

Universiteit van Utrecht
Faculteit der Sociale Wetenschappen
Pedagogische Wetenschappen

Masterthesis - Werkveld Leerlingenzorg

De rol van executieve functies in de ontwikkeling van numerieke representaties.

Naam: Y.T. Tang
Studentnummer: 3285227
Thesisbegeleider: Mevr. M.E. Kolkman
Tweede beoordelaar: Mevr. E.H. Kroesbergen
Datum: 24-06-'11

Voorwoord

Ter afsluiting van mijn Master Orthopedagogiek aan de Universiteit van Utrecht heb ik mij het afgelopen jaar bezig gehouden met mijn onderzoek naar de rol van executieve functies in de ontwikkeling van numerieke representaties. Hierdoor heb ik verdiepende kennis over deze concepten verworven, wat erg interessant was.

Graag zou ik van deze gelegenheid gebruik willen maken om enkele mensen te bedanken. Allereerst mijn begeleider mevrouw Meijke Kolkman voor de begeleiding en feedback gedurende het schrijven van deze thesis. Daarnaast wil de betrokken scholen en kinderen bedanken voor hun medewerking, waardoor dit onderzoek mogelijk werd gemaakt.

Ying-tin Tang

Utrecht, 2011

Abstract

This longitudinal study examined the influence of executive functions in the development of numerical representations of kindergartners. **Method:** 254 kindergartners from Dutch primary schools participated in this study. This sample consisted of 124 boys and 130 girls. Children aged between 5 and 6 years old ($M = 6.10$, $SD = .26$) were involved in this research. Children completed several numerical and executive tasks on a computer. **Results:** Correlation analysis showed relations between numerical and executive function skills. Results from a multiple regression analysis showed that higher levels of updating was found to be the best predictor of the development of numerical representations of kindergartners. No predicting value in the development of numerical representations was found for shifting and inhibition. Regression analyses showed that these findings are independent of age. This factor was of no significant influence of executive functions in the development of numerical representations. **Discussion:** The task impurity problem is discussed. More research needs to be done to clarify this problem. Also recommendations for future research are discussed.

Keywords: executive functions; Updating; Shifting; Inhibition; numerical representations.

Kinderen krijgen op vroege leeftijd al te maken met getallen en hoeveelheden. Op jonge leeftijd komen kinderen bijvoorbeeld al in aanraking met liedjes en spelletjes waarin getallen een rol spelen. In de kleutertijd ontwikkelen kinderen steeds meer kennis over en begrip voor getallen. Dit manifesteert zich in de ontwikkeling van de mentale getallenlijn (Kroesbergen, Van der Ven, Kolkman, Van Luit & Leseman, 2009a). Op deze denkbeeldige lijn worden hoeveelheden en representaties van getallen vastgelegd, geordend van links naar rechts (Moeller, Pixner, Kaufmann & Nuerk, 2009). Het gebruik van een mentale getallenlijn vormt een onderdeel van de voorbereidende rekenvaardigheid (Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek & Van de Rijt, 2009b). Voorbereidende rekenvaardigheid bestaat uit twee componenten, namelijk tellen en discriminatie van hoeveelheden. Tellen is bij jonge kinderen met name gerelateerd aan het akoestisch tellen van een telrij. Discriminatie van hoeveelheden is gerelateerd aan het gebruik van numerieke representaties. Tellen en discriminatie van hoeveelheden blijken belangrijke voorlopers te zijn van de latere rekenvaardigheid (Kroesbergen et al., 2009b). Omgevingsfactoren zoals de thuisstimulering, onderwijs en de sociaal-economische status van ouders zijn van invloed op de ontwikkeling van voorbereidende rekenvaardigheid. Naast omgevingsfactoren zijn er ook kindfactoren die een rol spelen bij de ontwikkeling van voorbereidende rekenvaardigheid. Hierbij kan gedacht worden aan *number sense*, de intelligentie en het (werk)geheugen van het kind (Kroesbergen et al., 2009b). Een onderdeel van het werkgeheugen zijn executieve functies.

Executieve functies zijn van belang bij het uitvoeren van doelgerichte activiteiten. In verschillende onderzoeken wordt geprobeerd om de voorspellende rol van executieve functies in de voorbereidende rekenontwikkeling te achterhalen (Bull & Scerif, 2001; Clark, Pritchard & Woodward, 2010; De Smedt, Verschaffel & Ghesquière, 2009). In het huidige onderzoek zal de relatie tussen numerieke representaties en executieve functies centraal staan. Door deze relatie te achterhalen kunnen leerkrachten op basisscholen vroegtijdig preventieve diagnostische middelen toepassen, zodat rekenproblemen vroegtijdig achterhaald kunnen worden.

Hiervoor is benoemd dat *number sense* in relatie wordt gebracht met de ontwikkeling van voorbereidende rekenvaardigheid. Volgens Dehaene (2001) zijn kinderen op zeer vroege leeftijd al in staat om numerieke hoeveelheden te verwerken, begrijpen en te schatten. Deze vaardigheid noemt Dehaene (2001) *number sense*. *Number sense* vormt een basis voor het ontwikkelen van latere rekenvaardigheden. In het *triple code* model van Dehaene (2001) wordt de neurale basis van *number sense* omschreven. Binnen dit model maakt Dehaene onderscheid tussen drie codes. Ten eerste de analoge code, hierbij wordt op het besef van

aantallen op een mentale getallenlijn gedoeld. Daarnaast hoort bij deze code ook de kennis van wat nabijgelegen aantallen zijn en het kunnen vergelijken van aantallen. De tweede code, de verbale code, is gerelateerd aan het kennen van de telrij. De laatste code is de visuele code, deze is gerelateerd aan het gebruik van het Arabische numerieke systeem (Kroesbergen, Kolkman, Van der Ven, 2009c). De analoge code ontwikkelt zich als eerste. Deze code blijft in ontwikkeling wanneer de visuele en verbale code een begin maken aan hun ontwikkeling (Kroesbergen et al., 2009c). Deze ontwikkeling houdt in dat de mentale getallenlijn van kinderen gedurende de kindertijd steeds nauwkeuriger worden. Hierbij spelen leren tellen en de bijbehorende symbolen een rol.

Siegler en Booth (2004) hebben vastgesteld dat er verschillende representaties van de mentale getallenlijn zijn, namelijk de logaritmische en de lineaire representatie. Met name jonge kinderen hebben een logaritmische representatie van de getallenlijn (Siegler & Booth, 2004). Een logaritmische representatie houdt in dat kinderen de afstand tussen twee aangrenzende getallen kleiner schatten, naarmate het getal groter wordt. Hierdoor worden grote getallen door kinderen aan het begin van de getallenlijn geplaatst.

Bij volwassenen en oudere kinderen is een lineaire representatie meer van toepassing. Dit verschil is al te vinden bij kinderen uit groep 4. Wanneer zij vergeleken worden met kinderen uit groep 3, blijkt dat kinderen uit groep 4 beter in staat zijn om de correcte positie van een getal te schatten. De lineaire representatie past hierdoor beter bij kinderen uit groep 4 (Siegler & Booth, 2004). Bij een lineaire representatie wordt de magnitude van een getal minder belangrijk en worden waargenomen afstanden tussen getallen meer gelijk (Moeller et al., 2009). Door formeel (reken)onderwijs ontwikkelen kinderen een meer lineaire representatie van getallen (Siegler & Booth, 2004). De overgang van een logaritmische naar een lineaire representatie vindt plaats tijdens groep 3/4. Dit geldt voor de getallen tussen de 0 – 100 (Booth & Siegler, 2008). Voor getallen tussen de 0 en de 1000 geldt dat deze overgang meestal plaats vindt in groep 4/5 (Booth & Siegler, 2008). Het is van groot belang om een goede lineaire representatie van de mentale getallenlijn te ontwikkelen. Moeite met een accurate representatie van de getallenlijn heeft implicaties voor het aanleren van verdere rekenkundige vaardigheden in de latere schoolloopbaan (Geary, Hoard, Nugent & Byrd-Craven, 2008).

Bij het maken van een schatting op een mentale getallenlijn kunnen er verschillende effecten optreden. Zo is het mogelijk dat er een afstandseffect optreedt. Dit effect ontstaat wanneer twee getallen met elkaar vergeleken worden. Wanneer de afstand tussen twee getallen klein is, is de reactietijd om te bepalen welk getal groter is trager en wordt de

schatting minder accuraat. Voor een kind is het makkelijker om het verschil te benoemen tussen de getallen 3 en 4, dan de getallen 3 en 8 (De Smedt, Verschaffel & Ghesquière, 2009). Een ander effect dat gerelateerd is aan de mentale getallenlijn is het grootte-effect. Dit effect houdt in dat een kind sneller kan aangeven wat het grootste getal is, wanneer het twee getallen van gelijke numerieke afstand waarneemt. Zo is het kind bij kleine getallen (zoals 4 en 6) beter in staat om het grootste getal aan te geven dan bij grote getallen (zoals 64 en 68) (Dehaene, 2001; Van Loosbroek, Dirkx & Hulstijn, 2009).

Zoals hiervoor genoemd worden voorbereidende rekenvaardigheden in verschillende onderzoeken in relatie gebracht met executieve functies. Verscheidende onderzoekers hebben vastgesteld dat executieve functies een voorspellende waarde hebben voor de latere rekenvaardigheid (Bull & Scerif, 2001; Clark et al., 2010; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van der Sluis, De Jong & Van der Leij, 2007). Executieve functies vormen een onderdeel in het werkgeheugenmodel van Baddeley (2003). Hier wordt onderscheid gemaakt tussen het centraal executief systeem en drie slaafsystemen (Baddeley, 2003). Het centraal executief systeem wordt binnen het model gezien als een controlesysteem dat binnenkomende informatie en de slaafsystemen coördineert. Het centrale executieve systeem bestaat uit verschillende executieve functies. De drie slaafsystemen zijn de fonologische lus, het visueel-ruimtelijk schetsblok en de episodische buffer. De fonologische lus is verantwoordelijk voor de opslag van verbale informatie. Het visueel-ruimtelijk schetsblok zorgt voor de tijdelijke opslag van visueel ruimtelijke informatie. De episodische buffer integreert de binnenkomende informatie en legt verbindingen tussen informatie van verscheidenen bronnen.

Executieve functies spelen een grote rol bij het uitvoeren van doelgerichte activiteiten, zoals bijvoorbeeld rekenen (Kroesbergen, 2009b). Binnen het centrale executieve systeem zijn drie executieve functies te onderscheiden: shifting, updating en inhibitie (Miyake, Friedman, Emerson, Witzk & Howerter, 2000). Shifting is de vaardigheid om te schakelen tussen verschillende taken en strategieën. Tevens zorgt shifting er voor dat kinderen die pas beginnen met rekenen kunnen wisselen tussen de analoge, verbale of visuele code (Kroesbergen et al., 2009c). De tweede functie is updating, hierbij gaat het om de monitoring en codering van relevante informatie die voor het uitvoeren van taak relevant zijn. Deze vaardigheid verzorgt de opslag van informatie en vergelijkt de binnenkomende informatie met de informatie uit het langetermijn geheugen. Updating is een belangrijke vaardigheid bij het leren tellen, aangezien het kind in staat moet zijn om te onthouden welke voorwerpen al geteld zijn, welk getal volgt op het daarvoor genoemde getal en waar het is gebleven in de telrij (Kroesbergen et al., 2009c). Er kan onderscheid gemaakt worden tussen visuele en

verbale updating. Visuele updating betreft het manipuleren en verwerken van visuele informatie. Bij verbale updating is er sprake van het manipuleren en verwerken van verbale informatie. Uit het onderzoek van Passolunghi en Pazzaglia (2004) komt naar voren dat er een sterke samenhang is deze twee vormen van updating.

De derde executieve functie is inhibitie, en is gerelateerd aan de controle van inadequate responsen. Inadequate responsen worden door inhibitie onderdrukt, waardoor de adequate respons tot uiting kan komen. Inhibitie is belangrijk bij alle taken waarbij het kind in staat moet zijn om irrelevante prikkels in zijn omgeving te negeren, zodat het zijn aandacht op de taak kan richten.

Verschillende onderzoekers hebben getracht om de structuur van executieve functies te achterhalen. Uit het onderzoek van St. Clair-Thompson en Gathercole (2006) komt naar voren dat executieve functies uit twee factoren bestaan, namelijk updating en inhibitie. Uit het onderzoek van Miyake en collega's (2000) blijkt echter dat executieve functies uit drie factoren bestaan, namelijk updating, shifting en inhibitie. Deze onderzoekers zien de drie executieve functies als afzonderlijke factoren, waarbij er sprake is van een onderlinge correlatie. Een verklaring voor dit verschil kan zijn dat er de structuur van de executieve functies verschilt bij volwassenen en kinderen. Hierbij moet vermeld worden dat de participanten in het onderzoek van St. Clair-Thompson en Gathercole (2006) kinderen waren en bij het onderzoek van Miyake en collega's (2000) volwassenen. Het is namelijk aangetoond dat het onderscheid tussen shifting en inhibitie lastig te maken is bij jonge kinderen (Van de Ven, Kroesbergen, Leseman & Boom, 2008, zoals geciteerd in Kroesbergen et al., 2009b). Ook merken Van der Sluis, de Jong en Van der Leij (2007) terecht op dat het uitermate lastig is om op een zuivere wijze de afzonderlijke executieve functies te meten. Door het hoge abstractieniveau van deze functies, is het haast onvermijdelijk dat er bij het meten van een executieve functie, zoals bijvoorbeeld inhibitie, onbedoeld ook een andere functie zoals shifting, gemeten wordt. Dit kan een negatief effect hebben op de validiteit en de betrouwbaarheid van de taken die executieve functies meten.

In de literatuur wordt aandacht besteed aan de relatie tussen onderdelen van voorbereidende rekenvaardigheid en executieve functies (Bull, Epsy & Wiebe, 2008; Bull & Scerif, 2001; Clark et al., 2010; Kroesbergen et al., 2009b). Uit het onderzoek van Bull et al. (2008) blijkt dat kinderen met hoge niveau van executieve functies een voorsprong in de reken- en leesontwikkeling hebben verworven. Updating komt in dit onderzoek als de beste voorspeller naar voren voor rekenvaardigheid in het algemeen.

Ook blijken de verschillende niveaus in executieve functies de verschillen in de vroege rekenprestaties te verklaren (Bull & Scerif, 2001). In het onderzoek van Bull en Scerif (2001) worden executieve functies in relatie gebracht met simpele rekenkundige bewerkingen, zoals optellen en aftrekken. Kinderen die moeite hadden met optel- en aftrek sommen bleken over mindere niveaus van inhibitie en shifting te beschikken. Dit resultaat wordt bevestigd door het onderzoek van Clark et al. (2010), waarbij mindere niveau van de executieve functies shifting en inhibitie van invloed zijn op het uitvoeren van optel- en aftrek sommen. In het onderzoek van Kroesbergen et al. (2009b) zijn executieve functies in relatie gebracht met verschillende onderdelen van de voorbereidende rekenvaardigheid, zoals het zonder tellen herkennen van kleine hoeveelheden tot en met vier, het optellen van de telrij, resultaatief tellen en algemene kennis van getallen. Uit dit onderzoek blijkt dat updating de beste samenhang vertoont met voorbereidende rekenvaardigheid. Daarnaast blijkt uit het onderzoek van Geary et al. (2008) dat tekorten aan het centrale executieve systeem een nadelig effect heeft op de ontwikkeling van een accurate mentale getallenlijn. Ook geven ze aan dat er een duidelijke relatie is tussen updating en een lineaire representatie van een mentale getallenlijn.

In het huidige onderzoek zal de rol van de verschillende executieve functies (updating, shifting en inhibitie) op de ontwikkeling van de numerieke representaties centraal staan. De hierbij behorende vraagstelling luidt als volgt: “Wat is rol van executieve functies op de ontwikkeling van numerieke representaties bij kleuters?” Deze vraagstelling zal beantwoord worden aan de hand van de volgende onderzoeksvragen:

- (1) Wat is de rol van updating op de ontwikkeling van numerieke representaties bij kleuters?
- (2) Wat is de rol van shifting op de ontwikkeling van numerieke representaties bij kleuters?
- (3) Wat is de rol van inhibitie op de ontwikkeling van numerieke representaties bij kleuters?

In tegenstelling tot eerdere onderzoeken, zullen in het huidige onderzoek alle executieve functies onderzocht worden. Daarnaast wordt de ontwikkeling van numerieke representaties onderzocht. Dit is van toegevoegde waarde aangezien er in de literatuur veel onderzoek is gedaan naar de rol van executieve functies bij voorbereidende rekenvaardigheid in het algemeen. Door naar een specifiek onderdeel van de voorbereidende rekenvaardigheid te kijken, kan er meer duidelijkheid hierover worden geschept. Het doel van het huidige onderzoek is dan ook om meer duidelijkheid te verschaffen over de voorspellende waarde van executieve functies op latere rekenvaardigheid of rekenproblemen. Door deze relatie te

achterhalen kunnen leerkrachten op basisscholen vroegtijdige preventieve diagnostische middelen toepassen, zodat eventuele problemen vroegtijdig achterhaald kunnen worden.

Op basis van de resultaten uit de literatuur kan er een hypothese opgesteld worden. Deze luidt dat hogere niveaus van executieve functies een positieve bijdrage zullen leveren aan de ontwikkeling van numerieke representaties. Tevens wordt verwacht dat updating de beste voorspeller zal zijn voor de ontwikkeling van numerieke representaties.

Methodie

Participanten

Bij dit onderzoek waren er in totaal 254 kinderen (130 meisjes en 124 jongens) betrokken. Zij waren op een selecte wijze geworven door de Universiteit Utrecht om deel te nemen aan dit onderzoek. De kinderen waren afkomstig uit de groepen 2 en 3 van 17 basisscholen uit het midden van Nederland. Bij aanvang van het onderzoek varieerde de leeftijd tussen 3 en 5 jaar ($M = 3.3$, $SD = .35$). Gedurende de laatste dataverzameling varieerde de leeftijd tussen de 5 en 6 jaar ($M = 6.10$, $SD = .26$)

Procedure

Het huidige onderzoek heeft een longitudinaal design. De eerste dataverzameling vond plaats in juni 2009. De meest recente datagegevens waren van januari 2011. De data bestond uit verschillende rekentaakjes die uitgevoerd worden door de kinderen uit de steekproef. Deze taakjes werden op een laptop door studenten van de Universiteit Utrecht afgenomen. De verschillende rekentaakjes en oefeningen zijn een onderdeel van het “Reken Erop!”-onderzoek. Gedurende het schooljaar vond er bij elk kind tweemaal een afname van ongeveer een half uur plaats.

Meetinstrumenten

Executieve functies:

Het concept updating werd gemeten aan de hand van twee taken. Namelijk *Word Recall Backwards* (WRB; Alloway, Gathercole, Kirkwood & Elliott, 2008) en *Odd One Out* (OOO; Alloway et al., 2008). Met de taak WRB werd de verbale updating gemeten. Bij deze taak kreeg het kind twee of meer woorden te horen, die het kind in omgekeerde volgorde moest opnoemen. Bij drie fouten werd deze taak afgebroken. Door hieraan de taak OOO toe te voegen, wordt ook de visuele *updating* gemeten. Bij de taak OOO moest het kind uit drie geometrische figuren, het figuur kiezen dat er anders uit ziet. Ook moest de plek waar dit

figuur stond, onthouden worden. Ook bij deze taak werd er na drie gemaakte fouten afgebroken. De gemiddelde score van deze twee taken, zal in de analyses gebruikt worden. De diagnostische validiteit van deze taak voor kinderen met tekorten in het werkgeheugen is goed (Alloway et al., 2008). Ook de betrouwbaarheid van WRB ($\alpha = .76$) en OOO ($\alpha = .81$) kan geclassificeerd worden als goed (Gathercole et al., 2008).

Het concept shifting werd gemeten door de taak *Dimensional Change Card Sorting test* (DCCS). Bij deze taak kreeg het kind plaatjes te zien van blauwe en rode boten en konijnen. Gedurende de eerste fase moest het kind de plaatjes op kleur sorteren. Tijdens de tweede fase moest het kind de plaatjes op vorm sorteren. In de derde fase moest het kind, afhankelijk van of er een zwarte rand om het plaatje zat, de plaatjes op basis van kleur of vorm sorteren. Voor het uitvoeren van verdere analyses zal slechts gekeken worden naar de derde fase van deze taak. Hoe meer juiste antwoorden gegeven werden, hoe beter de shifting vaardigheden zijn. DCCS heeft een goede diagnostische validiteit en kan tevens gebruikt worden bij kinderen met autisme of ADHD (Zelazo, 2006). Informatie over de betrouwbaarheid van dit meetinstrument is niet voorhanden.

Het concept inhibitie werd gemeten door de *Flanker* taak. Bij deze taak moest het kind schapen voeden door op de toets te drukken aan de kant waarnaar de schapen keken. Bij de eerste dertig trials zullen de schapen op het scherm allen dezelfde kant op kijken. Na deze trials was het kind het gewend om te reageren op de congruente situatie. Bij de laatste dertig trials moest het kind slechts naar het middelste schaap kijken. Dit schaap keek een andere kant op dan de andere schapen op het scherm. Bij de *Flanker* taak zal er gekeken worden naar het verschil in accuratesse bij de congruente en de incongruente condities. Deze verschijscore zal meegenomen worden in verdere analyses. De validiteit van deze taak kan geclassificeerd worden als goed. De betrouwbaarheid van deze taak kan geclassificeerd worden als voldoende ($\alpha = .60$) (Eriksen & Schultz, 1979, zoals geciteerd in Stins, Van Baal, Polderman, Verhulst, & Boomsma, 2004).

Numerieke representaties:

Het concept numerieke representaties werd gemeten door de verbale taken van de *Number to Position*-taak (Laski & Siegler, 2007). Bij deze taak had de getallenlijn een bereik van 1-10 of 1-100. De testleider liet ter introductie de positie van de twee uitersten zien. Vervolgens kreeg het kind een getal te zien en moest dit getal op de getallenlijn positioneren. Bij de getallenlijn met een bereik van 1-10 hoorden 8 items. De getallenlijn met een bereik van 1-100 hoorden 10 items. Er waren geen gegevens beschikbaar over de validiteit en de betrouwbaarheid in de literatuur. Ondanks de ontbrekende gegevens wordt deze taak in

verschillende toonaangevende onderzoeken van Siegler gebruikt. (Booth & Siegler, 2008; Siegler & Booth, 2004).

De meest recente meetgegevens zullen worden meegenomen in de analyses. Doordat er in het huidige onderzoek naar de ontwikkeling van numerieke representaties wordt gekeken, zal een verschilscore geconstrueerd moeten worden. Allereerst zal het gemiddelde van beide getallenlijntaken van groep 3 bepaald worden. Daarna moet uit de analyses blijken welke gegevens van eerdere groepen samenhang vertoont met de laatste meetgegevens. Ook van deze groep zal het gemiddelde van beide getallenlijntaken berekend worden. De verschilscore van de gemiddelden van de twee meetmomenten zal uiteindelijk de schaal numerieke representaties representeren.

Resultaten

In dit onderzoek stond de volgende onderzoeksvraag centraal: ‘Wat is de rol van executieve functies in de ontwikkeling van numerieke representaties bij kleuters?’ In Tabel 1 zijn de beschrijvende statistieken van de verbale numerieke taken per groep weergegeven. Hieruit blijkt dat met name de getallenlijntaak tot 100 lastig wordt gevonden door de kinderen uit groep 1, aangezien de maximale score in vergelijking met de overige taken aanzienlijk lager is. Tevens kwam er naar voren dat de gemiddelden van beide getallenlijntaken stegen naarmate de kinderen in hogere klassen zaten, dit geeft de groei in getallenkennis weer.

In een correlatietoets werd de samenhang tussen de numerieke taken van groep 3 met de overige groepen vastgesteld. Om de groei in kennis van numerieke representaties te onderzoeken, moest onderzocht worden welke groep met de bijbehorende numerieke taken samenhang vertoonde met die van groep 3. Doordat er binnen groepen een grote variatie was in leeftijd, was er gekeken of leeftijd van invloed is. Om te achterhalen of hier sprake van was, werden er allereerst correlatietoetsen uitgevoerd met de numerieke taken. De resultaten van deze correlatietoetsen zijn weergegeven in Tabel 2. Uit de correlatietoetsen bleek dat slechts de beide numerieke taken NL10 en NL100 van kinderen uit midden groep 2 significante samenhang vertoonden met leeftijd ($r = .21, p < .01$; $r = .23, p < .01$). Doordat er sprake was van invloed van leeftijd, zal er in verdere analyses gecontroleerd worden voor leeftijd.

In het huidige onderzoek werd er naar groei gekeken, hierdoor worden de meest recente datagegevens van de kinderen uit groep 3 in de analyses meegenomen. Om vast te stellen welke groep als voorspeller wordt gebruikt, moet vastgesteld worden

welke groep samenhang vertoonde met groep 3. De resultaten van deze correlatietoets zijn weergegeven in Tabel 3. Uit deze correlatietoetsen bleek dat slechts de numerieke taak NL100 van kinderen uit groep 1 geen samenhang vertoonde met de numerieke taak NL100 van kinderen uit groep 3. De numerieke taak NL10 van kinderen uit groep 1 vertoonde een significante samenhang met de NL10-taak van kinderen uit groep 3 ($r = .17, p < .05$). De taak NL10 van de kinderen uit midden groep 2 hangt samen met de NL10-taak van de kinderen uit groep 3 ($r = .37, p < .01$). Ook de NL100-taak van de kinderen uit midden groep 2 vertoonde een significante samenhang met de NL100-taak van kinderen uit groep 3 ($r = .25, p < .01$). Uit de correlatietoets kwam ook naar voren dat de NL10-taak van kinderen uit eind groep 2 significant samenhangt met de NL10-taak van de kinderen uit groep 3 ($r = .23, p < .01$). Tevens bleek ook de NL100-taak van kinderen uit eind groep 2 significant samen te hangen met de NL100-taak van kinderen uit groep 3 ($r = .37, p < .01$). Ondanks dat de numerieke variabelen van de groepen midden en eind groep 2 correleerden met de numerieke variabelen van de kinderen uit groep 3, zullen de numerieke variabelen van de kinderen uit midden groep 2 in verdere analyses gebruikt worden. De schaal numerieke representaties wordt geconstrueerd door de verschilscore van de gemiddelden van de groepen midden 2 en groep 3. Door voor de numerieke variabelen van de kinderen uit midden groep 2 te kiezen, kan een langere periode van onderzoek in de analyses meegenomen worden.

In dit onderzoek zijn er naast numerieke variabelen, ook executieve variabelen opgenomen. Doordat er voor de numerieke variabelen van de kinderen uit midden groep 2 is gekozen, zullen ook de executieve taken van de kinderen uit midden groep 2 genomen worden. Deze executieve variabelen van de kinderen uit midden groep 2 werden gebruikt als voorspellers voor de ontwikkeling van de verbale numerieke representaties. De beschrijvende statistieken van deze variabelen zijn weergegeven in Tabel 4. Opvallend is dat er bij de taken WRB en DCCS een minimale score van 0 behaald is. Bij beide taken was er sprake van uitschieters naar beneden.

Tevens was een correlatietoets uitgevoerd om de onderlinge samenhang tussen de executieve taken te bepalen. De resultaten van deze toets zijn weergegeven in Tabel 5. Uit de resultaten kwam naar voren dat de executieve taken onderling een sterke significante samenhang vertoonden.

Voor de executieve variabele updating werd gebruik gemaakt van twee taken, namelijk WRB en OOO. Na het uitvoeren van een correlatietoets bleek dat de taken OOO en WRB een significante samenhang vertoonden ($r = .29, p < .05$). De gemiddelde score van deze beide taken werd gebruikt om de executieve functie updating te kunnen meten. Voor de

variabele inhibitie werd het verschil in accuratesse bepaald tussen de congruente en incongruente conditie. Deze verschillscore werd in verdere analyses meegenomen.

Doordat er bij de numerieke taken gecontroleerd is voor leeftijd, zal er gekeken moeten worden of deze controlevariabele ook gebruikt moet worden voor de executieve taken. Hiervoor werden correlatietoetsen uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn ook weergegeven in Tabel 5. Uit deze correlatietoetsen bleek dat er enkel voor de Flanker condities geen significante samenhang was met leeftijd.

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag werd een correlatietoets uitgevoerd tussen de numerieke en de executieve variabelen. De resultaten van deze analyse is weergegeven in Tabel 6. Uit deze analyse bleek dat updating een significant samenhang vertoonde met verbale Numerieke Presentaties ($r = .37, p < .01$). Ook bleek shifting een significante samenhang te vertonen met verbale Numerieke Representatie ($r = .13, p < .05$). Als laatste bleek ook inhibitie een significant samenhang te vertonen met verbale Numerieke Representaties ($r = -.13, p < .05$). Deze negatieve samenhang is te verklaren doordat er in de analyses gebruik is gemaakt van verschillscores tussen de congruente en de incongruente condities. Sommige kinderen waren accurater in hun responsen bij de incongruente condities in vergelijking met de congruente condities. Mogelijk viel de incongruente condities meer op, waardoor hierop accurater gereageerd kon worden.

Na het uitvoeren van de correlatietoetsen werd er een multi-pele regressieanalyse uitgevoerd. In deze analyse werd er gecorrigeerd voor leeftijd, gezien de significante relatie met de numerieke en executieve taken. De resultaten van deze analyses zijn weergegeven in Tabel 7. In de multi-pele regressieanalyse is naar de invloed van updating op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representaties gekeken. Hieruit bleek dat updating een significante invloed heeft op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representaties ($\beta = .30, p < .01$). Dit houdt in dat hoe hoger het niveau van updating is, hoe beter de ontwikkeling van verbale Numerieke Representatie verloopt. Tevens bleek uit de analyse dat leeftijd geen significante rol speelde bij de invloed van updating op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representaties.

Ook is gekeken naar invloeden van shifting en inhibitie op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representatie. Uit de multi-pele regressieanalyse bleek dat zowel shifting als inhibitie geen significant invloed heeft op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representatie. Verder bleek dat leeftijd geen significante rol speelde bij de invloed van shifting en inhibitie op de ontwikkeling van verbale Numerieke Representatie.

Discussie

In het huidige onderzoek is gekeken naar de rol van executieve functies in de ontwikkeling van numerieke representaties van kleuters. Er werd verwacht dat een hoger niveau van executieve functies, een positieve invloed heeft op de ontwikkeling van numerieke representaties. Tevens werd verwacht dat updating de beste voorspeller zal zijn voor de ontwikkeling van numerieke representaties. Deze verwachtingen zijn deels uitgekomen. Slechts updating heeft een voorspellende waarde op de ontwikkeling van numerieke representaties.

Allereerst zijn er correlatieanalyses uitgevoerd om de samenhang tussen de drie executieve functies en numerieke representaties te bepalen. Uit de correlatieanalyses bleek dat er sprake was van een significante samenhang tussen de drie executieve functies en numerieke representaties. Dit resultaat komt overeen met verschillende onderzoeken (Bull & Scerif, 2001; Bull et al., 2008; Clark et al., 2010; Kroesbergen et al., 2009b).

Na het uitvoeren van de correlatieanalyses is er een regressieanalyse uitgevoerd. Uit deze analyse bleek dat er een significante invloed van updating gevonden is op de ontwikkeling van numerieke representaties van kleuters. Dit resultaat komt overeen met onderzoeken van verschillende onderzoekers (Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Geary et al., 2008; Passolunghi, Mammarella & Altoe, 2008; Rasmussen & Bisanz, 2008; Swanson, 2006). De invloed van leeftijd speelde hierbij geen significante rol. In lijn met bovenstaande onderzoeken komt ook bij hun onderzoeken naar voren dat updating de belangrijkste voorspeller is van rekenprestaties en voorbereidende rekenvaardigheid.

Voor de executieve functie shifting was er geen sprake van een significante invloed op de ontwikkeling van numerieke representaties van kleuters. Dit resultaat is in lijn met het onderzoek van St Clair-Thompson en Gathercole (2006). Ook voor inhibitie bleek er geen significante invloed te zijn op de ontwikkeling van numerieke representaties van kleuters. Dit komt overeen met het onderzoek van Kroesbergen en collega's (2009a). Zowel voor shifting als voor inhibitie geldt dat leeftijd geen significante rol speelde.

De resultaten van de regressieanalyse kunnen op verschillende wijze verklaard worden. Updating is sterk gerelateerd aan het werkgeheugen, welke nodig is voor het uitvoeren van verschillende soorten taken (Espy et al., , 2004). Voor het uitvoeren van numerieke taken moet het kind allereerst in staat zijn om de gepresenteerde informatie te encoderen in het werkgeheugen (DeStefano & Le Fevre, 2004). Vervolgens moet het kind de visuele informatie opslaan, zodat het op een later moment verwerkt kan worden. Een vereiste hiervoor is dat de informatie in het geheugen vast gehouden kan worden. Hoe beter de

updating vaardigheden, hoe beter de opslag zal zijn van de vastgehouden kennis (Kroesbergen et al., 2009a). Daarnaast komt in het onderzoek van Swanson (2008) naar voren dat kinderen met een goed werkgeheugen, beter in staat zijn om numerieke informatie te scannen.

Het is mogelijk dat shifting in het huidige onderzoek een kleine rol heeft gespeeld bij het uitvoeren van de numerieke taken. De kinderen die opgenomen zijn in dit onderzoek beschikken nog over weinig verschillende rekenstrategieën. Kinderen uit groep 2 en 3 zitten namelijk nog in de beginfase van het formele onderwijs, waardoor verschillende strategieën voor het oplossen van numerieke taken nog niet aan bod zijn gekomen. Shifting speelt waarschijnlijk een grotere rol bij complexere rekentaken in de latere schoolloopbaan (Bull et al., 2008; Clark et al., 2010). Bij deze taken moeten kinderen kunnen schakelen tussen de verschillende rekenstrategieën die aan bod zijn gekomen, om de rekenopgave op te kunnen lossen.

De rol van inhibitie kan verklaard worden in het verlengde van de verklaring voor shifting. De onderzochte kinderen hebben beperkte kennis van de verschillende strategieën, waardoor het inhiberen van een irrelevante strategie onnodig is. Daarbij is het mogelijk dat de gebruikte taakjes om inhibitie te meten niet complex genoeg waren, waardoor kinderen minder beroep doen op hun inhibitievaardigheden. Uit het onderzoek van Bull en Scerif (2001) komt naar voren dat er pas gebruik wordt gemaakt van inhibitie, wanneer een oude strategie plaats moeten maken voor een nieuw aangeleerde strategie.

De hiervoor besproken resultaten dienen met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. In verschillende onderzoeken naar de samenhang tussen executieve functies en (voorbereidende) rekenvaardigheid wordt het probleem van de *task impurity* genoemd (Brocki & Bohlin, 2004; Kroesbergen et al., 2009a; Van der Sluis et al., 2007). De essentie van dit probleem is dat executieve functies niet direct te meten zijn. Deze verklaring kan ondersteund worden door de significante correlaties voor de executieve taken onderling, die in het huidige onderzoek naar voren zijn gekomen. Mede door de abstractie is het lastig om de verschillende executieve functies op een zuivere wijze te meten. Dit gaat ten koste van de constructvaliditeit van de executieve taken. Tevens zijn er verschillende taken die trachten dezelfde executieve functie te meten. Door de verschillende taken, wordt het meten van executieve functies taakafhankelijk (Brocki & Bohlin, 2004). Dit maakt het lastig om de verschillende onderzoeken met elkaar te vergelijken. Als gevolg van dit probleem kan niet met zekerheid gesteld worden dat de gebruikte taken in het huidige onderzoek daadwerkelijk meten wat beoogd wordt. Daarnaast worden de verschillende executieve taken gebruikt bij verschillende leeftijdscategorieën. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de mogelijkheid dat

bepaalde executieve functies op jongere leeftijd minder accuraat gemeten kunnen worden. Ook dit heeft een belemmerende werking op een goede vergelijking van de verschillende onderzoeken.

Daarnaast is de steekproef op selecte wijze geworven. De scholen zijn allen gevestigd in het midden van Nederland. Hierdoor is de steekproef niet representatief voor de Nederlandse populatie. De resultaten van het huidige onderzoek zijn daardoor ook niet generaliseerbaar naar de Nederlandse populatie. Hierdoor is het onderzoek niet extern valide. Hoewel er sprake is van een selecte steekproef, is het onderzoeksdesign longitudinaal van aard. Door deze onderzoeksopzet zijn lange termijn uitspraken mogelijk. Ondanks dat er sprake is van tekortkomingen in het huidige onderzoek, is deze studie wel van toegevoegde waarde. Mede doordat alle executieve functies in het onderzoek zijn meegenomen en de focus lag op een specifiek onderdeel van de voorbereidende rekenvaardigheid kan dit onderzoek als leidraad gebruikt worden voor verder onderzoek. Hierdoor kan de relatie tussen executieve functies en voorbereidende rekenvaardigheid verder verdiept worden.

In toekomstig onderzoek zal er meer aandacht moeten zijn voor de onzuiverheid van de te meten executieve taken. Naast dat er meer onderzoek verricht moet worden, om meer duidelijkheid te scheppen over deze onzuiverheid, moeten onderzoekers zich ook meer bewust zijn van dit probleem. Verder kan bij vervolgonderzoek de representatie verhoogd worden door ook scholen van overige delen van Nederland op te nemen in de steekproef. Op deze wijze kunnen meer kinderen van allochtone afkomst in het onderzoek betrokken worden, zodat een weerspiegeling van de Nederlandse samenleving in het onderzoek terug te vinden is.

Literatuurlijst

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189 – 208.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79*, 1016 – 1031.
- 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*, 205-228.
- 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.
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology, 46*, 1176 – 1191.
- Deheane, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*, 16 – 36.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 469 – 479.
- DeStefano, D., & LeFevre, J. O. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 353 – 386.
- 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 mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*, 465 – 486.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Kirkwood, H. J., Elliott, J. G., Holmes, J., & Hilton, K. A. (2008). Attentional and executive function behaviours in children with poor working memory. *Learning and Individual Differences, 18*, 214–223.

- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Graven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 277 – 299.
- Kroesbergen, E. H., Kolkman, M. E., & Van de Ven, E. M. (2009c). Hoe peuters en kleuters leren tellen: de rol van getalbegrip, executieve functies en activiteiten thuis. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, *48*, 288 – 300.
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009b). Individual differences in early numeracy. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *27*, 226 – 235.
- Kroesbergen, E. H., Van der Ven, S. H. G., Kolkman, M. E., Van Luit, J. E. H., Leseman, P. P. M. (2009a). Executieve functies en de ontwikkeling van (voorbereidende) rekenvaardigheid. *Pedagogische Studiën*, *86*, 334 – 349.
- Laski, A. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development*, *78*, 1723-1743.
- 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.
- Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2009). Children’s early mental number line: Logarithmic or decomposed linear? *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 503 – 515.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 229 – 250.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences*, *14*, 219 – 230.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*, 137 – 157.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, *75*, 428 – 444.

- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*, 745 – 759.
- Stins, J. F., Van Baal, G. C. M., Polderman, T. J. C., Verhulst, F. C., & Boomsma, D. I. (2004). Heritability of stroop and flanker performance in 12 year old children. *BMC Neuroscience*, *5*, 1 – 8.
- Swanson, H. L. (2006). Cognitive processes that underlie mathematical precociousness in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *93*, 239 – 264.
- Van der Sluis, S., De Jong, P., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children and its relations with reasoning, reading and arithmetic. *Intelligence*, *35*, 427 – 449.
- Van Loosbroek, E., Dirx, G. S. M. A., & Hulstijn, W. (2009). When the mental number line involves a delay: The writing of numbers by children of different arithmetical abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*, 26 – 39.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, *1*, 297–301.

Bijlage

Tabel 1. *Beschrijvende statistieken van de verbale numerieke variabelen per groep.*

	<i>n</i>	minimum	maximum	<i>M</i>	<i>SD</i>
Groep 1 NL10	239	.00	.99	.38	.34
Groep 1 NL100	241	.00	.79	.14	.16
Groep 2 (midden) NL10	245	.00	.99	.66	.32
Groep 2 (midden) NL100	246	.00	.92	.20	.20
Groep 2 (eind) NL10	247	.00	.99	.76	.26
Groep 2 (eind) NL100	249	.00	.97	.29	.26
Groep 3 NL10	239	.05	.99	.81	.20
Groep 3 NL100	239	.00	.98	.43	.30

Tabel 2. *Correlatietoetsen van de verbale numerieke taken per groep en leeftijd.*

	Leeftijd
Groep 1 NL10	.25**
Groep 1 NL100	.13
Groep 2 (midden) NL10	.21**
Groep 2 (midden) NL100	.23**
Groep 2 (eind) NL10	.17*
Groep 2 (eind) NL100	.11
Groep 3 NL10	.13
Groep 3 NL100	.23**

Noot. * $p < .05$ ** $p < .01$

Tabel 3. *Correlatietoetsen van de verbale schaal voor Numerieke Representatie van de groepen 1, 2 (midden) en 2 (eind) op de verbale schaal voor Numerieke Representatie van groep 3, gecontroleerd voor leeftijd.*

	Groep 3 NL10	Groep 3 NL100
Groep 1 NL10	.17*	
Groep 1 NL100		-.05
Groep 2 (midden) NL10	.37**	
Groep 2 (midden) NL100		.25**
Groep 2 (eind) NL10	.23**	
Groep 2 (eind) NL100		.37**

Noot. * $p < .05$ ** $p < .01$

Tabel 4. *Beschrijvende statistieken van de executieve variabelen van midden groep 2.*

	<i>n</i>	minimum	maximum	<i>M</i>	<i>SD</i>
WRB (Verbale updating)	255	.00	10.00	3.37	2.28
OOO (Visuele updating)	255	3.00	14.00	8.01	2.74
DCSS (Shifting)	254	.00	12.00	6.65	2.14
Flanker: Congruente conditie (Inhibitie)	255	2.00	20.00	17.52	3.20
Flanker: Incongruente conditie (Inhibitie)	255	2.00	20.00	17.10	3.54

Tabel 5. *Correlatietoetsen van leeftijd en de executieve taken onderling van midden groep 2.*

	WRB	OOO	DCSS	Flanker: Congruent	Flanker: Incongruent	Leeftijd
WRB	-	.29**	.28**	.24**	.32**	.23**
OOO	.29**	-	.17**	.18**	.23**	.30**
DCSS	.28**	.17**	-	.14*	.09	.14*
Flanker: Congruent	.24**	.18**	.14*	-	.74**	.10
Flanker: Incongruent	.32**	.23**	.09	.74**	-	.11
Leeftijd	.23**	.30**	.14*	.10	.11	-

Noot. * $p < .05$ ** $p < .01$

Tabel 6. *Correlatietoetsen van de executieve variabelen van midden groep 2 en verbale numerieke variabelen.*

	Verbale Numerieke Representaties
Updating	.37**
Shifting	.13*
Inhibitie	-.13*

Noot. * $p < .05$ ** $p < .01$

Tabel 7. *Regressie van updating, shifting en inhibitie van midden groep 2 op verbale Numerieke Representaties, gecontroleerd voor leeftijd.*

	Verbale Numerieke Representaties			
	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	R^2
				.16*
Updating	.03	.01	.30*	
Shifting	.00	.01	.04	
Inhibitie	-.01	.01	.23	
Leeftijd	.10	.05	.13	

Noot. * $p < .01$