

De relatie tussen het werkgeheugen en dyscalculie
Een onderzoek naar verschillen in het werkgeheugen bij kinderen met dyscalculie en
kinderen zonder rekenproblemen

Masterthesis
Universiteit Utrecht
Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Imperator, R.H.R., 3487962

1^o beoordelaar: Dr. S. Toll

2^o beoordelaar: Prof. Dr. H. van Luit

Onderzoeksproject: Cognitieve en sociaal-emotionele kindkenmerken bij dyscalculie

Datum: 23 juni 2016

Voorwoord

Deze persoonlijke thesis is onderdeel van het onderzoekproject naar cognitieve en sociaal-emotionele factoren bij kinderen met dyscalculie. Het huidige onderzoek was gericht op de cognitieve factoren. Voor andere uitkomsten met betrekking tot sociaal-emotionele factoren van deze onderzoeksgroep, verwijs ik u naar de mastertheses van Janneke van Raaij en Dianne Wassink.

Graag wil ik Sylke Toll enorm bedanken voor haar aanwijzingen, feedback, ondersteuning en beschikbaarheid. Zij heeft mij geholpen in het structureren van mijn gedachten. Vooral ons laatste gesprek blijft mij bij. Het was verhelderend en leerzaam.

Wegens mijn gezondheid heeft het langer geduurd alvorens ik mijn Masterthesis heb kunnen afronden. Er waren soms momenten dat ik met het onderzoek wilde stoppen. De inhoud van het onderzoek motiveerde mij om door te zetten. Ook na dit onderzoek blijf ik mij in dit onderwerp verdiepen. Er valt nog veel te leren over het werkgeheugen en de invloed ervan op leerproblemen.

Ik wil mijn man, René dan ook ontzettend bedanken voor zijn onmetelijke steun en geduld.

Ik ben dankbaar dat ik steeds kracht, energie en steun heb mogen ontvangen.

Last but not least bedank ik Lianne voor haar peerfeedback op mijn thesis en de vele studie-uren!!

Nijkerk, 23 juni 2016

Rachela

Abstract

Arithmetic is a skill needed in everyday life, a process in which a reality is ordered or reordered using acts of thought. In Dutch primary schools there are children who don't master this skill in a sufficient extent. Most of the children with poor mathematical skills have difficulties with automatizing basic mathematical knowledge. Some of these children are diagnosed with dyscalculia. The question is what the function of working memory is in relation between dyscalculia and automation. This study investigates whether there is a difference in automation skills between children with dyscalculia and children without mathematical problems. It is also investigated whether there are differences between the two groups on the following parts of working memory: verbal short-time memory, verbal working memory, visual short-time memory and visual working memory. Finally whether or not working memory is a moderator between the diagnostic group and automation is investigated. The results show that children with dyscalculia score significantly lower on automation than children without mathematical problems. Furthermore, children with dyscalculia don't score significantly lower than children without mathematical problems on the diverse parts of working memory. Finally, the results show that the working memory parts don't have a moderation effect between the diagnose group and automation. The results are discussed and suggestions for further research are given.

Keywords: dyscalculia, automation, working memory, mathematical problems

Samenvatting

Rekenen is een vaardigheid die nodig is in het dagelijks leven, een proces waarin een realiteit wordt geordend of herordend met behulp van denkhandelingen. Binnen het basisonderwijs bevinden zich kinderen die deze vaardigheid onvoldoende beheersen. Veel rekenzwakke kinderen beschikken over minder goede automatiseringsvaardigheden met betrekking tot basiskennis. Bij sommige van deze kinderen is er sprake van dyscalculie. De vraag is welke rol het werkgeheugen speelt in de relatie tussen dyscalculie en automatisering. In dit onderzoek is onderzocht of er verschillen bestaan tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen met betrekking tot automatisering. Daarnaast is onderzocht of er verschillen zijn tussen deze twee groepen op de volgende werkgeheugencomponenten: het verbaal kortetermijngeheugen, het verbaal werkgeheugen, het visueel kortetermijngeheugen en het visueel werkgeheugen. Tot slot is onderzocht of het werkgeheugen een modererende rol speelt in de relatie tussen dyscalculie en automatisering. Uit de resultaten is gebleken dat kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie

significant lager scores op automatisering dan kinderen zonder rekenproblemen. Daarnaast is gebleken dat kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie niet zwakker scoren op de genoemde werkgeheugencomponententaken dan kinderen zonder rekenproblemen. Tot slot is uit de resultaten gebleken dat de onderscheiden werkgeheugencomponenten geen van allen een modererend effect hebben tussen de diagnostische groep en automatiseringsvaardigheden. Deze resultaten worden bediscussieerd en er worden suggesties gegeven voor toekomstig onderzoek en de praktijk.

Kernwoorden: dyscalculie, automatiseren, werkgeheugen, rekenproblemen

Verschillen in het werkgeheugen bij kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen

Rekenen is een vaardigheid die nodig is in het dagelijks leven om de wereld om ons heen te ordenen en te begrijpen. Hierbij kan gedacht worden aan betalen, meten en wegen (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2006). Wanneer kinderen deze vaardigheid voldoende beheersen is er sprake van functionele gecijferdheid (Bokhove, 1995; De Lange, 2005a, 2005b; Van Groenestijn, Borghouts, & Janssen, 2011; Hoogland, 2005; Hoogland & Meeder, 2007). Automatisering is een belangrijk onderdeel van functionele gecijferdheid. Kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie hebben vaak onvoldoende automatiseringsvaardigheden (Ruijsenaars et al., 2006). Deze kinderen bereiken hierdoor niet het niveau van functionele gecijferdheid. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat een verband bestaat tussen het werkgeheugen en automatiseringsvaardigheden. Kinderen die tekorten hebben in automatiseringsvaardigheden hebben voornamelijk tekorten in het verbaal kortetermijngeheugen, het verbaal werkgeheugen, het visueel kortetermijngeheugen en het visueel werkgeheugen (Adams & Hitch, 1998; Ashcraft, 1995; DeStefano & LeFevre, 2004; Fürst & Hitch, 2000; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Noël, Desert, Aubrun, & Seron, 2001; Passolunghi, Cornoldi, & De Liberto, 1999; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). In dit onderzoek wordt onderzocht of het werkgeheugen van invloed is op de relatie tussen dyscalculie en automatiseringsvaardigheden.

Automatiseringsvaardigheden

Rekenen kan gedefinieerd worden als een proces waarin een realiteit (of een abstractie daarvan) wordt geordend of herordend met behulp van op inzicht berustende denkhandelingen. Deze ordening is in principe te kwantificeren en laat toe om er (logische) operaties op uit te voeren dan wel uit af te leiden (Ruijsenaars 2010; Ruijsenaars et al., 2006). Het uiteindelijke doel van rekenwiskunde onderwijs is functionele gecijferdheid: kinderen kunnen buiten school en later als volwassene optimaal handelen in dagelijkse (reken)situaties (Van Groenestijn et al., 2011). Binnen het onderwijs bevinden zich kinderen die moeite hebben om het niveau van functionele gecijferdheid te bereiken, doordat zij over minder goede automatiseringsvaardigheden beschikken met betrekking tot rekenfeiten (Ruijsenaars et al., 2006). Wanneer rekenkennis geautomatiseerd is, is het mogelijk rekenhandelingen vrijwel routinematig uit te voeren, bijvoorbeeld wanneer een kind feilloos het rekenfeit $8+4$ weet. Automatiseringsvaardigheden zijn belangrijk voor het aanleren van rekenvaardigheden die op een hoger cognitief niveau liggen (Ruijsenaars et al., 2006; Van

Luit, Bloemert, Ganzinga, & Mönch, 2014). Niet vlot kunnen beschikken over rekenfeiten belast het uitvoeren van rekenprocedures (Vanbinst, Ghesquiere, & De Smedt, 2012).

Rekenzwakke kinderen beschikken vaak over minder goede automatiseringsvaardigheden op het gebied van basiskennis (Gelderblom, 2007, 2008; Ruijsenaars et al., 2006). Bij een kleine groep van deze kinderen is sprake van dyscalculie (Kaufman et al., 2013). Dyscalculie is een stoornis die gekenmerkt wordt door hardnekkige problemen met het leren en vlot/accuraat oproepen/toepassen van rekenprocedures, feiten en afspraken (Ruijsenaars et al., 2006). De diagnose wordt gesteld op basis van het criterium van ernst, het criterium van achterstand en het criterium van didactische resistentie (Van Luit et al., 2014, zie bijlage). Bij kinderen met dyscalculie vormt het gebrek aan automatiseringsvaardigheden een extra belasting voor het werkgeheugen, dat betrokken is bij het uitvoeren van rekenprocedures (Vanbinst et al., 2012).

Werkgeheugen

Het werkgeheugen heeft als functie het tijdelijk vasthouden en verwerken van informatie om complexe cognitieve taken, zoals rekenprocedures, uit te voeren. Daarnaast heeft het werkgeheugen een controlerende en regulerende functie (Ashcraft, 2002; Baddeley, 1992, 2003; Neath & Surprenant, 2003; Raghubar et al., 2010; Reisberg, 2015; Wager & Smith, 2003). Het werkgeheugenmodel van Baddeley (2000) onderscheidt het centraal executief systeem, de episodische buffer en twee opslagsystemen: de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok. Het centraal executief systeem controleert en coördineert de informatie binnen de opslagsystemen (Alloway Gathercole, & Pickering., 2006; Baddeley, 2003). De episodische buffer houdt informatie uit het werkgeheugen en het langetermijngeheugen tijdelijk vast en integreert deze (Baddeley, 2000, 2003). De fonologische lus bestaat uit het verbaal kortetermijngeheugen (VB KT) en het verbaal werkgeheugen (VB WG). Het VB KT zorgt voor de tijdelijke opslag van auditieve informatie en het VB WG zorgt voor de verwerking hiervan. Het visueel-ruimtelijk schetsblok bestaat uit het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (VS KT) en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (VS WG). Het VS KT zorgt voor de tijdelijke opslag van visueel-ruimtelijke informatie en het VS WG zorgt voor de verwerking hiervan (Alloway et al., 2006; Baddeley, 2003). Het functioneren van de verschillende componententaken van de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok is van invloed op de automatisering van rekenfeiten (Baddeley, 2000; McLean & Hitch, 1999; Siegel & Ryan, 1989).

Automatisering, rekenproblemen en werkgeheugen

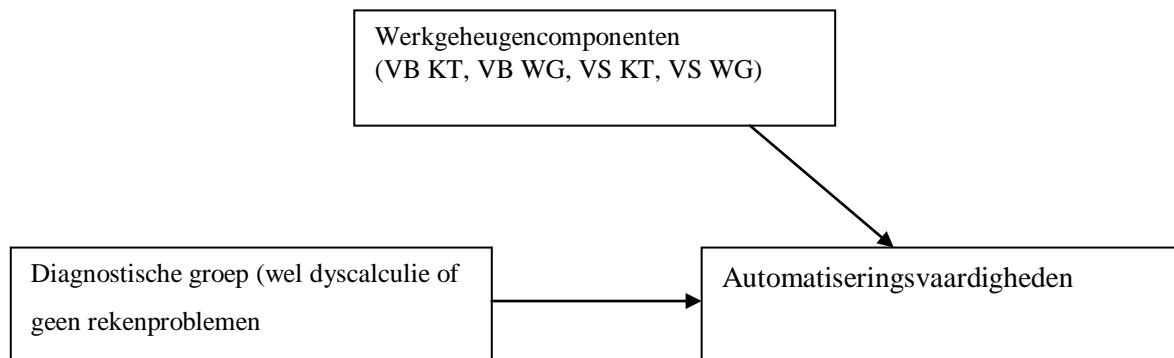
Werkgeheugenproblemen zijn van invloed op diverse leerproblemen, waaronder dyscalculie (Alloway, 2006, 2009; Alloway et al., 2006). De ontwikkeling van het werkgeheugen is gerelateerd aan het aanleren van rekenvaardigheden (Baddeley, 2003; Gathercole et al., 2004; Passolunghi & Siegel, 2001).

Kinderen met dyscalculie beschikken vaak over een beperktere werkgeheugencapaciteit (Geary, Brown, & Samaranayake, 1991; Swanson, 1994). Er zijn echter tegenstrijdige bevindingen met betrekking tot welke componenten van het werkgeheugen specifiek van invloed zijn op de automatiseringsvaardigheden. Zo is uit onderzoek van Panaoura en Philippou (2007) gebleken dat enkel de fonologische lus (het VB KT en het VB WG) van invloed is op automatiseringsvaardigheden, terwijl Swanson en Sachse-Lee (2001) in hun onderzoek geen verschillen hebben gevonden tussen zwakke rekenaars en leeftijdsgematchte controles. Diverse andere onderzoeken tonen enkel de invloed van het visueel-ruimtelijk schetsblok (het VS KT en het VS WG) aan (D'Amico & Guarnera, 2005; Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004; Geary, 1993; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi & Siegel, 2001). De vraag is welke werkgeheugencomponenten aan te wijzen zijn die specifiek samenhangen met dyscalculie. In dit onderzoek worden vier verschillende werkgeheugencomponenten (VB KT, VB WG, VS KT en VS WG) uitgesplitst om meer zicht te krijgen op welke manier deze componenten van invloed zijn op het rekenproces van kinderen, die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie. Bij het ontwikkelen van toekomstige interventieprogramma's is het van groot belang om rekening te houden met specifieke tekorten in de verschillende werkgeheugencomponenten om de interventie hierop te kunnen richten, omdat interventies effectiever zijn wanneer zij zich op de kern van het probleem richten (Smith-Spark & Fisk, 2007).

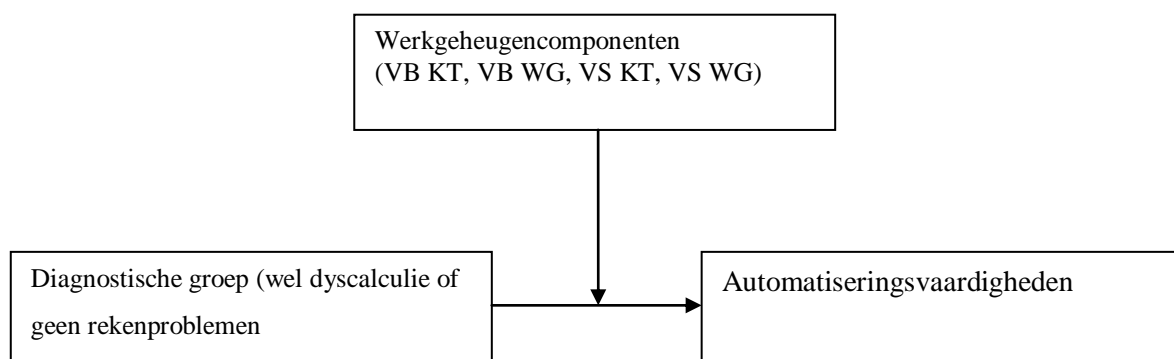
Huidig onderzoek

Om meer zicht te krijgen op welke manier de verschillende werkgeheugencomponententaken van invloed zijn op de automatisering bij kinderen, die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen, wordt in dit onderzoek onderzocht of er verschil is tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen in de mate waarin zij over automatiseringsvaardigheden beschikken (zie figuur 1), en of dit verschil gemodereerd wordt door de werkgeheugencapaciteit van de kinderen op de werkgeheugencomponenten VB KT, VB WG, VS KT en VS WG (zie figuur 2). Verwacht wordt dat kinderen met dyscalculie lagere scores halen op automatisering voor alle onderzochte aspecten van het werkgeheugen.

Daarnaast wordt verwacht dat kinderen uit de dyscalculistische groep lagere scores laten zien in de onderzochte aspecten van het werkgeheugen. Tot slot wordt verwacht dat het verschil tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen groter zal worden wanneer zowel de diagnostische groep (wel dyscalculie of geen rekenproblemen) als het werkgeheugen als voorspeller van automatiseringsvaardigheden gebruikt worden.



Figuur 1. Model 1: Diagnostische groep en werkgeheugencomponenten als voorspellers van automatiseringsvaardigheden



Figuur 2. Model 2: Werkgeheugencomponenten als moderator tussen diagnostische groep en automatiseringsvaardigheden

Methodie

Participanten

De steekproef van dit onderzoek bestond uit 68 kinderen. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een klinische groep (kinderen gediagnosticeerd met dyscalculie) en een controlegroep. Bij de kinderen in de klinische groep (25% jongens en 75% meisjes) is de diagnose dyscalculie gesteld op basis van de volgende criteria: (1) het criterium van ernst, (2)

het criterium van achterstand en (3) het criterium van didactische resistentie (zie bijlage 1; Van Luit et al., 2014). De controlegroep bestond uit kinderen zonder rekenproblemen (41.7% jongens en 58.3% meisjes). Tabel 1 toont de verdeling van de gemiddelde leeftijd in maanden en scores op automatisering voor jongens en meisjes, waarbij onderscheid is gemaakt tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen. Er zijn voorbereidende analyses uitgevoerd om te beoordelen of er significante verschillen zijn tussen de groep met dyscalculistische kinderen en de groep met kinderen zonder rekenproblemen op geslacht en leeftijd in maanden. Uit een χ^2 -toets is gebleken dat er geen significant verband bestaat tussen de diagnostische groep en geslacht, $\chi^2(1) = 1.69$, $p = .194$. Uit een onafhankelijke t -toets is gebleken dat er een significant leeftijdsverschil bestaat tussen de twee groepen, $t(1,66) = -3.34$, $p = .001$. De kinderen in de dyscalculistische groep zijn significant ouder dan de kinderen in de groep zonder rekenproblemen. Van vier kinderen uit de dyscalculistische groep zijn geen scores van automatisering bekend.

Tabel 1

Beschrijvende Statistieken van de Onderzoeksgroepen gesplitst op geslacht

	Dyscalculie					Geen rekenproblemen					Totaal				
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
Jongens															
Leeft.	5	136.80	23.52	105	170	20	117.25	26.41	77	168	25	121.16	26.61	77	170
Aut.	4	66.50	8.19	58	74	20	87.30	40.50	9	164	24	83.83	37.77	9	164
Meisjes															
Leeft.	15	133.87	21.28	106	182	28	109.79	24.88	75	185	43	118.19	26.15	75	185
Aut.	12	64.67	22.96	25	114	28	82.54	41.84	11	163	40	77.18	37.81	11	163

Noot Leeft. = Leeftijd in maanden; Aut. = Automatisering; Min. = Minimum; Max. = Maximum

Meetinstrumenten

Werkgeheugen Om de diverse werkgeheugencomponententaken te meten is gebruik gemaakt van vier subtesten van de Automated Working Memory Assessment (AWMA; Alloway, 2007; Alloway, Gathercole, & Pickering, 2004). De AWMA bestaat uit 12 subtesten om significante werkgeheugenproblemen van de kindertijd tot en met jongvolwassenheid te screenen. Het is een gecomputeriseerde test met automatische scoring. Voor dit onderzoek zijn de volgende subtesten gebruikt: (1) *Nonword Recall*, (2) *Listening Recall*, (3) *Dot Matrix* en (4) *Odd One Out*. De test-hertestbetrouwbaarheid voor deze subtesten is respectievelijk .64, .81, .83 en .81 (Alloway et al., 2006). (1) De subtest *Nonword Recall* meet het verbaal

kortetermijngeheugen. Het kind krijgt een reeks onzinwoorden te horen die in de juiste volgorde moet worden herhaald. (2) *Listening Recall* meet het verbaal werkgeheugen. Het kind geeft aan of de verbaal aangeboden zin juist is en moet aan het eind van de reeks zinnen het eerste woord van elke zin in de juiste volgorde herhalen. De scores op het juist/onjuist-onderdeel zijn niet meegenomen in dit onderzoek. (3) *Dot Matrix* meet het visueel-ruimtelijke kortetermijngeheugen. Het kind wijst de positie van de rode stip in de juiste volgorde aan in een matrix van vier bij vier hokjes. De rode stip wordt twee seconden getoond. (4) *Odd One Out* meet het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het kind krijgt drie vormen te zien en moet de vorm aanwijzen die in vergelijking met de overige twee afwijkend is. Daarna verdwijnen de vormen en moet het kind in de juiste volgorde aanwijzen in welke lege hokjes de afwijkende vormen stonden. Elke reeks vormen verschijnt twee seconden op het computerscherm.

Automatiseringsvaardigheden De automatiseringsvaardigheden zijn gemeten met de Tempo Toets Rekenen (TTR; De Vos, 1992). De TTR is een instrument voor het vaststellen van het rekenvaardigheidsniveau van de elementaire bewerkingen voor het basis- en voortgezet onderwijs. De TTR laat zien in welk tempo eenvoudige rekenkundige bewerkingen tot en met 100 worden uitgevoerd. De TTR is als voldoende tot goed beoordeeld door de COTAN (Evers, Braak, Frima, & Van Vliet-Mulder, 2009).

Procedure

Voor dit onderzoek zijn zes willekeurige basisscholen in de omgeving van Utrecht benaderd als controlegroep. Uiteindelijk deden drie basisscholen mee aan het onderzoek. Voor dit onderzoek zijn participanten met gemiddelde cijfers en zonder lees- of rekenachterstand door leerkrachten geselecteerd. Deze participanten hadden minimaal een C-score behaald op de meest recent afgenomen CITO toets Rekenen/Wiskunde (Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2007). Ouders van de participanten hebben toestemming gegeven voor deelname aan het onderzoek. Bij de controlegroep zijn de onderzoeksinstrumenten individueel op school afgenomen. Bij de klinische groep zijn de onderzoeksinstrumenten individueel afgenomen, tijdens het diagnostisch onderzoek naar dyscalculie in het Ambulatorium van de Universiteit Utrecht.

Data-analyse

De statistische analyses zijn uitgevoerd met SPSS versie 23.0 (2015). Of er een verschil is in automatiseringsvaardigheden tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen is onderzocht met behulp van een ANCOVA, waarbij leeftijd in maanden is meegenomen als covariaat. Per analyse zijn de effectgrootten

(η^2) berekend. Effectgrootten van .01, .06 en .14 zijn respectievelijk gering, middelmatig en groot (Cohen, 1988). Vervolgens is onderzocht of er verschillen zijn in werkgeheugencapaciteit tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen met behulp van een MANCOVA, waarbij leeftijd in maanden is meegenomen als covariaat. Hiervoor zijn eveneens effectgrootten (η^2) berekend. Tenslotte is onderzocht of de verschillen in automatisering tussen kinderen, die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen, worden beïnvloed door de werkgeheugencapaciteit. Allereerst zijn hiervoor de correlaties en de partiële correlaties tussen de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten nagegaan. Effectgrootten voor correlaties van .10, .30 en .50 zijn respectievelijk klein, middelmatig en groot bij correlatieve effectgrootten (Cohen, 1988). Vervolgens is een multiple regressieanalyse uitgevoerd, waarbij zowel de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten als de interactie tussen de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponententaken zijn meegenomen als voorspeller van automatisering.

Resultaten

Beschrijvende statistieken

Tabel 2 toont de beschrijvende statistieken voor automatisering en de verschillende werkgeheugencomponententaken per groep.

Tabel 2

Beschrijvende Statistieken Automatiseringsvaardigheden en de Werkgeheugencomponenten per Groep

	Dyscalculie					Geen rekenproblemen				
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Auto.	16	65.13	20.02	25	114	48	84.52	40.92	9	164
VB KT	14	9.50	3.61	6	17	48	9.77	3.05	5	18
VB WG	14	13.71	2.27	10	17	48	12.38	3.25	5	20
VS KT	16	23.06	5.55	12	31	48	21.81	5.58	7	35
VS WG	15	18.40	5.44	10	31	48	17.27	4.92	7	31

Noot. Auto. = Automatiseringsvaardigheden, VB KT = verbaal kortetermijngeheugen, VB WG = verbaal werkgeheugen, VS KT = visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen, VS WG = visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Verschillen in automatiseringsvaardigheden tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen

Middels een ANCOVA is onderzocht of er verschillen bestaan tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen met betrekking tot de automatiseringsvaardigheden. Er blijkt een significant verschil tussen de twee groepen op automatiseringsvaardigheden, $F(1,61) = 71.43$, $p < .001$, $\eta^2 = .54$. Kinderen zonder rekenproblemen scoren significant hoger op automatiseringsvaardigheden dan kinderen met dyscalculie, $t(61) = 8.45$, $p < .001$.

Verschillen in werkgeheugencapaciteit tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen

Middels een MANCOVA is onderzocht of er verschillen bestaan tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen op de verschillende werkgeheugencomponenten. Met behulp van een Wilks' Lambda blijkt geen significant verschil tussen de groepen met betrekking tot de verschillende werkgeheugencomponenten, $\Lambda = 0.89$, $F(4,54) = 1.64$, $p = .178$, $\eta^2 = .11$. Uit de univariate toetsen blijkt verder geen significant verschil tussen de groepen op VB KT ($F(1,57) = 2.11$, $p = .152$, $\eta^2 = .04$, een klein effect), VB WG ($F(1,57) = 0.89$, $p = .350$, $\eta^2 = .02$) en VS WG ($F(1,57) = 2.61$, $p = .111$, $\eta^2 = .04$). Er blijkt wel een significant verschil tussen beide groepen op VS KT ($F(1,57) = 4.25$, $p = .044$, $\eta^2 = .07$).

Samenhang tussen de werkgeheugencomponenten en automatiseringsvaardigheden

Tabel 3 toont de correlaties tussen de verschillende werkgeheugencomponenten, automatiseringsvaardigheden en de partiële correlaties, gecorrigeerd voor groep (kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen). Uit de tabel blijkt dat zowel de correlaties als de partiële correlaties tussen de verschillende werkgeheugencomponenten en automatiseringsvaardigheden sterk zijn.

Tabel 4 toont de resultaten van de multiple regressieanalyse waarbij zowel de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten als de moderatie tussen de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten zijn meegenomen als voorspeller van automatiseringsvaardigheden. Uit de multiple regressieanalyse blijkt dat model 1, met de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten als voorspellers van automatiseringsvaardigheden, een betekenisvol effect heeft op automatiseringsvaardigheden. Dit model verklaart 60.4% van de variantie in

automatiseringsvaardigheden. Model 2, waarbij het werkgeheugen als moderator is meegenomen, blijkt eveneens een betekenisvol effect te hebben op automatiseringsvaardigheden. Dit model verklaart 4.7% meer variantie in automatiseringsvaardigheden dan model 1. Uit de follow-up analyse blijkt dat binnen model 1 sprake is van een significant effect van de diagnostische groep, VB KT en VS KT op automatiseringsvaardigheden. Er blijkt geen significant effect van VB WG en VS WG op automatiseringsvaardigheden. Binnen model 2 blijkt een significant effect van VB KT en VS KT op automatiseringsvaardigheden. Er blijkt geen significant effect van de diagnostische groep, VB WG en VS WG op automatiseringsvaardigheden. Daarnaast blijkt geen significant modererend effect van zowel de diagnostische groep en VB KT als de diagnostische groep en VB WG als de diagnostische groep en VS KT als de diagnostische groep en VS WG op automatiseringsvaardigheden. De verschillende werkgeheugencomponenten hebben geen modererend effect op de diagnostische groep en automatiseringsvaardigheden.

Tabel 3

Pearson's Correlaties en Partiële Correlaties, gecorrigeerd voor groep, tussen de Variabelen

Variabele	Automatiserings- vaardigheden	VB KT	VB WG	VS KT	VS WG
Automatiseringsvaardigheden	-	.51**	.50**	.59**	.51**
VB KT	.52**	-	.43**	.26*	.46**
VB WG	.57**	.43**	-	.27*	.51**
VS KT	.59**	.29*	.45**	-	.68**
VS WG	.65**	.28*	.49**	.67**	-

Noot. Partiële correlaties zijn schuingedrukt. VB KT = verbaal kortetermijngeheugen, VB WG = verbaal werkgeheugen, VS KT = visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen, VS WG = visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

* $p < .05$, ** $p < .01$

Tabel 4

Multiple Regressieanalyse met Dyscalculie en Werkgeheugen als Voorspeller van Automatiseringsvaardigheden

Automatiseringsvaardigheden	β	R^2	F^*	p	t
Model 1		.60	16.16	< .001	
Diagnostische groep	-.25			.006	-2.85
VB KT	.27			.007	2.82
VB WG	.21			.061	1.91
VS KT	.38			.003	3.17
VS WG	.14			.268	1.12
Model 2		.65	10.16	< .001	
Diagnostische groep	-.18			.060	-1.93
VB KT	.26			.011	2.63
VB WG	.40			.752	.32
VS KT	.32			.009	2.70
VS WG	.22			.104	1.66
Diagnostische groep *VB WG	-.11			.261	-1.14
Diagnostische groep *VB KT	-.21			.135	-1.52
Diagnostische groep *VS KT	-.09			.403	-.84
Diagnostische groep *VS WG	.06			.664	.44

Noot. $F(5,53)$ voor model 1, $F(9,49)$ voor model 2. VB KT = verbaal kortetermijngeheugen, VB WG = verbaal werkgeheugen, VS KT = visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen, VS WG = visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Discussie

Verschillen in automatiseringsvaardigheden tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen

Dit onderzoek was erop gericht om meer te weten te komen over de rol die het werkgeheugen speelt in de relatie tussen dyscalculie en automatiseringsvaardigheden. Onderzocht is of er verschil is tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen in automatiseringsvaardigheden en of dit verschil gemodereerd wordt door de werkgeheugencapaciteit van de kinderen. Uit de voorbereidende analyses bleek dat de kinderen in de dyscalculistische groep significant ouder waren dan de kinderen in de controlegroep, daarom is leeftijd meegenomen als covariaat in de analyses. Allereerst is onderzocht of er verschillen waren tussen de kinderen met dyscalculie en de kinderen zonder

rekenproblemen op automatiseringsvaardigheden. Overeenkomstig de hypothese bleek dat kinderen met dyscalculie significant lager scoorden op automatiseringsvaardigheden dan kinderen zonder rekenproblemen. Er is sprake van een groot effect. Dit resultaat bevestigt eerder onderzoek waaruit is gebleken dat kinderen met dyscalculie moeite hebben met het automatiseren van rekenfeiten (Adams & Hitch, 1998; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi et al., 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; Ruijsenaars et al., 2006; Van der Sluis, Van der Leij, & De Jong, 2005). Automatiseren is belangrijk voor het aanleren van rekenvaardigheden die op een hoger cognitief niveau liggen (Ruijsenaars et al., 2006; Van Luit et al., 2014). Het niet vlot kunnen beschikken over rekenfeiten belast het uitvoeren van rekenprocedures (Vanbinst et al., 2012). Hoe meer moeite een kind moet doen voor het uitrekenen van eenvoudige sommen, hoe minder capaciteiten het werkgeheugen beschikbaar heeft voor het verwerken van, overdenken van en redeneren met gegeven informatie. Wanneer een leerkracht aan de hand van een dagelijks praktijkvoorbeeld een probleem bespreekt en een kind geen automatische toegang tot rekenfeiten heeft (40 is 5 meer dan 35), kan het gebeuren dat het kind het gesprek in de groep over de praktijksituatie niet begrijpt. Het lukt dan niet om betekenis te verlenen aan getallen en rekenkundige informatie. Daarnaast zorgt moeite met automatiseren ervoor dat het niveau van functionele gecijferdheid niet of nauwelijks bereikt wordt, waardoor kinderen buiten school en later als volwassene niet optimaal kunnen handelen in dagelijkse rekensituaties (Van Groenestijn et al., 2011; Ruijsenaars et al., 2006).

Verschillen in werkgeheugencapaciteit tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen

Nadat onderzocht is of er verschillen zijn in automatiseringsvaardigheden tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen, is onderzocht of er verschillen zijn tussen deze twee groepen op de verschillende werkgeheugencomponenten (VB KT, VB WG, VS KT en VS WG). Er bleek een significant verschil tussen de groepen op VS KT. Er is sprake van een middelmatig effect. In tegenstelling tot de hypothese bleek dat kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie significant hoger scoorden op dit onderdeel van het werkgeheugen dan kinderen zonder rekenproblemen. Deze resultaten zijn tegenstrijdig met eerder onderzoek, waaruit blijkt dat kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie meer moeite hebben met taken waarbij ze tijdelijk visueel-ruimtelijke informatie moeten opslaan, dan kinderen zonder rekenproblemen (Raghubar et al., 2010; Vanbinst et al., 2012). Dit onderzoek is uitgevoerd met een kleine aselechte steekproef, waardoor de resultaten moeilijk generaliseerbaar zijn. Dat de resultaten

van het huidige onderzoek niet overeenkomen met de resultaten van eerder onderzoek, kan een gevolg zijn van de aselechte steekproef.

Kinderen met dyscalculie verschillen niet wat betreft de verwerkingssnelheid van visueel-ruimtelijke informatie ten opzichte van kinderen zonder rekenproblemen (Geary, Brown, & Samaranayake, 1991). Dit komt overeen met de resultaten van dit onderzoek, waarin geen verschil blijkt in VS WG tussen kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen. Doordat er geen verschillen zijn in de verwerkingssnelheid van visueel-ruimtelijke informatie, hebben de kinderen in de dyscalculistische groep mogelijk voldoende ruimte vrij in het visueel-ruimtelijk schetsblok om goed te presteren op de taak die een beroep doet op VS KT.

In tegenstelling tot de hypothese, bleek verder geen significant verschil tussen de groepen op de verbale werkgeheugencomponenten (VB KT en VB WG). Uit eerder onderzoek is gebleken dat problemen met automatiseringsvaardigheden samenhangen met een fonologisch tekort bij een populatie waarin geen kinderen met dyscalculie onderscheiden zijn (Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004; Raghubar et al., 2010; Vanbinst et al., 2012). De resultaten van dit onderzoek suggereren dat een fonologisch tekort niet of minder van invloed is op automatiseringsvaardigheden bij kinderen met dyscalculie. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat kinderen met dyscalculie meer problemen ervaren met taken die een beroep doen op de visueel-ruimtelijke werkgeheugencomponenten dan met taken die een beroep doen op de verbale werkgeheugencomponenten (Geary et al., 1991; Hitch & McAuley, 1991; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; Siegel & Ryan, 1989).

Samenhang tussen automatiseringsvaardigheden en werkgeheugen

Er zijn sterke correlaties gevonden tussen automatiseringsvaardigheden en de werkgeheugencomponenten, ook wanneer er gecontroleerd is voor groep met behulp van partiële correlaties. Uit de analyses is gebleken dat het model met de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten een goede voorspeller is van automatiseringsvaardigheden. Er is sprake van een groot effect. Binnen dit model zijn de diagnostische groep en de beide typen kortetermijngeheugen significante voorspellers van automatiseringsvaardigheden. De werkgeheugencomponenten bleken echter geen modererend effect te hebben.

Kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie scoorden lager op automatiseringsvaardigheden dan kinderen zonder rekenproblemen, de kinderen scoorden hoger op automatiseringsvaardigheden naarmate zij hoger scoorden op beide typen kortetermijngeheugen. Deze resultaten geven nieuwe inzichten ten opzichte van eerder

onderzoek, waarin enkel de fonologische lus of enkel het visueel-ruimtelijk schetsblok als voorspeller van automatiseringsvaardigheden gevonden zijn (D'Amico & Guarnera, 2005; Gathercole et al., 2004; Geary, 1993; McLean & Hitch, 1999; Panaoura & Philippou, 2007; Passolunghi & Siegel, 2001). Conceptuele verschillen kunnen een verklaring vormen waarom in het ene onderzoek enkel een effect gevonden wordt van de fonologische lus, terwijl in ander onderzoek enkel een effect gevonden wordt van het visueel-ruimtelijk schetsblok. Verder onderzoek is nodig, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende onderdelen van de fonologische lus en de verschillende onderdelen van het visueel-ruimtelijk schetsblok om te beoordelen welke aspecten van deze twee werkgeheugencomponenten precies van invloed zijn op de automatiseringsvaardigheden. Wanneer de verschillende onderdelen van de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok onderscheiden worden, worden de resultaten uit het huidig onderzoek mogelijk bevestigd.

Voor de (onderwijs)praktijk en voor de diagnostiek en begeleiding van kinderen met dyscalculie betekenen deze resultaten dat onderwijskundigen zich bewust moeten zijn van het feit dat deze kinderen beschikken over een zwakker werkgeheugen dan leeftijdgenoten (Smith-Spark & Fisk, 2007; Swanson & Alloway, 2012). Kinderen met dyscalculie profiteren daarom van korte opdrachten en veel herhaling. Door hierbij visuele ondersteuning te bieden wordt na verwachting het werkgeheugen ontlast. Tevens kunnen de kinderen gebruik maken van een rekenmachine en kladpapier om hun werkgeheugen te ontlasten (Ruijsenaars, Minnaert, & Ghesquière, 2014).

Beperkingen

Dit onderzoek betreft een kleinschalig onderzoek met een relatief kleine, selecte steekproef. Alle kinderen uit de controlegroep kwamen uit dezelfde stad. Daarnaast waren enkele respondenten afkomstig uit het netwerk van de onderzoekers. Hierdoor kunnen de resultaten van het huidige onderzoek niet gegeneraliseerd worden. Een andere beperking is dat enkel automatiseringsvaardigheden als onderdeel van rekenvaardigheid is onderzocht, met een verouderd instrument (TTR) dat door de COTAN wel als voldoende tot goed is beoordeeld (Evers et al., 2009). Aangeraden wordt in de toekomst gebruik te maken van de meer recente Tempo Test Automatiseren (TTA; De Vos, 2010). Tot slot zijn slechts enkele werkgeheugencomponenten onderzocht en niet alle componenten die Alloway (2007), Alloway et al. (2004) en onderscheiden in de AWMA.

Naast de beperkingen heeft het huidige onderzoek ook sterke punten. De leeftijdsrange van dit onderzoek was vrij klein, waardoor de betrouwbaarheid vergroot is. Verder is het meetinstrument voor het werkgeheugen, de AWMA, betrouwbaar en valide. De test-

hertestbetrouwbaarheid is goed. Bovendien was het mogelijk om verschillende werkgeheugencomponenten met betrekking tot automatiseringsvaardigheden tegelijkertijd te analyseren. Dit kan bruikbaar zijn in het begrijpen van processen die in het werkgeheugen plaatsvinden.

Conclusie

Dit onderzoek bevestigt dat kinderen die gediagnosticeerd zijn met dyscalculie lager scoren op automatiseringsvaardigheden dan kinderen zonder rekenproblemen. In tegenstelling tot ander onderzoek, blijkt in dit onderzoek geen verschil tussen kinderen met dyscalculie en kinderen zonder rekenproblemen op de werkgeheugencomponenten VB KT, VB WG, VS KT en VS WG. Verder blijkt dat model 1, het model met de diagnostische groep en de verschillende werkgeheugencomponenten als voorspeller van automatisering een goede voorspeller van automatiseringsvaardigheden is. Binnen dit model zijn en de diagnostische groep en de beide typen kortetermijngeheugen significante voorspellers zijn van automatiseringsvaardigheden. Model 2, met de werkgeheugencomponenten als moderator tussen de diagnostische groep en automatiseringsvaardigheden, bleek een minder goed voorspeller van automatiseringsvaardigheden. De werkgeheugencomponenten hebben geen modererend effect. Verder onderzoek is nodig naar welke werkgeheugencomponenten en processen van invloed zijn op automatisering en kinderen met dyscalculie onderscheiden van kinderen zonder rekenproblemen. Deze resultaten betekenen dat onderwijskundigen die met kinderen met dyscalculie werken zich bewust moeten zijn van het feit dat deze kinderen meer moeite hebben met werkgeheugencomponenten dan leeftijdgenoten. Zij profiteren van korte opdrachten en veel herhaling.

Referenties

- Adams, J. W., & Hitch, G. J. (1998). Children's mental arithmetic and working memory. In C. Donlan (Ed.), *The development of mathematical skills*, pp 153–173. Hove, UK: Psychology Press.
- Adams, J. W., Hitch, G. J., & Donlan, C. (1998). Children's mental arithmetic and working memory. *The development of mathematical skills*, 153-173.
- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1, 134-139.

- Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment*. London: Pearson Assessment.
- Alloway, T. P. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 25, 92-98. doi:10.1027/1015-5759.25.2.92
- 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
- Ashcraft, M. H. (1995). Cognitive psychology and simple arithmetic: a review and summary of new directions. *Mathematical Cognition*, 1, 3-34.
- Ashcraft, M. H. (2002). *Cognition* (3 ed.). New Jersey: Pearson Education.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559. doi:10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- Bokhove, J. (1995). Er zijn 51, 5625 bussen nodig. Een beschouwing over gecijferdheid. *Willem Bartjens*, 14 (3), 6, 11.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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
- De Lange, J. (2005a). Wiskunde om gecijferd van te worden. Deel I. *Nieuwe Wiskrant. Tijdschrift voor Nederlands Wiskundeonderwijs*, 24, 42-48.
- Oonk, W., van Zanten, M., & Keijzer, R. (2007). Gecijferdheid, vier eeuwen ontwikkeling. *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk*, 26(3), 3-18.
- De Lange, J. (2005b). Wiskunde om gecijferd van te worden. Deel II. *Nieuwe Wiskrant. Tijdschrift voor Nederlands Wiskundeonderwijs*, 25, 9-14.
- Lange, J. de (2005b). Wiskunde om gecijferd van te worden. Deel II. *Nieuwe Wiskrant. Tijdschrift voor Nederlands Wiskundeonderwijs*, 25(2), 9-14.
- de Vos, T. (1992). *Tempo test rekenen handleiding en verantwoording*. Amsterdam: Pearson.
- De Vos, T. (2010). *TempoTest Automatiseren*. Amsterdam: Boom Test Uitgevers.

- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L., & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, *14*, 218–224.
- DeStefano, D., & LeFevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, *16*, 353–386. doi:10.1080/09541440244000328
- Evers, A., Braak, M. S. L., Frima, R. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom Testuitgevers.
- 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. 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., Brown, S., & Samaranayake, V. A. (1991). Cognitive addition: a short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, *27*, 787–797. doi:10.1037/0012-1649.27.5.787
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, *114*, 345–362. doi:10.1037/0033-2909.114.2.345
- Geary, D. C., Brown, S. C., & Samaranayake, V. A. (1991). Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, *27*, 787. doi:10.1037/0012-1649.27.5.787
- Gelderblom, G. (2007). *Effectief omgaan met verschillen in het rekenonderwijs*. Amersfoort: CPS onderwijsontwikkeling en advies.
- Gelderblom, G. (2008). *Effectief omgaan met zwakke rekenaars*. Amersfoort: CPS onderwijsontwikkeling en advies.
- Hoogland, K., (2005). Gecijferd. Hoe ga je om met kwantitatieve aspecten van de wereld om je heen? *Euclides*, *80*(4), 186–189. Hoogland, K., & Meeder, M. (2007). *Gecijferdheid in beeld*. Meppel: Boom.

- Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J., (2007). *Rekenen-Wiskunde. Handleiding*. Arnhem: Cito.
- Kaufman, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., Von Aster, M., Göbel, S. M., Grabner, R. H., ... Rubinsten, O. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology, 4*, 21-24. doi:10.3389/fpsyg.2013.00516
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology 74*, 240-260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Neath, I., & Surprenant, A. M. (2003). *Human Memory*. Belmont (CA): Thompson.
- Noël, M-P., Desert, M., Aubrun, A., & Seron, X. (2001). Involvement of short-term memory in complex mental calculation. *Memory & Cognition, 29*, 34-42. doi:10.3758/BF03195738
- Panaoura, A., & Philippou, G. (2007). The developmental change of young pupils' metacognitive ability in mathematics in relation to their cognitive abilities. *Cognitive Development, 22*, 149-164. doi:10.1016/j.cogdev.2006.08.004
- Passolunghi, M. C., Cornoldi, C., & De Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory and Cognition, 27*, 779-790. doi:10.3758/BF03198531
- 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
- 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
- Reisberg, D. (2015). *Cognition: exploring the science of the mind: sixth international student edition*. New York: WW Norton & Company.
- Ruijsenaars, A. J. J. M. (2010). Rekenproblemen en dyscalculie. In G. A. Bakker et al (red.) *Spraak, taal en leren*, pp123-141. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J. E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie: Theorie, onderzoek, diagnostiek en begeleiding*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Ruijsenaars, W., Minnaert, A., & Ghesquière, P. (2014). Leerproblemen en leerstoornissen. In P. Prins & C. Braet (red). *Handboek klinische ontwikkelingspsychologie* (pp. 349-371). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.

- Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development, 60*, 973–980. doi:10.2307/1131037
- Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory, 15*, 34-56. doi:10.1080/09658210601043384
- Swanson, H. L. (1994). short-term memory and working memory do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities? *Journal of Learning Disabilities, 27*, 34-50. doi:10.1177/002221949402700107
- Swanson, H. L., & Alloway, T. P. (2012). Working memory, learning, and academic achievement. APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues, pp 327-366). doi:10.1037/13273-012
- 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
- Van der Sluis, S., Van der Leij, A., & De Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading-and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 207-221. doi:10.1177/00222194050380030301
- Van Groenestijn, M., Borghouts, C., & Janssen, C. (2011). *Protocol Ernstige RekenWiskunde-problemen en Dyscalculie*. Assen: Van Gorcum.
- Van Luit, J. E. H., Bloemert, J., Ganzinga, E. G., & Mönch, M. E. (2014). *Protocol Dyscalculie: Diagnostiek voor Gedragskundigen*. Doetinchem: Graviant.
- Vanbinst, K., Ghesquiere, P., & De Smedt, B. (2012). Numerical magnitude representations and individual differences in children's arithmetic strategy use. *Mind, Brain, and Education, 6*, 129–136. doi:10.1111/j.1751-228X.2012.01148.x
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective and Behavioural Neuroscience, 3*, 255-274. doi:10.3758/CABN.3.4.255

Bijlage 1 Criteria dyscalculie volgens het protocol Dyscalculie: Diagnostiek en behandeling (Van Luit et al., 2014)

De classificatie van dyscalculie dient plaats te vinden aan de hand van de volgende drie criteria:

- (a) er is sprake van een significante rekenachterstand ten opzichte van leeftijd- en/of opleidingsgenoten, waar die persoon in het dagelijks leven door gehinderd wordt (criterium van ernst);
- (b) er is sprake van een significante rekenachterstand ten opzichte van datgene wat op basis van de individuele – cognitieve – ontwikkeling van die persoon verwacht mag worden (criterium van achterstand);
- (c) er is sprake van een hardnekkig rekenprobleem dat resistent is tegen gespecialiseerde hulp (criterium van didactische resistentie).