rd and 4th grade. Only the updating tasks can be seen as predictors for lower arithmetic ability, supplementary to earlier performance on arithmetic tasks.

Keywords: *Executive functions, arithmetic ability, shifting, inhibition, updating*

Samenvatting

Uit recent onderzoek blijkt dat executieve functies belangrijke voorspellers zijn voor individuele verschillen in de ontwikkeling van rekenvaardigheid van kinderen. Executieve functies is de overkoepelende term voor verschillende complexe vaardigheden die nodig zijn voor een doelgerichte uitvoering van taken, zoals de 'inhibitie' van dominante reacties, het 'shiften' tussen verschillende taken en strategieën en 'updating' voor de opslag van tijdelijke gegevens en het herzien van deze informatie als nieuwe input dit vereist. In het huidige onderzoek wordt nagegaan of executieve functies als voorspeller kunnen worden gezien voor een lage rekenvaardigheid. Een indeling is gemaakt in drie groepen kinderen met respectievelijk een lage, een gemiddelde en een hoge rekenvaardigheid. Door middel van ANOVA's voor herhaalde metingen en discriminantanalyses is nagegaan welke factoren een voorspellende waarde hebben voor het rekenniveau in groep 4. Gebleken is dat de groepen verschillen op een aantal taken, maar dat alle drie de groepen een significante ontwikkeling doormaken. Enkel de updating taken kunnen als voorspellers worden gezien voor een lage rekenvaardigheid, als aanvulling op eerdere prestaties op rekentaken.

1. Theoretische inleiding

Veel kinderen op de basisschool ondervinden problemen in het leren rekenen. De prevalentie wordt geschat op 6 à 7 procent (Geary, 2004; Gross-Tsur, Manor, & Shalev, 1996; Shalev, Auerback, Manor, & Gross-Tsur, 2000; Shalev & Gross-Tsur, 2001; Von Aster, Schweiter, & Zulauf, 2007). Onderzoek heeft uitgewezen dat aan de rekenprestaties van kinderen op school verschillende factoren ten grondslag kunnen liggen (Bull, Espy, & Wiebe, 2008). Deze oorzaken kunnen onder andere gevonden worden in verschillende cognitieve constructen (Passolunghi, Mammarella, & Altoè, 2008), zoals korte termijn geheugen, lange termijn geheugen, getalbegrip en -kennis (Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Geary, Hoard, & Hamson, 1999). Een relatief nieuw onderzoeksveld is dat van executieve functies als verklarende factor voor rekenvaardigheid (Bull et al., 2008; Espy et al., 2004).

1.1 Executieve functies

In dit onderzoek staat de vraag centraal of executieve functies een lage rekenvaardigheid bij kinderen kunnen voorspellen. Executieve functies zijn de hogere controlefuncties in de hersenen die ervoor zorgen dat je planmatig te werk kan gaan. Ze worden omschreven als de procedures die verantwoordelijk zijn voor het monitoren en reguleren van cognitieve processen gedurende het uitvoeren van complexe cognitieve taken (Gilbert & Burgess, 2008; Miyake et al., 2000; Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2007; Zamarian et al., 2006). Executief functioneren wordt ontlokt als een persoon een uitdagende taak wordt voorgelegd of zich bevindt in een ongewone situatie waarvoor hij of zij niet over geroutineerde, geautomatiseerde responsen beschikt (Welsh, Friedman, & Spieker, 2006).

Binnen het onderzoek naar executieve functies bestaan twee benaderingen over de ontwikkeling van een kader voor executieve functies (Garon, Bryson, & Smith, 2008). Enerzijds is er de benadering dat executieve functies een geheel vormen in de zin dat het reflecties zijn van hetzelfde onderliggende mechanisme en vermogen (Duncan, Johnson, Swales, & Freer, 1997), waarbij een centraal aandachtssysteem de verschillende subprocessen reguleert (Baddeley, 1986; Norman & Shallice, 1986; Posner & Petersen, 1990; Shallice, 1988) en anderzijds is er de benadering dat de functies niet een geheel vormen en derhalve gefractioneerd dienen te worden. Volgens Jurado en Rosselli (2007) maakt deze aanhoudende controverse aangaande de formele definitie van executieve functies het nauwkeurig kunnen meten van de functies tot een onmogelijke taak. Een ander probleem met het meten van executieve functies is het taakzuiverheid probleem (Burgess, Alderman, Evans, Emslie, & Wilson, 1998; Miyake et al., 2000; Van der Sluis et al., 2007). Executieve functies reguleren andere cognitieve processen, waardoor tijdens het meten niet uitsluitend een beroep wordt gedaan op de executieve functies, maar ook op andere cognitieve functies (Hughes & Graham, 2002; Van der Sluis et al., 2007). Bovendien doen veel taken een beroep op meer dan één executieve functie (Van der Sluis et al., 2007). Het taakzuiverheid probleem

wordt in onderzoek op verschillende manieren ondervangen. De eerste methode is het gebruik van controle taken. Deze is in het huidige onderzoek toegepast. De prestatie op een controle taak wordt vergeleken met de prestatie op een executieve taak, die alleen verschilt van de controle taak op dat waar een bepaalde executieve functie beroep op doet (Van der Sluis et al., 2007). De tweede methode is het gebruik van een factoranalyse, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen exploratieve factoranalyse (EFA) en confirmatieve factoranalyse (CFA). Beiden zijn analyses waarbij de gemeenschappelijke factor die aan de prestatie op de taken ten grondslag ligt als maat wordt genomen, omdat dit een puurdere maat van de factor zal zijn dan de afzonderlijke taken die de factor aanduidt. CFA is een theoriegestuurde multivariate analyse techniek waarbij de onderzoeker op basis van een statistisch factormodel kan zien hoe dit model aansluit op de data (Miyake et al., 2000). In vergelijking met EFA, waarbij niet wordt uitgegaan van hypothesen, zijn de gevonden factoren met behulp van CFA beter te interpreteren. Executieve functies worden vaak ingedeeld in drie functies die van een lagere orde en relatief goed gedefinieerd zijn (Van der Sluis et al., 2007). De drie afzonderlijke executieve functies zijn shifting, inhibitie en updating. Shifting is het vermogen om te wisselen tussen sets, taken of strategieën, dat wil zeggen het loslaten van een irrelevante takenset, en een nieuwe meer geschikte set in werking stellen; inhibitie is het vermogen om overwegende, automatische of dominante responsen doelbewust te onderdrukken ten gunste van meer doelgerichte responsen en updating is het vermogen om inkomende informatie te controleren en te coderen en de inhoud van het geheugen te actualiseren door oude items te vervangen door nieuwere en meer relevante informatie (Miyake et al., 2000; Van der Sluis et al., 2007). Uit onderzoek is gebleken dat updating overeenkomt met het begrip werkgeheugen (Lehto, 1996; Miyake et al., 2000; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006), omdat zowel werkgeheugentaken als updatingtaken een beroep doen op het opslaan van informatie en het herzien van de inhoud van het geheugen bij binnenkomst van de nieuwe informatie (Van der Sluis et al., 2007).

Miyake en collega's (2000) vonden op basis van CFA dat de drie executieve functies deels met elkaar samenhangen, maar toch goed te onderscheiden zijn. Ook ander onderzoek heeft op basis van factoranalyse aangetoond dat afbakening van verschillende processen mogelijk is (Fournier-Vicente, Larigauderie, & Gaonach, 2008; Hughes & Graham, 2002; Klenberg, Korkman, & Lahti-Nuuttila, 2001; Miyake et al., 2000; Tirapu-Ustarroz, Garcia-Molina, Luna-Lario, Roig-Rovira, & Pelegrin-Valero, 2008; Welsh et al., 2002; Welsh, Pennington, & Groisser, 1991). Niet alle onderzoeken vinden het onderscheid in drie functies. St Clair-Thompson en Gathercole (2006) en Senn, Espy en Kaufmann (2004) onderscheiden, in tegenstelling tot Miyake en collega's (2000), op basis van EFA slechts twee van de executieve processen; inhibitie en updating. Huizinga, Dolan en Van der Molen (2006) onderscheiden op basis van CFA de functies shifting en updating. Ook Van der Sluis, De Jong en Van der Leij (2004) onderscheiden na controle voor non-executieve variantie inhibitie niet als afzonderlijke functie. Tot op

heden bestaat geen consensus of de drie componenten structuur al is ontwikkeld bij kinderen in de voor- en vroegschoolse periode. Wiebe, Espy en Charak (2008) vonden bij kinderen slechts één onderliggende factor in de executieve functies structuur, terwijl andere onderzoeken bewijs leveren om de drie componenten ook bij kinderen te onderscheiden (Bull & Scerif, 2001; Espy, 1997; Hughes, 1998; Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003). Hoewel niet alle onderzoeken eenduidige resultaten rapporteren over de te onderscheiden functies, laat een grote meerderheid zien dat een onderscheid tussen de drie functies gemaakt kan worden. In het huidige onderzoek wordt daarom de indeling in de executieve functies shifting, inhibitie en updating aangehouden.

1.2 Executieve functies en rekenproblemen

Van executieve functies wordt verondersteld dat ze ten grondslag liggen aan een reeks van hogere cognitieve vermogens, zoals redeneren, lezen en rekenvaardigheid (Van der Sluis et al., 2007). Onderzoek heeft zich daarom in opkomende mate gericht op executieve functies in relatie tot schoolse vaardigheden.

Van shiftingvermogen wordt verwacht dat dit het wisselen tussen verschillende rekenstrategieën, tussenoplossingen en bewerkingen in rekenproblemen met meerdere stappen ondersteunt (Van der Sluis et al., 2007). Dit vermogen om te wisselen is een noodzakelijke vaardigheid tijdens het uitvoeren van rekentaken door kinderen (Andersson, 2008). Verschillende onderzoeken vinden dan ook een lager shiftingsvermogen bij kinderen met rekenproblemen (Bull, Johnston, & Roy, 1999; Bull & Scerif, 2001; McLean & Hitch, 1999; Van der Sluis et al., 2007; Zamarian et al., 2006). Een relatie tussen shifting en rekenprestaties wordt echter niet bij al het recent onderzoek gevonden (Bull et al., 2008; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van der Sluis et al., 2004; Van der Ven & Kroesbergen, 2008). Blair en Razza (2007) vonden in onderzoek naar de rol van zelf-regulatie in het academisch presteren geen relatie tussen shifting en het rekenvermogen bij kinderen, maar wel een prominente correlatie van inhibitie met vroege rekenvaardigheden. Dat kinderen met een lagere rekenvaardigheid vaak problemen laten zien met inhibitie en automatische responsen wordt door meer onderzoek bevestigd (Bull et al., 1999; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). De kinderen die problemen ervaren met inhibitietaken lijken wel in staat tot strategiegeneralisatie, maar lijken moeite te hebben met het onderdrukken van een aangeleerde of gevestigde strategie om over te stappen op een nieuwe strategie. Tevens lijken deze kinderen moeite te hebben met het vermogen om irrelevante en dominante taakinformatie toegang te blokkeren tot het werkgeheugen (Andersson, 2008). In tegenstelling tot menig onderzoek concluderen Van der Sluis, De Jong en Van der Leij (2004) dat rekenzwakke kinderen geen problemen ervaren met inhibitie en shifting op zich, maar alleen met complexe taken waarbij een combinatie van de executieve functies vereist is. Het is niet duidelijk of dit te verklaren is doordat de rekenzwakke kinderen moeite hebben met het activeren en

coördineren van verschillende executieve functies tegelijk of dat het komt doordat ze het doel van de taak tijdelijk verliezen door de context van de taak.

Ook updatingvaardigheden en het werkgeheugen worden als voorspeller van een beperkte rekenvaardigheid gerapporteerd (Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Passolunghi et al., 2008; Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007). Het ophalen en manipuleren van informatie uit het lange termijn geheugen levert een bijdrage aan de rekenprestaties van kinderen (Andersson, 2008). Wanneer hierin tekorten bestaan, kan de representatie en articulatie van getallen tijdens het telproces ontwricht raken (McLean & Hitch, 1999). Secundaire tekorten in numerieke processen zouden hiervan het gevolg kunnen zijn (Zamarian et al., 2006).

Bovenstaande resultaten van onderzoeken naar rekenen laten een samenhang zien tussen rekenvaardigheden en executieve functies (Bull et al., 1999; Bull & Scerif, 2001; Van der Sluis et al., 2007), waarin elke executieve functie een unieke variantie in rekenvaardigheid voorspelt (Bull & Scerif, 2001). De executieve functies hangen samen met het probleemoplossingvermogen bij rekenen en spelen een rol in de ontwikkeling van rekenkennis en rekenvaardigheid bij kinderen (Blair, Knipe, & Gamson, 2008). Onderzoek naar de ontwikkeling van executieve functies in de eerste drie klassen van de basisschool toont bovendien aan dat een groei in het executieve systeem een belangrijke voorspeller is in zowel rekenvaardigheid als het probleemoplossingvermogen (Swanson, 2006).

1.3 Onderzoeksvraag, deelvragen en relevantie

In dit onderzoek stond de vraag centraal in hoeverre executieve functies als voorspeller kunnen worden gezien voor lagere prestaties op rekentaken. Het onderzoek was gericht op de vraag of het mogelijk is om aan de hand van de executieve functies in groep 3 en begin groep 4 te voorspellen welke kinderen in groep 4 over een lage rekenvaardigheid beschikken. Om antwoord te kunnen geven op deze vraag is allereerst de ontwikkeling en het niveau van executieve functies in groep 3 en 4 in kaart gebracht, waarbij onderscheid is gemaakt tussen kinderen met een lage, een gemiddelde en een hoge rekenvaardigheid. Tevens is de voorspellende waarde van executieve functies voor een lagere rekenvaardigheid vastgesteld. Gekeken is of executieve functies naast prestaties op rekentaken een bijdrage leveren aan de voorspelling van rekenvaardigheid. De verwachting was dat kinderen met een beperkte rekenvaardigheid een lagere prestatie laten zien op de drie executieve functies, omdat uit voorgaand onderzoek is gebleken dat kinderen met een lagere rekenvaardigheid beschikken over tekorten in shifting (Andersson, 2008; Bull et al., 1999; Bull & Scerif, 2001; McLean & Hitch, 1999; Van der Sluis et al., 2004; Van der Sluis et al., 2007; Zamarian et al., 2006), inhibitie (Andersson, 2008; Bull et al., 1999; Bull & Scerif, 2001; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Zamarian et al., 2006) en updating (Andersson, 2008; Bull & Scerif, 2001; McLean & Hitch, 1999; Zamarian et al., 2006). Verwacht werd dan ook dat alle drie de executieve

functies als voorspeller kunnen worden gezien van een lage rekenvaardigheid. Tevens werd verwacht dat een minder sterke groei in executieve functies te zien zal zijn bij zwakke rekenaars in vergelijking tot de goede rekenaars, omdat een groei in executieve functies een belangrijke voorspeller is voor rekenvaardigheid (Swanson, 2006).

Dit onderzoek kan meer inzicht verschaffen in de relatie tussen executieve functies en rekenvaardigheid. Tevens vormt dit onderzoek een aanvulling op de huidige literatuur over dit onderwerp, daar er beperkt longitudinaal onderzoek is gedaan naar executieve functies als voorspeller van een lage rekenvaardigheid. Dit onderzoek kan aanknopingspunten bieden voor verder onderzoek. Bovendien heeft dit onderzoek een relevantie voor de maatschappelijke context. Indien de resultaten een duidelijke lijn laten zien waarbij de executieve functies als voorspeller dienen voor een lage rekenvaardigheid, kan hier bij het signaleren van rekenproblemen rekening mee gehouden worden. Op basis hiervan kan in een vroeg stadium extra begeleiding worden gegeven of een interventie kunnen worden ingezet ten behoeve van de ontwikkelende rekenvaardigheid aan die kinderen die uitval laten zien op het executief functioneren.

2. Methode

2.1 Onderzoeksgroep

De onderzoeksgroep bestond uit 213 kinderen, waarvan 102 meisjes (47.9%) en 111 jongens (52.1%). De gemiddelde leeftijd in maanden bij aanvang van het onderzoek was 73.66 met een standaardafwijking van 4.47. De kinderen waren afkomstig van tien verschillende scholen verspreid over Nederland.

Op basis van de vaardigheidsscores op de Cito-toets Rekenen-Wiskunde 2008 medio groep 4 (M4) zijn de kinderen ingedeeld in drie groepen; een groep met zwakke rekenaars, een groep met gemiddelde rekenaars en een groep met goede rekenaars. Het doel was om een 25-50-25 verhouding te krijgen, maar vanwege identieke vaardigheidsscores week de indeling hier enigszins van af. De groep met zwakke rekenaars bestond uit de 26.8 procent laagst scorende kinderen, de groep met goede rekenaars bestond uit de 23.9 procent hoogst scorende kinderen en de groep met gemiddelde rekenaars bestond uit de overige kinderen (49.3%). De kenmerken van de drie groepen zijn weergegeven in tabel 1. In het vervolg wordt naar deze groepen verwezen als de zwakke, de gemiddelde en de goede groep. Uit een Chi-kwadraat test is gebleken dat er een significant verband bestaat tussen sekse en de groepsindeling op basis van rekenvaardigheid, $X^2(2) = 9.77, p < .05, V = .21^1$. De zwakke groep bestond uit relatief meer meisjes, terwijl meer jongens bij de goede groep zijn ingedeeld. In de gemiddelde groep is geen sekseverschil geconstateerd.

¹ De analyse is tweezijdig getoetst met een alfa van .05.
Thesis 2008/2009
S.W.M. Toll - 3022978

Tabel 1. *Drie rekgroepen; sekseverhouding, gemiddelde leeftijd en standaardafwijking in maanden bij aanvang van het onderzoek en gemiddelde vaardigheidsscore en standaardafwijking op Cito Rekenen M4*

Rekgroep	N	Aantal jongens (%)	Aantal meisjes (%)	M lft*	SD lft	M vs*	SD vs
Zwak	57	22 (38.6)	35 (61.4)	73.11	4.93	36.11	7.09
Gemiddeld	105	54 (51.4)	51 (48.6)	73.64	4.35	52.93	5.74
Goed	51	35 (68.6)	16 (31.4)	74.31	4.14	71.94	9.66

* lft = leeftijd in maanden, vs = Vaardigheidsscore op Cito Rekenen M4

Aan het onderzoek deden tien basisscholen verspreid over Nederland mee. De selectie van de scholen is gebeurd aan de hand van een aantal criteria. Allereerst is gekeken naar de rekenmethode op de scholen. Alle tien de scholen maken gebruik van de methode ‘Pluspunt’. Het tweede criterium had betrekking op de heersende etniciteit op de scholen. De deelnemende scholen zijn witte scholen, waarbij nauwelijks tot geen allochtone kinderen aanwezig zijn. Hiervoor is gekozen om te voorkomen dat er taalzwakke kinderen mee zouden doen aan het onderzoek. Het laatste criterium had betrekking op de Sociaal Economische Status (SES). Binnen het onderzoek zijn zowel kinderen met een lage SES als kinderen met een hoge SES opgenomen. De selectie binnen de scholen is gegaan aan de hand van toestemming door de ouders.

2.2 Procedure

De executieve functies zijn op drie verschillende momenten gemeten: oktober 2007, maart 2008 en oktober 2008. De computertaken zijn op ieder meetmoment in drie afzonderlijke sessies afgenomen door getrainde testassistenten. De Simontaak en de Sorteertaak zijn in tweetallen afgenomen. De overige taken zijn individueel afgenomen. De afnamen van de Cito-toets Rekenen-Wiskunde 2008 medio groep 3 (M3), eind groep 3 (E3) en medio groep 4 (M4) hebben plaatsgevonden in respectievelijk januari 2008, juni 2008 en januari 2009. De afnamen zijn gedaan door de groepsleerkracht op de deelnemende scholen en verliep groepsgewijs (Cito, 1992; Citogroep Primair-onderwijs, 2002).

2.3 Instrumenten

2.3.1 Rekenniveau

Het rekenniveau van de kinderen in januari 2009 is vastgesteld aan de hand van de Cito-toets Rekenen-Wiskunde 2008 M4. De ruwe scores op de Cito-toets worden omgezet in vaardigheidsscores (Cito, 1992; Citogroep Primair-onderwijs, 2002). Het rekenniveau op eerdere meetmomenten (januari en juni 2008) is vastgesteld aan de hand van de Cito-toetsen Rekenwiskunde M3 en E3. Daar niet alle scholen dezelfde versie (Cito 2002 en Cito 2008) gebruiken zijn de vaardigheidsscores van de oudste versie middels normtabellen omgezet in vaardigheidsscores van de recentste versie. De toetsen maken deel uit van de

Leerlingvolgsysteemtoetsen (LVS) in het Leerling- en Onderwijsvolgsysteem (LOVS) en zijn een gestandaardiseerde, landelijk genormeerde testbatterij (Cito, 1992; Citogroep Primair-onderwijs, 2002).

2.3.2 *Executieve functies*

Onderzoeken waarbij de ontwikkeling van executieve functies in kaart wordt gebracht, dienen meerdere testen voor iedere executieve functie te bevatten (Brocki & Bohlin, 2004). De drie verschillende executieve functies shifting, inhibitie en updating worden daarom ieder aan de hand van twee computertaken gemeten. Voor alle taken geldt dat de taak volgens gestandaardiseerde instructie wordt aangeboden. Aan alle taken gaat een oefensessie vooraf, waarin ruimte is voor feedback van de proefleider. De shifting- en inhibitietaken bevatten een of twee controletaken en een executieve functietaak. Door de reactietijd op de executieve functietaak met de (gemiddelde) reactietijd op de controlet(a)ak(en) te verminderen wordt de totaalscore op de taak berekend. De totaalscore op de updating taken is het totaal van het aantal goede antwoorden op de taak.

Shifting

Het shiftingvermogen van de kinderen is vastgesteld met de 'Sorteertaak', gebaseerd op de inhibitietaak van Zelazo en collega's (2003). De taak bestond uit drie condities: Twee controletaken en de shiftingtaak. De eerste controletaak, bestaande uit 40 items, had betrekking op een hond die van blauwe dingen houdt. De kinderen werd gevraagd wanneer er een blauwe figuur verschijnt deze aan de hond te geven en wanneer er een oranje figuur verschijnt deze in de prullenbak te gooien. De tweede controletaak, bestaande uit 40 items, had betrekking op een kikker die van sterren houdt. De kinderen werd gevraagd de sterren aan de kikker te geven en de vierkanten in de prullenbak te gooien. Bij de shiftingtaak werden de hond en de kikker wisselend weergegeven. De kinderen werd gevraagd steeds het figuurtje aan het dier te geven dan wel in de prullenbak te gooien. Gedurende de drie taken konden ze een figuur aan het dier geven door op de 'a' te drukken en een figuur in de prullenbak gooien door op '1' te drukken. Beide knoppen waren gemarkeerd met een groene sticker.

Het shiftingvermogen van de kinderen is tevens vastgesteld met de 'Animal Shifting'-taak, gebaseerd op de 'Symbol Shifting'-taak (Van der Sluis et al., 2007). De acht stimuli waren vier diersoorten (vogel, vis, hond en kat) en vier fruitsoorten (banaan, peer, kers en aardbei). Bij de controletaak, bestaande uit 40 items, werd de kinderen gevraagd de aangeboden stimuli zo snel mogelijk te benoemen. Bij de shiftingtaak, bestaande uit 40 items, werden steeds twee plaatjes tegelijkertijd getoond; een diersoort en een fruitsoort. De kinderen werd gevraagd het dier te benoemen als de achtergrondkleur paars was en het fruit te benoemen als de achtergrondkleur geel was. Bij zowel de

controletaak als de inhibitietaak drukte de proefleider op het moment van het noemen op de spatiebalk en gaf daarna middels de ‘g’ of de ‘f’ aan of het item goed of fout benoemd was.

Inhibitie

Het inhibitievermogen van de kinderen is vastgesteld met de ‘Dierenstroop’-Taak (Wright, Waterman, Prescott, & Murdoch-Eaton, 2003). De vier stimuli waren een schaap, eend, koe en varken. Bij de facilitatietaak, bestaande uit 48 items, werd de kinderen gevraagd de aangeboden stimuli zo snel mogelijk te benoemen. Bij de controletaak werden dierenlijven van de vier stimuli weergegeven met daarop een mensenhoofd (48 items) en bij de inhibitietaak werden dierenlijven weergegeven met daarop een kop van een ander dier (48 items). De kinderen werd gevraagd zo snel mogelijk het dier te benoemen waarvan het lijf werd getoond. Bij zowel de controletaak als de inhibitietaak drukte de proefleider op het moment van het noemen op de spatiebalk en gaf daarna middels de ‘g’ of de ‘f’ aan of het item goed of fout benoemd was.

Het inhibitievermogen van de kinderen is tevens vastgesteld met de ‘Simontaak’, gebaseerd op de klassieke Simontaak (Simon, 1969). De taak bestond uit twee condities; een controletaak en een inhibitietaak, waarbij de helft van de items congruent en de andere helft incongruent waren. De kinderen werd gevraagd bij het zien van een muis op de ‘a’ te drukken en bij het zien van een draak op de ‘l’ te drukken. Beide knoppen waren gemarkeerd met een groene sticker. Bij het indrukken van de juiste toets verscheen een kooitje over het dier, bij het indrukken van verkeerde toets verscheen niets. Bij de controletaak verschenen de stimuli 40 maal in het midden van het scherm. Bij de inhibitietaak verschenen de stimuli aan één van de zijden van het scherm. De muis kon links (congruent) of rechts (incongruent) en de draak kon links (incongruent) of rechts (congruent) verschijnen.

Updating

Het updatingvermogen van de kinderen is vastgesteld met de ‘Onthoud de Plaatjes’-taak, gebaseerd op de ‘Keep track’-taak van Van der Sluis en collega’s (2007), overgenomen van Miyake en collega’s (2000). Bij de taak werden plaatjes getoond behorende bij vijf categorieën; fruit (aardbei, banaan, peer, kers), dieren (hond, kat, vogel, vis), vormen (cirkel, vierkant, driehoek, hart), speelgoed (step, lego, knuffel, auto) en lucht (zon, maan, sterren, wolk). De plaatjes werden getoond in reeksen van tien. De taak bestond uit acht series, met vier verschillende moeilijkheidsgraden. Voorafgaand aan een serie werden één of meerdere categorieën genoemd, waarop het kind goed moest letten. Het aantal categorieën dat het kind moest onthouden liep, per twee reeksen op, beginnende met één categorie en eindigend met vier categorieën. De kinderen werd gevraagd steeds het plaatje te benoemen en na afloop van de serie het laatst getoonde plaatje van de categorie(ën) te noemen, waarop het kind extra goed moest letten. Gedurende de

taak werd door middel van een wit figuurtje onder aan het scherm een hulpmiddel geboden zodat het kind wist welke categorie(ën) het moest onthouden. Per serie kon een kind één, twee, drie of vier goede antwoorden geven. Ieder goed antwoord werd meegeteld in de totaalscore (maximaal 20).

Het updatingvermogen van de kinderen is tevens vastgesteld met de ‘Odd One Out’-taak, gebaseerd op een onderdeel van de Automated Working Memory Assessment (Alloway, 2007). Bij de taak werden drie abstracte plaatjes in een rij van drie vakjes getoond. De kinderen werd gevraagd het plaatje dat anders is dan de andere twee aan te wijzen en de plaats van het desbetreffende plaatje daarna aan te wijzen in een rij met lege vakjes. Na het juist voltooien van drie items, werd een reeks van twee rijen plaatjes getoond. De kinderen werd gevraagd tweemaal het plaatje aan te wijzen wat anders is dan de andere twee en daarna de plaatsen van deze plaatjes in dezelfde volgorde aan te wijzen in een rij met lege vakjes. Steeds na het juist voltooien van drie items van een bepaald aantal rijen plaatjes, werd hier een rij met plaatjes aan toegevoegd, oplopend tot zeven rijen plaatjes. Bij het onjuist voltooien van twee items in dezelfde reeks werd de taak afgebroken. Ieder goed item werd meegeteld in de totaalscore (maximaal 21).

3. Resultaten

3.1 Beschrijvende statistieken

Van de 213 kinderen in het onderzoek, missen op de Sorteertaak en de Simontaak de scores van drie kinderen op het derde meetmoment, waarvan twee kinderen uit de zwakke groep en een kind uit de gemiddelde groep. De missende scores zijn het gevolg van ziekte. Net als bij Huizinga en collega’s (2006) zijn de scores op de shifting- en inhibitietaken verwijderd als de kinderen minder dan 55% van de items juist benoemd of gedrukt hebben. Dit is gedaan omdat de reactietijd alleen een valide score is als het aantal benoem- of drukfouten gelimiteerd zijn (Van der Sluis et al., 2007). Uiteindelijk zijn twaalf scores op Animal Shifting (zeven op meetmoment 1, vier op meetmoment 2 en één op meetmoment 3), één score op de Simontaak (meetmoment 2) en twee scores op de Sorteertaak (één op meetmoment 1 en één op meetmoment 2) verwijderd. In Tabel 2 zijn de scores van de drie groepen leerlingen weergegeven op de zes executieve functies taken op de drie meetmomenten. Een hogere score op de updatingtaken staat voor een beter updating vermogen. Lagere scores op de shifting- en inhibitietaken representeren een beter shifting- of inhibitievermogen, daar het om verschilcores gaat tussen de reactietijd op de executieve taak en de controletaak.

Tabel 2. Beschrijvende statistieken van de drie groepen op de zes taken op de drie meetmomenten

Functie	Taak	MM	Zwakke groep			Gemiddelde groep			Goede groep		
			N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
Shifting	Sorteertaak	1	57	0.88	0.44	105	0.88	0.47	50	0.83	0.40
		2	56	0.93	0.56	105	0.73	0.52	51	0.73	0.35
		3	55	0.75	0.48	104	0.64	0.38	51	0.57	0.38
	Animal Shifting	1	55	1.34	0.57	102	1.14	0.42	49	1.04	0.34
		2	56	1.31	0.84	102	1.06	0.40	51	1.06	0.44
		3	57	1.10	0.49	104	0.98	0.42	51	0.96	0.43
Inhibitie	Dierenstroop	1	57	0.13	0.24	105	0.07	0.17	51	0.08	0.12
		2	57	0.04	0.22	105	0.03	0.17	51	0.04	0.12
		3	57	0.01	0.20	105	0.04	0.15	51	0.00	0.12
	Simontaak	1	57	0.38	0.24	105	0.30	0.16	51	0.26	0.15
		2	56	0.35	0.29	105	0.35	0.27	51	0.32	0.18
		3	55	0.29	0.13	104	0.24	0.12	51	0.21	0.14
Updating	Onthoud de Plaatjes	1	57	10.58	2.78	105	11.62	3.08	51	12.98	2.93
		2	57	11.67	2.50	105	13.10	2.62	51	14.14	2.47
		3	57	12.26	2.58	105	14.16	2.80	51	15.35	2.61
	Odd One Out	1	57	5.93	2.47	105	6.84	2.29	51	7.57	2.41
		2	57	6.67	2.52	105	7.75	2.58	51	8.86	2.47
		3	57	6.86	2.29	105	8.59	2.29	51	9.78	2.73

Note. De scores op de shifting- en inhibitietaken geven verschillscores uitgedrukt in seconden weer. Lagere scores op de shifting- en inhibitietaken representeren een beter shifting- of inhibitievermogen. Scores op de updatingtaken geven het aantal correcte antwoorden op de taak weer. Hogere scores op de updatingtaken representeren een beter updatingvermogen.

Tabel 3. *Correlaties tussen executieve functies taken*

Taak	MM	1			2			3			4			5			6		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 Sorteertaak	1	-																	
	2	.35**	-																
	3	.42**	.46**	-															
2 Animal Shifting	1	ns	.24**	.28**	-														
	2	.16*	.28*	.39**	.48**	-													
	3	.14*	.24**	.36**	.41**	.51**	-												
3 Dierenstroop	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-											
	2	ns	ns	ns	ns	.15*	ns	ns	-										
	3	ns	.18**	.27**	.17*	.33**	.17*	ns	ns	-									
4 Simontaak	1	ns	.21**	.25**	.24**	.20**	.22**	ns	ns	ns	-								
	2	ns	.27**	.22**	.19**	ns	.28**	ns	ns	ns	.37**	-							
	3	.18**	.30**	.39**	ns	.22**	.18**	ns	-.20**	ns	.26**	.29**	-						
5 Onthoud de Plaatjes	1	ns	ns	ns	-.15*	ns	-.11	ns	ns	ns	-.20**	-.21**	-.27**	-					
	2	ns	-.19**	-.16*	-.20**	ns	-.22**	ns	ns	ns	-.27**	-.27**	-.20**	.36**	-				
	3	ns	-.18*	-.25**	-.21**	-.21**	-.21**	ns	ns	ns	-.27**	-.28**	-.34**	.39**	.52**	-			
6 Odd One Out	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-.16*	-.16*	-.24**	.24**	.40**	.33**	-		
	2	ns	-.25**	-.18**	ns	ns	-.23**	ns	ns	ns	-.26**	-.24**	-.25**	.23**	.44**	.33**	.36**	-	
	3	ns	ns	-.16*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-.14*	-.24**	-.21**	.17*	.22**	.21**	.25**	.24**	-

Note. MM = meetmoment. * $p < .05$. ** $p < .01$.

3.2 Correlatie Analyse

Een correlatie analyse is uitgevoerd om na te gaan welke van de metingen van executieve functies significant correleren met elkaar op de drie verschillende meetmomenten. Omdat geen van de taken op alle drie de meetmomenten een correlatie van $> .30$ laten zien (Tabel 3), worden geen van de scores op de taken samengevoegd tot een gezamenlijke score voor een executieve functie.

3.3 ANOVA's voor herhaalde metingen

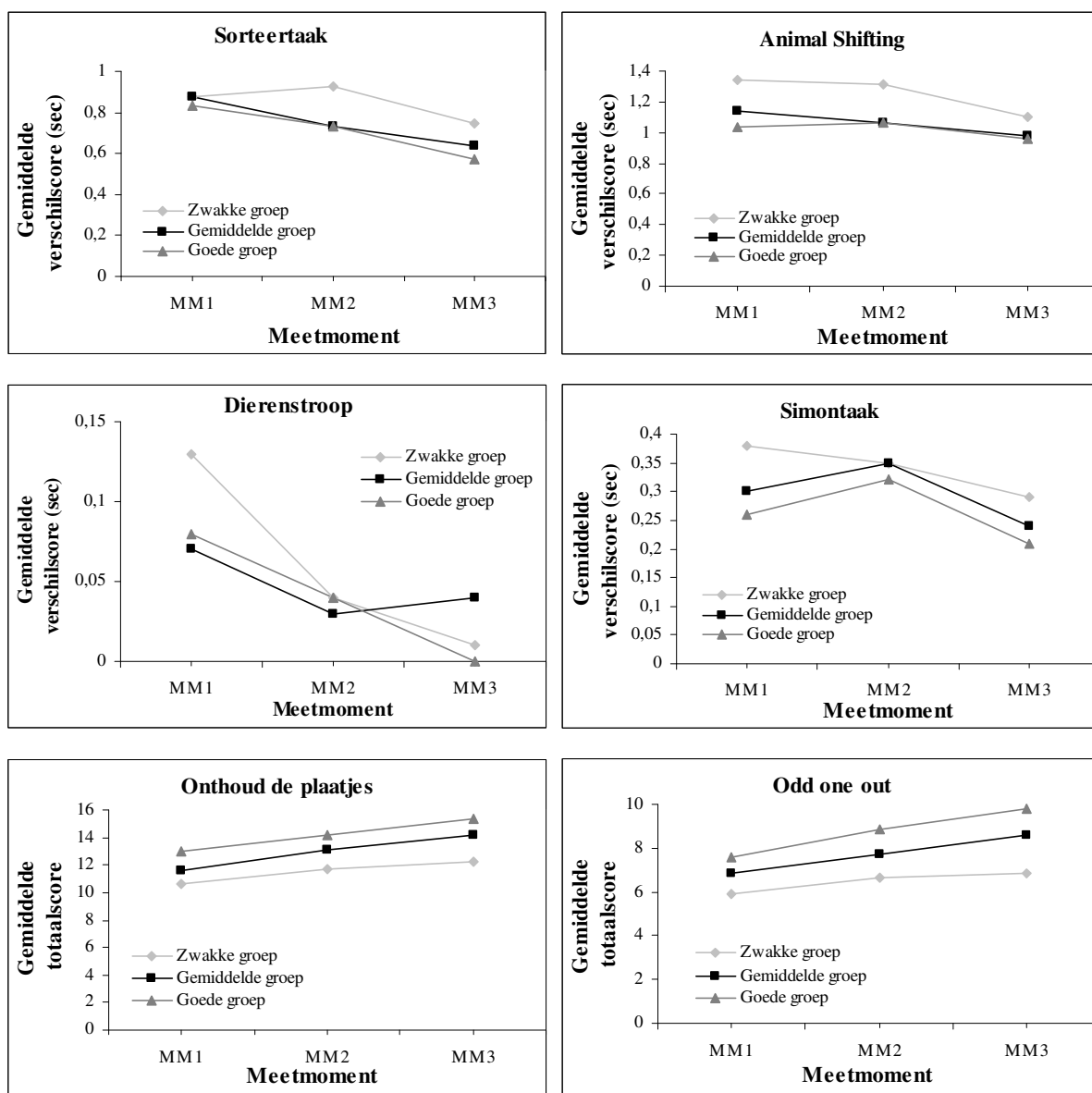
Om de ontwikkeling van de drie executieve functies binnen de drie rekgroepen in beeld te brengen zijn de scores van elke leerling op de zes taken op de drie afzonderlijke meetmomenten vergeleken. Door middel van zes ANOVA's voor herhaalde metingen wordt vastgesteld of de gemiddelden op de taken tussen de meetmomenten verschillen. De drie rekgroepen zijn toegevoegd als onafhankelijke variabele. Door middel van de 'Mauchly's Test of Sphericity' is nagegaan of aan de voorwaarde van 'Sphericity' wordt voldaan. Dit is niet het geval bij de Sorteertaak en Onthoud de Plaatjes. Hierop wordt een 'Greenhouse-Geisser' correctie uitgevoerd. Op alle taken wordt een significante ontwikkeling gevonden (Tabel 4; Figuur 1). Op vier van de zes taken verschillen de gemiddelde score van de drie groepen op de drie meetmomenten significant (Tabel 5); Animal Shifting, Simontaak, Onthoud de Plaatjes en Odd One Out. Op deze taken is een Posthoc analyse met Bonferroni correctie toegepast om na te gaan op welke meetmomenten de zwakke groep van de andere twee groepen verschilt (Tabel 6). De gemiddelde score van de zwakke groep verschilt significant van die van de gemiddelde groep op Animal Shifting (MM1: $MD^2 = 0.21, p < .05$; MM2: $MD = 0.25, p < .05$), op de Simontaak (MM1: $MD = 0.08, p < .05$), op Onthoud de Plaatjes (MM2: $MD = -1.44, p < .05$; MM3: $MD = -1.90, p < .05$) en op Odd One Out (MM2: $MD = -1.09, p < .05$; MM3: $MD = -1.73, p < .05$). De gemiddelde score van de zwakke groep verschilt significant van die van de goede groep op Animal Shifting (MM1: $MD = 0.25, p < .05$), op de Simontaak (MM1: $MD = 0.12, p < .05$; MM3: $MD = 0.08, p < .05$), op Onthoud de Plaatjes (MM1: $MD = -2.40, p < .05$; MM2: $MD = -2.47, p < .05$; MM3: $MD = -3.09, p < .05$) en op Odd One Out (MM1: $MD = -1.64, p < .05$; MM2: $MD = -2.20, p < .05$; MM3: $MD = -2.92, p < .05$). Tabel 6 laat zien dat de effectgroottes op de Animal Shifting en op de Simontaak niet groter zijn dan 0.64 en dat de effectgroottes op de beiden updatingtaken groter worden per opvolgend meetmoment.

Op geen van de taken wordt een significant interactie-effect gevonden tussen het meetmoment en de rekgroepen.

² MM = Meetmoment, MD = Verschil tussen gemiddelden

Tabel 4. Resultaten ANOVA's voor herhaalde metingen: hoofdeffect voor tijd

Functie	Taak	F	df	Sig.
Shifting	Sorteertaak	17.11	1,94, 401.91	< .01
	Animal Shifting	12.59	2, 420	< .01
Inhibitie	Dierenstroop	11.39	2, 420	< .01
	Simontaak	14.37	2, 414	< .01
Updating	Onthoud de Plaatjes	47.91	1,90, 399.43	< .01
	Odd One Out	27.79	2, 420	< .01



Figuur 1. Ontwikkeling van de drie groepen op de zes executieve functies taken.

Tabel 5. Resultaten ANOVA's voor herhaalde metingen: hoofdeffect voor groepen

Functie	Taak	F	df	Sig.
Shifting	Sorteertaak	1.97	2, 207	ns
	Animal Shifting	4.82	2, 210	< .01
Inhibitie	Dierenstroop	0.33	2, 210	ns
	Simontaak	13.15	2, 207	< .05
Updating	Onthoud de Plaatjes	22.46	2, 210	< .01
	Odd One Out	24.61	2, 210	< .01

Tabel 6. Resultaten ANOVA's voor herhaalde metingen: Posthocanalyse met Bonferroni correctie

Functie	Taak	MM	Gemiddelde groep		Goede groep	
			Vergelijking met zwakke groep	Effect grootte (<i>d</i>)	Vergelijking met zwakke groep	Effect grootte (<i>d</i>)
Shifting	Sorteertaak	1	ns	-	ns	-
		2	ns	-	ns	-
		3	ns	-	ns	-
	Animal Shifting	1	> Zwakke groep	0.40	> Zwakke groep	0.64
		2	> Zwakke groep	0.38	ns	-
		3	ns	-	ns	-
Inhibitie	Dierenstroop	1	ns	-	ns	-
		2	ns	-	ns	-
		3	ns	-	ns	-
	Simontaak	1	> Zwakke groep	0.39	> Zwakke groep	0.60
		2	ns	-	ns	-
		3	ns	-	> Zwakke groep	0.59
Updating	Onthoud de Plaatjes	1	ns	-	> Zwakke groep	0.84
		2	> Zwakke groep	0.56	> Zwakke groep	0.99
		3	> Zwakke groep	0.71	> Zwakke groep	1.19
	Odd One Out	1	ns	-	> Zwakke groep	0.67
		2	> Zwakke groep	0.42	> Zwakke groep	0.88
		3	> Zwakke groep	0.76	> Zwakke groep	1.16

3.4 Discriminant Analyse

Een discriminantanalyse is toegepast om de classificatie in groepen te voorspellen uit de scores op de executieve functies taken. Het gemiddelde over de drie meetmomenten is als score op executieve functietaken genomen, zodat de verhouding tussen het aantal voorspellende variabelen en het aantal kinderen kleiner is dan 1:20 (Stevens, 1986).

Van de twee afgeleide discriminantfuncties is alleen de eerste functie gerelateerd aan de indeling in groepen, $X^2(7) = 62.36, p < .01$. De tweede functie is niet significant, $X^2(5) = 1.31, p > .05$. Deze eerste functie is een gewogen lineaire combinatie van de zes gemiddelden op de taken. De groepsverschillen kunnen dus slechts door één onderliggende dimensie verklaard worden. De groepsgemiddelden op de functie (Zwakke groep: -0.85, gemiddelde groep: 0.08, goede groep: 0.79) laten zien dat een hoge score op de functie een hoge mate van rekenvaardigheid weergeeft. De discriminantstructuur coëfficiënten laten zien dat de gemiddelde scores op Onthoud de Plaatjes (.78) en Odd One Out (.82) hoog correleren en dat de gemiddelde scores op de overige vier taken een negatieve lading hebben (Sorteertaak: -.25; Animal Shifting: -.34; Dierenstroop: -.09; Simontaak: -.59). Tabel 7 laat de classificatie resultaten zien gebaseerd op de afgeleide discriminantfuncties. 54.5% van de originele groepen is correct geclassificeerd op basis van de discriminantfunctie. Een Chikwadraat toets laat zien dat de classificatie significant is $X^2(4) = 34.98, p < .01$.

Tabel 7. *Classificatieresultaten discriminantanalyse; gemiddelde scores op zes taken als voorspellende variabelen*

		Voorspelde groepsindeling			
		Zwakke groep (%)	Gemiddelde groep (%)	Goede groep (%)	Totaal (%)
Bestaande groepsindeling	Zwakke groep	20 (35.1)	36 (63.2)	1 (1.8)	57 (26.76)
	Gemiddelde groep	15 (14.3)	84 (77.1)	9 (8.6)	105 (49.30)
	Goede groep	3 (5.9)	30 (64.7)	15 (29.4)	51 (23.94)
	Totaal	38 (17.84)	150 (70.42)	25 (11.74)	213 (100)

Een stapsgewijze discriminantanalyse is uitgevoerd om na te gaan welke taken de meeste bijdrage leveren aan een voorspelling van de groepsindeling. Door de hoge correlaties bij de eerste discriminantanalyse van de gemiddelden op de twee updatingtaken (respectievelijk .78 en .82) worden allereerst deze twee variabelen toegevoegd. Hieruit blijkt dat enkel de gemiddelden op de twee updatingtaken 56.3% van de groepsindeling voorspelt, $X^2(3) = 57.94, p < .01$. Het toevoegen van de gemiddelden op de Simontaak, vanwege de hoogste correlatie (-.59) na de updatingtaken, voorspelt nog maar 55.9% van de indeling,

$X^2(4) = 61.14$, $p < .01$. De andere drie taken worden niet toegevoegd, omdat deze in de eerste discriminantanalyses een lagere correlatie hebben laten zien dan de gemiddelde score op de Simontaak. In de volgende analyse wordt ook de Simontaak niet meer opgenomen, vanwege het afnemende voorspellingspercentage ten opzichte van de updatingtaken.

Om na te gaan wat de voorspellende waarde van de taken Onthoud de Plaatjes en Odd One Out toevoegen aan de voorspellende waarde van eerdere prestaties op Citotoetsen Rekenen-Wiskunde is een stapsgewijze discriminantanalyse toegepast. Hieruit blijkt dat de discriminantfunctie, $X^2(3) = 138.34$, $p < .01$, op basis van de variabelen Cito M3 en E3 65.3% van de originele groepen correct classificeert. Door toevoeging van de gemiddelde scores op Onthoud de Plaatjes en Odd One out wordt 66.7% van de originele groepen correct geclassificeerd op basis van de eerste functie, $X^2(5) = 147.67$, $p < .01$.

4. Conclusie en discussie

Het voornaamste doel van het huidige onderzoek was om na te gaan of een lage rekenvaardigheid voorspeld kan worden aan de hand van de executieve functies shifting, inhibitie en updating. Gebleken is dat slechts updating een bijdrage levert aan het voorspellen van rekenvaardigheid. Zelfs wanneer het rekenniveau op eerdere meetmomenten wordt meegenomen als voorspeller, blijkt updating een kleine toegevoegde waarde te hebben in het voorspellen van rekenvaardigheid. De rol van updating werd op basis van voorgaand onderzoek verwacht (Andersson, 2008; Bull & Scerif, 2001; McLean & Hitch, 1999; Zamarian et al., 2006), echter dergelijke resultaten deden ook vermoeden dat shifting (Andersson, 2008; Bull et al., 1999; Bull & Scerif, 2001; McLean & Hitch, 1999; Van der Sluis et al., 2004; Van der Sluis et al., 2007; Zamarian et al., 2006) en inhibitie (Andersson, 2008; Bull et al., 1999; Bull & Scerif, 2001; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Zamarian et al., 2006) een rol spelen.

De resultaten laten zien dat niet op alle executieve functie-taken een verschil wordt gevonden tussen de rekgroepen. Wat betreft shifting wordt op één taak (Animal Shifting) een verschil gevonden tussen kinderen met een lage rekenvaardigheid en kinderen met een gemiddelde of hoge rekenvaardigheid in begin groep 3. In begin groep 4 worden geen verschillen gevonden op shifting tussen de drie groepen. Ook bij inhibitie wordt op één taak (Simontaak) een verschil gevonden tussen kinderen met een lage rekenvaardigheid en kinderen met een gemiddelde of hoge rekenvaardigheid in begin groep 3. Begin groep 4 onderscheidde kinderen met een lage rekenvaardigheid zich alleen van de kinderen met een hoge rekenvaardigheid op de Simontaak. Geconcludeerd kan worden dat er geen eenduidig beeld bestaat over de verschillen tussen de drie groepen in shifting en inhibitie, omdat de verschillen slechts worden gevonden op één taak en bij minder dan de helft van de metingen. Dit heeft als gevolg dat er slechts beperkte conclusies aan de resultaten te verbinden zijn. Toch lijkt het vermoeden dat het wisselen tussen verschillende rekenstrategieën, tussenoplossingen en bewerkingen van belang is bij het uitvoeren van

rekentaken (Andersson, 2008; Van der Sluis et al., 2007) in groep 3 en 4 niet te kloppen. Ook het vermogen om een aangeleerde strategie, irrelevantie en dominante taakinformatie te kunnen onderdrukken lijkt, in tegenstelling tot de resultaten van voorgaand onderzoek (Andersson, 2008; Bull et al., 1999; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006), niet van belang in deze periode. De resultaten komen overeen met de resultaten van Van der Sluis en collega's (2004). Ook zij vonden dat rekenzwakke kinderen geen problemen ervaren met inhibitie en shifting. Het is niet duidelijk of het shifting- en inhibitievermogen op latere leeftijd een grotere rol gaat spelen in het rekenen. Vervolgonderzoek om de verdere ontwikkeling van executieve functies en de relatie hiervan met rekenvaardigheid in kaart te brengen is daarom gewenst.

Wat betreft de updatingtaken verschillen de kinderen met een lage rekenvaardigheid van de andere kinderen gedurende de hele onderzoeksperiode. Daar het om beide taken gaat levert dit een betrouwbaar beeld over de rol van updating in rekenvaardigheid. De resultaten bevestigen resultaten van voorgaand onderzoek dat het ophalen en manipuleren van informatie uit het lange termijn geheugen nodig is om tot rekenen te kunnen komen (Andersson, 2008; Bull & Scerif, 2001). Begin groep 3 verschilden de kinderen met een lage rekenvaardigheid alleen van de kinderen met een goede rekenvaardigheid op de updatingtaken, terwijl de zwakke rekenaars zich eind groep 3 en begin groep 4 onderscheidde van zowel de kinderen met een gemiddelde als met een goede rekenvaardigheid. De drie groepen lieten een duidelijke ontwikkeling zien in updating tussen begin groep 3 en begin groep 4. Er wordt echter geen significant verschil gevonden in de ontwikkeling op de updating taken tussen de drie groepen; de drie rekengroepen ontwikkelen zich in gelijke mate. Ondanks dat er geen significante verschillen tussen de ontwikkelingen worden gevonden, laat de grafische weergave hiervan zien dat de ontwikkeling die de zwakke rekenaars doormaakten op de updatingtaken horizontaler loopt dan de ontwikkeling van de gemiddelde en goede rekenaars. Dit verklaart ook het groter wordende verschil tussen kinderen met een lage en een gemiddelde of hoge rekenvaardigheid. Wellicht zijn er over een langere periode wel significantie verschillen te ontdekken in de ontwikkeling.

De ontwikkeling die wordt gevonden in updating, wordt ook gevonden in shifting en inhibitie. Geconcludeerd kan worden dat executieve functies zich gedurende groep 3 en tijdens de overgang naar groep 4 blijven ontwikkelen. Ook voor de shifting en inhibitie taken geldt dat er geen verschil tussen de groepen wordt gevonden wat betreft ontwikkeling. Dit houdt in dat de drie groepen zich in gelijke mate ontwikkelen op alle zes de taken. Dit is in tegenspraak met de verwachting, gebaseerd op onderzoek van Swanson (2006), dat een minder sterke groei te zien zou zijn bij zwakke rekenaars.

Bovenstaande conclusies dienen in het licht te worden gezien van een aantal beperkingen van het huidige onderzoek. In voorgaande onderzoeken (Fournier-Vicente et al., 2008; Huizinga et al., 2006; Miyake et al., 2000; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van der Sluis et al., 2007) zijn afzonderlijke scores op taken op basis van factor analyse of correlaties samengevoegd tot een onderliggende

schaalscore. In het huidige onderzoek was het niet mogelijk om schaalscores te berekenen op basis van de scores op de twee taken per executieve functie. Dit heeft gevolgen met betrekking tot de interpretatie van de gevonden verschillen, die bij één van de shiftingtaken en bij één van de inhibitietaken gevonden werden. Daarbij dringt de vraag zich op of de taken een reële weergave zijn van de onderliggende executieve functies. Het taakonzuiverheidsprobleem (Burgess et al., 1998; Hughes & Graham, 2002; Miyake et al., 2000; Van der Sluis et al., 2007) speelt hierin een rol. Volgens Miyake en collega's (2000) is taakonzuiverheid nooit helemaal uit te sluiten, maar moet het zoveel mogelijk beperkt worden. Bij de taken worden mogelijk andere cognitieve processen aangesproken dan gewenst. De stimuli bij de taken in het huidige onderzoek werden visueel aangeboden, terwijl de instructie verbaal werd gegeven met visuele ondersteuning. De taken Dierenstroop en Animal Shifting deden daarnaast een beroep op benoemsnelheid, een construct wat gezien wordt als belangrijke voorspeller voor lees- (Eleveld, 2005) en rekenproblemen (Van Lieshout & Spyer, 2003). Hetzelfde geldt voor Onthoud de Plaatjes, waarbij een verbale reactie van het kind verwacht werd. Bij de Sorteertaak, de Simontaak en Odd One Out was dit niet het geval, maar werd een beroep gedaan op visuele verwerking en motorische reactie. In het huidige onderzoek is per executieve functie bewust gekozen voor het inzetten van zowel een verbale als een visuele taak. Hiermee is getracht de invloed van de cognitieve processen die een soort taak vereist, op de interpretatie van de resultaten te beperken. Dat de gevonden verschillen zowel worden gevonden in visuele als in verbale taken, kan aangeven dat de invloed van het type taak niet aanzienlijk is. Daarnaast is in het huidige onderzoek bewust gekozen voor het uitsluiten van numerieke taken, zodat de directe invloed van een lage rekenvaardigheid op de score beperkt wordt.

De scores op de shifting- en inhibitietaken zijn, daar het om het meten van reactietijd ging, uitgedrukt in seconden. Dit heeft, ondanks de nauwkeurige metingen aan de hand van computers, tot gevolg gehad dat een aantal verschilscores zeer laag zijn uitgevallen. Dit verschilt van de updatingtaken waar een score het aantal correcte antwoorden op de taak weergeeft. Omdat dit mogelijk van invloed is geweest op de bevinding dat enkel updating als voorspeller van een lage rekenvaardigheid kan worden gezien, lijkt het wenselijk in vervolg onderzoek de taken dan wel de scoring van de taken voor shifting en inhibitie enigszins aan te passen.

Een andere beperking is dat dezelfde taken zijn afgenomen op drie meetmomenten. Een executieve functie kan het beste getest worden wanneer een taak nieuw is voor het kind (Rabbitt, 1997, zoals geciteerd in Miyake et al., 2000), zowel qua inhoud als vorm, enige inspanning vereist van het kind en wanneer het een element van handhaving in het werkgeheugen heeft (Philips, 1997, zoals geciteerd in Bull & Scerif, 2001). De metingen op het tweede en derde meetmoment kunnen beïnvloed zijn doordat de kinderen reeds bekend waren met de test. Getracht is om deze invloed te beperken door de duur tussen de afnamen een half jaar te laten zijn. Tevens is gekozen voor relatief eenvoudige taken, omdat het leereffect

in vergelijking met complexe taken, zoals de Wisconsin Card Sorting Task (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 1993; Huizinga & Van der Molen, 2007) dan beperkt zal blijven. Het uitsluiten van een lage interne en/of test-hertest betrouwbaarheid blijft echter onmogelijk (Miyake et al., 2000), ook omdat kinderen verschillende strategieën gebruiken tussen de meetmomenten of zelfs tijdens de afnamen (Huizinga et al., 2006).

Tot slot zal ook aandacht moeten worden besteed aan de beperkingen als gevolg van de groepsclassificatie op basis van rekenvaardigheid. Voor het indelen van de kinderen in groepen is in het huidige onderzoek bewust gekozen, omdat het doel van het onderzoek was om een beeld te krijgen van het niveau en de ontwikkeling van kinderen met een lage rekenvaardigheid in vergelijking tot kinderen met een gemiddelde en hoge rekenvaardigheid. Dat het classificeren van individuele scores gevolgen heeft voor de omvang van de informatie en de toepasbaarheid van analyses, is hierin een bewuste overweging geweest. Op deze manier kon, zoals het doel van het onderzoek was, specifiek gekeken worden naar kinderen met een lage rekenvaardigheid.

Positieve factoren aan het huidige onderzoek zijn met name toe te schrijven aan de opzet van het onderzoek. De steekproef is dermate groot dat generalisatie van de bevindingen mogelijk is. Dit wordt bevorderd door de zorgvuldige selectie van de steekproef, waarin is getracht de invloed van factoren zoals taalachterstanden en sociaal economische status zo beperkt mogelijk te houden. Verder levert de longitudinale opzet een bijdrage aan de relevantie van dit onderzoek en de interpretatie van de bevindingen, omdat het op deze manier mogelijk is geweest ontwikkeling in kaart te brengen. Momenteel is er slechts beperkt longitudinaal onderzoek gedaan naar executieve functies als voorspeller voor (lage) rekenvaardigheid.

Concluderend kan gesteld worden dat niet alle verwachtingen voorafgaand aan dit onderzoek bevestigd zijn. Daar een voorspellende waarde van de drie executieve functies shifting, inhibitie en updating werd verwacht, blijken slechts de updatingtaken als belangrijke voorspeller gezien te kunnen worden. De bevindingen uit dit onderzoek kunnen daarmee meer inzicht verschaffen in de relatie tussen executieve functies en rekenvaardigheid en aanknopingspunten bieden voor verder onderzoek. Vervolgonderzoek zal zich meer kunnen richten op de specifieke rol van updating in rekenvaardigheid of het trainen van updatingvaardigheden ter bevordering van de ontwikkeling van rekenvaardigheid.

5. Referenties

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment (AWMA)*. London: Pearson Assessment.
- Andersson, U. (2008). Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology*, 78, 181-203.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Blair, C., Knipe, H., & Gamson, D. (2008). Is there a role for executive functions in the development of mathematics ability. *Mind, Brain, and Education*, 2(2), 80-89.
- Blair, C., & Razza, P. R. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647 - 663.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26, 571-593.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999). Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetic skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-443.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Evans, J., Emslie, H., & Wilson, B. A. (1998). The ecological validity of tests of executive function. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 547-558.
- Cito. (1992). *Leerlingvolgsysteem: Rekenen-wiskunde*. Arnhem: Cito.
- Citogroep Primair-onderwijs. (2002). *Leerlingvolgsysteem Rekenen-wiskunde*. Arnhem: Citogroep.
- Duncan, J., Johnson, R., Swales, M., & Freer, C. (1997). Frontal lobe deficits after head injury; unity and diversity of function. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 713-741.
- Eleveld, M. (2005). *At risk for dyslexia. The role of phonological abilities, letter knowledge and speed of serial naming in early intervention and diagnosis*. Apeldoorn: Garant Uitgevers.
- Espy, K. A. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13, 495-499.
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematics skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 465-486.

- Fournier-Vicente, S., Larigauderie, P., & Gaonach, D. (2008). More dissociations and interactions within central executive functioning: A comprehensive latent-variable analysis. *Acta Psychologica*, *129*(1), 32-48.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in Preschoolers: A review using a integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31-60.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*(1), 4-15.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *77*, 236-263.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *74*, 213-239.
- Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2008). Executive function. *Current Biology*, *18*(3), 110-114.
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *38*, 25-33.
- Heaten, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtiss, G. (1993). *Wisconsin Card Sorting Test Manual: Revised and Expanded*. New York: Psychological Assessment Resources.
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, *16*, 233-253.
- Hughes, C., & Graham, A. (2002). Measuring executive functions in childhood: Problems and solutions? *Child and Adolescent Mental Health*, *7*(3), 131-142.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *44*, 2017-2036.
- Huizinga, M., & Van der Molen, M. (2007). Age-Group Differences in Set-Switching and Set-Maintenance on the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental Neuropsychology*, *31*, 193-215.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, *17*, 213-233.
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, *20*(1), 407-428.
- Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A, Human Experimental Psychology*, *49*(1), 29-50.
- Lehto, J., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*, 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*, 49-100.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. Davidson, G. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills. *Developmental Neuropsychology*, *33*(3), 229-250.
- 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.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, *13*, 25-42.
- Senn, T. E., Espy, K. A., & Kaufmann, P. M. (2004). Using path analysis to understand executive function organisation in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, *26*, 445-464.
- Shalev, R. S., Auerback, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *9*, 58-64.
- Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, *24*(5), 337-342.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Simon, J. R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, *81*, 174-176.
- 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.
- Stevens, K. (1986). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. London: Lawrence Erlbaum.
- Swanson, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, *98*(2), 265-281.
- Tirapu-Ustarroz, J., Garcia-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrin-Valero, C. (2008). Models of executive control and functions. *Revista de Neurologica*, *46*(11), 684-692.
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*, 239-266.

- 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.
- Van der Ven, S. H. G., & Kroesbergen, E. H. (2008). Executive functions and learning arithmetic in seven-year-old children. *Manuscript submitted for publication*.
- Van Lieshout, E. C. D. M., & Spyer, V. A. (2003). Samenhang tussen reken- en leesproblemen: Onderzoek naar non-specifieke oorzaken. In M. Meerum Terworgt & H. J. Schulze (Eds.), *Kijk op emoties: Theorie en praktijk in ontwikkeling en opvoeding*. Amsterdam: SWP.
- Von Aster, M., Schweiter, M., & Zulauf, M. W. (2007). Developmental dyscalculia: Precursors, prevalence, and co morbidity. *Zeitschrift fur Entwicklungspsychologie und Padagogische Psychologie*, 39(2), 85-96.
- Welsh, M. C., Friedman, S. L., & Spieker, S. J. (2006). Executive functions in developing children: Current conceptualizations and questions for the future. In K. McCartney & P. Philips (Eds.), *Blackwell handbook of early childhood development*. Oxford: Blackwell.
- Welsh, M. C., Huzinga, M., Granrud, M., Cooney, J., Adams, C., & Van der Molen, M. (2002). A structural equation model of executive function in normal young adults. Paper presented at the Paper presented at the the annual meeting of INS, Toronto, Ontario, Canada.
- Welsh, M. C., Pennington, B., & Groisser, D. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44(2), 575-587.
- Wright, I., Waterman, M., Prescott, H., & Murdoch-Eaton, D. (2003). A new stroop-likemeasure of inhibitory function development; typical developmental trends. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(4), 561-575.
- Zamarian, L., Visani, P., Delzaer, M., Seppi, K., Mair, K. J., Diem, A., et al. (2006). Parkinson's disease and arithmetics: The role of executive functions. *Journal of the Neurological Sciences*, 248, 124-130.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., et al. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 51-138.