

Het Verbaal- en Visueel-Ruimtelijk Werkgeheugen in Relatie tot Schoolsucces

Bachelorthesis

Frédérique Le Mat, Tessa Oosterhaven en Pascalie van Vliet

Universiteit Utrecht

Cursus	Bachelorthesis Universiteit Utrecht Faculteit Sociale Wetenschappen Pedagogische Wetenschappen
Groep	Werkgroep 21, groep 1
Geschreven door	Frédérique Le Mat (3839710) Tessa Oosterhaven (3819396) Pascalie van Vliet (3752232)
Begeleidster	Dr. Elma Blom
Inleverdatum	19-06-2014

Abstract

Background. Working memory is involved in the temporary storage, processing and manipulation of information. The two components of working memory focused on in this study are the phonological loop (verbal working memory) and visuo-spatial sketchpad (visual-spatial working memory). **Aim.** The aim of this study is to investigate the relationship between the verbal- and visual-spatial working memory and school success (language and mathematics), focusing on children between five and eight years old. This research also examined age differences. **Method.** The study involves an experiment in which 98 children participated. The digit span and dot matrix forward and backward tasks were used to measure verbal- and visuospatial working memory. Language- and mathematics scores were obtained from the participating schools. **Results and conclusion.** Concerning verbal working memory, there was a relationship between both mathematics (for children five until eight) and several aspects of language (from children six until eight). These aspects were single words reading, spelling and reading comprehension. The strength of the relationship between verbal working memory and language varied between the different ages. With regard to visual-spatial working memory there were correlations with mathematics, but no correlations were found with language. The strength of the relationship between visual-spatial working memory and mathematics were stronger with five and six in kindergarten and seven year olds. In conclusion, working memory is related to some aspects of school success. It seems that the backward condition, in multiple correlations, is a stronger predictor for school success than the forward condition. This condition is more involved in manipulation of information.

Keywords: Working memory; Verbal working memory; Visual-spatial working memory; School succes; Language skills; Mathematic skills

Het werkgeheugen in relatie tot schoolsucces

In het dagelijks leven maakt men voor veel handelingen gebruik van executieve functies. Deze functies omvatten de complexe cognitieve processen die ervoor zorgen dat doelgericht gedrag mogelijk is (Meltzer, 2011). Het werkgeheugen is één van de geheugensystemen die onder de executieve functies valt (Bull & Scerif, 2001; Miyake et al. 2000). Het werkgeheugen speelt een belangrijke rol bij het leren (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Individuele verschillen in de capaciteit van het werkgeheugen kunnen belangrijke gevolgen hebben voor kinderen om kennis en nieuwe vaardigheden te verwerven (Alloway, 2006). Het verwerven van kennis en nieuwe vaardigheden gebeurt grotendeels op school. Het schoolsucces van kinderen is een belangrijke voorspeller voor hun toekomst. Het ontwikkelen van schoolse vaardigheden zorgt er namelijk voor dat kinderen succesvol kunnen functioneren in de maatschappij (Lembke & Foegen, 2009). Problemen met schoolse vaardigheden kunnen dus negatieve gevolgen hebben voor een maatschappelijke carrière. Om deze negatieve gevolgen te voorkomen is het belangrijk om de schoolse vaardigheden van kinderen vroeg te monitoren en interventies in te zetten waar nodig. Er is veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de factoren die het schoolsucces mogelijk kunnen beïnvloeden en het werkgeheugen is een veel genoemde verklarende factor (Bull & Scerif, 2001; Clark, Pritchard, & Woodward, 2010). Het blijkt dat goede werkgeheugenprestaties van kinderen gerelateerd zijn aan betere schoolprestaties (Aronen, Vuontela, Steenari, Salmi, & Carlson, 2005). Problemen met het werkgeheugen worden namelijk vaak geassocieerd met problemen met academisch leren (Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006). Dit onderzoek was bedoeld om deze relatie tussen schoolsucces en het werkgeheugen in kaart te brengen bij vijf tot en met achtjarigen.

In het huidige onderzoek werd het model van het werkgeheugen van Baddeley en Hitch (1974) aangehouden. In dit model wordt het werkgeheugen gezien als de tijdelijke opslag van informatie, de verwerking en manipulatie hiervan en het werkgeheugen heeft betrekking op het uitvoeren van cognitieve taken zoals taalbegrip, leren en redeneren (Baddeley, 1992). Oorspronkelijk bestond het model uit drie componenten: de fonologische lus, het visuo-spatieel schetsblok en de centrale executieve. De fonologische lus (het verbaal werkgeheugen) betreft de tijdelijke opslag en bewerking van verbale informatie, terwijl het bij het visuo-spatieel schetsblok (het visueel-ruimtelijk werkgeheugen) gaat om de tijdelijke opslag en bewerking van visuele informatie (Baddeley, 1992; Repovs & Baddeley, 2006). Het verbaal- en visueel-ruimtelijk werkgeheugen worden aangestuurd door de centrale executieve. Dit onderdeel is belangrijk voor het schakelen tussen verschillende taken, het ophalen, vasthouden en bewerken van informatie en voor onderdrukking van geautomatiseerde responsen (Baddeley, 1992; Baddeley & Hitch, 1974; Logie & Pearson, 1997; Van der Molen, Van

Luit, Jongmans, Van der Molen, 2007), en heeft dus een coördinerende rol voor de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok bij verwerkingstaken (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006; Monaco et al., 2012). Later heeft Baddeley (2000) een vierde component aan het model toegevoegd: de episodische buffer. De episodische buffer kan informatie uit het langetermijngeheugen en het werkgeheugen integreren en tijdelijk vasthouden (Baddeley, 2000). Vanwege de haalbaarheid van het onderzoek is er echter alleen gekeken naar het verbaal- en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit onderzoek had als doel inzicht te geven in de relatie tussen deze componenten van het werkgeheugen en schoolprestaties op het gebied van taal- en rekenvaardigheid. Reken- en taalvaardigheden zijn namelijk twee van de meest belangrijke academische vaardigheden die een kind leert op de basisschool (Lembke & Foegen, 2009). Ook werd onderzocht of de relatie verschillend is in sterkte op verschillende leeftijden. Vanwege de haalbaarheid van dit onderzoek is gekozen om voor het verschil in leeftijd alleen te kijken naar de relatie tussen verbaal werkgeheugen en taalvaardigheid en visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid.

De relatie tussen het verbaal werkgeheugen en schoolsucces

Het verbaal werkgeheugen is belangrijk bij de ontwikkeling van taal op jonge leeftijd, evenals bij het leren van woorden gedurende de levensloop (Baddeley, 1992; Gathercole, 2006; Krumm, Ziegler, & Buehner, 2008).

In onderzoek van Gathercole & Pickering (2000) bij kinderen van zes en zeven jaar is er geen relatie gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en herkenning van woorden, begrijpend lezen en spelling, wat onder taalvaardigheid valt. Deze aspecten werden gemeten door één overkoepelende test. In ander onderzoek, waarbij er alleen op begrijpend lezen is getest, is wel een positieve relatie gevonden met het verbaal werkgeheugen (Cain, Oakhill, & Bryant, 2004; Goff, Pratt, & Ong, 2005; Leong, Tse, Loh, & Hau, 2008; Seigneuric, Ehrlich, Oakhill, & Yuill, 2000). Ook is er een positieve relatie gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en woordenschat, dat ook onder taalvaardigheid valt (Gathercole & Pickering, 2000).

Tot op heden lijkt er geen empirisch onderzoek uitgevoerd te zijn naar de vraag of de relatie tussen verbaal werkgeheugen en taalvaardigheid verschillend in sterkte is op diverse leeftijden. Zoals hiervoor beschreven, is er geen relatie gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en taalvaardigheid op zes- en zevenjarige leeftijd. Uit een onderzoek bij 11- en 12-jarige kinderen blijkt echter dat taalvaardigheid op deze leeftijd wel positief gerelateerd is aan het verbaal werkgeheugen. In dit onderzoek werden lezen, schrijven, spellen en het handschrift getoetst (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Wellicht worden deze verschillen verklaard door de verschillende leeftijdsgroepen. Dit tezamen maakt meer onderzoek naar dit onderwerp wenselijk.

Naast taalvaardigheid is rekenvaardigheid een schoolprestatie die in onderzoek in relatie wordt gebracht met het verbaal werkgeheugen. Wat betreft het verbaal werkgeheugen in relatie tot rekenvaardigheden blijken de huidige bevindingen niet eenduidig. Er is onderzoek bij negen- en tienjarige kinderen waar een positieve relatie is gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en rekenen (Maybery & Do, 2003). Ook zijn er onderzoeken gedaan, variërend van vijf- tot en met twaalfjarigen, die deze relatie niet vonden (Gathercole & Pickering, 2000; Simmons, Willis, & Adams, 2012; St Clair-Thomson & Gathercole, 2006). Al met al blijken de onderzoeksbevindingen uit de bestaande literatuur niet eenduidig. Het is derhalve van belang dat binnen het huidige onderzoek ook aandacht is voor de relatie tussen rekenvaardigheden en het verbaal werkgeheugen, specifiek voor de leeftijdsgroep die in dit onderzoek wordt onderzocht.

De relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en schoolsucces

Veel onderzoek lijkt zich te richten op de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid, maar minder op de relatie met taalvaardigheid. Zoals eerder genoemd, werd taalvaardigheid voornamelijk in verband gebracht met het verbaal werkgeheugen (De Jong, 1998; Gathercole & Pickering, 2000). Wel is er onderzoek gedaan naar de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en dyslexie. Het blijkt dat kinderen met dyslexie lager scoren op visueel-ruimtelijke taken dan de controlegroep (Jeffries & Evaratt, 2003; Reiter, Tucha, & Lange, 2005). Aangezien kinderen met dyslexie problemen met taalvaardigheid en zij ook lager scoren op visueel-ruimtelijke taken zou het kunnen zijn dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen mogelijk een relatie heeft met taalvaardigheid.

Zoals hiervoor beschreven, wordt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen voornamelijk geassocieerd met rekenvaardigheid (De Jong, 1998). Zo liet Baddeley (1992) al zien dat er voor de vaardigheden tellen en optellen het werkgeheugen nodig is. Gathercole en Pickering (2000) hebben een verband gevonden tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid. Bull en Scerif (2001) hebben dit positieve verband ook gevonden. Een andere bevinding is dat kinderen tussen de zeven en negen jaar met rekenmoeilijkheden een minder goed functionerend visueel-ruimtelijk werkgeheugen bleken te hebben (Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Metcalfe, Swigart, & Menon, 2013).

Volgens Raghobar, Barnes en Hecht (2009) lijkt de invloed van visueel-ruimtelijk werkgeheugen op rekenvaardigheden per leeftijd te verschillen. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen van zes en zeven jaar wordt aangenomen sterk betrokken te zijn bij rekenvaardigheden. Echter, in de jaren hierna lijkt het verbaal werkgeheugen meer als ondersteuning te komen van rekenvaardigheden. Er wordt dan ook gesteld dat het belang van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij rekenvaardigheden afneemt vanaf acht jaar (Raghobar, Barnes, & Hecht, 2009). Over deze toenemende invloed van

het verbaal werkgeheugen lijkt geen consensus te zijn. Door het gebruik van adaptieve rekentesten voor zeven- en achtjarigen is er namelijk aangetoond dat er geen afname is in het belang van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij rekenvaardigheden (Alloway & Passolunghi, 2010). Het gegeven dat er nog geen overeenstemming in recent onderzoek lijkt te zijn over de afname van het belang van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen met de leeftijd, is nader onderzoek wenselijk.

Toegevoegde waarde van het onderzoek en de maatschappelijke relevantie

Veel onderzoek heeft zich gericht op kinderen van zeven jaar en ouder. Echter, in huidig onderzoek is er gekozen om kinderen van vijf tot en met acht jaar te onderzoeken. Er is hiervoor gekozen omdat alle componenten van het werkgeheugen al aanwezig en meetbaar zijn op deze leeftijd (Bull, Espy, en Wiebe, 2008). Aangezien negatieve resultaten op reken- en leesvaardigheid mogelijk negatieve consequenties heeft voor de maatschappelijke toekomst van kinderen, is het wenselijk om ook bij de jongere kinderen onderzoek te doen.

De meeste onderzoeken die in het bovenstaande zijn beschreven, zijn verricht in het buitenland. Mogelijk zijn de bevindingen van andere onderzoeken naar het werkgeheugen niet cross-cultureel valide, en zorgt dit onderzoek met Nederlandse respondenten voor een ander beeld op deze relatie. Verder is dit onderzoek ook van belang voor onderwijsdoeleinden. Wanneer kinderen een zwak werkgeheugen hebben, kan dat een risico vormen voor lagere schoolprestaties (Gathercole, Brown, & Pickering, 2003). Zodra het blijkt dat deze relatie er is, is het wellicht van belang om het werkgeheugen al bij aanvang van school te meten. Het is namelijk gebleken dat werkgeheugentraining voor kinderen met zwakke werkgeheugenprestaties effectief is (Dunning, Holmes, & Gathercole, 2013). Dergelijke training biedt dan perspectief op het verbeteren van schoolprestaties. Dit onderschrijft het belang van dit onderzoek.

Het huidige onderzoek

Het werkgeheugen is te meten met specifieke neuropsychologische tests. Dit onderzoek had als doel de relatie tussen resultaten op deze tests en schoolsucces te toetsen bij kinderen in de leeftijd van vijf tot en met acht jaar. Daarnaast was het doel om te kijken of er een verschil is in leeftijd in de relatie tussen het verbaal werkgeheugen en taalvaardigheid en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid. Om dit te onderzoeken zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

-Is er een relatie tussen het verbaal werkgeheugen en taal- en rekenvaardigheid?

-Is er een relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en taal- en rekenvaardigheid?

-Verandert de relatie tussen verbaal werkgeheugen en taalvaardigheden naarmate kinderen ouder worden?

-Verandert de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheden naarmate kinderen ouder worden?

Op basis van de hiervoor beschreven literatuur zijn er hypothesen opgesteld. Omdat in het huidige onderzoek er aparte tests voor de aspecten van taalvaardigheid zijn afgenomen, werd er alleen verwacht dat er een relatie tussen het verbaal werkgeheugen met woordenschat en begrijpend lezen zou zijn. Er is geen hypothese opgesteld over de relatie tussen andere tests van taalvaardigheid en verbaal werkgeheugen. Over de verwachte relatie tussen het verbaal werkgeheugen en rekenvaardigheid is ook geen hypothese opgesteld vanwege de inconsistente bevindingen in andere onderzoeken. Verder was de verwachting dat de sterkte van de relatie tussen het verbaal werkgeheugen en taalvaardigheden hetzelfde zou blijven naarmate kinderen ouder worden.

Er werd een positieve relatie verwacht tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en taal- en rekenvaardigheid. Als laatste werd verwacht dat de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheden bij kinderen van vijf tot en met zeven jaar sterker is dan bij kinderen rond acht jaar.

Methoden

Het onderzoek dat uitgevoerd is, betrof een toetsend, correlatieel onderzoek. Er werden verbanden tussen variabelen gezocht en er werd gekeken naar het verschil tussen leeftijdsgroepen. Dit toetsingsonderzoek had als doel om de relaties in kaart te brengen van verschillende aspecten van werkgeheugen en schoolsucces op verschillende leeftijden.

Participanten

Het onderzoek vond plaats bij 97 kinderen van vijf tot en met acht jaar. De gemiddelde leeftijd is 84,12 maanden (7,01 jaar) en de standaarddeviatie 12,90. De onderzochte kinderen zaten in groep 1 tot en met 5. Er namen 44 jongens en 53 meisjes deel aan dit onderzoek. De participanten of de scholen zijn verworven via eigen kring van de onderzoekers en via de sneeuwbal methode. Met behulp van deze methode vonden de tien onderzoekers via hun eigen kring de kinderen (Neuman, 2011). De participanten waren op het moment van onderzoek woonachtig in: Utrecht, Noord-Holland, Gelderland, Noord-Brabant, Limburg. De meerderheid van de participanten volgde Christelijk, Openbaar, Dalton-, Jenaplan en Montessori onderwijs. De gemiddelde grootte van de school (aantal leerlingen) was 284.

Er waren ook selectiecriteria om deel te mogen nemen aan dit onderzoek. Kinderen met dyslexie, dyscalculie, autisme, *Attention Deficit (Hyperactivity) Disorder*, en meertaligheid zijn a priori uitgesloten van deelname omdat kinderen met dergelijke stoornissen eerder problemen laten zien op de getoetste onderdelen en de resultaten daardoor een vertekend beeld kunnen geven. Een ander criterium was dat de

deelnemende kinderen op een school zaten waar het leerlingvolgsysteem van de Cito gehanteerd werd (Meeus, van Petegem, & van Looy, 2005).

Meetinstrumenten

Het verbaal werkgeheugen is geoperationaliseerd met de score op de *digit span forward* en *backward*. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is geoperationaliseerd met de score op de *dot matrix forward* en *backward*. Deze testen zijn een Nederlandse vertaling en bewerking van het *Automated Working Memory Assessment* [AWMA] (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008; *Cognitive Development in Emerging Bilingualism* [CoDEmBi], 2013). Bij de *digit span forward* moet het kind getallen onthouden in een bepaalde volgorde en deze achteraf noemen. Bij de *digit span backward* moet het kind ook getallen onthouden, maar deze in omgekeerde volgorde noemen (Alloway et al., 2008). Bij de *dot matrix forward* krijgt een kind een stip te zien in een matrix van vier bij vier vakjes. Het kind moet de route die deze stip aflegt onthouden en achteraf aanwijzen op het scherm. Bij de *dot matrix backward* moet het kind ook een route van getoonde stippen onthouden, maar deze in omgekeerde volgorde aanwijzen. De *forward* taken meten de opslag van het werkgeheugen, de *backward* taken meten voornamelijk de verwerking en manipulatie waar het werkgeheugen voor verantwoordelijk is (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001). De resultaten op de *digit span* en *dot matrix* taken zijn verwerkt als continue variabelen. De betrouwbaarheid van deze testen is goed (betrouwbaarheidsinterval van .69 tot .90), evenals de validiteit (validiteitscore van 0.52) (AWMA, 2007).

Om schoolsucces te meten werden scores op de Cito gebruikt. Dit is een leerlingvolgsysteem en meet verschillende schoolprestaties, zoals taal- en rekenvaardigheid (Meeus et al., 2005). Taalvaardigheid werd geoperationaliseerd aan de hand van verschillende Cito toetsen, die los van elkaar andere aspecten van taalvaardigheid meten. Dit zijn taal voor kleuters, de Drie-Minuten-Toets (DMT), begrijpend lezen, spelling, woordenschat (Cito, 2010). De Analyse van Individualiseringsvorming (AVI) is niet meegenomen, vanwege het tekort aan gestandaardiseerde scores. De deelnemers die in de kleuterklas (groep 1 en 2) zitten hadden scores voor de Cito voor kleuters en niet voor de andere Cito toetsen. De andere Cito toetsen werden afgenomen bij kinderen vanaf groep 3. Per Cito toets, en dus per correlatietest verschilde daarom het aantal participanten. De betrouwbaarheid is voor de toetsen DMT, begrijpend lezen, spelling, woordenschat en taal voor kleuters als goed beoordeeld. De begripsvaliditeit is voor begrijpend lezen, spelling, woordenschat en taal voor kleuters beoordeeld als voldoende. Bij de DMT is de begripsvaliditeit als goed beoordeeld. Aangezien er geen sprake is van onvoldoende beoordelingen, is af te leiden dat taalvaardigheidstests van de Cito valide en betrouwbaar zijn. Alle hierboven genoemde Cito-onderdelen zijn beoordeeld door de COTAN (Aarnoutse & Kapinga, 2006;

De Wijs, Kamphuis, Kleintjes, & Tomese, 2010; Lansink & Hemker, 2010; Moelands, Kamphuis, & Verhoeven, 2003; Van Berkel, Hilte, Engelen, Kamphuis, Kleintjes, & Krom, 2010).

Rekenvaardigheid werd geoperationaliseerd aan de hand van de scores die behaald worden op de rekendomeinen van de Cito. Rekenvaardigheid wordt door de Cito gemeten voor groep 1 en 2 met rekenen voor kleuters, een rekentoets op het gebied van getalbegrip, meten en meetkunde. De domeinen die in groep 3, 4 en 5 worden gemeten zijn hoofdrekenen (optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen), verhoudingen, meten en meetkunde, verbanden en getalsinzicht, getallen en getalsrelaties, tijd, geld en complexere toepassingen (Cito, 2010). Rekenen voor kleuters werd als goed betrouwbaar beoordeeld en had een voldoende voor begripsvaliditeit (Koerhuis & Keuning, 2011). De domeinen die getest worden voor kinderen vanaf groep 3 worden gemeten met de test Rekenen-Wiskunde. Deze is als goed begripsvalide en betrouwbaar beoordeeld (Janssen, Verhelst, Engelen, & Scheltens, 2010). Zoals hiervoor gezegd is de Cito recent als valide en betrouwbaar beoordeeld. De Cito is een Nederlands ontwikkeld leerlingvolgsysteem met als doel om schoolvaardigheden van kinderen te meten, waaronder taal- en rekenvaardigheid. De Cito is daarom als meetinstrument voor dit onderzoek een valide keuze.

Procedure

De *digit span* en *dot matrix forward* en *backward* zijn afgenomen als onderdeel van een grotere testbatterij. Hierbij werd gebruik gemaakt van de volgende volgorde: *Continuous Performance Task (CPT)*, de *Sky Search*, de *digit span forward* en *backward*, de *dot matrix forward* en *backward* en de *Flanker Task*. In zijn totaliteit nam dit onderzoek ongeveer 45 minuten in beslag. Zowel de *digit span* en de *dot matrix* duren tien minuten.

De testen met betrekking tot dit onderzoek, de *digit span* en *dot matrix*, zijn op een laptop afgenomen die de testleider bestuurde. De taken werden ingeleid met een verbale instructie voor het kind door middel van figuren op het scherm. De testleider zat schuin aan de rechterkant van het kind op een manier waardoor deze het gezicht en de laptop tegelijk kon observeren. De testafname vond plaats in een aparte ruimte zodat andere personen geen afleiding konden vormen.

Bij de *digit span forward* is er een oefenfase waarbij één of twee items onthouden en gereproduceerd moeten worden. Zodra dit succesvol is verlopen, start de testfase met één cijfer. Er is een oplopende moeilijkheidsgraad. Op het moment dat het kind drie fouten heeft gemaakt, gaat het kind niet verder naar het volgende blok. Als een kind vier van de zes items in een blok goed heeft beantwoord, gaat het kind naar het volgende blok. In totaal zijn er acht blokken. Bij de *digit span backward* wordt er eerst geoefend met twee en drie cijfers die andersom moeten worden gereproduceerd. Zodra dit

succesvol is verlopen, start de testfase met twee cijfers en is er ook hier een oplopende moeilijkheidsgraad. Hierbij worden dezelfde regels gehanteerd als in de *forward* situatie, dit loopt door tot blok zeven. De *dot matrix forward* en *backward* verlopen op exact dezelfde manier als bij de *digit span*, echter wordt dit met stippen in een matrix gedaan. Hierbij dienen kinderen hun handen onder de tafel te doen zolang de stippen in beeld zijn. In de oefenfase gaf een figuur op het scherm aanmoedigen en complimenten, dit mocht de testleider ook doen. Echter, tijdens de testfase diende de testleider geen opmerkingen te maken over prestatie.

De Cito toetsen zijn op de basisschool van de kinderen afgenomen en de scores hiervan zijn of via de ouder of rechtstreeks via de leerkracht verkregen.

Preparatie van de data en data-analyse

Bij de *digit span* en *dot matrix* werd het laatst behaalde level ingevoerd als behaalde score. De scores die van de Cito gebruikt werden, zijn de vaardigheidsscores. Deze werden per domein in SPSS ingevoerd. Alle data zijn op interval meetniveau.

Om de vraag te beantwoorden of taal- en rekenvaardigheid gerelateerd zijn aan het verbaal en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, werd gebruik gemaakt van het berekenen van correlatie in SPSS. De correlaties van verschillende leeftijdsgroepen werden met elkaar vergeleken op sterkte. Per correlatie is het aantal participanten verschillend, vanwege het feit dat de participanten verdeeld zijn in vier leeftijdscategorieën en er in iedere categorie een aantal Cito scores ontbraken. De Cito scores van de toetsen rekenen en taal voor kleuters zijn samengenomen voor vijf- en zesjarigen. Dit vanwege het feit dat de zesjarigen die beschikken over deze scores, een klas overdoen of late leerlingen zijn.

Eerst werd onderzocht of er aan de aannames van de Pearson correlatietoets werd voldaan. De variabelen voldeden aan de assumptie van onafhankelijkheid. De deelnemers hebben elkaar niet beïnvloed tijdens de testsituaties. Het is mogelijk dat zij buiten de testsituaties wel ervaringen deelden wat effect kan hebben gehad op de testresultaten. Zo zat een aantal kinderen op dezelfde school. Gezien het feit dat er kinderen van verschillende scholen uit verschillende delen van Nederland hebben meegedaan wordt deels aan deze assumptie voldaan. Ten tweede is gekeken naar de assumptie van normaliteit. De Shapiro-Wilk test is uitgevoerd om te kijken of de variabelen voldeden aan de assumptie van normaliteit. De variabelen rekenen voor kleuters, begrijpend lezen, *digit span forward* en *digit span backward* voldeden niet aan de assumptie van normaliteit omdat de α van de Shapiro-Wilk test kleiner was dan ,05. Daarnaast is er voor het controleren van deze aanname door middel van een histogram gekeken of de variabelen normaal verdeeld waren. Hieruit bleek dat de variabelen van alle Cito onderdelen niet normaal verdeeld waren en daarmee niet aan de assumptie voldeden. Er is ook gekeken naar de assumptie van lineariteit. Door middel van het maken van een spreidingsdiagram

in SPSS werd op basis van visuele analyse besloten dat zowel de aanname van lineariteit als homoscedasticiteit werden geschonden.

Vanwege deze geschonden aannames werd ervoor gekozen om een Spearman's rho uit te voeren. De data voldeden deels aan de assumptie van onafhankelijkheid, zoals eerder is beschreven. Daarnaast moesten de variabelen voor Spearman's rho minstens ordinaal zijn, zoals gezegd waren de variabelen in dit onderzoek van interval meetniveau waardoor ook aan deze aanname is voldaan.

De sterkte van de correlaties van Spearman's rho zijn op dezelfde manier geïnterpreteerd als een Pearson's correlatiecoëfficiënt. Hiervoor zijn vuistregels opgesteld door Cohen, waarbij .1 een zwakke correlatie, .3 een gemiddelde correlatie en .5 een sterke correlatie aanduidt (Cohen, 1988). Er werd een alpha niveau van $p = ,05$ gehanteerd.

Resultaten

Vanwege de hoeveelheid aan correlaties die uitgevoerd zijn, zijn alleen de significante resultaten toegelicht.

Verbaal werkgeheugen en schoolsucces

Zoals te zien is in bijlage 1, is er geen significante correlatie tussen de resultaten op de Cito taal voor kleuters en de *digit span forward* en *backward*. Uit de tabel in bijlage 2 is af te lezen dat Spearman's rho een gemiddelde positieve correlatie heeft aangetoond tussen de resultaten op de Cito DMT en de *digit span forward*, $r_s = ,395$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$ en de *digit span backward*, $r_s = ,382$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$. Daarnaast is er ook sprake van een gemiddelde positieve correlatie tussen de Cito spelling en de *digit span forward*, $r_s = ,377$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$ en de *digit span backward*, $r_s = ,370$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$. Verder indiceert Spearman's rho de aanwezigheid van een sterke positieve correlatie tussen de resultaten op de Cito begrijpend lezen en de *digit span backward*, $r_s = ,469$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$.

Voor kinderen van vijf- en zesjarige leeftijd zijn er tussen taal voor kleuters en de *digit span forward* en *backward* geen correlaties gevonden (zie bijlage 3, tabel 1). Bij de zesjarigen die niet meer in de kleuterklas zaten, is er een sterke positieve correlatie gevonden tussen de DMT en de *digit span forward*, $r_s = ,664$, $p < ,05$, $N = 12$ (zie bijlage 3, tabel 2). Verder indiceert Spearman's rho dat er bij kinderen van zevenjarige leeftijd een sterke positieve correlatie tussen spelling en de *digit span backward*, $r_s = ,507$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 27$. Ook begrijpend lezen heeft een sterke positieve correlatie met de *digit span backward*, $r_s = ,587$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 16$ (zie bijlage 3, tabel 3). Bij achtjarigen laat Spearman's rho alleen een sterke positieve correlatie zien tussen begrijpend lezen en de *digit span backward*, $r_s = ,453$, $p < ,05$, tweezijdig, $N = 22$ (zie bijlage 3, tabel 4).

Er is sprake van een sterke positieve correlatie tussen de resultaten op de Cito rekenen voor kleuters en de *digit span backward*, $r_s = ,539$, $p < ,05$, tweezijdig, $N = 21$ (zie bijlage 1). Spearman's rho laat een aanwezigheid van een gemiddelde positieve correlatie tussen de resultaten op de Cito rekenen-wiskunde en de *digit span forward*, $r_s = ,279$, $p < ,05$, tweezijdig, $N = 62$. De Cito rekenen-wiskunde heeft daarnaast een sterke positieve correlatie met de *digit span backward*, $r_s = ,429$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 62$ (zie bijlage 2).

Visueel-ruimtelijk werkgeheugen en schoolsucces

Op het gebied van taalvaardigheid is alleen de *dot matrix backward* gemiddeld positief gecorreleerd aan de DMT $r_s = ,374$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$ en spelling $r_s = ,349$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 64$ (zie bijlage 2).

Spearman's rho indiceert een sterke positieve correlatie tussen de *dot matrix backward* en rekenen voor kleuters, $r_s = ,580$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 21$ (zie bijlage 2, tabel 2). Verder is er sprake van gemiddelde positieve correlaties tussen de *dot matrix forward* en rekenen-wiskunde $r_s = ,305$, $p < ,05$, tweezijdig, $N = 62$ en tussen de *dot matrix backward* en rekenen-wiskunde $r_s = ,398$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 62$ (zie bijlage 2).

Zoals te zien in tabel 1 in bijlage 5, is er bij de vijf- en zesjarigen een sterke positieve correlatie gevonden tussen rekenen voor kleuters en de *dot matrix backward*, $r_s = ,565$, $p < ,01$, tweezijdig, $N = 20$. Bij kinderen op zesjarige leeftijd die niet meer in de kleuterklas zaten, zijn geen correlaties gevonden tussen de *dot matrix forward* en *backward* en rekenen-wiskunde (zie bijlage 5, tabel 2). Op zevenjarige leeftijd is er een sterke positieve correlatie gevonden tussen rekenen-wiskunde en de *dot matrix backward*, $r_s = ,452$, $p < ,05$, tweezijdig, $N = 25$. Bij achtjarige kinderen is er geen correlatie met de *dot matrix forward* of *backward* gevonden (zie bijlage 5, tabel 4).

Conclusie en discussie

Dit onderzoek had als doel om de relaties tussen het werkgeheugen en schoolsucces van kinderen van 5 tot en met 8 jaar te onderzoeken.

Verbaal werkgeheugen en schoolsucces

De verwachting was alleen dat de Cito onderdelen woordenschat en begrijpend lezen van taalvaardigheid positief gecorreleerd waren aan het verbaal werkgeheugen. Deze hypothese is deels bevestigd, gezien er een sterke correlatie tussen begrijpend lezen en de *digit span backward* is gevonden. Er is echter geen correlatie gevonden tussen de Cito woordenschat en de *digit span*. Daarnaast valt op dat er alleen een correlatie is met de *backward* conditie bij begrijpend lezen. Mogelijk komt dit doordat het werkgeheugen in deze conditie gebruik maakt van manipulatie (Miyake et al., 2001). Dit zou in vervolgonderzoek nader bekeken kunnen worden.

Er was geen hypothese opgesteld over de relatie tussen andere Cito tests van taalvaardigheid en verbaal werkgeheugen. Uit dit onderzoek bleek dat de Cito taal voor kleuters geen significante correlatie had met zowel de *forward* als *backward* conditie. Wel is gebleken dat er een gemiddelde correlatie is tussen de *digit span forward* en *backward* bij DMT en spelling.

Hiernaast was de verwachting dat de sterkte van de relatie tussen het verbaal werkgeheugen en taalvaardigheden hetzelfde zou blijven bij de naarmate kinderen ouder worden. Dit was echter niet het geval, aangezien de correlatiesterktes aanzienlijk verschilde per Cito toets en per leeftijd. Wel lijkt het er op dat het verbaal werkgeheugen een belangrijkere rol gaat spelen bij begrijpend lezen vanaf 7 jaar, vanwege de sterke positieve correlaties met de *backward* conditie. Mogelijk is manipulatie meer van belang op dit niveau bij deze leeftijd.

Zoals eerder gezegd blijken de bevindingen uit eerdere onderzoeken niet eenduidig wat betreft het verbaal werkgeheugen in relatie tot rekenvaardigheden. In het huidige onderzoek is daarom geen verwachting opgesteld, maar is er geprobeerd om een beeld te krijgen van deze relatie in deze onderzoeksgroep. Wat betreft de *digit span forward* is er bij de kleuters geen correlatie gevonden en bij kinderen vanaf groep 3 een gemiddelde correlatie. In de *backward* conditie is er bij alle leeftijden een sterke positieve correlatie gevonden. Hier valt weer op dat de *backward* conditie, waar manipulatie een grote rol speelt, een belangrijke factor lijkt bij schoolsucces.

Visueel-ruimtelijk werkgeheugen en schoolsucces

De verwachting was dat er een positieve relatie zou zijn tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en taalvaardigheid. Echter is er alleen een gemiddelde positieve correlatie gevonden met de *dot matrix backward* en de DMT en spelling. Aangezien er twee van de vijf taalonderdelen gecorreleerd zijn is de hypothese grotendeels niet bevestigd.

Daarnaast was de verwachting dat er ook een positieve relatie zou zijn tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid. Bij kleuters was er geen significante correlatie tussen de *dot matrix forward* en rekenen voor kleuters. Deze Cito toets was echter wel sterk positief gecorreleerd aan de *backward* conditie. Bij de kinderen vanaf groep 3 was rekenen-wiskunde gemiddeld positief gecorreleerd aan de *dot matrix forward* en *backward*. Hieruit is af te leiden dat de hypothese grotendeels bevestigd is.

Omtrent de leeftijdsverschillen was de verwachting dat de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheden bij kinderen van vijf tot en met zeven jaar sterker zou zijn dan bij kinderen rond acht jaar. Bij vijf- en zesjarigen met scores op de Cito rekenen voor kleuters was er een sterke positieve correlatie met de *dot matrix backward* gevonden. Dit was ook het geval voor zevenjarige kinderen met de Cito

rekenen-wiskunde. Zowel bij zes- als bij achtjarige kinderen is er geen correlatie gevonden. De hypothese is daardoor niet bevestigd. Echter is het feit dat er bij zesjarige kinderen geen correlatie is gevonden mogelijk toe te wijzen aan de kleine steekproef (N=12). De steekproef bij de andere leeftijdsgroepen lag tussen de 21 en 25 (zie bijlage 3). Als er in vervolgonderzoek gebruik zou worden gemaakt van een grotere steekproef van de zesjarige kinderen in groep 3, is het mogelijk dat de hypothese wel bevestigd wordt. Hiernaast was een opvallend resultaat dat er alleen correlaties waren met de *backward* conditie. Zoals ook bij het onderdeel over het verbaal werkgeheugen opviel, lijkt ook bij het visueel-ruimtelijk werkgeheugen manipulatie een belangrijke voorspeller van rekenvaardigheid te zijn. Een mogelijke verklaring voor de afname van de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheden kan strategiegebruik zijn. Kinderen van zes en zeven jaar gebruiken veel strategieën die van belang zijn om optel- en aftrektaken goed uit te voeren, die gebaseerd zijn op het op visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Zodra kinderen ouder worden en beginnen met vermenigvuldigen en delen, wordt er juist meer nadruk gelegd op verbale- en herinneringsstrategieën, die gebaseerd zijn op het verbaal werkgeheugen. (Van der Ven, Van der Maas, Straatemeijer, & Jansen, 2013).

Samengevat blijkt uit dit onderzoek dat taalvaardigheid bij kinderen van vijf tot en met acht jaar deels samenhangt met het verbaal werkgeheugen. Dit varieert per Cito toets. Ook verschilt deze samenhang per leeftijd. Taalvaardigheid hangt grotendeels niet samen met het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Daarnaast blijkt uit dit onderzoek dat rekenvaardigheid samenhangt met het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het is mogelijk dat de sterkte van de relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen vanaf acht jaar afneemt, alleen is dit niet bevestigd. Dit kan komen door de te kleine steekproef bij zesjarigen. Het verbaal werkgeheugen heeft deels een relatie met rekenvaardigheid.

Kanttekeningen bij huidig onderzoek

Er zijn een aantal kanttekeningen bij dit onderzoek te plaatsen. In de eerste plaats waren niet van alle kinderen de taal- en rekengegevens beschikbaar. Het percentage kinderen met ontbrekende Cito gegevens is 15,72%. Dit zorgt ervoor dat de steekproefgrootte ook is verminderd en daardoor minder betrouwbaar is geworden. De kinderen zijn niet aselekt verzameld en er kwamen veel kinderen van dezelfde school. Dit maakt de groep participantengroep minder heterogeen, wat de resultaten minder betrouwbaar maakt. Daarnaast waren er kinderen die de onderzoekers persoonlijk kende, wat mogelijk invloed kan hebben op de manier van testen afnemen van de onderzoekers.

Er is daarnaast ook gebruik gemaakt van leeftijdsgroepen. Hierdoor werd de groep kinderen per leeftijd erg klein (maximaal 27 kinderen, maar vaak rond de 20).

Ten slotte kan er ook nog wat gezegd worden over de ethische aspecten van dit onderzoek. In het onderzoek is er geprobeerd rekening te houden met verschillende

ethische aspecten. Zo zijn de data volledig geanonimiseerd en is er vertrouwelijk met de gegevens omgegaan. Daarnaast is er bij alle geteste kinderen vooraf toestemming gevraagd aan één van de ouders/verzorgers. Gezien de geteste leeftijdsgroep onder de macht van de ouders valt hoeven de kinderen zelf geen toestemming te geven. Er zijn echter wel kanttekeningen te plaatsen bij deze ethische aspecten. Ons onderzoek zou ethisch sterker zijn geweest als beide ouders/verzorgers toestemming hadden gegeven. Zij kunnen het namelijk oneens zijn over dergelijke onderzoeken en daarom bestaat de kans dat er kinderen aan ons onderzoek hebben meegedaan die dit niet zouden hebben gedaan als beide ouders/verzorgers om toestemming was gevraagd. Een andere ethische kanttekening die bij ons onderzoek geplaatst kan worden, is de manier waarop de toestemmingsformulieren zijn verzameld. Er waren onderzoekers die de formulieren niet via *active informed consent* hebben verzameld. Zij hebben het principe 'geen bericht is goed bericht' aangehouden, het *passive informed consent*, waarbij de brief alleen wordt geretourneerd als ouders/verzorgers geen toestemming geven voor deelname. Daarmee voldeden zij niet aan het UU-beleid (UU-beleid, 2014), dat stelt dat ouders de brief moeten ondertekenen en retourneren en daarmee toestemming geven om hun kind mee te laten doen aan het onderzoek.

Aanbevelingen toekomstig onderzoek

Bij toekomstig onderzoek moet er gebruik gemaakt worden van een grotere steekproef, dit maakt de resultaten meer betrouwbaar. Zoals al eerder is genoemd, lijkt er in Nederland nog geen onderzoek te zijn gedaan naar dit onderwerp. Om generaliseerbare bevindingen voor Nederlandse kinderen te krijgen moeten er in Nederland meerdere onderzoeken plaatsvinden.

Zoals eerder genoemd, lijkt verandering in strategiegebruik een verklaring te kunnen zijn voor de afname in relatie tussen visueel-ruimtelijk werkgeheugen en rekenvaardigheid. Toekomstig onderzoek kan hier mogelijk meer onderzoek naar doen zodat er sterkere en meer betrouwbare conclusies over getrokken kunnen worden.

Gezien het eerder besproken feit dat schoolsucces een belangrijke rol speelt voor maatschappelijk succes is het belangrijk om dit vroegtijdig in beeld te hebben (Lembke & Foegen, 2009). Mogelijk kan er in toekomstig onderzoek gericht worden op de interventies. Als werkgeheugen op een jonge leeftijd getest wordt, zijn vroege diagnoses en interventies mogelijk. Het lijkt zo dat de *backward* conditie vaker gecorreleerd is aan schoolsucces. Deze factor kan ook meegenomen worden in onderzoek naar en het opzetten van interventies. Deze interventies kunnen uiteindelijk het schoolsucces verbeteren.

Literatuur

- Aarnoutse, C., & Kapinga, T. J. (2006). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews, 1*, 134-139.
- Alloway, T., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term memory and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2010). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences, 21*, 133-137. doi:10.1016/j.lindif.2010.09.013
- Aronen, E. T., Vuontela, V., Steenari, M. R., Salmi, J., & Carlson, S. (2005). Working memory, psychiatric symptoms, and academic performance at school. *Neurobiology of Learning and Memory, 83*, 33-42. doi:10.1016/j.nlm.2004.06.010
- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A. W. S., Swigart, A. G., & Menon, V. (2013). Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia, 51*, 2305-2317. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.031
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*, 556-559.
- Baddeley, A. (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. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press.
- 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 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*, 205-228. doi:10.1080/87565640801982312
- 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. doi:10.1207/S15326942DN1903_3
- Cain, K., Oakhill, J., & Bryant, P. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbalability, and component skills. *Journal of Educational Psychology, 96*, 31-42. doi:10.1037/0022-0663.96.1.31
- Cito. (2010). Opgehaald 23 april, 2014 van http://www.cito.nl/onderwijs/primair%20onderwijs/lvs_toetsen/alle_producten

- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology, 46*, 1176- 1191. doi:10.1037/a0019672
- Cognitive Development in Emerging Bilingualism (CoDEmBi). (2013). Opgehaald 23 april, 2014, van <http://www.uu.nl/university/research/EN/researchatutrechtuniversity/focusareas/education/research/examplesresearch/codembi/Pages/default.aspx>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- De Jong, P. F. (1998). Working memory deficits of reading disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology, 70*, 75-96. doi:10.1006/jecp.1998.2451
- De Wijs, A., Kamphuis, F., Kleintjes, F., & Tomesen, M. (2010). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Dunning, D. L., Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science, 16*, 915-925. doi:10.1111/desc.12068
- 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*, 77-92.
- Gathercole, S. E., Lamont, E., & Alloway, T. P. (2006). Working memory in the classroom. In S. Pickering (Ed.), *Working Memory and Education* (pp.219-240). Oxford, UK: Elsevier.
- 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
- Goff, D. A., Pratt, C., & Ong, B. (2005). The relations between children's reading comprehension, working memory, language skills and components of reading decoding in a normal sample. *Reading and Writing, 18*, 583-616. doi:10.1007/s11145-004-7109-0
- Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Jeffries, S. A., & Everatt, J. E. (2003). Differences between dyspraxics and dyslexics in sequence learning and working memory. *Dyspraxia Foundation Professional Journal, 2*, 12-21. doi:10.1002/dys.278f
- Koerhuis, I., & Keuning, (2011). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.

- Krumm, S., Ziegler, M., & Buehner, M. (2008). Reasoning and working memory as predictors of school grades. *Learning and Individual Differences, 18*, 248-257. doi:10.1016/j.lindif.2007.08.002
- Lansink, N., & Hemker, B. (2010). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Lembke, E., & Foegen, A. (2009). Identifying early numeracy indicators for kindergarten and first-grade students. *Learning Disabilities Research & Practice, 24*, 12-20. doi:10.1111/j.1540-5826.2008.01273.x
- Leong, C. K., Tse, S. K., Loh, K. Y., & Hau, K. T. (2008). Tekst comprehension in Chinese children: Relative contribution of verbal working memory, pseudoword reading, rapid automatized naming, and onset-rime phonological segmentation. *Journal of Educational Psychology, 100*, 135-149. doi:10.1037/0022-0663.100.1.135
- Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology, 9*, 241-257.
- Maybery, 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.
- Meeus, W., van Petegem, P., & van Looy, L. (2005). Leerlingvolgsysteem of portfolio: een kwestie van perspectief. De POVO-meter als analyse instrument. *Impuls, 35*, 228-234.
- Meltzer, L. (2011). *Executive function in education: From theory to practice*. New York: The Guildford Press.
- 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. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospan working memory, executive functioning, and spatial abilities related? *Journal of Experimental Psychology: General, 130*, 621-640. doi:10.1037//0096-3445.130.4.621
- Moelands, F., Kamphuis, F., & Verhoeven, L. (2003). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Monaco, M., Costa, A., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2012). Forward and backward span for verbal and visuo-spatial data: standardization and normative data from an Italian adult population. *Neurological Science, 34*, 749-754. doi:10.1007/s10072-012-1130-x
- Neuman, W. L. (2011). *Understanding Research*. Boston: Pearson Education.

- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2009). 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
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia, 11*, 116-131. doi:10.1002/dys.289
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*, 5-21.
- Seigneuric, A., Ehrlich, M. F., Oakhill, J. V., & Yuill, N. M. (2000). Working memory resources and children's reading comprehension. *Reading and Writing, 13*, 81-103. doi:10.1023/A:1008088230941
- Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 111*, 139-155. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.011
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 745-759. doi:10.1080/17470210500162854
- UU-beleid. Opgehaald 8 mei, 2014 van <http://www.cs.uu.nl/docs/vakken/ue/Opdrachten/InformedConsentVoorbeeld.pdf>
- Van Berkel, S., Hilde, M., Engelen, R., Kamphuis, F., Kleintjes, F., & Krom, R. (2010). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.
- Van der Molen, M.J., Van Luit, H.E.H., Jongmans, M.J., & Van der Molen, M.W. (2007) Het werkgeheugen van jongeren met een lichte verstandelijke beperking. *Kind en Adolescent, 3*, 135-148. doi:10.1007/BF03061026
- 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*, 182-192. doi:10.1016/j.lindif.2013.09.003

Bijlagen

Bijlage 1; Correlatiematrix kleuters groep 1 en 2

Tabel 1

Correlatiematrix groep 1 en 2 tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugenscores

		1	2	3	4	5	6
1 Taal voor kl	r_s	1,00		-,047	,221	,391	,307
	N	21		21	21	21	21
2 Rekenen voor kl	r_s		1,00	,311	,502*	,292	,580**
	N		21	21	21	21	21
3 Digit span F	r_s			1,00			
	N			97			
4 Digit span B	r_s				1,00		
	N				97		
5 Dot matrix F	r_s					1,00	
	N					97	
6 Dot matrix B	r_s						1,00
	N						97

Noot. Hierboven zijn de significante, voor dit onderzoek relevante, resultaten dikgedrukt weergegeven. Kl = kleuters; F =forward; B = backward.

Significant bij tweezijdige toetsing

* $p < ,05$

** $p < ,01$

Bijlage 2; Tabel met correlaties tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugentests

Tabel 1

Correlatiematrix groep 3 t/m 5 tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugenscores

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 DMT	<i>r_s</i>	1,00					,395**	,382**	,203	,374**
	N	64					64	64	64	64
2 Spelling	<i>r_s</i>		1,00				,377**	,370**	,246	,349**
	N		64				64	64	64	64
3 Begrijpend lezen	<i>r_s</i>			1,00			,240	,469**	,103	,302
	N			39			39	39	39	39
4 Woordenschat	<i>r_s</i>				1,00		,241	,126	,021	,211
	N				50		50	50	50	50
5 Rek-wisk	<i>r_s</i>					1,00	,279*	,429**	,305*	,398**
	N					62	62	62	62	62
6 Digit Span F	<i>r_s</i>						1,00			
	N						97			
7 Digit Span B	<i>r_s</i>							1,00		
	N							97		
8 Dot matrix F	<i>r_s</i>								1,00	
	N								97	
9 Dot matrix B	<i>r_s</i>									1,00
	N									97

Noot. Hierboven zijn de significante, voor dit onderzoek relevante, resultaten dikgedrukt weergegeven. F = forward; B = backward; DMT = Drie minuten test.

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Bijlage 3; Tabellen correlaties leeftijdsverschillen

Tabel 1

Correlaties van vijf- en zesjarigen tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugen scores

Cito test	Digit span F	Digit span B	Dot matrix F	Dot matrix B
Taal voor kleuters				
r_s	-,073	,196		
N	19	19		
Rekenen voor kleuters				
r_s			,346	,565**
N			21	21

Noot. F = forward; B = backward.

* $p < ,05$

** $p < ,01$

Tabel 2

Correlaties van zesjarigen tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugen scores

Cito test	Digit span F	Digit span B	Dot matrix F	Dot matrix B
DMT				
r_s	,664*	,051		
N	12	12		
Spelling				
r_s	,237	-,321		
N	12	12		
Rekenen-wiskunde				
r_s			-,074	-,071
N			12	12

Noot. F = forward; B = backward; DMT = Drie Minuten toets.

* $p < ,05$

Tabel 3

Correlaties van zevenjarigen tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugen scores

Cito test	Digit span F	Digit span B	Dot matrix F	Dot matrix B
DMT				
r_s	,373	,377		
N	27	27		
Spelling				
r_s	,342	,507**		
N	27	27		
Begrijpend lezen				
r_s	,164	,587*		
N	16	16		
Woordenschat				
r_s	,409	,189		
N	21	21		
Cito test	Digit span F	Digit span B	Dot matrix F	Dot matrix B(Vervolg)
Rekenen-wiskunde				
r_s			,355	,452*
N			25	25

Noot. F = forward; B = backward; DMT = Drie Minuten toets.

* $p < ,05$

** $p < ,01$

*** $p < ,001$

Tabel 4

Correlaties van achtjarigen tussen Cito vaardigheidsscores en werkgeheugen scores

Cito test	Digit span F	Digit span B	Dot matrix F	Dot matrix B
DMT				
r_s	,089	,301		
N	21	21		
Spelling				
r_s	,276	,171		
N	22	22		
Begrijpend lezen				
r_s	,376	,453*		
N	22	22		
Woordenschat				
r_s	-,055	<,001		
N	17	17		
Rekenen-wiskunde				
r_s			,003	-,203
N			22	22

Noot. F = forward; B = backward; DMT = Drie Minuten toets.

* $p < ,05$