



**Universiteit Utrecht**

Bachelor thesis pedagogische wetenschappen

**Hoe hangen verbaal en visueel-ruimtelijk  
werkgeheugen samen met verschillende  
rekenvaardigheden?**

<b>Elise Jenner</b>	<b>3690318</b>
<b>Hanna Jonker</b>	<b>3676722</b>
<b>Simone Klunder</b>	<b>3934713</b>
<b>Saskia Verstegen</b>	<b>3581373</b>

### Samenvatting

**Achtergrond:** Werkgeheugen blijkt een centrale rol te spelen bij rekenprestaties. In dit onderzoek is de samenhang tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen en rekenprestaties onderzocht. **Methode:** Data van 3484 basisschool leerlingen uit groep 5 tot en met groep 8 is geanalyseerd met behulp van stapsgewijze meervoudige regressie. Hierbij is gebruik gemaakt van Cito vaardigheidsscores, ruwe TTR scores, het Leeuwenspel voor visueel-ruimtelijk werkgeheugen en het Apenspel voor verbaal werkgeheugen. **Resultaten:** Het Leeuwenspel en Apenspel hangen significant samen met de Cito. Het Apenspel hangt significant samen met de TTR. Dit geldt voor zowel sterke als zwakke rekenaars. Ook blijkt dat het Apenspel een sterkere voorspeller wordt bij hogere leerjaren op de Cito en de TTR. **Conclusie:** Beide typen werkgeheugen hangen samen met contextuele rekenvaardigheden, maar alleen verbaal werkgeheugen hangt samen met geautomatiseerde rekenkennis. Over de jaren heen wordt het verbale werkgeheugen een sterkere voorspeller voor beide typen rekenkennis en voor zwakke rekenaars geldt dat dit type werkgeheugen geautomatiseerde rekenprestaties beter voorspelt dan het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. **Sleutelwoorden:** visueel-ruimtelijk werkgeheugen, verbaal werkgeheugen, rekenprestaties, automatisering, contextuele rekenkennis.

### Inleiding

Het werkgeheugen speelt een centrale rol bij de ontwikkeling van kinderen en begint vanaf het vierde levensjaar snel te ontwikkelen (Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004). Deze ontwikkeling is sterk gerelateerd aan het aanleren van rekenvaardigheden (Baddeley, 2003; Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesberg, & Van Luit, 2013; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Passolunghi & Siegel, 2001; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010). Ongeveer 5% tot 10% van de kinderen van het reguliere basisonderwijs heeft rekenproblemen, waarbij de ernst kan variëren van tijdelijke problemen tot ernstige, blijvende rekenproblemen (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Zo zou tussen de 2% en 3% van de leerlingen dyscalculie hebben (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2004). Meer kennis over de relatie tussen rekenprestaties en werkgeheugen kan leiden tot het ondervangen van rekenproblemen. Een oorzaak van deze problemen zou namelijk het werkgeheugen kunnen zijn (Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004). In de huidige studie zal de relatie tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen worden onderzocht met betrekking tot rekenprestaties.

Het werkgeheugen is een gecompliceerd systeem in de hersenen dat informatie opslaat, het actief bewerkt en andere cognitieve functies ondersteunt (Passer et al., 2009). Baddeley en Hitch (1974) delen het werkgeheugen op in vier componenten: de *phonological loop*, het *visuospatial sketchpad*, de *episodic buffer* en de *central executive*. De eerste drie componenten houden ieder afzonderlijk tijdelijk informatie vast. De

*phonological loop* houdt akoestische en verbale informatie vast. Het *visuospatial sketchpad* houdt visuele, spatiële en kinesthetische informatie vast (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006; Baddeley & Hitch, 1974). Van de *episodic buffer* wordt gedacht dat deze informatie vanuit verschillende modaliteiten (bv. verbaal, akoestisch en visueel) kan integreren. De *central executive* is een controlesysteem van bovenstaande componenten dat verantwoordelijk is voor het ophalen van, het reflecteren op en waar nodig het manipuleren of aanpassen van informatie (Baddeley, 2000). Het tijdelijk vasthouden van informatie zoals het onthouden van tussenstappen bij het uitrekenen van een som, kan een taak zijn van het werkgeheugen.

Alle hierboven genoemde componenten van het werkgeheugen zijn gerelateerd aan het verkrijgen van rekenkundige vaardigheden en kunnen rekenprestaties voorspellen (Ashcraft & Krause, 2007; Bull, Andrews Espy, & Wiebe, 2008; De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansiri, 2010; Friso-van den Bos et al., 2013; Holmes & Adams, 2006; Miller & Bichsel, 2004; Raghubar et al., 2010; Wilson & Swanson, 2001). Kinderen met rekenproblemen lijken een tekort te hebben in het vermogen om informatie in het werkgeheugen te manipuleren en vast te houden (Passolunghi & Siegel, 2004). De som: "Alan heeft vijf knikkers. Zijn zus geeft hem twee knikkers en zijn vriend geeft hem ook twee knikkers. Hoeveel knikkers heeft Alan?" kan moeilijk zijn door een tekort in het werkgeheugen (Swanson & Beebe-Frankenburger, 2004). Onderzoekers suggereren dat verbale aspecten van het werkgeheugen het sterkst correleren met rekenvaardigheid (Berg, 2008; Friso-van den Bos et al., 2013) hoewel andere onderzoekers suggereren dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen van groot belang is (Jarvis & Gathercole, 2003; Mammarella, Lucangeli & Cornoldi, 2010; Mayberry & Do, 2003; Reuhkala, 2010). Ook wordt gesuggereerd dat beide soorten werkgeheugen belangrijk zijn (Andersson & Lyxell, 2007; Geary, Hamson, & Heard, 2000; Kyttäla, Aunio, & Hautamäki, 2010; Meyer, Salimspoor, Wu, Geary, & Menon, 2009; Swanson & Sachse-Lee, 2001). Deze verschillen lijken echter ook afhankelijk te zijn van andere factoren zoals het soort rekentoets, leeftijd en het zijn van een zwakke of sterke rekenaar.

Zo worden veel rekenopgaven tegenwoordig in verhaalsommen gezet waarbij de som uit de context gehaald moet worden. Deze contextuele rekenkennis is vaak terug te vinden in curriculum testen en er lijkt een relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenprestaties te zijn op deze testen (Bull et al., 2008; Gathercole & Pickering, 2000; Reuhkala, 2010; Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier, & Jansen, 2013). Andere studies vinden een relatie tussen zowel visueel-ruimtelijk als verbaal werkgeheugen en rekenprestaties (Holmes & Adams, 2006; Meyer et al., 2010).

Andere testen doen een beroep op automatisering. Automatisering zorgt ervoor dat rekenfeiten snel en goed uit het geheugen opgeroepen kunnen worden (Van Luit & Ruijssenaars, 2004). Ook zorgt automatisering voor een grotere capaciteit van het

werkgeheugen om de informatie die nodig is vast te houden (De Smedt & Boets, 2010; D'Amico & Passolunghi, 2009). Het vele oefenen van rekensommen bevordert de automatisering (Ruijssenaars et al., 2004), waardoor sneller een verband tussen opgave en antwoord gelegd kan worden (Gathercole & Alloway, 2008). Wanneer de rekenkennis is geautomatiseerd, is het verbale werkgeheugen meer van belang (Fuchs et al., 2005). Een verminderde automatisering lijkt te liggen aan tekorten in het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (D'Amico & Guarnera, 2005; McKenzie, Bull, & Grey, 2003).

Bovendien blijken beide soorten werkgeheugen rekenprestaties te kunnen voorspellen op diverse leeftijden (Bull et al., 2008; Holmes & Adams, 2006). Jonge kinderen lijken meer op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen te vertrouwen en oudere kinderen lijken verbale strategieën te gebruiken (De Smedt et al., 2009; Holmes & Adams, 2006; Rasmussen & Bisanz, 2005). Kinderen gaan bijvoorbeeld van het tellen op de vingers (DeStefano & LeFevre, 2004) naar het verbale tellen (De Smedt et al., 2009) en complexere berekeningen (Fürst & Hitch, 2000) toe als ze ouder worden.

Verder heeft onderzoek uitgewezen dat het werkgeheugen bij zwakke rekenaars slechter functioneert dan bij sterke rekenaars (Swanson & Beebe-Frankenburg, 2004; Swanson & Jerman, 2006). Bevindingen zijn echter tegenstrijdig: Er is zowel gevonden dat het verbaal werkgeheugen de grootste rol speelt bij de problemen met rekenen (Swanson & Jerman, 2006) als dat zwakke rekenaars in de adolescentie veel lager scoren op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Swanson, 2012). Mogelijke verklaringen hiervoor zouden kunnen zijn dat er iets mis gaat in de vroege ontwikkeling van het werkgeheugen, waardoor de overgang van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen naar het verbaal werkgeheugen minder goed gemaakt wordt (Holmes & Adams, 2006).

Uit de literatuur blijkt dus dat zowel visueel-ruimtelijk als verbaal werkgeheugen samenhangt met rekenvaardigheden. Er zijn echter verschillen met leeftijd: Jonge kinderen maken meer gebruik van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en oudere kinderen juist van beide soorten werkgeheugen. Verder zouden bij zwakke rekenaars zowel het verbaal als het visueel-ruimtelijk werkgeheugen minder goed werken. Onderzoek naar de samenhang van verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen heeft uiteenlopende resultaten opgeleverd. Het huidige onderzoek draagt bij aan de kennis over werkgeheugen en rekenprestaties en zorgt voor een duidelijker beeld over welk type werkgeheugen belangrijk is in verschillende contexten.

De probleemstelling van de huidige studie is: Hoe hangen verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen samen met verschillende rekenvaardigheden? Dit zal onderzocht worden met behulp van vier onderzoeksvragen. Ten eerste het verschil in samenhang tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen met contextuele rekenvaardigheden. Ten tweede het verschil in samenhang tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen met geautomatiseerde rekenkennis. Ten derde het verschil in de

samenhang tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen over de leerjaren vijf tot en met acht met betrekking tot beide soorten rekenkennis. Tot slot, of de samenhang tussen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen verschilt voor sterke en zwakke rekenaars met betrekking tot beide soorten rekenkennis.

### **Methode**

De probleemstelling en de onderzoeksvragen worden beantwoord met behulp van toetsend onderzoek. Hieruit volgen de volgende hypothesen: 1) Visueel-ruimtelijk werkgeheugen zal sterker samenhangen met contextuele rekenprestaties dan het verbale werkgeheugen. 2) Verbaal werkgeheugen zal sterker samenhangen met geautomatiseerde rekenkennis dan het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. 3) Op jonge leeftijd hangt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen sterker samen met de rekenprestaties, op oudere leeftijd het verbale werkgeheugen. 4) Bij zwakke rekenaars spelen zowel het visueel-ruimtelijk als het verbaal werkgeheugen een grotere rol dan bij sterke rekenaars bij de rekenprestaties.

### **Participanten**

Voor dit onderzoek zijn proefpersonen gebruikt uit een bestaande groep van proefpersonen van het project 'Gedifferentieerd Rekenonderwijs'. De doelstelling van dit project is het verbeteren van het Nederlandse rekenonderwijs op basisscholen. Uit 70 aanmeldingen zijn 32 scholen in het traject opgenomen, die allen een aanmeldformulier hebben ingevuld. Deelname aan het onderzoek is op vrijwillige basis. Wanneer respondenten niet wensten deel te nemen konden zij dit aangeven. Daarnaast zijn de proefpersonen geanonimiseerd om de privacy te waarborgen. Dit onderzoek is niet belastend voor kinderen of leerkrachten aangezien alle testen onder schooltijd zijn afgenomen. Ter compensatie voor medewerking aan het onderzoek krijgen alle leraren uit het project een nascholingstraject aangeboden en worden de scores van de TTR beschikbaar gesteld.

Voor dit onderzoek worden de data van alle proefpersonen van groep 5 tot en met 8 gebruikt van de 32 participerende scholen. De selecte steekproef betreft 3484 proefpersonen, waarvan 1738 jongens en 1748 meisjes. Het aantal kinderen per leerjaar is respectievelijk 851, 861, 854 en 918. De kinderen zijn verdeeld over 145 klassen.

### **Meetinstrumenten**

**Contextuele rekenprestaties.** De Cito rekentoets wordt gebruikt om de voortgang van de rekenvaardigheden van basisschoolkinderen in kaart te brengen (Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2005). De Cito wordt in het midden en aan het eind van het schooljaar afgenomen. De leerlingen doorlopen vijf domeinen; a) nummers op de getallenlijn, b) optellen en aftrekken, c) vermenigvuldigen en delen (bv. 'Wilma en haar twee zussen verdelen € 8,85. Hoeveel krijgt ieder?'; Van de Craats, 2008), d) complexe wiskundige toepassingen en e) meten. Het aantal opgaven ligt rond de 75 (Van Zanten,

2009). De betrouwbaarheidscoëfficiënt van de verschillende versies loopt van  $\alpha = .91$  tot  $\alpha = .97$  (Janssen, Verhelst, Engelen, & Scheltens, 2010). De betrouwbaarheid van de Cito is door de COTAN als goed beoordeeld en de begripsvaliditeit als voldoende (Egberink, Vermeulen, & Frima, 2009-2014). Voor het huidige onderzoek worden de vaardigheidsscores gebruikt. Deze scores geven aan hoe een leerling scoort ten opzichte van andere leerlingen en of er vooruitgang is geboekt (Cito, 2012).

**Geautomatiseerde rekenkennis.** Met de Tempo Test rekenen (TTR; De Vos, 1992) kan de mate van automatisering van rekenkennis onderzocht worden. Het gaat hierbij om optellen, aftrekken, delen en vermenigvuldigen tot 100 (bv. '17-4=...'). De test bestaat uit vijf kolommen van ieder 40 sommen, met een getimede afname van één minuut per kolom. Elke kolom heeft één soort bewerking, behalve de laatste kolom, die een mix is. Hoe hoger de score is die het kind haalt, des te beter de rekenkennis is geautomatiseerd (De Vos, 1992). De betrouwbaarheid en begripsvaliditeit van de TTR is door de COTAN niet beoordeeld (Egberink et al., 2009-2014). Voor het huidige onderzoek wordt de totaalscore van het totaal aantal goede antwoorden gebruikt.

**Verbaal werkgeheugen.** Het Apenspel is een verbale 'word recall backwards' computertaak en is speciaal ontwikkeld voor het overkoepelende project. Bij elk item krijgen kinderen een aantal woorden te horen. Deze woorden moeten daarna in omgekeerde volgorde in een 3x3 matrix op het scherm aangetikt worden. Per level moeten kinderen steeds meer woorden onthouden: van twee woorden bij level 1 tot zes woorden bij level 5 (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast, & Van Luit, unpublished work). De interne consistentie voor het Apenspel is  $\alpha = .89$ . Voor de huidige analyse worden de proportie correct scores gebruikt. Hoe meer woorden de kinderen kunnen onthouden, hoe hoger de score en beter het verbaal werkgeheugen.

**Visueel-ruimtelijk werkgeheugen.** Het Leeuwenspel is een visueel-ruimtelijke updating taak, eveneens speciaal ontwikkeld voor het overkoepelende project. Bij elk item zien kinderen acht leeuwen op het beeldscherm in verschillende kleuren. Kinderen moeten de laatste locatie (in een 4x4 matrix) van een bepaalde kleur leeuw onthouden. De taak wordt moeilijker, doordat kinderen steeds meer kleuren moeten onthouden: van één kleur leeuw tot vijf kleuren leeuwen. Hoe meer leeuwen de kinderen onthouden, hoe beter het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. De interne consistentie van het Leeuwenspel is  $\alpha = .86$ . De test-hertestbetrouwbaarheid is  $\rho = .70$  voor de gemiddelde scores en  $\rho = .71$  voor de absolute scores (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast, & Van Luit, 2013). De correlatie tussen het Leeuwenspel en het Apenspel is  $\rho = .52$  ( $p < .001$ ). Van deze taak worden eveneens de proportie correct scores gebruikt.

### **Procedure**

Voor het huidige onderzoek zijn resultaten van het project Gedifferentieerd Rekenonderwijs opgevraagd. Het Leeuwenspel is gemeten aan het begin van het

schooljaar (sept-okt) en het Apenspel in het midden van het schooljaar (jan-febr). De Cito toets is afgenomen aan het einde van het voorgaande schooljaar (jun-jul) en midden van het schooljaar en de TTR aan het begin en in het midden van het schooljaar.

Alle testen zijn afgenomen tijdens schooltijd door de eigen leraar van het kind. De duur van de afname verschilt per test. Zo is de afname van de Cito toets een onderdeel van het reguliere onderwijs en neemt het geen extra tijd in beslag voor de leerlingen en leraren. De gehele TTR kan binnen tien minuten afgenomen worden. Bij zowel het Apenspel als het Leeuwenspel nemen de afnamen ongeveer vijftien minuten in beslag.

## Resultaten

### Data-analyse

Alle onderzoeksvragen zijn geanalyseerd aan de hand van stapsgewijze meervoudige regressies. De Cito en het leerjaar zijn van interval meetniveau, de andere variabelen zijn van ratio meetniveau. De analyses zijn uitgevoerd met tweezijdige toetsing met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een alpha van .05.

Voor onderzoeksvraag 1, betreffende het werkgeheugen en contextuele rekenprestaties, en onderzoeksvraag 2, betreffende het werkgeheugen en de automatiserende rekenprestaties, zijn vergelijkbare stappen ondernomen. Stapsgewijs zijn het leerjaar, het Leeuwenspel en het Apenspel, en de Cito NuIM/TTR VM als onafhankelijke variabele toegevoegd aan de meervoudige regressie. Deze zijn vergeleken met de afhankelijke variabele respectievelijk Cito TM en TTR TM. Voor onderzoeksvraag 3, betreffende werkgeheugen en rekenprestaties met betrekking tot leerjaar, zijn twee regressies uitgevoerd. Er is apart getoetst met de vaardigheidsscores van de Cito TM en de ruwe totaalscores van de TTR TM als afhankelijke variabelen. De onafhankelijke variabelen zijn het leerjaar en het Leeuwenspel en Apenspel. Bij de meervoudige regressies voor onderzoeksvraag 4 worden stapsgewijs het leerjaar, en het Leeuwenspel en het Apenspel toegevoegd. Bij de hypothese zijn de twee soorten werkgeheugen en leerjaar de onafhankelijke variabelen en de prestaties op de Cito TM en TTR TM de afhankelijke variabelen. Hierbij zijn tevens de leerlingen ingedeeld in groepen waarbij bij de Cito de A scores tot de sterke rekenaars behoren en de D en E scores tot de zwakke rekenaars. Op de TTR zijn de kinderen op basis van de mediaan geselecteerd die dertien maanden voor- of zeven maanden achterlopen.

Om te zien of er verschillen zijn tussen en/of binnen regressies zijn regressiecoëfficiënten met elkaar vergeleken bij elke onderzoeksvraag. Dit is gedaan met behulp van een calculator die onafhankelijke correlaties met elkaar vergelijkt op basis van Fisher r-naar-z transformatie en deze z-waarden vervolgens met elkaar vergelijkt op basis van de steekproefgrootte (Hoerger, 2013; Preacher, 2003).

Van 9 leerlingen is het leerjaar niet bekend, zij zijn niet meegenomen in verdere analyses. Bij de overige deelnemende 3484 leerlingen zijn, bij alle variabelen, een aantal

ontbrekende waarden. Bij het Leeuwenspel betreft het 405 leerlingen en bij het Apenspel 702. Bij de TTR VM en TTR TM is dit respectievelijk 320 en 234. Bij de Cito NulM en Cito TM zijn dit 657 en 516 leerlingen. De ontbrekende waarden zijn ingevuld met de gemiddelde scores van alle kinderen op de betreffende variabelen<sup>1</sup>.

De assumptie van de normaalverdeling is gecontroleerd door een histogram met normaal curve te bekijken en de 'Skewness en 'Kurtosis' te controleren. De resultaten van het Leeuwenspel en het Apenspel zijn niet normaal verdeeld, maar rechtsscheef. Field (2009) geeft aan dat bij een grote steekproef te verwachten is dat deze waarden afwijken. Een grote steekproef is gevoeliger voor kleine afwijkingen waardoor er snel sprake is van een afwijking van de normaalverdeling. De scores van het Leeuwenspel en het Apenspel zijn daarom wel meegenomen in de analyses, ondanks dat zij niet normaal verdeeld zijn. Met de functie 'mahalanobis distances' worden de multivariate outliers gecontroleerd en uit de dataset gehaald. Ook de univariate outliers die meer dan 2 standaarddeviaties afwijken van het gemiddelde zijn niet meegenomen in de analyse. De outliers zijn te vinden in bijlage A. Tevens blijkt dat de variabelen voldoen aan de overige assumpties: onafhankelijke observaties, lineariteit en homoscedasticiteit. Dit is gecontroleerd met respectievelijk Durbin-Watson en scatterplots.

## Resultaten

**Werkgeheugen taken en Cito.** In bijlage B tabel B1 zijn de beschrijvende statistieken weergegeven met betrekking tot de samenhang tussen werkgeheugen en Cito.

Uit de analyse komt naar voren dat leerjaar 41.4% van de variantie op de Cito vaardigheidsscores TM verklaart ( $F(1, 3478) = 2456.29, p < .001$ ). Door het toevoegen van het Leeuwenspel en het Apenspel in het model stijgt de variantie naar 48.8% ( $R = .70, F(3, 3475) = 1102.47, p < .001$ ), een stijging van 4.1% door het Leeuwenspel en het Apenspel ( $\Delta F(2, 3475) = 249.80, p < .001$ ). Het verschil tussen deze drie onafhankelijke variabelen met betrekking tot het verklaren van de variantie is significant ( $Z_H = 22.61, p < .001$ ). Tot slot blijkt dat toevoegen van de Cito NulM de verklaarde variantie laat stijgen tot 67.2% ( $R = .82, F(4, 3474) = 1785.07, p < .001$ ), een stijging van 18.5% door de Cito NulM ( $\Delta F(1, 3474) = 1964.30, p < .001$ ).

In bijlage B tabel B2 is een overzicht te vinden van de regressiecoëfficiënten. Hieruit komt naar voren dat alle toegevoegde voorspellers een significante toevoeging zijn aan het model ( $p < .001$ ). Alle variabelen laten een positieve samenhang zien tussen de onafhankelijke variabelen en de vaardigheidsscore op de Cito TM.

**Werkgeheugen taken en TTR.** In bijlage C tabel C1 zijn de beschrijvende statistieken weergegeven met betrekking tot de samenhang tussen werkgeheugen en TTR.

---

<sup>1</sup> Door technische problemen in SPSS kon *multiple imputations* niet gebruikt worden. Voor een betrouwbare weergave was gekozen voor 5 imputations en de *pooled variance* bij de analyse.



Uit de analyse komt naar voren dat 31.1% van de variantie in scores op de TTR TM (zie tabel C2 in bijlage C) verklaard kan worden door het leerjaar waarin de leerlingen zitten ( $R = .56$ ;  $F(1, 3367) = 1516.32$ ,  $p < .001$ ). Door toevoeging van het Leeuwenspel en Apenspel wordt 34.5% van de variantie verklaard ( $R = .59$ ;  $F(3, 3367) = 591.67$ ), een stijging van 3.5% door het Leeuwenspel en het Apenspel ( $\Delta F(2, 3363) = 89.47$ ,  $p < .001$ ). Het verschil tussen deze drie onafhankelijke variabelen met betrekking tot het verklaren van de variantie is significant ( $Z_H = 19.87$ ,  $p < .001$ ). Tot slot wordt de TTR VM toegevoegd, waardoor de variantie stijgt naar 76.1% ( $R = .87$ ;  $F(4, 3367) = 2682.31$ ), dit is een stijging van 41.6% ( $\Delta F(1, 3362) = 5861.23$ ,  $p < .001$ ). Door het toevoegen van de scores op de TTR VM laat alleen het Leeuwenspel geen significante samenhang met de scores op de TTR TM meer zien.

**Verschillen per leerjaar.** In bijlage D tabel D1 staan de beschrijvende statistieken voor werkgeheugen, rekenprestaties en verschillen per leerjaar. De resultaten van de regressie analyses zijn te vinden in de bijlage D tabel D2. Wat gezien kan worden is dat in alle leerjaren zowel het Leeuwenspel als het Apenspel significante voorspellers zijn voor zowel de Cito en de TTR (alle  $p$ 's  $< .001$ ).

Alleen de regressiecoëfficiënten van jaar 5 en jaar 8 zijn met elkaar vergeleken, omdat hiertussen de grootste verschillen verwacht worden. Voor de Cito geldt dat leerjaar 5 niet significant verschilt van leerjaar 8 wat betreft de relatie met het Leeuwenspel ( $z = 1.45$ ,  $p > .05$ ) maar wel wat betreft het Apenspel ( $z = -2.04$ ,  $p < .05$ ). Het Apenspel voorspelt de Cito prestaties beter in leerjaar 8 dan in leerjaar 5. Voor de TTR scores verschillen zowel de scores van het Leeuwenspel ( $z = 2.98$ ,  $p < .01$ ) als van het Apenspel ( $z = -2.17$ ,  $p < .05$ ) significant tussen leerjaar 5 en 8. De voorspellende waarde van het Leeuwenspel neemt af tussen leerjaar 5 en 8, die van het Apenspel neemt toe. Ook is gekeken of de voorspellende waarde van het Leeuwenspel en het Apenspel binnen een jaar significant verschilt van elkaar. De resultaten hiervan zijn te vinden in tabel D3 in bijlage D. Voor de Cito is er in leerjaar 5 geen verschil gevonden tussen de voorspellende waarde van het Leeuwenspel en het Apenspel ( $p > .05$ ), maar in de hogere jaren wel ( $p < .01$ ). Daar is het Apenspel een significant betere voorspeller dan het Leeuwenspel. Voor de TTR is er pas een verschil vanaf jaar 7 ( $p < .05$ ). Ook voor deze toets is het Apenspel een betere voorspeller in de hogere jaren.

**Verschillen tussen sterke en zwakke rekenaars.** In bijlage E tabel E1 staan de beschrijvende statistieken voor de sterke en zwakke rekenaars op de Cito en de TTR.

Uit de analyse op de Cito komt naar voren dat bij sterke rekenaars de totale verklaarde variantie van het model 68.1% is ( $F(2, 967) = 18.93$ ,  $p < .001$ ), waarbij leerjaar 66.9% voorspelt en de werkgeheugentaken 1.2%. Bij de zwakke rekenaars blijkt dat de totale verklaarde variantie van het model 74.7% is ( $F(2, 340) = 11.62$ ,  $p < .001$ ), waarbij het leerjaar 73.2% voorspelt en de werkgeheugentaken 1.7%. Er is

gevonden dat de voorspellers in het model significant rekenprestaties op de Cito voorspellen en dat er sprake is van een positieve samenhang (Zie tabel E2).

Uit de analyse voor de TTR komt naar voren dat bij sterke rekenaars de totale verklaarde variantie van het model 49.6% is ( $F(2, 1089) = 12.33, p < .001$ ), waarbij leerjaar 48.4% voorspelt en de werkgeheugentaken 1.1%. Bij de zwakke rekenaars blijkt dat de totale verklaarde variante van het model is 71.4 % ( $F(2, 784) = 15.06, p < .001$ ), waarbij leerjaar 70.3% voorspelt en de werkgeheugentaken 1.1%. Voor de sterke rekenaars zijn alle voorspellers significant voor rekenprestaties op de TTR. Voor de zwakke rekenaars zijn leerjaar en het Apenspel significante voorspellers, maar het Leeuwenspel niet. Zowel voor zwakke als voor sterke rekenaars is er sprake van een positieve samenhang (zie tabel E2).

De regressie coëfficiënten zijn toegepast om te kijken of er een significant verschil was tussen de groepen in de mate waarin de rekenprestaties worden voorspeld. Voor de Cito geldt dat de sterke rekenaars significant van de zwakke rekenaars verschillen wat betreft de relatie met leerjaar en beide werkgeheugentaken ( $z = -2.30, p < .05$ ). Hierbij zou het model een betere voorspeller zijn voor de zwakke rekenaars. Voor de TTR geldt dat sterke rekenaars significant verschillen van de zwakke rekenaars wat betreft de relatie met leerjaar en beide werkgeheugentaken ( $z = -7.76, p < .001$ ). Hierbij zou het model een betere voorspeller zijn voor zwakke rekenaars. Wanneer naar de onderlinge regressiecoëfficiënten gekeken wordt is er vooral een verschil te zien bij de zwakke rekenaars op de TTR. Leerjaar speelt hier een grotere rol voor zwakke rekenaars. Ook speelt het Apenspel bij zwakke rekenaars op de TTR een grotere rol dan het Leeuwenspel.

### **Conclusie**

Het doel van het huidig onderzoek was de kennis wat betreft de relatie tussen werkgeheugen en rekenprestaties uit te breiden. De onderzoeksvraag die hiervoor centraal stond was: 'hoe hangen verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen samen met verschillende rekenvaardigheden?'

De belangrijkste resultaten die zijn gevonden zijn dat zowel visueel-ruimtelijk werkgeheugen als verbaal werkgeheugen significant samenhangen met contextuele rekenprestaties, maar dat voor geautomatiseerde rekenkennis alleen het verbale werkgeheugen een goede voorspeller is. Voor contextuele rekenprestaties geldt wel dat het verbale werkgeheugen iets sterker samenhangt dan het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. De gevonden samenhang is overeenkomstig met eerder onderzoek (Berg, 2008; Friso-van den Bos et al., 2013). Uit andere onderzoeken bleek echter dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen belangrijker is (bv. Mammarella et al., 2010). De samenhang van verbaal werkgeheugen met geautomatiseerde rekenkennis, wijst erop dat de kennis geautomatiseerd is (Fuchs et al., 2005). Uit het huidig onderzoek blijkt

daarnaast dat beide soorten rekenprestaties het best voorspeld kunnen worden door rekenprestaties op een eerder moment, wat wijst op groei.

Een ander resultaat is dat het verbale werkgeheugen een steeds belangrijkere voorspeller wordt voor rekenprestaties over de leerjaren. Dit is in overeenkomst met eerdere onderzoeken (bv. De Smedt et al., 2009). Voor de geautomatiseerde rekenprestaties neemt de voorspellende waarde van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen significant af, wat lijkt te wijzen op een verandering in strategiekeuze. Voor contextuele rekenprestaties lijkt vanaf leerjaar 6 het verbale werkgeheugen een betere voorspeller te zijn dan visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Voor geautomatiseerde rekenkennis is dit verschil pas vanaf leerjaar 7 duidelijk. Dit zou kunnen komen doordat de kennis nog niet volledig is geautomatiseerd (Fuchs et al., 2005).

Ten slotte is gevonden dat de relatie tussen het verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen verschilt voor sterke en zwakke rekenaars: contextuele rekenprestaties worden beter verklaard door beide typen werkgeheugen bij zwakke rekenaars dan bij sterke rekenaars. Voor zwakke rekenaars wordt geautomatiseerde kennis enkel voorspeld door verbaal werkgeheugen en niet door visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Zwakke rekenaars scoren significant lager op werkgeheugen taken. Met name het zwakkere verbale werkgeheugen lijkt dus gerelateerd te zijn aan mindere rekenprestaties. Dit is in overeenstemming met Swanson en Jerman (2006).

Het blijkt dus dat beide typen werkgeheugen samenhangen met contextuele rekenvaardigheden, maar geautomatiseerde rekenkennis hangt alleen samen met verbaal werkgeheugen. Over de jaren heen wordt het verbale werkgeheugen een sterkere voorspeller voor beide typen kennis en voor zwakke rekenaars geldt dat dit type werkgeheugen de geautomatiseerde rekenprestaties beter voorspelt.

### **Discussie**

Een van de sterke punten van dit onderzoek is dat het een grote steekproef betreft, die representatief is voor veel basisscholen in Nederland. Het project bestaat uit scholen verspreid over Nederland en uit zowel steden als dorpen. De scholen geven verschillende typen onderwijs en hebben verschillende, al dan niet religieuze, achtergronden. De gevonden resultaten kunnen dus gegeneraliseerd worden. Ten tweede was het onderzoek van belang gezien het hoge percentage van kinderen met rekenproblemen. Het huidig onderzoek is daar een aanvulling op geweest; met de gevonden resultaten kan mogelijk het onderwijs worden aangepast. Zoals Kroesbergen en Van Luit (2003) al aangaven kan kennis over het werkgeheugen in samenhang met rekenprestaties helpen kinderen beter te ondersteunen in het rekenen. Ten derde is de betrouwbaarheid van de Cito als goed beoordeeld door de COTAN. De TTR, het Leeuwenspel en Apenspel zijn echter niet beoordeeld. Hiermee is de betrouwbaarheid

gedeeltelijk gewaarborgd. Tot slot is het onderzoek niet belastend geweest voor de deelnemers, aangezien alle testen onder schooltijd zijn afgenomen.

Er zijn echter enkele methodische kanttekeningen te maken. De scores op het Leeuwenspel en het Apenspel zijn niet normaal verdeeld, maar wel gebruikt in analyses. Hiervoor is gekozen door de grote van de steekproef (Field, 2009). Daarnaast zijn het visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen niet op hetzelfde moment gemeten. Dit kan de sterkere rol van het verbale werkgeheugen deels verklaren. Voor deze studie was het niet mogelijk de ontbrekende waarden te imputeren, vanwege technische problemen. Er is gekozen om de ontbrekende waarden te vervangen door het gemiddelde van de variabele, wat de resultaten enigszins vertekend kan hebben.

Tevens zijn er nog algemene kanttekeningen, zoals de vraag of de Cito en TTR daadwerkelijk respectievelijk contextuele en geautomatiseerde rekenkennis meten. Voor het Leeuwenspel en het Apenspel kan soortgelijk afgevraagd worden of deze testen visueel-ruimtelijk en verbaal werkgeheugen meten, ondanks de onderlinge correlatie.

#### **Aanbevelingen toekomstig onderzoek**

Verder onderzoek moet kijken naar hoe het verbale werkgeheugen het best getraind kan worden zodat rekenprestaties hiervan kunnen profiteren. Er is al aangetoond dat trainen van het werkgeheugen op jonge leeftijd vroege rekenprestaties kan verbeteren (Kroesbergen, Van 't Noordende, & Kolkman, 2014). Nu dient gekeken te worden of dit ook effect heeft op latere leeftijd en of het mogelijk is om het werkgeheugen op latere leeftijd te trainen. Meerdere onderzoeken hebben aangetoond dat het werkgeheugen bij volwassenen getraind kan worden (Klingberg, 2010), maar het is nog niet bekend of dit ook werkt bij oudere kinderen op de basisschool.

#### **Literatuur**

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968
- Andersson, U. & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228. doi:10.1016/j.jecp.2006.10.001
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14, 243-248. doi:10.3758/BF03194059
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208. doi:10.1016/S0021-9924(03)00019-4

- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation* (pp. 47–89). New York: Academic Press.
- Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 288-308. doi: 10.1016/j.jecp.2007.12.002
- Bull, R., Andrews Espy, K., & 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. doi: 10.1080/87565640801982312
- Cito (2012). *Toetsscore, vaardigheidsscore... en dan?* Verkregen van: [www.cito.nl/~/..../cito\\_toetsscore\\_vaardigheidsscore\\_en\\_dan.ashx](http://www.cito.nl/~/..../cito_toetsscore_vaardigheidsscore_en_dan.ashx)
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences, 15*, 189-202. doi: 10.1016/j.lindif.2005.01.002
- D'Amico, A., & Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 19*, 170-180. doi: 10.1016/j.lindif.2009.01.001
- DeStefano, D., & LeFevre, J. A. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 353-386. doi: 10.1080/09541440244000328
- De Smedt, B. & Boets, B. (2010). Phonological processing and arithmetic fact retrieval: Evidence from developmental dyslexia. *Neuropsychologia, 48*, 3973-3981. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.10.018
- 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. doi: 10.1016/j.jecp.2009.01.004
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science, 13*, 508-520. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x
- De Vos, T. (1992). *Handleiding Tempo-Test-Rekenen* (2e druk). Lisse: Swets Test Publishers.
- Egberink, I. J. L., Vermeulen, C. S. M., & Frima, R. M. (2009-2014). *COTAN Documentatie* ([www.cotandocumentatie.nl](http://www.cotandocumentatie.nl)). Amsterdam: Boom test uitgevers.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics usings SPSS. Third edition*. London: Sage publications.
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-

- analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44.  
doi: 10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, 97, 493-513.  
doi: 10.1037/0022-0663.97.3.493
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28, 774-782. doi: 10.3758/BF03198412
- Gathercole, S. & Alloway, T. P. (2008). *Working Memory and Learning. A Practical Guide for Teachers*. Los Angeles: Sage Publications.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92, 377-390.  
doi: 10.1037//0022-0663.92.2.377
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177-190. doi: 10.1037/0012-1649.40.2.177
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18, 1-16.  
doi: 10.1002/acp.934
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.  
doi: 10.1006/jecp.2000.2561
- Geary, D., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121-151. doi: 10.1016/j.jecp.2004.03.002
- Hoerger, M. (2013). ZH: An updated version of Steiger's Z and web-based calculator for testing the statistical significance of the difference between dependent correlations. Retrieved from  
[http://www.psychmike.com/dependent\\_correlations.php](http://www.psychmike.com/dependent_correlations.php)
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 20, 573-591. doi: 10.1080/01443410500341056
- Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J. M. (2005). *Leerling- en onderwijsvolgsysteem rekenen-wiskunde*. Arnhem, Netherlands: Cito.

- Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). *Wetenschappelijke verantwoording van de toetsen LOVS rekenen-wiskunde voor groep 3 tot en met 8*. Arnhem, Netherlands: Cito.
- Jarvis, H. L., & Gathercole, S. E. (2003). Verbal and non-verbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology, 20*, 123-140. Verkregen van: <http://psycnet.apa.org.proxy.library.uu.nl/psycinfo/2004-11157-008>
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Science, 14*, 317-324. doi:10.1016/j.tics.2010.05.002
- Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs: A meta-analysis. *Remedial and Special Education, 24*, 97-114, doi:10.1177 /07419325030240020501
- Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2014). Training working memory in kindergarden children: Effect on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence, 20*, 23-37. doi:10.1080/09297049.2012.736483
- Kyttälä, M., Aunio, P., & Hautamäki, A. J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology, 51*, 1-15. doi:10.1111/j.1467-9450.2009.00736.x
- Mammarella, I. C., Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (2010). Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 43*, 455-468. doi:10.1177/0022219409355482
- Mayberry, M. T., & Do, N. (2003). Relationships between facets of working memory and performance on a curriculum-based mathematics test in children. *Educational and Child Psychology, 20*, 77-92. Verkregen van: <http://psycnet.apa.org.proxy.library.uu.nl/psycinfo/2004-11157-008>
- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visuospatial interference on children's arithmetical performance. *Educational Psychology, 20*, 93-108. Verkregen van: <http://psycnet.apa.org.proxy.library.uu.nl/psycinfo/2004-11157-008>
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2009). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences, 20*, 101-109. doi:10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Miller, H., & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender and math performance. *Personality and Individual Differences, 37*, 591-606. doi:10.1016/j.paid.2003.09.029

- Passer, M., Smith, R., Holt, N., Bremner, A., Sutherland, E., & Vliek, M. (2009). *Psychology: The science of mind and behaviour*. Berkshire: McGraw-Hill Higher Education
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology, 80*, 44-57. doi: 10.1006/jecp.2000.2626
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 348-367. doi: 10.1016/j.jecp.2004.04.002
- Preacher, K. J. (2002, May). Calculation for the test of the difference between two independent correlation coefficients [Computer software]. Available from <http://quantpsy.org>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*, 110-122. doi: 10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 137-157. doi: 10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Reuhkala, M. (2001). Mathematical Skills in ninth-graders: Relationship with visuo-spatial abilities and working memory. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology, 21*, 387-399. doi: 10.1080/01443410120090786
- Ruijsenaars, A., van Luit, J., & van Lieshout, E. (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research, 76*, 294-274. doi: 10.3102/00346543076002249
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 294-321. doi: 10.1006/jecp.2000.2587
- Swanson, H. L. (2012). Cognitive profile of adolescents with math disabilities: Are the profiles different from those with reading disabilities? *Child Neuropsychology, 18*, 125-143. doi: 10.1080/09297049.2011.589377
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenburger M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for



- serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96, 471-491.  
doi:10.1037/0022-0663.96.3.471
- Van de Craats, J. (2008). *Waarom Daan en Sanne niet kunnen rekenen: Zwartboek Rekenonderwijs*. Verkregen van:  
<http://www.beteronderwijsnederland.nl/files/zwartboek.pdf>
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & van Luit, J. E. H. (2013). Validity and reliability of an online visual-spatial working memory task for self-reliant administration in school-aged children.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & van Luit, J. E. H. (Unpublished work). Validation of a computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children.
- Van der Ven, S. H. G., van der Maas, H. L. J., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. J. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, 27(0), 182-192.  
doi:10.1016/j.lindif.2013.09.003
- Van Luit, J. E. H., & Ruijsenaars, A. (2004). Dyscalculie, zin en onzin. *Panama-Post. Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 23, 3-8. Verkregen van: [www.dyscalculie.org/pictures/zin\\_onzin\\_dyscalculie.pdf](http://www.dyscalculie.org/pictures/zin_onzin_dyscalculie.pdf)
- Van Zanten, M. (2009). *Leren van evalueren, de lerende in beeld bij reken-wiskundeonderwijs*. Utrecht: Freudenthal Instituut.
- Wilson, K. M., & Swanson, H. L. (2001). Are mathematics disabilities due to a domain-general or a domain-specific working memory deficit? *Journal of Learning Disabilities*, 34, 237-248. doi:10.1177/002221940103400304

**Bijlage A. Outliers voor de verschillende onderzoeksvragen**

*Tabel 1*  
*multivariate en univariate outliers per onderzoeksvraag*

	Multivariate outliers		Univariate outliers	
	Sterk	Zwak	Sterk	Zwak
Onderzoeksvraag 1	5		188	
Onderzoeksvraag 2	117		176	
Onderzoeksvraag 3	180		148	
Onderzoeksvraag 4	Sterk	Zwak	Sterk	Zwak
Cito	0	0	47	14
TTR	12	19	52	25

**Bijlage B. Tabellen bij onderzoekvraag 1**

Tabel B1

*Beschrijvende statistiek van de variabelen*

Leerjaar	Cito NuIM				Cito TM			
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	<i>range</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	<i>range</i>
5	851	67.92	15.63	17 - 108	851	77.24	15.62	23 - 123
6	861	80.00	15.03	7 - 132	861	87.86	12.92	32 - 150
7	849	90.08	13.60	28 - 143	849	99.90	11.51	62 - 151
8	918	99.28	14.32	46 - 140	918	107.82	14.87	29 - 154
Totaal	3479	84.60	18.11	7 - 143	3479	93.47	18.76	23 - 154

  

Leerjaar	Leeuwenspel (V-R)				Apenspel (VB)			
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	<i>range</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	<i>range</i>
5	851	.66	.16	.04 - .98	851	.52	.13	.04 - .86
6	861	.71	.14	.03 - .98	861	.56	.11	.08 - .87
7	849	.74	.13	.10 - .99	849	.58	.12	.06 - .91
8	918	.77	.12	.10 - 1.00	918	.58	.12	.06 - .91
Totaal	3479	.72	.14	.03 - 1.00	3479	.57	.12	.04 - .94

*Noot.* *m* = gemiddelde, *SD* = standaarddeviatie

Tabel B2

*Regressie coëfficiënten voor de voorspelling op de Cito TM.*

	<i>B</i>	SE <i>B</i>	$\beta$	BI (95%)
Model 1				
Constante	25.86***	1.38		[23.14, 28.57]
Leerjaar	10.36***	0.21	.64	[9.95, 10.77]
Model 2				
Constante	5.31**	1.60		[2.16, 8.45]
Leerjaar	8.96***	0.21	.56	[8.56, 9.36]
Leeuwenspel (VR)	15.61***	1.66	.12	[12.35, 18.86]
Apenspel (VB)	32.37***	1.94	.22	[28.57, 36.17]
Model 3				
Constante	5.43***	1.28		[2.92, 7.95]
Leerjaar	3.85***	0.20	.24	[3.46, 4.25]
Leeuwenspel (VR)	7.78***	1.34	.06	[5.15, 10.41]
Apenspel (VB)	18.57***	1.58	.13	[15.47, 21.67]
Cito NuIM	0.55***	0.01	.57	[0.53, 0.58]

*Noot:* *n* = 3479, BI = betrouwbaarheidsinterval. \*\**p* = .001 \*\*\* *p* < .001.

**Bijlage C. Tabellen behorende bij onderzoekvraag 2**

Tabel C1

*Beschrijvende statistieken van de variabelen.*

Leerjaar	TTR voormeting				TTR tussenmeting			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	range	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range
5	851	75.41	21.40	16-146	851	84.94	22.28	27-155
6	800	91.18	22.43	14-164	800	99.53	23.72	26-163
7	798	106.37	24.00	20-188	798	114.32	25.06	36-192
8	918	120.73	25.11	49-193	918	127.34	25.18	43-196
Totaal	3367	98.85	28.99	14-193	3367	106.93	29.02	26-196

  

Leerjaar	Leeuwenspel				Apenspel			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	range	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range
5	851	.66	.16	.04-.98	851	.52	.13	.04-.86
6	800	.71	.15	.03-.98	800	.56	.12	.08-.87
7	798	.74	.13	.10-.99	798	.58	.13	.06-.91
8	918	.77	.12	.10-1.00	918	.61	.11	.06-.94
Totaal	3367	.72	.15	.03-1.00	3367	.57	.12	.04-.94

*Noot.* *m* = gemiddelde. *SD* = standaardafwijking

Tabel C2

*Regressiecoëfficiënten voor de voorspelling op de TTR TM.*

Variabele	<i>B</i>	SE <i>B</i>	$\beta$	95% BI
Model 1				
Constant	14.31***	2.41		[9.58, 19.04]
leerjaar	14.18***	.36	.56	[13.47, 14.90]
Model 2				
Constant	-8.11**	2.91		[-13.82, -2.40]
leerjaar	12.65***	.37	.50	[11.91, 13.38]
Leeuwenspel	18.20***	3.01	.09	[12.30, 24.10]
Apenspel	33.96***	3.51	.15	[27.08, 40.85]
Model 3				
Constant	10.45***	1.78		[6.97, 13.93]
Leerjaar	1.46***	.27	.06	[-.93, 1.99]
Leeuwenspel	2.25	1.83	.01	[-1.34, 5.84]
Apenspel	6.48**	2.15	.03	[2.25, 10.69]
TTR VM	.83***	.01	.83	[-.81, .85]

*Noot.* *N* = 3367. BI = betrouwbaarheidsinterval. \*\*  $p < .05$ . \*\*\*  $p < .001$

**Bijlage D. Tabellen behorende bij onderzoekvraag 3**

Tabel D1

Beschrijvende statistieken van de Cito toets, de TTR, het Leeuwenspel en het Apenspel uitgesplitst per leerjaar.

Leerjaar	Cito				TTR			
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range
5	650	74.00	15.08	23-123	697	82.73	22.26	27-155
6	684	87.50	13.40	44-150	756	99.69	23.68	26-163
7	717	101.00	12.00	62-151	786	114.67	24.55	36-192
8	745	110.44	14.94	29-154	770	129.12	25.66	43-196
Totaal	2796	93.94	19.52	23-154	3010	107.20	29.52	26-196

  

	Leeuwenspel				Apenspel			
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	range
5	731	.65	.17	.04-.98	641	.51	.14	.04-.86
6	728	.71	.15	.03-.98	715	.56	.12	.08-.87
7	762	.74	.14	.10-.99	689	.58	.14	.06-.91
8	784	.77	.13	.10-1.00	701	.62	.13	.06-.94
Totaal	3007	.72	.15	.03-1.00	2750	.57	.14	.04-.94

Noot. *m* = gemiddelde. *SD* = standaardafwijking

Tabel D2

Regressiewaarden van de Cito en TTR op basis van het Leeuwenspel en Apenspel, uitgesplitst per leerjaar.

Leer jaar	Cito											
	Constante				Leeuwenspel				Apenspel			
	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$
5	.11	50.93	848	.00	50.59	2.70	17.80	3.28	.18*	28.41	4.16	.23*
6	.14	72.12	858	.00	58.20	2.55	15.34	3.08	.17*	33.26	3.87	.29*
7	.15	72.43	851	.00	72.73	2.43	14.38	2.96	.16*	28.47	3.12	.30*
8	.13	68.04	915	.00	72.71	3.40	12.67	3.94	.11*	41.54	4.24	.32*

  

Leer jaar	TTR											
	Constante				Leeuwenspel				Apenspel			
	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$
5	.06	29.12	848	.00	55.72	3.94	26.08	4.79	.19*	22.89	6.07	.13*
6	.04	19.45	858	.00	69.95	4.82	18.57	5.83	.11*	29.05	7.32	.14*
7	.05	20.61	851	.00	82.45	5.46	14.47	6.66	.08**	36.14	7.01	.18*
8	.06	28.60	915	.00	89.49	5.98	9.52	6.94	.05	50.25	7.46	.23*

*Tabel D3*

*Verschillen tussen de voorspellende waarden van het Leeuwenspel en Apenspel voor de Cito en TTR, uitgesplitst per groep.*

Leerjaar	Cito		TTR	
	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
5	-1.07	.28	1.27	.21
6	-2.62	.01	-0.63	.53
7	-3.05	.00	-2.10	.04
8	-4.72	.00	-3.93	.00

**Bijlage E. Tabellen behorende bij onderzoekvraag 4***Tabel E1**Beschrijvende statistieken van de variabelen*

Variabele	Sterke Rekenaars				Zwakke Rekenaars			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
Cito								
Leeuwspeel	971	.77	.11	.09-.99	344	.65	.17	.06-1
Apenspel	971	.62	.11	.16-.94	344	.50	.13	.09-.86
Vaardigheidsscore	971	106.95	15.36	65-154	344	96.78	17.81	23-98
TTR								
Leeuwspeel	1093	.75	.13	.03-1	788	.71	.16	.05-1
Apenspel	1093	.60	.11	.04-.94	788	.55	.13	.06-.90
Ruwe score	1093	137.40	18.73	97-196	788	82.24	21.79	26-119

*Tabel E2**Voorspellende waarden van leerjaar, het Leeuwspeel en het Apenspel voor de Cito en TTR, uitgesplitst per groep.*

Cito								
	Sterk				Zwak			
	<i>B</i>	<i>SE</i>	$\beta$	95% BI	<i>B</i>	<i>SE</i>	$\beta$	95% BI
Stap 1								
Constante	33***	1.69		[29.67,	-	2.84		[-21.18,
Leerjaar	11.18***	253	.82	[10.69,	13.32***	.44	.86	[12.46,
Stap 2								
Constante	23.42***	2.39		[18.72,	-	3.04		[-27.78,
Leerjaar	10.71***	.26	.78	[10.20,	12.44***	.47	.80	[11.52,
Apenspel	5.62**	2.60	.04	[.527,	8.58**	3.15	.08	[2.40,
	13.57***	2.66	.10	[.34,	12.48***	3.81	.09	[4.99,
TTR								
	Sterk				Zwak			
	<i>B</i>	<i>SE</i>	$\beta$	95% BI	<i>B</i>	<i>SE</i>	$\beta$	95% BI
Stap 1								
Constante	58.48***	2.50		[53.58,	-	2.76		[-40.85,
Leerjaar	11.45***	.36	.70	[10.75,	17.12***	.40	.84	[16.34,
Stap 2								
Constante	48.09***	3.32		[41.58,	-	3.01		[-47.24,
Leerjaar	10.91***	.37	.66	[10.19,	16.54***	.42	.81	[15.72,
Apenspel	7.15**	3.39	.05	[.50,	.28	3.01	.00	[-5.63,
	14.50***	3.86	.09	[6.92,	17.77***	3.43	.11	[11.04,

*Noot.* BI = betrouwbaarheidsinterval.\*\*  $p < .05$ . \*\*\*  $p < .001$ .