



Rekenprestaties: de invloed van motoriek en executieve functies

De invloed van motoriek en executieve functies op de rekenprestaties van
kinderen uit groep 3 van het reguliere basisonderwijs

Master Scriptie van Inge C.A. Straaten

Radboud Universiteit Nijmegen, augustus 2008

Vakgroep: Leren & Ontwikkeling

Begeleidster: Prof. Dr. A. M. T. Bosman



Nijmegen, juli 2008

Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn masteropleiding orthopedagogiek aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Het schrijven van deze scriptie heb ik als leerzame tijd ervaren. Graag wil ik van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal mensen in het bijzonder te bedanken.

Allereerst bedank ik mijn medestudenten, Ester Goselink, Marleen Driessen en Eefje van Leeuwen, voor de goede samenwerking het afgelopen jaar. Naast het reizen naar Eindhoven, het testen van de kinderen en het verwerken van de testgegevens, konden we altijd bij elkaar terecht met vragen of voor oppeppers.

Daarnaast wil ik Thea Van Eijck-Looijmans bedanken voor het delen van haar kennis en ervaring. En wens haar voor de toekomst veel succes in haar vakgebied.

Ook dank ik de kinderen en het schoolteam van de basisschool “t Karregat” in Eindhoven voor hun medewerking aan dit onderzoek.

Tot slot wil ik een speciaal dankwoord richten tot mijn begeleidster Anna Bosman. Ik dank haar voor haar leerzame begeleiding, snelle feedback en het altijd klaar staan voor vragen. Dankzij haar enthousiasme en kennis heb ik met plezier aan dit interessante onderzoek gewerkt.

Inge C. A. Straaten

Rekenprestaties: de invloed van motoriek en executieve functies

De invloed van motoriek en executieve functies op de rekenprestaties van kinderen uit groep 3 van het reguliere basisonderwijs

Inge C. A. Straaten

Radboud Universiteit Nijmegen

Samenvatting

In dit onderzoek is nagegaan welke invloed zowel de motorische vaardigheden als de executieve functies aandacht, geheugen en ordenen hebben op de rekenprestaties van kinderen. Daarnaast is gekeken of de hoofdfactoren motoriek en executieve functies onderling ook een relatie met elkaar hebben. In dit onderzoek deden 37 kinderen uit groep 3 van een reguliere basisschool mee. Uit de resultaten is gebleken dat er geen relatie bestaat tussen motoriek en rekenprestaties bij de kinderen. De executieve functies aandacht en geheugen blijken wel van invloed te zijn op de rekenprestaties. De executieve functie ordenen heeft geen invloed. Verder bestaat er inderdaad een relatie tussen motoriek enerzijds en aandacht en ordenen anderzijds. De relatie tussen motoriek en ordenen wordt alleen gevonden met de fijne motoriektest, terwijl de relatie tussen motoriek en aandacht zowel door de fijne motoriektest, als de algemene motorische vaardigheidstest wordt vastgesteld. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van twee nieuwe motoriektesten die onderdeel zijn van een Tootie-training. Uit toetsing bleken de testen geschikt te zijn om te motorische vaardigheden van de kinderen in kaart te brengen.

Het leren rekenen van kinderen start ruim voordat de kinderen onderwijs krijgen aangeboden. Zo kunnen baby's onbewust kleine hoeveelheden onderscheiden of erop reageren (Smitsman, 1985). Peuters zijn zich al sterk bewust van hoeveelheden en maken voordat ze naar de basisschool gaan, kennis met getallen en manieren waarop mensen getallen gebruiken. Deze beginselen van getalbegrip leren de kinderen door het imiteren van oudere kinderen of volwassenen. Zo beginnen peuters al met het opzeggen van de getalrij en met vergelijkingsbegrippen, zoals meer, groter en langer. Dit leren wordt in de literatuur incidenteel leren genoemd: "kennis die zonder doelbewust onderwijs tot stand komt" (Ruijsenaars, 2004, p. 165). In welke mate het getalbegrip bij kinderen al voor de

schoolloopbaan ontwikkeld is, hangt onder andere af van de interesse van het kind en de ontwikkelingskansen die door de omgeving aangeboden worden (Vught & Wösten, 2004).

Als kinderen op 4-jarigen leeftijd onderwijs gaan volgen, komt de voorbereidende rekenvaardigheid tot ontwikkeling en bereiden zij zich voor op het aanvankelijke rekenonderwijs beginnend in groep 3. De voorbereidende rekenvaardigheid bij kleuters bestaat uit het beheersen van de rekenvoorwaarden, die allen te maken hebben met ordenen. Deze voorwaarden zijn van belang in de ontwikkeling van het logisch denken en dus de verdere rekenontwikkeling van de kinderen.

Duidelijk is dat de ervaringen die kinderen opdoen voordat ze naar school gaan van grote invloed zijn op de rekenontwikkeling. Deze ervaringen worden onder andere beïnvloed door de ontwikkelingskansen die het kind krijgt aangeboden uit de omgeving. Het gaat hier om externe factoren. Naast externe factoren, zijn ook interne factoren bij het kind van invloed op de rekenontwikkeling, zoals de interesse van het kind. De vraag is of naast deze twee belangrijke factoren, ook de motorische ontwikkeling en executieve functies bij kinderen belangrijk zijn voor de rekenontwikkeling. In het volgende worden deze factoren achtereenvolgens besproken. In deze inleiding zal eerst aandacht worden geschonken aan het verloop van de motorische ontwikkeling van het kind en hoe deze van invloed kan zijn op het leren van kinderen, in het bijzonder de rekenvaardigheden. Daarna wordt besproken welke invloed executieve functies kunnen hebben op de rekenvaardigheden van kinderen.

Motoriek

Baby's komen niet als een hulpeloos wezens op de wereld, maar als individuen met een duidelijk georganiseerd zintuiglijk en motorisch apparaat. Tijdens de eerste levensjaren zijn de zintuiglijke en motorische functies zo nauw met elkaar verbonden dat men deze periode de sensomotorische periode noemt. Door de zintuiglijke functies worden signalen opgevangen en als gevolg hiervan kan een motorisch antwoord ontstaan. De koppeling die hierbij tot stand komt, noemt men de sensomotorische koppeling (Huberrechts, 1982).

In het begin van de sensomotorische periode is het gedrag gericht op herhaling en toevallige handelingen die toegepast worden op verschillende voorwerpen uit de omgeving. Piaget noemt deze herhaaldelijk en toevallige handelingen assimilatie. Later in de sensomotorische periode is te zien dat nieuwe waarnemingen het gedrag van het kind beheersen. Hier speelt het begrip accommodatie van Piaget een rol: bestaande gedragsschema's worden aangepast en gebruikt in nieuwe situaties (Meihuizen-de Regt, de Moor & Mulders, 2003). Er zijn bij het kind nu een aantal systemen van gecoördineerde

bewegingen tot ontwikkeling gekomen die gericht zijn op een doel. Gecoördineerde bewegingen die verder tot rijping komen, geven weer aanleiding tot het vormen van nieuwe schema's (Huyberrechts, 1982). De sensomotorische handelingsschema's zijn innerlijke schema's geworden en worden beter, sneller en preciezer uitgevoerd. Tijdens de ontwikkeling worden de toevallig ontdekte schema's doelgericht met elkaar gecombineerd en worden samengesteld tot bewegingspatronen (Huyberrechts, 1982). Een voorbeeld hiervan is huppelen en tegelijk in de handen klappen.

In de groepen 1 en 2 wordt het sensomotorische apparaat verder uitgebouwd en geperfectioneerd. Door een toename van de perceptuele ontwikkeling, wordt de koppeling tussen perceptie en motoriek verder volmaakt. Perceptuele-motorische vaardigheden komen tot stand wanneer het kind de visuele, auditieve en tactiele input die ontvangen wordt, kan integreren met de motorische output. Zo groeit de aandacht tussen waarneming en motorische uitvoering uit naar fijn motorische vaardigheden. Wanneer perceptuele-motorische moeilijkheden optreden, is de integratie van perceptie en motorische uitvoering gestoord. Het kind dat niet adequaat visueel of auditief waarneemt, kan dit niet vertalen naar een motorische uitvoering. Omgekeerd zullen kinderen met gebrekkige motorische controle niet adequaat kunnen waarnemen. Deze groei van het sensomotorische apparaat op de kleuterschool gebeurt meestal door de stimulerende of remmende impulsen van de directe omgeving van het kind.

Deze snelle sensomotorische ontwikkeling gaat gepaard met de psychologische ontwikkeling, waardoor er tijdens de eerste levensjaren bij het kind verschillende cognitieve structuren gevormd worden (Huyberrechts, 1982).

Kinderen met een afwijkende motoriek, kunnen al vroeg in hun ontwikkeling onderzocht worden op de aanwezigheid van een motorische stoornis. Binnen het veld van motorische stoornissen wordt het diagnostische label Developmental Coordination Disorder of DCD van de American Psychiatric Association (APA) veel gebruikt. De coordinatie-ontwikkelingsstoornis DCD is een motorische stoornis waarvan de uitingen per leeftijd verschillend zijn. Op jonge leeftijd zou de stoornis gekenmerkt worden door onhandig gedrag en een vertraagde ontwikkeling van grove en fijne motorische vaardigheden. Op oudere leeftijd zou DCD betrekking hebben op constructievaardigheden, zoals schrijven. Het gaat bij DCD dus om een functionele diagnose, waarbij de vaardigheden worden beoordeeld die relevant zijn voor het dagelijkse leven (Kievit, Tak & Bosch, 2002). De diagnose DCD wordt gesteld indien voldaan wordt aan een viertal DSM-IV-criteria (Kievit, Tak & Bosch, 2002):

1. De dagelijkse activiteiten die een motorische coördinatie vereisen, worden op een substantieel lager niveau uitgevoerd dan verwacht kan worden op grond van de

chronologische leeftijd en de gemeten intelligentie. Dit kan zich manifesteren in opmerkelijke achterstanden in het bereiken van de motorische mijlpalen, het laten vallen, onhandigheid, zwakke sportprestaties, of een slecht handschrift.

2. De motorische beperking genoemd in criterium 1 interfereert op een significante wijze met schoolse prestaties of de activiteiten van het dagelijkse leven.
3. De stoornissen zijn niet het gevolg van een algemene medische conditie (bijvoorbeeld cerebrale parese, hemiplegie of spierdystrofie) en voldoet niet aan de criteria van een Pervasieve Ontwikkelingsstoornis.
4. In het geval van een verstandelijke retardatie dienden de motorische problemen groter te zijn dan de problemen die in doorsnee met een dergelijke retardatie gepaard gaan.

Studies laten zien dat een motorische stoornis een diversiteit aan motorische problemen kan inhouden. Een motorische stoornis is geen eenduidig syndroom, waardoor er dus geen 'typisch DCD-kind' bestaat. Een krachtige uitspraak hierbij is: *'Children with DCD have one thing in common: they are all different'* (Kievit, Tak & Bosch, 2002, p. 494).

Zoals criterium twee voor de diagnose DCD aangeeft, hebben motorische problemen een significante invloed op de schoolprestatie van kinderen. Dit criterium wordt bevestigd door de studie van Dewey, Kaplan, Crawford en Wilson (2002) waaruit blijkt dat kinderen met DCD of die verdacht worden van DCD significante slechte scores hebben op aandacht, lezen, schrijven en spellen.

Ook Huyberechts (1982) vindt resultaten waaruit blijkt dat de motorische ontwikkeling een significante inbreng heeft op het totstandkomen van goede lees- en rekenvoorwaarden, getoetst tijdens het zesde levensjaar. Bij meisjes en jongens is het gewicht van de senso- en perceptomotorische ontwikkeling in het ontstaan van de lees- en rekenvoorwaardenontwikkeling zeer significant. Wanneer echter hogere uitslagen op de lees- en rekenvoorwaardentoets worden verkregen, is de inbreng van de motorische ontwikkeling belangrijker bij meisjes dan bij jongens.

Deze conclusie van Huyberechts (1982) wordt ondersteund door Dumont (1994) die met name wees op kinderen die nog geen onderwijs hebben gevolgd. Hij ging er vanuit dat het rekenen voor 100% geleerd zal worden in het sensomotorische stadium, dat gekenmerkt wordt door het leren rekenen met concreet materiaal. Ook Ruijsenaars (2004) geeft aan dat concrete ervaringen met ordenend handelen vooraf gaan aan de beheersing van getalbegrip. Deficiënties in deze sensomotorische handelingsfase kunnen zorgen voor een gebrekkig getalbegrip en problemen in het verdere rekenen.

Kortom, zowel criterium twee voor DCD als de besproken studies, bevestigen de invloed die motorische problemen kunnen hebben op het leren en in het bijzonder op de rekenprestaties van kinderen.

Executieve functies

Duidelijk is dat motorische problemen van invloed zijn op de rekenprestaties bij kinderen. Er wordt nu besproken of deze relatie met rekenprestaties ook aangetoond kan worden met executieve functies, zoals geheugen, aandacht en ordenen. Uit verschillende studies is gebleken dat er een duidelijke relatie is tussen problemen met executieve functies in relatie met slechtere rekenprestaties bij kinderen op de basisschool. Zo vinden Bull, Espy en Wiebe (2008) in hun studie dat een beter geheugen en andere executieve functies kinderen een voorsprong geven op reken- en leesgebied in de eerste jaren van de basisschool. De executieve functies, naast het geheugen, hebben invloed op het algemene leren van kinderen, terwijl het kortetermijngeheugen en het werkgeheugen¹ specifiek invloed hebben op rekenresultaten aan het begin van de schoolse ontwikkeling.

De specifieke invloed van het kortetermijngeheugen en het werkgeheugen op rekenprestaties, die aangetoond is door Bull et al. (2008), wordt door meerdere studies bevestigd. Geary (1993) toont aan dat kinderen die slechter presteren op rekenen, problemen hebben met het kortetermijngeheugen, overeenkomend met een slechter werkgeheugen. Ook Bender (2004) geeft aan dat problemen in het werkgeheugen en perceptueel register een negatieve invloed kunnen hebben op de rekenresultaten van kinderen. Passolunghi, Mammarella en Altoè (2008) bevestigen met hun studie dat bij zes- en zevenjarige kinderen zowel het kortetermijngeheugen als het werkgeheugen, de rekenresultaten beïnvloeden. Bij achtjarige kinderen is alleen het werkgeheugen nog van directe invloed op de rekenvaardigheden. Volgens Passolunghi et al. (2008) is een mogelijke verklaring voor deze verandering van beïnvloeding dat bij zes- en zevenjarige kinderen de rekenstrategieën nog niet geautomatiseerd zijn en daarom profiteren van zowel het werkgeheugen als het

¹ Het **kortetermijngeheugen** omvat het geheugen dat een korte termijn omvat, variërend van enkele seconden tot enkele minuten. Het kan slechts een beperkte hoeveelheid informatie bevatten.

Het begrip **werkgeheugen** heeft echter ruimere implicaties. Het kan allereerst nieuwe informatie bevatten die afkomstig is van de zintuigen. Daarnaast kan het ook oude informatie bevatten die in het langetermijngeheugen is opgeslagen, maar die tijdelijk 'van binnen uit' wordt geactiveerd, zoals een beeld van een vroegere vakantie dat wij ons even 'voor de geest' halen. Ook kunnen we in het werkgeheugen tijdelijk getallen opslaan om daar iets 'mee te doen' zoals een telefoonnummer draaien of een berekening uitvoeren. Processen in het werkgeheugen zijn dus niet passief, maar worden gecontroleerd door actieve bewuste controlemechanismen in de hersenen (Wikipedia, 2008).

kortetermijngeheugen. Verder zegt Passolunghi et al. (2008) dat de relatieve invloed van het executieve werkgeheugen groeit per leeftijd en taakmoeilijkheid.

Naast de belangrijke executieve functie geheugen, zijn ook de executieve functies ordenen en aandacht belangrijk voor de rekenontwikkeling. Zoals eerder aangetoond is de basis van het rekenen het beheersen van de rekenvoorwaarden, die allen te maken hebben met ordenen. Ordenen is hier een centrale vaardigheid die beheerst moet zijn om geen verdere problemen te krijgen in de rekenontwikkeling. Maar naast het beheersen van ordenen, is volgens Dumont (1994) de vaardigheid in het technisch rekenen gebonden aan voorwaarden als geheugen en concentratie. Ook Bender (2004) is van mening dat naast het geheugen ook de concentratie oftewel aandacht een belangrijke vaardigheid is bij het schoolse leren: “Selective attention, the ability to identify the important aspects of a stimulus and disregard all of the other stimuli in the environment, is a very important skill in the classroom tasks. It is an adaptive capacity and research suggests that this is an acquired skill (Ross, 1976; uit Bender, 2004, p. 77). As children mature, they develop a greater capacity to attend selectivity to information presented. However, research has also suggested that children with learning disabilities may lag behind other children in this skill”.

De invloed die de executieve functies geheugen, aandacht en ordenen, samen hebben op de rekenprestaties van kinderen, komt het duidelijkst naar voren uit de studie van Bull en Scerif (2001). Zij vonden dat kinderen met slechte rekenvaardigheden, slechtere prestaties hadden op de tests voor executieve functies, behalve op de dual-task. Een belangrijk onderdeel van deze dual-task is de geheugenspantaak Cijferreeksen van Wechsler (2002). Het kortetermijngeheugen gemeten met deze taak heeft geen invloed op de rekenvaardigheden. Maar betere resultaten op de ordentaak Wisconsin Card Sorting Task, de aandachtstaak Stroop, en de geheugentaak Counting Span, hangen wél samen met betere rekenvaardigheden bij kinderen (Bull & Scerif, 2001).

Huidige studie

Uit voorgaande studies op het gebied van motoriek en executieve functies blijkt dat deze factoren al vanaf het begin van de schoolloopbaan een belangrijke invloed hebben op de rekenvaardigheden en rekenprestaties bij kinderen op de basisschool. De huidige studie gaat deze relaties ook onderzoeken aan de hand van drie hoofdfactoren Motoriek, Executieve functies en Rekenen. Maar deze studie kijkt niet alleen naar de relatie tussen motoriek en executieve functies met rekenen, er zal ook onderzocht worden of er tussen de twee hoofdfactoren Motoriek en Executieve functies onderling een verband is, omdat bekend is dat

de sensomotorische ontwikkeling gepaard gaat met het vormen van verschillende cognitieve structuren. De relatie tussen motoriek en executieve functies wordt ook bevestigd door de studie van Dewey, et al.(2002) eerder genoemd.

Het onderzoeken van de relaties tussen de drie hoofdfactoren is één gedeelte van de huidige studie. In het andere gedeelte wordt onderzocht of twee nieuwe motoriektesten samenhangen met de gestandaardiseerde motoriektest, zodat deze nieuwe tests gebruik kunnen worden om de motorische vaardigheden van kinderen in kaart te brengen. Dus, in de huidige studie zullen de volgende onderzoeksvragen worden onderzocht:

- Kan er een relatie worden aangetoond tussen twee nieuwe motoriektesten en een gestandaardiseerde motoriektest?
- Is er een verband tussen rekenvaardigheden en motorische vaardigheden bij kinderen uit groep 3?
- Is er een verband tussen motorische vaardigheden en executieve functies bij kinderen uit groep 3?
- Worden de rekenvaardigheden van kinderen beïnvloedt door executieve functies?

Methode

Proefpersonen

Aan dit onderzoek hebben 37 leerlingen uit twee groepen 3 van een reguliere basisschool deelgenomen. In de groepen 3 zaten in totaal 19 jongens en 18 meisjes. De school was persoonlijk benaderd om deel te nemen aan dit onderzoek. Alle kinderen deden vrijwillig mee en de ouders hadden toestemming gegeven voor deelname aan het onderzoek. In Tabel 1 zijn de beschrijvende gegevens van de leerlingen weergegeven. Uit de *t*-testgegevens met respectievelijk de DMT ($t(33) = .43, p = .67$), SVS ($t(33) = -.47, p = .64$) en TTR ($t(32) = 1,34, p = .19$), zijn er geen significante verschillen gevonden tussen de twee groepen 3, zodat de gegevens van de twee groepen samengenomen zijn.

Tabel 1*Beschrijvende Gegevens van de Proefpersonen*

	Leeftijd	J/M	DMT	SVS	TTR
Groep 1 (N=20)		11/9			
Gemiddelde	6;6 jaar		32	54.95	19.67
Standaarddeviatie	.52		20.4	7.68	7.81
Groep 2 (N=17)		8/9			
Gemiddelde	6.8 jaar		29.2	56	16.56
Standaarddeviatie	.55		16.6	4.99	5.3

Materiaal

Om de motorische, cognitieve en rekenvaardigheden van de kinderen in kaart te brengen zijn de volgende testen afgenomen: Movement-ABC, Tootie Launcher, Oogbaltest, Bourdon-Vos, Cijferreeksen voor- en achterwaarts, 15-woordentest, Exclusie en Tempo Test Rekenen.

Movement-ABC. (Smits-Engelsman, 1998). De movement-ABC was een motorische test om lichte afwijkingen in de motoriek op te sporen bij kinderen van 4 tot 12 jaar. De test bestond uit acht motorische taken, verdeeld over drie domeinen: handvaardigheid, balvaardigheid, statische en dynamische evenwicht. De test had vier leeftijdsgroepen. In dit onderzoek zijn twee leeftijdscategorieën gebruikt, waarvan 23 kinderen horen tot de leeftijdsgroep 4-5-6 jarigen en 14 kinderen in de leeftijdsgroep 7-8 jarigen. De antwoordcategorieën bestonden uit aantal goed of aantal volgehouden seconden. De ruwe score in aantal goed of aantal seconden werd omgezet in een normscore van 0 tot 5, waarvan 5 de laagste en 0 de hoogste score was. Door de normscores konden de verschillende leeftijdscategorieën goed vergeleken worden. Om de score van de handvaardigheid van het kind vast te stellen werden de normscore van drie handvaardigheidstaken samengenomen. De score van balvaardigheid werd berekend door de normscores van twee taken. Het statische en dynamisch evenwicht werd bepaald door de normscores van drie taken. De totale score van

het kind op deze motorische test werd berekend door de afzonderlijke normscore van de taken bij elkaar te nemen.

Tootie Launcher. (Van Eijk-Looijmans, 2007).

Figuur 1 De Tootie Launcher

De Tootie Launcher is te zien in Figuur 1. Het was een plank die functioneert als een wip. Op een uiteinde was een voet afgebeeld. Deze kant van de launcher hoorde van de grond af, zodat de andere kant op de grond lag. Op het uiteinde van de Tootie Launcher die op de grond lag, werden de tooties gelegd. Een tootie was een pittenzakje



van ongeveer 11 cm bij 6 cm die uit verschillende kleuren bestond. De tootie Launcher en tooties zijn onderdeel van een motoriektraining.

De Tootie Launcher werd gebruikt om de perceptuele motorische vaardigheden bij kinderen vast te stellen. Er werd aan het kind uitgelegd wat de launcher en de tootie waren. Verder werd gezegd dat het kind aan één kant van de launcher mocht trappen en dan zag wat er zou gebeuren. Het was dan de bedoeling dat het kind de tootie deed vangen. Als dit gebeurde, kreeg het kind positieve feedback. Had het kind de tootie voldoende aantal keren gevangen, dan kreeg het kind er een tootie bij. Als het kind de twee tooties drie keer had gevangen, kwam er weer een tootie bij. Uiteindelijk kon een kind zes tooties hebben om te vangen. De score van de kinderen op de Tootie Launcher werd berekend door het opstellen van een scoringsschema (Bijlage A) aan de hand van het bekijken van de video-opnames van de kinderen. Het scoringsschema bestond uit 17 variabelen die per trappoging bij ieder kind werden gescoord. Voordat iedere student afzonderlijk ging scoren, werden er samen vier kinderen gescoord. Het betrouwbaarheidspercentage tussen de studenten was 87. Dit hield in dat de studenten de registratie betrouwbaar uitvoerden. Het totaal aantal trappogingen van een kind lag tussen 75 en 136 pogingen. De scoringen per trap van de 37 kinderen werden in SPSS ingevoerd.

Uit de 17 variabelen die per trap gescoord werden, zijn zes variabelen gekozen die als criteria voor de maat van motoriek op basis van de Tootie Launcher golden. Deze variabelen zijn gemarkeerd met ** in Bijlage A. Een hoge score op een variabele duidde op een betere motoriek, een lagere score een slechtere motoriek. Van elk van de zes variabele werd per kind een gemiddelde score berekend over alle trappogingen. Daarna werd er aan de zes variabelen gewichten toegekend om onderscheid te maken hoe belangrijk een variabele werd gevonden voor de motoriekmaat op de Tootie Launcher. De variabele “gebruik van mandje” had het hoogste gewicht gekregen, omdat de kinderen die uitvielen op de Tootie Launcher een mandje

gebruikt hadden. Deze variabele maakte een duidelijk onderscheid tussen de kinderen met een goede en slechte motoriek. De variabelen “kwaliteit van de trap” en “kwaliteit van vangpoging” hadden het gewicht 3 toegewezen gekregen. Deze variabelen scoorden de trapmotoriek en vangmotoriek van het kind. De variabele “aantal tooties” had het gewicht 2 gekregen. Kinderen die een goede motoriek hadden, kregen steeds één tootie erbij. Kinderen die bij de laatste trap 1, 2, 3 of 4 tooties hadden, hoorden bij de groep “laag” op deze variabele en kinderen die bij de laatste trap 5 of 6 tooties hadden, hoorden bij de groep “hoog”. Deze indeling was gebaseerd op het gemiddelde (mean: 3.65) van het aantal tooties van alle kinderen. De variabelen “oogvolgbeweging” en “gevolgen van vangen” hadden het gewicht 1. Deze variabelen werden minder belangrijk geacht, omdat deze variabelen één specifiek onderdeel van motoriek aanduiden: oogmotoriek en gevolgen van een motorische actie.

Om een totale score van motoriek van de Tootie Launcher te krijgen, werden de gemiddelde scores per variabele vermenigvuldigd met de bijbehorende gewichten en deze score gedeeld door het totaal van de gewichten.

Oogbaltest. (Van Eijk-Looijmans, 2007). De oogbaltest werd gebruikt om de oogbewegingen van de kinderen te bekijken. Het kind ging op een matje liggen en werd gevraagd om alleen met de ogen de bewegingen van de bal te volgen. De bal werd op een uitgestrekte armhoogte boven de kinderen gehangen. De bewegingen van de bal werden gestart met 10 keer van links naar rechts te bewegen, dan 10 keer van boven naar beneden en als laatste werden er 10 rondjes met de bal gedraaid. De score van de kinderen op de Oogbaltest werd berekend door een scoringsschema (Bijlage B) dat werd opgesteld door het bekijken van de video-opnames. Bij alle drie de onderdelen (links-rechts, boven-onder en rondje) werden negen variabelen gescoord. Voordat iedere student afzonderlijk ging scoren, werden er samen vier kinderen gescoord. Het betrouwbaarheidspercentage tussen de studenten was 89. Dit hield in dat de studenten de registratie betrouwbaar uitvoerden. De scoringen van de 37 kinderen werden in SPSS ingevoerd.

Uit deze negen variabelen per onderdeel van de oogbaltest, werden vijf variabelen gekozen die als criteria voor oogmotoriek golden. Een hoge score op de variabele betekende een betere oogmotoriek, en een lagere score een slechtere oogmotoriek. Deze vijf variabelen geven een totaalbeeld van de oogmotoriek van kinderen. De variabelen zijn in het scoringsschema in Bijlage B gemarkeerd met **.

Om van elk van de drie onderdelen van de oogbaltest een subscore te krijgen, werden per onderdeel de scores van de vijf variabelen behorend bij dat onderdeel bij elkaar geteld.

Om een totale score van oogmotoriek op de Oogbaltest te krijgen, zijn de drie subscores van de onderdelen links-rechts, boven-onder en rondje bij elkaar genomen.

Bourdon-Vos. (Bourdon-Vos, 1992) De Bourdon-Vos was een taak die de aandacht van kinderen meet. De kinderen kregen een testformulier dat bestond uit 33 regels van elk 24 stipfiguren van drie, vier of vijf stippen erop. Aan het kind werd gevraagd om de stipfiguren met 4 stippen zo snel mogelijk door te strepen. Er werd niet alleen gekeken naar de snelheid, maar ook naar de nauwkeurigheid van werken. Per regel werd de tijd opgeschreven die het kind nodig had om de regel te maken. Uit de regeltijden werd een gemiddelde regeltijd uitgerekend. Deze gemiddelde regeltijd horend bij de leeftijdscategorie kon vallen in 5 verschillende normscores van -2 tot 2 die percentielen omvatten. De normscore -2 omvatte de percentielen 95 tot 100 die hoorde bij zeer langzame kinderen. De normscore -1 omvatte de percentielen 75 tot 95 en hoorde bij de betrekkelijk langzamen. De normscore 0 behoorde bij de normalen en omvat de percentielen 25-75. De normscore +1 omvatte de percentielen 5-25 en behoorde bij de betrekkelijk snellen. De normscore +2 omvatte de percentielen 0-5 en had betrekking op de zeer snellen. De nauwkeurigheid werd bepaald door het aantal weglatingen, correcties en aantal fouten. Het aantal weglatingen en correcties werden onderverdeeld in de normscores -1 benedengemiddeld, 0 gemiddeld en +1 bovengemiddeld. Bij het aantal fouten dat het kind had gemaakt, waren de normscores -1 benedengemiddeld en 0 gemiddeld. Bij het aantal fouten was geen normscore +1 bovengemiddeld. Kinderen die geen fouten maakten, werden onderverdeeld in de groep 0 gemiddeld.

Cijferreeksen. (Wechsler, 2002) Cijferreeksen voor- en achterwaarts mat het vermogen om getallen te onthouden en leverde gegevens op over het kortetermijngeheugen. De taak bestond uit 30 opgaven, waarbij het kind cijfers moest nazeggen. Bij de eerste 16 opgaven moest het kind de cijfers in dezelfde volgorde nazeggen en in de 14 opgaven daarna moest het kind de getallen in omgekeerde volgorde nazeggen. De hoeveelheid cijfers die het kind moest nazeggen, werd steeds groter. De score werd bepaald door het aantal goede van voorwaarts en achterwaarts samen te nemen, deze score kon lopen van 0 tot 30. Deze ruwe score werd omgezet in een standaardscore lopend van een minimumscore van 0 tot een maximumscore van 10.

15-Woordentest. (Klaverboer, & Deelman, 1964). De 15-woordentest was een taak om het langetermijngeheugen van het kind te meten. Er werden aan het kind 15 woorden voorgelezen, die geen logisch geheel met elkaar vormden. Het kind moest dan zoveel mogelijk woorden onthouden en opzeggen. Dit werd vijf keer herhaald. Een kwartier na de laatste opgave werd nogmaals gevraagd hoeveel woorden het kind nog wist (recall), zonder

dat de reeks opnieuw werd aangeboden. De minimale score bij de eerste vijf poging die het kind kon behalen was 0 en de maximale score was 75. Bij de recall kon het kind een minimale score van 0 krijgen en een maximale score van 15. De ruwe score van de eerste vijf pogingen was berekend door het aantal goede woorden van de vijf keren bij elkaar te tellen. De ruwe score van de recall was het aantal woorden dat het kind nog wist na ongeveer een kwartier. De ruwe scores werden omgezet in T-scores met een gemiddelde van 50 en een standaarddeviatie van 10.

Exclusie. (Bleichrodt, Drenth, Zaal, & Resing, 1987). Exclusie was een taak om het orderingsvermogen van kinderen te meten. Er werd aan het kind uitgelegd dat het op elk blaadje vier figuren kreeg te zien, waarvan er één niet bij hoorde. Het kind moest het figuur dat afweek, aanwijzen. De minimale score die het kind kon behalen was 15 en de maximale score was 42. Deze ruwe score werd omgezet in een standardscore lopend van 0 tot 30 met een gemiddelde van 15 en een standaarddeviatie van 5.

Tempo Test Rekenen. (De Vos, 1994). De Tempo Test Rekenen onderzocht in welk tempo het kind eenvoudige rekenkundige bewerkingen kon uitvoeren, met het doel daaruit af te leiden in hoeverre er sprake is van automatisering. In groep 3 waren alleen nog erbij- en erafsommen aan de orde geweest, waardoor de kinderen alleen de eerste twee onderdelen van de Tempo Test Rekenen maakten. Aan de kinderen werd gevraagd om per kolom zoveel mogelijk sommen te maken binnen één minuut. De ruwe score werd per kolom uitgerekend door het aantal goed gemaakte sommen minus het aantal fout gemaakte sommen. De ruwe scores van de kolommen optel- en aftreksommen werden bij elkaar opgeteld, dit was de score van het kind. Op het scoreformulier werd eerst de didactische leeftijd (dl) van het kind aangegeven, daarna werd gekeken in welke maand de score gemiddeld werd behaald (dle). Dl minus de dle gaf aan of het kind een voorsprong (een score boven 0) of een achterstand (een score beneden 0) in onderwijsmaanden had.

Procedure

In november is gestart met het afnemen van de Tootie Launcher en de Oogbaltest bij alle kinderen door Mevrouw Van Eijk-Looijmans (BEd) en vier masterstudenten orthopedagogiek van de Radboud Universiteit Nijmegen. Deze motorische testen werden op video opgenomen om later te kunnen scoren met een scoringsschema. In januari hebben de vier studenten de Movement-ABC, de executieve taken en de rekentaak in deze volgorde afgenomen.

Daarna werden de scores van elk kind ingevoerd in het statistische programma SPSS. Zowel de ruwe scores als de normscores werden ingevoerd. In april werden de eerst de video-opnames van de Tootie Launcher bekeken en gescoord aan de hand van een scoringsysteem (zie Bijlage A). Deze scores zijn ook ingevoerd in het SPSS databestand. In mei werden de video-opnames van de Oogbaltest bekeken en gescoord aan de hand van een scoringsysteem (zie Bijlage B). Deze scores zijn ook in het bestand ingevoerd. Als laatste onderdeel van de scoring van de Tootie Launcher en de Oogbaltest, werden met behulp van SPSS de uiteindelijke score voor motoriek op deze testen berekend zoals besproken in de materiaalsectie.

Resultaten

Het bespreken van de resultaten valt uiteen in vier stukken. In het eerste gedeelte wordt onderzocht of twee nieuwe motoriektesten een verband hebben de gestandaardiseerde motoriektest. In de laatste drie gedeeltes wordt onderzocht of er verbanden bestaan tussen de drie hoofdfactoren Motoriek, Executieve functies en Rekenen onderling.

Motoriektesten

Uit de correlaties weergegeven in Tabel 2 bleek dat de gestandaardiseerde motoriektest negatief samenhangt met de testen voor perceptuele motorische vaardigheden en oogbewegingen. Deze negatieve samenhang hield in dat kinderen met een goede motoriek gemeten met de Movement-abc, een goede motoriekscore behaalden op de TootieLauncher en Oogbaltest. Aangezien er tussen de drie motoriektesten een overlap van meetpretentie bestond, konden alledrie de motoriektesten worden gebruikt om motorische vaardigheden bij kinderen in kaart te brengen.

Tabel 2

Correlaties Tussen Drie Motoriektesten

	M-abc	TootieLauncher	Oogbaltest
M-abc	-	-.38*	-.38*
TootieLauncher	-	-	.01
Oogbaltest	-	-	-

* correlatie is significant op 0.05 niveau (2-tailed)

Rekenprestaties en motoriek

Uit de correlaties tussen de drie motoriektesten en de rekentest in Tabel 3 bleek dat er geen verband was tussen algemene motorische vaardigheden, perceptuele motorische vaardigheden en fijne motoriek enerzijds en rekenprestaties bij deze kinderen anderzijds.

Tabel 3

Correlaties tussen Movement-abc, Oogbaltest en Tootie Launcher met Executieve functies en Rekenvaardigheden

		Tempo Test Rekenen	Bourdon- Vos	15- woorden- test	Cijfer- reeksen	Exclusie
Movement-abc	Totaal	-.11	.46*	-.03	-.00	-.24
	Handvaardigheid	.19	.35*	.09	-.19	-.30
	Balvaardigheid	-.21	.38*	-.19	.18	-.20
	Evenwicht	-.17	.49**	.05	-.16	-.15
Oogbaltest	Totaal	.21	.45*	.03	.18	.34*
	Links Rechts	.30	.26	-.10	.15	.00
	Boven Onder	.09	.36*	.09	.26	.34*
	Rondje	.15	.45**	.06	.01	.43*
Tootie Launcher		-.02	-.21	.00	-.31	.01

* correlatie is significant op 0.05 niveau (2-tailed)

** correlatie is significant op 0.01 niveau (2-tailed)

Motoriek en Executieve functies

De resultaten in Tabel 3 toonden aan dat er een positief verband was tussen algemene motorische vaardigheden en aandacht bij kinderen. Ook de drie onderdelen handvaardigheid, balvaardigheid en evenwicht afzonderlijk hadden een positief verband met aandacht. Dit positieve verband hield in dat kinderen met een goede algemene motoriek, ook een goede aandacht hadden en vice versa. De andere executieve functies vertoonden geen verband met algemene motorische vaardigheden.

Naast de algemene motorische vaardigheden toonde ook de oogbaltest een positief verband met aandacht. Dit verband kwam tot stand door de twee moeilijkere onderdelen van de oogmotoriek. De oogbewegingen van links naar rechts worden het meest toegepast bij de mensen, zodat deze bewegingen relatief automatisch worden uitgevoerd. Door het automatisch bewegen van de ogen van links naar rechts, speelt aandacht bij deze bewegingen geen rol. Maar bij de moeilijkere onderdelen van de oogbaltest, de bewegingen van beneden naar boven en rondjes draaien, is de aandacht wel belangrijk om de bewegingen goed uit te voeren. Hierdoor lieten de kinderen met een betere aandacht, een betere fijne motoriek op de oogbaltest zien.

Maar niet alleen aandacht speelde een rol, ook de ordentaak vertoonde een positief verband met de oogmotoriek van kinderen. Dit verband werd aangetoond door de twee moeilijkere onderdelen van de oogbaltest, oogbewegingen van boven naar beneden en rondje. De twee geheugenonderdelen vertoonden geen verband met de oogbewegingen.

De perceptuele motorische vaardigheden lieten geen enkel verband zien met de executieve functies.

Rekenen en executieve functies

Om te onderzoeken of de rekenprestaties van kinderen beïnvloed werden door de executieve functies, werden de kinderen per executieve test verdeeld in drie groepen. Per test werden de scoreverdelingen bekeken en werden de scores van de kinderen verdeeld in een groep laag scores, een groep gemiddelde scores en een groep hoge scores. Alle toetsen werden uitgevoerd door een OneWay Anova met drie niveaus: laag, gemiddeld en hoog, waarbij de executieve functies de factors waren en de rekenresultaten de afhankelijke variabele. Na de OneWay Anova met drie groepen, werd de Post Hoc Tamhanetest uitgevoerd om de onderlinge relaties tussen de drie niveaus te toetsen. Er werd gekozen voor Tamhane, omdat deze uitging van de *t*-testprincipes met ongelijke varianties tussen de groepen. Deze ongelijke varianties waren vooral te zien bij de groepen op de cijfergeheugentest.

Aandacht. Eerst werd de invloed van de executieve functie aandacht op de rekenprestaties van de kinderen in groep 3 getoetst. De scoreverdelingen op de aandachttest zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4

Gemiddelde Scores en Standaarddeviatie (SD) per Aandachtsniveau op de Rekentoets

Aandacht	Aantal	Gemiddelde	SD
Laag	11	14,2	4,8
Gemiddeld	12	17,9	7,1
Hoog	11	22,6	6,1

Uit de toetsing $F(2, 31) = 6.32, p = .005$ kwam naar voren dat de gemiddelde score op de rekentoets van de lage aandachtsgroep significant afweek ($p = .003$) van de gemiddelde score op de rekentoets van de kinderen met een hoge aandacht. Geconcludeerd uit deze toetsing kon worden dat de kinderen met een lage aandacht significant slechtere resultaten hadden op de rekentoets dan kinderen met een hoge aandacht. Kinderen met een goede aandacht hadden bij het presteren op de rekentoets profijt van hun goede aandacht. Tussen de andere niveaugroepen waren geen significante relaties uitgekomen.

Geheugen. De invloed van geheugen op de rekenprestaties werd getoetst aan de hand van twee tests. De eerste test was een geheugentest met woorden die het langetermijngeheugen meet. De twee gedeeltes waaruit deze test bestond, vijf pogingen samen en recall-poging, werden apart getoetst. De scores van de drie niveaugroepen op de woordengeheugentest aan de hand van de vijf pogingen zijn weergegeven in Tabel 5. De scores van de drie niveaugroepen van de recall-poging van de woordengeheugentest zijn weergegeven in Tabel 6. De tweede test was een geheugentest met cijfers, die het kortetermijngeheugen meet. De scores van de drie niveaugroepen op deze cijfergeheugentest zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 5

Gemiddelde Scores en Standaarddeviatie (SD) per Langetermijngeheugenniveau van Vijf Pogingen op de Rekentoets

Geheugen	Aantal	Gemiddelde	SD
Laag	12	16,3	6,5
Gemiddeld	11	19,0	6,8
Hoog	11	19,5	7,4

De toetsing van de woordengeheugentest, van de vijf pogingen samen, $F(2, 31) = .70$, $p = .51$ toonde aan dat er geen significante verschillen waren tussen de gemiddelde scores op de rekentoets van de drie niveaugroepen. Uit de gemiddelde scores op de rekentoets blijkt dat de gemiddelde score van de kinderen met een goed geheugen niet veel verschilt met de gemiddelde score van de kinderen met een gemiddeld geheugen. Het langetermijngeheugen gemeten door het eerste deel van de woordengeheugentest heeft geen significante invloed op de rekenprestaties van de kinderen.

De toetsing van de woordengeheugentest aan de hand van de recall-poging, $F(2,31) = 4.5$, $p = .02$ toonde aan dat er wél een significant verschil was tussen de gemiddelde score op de rekentoets van de kinderen met een slecht langetermijngeheugen met de kinderen met een gemiddeld langetermijngeheugen. De kinderen met een goed langetermijngeheugen behaalde geen significante betere score op de rekentest. Hieruit bleek dat een slecht langetermijngeheugen een negatieve invloed had op de rekenprestaties van leerlingen. En dat niet de kinderen met een goed langetermijngeheugen, maar de kinderen met een gemiddeld langetermijngeheugen het meeste profijt hiervan hadden op de rekentoets.

Tabel 6

Gemiddelde Scores en Standaarddeviatie (SD) per Langetermijngeheugenniveau van de Recall-poging op de Rekentoets

Geheugen	Aantal	Gemiddelde	SD
Laag	8	13,1	6,6
Gemiddeld	14	21,4	6,3
Hoog	12	17,9	5,9

De OneWay-Anovatoetsing van de drie niveaugroepen op de cijfergeheugentest $F(2, 31) = 2.40$, $p = .11$ toonde aan dat het kortetermijngeheugen geen invloed had op de rekenprestatie. Ondanks dit resultaat, werd er toch een Post Hoc Tamhane uitgevoerd. Deze toetsing gaf aan dat de gemiddelde score op de rekentoets van de kinderen met een slecht kortetermijngeheugen significante lager was dan de score van de kinderen met een gemiddeld kortetermijngeheugen ($p = .04$) en met de kinderen met een goed kortetermijngeheugen ($p = .007$). Er was geen significante relatie tussen de groep met een gemiddeld kortetermijngeheugen en de groep met een goed kortetermijngeheugen, mogelijk omdat het verschil tussen de rekenprestaties tussen de twee groepen minimaal was. Uit deze relaties bleek dat een slecht kortetermijngeheugen toch een negatieve impact had op de rekenresultaten van de kinderen.

Tabel 7

Gemiddelde Scores en Standaarddeviatie (SD) per Kortetermijngeheugenniveau op de Rekentoets

Geheugen	Aantal	Gemiddelde	SD
Laag	7	13,4	2,9
Gemiddeld	19	19,2	8,1
Hoog	8	20,1	4,0

Ordenen. De gemiddelde scores van de drieniveau groepen van de ordentaak zijn weergegeven in Tabel 8. Uit de toetsing $F(2, 31) = 1.91, p = .17$ bleek dat de gemiddelde scores op de rekentoets tussen de drie niveaugroepen onderling niet significant verschillend waren. De executieve functie ordenen had geen invloed op de rekenprestaties, hoewel de gemiddelde score van de kinderen met een goede ordening een stuk hoger was dan de gemiddelde scores van de kinderen met een gemiddelde en slechte ordening.

Tabel 8

Gemiddelde Scores en Standaarddeviatie (SD) per Ordenniveau op de Rekentoets

Ordenen	Aantal	Gemiddelde	SD
Laag	12	16,2	6,6
Gemiddeld	11	17,3	6,2
Hoog	11	21,4	7,1

Een kind dat beter was in ordenen, behaalde een hogere score op rekenen, maar als deze slechter was in ordenen behaalde hij of zij geen extreem lage score, omdat het gemiddelde tussen de lage en gemiddelde groep minimaal was.

Discussie

In deze studie stonden vier vragen centraal. Er werd gestart met het onderzoeken of twee nieuwe motoriektesten afkomstig van een trainingsprogramma, gebruikt konden worden om de motoriek bij kinderen te meten. Uit het onderzoek kwam naar voren dat de twee tests een overlap vertonen met een gestandaardiseerde motoriektest, waardoor de tests gebruikt konden worden om de motorische vaardigheden van kinderen te meten. Deze tests zijn in de huidige studie dan ook gebruikt, samen met de gestandaardiseerde motoriektest, om de relatie tussen rekenprestaties van kinderen en hun motoriek vast te stellen.

Er is gebleken dat er geen relatie is tussen motoriek en de rekenprestaties bij de kinderen. Hoewel deze relatie wel is aangetoond door het DCD-criterium 2, wordt de relatie in de huidige studie niet aangetoond. Een mogelijke verklaring kan zijn, dat de relatie tussen motoriek en rekenprestaties alleen gevonden wordt bij kinderen met een gediagnosticeerde of duidelijk zichtbare afwijkende motoriek, zoals de kinderen met DCD. In de huidige studie

werden kinderen getest, waarbij geen sprake was van een diagnose DCD of motorische afwijkingen die zichtbaar het functioneren en het leren van de kinderen beïnvloedde. Daarnaast kan de rekentaak ook een rol gespeeld hebben in het resultaat van het onderzoek. Er is gebruik gemaakt van een automatiseringstaak, waardoor de taak mogelijk meer gericht is op de automatisering van de kinderen dan op meer geavanceerde rekenvaardigheden waarbij aandacht een grotere rol speelt.

Het onderzoek is verder gegaan met het onderzoeken van een relatie tussen de motorische vaardigheden en de executieve functies aandacht, geheugen en ordenen bij de kinderen. Gebleken is dat er positieve relaties bestaan tussen motoriek met aandacht en ordenen. Kinderen met een goede motoriek, scoorden hoog op de aandachts- en ordentest. De relatie tussen motoriek en aandacht werd bevestigd door zowel de test voor algemene motorische vaardigheden als de fijne motoriektest. Om de verschillende motorische vaardigheden goed tot uiting te brengen, is een goede aandacht een belangrijke factor bij deze prestatie. De relatie tussen motoriek en ordenen werd alleen aangetoond door de twee moeilijkste taken van de oogbaltest, oogbewegingen van boven naar beneden en rondjes volgen. Om de ordentaak succesvol uit te voeren, moest het kind de vier onderdelen van de ordentaak goed waarnemen en met elkaar vergelijken om te kijken welke van de vier delen er niet bij hoorde. Zowel voor het goed waarnemen van de details van de figuren als het vergelijken van de figuren aan de hand van het flitsen van de oogbeweging tussen de figuren, was een goede oogmotoriek van belang om de taak goed te maken. Dit is een mogelijke verklaring voor het positieve verband tussen de executieve functie ordenen en de oogmotoriek bij kinderen. De executieve functie geheugen bleek geen relatie te hebben met de motoriek van kinderen. Dat de oogmotoriek geen relatie aantoonde met geheugen, komt mogelijk doordat de geheugentaken goed uitgevoerd kunnen worden met de ogen dicht. De oogmotoriek van de kinderen heeft dan geen invloed op de uitvoering en het resultaat van de geheugentaken. Een andere mogelijke verklaring is dat de motoriek en geheugen pas invloed op elkaar hebben, als beide of één factor ernstig afwijkend is.

De twee relaties die gevonden zijn tussen motoriek en executieve functies werden niet gevonden door scores op de Tootie Launcher. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat bij de afname van de Tootie Launcher meer factoren een rol spelen. Het is een vrijere taak, dat wil zeggen dat de kinderen vooraf en tijdens de afname geen expliciete instructie of opdrachten krijgen. De kinderen krijgen alleen positieve feedback als ze het gewenste resultaat, het vangen van de tootie, laten zien. Deze Tootie Launcher is onderdeel van een Tootie-training. Ze is feitelijk bedoeld om het zelfgenererend leervermogen in kaart te brengen. Bij het

zelfgenererend leervermogen van kinderen, spelen verschillende factoren een rol: probleemoplossende vermogen, doelgerichtheid, motorische en visuele vaardigheden, doorzettingsvermogen en interesse. Deze factoren kunnen een rol gespeeld hebben in het resultaat op de Tootie Launcher van de kinderen, waardoor de relatie tussen motoriek en executieve functies aan de hand van de Tootie Launcher niet werd aangetoond.

In het laatste gedeelte van het onderzoek werd onderzocht welke invloed de executieve functies hadden op de rekenprestaties van de kinderen. Uit de toetsing blijkt dat de rekenvaardigheden van kinderen beïnvloed worden door de aandacht en het korte- en langetermijngeheugen van kinderen. Kinderen die een betere aandacht en geheugen hebben, scoren beter op de rekentoets. Alleen ordenen heeft geen significante invloed op de rekenresultaten van kinderen uit groep 3. Als men kijkt naar de Tempo Test Rekenen als taak, komen de resultaten uit het onderzoek overeen met de executieve functies die verwacht worden die de kinderen nodig hebben voor het maken van de taak. Het gaat om een automatiseringstaak waarbij het geheugen van de kinderen een zeer grote rol speelt. Daarnaast moeten de kinderen zich goed concentreren en de aandacht op de taak richten om zoveel mogelijk sommen goed te maken binnen de gegeven tijd. Bij deze automatiseringstaak speelt de basisvoorwaarde ordenen geen rol, wat een mogelijke verklaring is waarom ordenen in deze studie geen invloed had op de rekenprestaties van de kinderen.

In de huidige studie waren alle kinderen die meegedaan hebben aan het onderzoek afkomstig uit groep 3 van één school uit één stad. Voor verder onderzoek is het interessant om kinderen uit meerdere steden te betrekken om te kijken of de woonomgeving invloed heeft op zowel de motorische als de leerontwikkeling van de kinderen en de relatie tussen deze twee ontwikkelingsgebieden. Ook zouden er oudere kinderen in het onderzoek betrokken kunnen worden, omdat van deze kinderen uitgebreidere rekenvaardigheden worden verwacht. Mogelijk dat er bij complexere verwachte rekenvaardigheden, de motorische vaardigheden van het kind wel een rol spelen in de rekenprestaties. Daarnaast kan onderzocht worden of bij deze oudere kinderen de relaties tussen motoriek en executieve functies nog steeds bestaat of dat meerdere of andere factoren dan van invloed zijn.

Bij vervolgonderzoek is het ook interessant om na te gaan welke invloed de vastgestelde relatie tussen motoriek en executieve functies heeft op het schoolse leren van de kinderen. Niet alleen kijkend naar de invloed op de rekenprestaties, maar ook het technisch en begrijpend lezen én de spelling van de kinderen zou wel eens beïnvloed kunnen worden door de motorische vaardigheden.

De twee nieuwe motoriektesten die getoetst zijn in dit onderzoek, zijn onderdeel van een Tootie-training. Die training heeft tot doel het zelfgenererend leervermogen te vergroten, een vaardigheid die verondersteld wordt van invloed te zijn op het leren in de klas van de kinderen. Onder het zelfgenererend leervermogen wordt verstaan dat “het kind het vermogen kan ontwikkelen om vanuit zichzelf een leerproces op gang te brengen waarbij het probleemoplossende vermogen, doelgerichtheid, goed ontwikkelde motorische en visuele vaardigheden, doorzettingsvermogen en plezier in en liefde voor het leren de belangrijkste elementen zijn. Vertrouwen in eigen kunnen en de wereld om hem heen is daarbij essentieel.” (Van Eijck-Looijmans, 2007, p. 4). Vervolgonderzoek zou het effect van de training op het schoolse leren kunnen vaststellen, zodat van deze belangrijke relatie tussen motoriek en het schoolse leren in het onderwijs meer gebruik gemaakt kan worden.

Het vervolgonderzoek zou zich ook kunnen richten op het Speciaal Basisonderwijs, omdat in die scholen de kinderen met de specifieke leerproblemen zitten. Als inderdaad het schoolse leren verbeterd wordt door beweging, dan moet in de toekomst meer bewegen een grotere rol gaan spelen in het lesprogramma van zowel het reguliere als speciaal basisonderwijs.

Referentielijst

- Bender, W.N. (2004). *Learning Disabilities: Characteristics, Identification and Teaching Strategies*. Pearson Education Inc.
- 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., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273–293.
- Dewey, D., Kaplan, B.J., Crawford, S.G., & Wilson, B.N. (2002). Developmental coordination disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Human Movement Science*, 21, 905-918.
- Dumont, J.J. (1994). *Leerstoornissen deel 1: theorie en model*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345–362.
- Holle, B. (1977). *De motorische ontwikkeling*. Amsterdam & Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Huyberechts, B. (1982). *De motorische ontwikkeling en leermoeilijkheden*. Alblasterdam: Offsetdrukkerij Kanters B.V.
- Kievit, Th., Tak, J.H., & Bosch, J.D. (2002). *Handboek Psychodiagnostiek voor de hulpverlening aan kinderen*. Amsterdam: Harcourt Book Publishers.
- 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.
- Meihuizen-de Regt, M.J., de Moor, J.M.H., & Mulders, A.H.M. (2003). *Kinderrevalidatie*. Assen: Koninklijke Van Gorcum.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C. and Altoè, G. (2008). Cognitive Abilities as Precursors of the Early Acquisition of Mathematical Skills During First Through Second Grades. *Developmental Neuropsychology*, 33:3, 229 — 250.
- Pijning, H.F. (1978). *Motoriek en leren*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Ruijsenaars, A.J.J.M., Van Luit, J.E.H., & Van Lieshout, E.C.D.M. (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie: Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Smitsman, A. (1985). Are Children really deceived by what they perceive about the quantitative world? *Cognitive Systems*, 1, 137-148.

Van Eijck-Looijmans, T. (2007). *Learning to Learn. How to use Tooties to teach basic learning skills and self-generated learning abilities through movement*. Eindhoven: Spelen Moet! (in press).

Verhofstadt-Denève, L., Van Geert, P., & Vyt, A. (2003). *Handboek ontwikkelingspsychologie. Grondslagen en theorieën*. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.

Vught, J.M.C.G., & Wosten, A. (2004). *Rekenen: een hele opgave*. Baarn: H Buitgevers.

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Kortetermijngeheugen>

http://nl.wikipedia.org/wiki/Werkgeheugen_%28mens%29

Bijlage A

Scoringsschema Tootie Launcher

1	klaagt over moeheid, stoort ander etc.	
2	trapwijze	
3	aanloop	
4**	kwaliteit van de trap	gewicht: 3
5	heeft proefleider de tooties achter elkaar of laten stapelen	
6	tootievolgordeprobleem	
7	tootie(s) op juiste plek	
8	tooties netjes gestapeld	
9**	oogvolgbeweging	gewicht: 1
10	weet het kind waar de tootie is geland	
11	vangpoging	
12**	kwaliteit vangpoging	gewicht: 3
13**	aantal tooties op de plank	gewicht: 2
14	aantal tooties gevangen	
15**	gebruik gemaakt van mandje?	gewicht: 4
16**	gevolg van vangen of vangpoging	gewicht: 1
17	invloed van en beïnvloeding door maatje	

** Criteria voor de maat motoriek van Tootie Launcher

Bijlage B

Scoringsschema Oogbaltest

1	Links-rechts: is de oogbeweging vloeiend: dus in orde
2**	Links-rechts: wat is de kwaliteit van de beweging
3	Links-rechts: knippert het kind veel
4**	Links-rechts: is het kind zo af en toe de bal kwijt
5	Links-rechts: vindt het kind de bal weer terug
6**	Links-rechts: is er beweging rond de mond en de kaak
7**	Links-rechts: beweegt het kind het hoofd mee
8**	Links-rechts: beweegt het kind het lijf mee
9	Links-rechts: iets opvallend dat niet gescoord wordt
10	Boven-onder: is de oogbeweging vloeiend: dus in orde
11**	Boven-onder: wat is de kwaliteit van de beweging
12	Boven-onder: knippert het kind veel
13**	Boven-onder: is het kind zo af en toe de bal kwijt
14	Boven-onder: vindt het kind de bal weer terug
15**	Boven-onder: is er beweging rond de mond en de kaak
16**	Boven-onder: beweegt het kind het hoofd mee
17**	Boven-onder: beweegt het kind het lijf mee
18	Boven-onder: iets opvallend dat niet gescoord wordt
19	Rondje: is de oogbeweging vloeiend: dus in orde
20**	Rondje: wat is de kwaliteit van de beweging
21	Rondje: knippert het kind veel
22**	Rondje: is het kind zo af en toe de bal kwijt
23	Rondje: vindt het kind de bal weer terug
24**	Boven-onder: is er beweging rond de mond en de kaak
25**	Boven-onder: beweegt het kind het hoofd mee
26**	Rondje: beweegt het kind het lijf mee
27	Rondje: iets opvallend dat niet gescoord wordt

** Criteria voor de maat motoriek van Oogbaltest