

Updating en rekenvaardigheid in groep 3, 4 en 5 van het basisonderwijs

L. Heikoop, M. Koskamp, J. Mosterd & E. van Rooijen

Universiteit Utrecht, 2010

Abstract

Objective: The relationship between updating skills and numeracy and its development in children in elementary school, grade 1 to 3, was studied. **Method:** Updating skills and numeracy were measured in 98 children in six elementary schools in the Netherlands. The longitudinal study contains data of the same children in grade 1, grade 2, and grade 3. Updating was measured in three updating tests (*Digit Span Backwards*, *Odd One Out*, *Keep Track*) and numeracy was measured through proficiency scores on CITO tests. **Results:** Numeracy and updating significantly increased in grade 1 to grade 3. There was a significant relationship between *Odd One Out*, and numeracy ($r=.42$). *Odd One Out* predicted numeracy at all measurement moments. *Keep Track* only predicted numeracy in grade 1 and grade 2. Variance explained in grade 1 was 21 percent, grade 2 was 20 percent and grade 3 was 18 percent. *Digit Span Backwards* was not a significant predictor of numeracy. **Conclusion:** The relationship between updating skills and numeracy is changing in grade 3 to 5. Maybe this finding is the result of a changing influence of phonological and visual working memory skills over time. **Key words:** updating, numeracy, development, children.

Inleiding

Rekenvaardigheid en rekenkennis zijn nodig om goed te kunnen functioneren in de maatschappij. Dat veel kinderen en ook aankomend leerkrachten het rekenen niet goed lijken te beheersen baart daarom zorgen (Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen [KNAW], 2009). Uit onderzoek blijkt dat vijf tot tien procent van de kinderen en adolescenten, onafhankelijk van de intelligentie, problemen heeft met rekenvaardigheden, met als gevolg dat voor hen dagelijks voorkomende rekenproblemen moeilijker opgelost kunnen worden (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Graven, 2008).

Al aan het begin van de basisschool tonen kinderen grote individuele verschillen in hun rekenvaardigheid. Sommige kinderen bezitten al voordat ze naar groep 3 gaan een indrukwekkend aantal rekenkundige vaardigheden, zoals tellen en ordenen (Klibanoff, Levine, Huttenlocher, Vasilyeva, & Hedges, 2006). De basis voor deze rekenontwikkeling lijkt er al vroeg te zijn. Door sommigen is overtuigend bewijs gevonden dat er bij baby's

al sprake is van een aangeboren gevoel voor aantallen, *number sense* (Butterworth, 2005; Dehaene, 2001). Dit begrip van aantallen ontwikkelt zich steeds verder. Als kinderen vanaf twee jaar beginnen met het leren tellen, leggen zij een link tussen het aangeboren begrip van aantallen en meer geavanceerde rekenkundige prestaties (Butterworth, 2005). Vanaf groep 3 wordt het rekenonderwijs systematisch opgestart en krijgen kinderen in Nederland officieel les in het bewerken van getallen. Zij leren optellen en aftrekken met objecten en met telwoorden. Bepaalde rekenkundige feiten, zoals optelsommen en tafels raken geautomatiseerd. Kinderen leren steeds complexere bewerkingen uit te voeren met aantallen. De ontwikkeling van rekenvaardigheid kan dus gezien worden in termen van een toenemend, steeds complexer wordend, begrip van aantallen en een toenemende vaardigheid in het bewerken van aantallen (Kroesbergen, Van der Ven, Kolkman, Van Luit, & Leseman, 2009; Butterworth, 2005).

De ontwikkeling van rekenvaardigheid verloopt niet bij alle kinderen even voorspoedig. Kinderen kunnen hierbij een scala aan problemen ondervinden. Bij het achterhalen van oorzaken van deze problemen wordt veelal gekeken naar verschillende factoren die van invloed zijn op de rekenontwikkeling (Kroesbergen, Van der Ven et al., 2009). In recente literatuur wordt steeds vaker het werkgeheugen genoemd als belangrijke factor in de ontwikkeling van rekenvaardigheid (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Passolunghi, Mammarella, & Altoè, 2008).

In het werkgeheugen vindt tijdelijke opslag en bewerking van informatie plaats. Er wordt aangenomen dat dit noodzakelijk is om een veelheid aan complexe taken, zoals begrijpen, leren en redeneren uit te voeren (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006; Baddeley, 2000; Ecker, Lewandowsky, Oberauer, & Chee, 2010; Harvey et al., 2004). Een model dat veelvuldig als uitgangspunt wordt genomen om het werkgeheugen toe te lichten is het werkgeheugenmodel van Baddeley (2000). Binnen dit model wordt er van uitgegaan dat het werkgeheugen bestaat uit verschillende systemen, de fonologische lus, het visueel ruimtelijk schetsblok en de episodische buffer. Verbale informatie wordt tijdelijk opgeslagen in de fonologische lus en visueel ruimtelijke informatie wordt tijdelijk opgeslagen in het visueel ruimtelijk schetsblok. De episodische buffer integreert informatie uit verschillende bronnen. Boven deze drie zogenoemde slaafsystemen staat het centrale executieve systeem, het controlesysteem dat de cognitieve processen in het werkgeheugen aanstuurt (Baddeley, 2000). Deze cognitieve processen worden ook wel de executieve functies genoemd.

De executieve functies omvatten verschillende deelfuncties en zijn daarom niet eenduidig te definiëren. Verschillende onderzoekers onderscheiden drie executieve functies, deze worden hier *inhibitie*, *shifting* en *updating* genoemd (Alloway et al., 2006; Avons, Nunn, Chan, & Armstrong, 2003; Dhalin, Neely, Larsson, Bäckman, & Nyberg, 2008; Espy et al., 2004; Harvey et al., 2004; Ko & Seiffert, 2009; Kroesbergen, Van der

Ven et al., 2009; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Inhibitie heeft te maken met het kunnen onderdrukken van dominante, automatische responsen. *Shifting* is het kunnen wisselen tussen verschillende taken of responssets en heeft te maken met flexibiliteit. *Updating* is het opslaan en bijwerken van informatie in het werkgeheugen. Nieuwe informatie wordt aan oude gekoppeld of oude informatie wordt vervangen door nieuwe. De term executieve functies is dus een verzamelnaam voor een aantal controlefuncties, die onder andere essentieel zijn om gedrag te reguleren, problemen op te lossen en strategieën aan te passen

Executieve functies blijken samen te hangen met (voorbereidende) rekenvaardigheid (Bull, Johnston, & Roy, 1999; Kroesbergen, Van der Ven et al., 2009; Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2007). De executieve functies zijn onder andere nodig om feiten uit het werkgeheugen te kunnen ophalen en om strategieën te kunnen uitvoeren en combineren, zaken die van belang zijn bij het rekenen. Vooral *updating* blijkt een belangrijke voorspeller te zijn van prestaties op rekengebied. Verschillende onderzoekers tonen een verband aan tussen *updating* en rekenvaardigheid bij kinderen uit het basisonderwijs (Bull et al., 2008; Gathercole, Brown, & Pickering, 2003; Passolunghi & Pazzaglia, 2005; Swanson, 2006; Van der Sluis et al., 2007). Kinderen met goede *updating*vaardigheden blijken beter te presteren op rekentaken dan kinderen met minder goede *updating*vaardigheden (Kroesbergen, Van der Ven et al., 2009). Omgekeerd blijken kinderen die problemen hebben met het oplossen van rekenvraagstukken het moeilijk te vinden om relevante informatie te verwerken en te updaten (Passolunghi & Pazzaglia, 2004). In rekentaken zijn *updating*vaardigheden bijvoorbeeld noodzakelijk om tussenoplossingen te kunnen onthouden, ophalen en vervolgens weer te kunnen bewerken (Kroesbergen, Van der Ven et al., 2009). *Updating* doet hierbij zowel een beroep op het verbale werkgeheugen als op het visueel ruimtelijk werkgeheugen (Alloway et al., 2006).

Ook bij de voorbereidende rekenvaardigheid in groep 1, 2 en 3, waar de basis wordt gelegd voor de latere rekenontwikkeling, speelt *updating* al een belangrijke rol (Kroesbergen, Van der Ven et al., 2009; Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, & Van de Rijt, 2009). Met name het visueel ruimtelijk werkgeheugen wordt door kinderen tot zeven jaar veelvuldig gebruikt en blijkt een basis te zijn voor het oplossen van abstractere rekenproblemen op latere leeftijd (Bull et al., 2008; Holmes & Adams, 2006).

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de *updating*component van het werkgeheugen getraind kan worden en dat hierdoor de rekenvaardigheid bij kinderen kan verbeteren (Van de Rijt & Van Luit, 1998; Shalev, Tsal, & Mevorach, 2007). Tevens blijken kinderen met betere *updating*vaardigheden meer te profiteren van een specifieke

getalbegriptraining en beter in staat om het geleerde te generaliseren naar verwante taken (Kroesbergen, van der Ven et al., 2009). Ook hieruit blijkt een samenhang tussen rekenvaardigheid en *updating*.

Naast onderzoek naar de samenhang is er ook onderzoek gedaan naar de voorspellende waarde van *updating*. *Updating* aan het begin van groep 3 blijkt een voorspeller te zijn voor de rekenvaardigheid in groep 4 (De Smedt et al., 2009) en het executief functioneren in de kleuterklas blijkt de rekenprestaties in groep 3 tot 5 te voorspellen (Bull et al., 2008). *Updating* hangt dus niet alleen samen met rekenvaardigheid, maar blijkt ook een voorspeller voor rekenvaardigheid.

De genoemde studies voorspellen aan de hand van een eenmalige meting van het executief functioneren de rekenvaardigheid op latere tijdstippen. Een belangrijke beperking daarvan is dat op die manier niet onderzocht kan worden hoe *updating* zich door de jaren ontwikkelt en hoe *updating* en rekenvaardigheid zich in relatie tot elkaar ontwikkelen. Om dit te kunnen onderzoeken, wordt aangesloten bij een lopend onderzoek aan de Universiteit Utrecht. Dit longitudinale onderzoek naar de relatie tussen rekenvaardigheid en executieve functies vanaf groep 3 loopt sinds 2007. Er blijkt een samenhang zichtbaar tussen *updating* en rekenvaardigheid in groep 3 en in groep 4. In het huidige onderzoek zal groep 5 worden toegevoegd. Centrale vraag is hoe de verschillende *updating*vaardigheden en rekenvaardigheid zich ten opzichte van elkaar ontwikkelen bij kinderen in groep 3 tot en met 5. Om uitspraken over deze ontwikkeling te kunnen doen, moet er eerst zicht zijn op de ontwikkeling van rekenvaardigheid en van *updating* en op het verband tussen *updating* en rekenvaardigheid in de afzonderlijke groepen. Deelvragen die hieruit voortvloeien zijn hoe de samenhang tussen *updating* en rekenvaardigheid eruit ziet in groep 5, of er een verschil is in rekenvaardigheid in het verloop van groep 3 naar 5 en of er een verschil is in *updating*vaardigheden in het verloop van groep 3 naar 5.

De verwachting is dat rekenvaardigheid toeneemt naarmate kinderen meer rekenonderwijs hebben genoten. Er wordt verwacht dat ook de *updating*vaardigheden toenemen, aangezien in eerder verzamelde gegevens een toename zichtbaar is. In groep 3 en 4 is tevens een samenhang tussen *updating* en rekenvaardigheid vastgesteld. De verwachting is dat deze samenhang ook in groep 5 zal worden gevonden. Hoe groot deze samenhang is en of de samenhang tussen *updating* en rekenvaardigheid door de jaren hetzelfde blijft, is nog onduidelijk. Doel van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen in deze relatie en de ontwikkeling daarin. Deze inzichten kunnen bijdragen aan de uitwerking van interventies gericht op het verbeteren van het rekenonderwijs. Uiteindelijk kan daarmee de rekenvaardigheid bij kinderen worden vergroot.

Methoden

Participanten

In 2007-2008 hebben er 224 kinderen uit groep 3 meegedaan aan het onderzoek, afkomstig uit achttien klassen van tien basisscholen, verspreid door Nederland. De scholen zijn geselecteerd op basis van drie criteria: 1) het aantal kinderen dat thuis geen Nederlands spreekt is laag, 2) diversiteit in SES door scholen te kiezen uit verschillende buurten en 3) gebruik van de rekenmethode Pluspunt. Dit laatste om de groepen qua rekenonderwijs enigszins vergelijkbaar te kunnen maken. Er is geen sprake geweest van exclusiecriteria op klassenniveau. In 2008-2009 (groep 4) hebben 211 kinderen geparticipeerd in het onderzoek. Het gaat om de kinderen die in groep 3 ook aan het onderzoek meewerkten, met uitzondering van de kinderen die wegens verschillende redenen (bijvoorbeeld verhuizing of doublure) niet meer in dezelfde klassen zaten. Aan het huidige onderzoek (groep 5) hebben alleen de kinderen geparticipeerd die in groep 3 én 4 hebben meegewerkt. Het gaat om 98 kinderen (58 jongens, 40 meisjes) met de gemiddelde onderzoeksleeftijd van 9;0 jaar ($SD=4$ maanden; range 8;2 - 9;10 jaar). De ouders van de deelnemende kinderen hebben via de school toestemming gegeven om mee te werken aan het onderzoek. De kinderen zijn na de metingen beloond met een sticker. Omdat het huidige onderzoek een niet geplande follow-up van het voorgaande onderzoek is, hebben sommige scholen niet meer meegewerkt. De uitval is hierdoor groter dan de normaal verwachte uitval. De scholen zijn via een rapportage geïnformeerd over de uitkomsten van het onderzoek.

Procedure

Voor het onderzoek zijn gegevens over de updatingvaardigheden en de rekenvaardigheid van de kinderen verzameld. Er is één meting gedaan om de updatingvaardigheden vast te stellen. Elk kind is individueel getest in een aparte ruimte binnen de school door getrainde assistenten. In een testsessie van ongeveer 30 minuten zijn drie updatingtaken afgenomen: *Digit Span Backwards*, *Odd One Out* en *Keep Track*. Om de updatingvaardigheden van de kinderen uit groep 3 te kunnen vergelijken met de kinderen uit groep 5 is gebruik gemaakt van de gegevens die in oktober 2007 verzameld zijn bij dezelfde kinderen. De rekenvaardigheidsscores van de kinderen zijn opgevraagd bij de basisscholen in de vorm van CITO (Centraal Instituut voor Toets Ontwikkeling) vaardigheidsscores. De procedure die gebruikt is in groep 3 en 4 is vergelijkbaar met de huidige procedure, maar niet identiek. In groep 3 en 4 zijn namelijk ook de vaardigheden op het gebied van inhibitie en *shifting* getoetst.

Instrumenten

Voor het meten van de updatingvaardigheden is gebruik gemaakt van drie verschillende taken: 1) *Digit Span Backwards*, 2) *Odd One Out* en 3) *Keep Track*. De taken zijn afgenomen met behulp van de computer (E-prime). Ieder kind heeft dezelfde opgaven aangeboden gekregen in dezelfde volgorde, met een korte instructie en enkele voorbeeldopgaven voor elke taak.

1) *Digit Span Backwards*: Deze taak is een bewerking van de Nederlandse versie van *Digit Span Backwards* uit de *Automated Working Memory Assessment* [AWMA] testbatterij (Alloway, 2007). Het kind krijgt een reeks getallen onder de tien te horen en moet de cijfers herhalen in omgekeerde volgorde. De eerste reeks bestaat uit twee getallen. Na drie correcte antwoorden wordt de reeks met één getal uitgebreid. Na twee fouten in reeksen van dezelfde lengte wordt de taak afgebroken. Het aantal reeksen dat correct is herhaald, vormt de eindscore. Bij kinderen in de leeftijd van 4,5 jaar tot 11,5 jaar is de test-hertest betrouwbaarheid .64 (Alloway, 2007). De test uit de AWMA is valide voor het meten van het verbale werkgeheugen (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliot, 2008).

2) *Odd One Out*: Deze taak komt uit de AWMA (Alloway, 2007). Het kind krijgt drie hokjes naast elkaar te zien met in elk hokje een (zwart-wit) plaatje. Een van de plaatjes is qua vorm anders dan de andere twee. Het kind moet het afwijkende plaatje aanwijzen. Vervolgens verschijnen drie lege hokjes in beeld en moet het kind aanwijzen in welk hokje het afwijkende plaatje stond. Na drie correcte antwoorden wordt een set toegevoegd. Het kind moet steeds eerst het afwijkende plaatje in elke rij aanwijzen en vervolgens de hokjes in de juiste volgorde. Na twee fouten in reeksen van dezelfde lengte wordt de taak afgebroken. Het aantal opgaven waarin de goede hokjes in de goede volgorde zijn aangewezen, vormt de eindscore. Bij kinderen in de leeftijd van 4,5 tot 11,5 jaar is de test-hertest betrouwbaarheid .83 (Alloway, 2007). Deze test doet een beroep op het visueel spatieel werkgeheugen (Alloway et al., 2006). De verschillende AWMA testen zijn valide te noemen (Alloway et al., 2008).

3) *Keep Track*: Deze taak is een bewerking van de *Keep Track* taak van Van der Sluis, De Jong en Van der Leij (2007), overgenomen van Miyake en collega's (2000). Het kind krijgt een serie van tien plaatjes te zien, elk plaatje 3,5 seconde. De getoonde plaatjes komen uit de volgende categorieën: de lucht (zon, maan, sterren, wolk), fruit (aardbei, peer, kers, banaan), vormen (vierkant, driehoek, cirkel, hart), dieren (hond, kat, vis, vogel) en speelgoed (teddybeer, step, lego, auto). Tijdens de serie moet het kind elk plaatje benoemen. Aan het eind van een serie moet het kind het laatste plaatje van een vooraf genoemde categorie noemen. In elke serie worden één, twee of drie items uit de genoemde categorie getoond, de overige plaatjes komen uit de andere categorieën. Tijdens de serie is onder in beeld een klein wit plaatje zichtbaar dat (ter herinnering)

symbool staat voor de genoemde categorie. Het aantal te onthouden categorieën loopt op van één tot vier. Elk niveau bestaat uit twee series, in totaal zijn er dus acht series. Elk correct antwoord wordt genoteerd, dus één tot en met vier, met een maximale eindscore van twintig. Voor de test begint krijgt het kind alle plaatjes en categorieën te zien. Dan volgt een oefenopgave die indien nodig herhaald wordt. Er zijn geen gegevens gevonden over validiteit en betrouwbaarheid van deze test.

Voor het meten van rekenvaardigheid is gebruik gemaakt van de vaardigheidsscore op de toetsen CITO Rekenen-Wiskunde M3, M4 en M5.

CITO Rekenen-Wiskunde: Deze toets is een onderdeel van het CITO leerlingvolgsysteem. Dit leerlingvolgsysteem wordt op veel Nederlandse scholen gebruikt om de voortgang van basisschoolkinderen te monitoren. Per afname ontstaat er een beeld van de vaardigheid van de gehele groep alsook van het individu. De scholen nemen de toets in het midden (M) en aan het eind (E) van het schooljaar af. De toetsen zijn methodeonafhankelijk. Het reken-/wiskundeonderdeel meet een brede range aan rekenkundige en wiskundige vaardigheden, zoals basiskennis en begrip van getallen, optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen, meten en tijdsbegrip. Toets M3 (midden groep 3) bestaat uit 50 opgaven die worden voorgelezen door de leerkracht, verdeeld over twee dagen. Toets M4 (midden groep 4) bestaat uit 52 opgaven, eveneens voorgelezen door de leerkracht en verdeeld over twee dagen. Toets M5 (midden groep 5) bestaat uit 56 opgaven, verdeeld over twee dagen. De opgaven bestaan uit een rekendictee en het zelfstandig verwerken van de vragen uit het opgavenboekje. De ruwe scores worden omgezet in een vaardigheidsscore, die toeneemt naarmate de rekenvaardigheid zich ontwikkelt. De vaardigheidsscore is een normscore die door het CITO is vastgesteld aan de hand van normeringonderzoek ($N=1650$) (Jansen & Engelsens, 2002). Deze score maakt vergelijking tussen verschillende meetmomenten mogelijk. De CITO Rekenen & Wiskunde toets wordt positief beoordeeld, de begripsvaliditeit is goed en de betrouwbaarheid van M5 is .94 (Commissie Testaangelegenheden Nederland van het Nederlands Instituut van Psychologen [COTAN]). Er is geen onderzoek gedaan naar de criteriumvaliditeit omdat de test, volgens de auteurs, niet is bedoeld voor voorspellend gebruik (Jansen & Engelsens, 2002).

Statistische analyse

De verschilvraag, waarbij het verschil tussen rekenvaardigheid in het verloop van groep 3 naar groep 5 wordt berekend, is door middel van de gepaarde *t*-test geanalyseerd. De verschilvraag, waarbij het verschil tussen *updating* in het verloop van groep 3 naar groep 5 is bekeken, is door middel van een herhaalde metingen ANOVA uitgevoerd, waarbij de metingen van groep 3, 4 en 5 zijn meegenomen. De vraag over de samenhang tussen

updatingvaardigheid en rekenvaardigheid in groep 5 is gemeten met Pearson's product moment correlatiecoëfficiënt. Daarnaast is de voorspellende waarde van de updatingvaardigheden op de rekenvaardigheid in groep 3, 4 en 5 geanalyseerd met behulp van multiple regressie analyse.

Om de gegevens te analyseren zijn verschillende analysetechnieken van het statistische programma SPSS 16.0 gebruikt. De analyses zijn uitgevoerd met een alpha van .05. Er is sprake van een interval meetniveau ($N=98$).

Resultaten

Beschrijvende statistieken

De beschrijvende statistieken van de scores op de afzonderlijke taken *Digit Span Backwards*, *Odd One Out*, *Keep Track* en op CITO-rekenvaardigheid midden groep 3, midden groep 4 en midden groep 5 zijn weergegeven in Tabel 1. Zowel de rekenvaardigheidsscores als de scores op de afzonderlijke updatingtaken zijn bij benadering normaal verdeeld. In de analyses zijn alleen de kinderen meegenomen die in in groep 3, 4 én 5 aan de testen hebben meegedaan. Gegevens ontbreken van één kind bij de CITO Midden 4 en (vanwege niet aanleveren door de school) van 21 kinderen bij Midden groep 5. Bij de *updatingtaken* groep 5 ontbreken bij *Digit Span Backwards* scores van twee kinderen en bij *Odd One Out* en *Keep Track* van één kind.

Tabel 1 *Beschrijvende statistieken rekenvaardigheid en updatingtaken M3, M4 en M5*

| Taak | Midden groep 3 | | | Midden groep 4 | | | Midden groep 5 | | |
|---------------|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|--------|----------------|------------------|--------|
| | N | M (SD) | Range | N | M (SD) | Range | N | M (SD) | Range |
| Rekenen | | | | | | | | | |
| CITO | 98 | 38.76 (12.94) | 9-64 | 97 | 56.01 (15.21) | 23-102 | 77 | 78.47 (15.23) | 42-123 |
| Updating | | | | | | | | | |
| Digit Span B. | 98 | 3.67 (1.54) | 0-9 | 98 | 4.98 (1.60) | 2-10 | 96 | 6.74 (2.00) | 3-12 |
| Odd One Out | 98 | 6.68 (2.29) | 3-11 | 98 | 8.62 (2.68) | 3-15 | 97 | 10.12 (3.00) | 3-20 |
| Keep Track | 98 | 12.11 (2.85) | 6-19 | 98 | 14.35 (2.73) | 8-19 | 97 | 16.01 (2.49) | 10-20 |

Updatingtaken en rekenvaardigheid in groep 5

Om na te gaan of er een samenhang bestaat tussen de afzonderlijke updatingtaken en rekenvaardigheid, is gebruik gemaakt van Pearson's product moment correlatie. Daarbij is ook berekend of de afzonderlijke updatingtaken onderling correleren. Tussen *Odd One Out* en rekenvaardigheid blijkt een matig tot sterke positieve samenhang te bestaan ($r(75)=.42, p<.001$). De correlaties tussen *Keep Track* en rekenvaardigheid en tussen *Digit Span Backwards* en rekenvaardigheid zijn niet significant. Daarnaast blijken er significante onderlinge correlaties te bestaan tussen *Keep Track* en *Digit Span Backwards* ($r(94)=.26, p<.05$), tussen *Keep Track* en *Odd One Out* ($r(95)=.39, p<.001$) en tussen *Odd One Out* en *Digit Span Backwards* ($r(94)=.21, p<.05$).

De ontwikkeling van rekenvaardigheid

Uit de beschrijvende statistieken blijkt dat de gemiddelde CITO score op rekenvaardigheid in groep 5 hoger is dan de gemiddelde CITO score op rekenvaardigheid in groep 3. Om te analyseren of deze groei daadwerkelijk significant is, is gebruik gemaakt van een Paired Samples *t*-test. Uit de Paired Samples *t*-test blijkt dat het verschil tussen rekenvaardigheid in groep 3 en rekenvaardigheid in groep 5 significant is ($t(76)=-25.60, p<.001$). Uit een herhaalde metingen ANOVA, waarbij meerdere uitkomsten van metingen met elkaar kunnen worden vergeleken, blijkt daarnaast dat het verschil in gemiddelden nog steeds significant is wanneer ook de vaardigheidsscores van CITO M4 in de analyse worden meegenomen ($F(2,150)=365.31, p<.001$).

De ontwikkeling van updating

Er is gebruik gemaakt van een herhaalde metingen ANOVA om de ontwikkeling van de updatingvaardigheden te analyseren. Hiervoor moet er sprake zijn van sfericiteit. De sfericiteit wordt bij de metingen van alle drie de updatingtaken niet geschonden. Er wordt dan ook niet gecorrigeerd op de vrijheidsgraden. Voor de drie updatingtaken blijkt dat er significante verschillen bestaan tussen de gemiddelden op de verschillende meetmomenten: *Digit Span Backwards* ($F(2, 190)=51.01, p<.001$), *Odd One Out* ($F(2, 192)=44.52, p<.001$) en *Keep Track* ($F(2, 154)=35.17, p<.001$).

Er is vervolgens een Post-Hoc test uitgevoerd om te kijken of de verschillen tussen alle gemiddelden op de verschillende tests significant zijn. Voor de taken *Digit Span Backwards* en *Keep Track* blijkt dit zo te zijn. Voor de updatingtaak *Odd One Out* blijken niet alle gemiddelden significant van elkaar te verschillen. De gemiddelden van groep 4 en groep 5 verschillen namelijk niet significant van elkaar.

Ontwikkeling van updatingvaardigheden en rekenvaardigheid

Om te beoordelen in hoeverre de rekenvaardigheidsscore kan worden voorspeld op basis van scores op de updatingtaken is een multiple regressie analyse (*forced entry*) uitgevoerd. Er is een rechtlijnige positieve samenhang tussen de updatingtaken in groep 5 en de rekenvaardigheid in groep 5. Hetzelfde geldt voor groep 3 en 4. Tevens is er gekeken of er door de onderlinge samenhang van de predictoren sprake is van multicollineariteit. De multicollineariteit tussen de predictoren is in de drie jaargroepen niet geschonden (VIF <10; Tolerance >0.2).

Uit de multiple regressie analyse in groep 3 blijken *Odd One Out* ($b=1.24$, $\beta=.22$, $t(97)=2.30$, $p<.05$) en *Keep Track* ($b=1.50$, $\beta=.33$, $t(97)=3.52$, $p=.001$) significante voorspellers te zijn voor de rekenvaardigheidsscore. *Odd One Out* en *Keep Track* verklaren een significant deel van de variantie in rekenvaardigheidsscores ($R^2=.21$, $F(3,94)=8.42$, $p<.001$). Dit betekent dat 21 procent van de variantie in rekenvaardigheidsscores toe te schrijven is aan *Odd One Out* en *Keep Track*. Het toevoegen van de taak *Digit Span Backwards* levert geen significante bijdrage aan de verklaarde variantie op.

Uit de multiple regressie bij groep 4 blijken *Odd One Out* ($b=1.87$, $\beta=.33$, $t(96)=3.38$, $p=.001$) en *Keep Track* ($b=1.07$, $\beta=.19$, $t(96)=1.96$, $p=.05$) significante voorspellers te zijn voor de rekenvaardigheidsscore. *Odd One Out* en *Keep Track* verklaren een significant deel van de variantie in rekenvaardigheidsscores ($R^2=.20$, $F(3,93)=7.69$, $p<.001$). Hier verklaren *Odd One Out* en *Keep Track* twintig procent van de variantie in rekenvaardigheidsscores. Het toevoegen van de taak *Digit Span Backwards* levert geen significante bijdrage aan de verklaarde variantie op.

Uit de multiple regressie analyse bij groep 5 blijkt dat *Odd One Out* een significante voorspeller is voor de rekenvaardigheidsscore ($b=1.92$, $\beta=.41$, $t(75)=3.44$, $p=.001$). *Odd One Out* verklaart een significant deel van de variantie in rekenvaardigheidsscores, ($R^2=.18$, $F(3,72)=5.20$, $p<.01$). Van de variantie in rekenvaardigheidsscores is achttien procent toe te schrijven aan *Odd One Out*. Het toevoegen van de taak *Digit Span Backwards* en de taak *Keep Track* levert geen significante bijdrage aan de verklaarde variantie op.

Conclusie en discussie

Centrale vraag was hoe de verschillende updatingvaardigheden en rekenvaardigheid zich ten opzichte van elkaar ontwikkelen bij kinderen in groep 3 tot en met groep 5. In tegenstelling tot de verwachting bleken niet alle updatingtaken samen te hangen met rekenvaardigheid in groep 5. Alleen tussen *Odd One Out* en rekenvaardigheid was sprake van een significante correlatie. De drie updatingtaken bleken onderling wel significant samen te hangen. Uit de regressievergelijking was op te maken dat in groep 5 alleen *Odd*

One Out een significante voorspeller voor de rekenvaardigheid was. De verklaarde variantie bedroeg achttien procent. In groep 3 en 4 waren *Odd One Out* en *Keep Track* beide significante voorspellers voor de rekenvaardigheid. Samen verklaarden ze respectievelijk 21 en twintig procent van de variantie in rekenvaardigheidsscores. Er kan hieruit geconcludeerd worden dat de samenhang tussen updating en rekenvaardigheid door de jaren verandert. De afname in verklaarde variantie door de updatingtaken en het feit dat het verschil tussen *Odd One Out* in groep 4 en 5 niet meer significant is, lijkt aan te geven dat de rol van updating met betrekking tot rekenvaardigheid door de jaren minder wordt.

De verandering in samenhang tussen updating en rekenvaardigheid heeft mogelijk te maken met de wijze waarop de CITO rekenvaardigheidstoets wordt afgenomen. In groep 3 en 4 wordt de toets voorgelezen, terwijl de kinderen de opgaven, met plaatjes, voor zich hebben. Daarbij wordt zowel een beroep gedaan op de visuele als op de auditieve vaardigheden van een kind. De relatie tussen rekenvaardigheid en *Digit Span Backwards* (verbaal werkgeheugen) is in dit onderzoek niet aangetoond. Bij *Keep Track* wordt de taak echter ook gedeeltelijk verbaal gemaakt doordat de kinderen hardop moeten benoemen wat ze zien. Ze combineren visuele en auditieve vaardigheden. In groep 3 en 4 blijkt deze taak nog wel een significante voorspellende waarde te hebben, maar in groep 5 niet meer. Alleen de visuele taak *Odd One Out* blijft dan over als significante voorspeller. De gevonden resultaten kunnen dus mogelijk verklaard worden door de wijze van aanbieden van de rekentaken.

Uit eerder onderzoek (Bull et al., 2008; Holmes & Adams, 2006) blijkt dat de visuele werkgeheugentaak een voorspeller voor de rekenvaardigheid is bij kinderen tot zeven jaar. Uit het huidige onderzoek blijkt dat visuele werkgeheugentaken tot groep 5 een voorspellende factor zijn voor de rekenvaardigheid. De resultaten en conclusies moeten echter met enige voorzichtigheid worden bekeken. Er is sprake geweest van een grote mate van uitval, het aantal respondenten is door de jaren heen gehalveerd. De diversiteit in scholen is daarmee ook afgenomen, wat de mogelijkheden tot generalisatie beperkt.

Dit onderzoek heeft bijgedragen aan het vergroten van de kennis op het gebied van updatingvaardigheden en rekenvaardigheden in de tijd. Om meer gefundeerde uitspraken te doen en deze kennis toepasbaar te maken, is aanvullend onderzoek nodig naar hoe updating en rekenvaardigheid zich in relatie tot elkaar blijven ontwikkelen. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of de invloed van updatingtaken op de rekenvaardigheid verder vermindert en welke andere variabelen een rol spelen. Hierbij is het van belang ook aandacht te besteden aan de invloed van visueel dan wel auditief aangeboden taken. Ook naar de richting van het verband tussen updating en rekenvaardigheid is meer onderzoek nodig. Het is immers niet duidelijk of updatingvaardigheden invloed hebben op

de rekenvaardigheid of andersom. Meer duidelijkheid hierover is van belang bij het ontwikkelen van trainingen om de rekenvaardigheid bij kinderen te vergroten.

Referentielijst

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H. J., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuo-spatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716.
- Avons, S. E., Nunn, J. A., Chan, L., & Armstrong, H. (2003). Executive functions assessed by memory updating and random generation in schizotypal individuals. *Psychiatric Research, 120*, 145-154.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423.
- 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., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999). Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology, 15*, 421-442.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*, 3-18.
- Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Bäckman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science, 320*, 1510-1512.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language, 16*, 16-36.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186-201.
- Ecker, U. K. H., Lewandowsky, S., Oberauer, K., & Chee, A. E. H. (2010). The components of working memory updating: An experimental decomposition and individual differences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 36*, 170-189.
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*, 465-486.

- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child psychology, 20*, 109-122.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology, 33*, 277-299.
- Harvey, P. O., Le Bastard, G., Pochon, J. B., Levy, R., Allilaire, J. F., Dubois, B., & Fossati, P. (2004). Executive functions and updating of the contents of working memory in unipolar depression. *Journal of Psychiatric Research, 38*, 567-576.
- Holmes, J., & Adams. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-366.
- Jansen, J., Engelsens, R. (2002). *Verantwoording van de toetsen Rekenen en Wiskunde 2002*. Arnhem: CITO-groep. Retrieved from: <http://toetswijzer.kennisnet.nl/html/tg/2.pdf>.
- Klibanoff, R. S., Levine, S. C., Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., & Hedges, L. V. (2006). Preschool children's mathematical knowledge: The effect of teacher 'Math Talk'. *Developmental Psychology, 42*, 59-69.
- Ko, P. C., & Seiffert, A. E. (2009). Updating objects in visual short-term memory is feature selective. *Memory & Cognition, 37*, 909-923.
- Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW). (2009). *Rekenonderwijs op de basisschool: Analyse en sleutels tot verbetering*. Advies KNAW-Commissie rekenonderwijs basisschool. Alkmaar: Bejo druk & print.
- Kroesbergen, E. H., Van der Ven, S. H. G., Kolkman, M. E., Van Luit, J. E. H., & Leseman, P. P. M. (2009). Executieve functies en de ontwikkeling van (voorbereidende) rekenvaardigheid. *Pedagogische Studiën, 86*, 334-349.
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 226-236.
- 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.
- 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, 22*, 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.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences, 15*, 257-269.
- Shalev, L., Tsal, Y., & Mevorach, C. (2007). Computerized progressive attentional training (CPAT) program: Effective direct intervention for children with ADHD. *Child Neuropsychology, 13*, 382-388.
- St. Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 745-759.
- Swanson, H. L. (2006). Cognitive processes that underlie mathematical precociousness in young children. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*, 239-264.
- Van de Rijt, B. A. M., & Van Luit, J. E. H. (1998). Effectiveness of the additional early Mathematics program for teaching children early mathematics. *Instructional Science, 26*, 337-358.
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence, 35*, 427-449.