

RUNNING HEAD: DE FONOLOGISCHE LOOP EN HET VISUO-SPATIËLE
KLADBLOK ALS VOORSPELLER VOOR HET GETALBEGRIP BIJ
BASISSCHOOLKINDEREN.

De Fonologische Loop en het Visuo-Spatiële Kladblok als Voorspeller voor het
Getalbegrip bij Basisschoolkinderen.

Master's thesis: Number sense, math ability and dyscalculia

Utrecht University

Master's programme in Clinical Child, Family and Education Studies

Output 6: Eindversie

Name student: N. Boom

Student number: 5749190

Name supervisor: Michel Nelwan

Name second assessor: Hans van Luit

Date: 26-05-17

Abstract

Background: Arithmetic skills of children are influenced by the number sense and working memory of children. The purpose of this study is to investigate whether the visuospatial sketchpad and the phonological loop are predictors of number sense by children in the age of 6 to 12. **Method:** The research sample consist of 146 children, from which were 72 boys. The age of the children was between 6.15 and 12.97. Number sense and working memory were assessed using computerized tasks for measuring the visuospatial sketchpad, the phonological loop, and number sense. **Results:** Pearson correlations and hierarchical regression analyses showed a significant relation between the visuospatial sketchpad and number sense, as well as between the phonological loop and number sense. When put together in one model and age is added as moderator, the visuospatial sketchpad and the phonological loop aren't significant as predictors. **Conclusion:** The results show the visuospatial sketchpad and the phonological loop are predictor of the number sense, but the predictors aren't significant when age is added as moderator. Age doesn't influence the visuospatial sketchpad and the phonological loop as predictor. Further research is needed to investigate what influence age had on the predictors and number sense.

Keywords: number sense, the visuospatial sketchpad, the phonological loop, children.

Samenvatting

Achtergrond: Rekenvaardigheden van kinderen worden beïnvloed door het getalbegrip en werkgeheugen. Het doel van dit onderzoek is te onderzoeken of het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop een voorspellende waarde zijn voor het getalbegrip. **Methode:** De steekproef heeft een grootte van 146 kinderen, waarvan 72 jongens en 74 meisjes. De leeftijden varieert van 6.15 tot 12.97. Voor het meten van het getalbegrip, visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop zijn er computergestuurde testjes gebruikt. **Resultaten:** Uit een correlatieanalyses en een hiërarchische multiple regressieanalyses analyses komt naar voren dat het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop afzonderlijk van elkaar een significante voorspellende waarde hebben op het getalbegrip. Samengevoegd en met leeftijd als moderator is er geen sprake van een significantie relatie. **Conclusie:** De uitkomsten van dit onderzoek geven weer dat er een relatie is tussen het visuo-spatiële kladblok, de fonologische loop en het getalbegrip. Wanneer leeftijd wordt toegevoegd als moderator is er echter geen relatie meer. Leeftijd heeft geen invloed op de voorspellende waarde van het visuo-spatiële kladblok, de fonologische loop op het getalbegrip. Er wordt

geadviseerd om verder onderzoek te doen naar de invloed van leeftijd op de voorspellende waarde van het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop op het getalbegrip.

Trefwoorden: getalbegrip, visuo-spatiële kladblok, fonologische loop en kinderen.

De Fonologische Loop en het Visuo-Spatiële Kladblok als Voorspeller voor het Getalbegrip
bij Basisschoolkinderen.

Hardnekkige rekenproblemen kunnen op lange termijn negatieve consequenties hebben op de schoolcarrière van kinderen (Toll, Kroesbergen, & Van Luit, 2016). Rekenproblemen hebben grote invloed op het dagelijks functioneren zoals tellen, klokkijken, betalen, etc. (Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Geary, 1990). Ernstige rekenproblemen kunnen dyscalculie worden genoemd (Ruijsenaars, Van Luit, & Lieshout, 2006). Het werkgeheugen en het getalbegrip worden als voorspellende waardes gezien voor de rekenvaardigheden en dus mogelijk voor dyscalculie (Duncan et al., 2007; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniek, 2009; Berch, 2005). In dit artikel wordt onderzocht of een zwak werkgeheugen en getalbegrip een verklarende factor kan vormen voor dyscalculie.

Getalbegrip

Ondanks dat er nog geen eenduidige definitie van het getalbegrip is, kan getalbegrip gezien worden als het vermogen om numerieke hoeveelheden snel te begrijpen en te manipuleren (Dehaene 1992). Getalbegrip wordt gezien als één van de fundamentele cognitieve capaciteiten, naast het werkgeheugen, intelligentieniveau, kortetermijngeheugen, etc. Deze capaciteiten zijn voorspellend voor de prestaties op schoolse vakken, waaronder rekenen (Passolunghi & Lanfranchi, 2012). Getalbegrip kan aan de hand van het Triple Code model worden toegelicht. Volgens dit model zijn er drie verschillende manieren (codes) om numerieke hoeveelheden te verwerken, namelijk: een analoge, een verbale en een visuele code. Deze codes worden gecategoriseerd in de non-symbolische code (analoge code) en de symbolische code (verbale code en visuele code) (Dehaene, 1992; Schmithorst & Brown, 2004). Onder het non-symbolische getalbegrip wordt het vermogen tot manipuleren en begrijpen van verschillende hoeveelheden verstaan (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). Er wordt verondersteld dat de vaardigheid om hoeveelheden te vergelijken al vanaf de geboorte aanwezig is en de basis vormt voor de non-symbolische vaardigheden (Xu, Spelke, & Goddard, 2005). Het symbolische getalbegrip betreft het vermogen om getallen te vormen uit geschreven woorden en Arabische getsymbolen (Dehaene & Cohen, 1995).

Doordat kinderen zich ontwikkelen in het getalbegrip, kunnen zij precieze hoeveelheidrepresentaties voor een steeds breder bereik van getallen generen (Siegler, 2016). De ontwikkeling kan onderverdeeld worden in drie verschillende fases. De eerste fase is de ontwikkeling van non-symbolische getalbegrip naar symbolische getalbegrip. Binnen deze fase worden precieze non-symbolische hoeveelheidrepresentaties gekoppeld aan symbolische

hoeveelheidrepresentaties (Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008). In de tweede fase leren kinderen omgaan met steeds grotere hele getallen, waarbij kinderen gebruik maken van een mentale getallenlijn (Siegler, 2016). De laatste fase is de ontwikkeling, van het begrip, van hele getallen naar breuken en kommagetallen, oftewel rationale getallen. De conceptuele kennis die nodig is bij het leren van hele getallen, moet gereorganiseerd worden voor het begrijpen van rationale getallen (Siegler, 2016).

Werkgeheugen

Naast getalbegrip hebben de executieve functies een invloed op het rekenvermogen van een kind. Executieve functies zijn processen die andere cognitieve functies controleren, dirigeren en coördineren (Bull & Lee, 2014). Werkgeheugen is één van de executieve functies, die een hoge variantie verklaart van de rekenkundige prestaties van kinderen (Andersson & Lyxell, 2007; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010).

Het werkgeheugen wordt over het algemeen gezien als een mentale werkplaats, waar informatie een korte periode wordt vastgehouden en bewerkt tijdens veeleisende cognitieve activiteiten (bijvoorbeeld rekenproblemen) (Gathercole et al., 2004; Swaab, Bouma, Hendriksen, & König, 2011). Er is echter nog geen consensus over deze metafoor in de literatuur. Volgens Baddeley (2000) bestaat het werkgeheugen uit verschillende componenten, die worden aangestuurd door het centrale controlesysteem. Het centrale controlesysteem selecteert en manipuleert informatie in twee subsystemen, namelijk de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok (Baddeley, 2000). Tussen de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok zit de episodische buffer. De episodische buffer is verantwoordelijk voor de integratie van informatie, afkomstig van verschillende bronnen, in het cognitieve systeem van zowel het kortetermijngeheugen als het langetermijngeheugen (Baddeley, 2000; Gathercole et al., 2004).

Het visuo-spatiële kladblok is gespecialiseerd in het vasthouden van visuele en/of ruimtelijke informatie (Otsuka, & Osaka, 2015). Onderzoeken hebben een significante relatie gevonden tussen het getalbegrip en het visuo-spatiële werkgeheugen (Friso-Van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Krajewski & Schneider, 2009).

De fonologische loop is gespecialiseerd in het kort vasthouden van verbale informatie, door gebruik te maken van herhaaldelijk innerlijke spraak (Otsuka, & Osaka, 2015). Een verbaal geheugenspoor vervalt wanneer deze niet binnen twee seconden herhaald wordt (Gathercole et al., 2004).

Mogelijk heeft de fonologische loop invloed op het getalbegrip. De onderzoeken over deze relatie hebben uiteenlopende resultaten, waarbij er wel of niet een relatie gevonden wordt (Durand, Hulme, Larkin, & Snowling, 2005; Friso-Van den Bos et al., 2013; Krajewski & Schneider, 2009). Aangezien de fonologische loop verantwoordelijk is voor het kort vasthouden en bewerken van verbale informatie, heeft de fonologische loop voornamelijk invloed op de taalvaardigheden (Baddeley, Gathercole, & Papagoga, 1998). Echter kan non-fonologische input, zoals visuo-spatiële informatie, gehercodeerd worden in een fonologische code, waardoor het kan worden opgeslagen in de fonologische loop. Uit een meta-analyse van Swanson & Jerman (2006) blijkt dat de fonologische loop invloed heeft op de rekenkundige vaardigheden van een persoon. Daarnaast is er empirisch bewijs dat er een positieve relatie is tussen de fonologische loop en vaardigheden van het getalbegrip, bijvoorbeeld tellen (Fuchs et al., 2005; Kroesbergen & van Dijk, 2015).

Ontwikkeling Werkgeheugen

Tijdens de kindertijd maakt het werkgeheugen een forse ontwikkeling door: de capaciteit van het werkgeheugen vergroot, kinderen passen meer en efficiënter geheugenstrategieën toe, kinderen maken meer gebruik van semantische kennis en ze kunnen beter hun aandacht controleren (Hendriks, Dernison, Vugs, & König, 2016). Wanneer er specifiek naar de ontwikkeling van de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok wordt gekeken is er een merkwaardige verandering rond het zevende levensjaar van een kind te zien.

Eerder is genoemd dat de fonologische loop het subvocale repetitieproces bevat. Opvallend is dat kinderen jonger dan zeven jaar niet betrouwbaar gebruik maken van dit subvocale repetitieproces, waardoor de fonologische loop bij jongere kinderen alleen bestaat uit fonologische opslag (Gathercole & Hitch, 1993). Na de leeftijd van zeven jaar wordt het subvocale repetitieproces meer betrouwbaar en dus effectiever gebruikt.

Voor de leeftijd van zeven zijn kinderen meer afhankelijk van het visuo-spatiële kladblok bij het onthouden van visuele informatie (Gathercole et al., 2004). Vanaf de leeftijd van zeven jaar kan de fonologische loop bijdragen aan het onthouden van visuele informatie. De visuele informatie wordt namelijk door de fonologische loop omgezet in fonologische informatie, waardoor deze visuele informatie tijdelijk in de fonologische loop opgeslagen kan worden (e.g., Hitch, & Halliday, 1983; Hitch, Towse, & Hutton, 2001). Deze ontwikkeling is terug te zien in de rekenvaardigheden van kinderen. Rekenvaardigheden worden minder afhankelijk van visuo-spatiële waarneming en meer afhankelijk van de manipulatie van cijferwoorden (Simmons, Singleton, & Horne, 2007). Door deze opvallende verandering rond

het zevende levensjaar, worden de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok effectiever gebruikt.

Doel van het Onderzoek

Meerdere onderzoeken hebben aangetoond dat het werkgeheugen en het getalbegrip invloed hebben op rekenvaardigheden. Er is echter nog weinig bekend over de voorspellende waarde van. Zowel het functioneren van het werkgeheugen als het getalbegrip ontwikkelt zich door de kinderjaren. Mogelijk voorspelt de ontwikkeling van het werkgeheugen de ontwikkeling van het getalbegrip. In dit onderzoek wordt gezocht of het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop een voorspellende waarde vormen voor het getalbegrip. De onderzoeken over de relatie tussen de fonologische loop en het getalbegrip zijn uiteenlopend. In dit onderzoek wordt onderzocht of er een relatie is tussen de fonologische loop en het getalbegrip. Daarnaast wordt er gekeken of de relatie tussen de fonologische loop en het getalbegrip anders is voor en na het zevende levensjaar. Veel onderzoeken laten een positieve relatie zien tussen het visuo-spatiële kladblok en het getalbegrip. In dit onderzoek wordt deze relatie onderzocht, om te onderzoeken of deze positieve relatie ook geldt bij kinderen tussen de leeftijd van zes tot en met twaalf.

De centrale vraagstelling van dit onderzoek is: In hoeverre is er een voorspellende relatie tussen het getalbegrip en de fonologische loop en/of visuo-spatiële kladblok met leeftijd als moderator? Gebaseerd vanuit bovenstaande literatuur wordt er verwacht dat het visuo-spatiële kladblok een verklarende factor is voor het getalbegrip. De leeftijd zal een positief modererend effect hebben op de verklarende factor. Daarnaast wordt er verwacht dat de fonologische loop een verklarende factor is voor het getalbegrip, De leeftijd zal als moderator effect hebben op de verklarende factor. Gezamenlijk zullen de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok een voorspellende waarde vormen voor het getalbegrip. De leeftijd zal als moderator effect hebben op de verklarende factor.

Methode

Populatie en Steekproef

De steekproef bestaat uit kinderen ($n = 146$, 72 jongens) van basisschoolleeftijd van groep 3 tot en met groep 8 (tussen de 6.15 en 12.97 jaar), zonder psychiatrische problematiek. De kinderen kwamen uit midden en oost Nederland. Directeuren en intern begeleiders werden benaderd en gevraagd of ze deel wilden nemen aan het onderzoek. Zij selecteerden de deelnemende leerlingen aan de hand van de inclusiecriteria. De kinderen ontwikkelden zich

op gemiddeld niveau op de vakken technisch lezen, begrijpend lezen en spelling (CITO-score I-III niveau).

Procedure

Er zijn binnen dit onderzoek vijf taken per kind afgenomen. Drie taken meten het getalbegrip, één taak meet de fonologische loop en de laatste taak meet het visuo-spatiële kladblok. De taken worden, op eigen school, in groepjes van drie tot zes kinderen afgenomen. De afname van de taken duurt gemiddeld 45 minuten. De test wordt begeleid door een testleider. Aan het eind van het testmoment krijgen de deelnemende leerlingen een beloning in de vorm van een kaartje.

Meetinstrumenten

Symbolisch Getalbegriptaak

In deze computergestuurde subtest krijgen kinderen twee getallen op het beeldscherm te zien, waarbij de kinderen aan moeten geven welke van de twee getallen de grootste waarde heeft. Voorafgaand aan de taak krijgen de kinderen oefenopgaven (Kolkman et al., 2013b).

Non-symbolische Getalbegriptaak

In deze computergestuurde subtest krijgen kinderen twee puntenwolken te zien. De kinderen moeten de puntenwolk kiezen waar de meeste puntjes in staan. Voorafgaand aan de taak krijgen de kinderen oefenopgaven (Barth et al., 2006; Gebuis, Kadosh, & de Haan, 2009). Binnen non-symbolische vaardigheidstesten wordt deze subtest vaak gebruikt (De Smedt & Gilmore, 2011; Rousselle & Noel, 2007).

Getallenlijntaak

In deze computergestuurde subtest krijgen kinderen een getallenlijn te zien van 0-100. Op deze getallenlijn moeten kinderen getallen, die op een centrale plek op het computerscherm staat, op de juiste plek plaatsen. De getallen worden voorgelezen door een testleider. Voorafgaand aan de taak krijgen de kinderen oefenopgaven (Laski & Siegler, 2007).

Monkey Game

Deze subtest is computergestuurd. Kinderen krijgen een aantal woorden te horen, die ze moeten onthouden (e.g. maan, roos, oog, etc.). De kinderen moeten daarna de woorden in omgekeerde volgorde in een 3 x 3 matrix aanklikken. De taak bestaat uit vijf levels, oplopend in moeilijkheidsgraad, die ieder vier trials heeft. Met deze subtest wordt de capaciteit van de fonologische loop en *executive central* gemeten.

De validiteit en betrouwbaarheid van deze subtest zijn onderzocht en blijken goed te zijn. Cronbach's alpha is $\alpha = .89$ (Van de Weijer-Bergsma et al., 2015).

Lion Game

Deze subtest is computergestuurd. Kinderen krijgen binnen een 4 x 4 matrix 16 struiken te zien. Per trail verschijnen er leeuwen met verschillende kleuren (rood, groen, geel, paars en blauw) op de struiken. De kinderen moeten onthouden waar de leeuw met een bepaalde kleur verscheen en moeten met een muisklik aangeven welke locatie dat was. De taak bestaat uit vijf levels, oplopend in moeilijkheidsgraad, die ieder vier trials heeft. Met deze subtest wordt de capaciteit van het visuo-spatiële kladblok en *central executive* gemeten.

De validiteit en betrouwbaarheid van deze subtest zijn onderzocht en blijken goed te zijn. Cronbach's alpha is $\alpha = .86$ (Van de Weijer-Bergsma, et al., 2014).

Analyse

Om te achterhalen of het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop samenhangen met het getalbegrip wordt er een correlatieanalyse gebruikt. Voor de variabele getalbegrip moeten de scores van de Symbolisch getalbegrip, Non-symbolische getalbegrip en Getallenlijntaak samengevoegd worden tot één factor. Deze factoroplossing is gecontroleerd door middel van een *Principal Axis Factoring*. Hieruit blijkt dat de drie getalbegriptaken tot één schaal kunnen worden samengevoegd. Gezamenlijk verklaren de drie getalbegriptaken 38,06% van de variantie ($R=.3806$). Uit de Cronbach's alpha komt een matige betrouwbaarheidsscore, namelijk $\alpha = 0.57$. De nieuwe variabele getalbegrip is van continu meetniveau. De sterkte van de correlatie wordt bepaald aan de hand van de proportie verklaarde variantie. De correlatie is significant wanneer de waarde van r groter is dan de kritieke waarde van r of wanneer de p -waarde kleiner is dan het alpha-level (.05).

Om de voorspellende waarde van de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok op het getalbegrip te achterhalen, wordt er een meervoudige regressieanalyse toegepast. Deze regressieanalyse wordt gecontroleerd door de variabele leeftijd. Binnen de meervoudige regressie zijn de fonologische loop en het visuo-spatiële kladblok de onafhankelijke variabelen die een continu meetniveau hebben. De afhankelijke variabele is het getalbegrip. De regressie is significant wanneer de waarde van r groter is dan de kritieke waarde van r of wanneer de p -waarde kleiner is dan het alpha-level (.05).

Voorafgaand aan de analyses zijn de missende data geëxcludeerd. Dit is gedaan aan de hand van de optie *exclude cases listwise*. Daarnaast zijn de uitschieters uit het databestand gehaald. Alle afhankelijke en onafhankelijke variabelen zijn omgezet in een Z-score. Binnen

deze Z-scores zijn alle scores boven de 3,00 en onder de -3,00 niet meegenomen in de analyse.

Resultaten

Beschrijvende Statistieken

De onderzoeksgroep had een grootte van 146 kinderen. De leeftijd varieerde van 6,15 tot 12,97 jaar, met een gemiddelde van 9,41. In Tabel 1 is het overzicht te zien van het aantal metingen, gemiddelden, standaarddeviaties, minimum scores en maximum scores.

Tabel 1.

Beschrijvende statistieken bij de leeftijd, werkgeheugentaken en getalbegriiptaken

	n	M	SD	Minimum	Maximum
Leeftijd	146	9.41	1.72	6.15	12.97
Fonologische loop	131	0.74	0.17	0.20	0.99
Visuo-spatiële kladblok	138	0.57	0.14	0.14	0.85
Getalbegrip	125	0.84	0.06	0.56	0.92

Relatie Tussen het Visuo-Spatiële Kladblok en het Getalbegrip

De mate van samenhang tussen het visuo-spatiële kladblok en het getalbegrip is gemeten door middel van een Pearson correlatieanalyse. Hieruit komt naar voren dat er een positieve correlatie is tussen de twee variabelen, met een gemiddeld effect $r(123) = .36$, $p < .001$. De proportie verklaarde variantie van het visuo-spatiële kladblok en het getalbegrip is 13,2% ($R^2 = .132$).

De Voorspellende Waarde van het Visuo-Spatiële Kladblok op het Getalbegrip, met Leeftijd als Moderator

Om te onderzoeken of het visuo-spatiële kladblok een voorspellende factor is voor het getalbegrip, met leeftijd als moderator, is er een hiërarchische multiple regressie uitgevoerd. Voorafgaand aan de analyse zijn de visuo-spatiële kladblok variabele en de leeftijd variabele gecentreerd. Hierna is een interactievariabele aangemaakt.

In Tabel 2 zijn de resultaten van de hiërarchische multiple regressieanalyse weergegeven. Uit model 1 blijkt het visuo-spatiële kladblok 13.2% van de variantie in het getalbegrip te verklaren ($R^2 = .132$, $F(1, 113) = 17.25$, $p < .001$). De verklaarde variantie is significant. Een sterker visuo-spatiële kladblok is voorspellend voor een sterker getalbegrip.

De leeftijd is toegevoegd in model 2. Leeftijd zorgt voor een extra significante verklaarde variantie van 10.9% ($\Delta R^2 = .109$, $\Delta F(1, 112) = 16.10$, $p < .001$). Echter wanneer de

leeftijd als predictor wordt toegevoegd, neemt de voorspellende waarde van het visuo-spatiële kladblok af, waardoor het visuo-spatiële kladblok niet meer een significante predictor is.

Het interactie-effect van leeftijd*visuo-spatiële kladblok is in model 3 toegevoegd. Het interactie-effect leeftijd*visuo-spatiële kladblok zorgt voor een extra significante verklaarde variantie van 2.3% ($\Delta R^2 = .023$, $\Delta F(1, 111) = 3.42$, $p = .067$). Gezamenlijk verklaren de drie variabelen 26.4% van de variantie in het getalbegrip ($R^2 = .264$, $F(3, 111) = 13.28$, $p < .001$). In Tabel 2 is te zien dat het visuo-spatiële kladblok en de leeftijd als moderator geen significante relatie hebben met het getalbegrip. Leeftijd heeft daarentegen wel een significante positieve relatie met het getalbegrip. Het visuo-spatiële kladblok is een voorspellende factor voor het getalbegrip. Deze voorspellende factor vervalt wanneer de leeftijd als moderator wordt toegevoegd aan het model.

Tabel 2.

Gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (B), gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (β), standaarddeviatie (SE) en overschrijdingskans (p)

	B	β	SE	p
Model 1				
(Constant)	.83		.01	<.001
Visuo-spatiële kladblok	.14	.35	.03	<.001
Model 2				
(Constant)	.83		.01	<.001
Visuo-spatiële kladblok	.07	.17	.04	.079
Leeftijd	.01	.38	.00	<.001
Model 3				
(Constant)	.84		.01	<.001
Visuo-spatiële kladblok	.05	.13	.04	.188
Leeftijd	.01	.37	.00	<.001
Leeftijd* Visuo-spatiële kladblok	-.03	-.16	.02	.067

De Relatie Tussen de Fonologische Loop en het Getalbegrip

De mate van samenhang tussen de fonologische loop en het getalbegrip is gemeten door middel van een Pearson correlatieanalyse. Hieruit komt naar voren dat er een positieve correlatie is tussen de twee variabelen, met een klein effect $r(123) = .19$, $p < .005$. De proportie verklaarde variantie van het de fonologische loop en het getalbegrip is 3.6% ($R^2 = .036$).

De Voorspellende Waarde van de Fonologische Loop op het Getalbegrip, met Leeftijd als Moderator

Om de relatie tussen de fonologische loop en het getalbegrip te onderzoeken is er een soortgelijke analyse uitgevoerd. De variabele visuo-spatiële kladblok is vervangen door de variabele fonologische loop.

In tabel 3 zijn de resultaten van de hiërarchische multiple regressieanalyse weergegeven. Uit model 1 blijkt de fonologische loop 3.7% van de variantie in het getalbegrip te verklaren ($R^2 = .037$, $F(1, 113) = 4.41$, $p = .038$). De verklaarde variantie is significant. Sterkere fonologische loop voorspelt een sterker getalbegrip.

De leeftijd is toegevoegd in model 2. De leeftijd zorgt voor een extra significante verklaarde variantie van 19.3% ($\Delta R^2 = .193$, $\Delta F(1, 112) = 28.79$, $p < .001$). Ondanks de positieve significantie relatie tussen getalbegrip en de leeftijd, blijkt de positieve relatie tussen het getalbegrip en de fonologische loop niet meer significant te zijn.

Het interactie-effect van leeftijd*fonologische loop is in model 3 toegevoegd. Het interactie-effect leeftijd*Monkey game zorgt voor een extra niet-significante verklaarde variantie van 1.2% ($\Delta R^2 = .012$, $\Delta F(1, 111) = 1.78$, $p = .185$). Gezamenlijk verklaren de drie variabelen 24.1% van de variantie in het getalbegrip ($R^2 = .241$, $F(3, 111) = 12.09$, $p < .001$). In Tabel 3 is te zien dat de fonologische loop en de leeftijd als moderator geen significante relatie hebben met het getalbegrip. Leeftijd heeft daarentegen wel een significante positieve relatie met het getalbegrip. De fonologische loop is een voorspellende factor voor het getalbegrip. Deze voorspellende factor vervalt wanneer de leeftijd als moderator wordt toegevoegd aan het model.

Tabel 3.

Gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (B), gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (β), standaarddeviatie (SE) en overschrijdingskans (p)

	B	β	SE	p
Model 1				
(Constant)	.84		.01	<.001
Monkey game	.09	.19	.04	.038
Model 2				
(Constant)	.83		.01	<.001
Fonologische loop	.00	.01	.04	.953
Leeftijd	.02	.48	.00	<.001

Model 3

(Constant)	.84		.01	<.001
Fonologische loop	.01	.02	.04	.857
Leeftijd	.02	.45	.00	<.001
Leeftijd* fonologische loop	-.03	-.11	.02	.185

De Voorspellende Factor van de Fonologische Loop en het Visuo-Spatiële Kladblok op het Getalbegrip, met Leeftijd als Moderator

Om te onderzoeken of het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop gezamenlijk een voorspellende factor zijn voor het getalbegrip, met leeftijd als moderator, is er een multiple regressie uitgevoerd. Voorafgaand aan de analyse zijn de visuo-spatiële kladblok variabele, de fonologische loop variabele en de leeftijd variabele gecentreerd. Waarna er een interactievariabele is aangemaakt.

Gezamenlijk verklaren de vijf variabelen 24.9% van de variantie in het getalbegrip ($R^2 = .249$, $F(1, 104) = 8.22$, $p < .001$). In Tabel 4 is te zien dat het visuo-spatiële kladblok de fonologische loop en de leeftijd als moderator geen significante relatie hebben met het getalbegrip. Leeftijd heeft daarentegen wel een significante positieve relatie met het getalbegrip. Het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop, met leeftijd als moderator, vormen gezamenlijk niet een voorspellende factor voor het getalbegrip.

Tabel 4.

Gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (B), gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt (β), standaarddeviatie (SE) en overschrijdingskans (p)

	B	β	SE	p
(Constant)	.84		.01	<.001
Fonologische loop	-.03	-.04	.04	.674
Visuo-spatiële kladblok	.07	.18	.04	.082
Leeftijd	.01	.36	.00	.001
Leeftijd* Fonologische loop	-.01	-.04	.03	.655
Leeftijd* Visuo-spatiële kladblok	-.03	-.15	.02	.151

Conclusie & Discussie

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken of het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop een voorspellende waarde vormen voor het getalbegrip. Daarnaast wordt er bekeken of het leeftijd een modererend effect heeft op de voorspellende waarde van het visuo-

spatiële kladblok en de fonologische loop. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop afzonderlijk van elkaar een voorspeller zijn voor het getalbegrip. Wanneer leeftijd als moderator wordt toegevoegd, vervalt de voorspellende waarde van het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat dat het visuo-spatiële kladblok een voorspeller is voor het getalbegrip, deze bevindingen komen overeen met de uitkomsten van verschillende onderzoeken (Krajewski & Schneider, 2009; Friso-Van den Bos et al., 2013). De voorspellende waarde van het visuo-spatiële kladblok vervalt wanneer de leeftijd als moderator wordt toegevoegd. Dit komt niet overeen met de uitkomsten van de onderzoeken van Simmons et al. (2007) en Gathercole et al. (2004). Zij vonden dat leeftijd een negatieve moderator vormde. Dit betekent dat hoe hoger de leeftijd, des te minder er gebruik wordt gemaakt van het visuo-spatiële kladblok. Het verschil in uitkomsten kan verklaard worden door het verschil in opzet van de onderzoeken. Binnen de onderzoeken van Simmons et al. (2007) en Gathercole et al. (2004) zijn de leeftijdsverdelingen relatief gelijk. Binnen het huidige onderzoek is dit niet het geval.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de fonologische loop een voorspeller is voor het getalbegrip. De voorspellende waarde is echter zwak. Dit komt overeen met verschillende onderzoeken (Fuchs et al., 2005; Kroesbergen & van Dijk, 2015). Andere onderzoeken hebben echter andere uitkomsten. De uitkomsten van deze onderzoeken tonen aan dat de fonologische loop niet een voorspeller is voor het getalbegrip (Durand et al., 2005; Friso-Van den Bos et al., 2013; Krajewski & Schneider, 2009). Binnen deze onderzoeken worden echter andere begrippen gehanteerd. De focus ligt meer op de rekenvaardigheden. Opvallend is, dat uit een meta-analyse van Swanson & Jerman (2006) blijkt dat de fonologische loop invloed heeft op de rekenkundige vaardigheden van een persoon.

Binnen het huidige onderzoek vervalt de voorspellende waarde van de fonologische loop wanneer de leeftijd als moderator wordt toegevoegd. Leeftijd heeft geen invloed op de voorspellende waarde van de fonologische loop. Dit komt overeen met de uitkomsten van verschillende onderzoeken (e.g., Hitch, & Halliday, 1983; Hitch et al., 2001). Verder onderzoek moet uitwijzen wat het effect van leeftijd is op de voorspellende waarde van de fonologische loop.

De uitkomsten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor het rekenonderwijs en onderzoeken omtrent rekenproblemen. Het is binnen deze sectoren belangrijk om de samenhang tussen het werkgeheugen en het getalbegrip te kennen. Dit onderzoek laat zien dat

het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop het functioneren van het getalbegrip beïnvloeden. Het functioneren van het getalbegrip heeft op zijn beurt weer invloed op de rekenvaardigheden van een kind. Mogelijk kunnen deze inzichten bijdragen aan het ontwikkelen van diagnostische instrumenten en interventies voor rekenproblemen.

Er zijn enkele beperkingen binnen dit onderzoek. Binnen dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een kleine steekproef. Bij een grotere steekproef zou de power groter zijn geweest. Dit heeft mogelijk invloed op de onderzoeksresultaten. Volgens de berekeningen van Field (2013) wordt een steekproef van 300 deelnemers als voldoende gezien. Er wordt aangeraden om dit onderzoek te repliceren met een grotere steekproef.

Er zijn enkele beperkingen binnen de dataverzameling. De computergestuurde taken werkten niet altijd optimaal. Deze werkten wat traag, waardoor de kinderen ongeduldig begonnen te klikken. Dit zorgt ervoor dat enkele scores bij de taak Getallenlijn een vertekend beeld kunnen geven.

De data van het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop zijn afkomstig van ieder één test. Voor een volgend onderzoek zijn de resultaten van de analyses meer betrouwbaar als de data van het visuo-spatiële kladblok en de fonologische loop afkomstig zijn van meerdere bronnen.

Literatuur

- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228. doi:10.1002/acp.1317
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Nature Reviews: Neuroscience*, 4, 829-838. Verkregen van http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/S1364661300015382/1-s2.0-S1364661300015382-main.pdf?_tid=4a4ed7c0-9c1d-11e6-991d-00000aab0f01&acdnat=1477556209_491a6123d0c6cde7129690e762f5c624
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173. Verkregen van <https://pdfs.semanticscholar.org/f340/3857289c0dd63a0f845f60f75e6490e7e3d7.pdf>

- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Nonsymbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, *98*, 199-222. doi:10.1016/j.cognition.2004.09.011
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *38*, 333-339. doi:10.1177/00222194050380040901
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, *8*, 36-41. doi:10.1111/cdep.12059
- COTAN (1997). Beoordeling Tempo Test Rekenen. Verkregen van http://www.cotandocumentatie.nl.proxy.library.uu.nl/test_details.php?id=218
- De Smedt, B., & Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*, 278-292. doi:10.1016/j.jecp.2010.09.003
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42. Verkregen van http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/001002779290049N/1-s2.0-001002779290049N-main.pdf?_tid=7a2d6792-3ee1-11e7-be32-00000aab0f02&acdnat=1495452559_a8f259c9cdf9a77dc3cbc5a479b5cffc
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, *1*, 83-120. Verkregen van http://www.unicog.org/publications/DehaeneCohen_TripleCodeModelNumberProcessing_MathCognition1995.pdf
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., . . . Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*, 1428-1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428

- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R., & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7-to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 113-136. doi:10.1016/j.jecp.2005.07.004
- Eger, E., Sterzer, P., Russ, M. O., Giraud, A. L., & Kleinschmidt, A. (2003). A supramodal number representation in human intraparietal cortex. *Neuron, 37*, 719-726. Verkregen van http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/S0896627303000369/1-s2.0-S0896627303000369-main.pdf?_tid=ed82da14-c6c9-11e6-9bde-00000aab0f01&acdnat=1482248305_2ff7b5cfef8bbbb31f5fa2081e6adc9a
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th edition)*. London: Sage.
- Friso-Van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29–44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification and cognitive determinants of maths difficulty. *Journal of Educational Psychology, 97*, 493-513. doi:10.1037/0022-0663.97.3.493
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology, 92*, 377–390. doi:10.1037//0022-0663.92.2.377
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004) The structure of working memory form 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*, 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.1.177
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 18*, 1-16. doi:10.1002/acp.934

Geary, D. C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics.

Journal of Experimental Child Psychology, 49, 363 – 383. Verkregen van http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/002209659090065G/1-s2.0-002209659090065G-main.pdf?_tid=2ab380ac-95fe-11e6-bd97-00000aacb35d&acdnat=1476883135_24a9cabf39e34519c14ac48163f8fb43

Gebuis, T., Cohen Kadosh, R., & De Haan, E. (2009). Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. *Cognitive Processing*, 10, 133-142. doi:10.1007/s10339-008-0219-x.

Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665-668. doi:10.1038/nature07246

Hendriks, M., Dernison, R., Vugs, B., & König, C., (2016). Geheugen. In H. Swaab, A. Bouma, J. Hendriksen, & C. König (Red.), *Klinische Kinderneuropsychologie* (pp. 163-188). Amsterdam: Boom.

Hitch, G. J., & Halliday, M. S. (1983). Working memory in children. *Philosophical transactions of the royal society of london, Series B*, 302, 324–340. Verkregen van <http://www.jstor.org/stable/pdf/2395997.pdf>

Hitch, G. J., Halliday, M. S., Schaafstal, A. M., & Schraagen, J. M. C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition*, 16, 120–132. Verkregen van http://download.springer.com/static/pdf/22/art%253A10.3758%252F03213479.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.3758%2F03213479&token2=exp=1484310988~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F22%2Fart%25253A10.3758%25252F03213479.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.3758%252F03213479*~hmac=41f7580da002ebc09d4d6d35a70dd37f899f5a9374c18600fe5f57a0c0119407

- Hitch, G. J., Towse, J. N., & Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 184–198. doi:10.1037//0096-3554.130.2.184
- Jarvis, H. L., & Gathercole, S. E. (2003). Verbal and non-verbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, *20*, 123–140. Verkregen van https://www.researchgate.net/profile/Lorna_Bourke/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level/links/02e7e51ee5262398b0000000.pdf#page=125
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, *45*, 850-867. doi:10.1037/a0014939
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors Oláh, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, *77*, 153-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.05.003>
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013b). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction*, *25*, 95–103. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.12.001
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 516-531. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009

- Kroesbergen, E. H., & van Dijk, M. (2015). Working memory and number sense as predictors of mathematical (dis-) ability. *Zeitschrift für Psychologie*, *223*, 102–109.
doi:10.1027/2151-2604/a000208
- Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connection among numerical categorization, number-line estimation and numerical magnitude comparison. *Child Development*, *78*, 1723-1744. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x.
- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, *82*, 42–63. doi:10.1111/j.2044-8279.2011.02039.x
- Price, G. R., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, causes, and treatments. *Numeracy*, *6*, 1-16. <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.2>
- 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
- Rousselle, L., & Noel, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005.
- Schmithorst, V. J., & Brown, R. D. (2004). Empirical validation of the triple-code model of numerical processing for complex math operations using functional MRI and group independent component analysis of the mental addition and subtraction of fractions. *NeuroImage*, *22*, 1414–1420. doi:10.1016/j.neuroimage.2004.03.021
- Siegler, R. S. (2016). Magnitude knowledge: the common core of numerical development. *Developmental Science*, *19*, 341-361. doi:10.1111/desc.12395

- Simmons, F., Singleton, C., & Horn, J. (2007). Brief report - Phonological awareness and visual-spatial. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*, 711-722.
doi:10.1080/09541440701614922
- Swaab, H., Bouma, A., Hendriksen, & J., König, C. (2011). Geheugen. In H. Swaab (Ed.), *Klinische kinderneuropsychologie* (pp. 147-167). Amstersdam: Boom
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research, 76*, 249-274.
doi:10.3102/00346543076002249
- Toll, S. W., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2016). Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics. *British Journal of Educational Psychology, 86*, 429–445. doi:10.1111/bjep.12116
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Jolani, S., & Van Luit, J. E. (2015a). The Monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior Research Methods, 48*, 1-16.
doi:10.3758/s13428-015-0607-y
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & Van Luit, J. E. (2014). Validity and reliability of an online visual–spatial working memory task for self-reliant administration in school-aged children. *Behavior Research Methods, 47*, 708-719. doi:10.3758/s13428-014-0469-88
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015b). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory and Cognition, 43*, 367–378. doi:10.3758/s13421-014-0480-4
- Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science, 8*, 88-101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x