

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid bij zes tot 10-jarigen

Output 7: Masterthesis

Master's thesis

Utrecht University

Master's programme in Clinical Child Family and Education Studies

Hasse J. Schoo (4096533)

Eerste beoordelaar: Ilona Friso - van den Bos

Tweede beoordelaar: Marije Stolte

Aantal woorden: 4.497

Datum: 10-06-2018

Abstract

Number line performance is a critical predictor of mathematics performance. Earlier research has focused on the logarithmic-linear hypothesis in relation to the number line task. The current research aims to determine whether the strategy used on a number line task is a predictor of mathematics performance. In addition, the current study aimed to determine whether age plays a moderating role in the relationship between the strategies and numeracy. Data was conducted with 88 children from grades 1 to 4 of primary school. After analyzing the data it was concluded that both strategies and age were predictors of mathematics performance. Age did not moderate in the relationship between the strategies and numeracy. The strategies do not seem to become more relevant to numeracy as a child gets older. Based on the results, it is important to conduct more research to determine different moderators in the relation between strategies used on a number line task and numeracy. Nevertheless, the current research has made important steps in understanding the role of age in the relationship between the strategies and mathematics performance.

Key words: mathematics performance, math development, number line, log-lin hypotheses, linear model, proportion judgement.

Samenvatting

De prestatie op een getallenlijntaak is een kritieke voorspeller voor rekenvaardigheid. Eerder onderzoek heeft zich gericht op de logaritmisch-lineair hypothese in relatie tot de getallenlijntaak. Het huidige onderzoek heeft als doel na te gaan of de gebruikte strategie op een getallenlijntaak een voorspeller is van rekenvaardigheid. Hiernaast wordt onderzocht of leeftijd een modererende rol speelt. Data werd verzameld bij 88 kinderen uit groep 3 t/m 6 van het basisonderwijs. Na analyse is geconcludeerd dat zowel de strategieën als leeftijd significante voorspellers zijn van rekenvaardigheid. Hiernaast verklaart leeftijd vrijwel niets van de variantie in de relatie tussen de modellen en rekenvaardigheid. De modellen lijken niet relevanter te worden voor rekenvaardigheid naarmate een kind ouder wordt. Op basis van de resultaten is het van belang dat in de toekomst meer onderzoek gedaan wordt naar interactie-effecten binnen de relatie tussen de strategieën en rekenvaardigheid. Desalniettemin heeft het huidige onderzoek belangrijke stappen gezet voor het begrijpen van de rol van leeftijd in de relatie tussen strategiegebruik en rekenvaardigheid.

Trefwoorden: rekenvaardigheid, getallenlijn, log-lin hypothese, lineair model, proportie schatting.

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid.

Rekenvaardigheden zijn een belangrijk onderdeel van het intellectueel functioneren van de mens. Tekorten in rekenkundige kennis kunnen leiden tot problemen op het gebied van werk, opleiding of zelfs de kwaliteit van leven (Parsons & Bynner, 2005). Uit onderzoek blijkt dat adolescenten die school verlaten zonder wiskundige basiskennis, op lange termijn risico lopen op een laag salaris en een baan beneden het niveau van de persoon (Geary, 2015). Om de benodigde rekenvaardigheden adequaat te ontwikkelen zijn onder andere non-symbolisch getalbegrip en symbolisch getalbegrip van belang (Booth & Siegler, 2008). De meeste rekenkundige taken in het onderwijs, bijvoorbeeld optellen/afrekken en de getallenlijn, doen een beroep op het symbolisch getalbegrip (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2007). Kijkend naar voorgaande, is het voorkomen van achterstanden in rekenvaardigheid van groot (maatschappelijk) belang. Zicht hebben op belangrijke voorspellers van goede rekenvaardigheden kan bijdragen aan effectieve interventies op dit gebied. Dit onderzoek heeft daarom als doel na te gaan of de gebruikte strategie op een getallenlijntaak een voorspeller is van rekenvaardigheid. Hiernaast wordt onderzocht of leeftijd een modererende rol speelt.

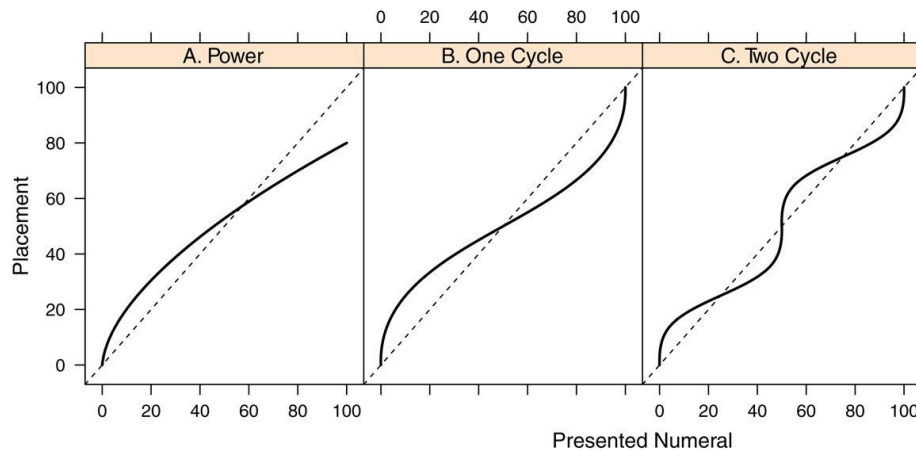
Uit onderzoek blijkt dat het vermogen om een getallenlijn mentaal te genereren en begrijpen een kritieke voorspeller is van rekenvaardigheid. Op een getallenlijn zijn getallen geordend aan de hand van grootte. Wanneer een getal geplaatst moet worden op de getallenlijn gebeurt dit met behulp van een mentale representatie van het getal. Dit houdt in dat aan de hand van een schatting de bijbehorende locatie van het getal bepaald wordt. Op een getallenlijn van 0 tot 100 zal het getal 10 bijvoorbeeld dicht bij het 0-punt liggen (Laski & Siegler, 2007). Meerdere onderzoeken vinden een verband tussen het in kaart brengen van getallen op een getallenlijn en individuele verschillen in rekenvaardigheid (Geary, 2011; Kuhn & Holling, 2014; Peeters, Sekeris, Verschaffel, & Luwel, 2017; Rouder & Geary, 2014; Sasanguie, De Smedt, Defever, & Reynvoet, 2012; Sasanguie, Göbel, Moll, Smets, & Reynvoet, 2013; Siegler & Booth, 2004; Von Aster & Shalev, 2007). Zo blijkt uit onderzoek dat de precisie waarmee de getallen op een getallenlijn in kaart gebracht worden een voorspeller is van rekenvaardigheid. Hoe preciezer de schatting, hoe beter de rekenvaardigheid van het kind (Geary, 2011; Laski & Siegler, 2007; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Rouder & Geary, 2014; Sasanguie et al., 2013; Siegler & Booth, 2004).

Bestaand onderzoek met betrekking tot de getallenlijn heeft zich voornamelijk gericht op de logaritmischnaar-lineair hypothese. Volgens deze hypothese ontwikkelen kinderen een

meer precieze schatting middels veranderingen in de representatie van een specifieke getallenlijn. Deze representatie verschuift van logaritmisch naar lineair (Barth, Slusser, Kanjlia, Garcia, Taggart, & Chase, 2016; Laski & Siegler, 2007; Peeters, Sekeris, et al., 2017). Bij een logaritmische representatie worden de kleine getallen verder uit elkaar geplaatst en de grotere getallen dichter bij elkaar, daar waar een lineaire representatie gekenmerkt wordt door een even grote inschatting van de afstand tussen alle getallen (Friso-van den Bos, 2015). Uit onderzoek komt naar voren dat kinderen die op een getallenlijn met groot bereik (0-1000) gebruik maken van logaritmische representaties, op een kleinere en bekendere getallenlijn (0-100) gebruik maken van lineaire representaties (Barth et al., 2016). Tevens worden logaritmische representaties vaker gebruikt door jongere kinderen, waar oudere kinderen meer gebruik maken van lineaire representaties (Barth et al., 2016; Siegler & Booth, 2004; Booth & Siegler, 2006; Slusser, Santiago & Barth, 2013).

Uit recent onderzoek van Slusser & Barth (2017) blijkt echter dat de modellen van Rouder & Geary (2014) zowel op groeps- als individueel niveau een betere verklaring bieden voor de verandering in de ontwikkeling van 5-10 jarigen, dan de hierboven genoemde modellen die gebaseerd zijn op de logaritmisch-naar-lineair hypothese. Rouder & Geary (2014) maken in hun onderzoek naar het strategiegebruik van kinderen op een getallenlijn onderscheid tussen vier modellen (Figuur 1). Het compressed-model (model A) wordt gekenmerkt door het uitspreiden en samenpersen van de afstanden tussen de getallen. In model A wordt gebruik gemaakt van enkel het 0-punt als referentiepunt. Op een schaal van 0 tot 100 maakt dit dat de afstand tussen de getallen 20 en 21 groter ingeschat wordt dan de afstand tussen bijvoorbeeld de getallen 80 en 81. Het one-cycle pattern-model (model B) wordt gekenmerkt door het overschatten van kleine getallen en het onderschatten van grote getallen. Met het 0-punt en het eindpunt als referentiepunten. Volgens dit model wordt met het getal 20 gebruik gemaakt van het 0-punt als referentiepunt. Hierdoor wordt een hogere positie ingeschat worden dan de werkelijke positie. Voor het getal 80 gaat het kind uit van het eindpunt (100) als referentiepunt. Dit maakt dat de afstand tussen de 80 en het eindpunt ingeschat zal worden en de positie van het getal juist lager ingeschat wordt dan de werkelijke positie. Bij model C, het two-cycle pattern-model, wordt het over-/onderschatten patroon herhaald rond het middelpunt. Zowel het 0-punt, het middelpunt als het eindpunt worden in dit model als referentiepunten gezien. Het getal 40 zal daarom op basis van het derde referentiepunt (50) onderschat worden en het getal 60 met hetzelfde referentiepunt juist overschat. In het scallop-model (model D) worden enkel het 0-punt en het middelpunt als referentiepunten meegenomen. Uit onderzoek bij kinderen uit groep 4 blijkt dat de modellen

van Rouder & Geary (2014) individuele verschillen in de schattingspatronen aan kunnen tonen (Barth et al., 2016).



Figuur 1. (A) Power model. (B) One-cycle model. (C) Two-cycle model. From “Children’s cognitive representations of the mathematical number line” by J. N. Rouder and D. C. Geary, 2014, *Developmental Science*, 17, p. 526. Copyright 2014 by John Wiley & Sons Ltd. Aangepast met verkregen toestemming.

Het gebruik van extra referentiepunten als verklaring voor het preciezer worden van de schatting van kinderen op de getallenlijn is steeds meer onderwerp van onderzoek (Barth et al., 2016; Booth & Siegler, 2006; Friso-van den Bos et al., 2015; Laski & Siegler, 2007; Peeters, Verschaffel, & Luwel, 2017; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Rouder & Geary, 2014; Siegler & Booth, 2004; Slusser & Barth, 2017). Een betere ontwikkeling van rekenvaardigheid hangt samen met het gebruik van meerdere referentiepunten die de getallenlijn opdelen in kleinere segmenten (Barth et al., 2016; Rouder & Geary, 2014). Met betrekking tot de modellen van Rouder & Geary (2014) blijkt uit onderzoek dat model A het meest passend is voor jongere kinderen (5 en 6 jaar). Model B en C worden passender naarmate kinderen ouder worden (respectievelijk 7/8 en 9/10 jaar) en meer ervaring hebben met getallen (Barth et al., 2016; Friso-van den Bos et al., 2015; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Slusser & Barth, 2017). Kinderen starten met het 0-punt als referentiepunt, voegen daar vervolgens het eindpunt aan toe en creëren uiteindelijk in het midden een derde referentiepunt (Peeters, Sekeris, et al., 2017).

De ontwikkeling van rekenvaardigheid bij kinderen laat eenzelfde verschuiving zien. Een jong kind baseert rekenen op tellen. Zodra het kind ouder wordt baseert het kind rekenen op complexere processen. De processen worden relevanter voor het ontwikkelen van rekenvaardigheid naarmate het kind ouder wordt (Van de Rijt et al., 2003). Het gebruik van complexere strategieën op de getallenlijn lijkt daarom op basis van deze verschuiving beter passend voor oudere kinderen. De recente onderzoeken kijken vooral naar de relatie tussen de

modellen van Rouder & Geary (2014) en de leeftijd van de kinderen, maar er is nog weinig bekend over leeftijd als moderator. Het onderzoek naar leeftijd als moderator in de relatie tussen de modellen en rekenvaardigheid vormt een vernieuwend aspect aan het huidige onderzoek.

Interventies voor kinderen zijn van groot belang om achterstanden in de ontwikkeling van rekenvaardigheid te voorkomen (Toll & van Luit, 2013). Inzicht in het strategiegebruik van kinderen op de getallenlijn, specifiek in relatie tot leeftijd, kan bijdragen aan een betere invulling van deze rekenvaardigheid interventies. Bestaande trainingen zijn veelal gebaseerd op de logaritmisch-naar-lineair hypothese (Peeters, Sekeris, et al., 2017). Inzicht in het gebruik van de verschillende modellen van Rouder & Geary (2014) kan bijdragen aan zowel de vorm van de trainingen als de manier van instructie. Zo blijkt uit onderzoek dat kinderen een betere strategie toepassen wanneer de referentiepunten duidelijk aangegeven staan of benoemd worden tijdens de taak (Peeters, Sekeris, et al., 2017). Het vernieuwende aspect aan het huidige onderzoek, leeftijd als moderator, kan bijdragen aan een passendere, meer leeftijdsafhankelijke manier van instructie. Hiernaast kan het in kaart brengen van de ontwikkeling die een kind op dit gebied doormaakt en de relatie met rekenvaardigheid bijdragen aan het begrijpen welke gebieden van het brein een rol spelen in deze ontwikkeling (Rouder & Geary, 2014).

Het huidige onderzoek

Het eerste doel van dit onderzoek is na te gaan of de gebruikte strategie op een getallenlijntaak een voorspeller is van rekenvaardigheid. Meer specifiek zal onderzocht worden in hoeverre de gebruikte strategie op een getallenlijntaak gerelateerd is aan de rekenvaardigheid van kinderen op de basisschool en of deze relatie leeftijdsspecifiek is. De volgende deelvragen zijn hierbij geformuleerd:

- In hoeverre verschilt de rekenvaardigheid tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A, model B of model C?
- Is er verschil in leeftijd tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A, model B of model C?
- Speelt leeftijd een modererende rol in de relatie tussen de kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A, model B of model C en rekenvaardigheid bij kinderen?

Er werd verondersteld op basis van de theoretische achtergrond en de hierboven beschreven literatuur dat de rekenvaardigheid van kinderen toeneemt naar mate gebruik gemaakt is van model A, model B, het lineaire model of model C. Hiernaast werd verondersteld dat leeftijd een modererende rol speelt in de relatie tussen de groepen kinderen

die gebruik maken van het lineaire model, model A, model B en model C en de rekenvaardigheid bij kinderen.

Methoden

Participanten

Om inzicht te verkrijgen in de opgestelde onderzoeksvraag werd data verzameld bij 88 leerlingen uit groep 3 ($n = 20$; 22.7%), 4 ($n = 15$; 17%), 5 ($n = 37$; 42%) en 6 ($n = 16$; 18.2%) van het reguliere basisonderwijs. Om de participanten te werven zijn door de testleiders in heel Nederland basisscholen benaderd. In totaal omvatte de steekproef negen klassen, waaronder drie klassen van een internationale school. De leeftijd van de participanten lag tussen de zes en 10 jaar ($M=7.84$, $SD=1.14$). De participantengroep bestond hiernaast voor 51.1% uit jongens en 48,9% uit meisjes. Van de participanten was 84.1% Nederlands. De overige participanten hadden minstens één ouder afkomstig uit een ander land.

Meetinstrumenten

Getallenlijntaak. Om de gebruikte strategie van het kind op de getallenlijn te bepalen is de getallenlijntaak als meetinstrument gebruikt (Rouder & Geary, 2014). De taak werd uitgevoerd op de computer en is gebaseerd op de getallenlijntaak die oorspronkelijk ontworpen is door Siegler & Opfer (2003; zie ook Friso-van den Bos et al., 2015). Hoewel specifiek onderzoek ontbreekt lijken de psychometrische kwaliteiten van de taak in orde te zijn (Siegler & Opfer, 2003). De getallenlijntaak is een horizontale lijn met de '0' als beginpunt en '1000' als eindpunt. De kinderen werden verteld dat ze (Arabische) getallen gingen zien die geplaatst moesten worden in een rij. Hierna werd de volgende instructie gegeven: 'Hier zie je een lijn. Alle getallen moeten in een rij op de lijn. Ieder getal heeft zijn eigen plekje'. De getallen 0 en 1000 stonden respectievelijk boven het linker- en rechter uiteinde van de lijn. In twee oefenrondes werd het kind gevraagd waar respectievelijk het getal 0 en 1000 lag op de lijn. De kinderen wezen met een vinger naar de positie op het computerscherm. Beide oefenrondes werd de juiste plaats van de getallen 0 en 1000 getoond.

Nadat vastgesteld was dat het kind het concept begreep werd het kind gevraagd waar een getal tussen de 0 en 1000 op deze getallenlijn geplaatst moest worden. Dit getal stond boven de lijn. Op de 0-1000 getallenlijn zijn in willekeurige volgorde de volgende getallen aangeboden; 2, 34, 72, 94, 145, 159, 181, 202, 241, 265, 297, 309, 349, 352, 391, 413, 458, 473, 537, 541, 619, 631, 686, 694, 752, 773, 831, 849, 925 en 956. De door het kind aangewezen positie werd geregistreerd door de computer door middel van het slepen van een digitale markering naar de aangewezen positie. De kinderen is gevraagd om de vinger niet

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

weg te halen tot de onderzoeker de positie gemarkeerd heeft. Dit, om de foutmarge in de dataverzameling te minimaliseren. De posities zijn digitaal opgeslagen.

CITO-toets. Hiernaast is door middel van de opgevraagde CITO-scores de rekenvaardigheid van de kinderen in kaart gebracht. De nationale Cito-toets rekenvaardigheid geeft een beeld van de voortgang van kinderen in het basisonderwijs. Elke toets bestaat uit rekenopgaven die aangepast zijn op het niveau van de groep waar het kind in zit. Een groot deel van deze rekenopgaven betreft redactiesommen. Het niveau neemt toe naarmate het kind in een hogere groep zit. De scores van de toets zijn door de uitgever omgezet naar genormeerde vaardigheidsscores (Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2005). De betrouwbaarheids-coëfficiënt van de Cito-toets (.91 tot .97) laat zien dat de toets zeer betrouwbaar is. Hiernaast wordt de begripsvaliditeit beoordeeld als goed (Janssen, Verhelst, Engelen & Scheltens, 2010).

PTM-test. De rekenvaardigheid van de kinderen op de international school is in kaart gebracht door middel van de Progress Test in Maths. Bij de PTM-test neemt eveneens het niveau toe naarmate het kind in een hogere groep zit. Hiernaast zijn de scores door de uitgever gestandaardiseerd. De PTM-test is betrouwbaar en nauwkeurig gebleken. (Progress Test Series, n.d.).

Procedure

Voorafgaand aan het onderzoek is toestemming verkregen middels een informatiebrief naar de ouders of verzorgers van de participerende kinderen. De afname vond plaats in een rustige ruimte in school en bestond uit twee sessies van ongeveer 25 minuten per kind. De afname bestond uit negen taken waarvan enkel de getallenlijntaak 0-1000 meegenomen werd in het huidige onderzoek. In overleg met de school zijn testdagen geselecteerd in de maanden februari, maart en april. Alle testen, behalve de patronentaak en de Cito-scores, zijn uitgevoerd op een laptop. Gedurende de afname werd geen inhoudelijke feedback gegeven aan de kinderen, enkel aanmoediging.

Analytische strategie

De getallenlijnschattingen van elk kind op elk item zijn geregistreerd. Met behulp van verschillende formules, gebaseerd op Rouder & Geary (2014), is voor elk individueel kind het best passende model berekend (Bijlage I). De kinderen werden ingedeeld in het model dat de hoogste correlatie laat zien met de plaatsingen van het individuele kind. Wanneer de correlaties tussen de werkelijke getallen en de geschatte getallen niet boven de $r=.30$ kwamen zijn de plaatsingen gecodeerd als willekeurig, omdat effectgroottes onder de .30 gezien worden als klein (Cohen, 1992). Na het toekennen van de modellen kwam naar voren dat

model C slechts voor één participant het best passend was. Deze participant, en tevens model C, is daarom niet meegenomen in de analyses. Om hiernaast zowel de participanten met PTM-scores als CITO-scores mee te nemen in de analyses zijn beide scores vooraf gestandaardiseerd.

Om de eerste onderzoeksvraag (In hoeverre verschilt de rekenvaardigheid tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire, model A of model B?) te kunnen beantwoorden is een analyse van de variantie (ANOVA) toegepast. Hiermee werden mogelijke verschillen in rekenvaardigheid tussen kinderen die gebruik maakten van de verschillende strategieën onderzocht. Wanneer de ANOVA een significant resultaat liet zien zijn post-hoc analyses aan de hand van Tukey's HSD uitgevoerd.

Ter beantwoording van de tweede onderzoeksvraag (Is er verschil in leeftijd tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A of model B?) is eveneens een analyse van de variantie (ANOVA) uitgevoerd. Hiermee werden mogelijke verschillen in leeftijd tussen kinderen die gebruik maakten van de verschillende strategieën. Wanneer de ANOVA een significant resultaat liet zien zijn post-hoc analyses aan de hand van Tukey's HSD uitgevoerd.

De derde onderzoeksvraag (Speelt leeftijd een modererende rol in de relatie tussen het gebruiken van het lineaire model, model A of model B en rekenvaardigheid bij kinderen?) is beantwoord door middel van een meervoudige regressieanalyse. Hiermee werd onderzocht of leeftijd een aanzienlijk deel van de variantie verklaard in de relatie tussen de modellen en rekenvaardigheid.

Resultaten

Vorbereidende analyses

Tabel 1 laat de beschrijvende statistieken zien. Hiernaast is voorbereidend op de analyses gekeken naar de onderlinge Pearson-correlatie coëfficiënten van de variabele rekenvaardigheid en de R^2 van de toegekende strategieën. Deze zijn zichtbaar in Tabel 2. Uit de Pearson-correlatie coëfficiënten kwam naar voren dat de meeste correlaties significant waren. Enkel de correlatie tussen rekenvaardigheid en de R^2 van het power model was niet significant. Er werd een klein verband gevonden tussen rekenvaardigheid en model B. Hiernaast werd een middelgroot verband gevonden tussen rekenvaardigheid en zowel het lineaire model als model C. Verder bleek dat het lineaire model en model B onderling het sterkst gecorreleerd waren.

Tabel 1
Beschrijvende Statistieken

Toegekende strategieën	0-1000			Fit met ieder model			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>R</i> ² lineair model	<i>R</i> ² model A	<i>R</i> ² model B	<i>R</i> ² model C
Kinderen in lineaire model	38	.35	.123	0.90	0.81	0.86	0.66
Kinderen in model A, power-model	39	-.38	.153	0.56	0.78	0.68	0.36
Kinderen in model B, one- cycle model	10	.03	.282	0.78	0.80	0.82	0.47
Kind in model C, two-cycle model	1	1.35		0.76	0.79	0.79	0.91

Note. *M*= gemiddelde rekenvaardigheidsscore, *SD*= standaard afwijking rekenvaardigheidsscore.

Tabel 2
Pearson-correlaties coëfficiënten

Variabelen	Rekenvaardigheid	<i>R</i> ² lineair model	<i>R</i> ² model A, power-model	<i>R</i> ² model B, one-cycle model	<i>R</i> ² model C, two-cycle model
Rekenvaardigheid	-				
<i>R</i> ² lineair model	.31**	-			
<i>R</i> ² model A, power-model	.13	.72**	-		
<i>R</i> ² model B, one-cycle model	.23*	.95**	.85**	-	
<i>R</i> ² model C, two-cycle model	.37**	.80**	.63**	.74**	-

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$ (two-tailed).

Strategiegebruik en rekenvaardigheid

Om antwoord te geven op de vraag ‘In hoeverre verschilt de rekenvaardigheid tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A of model B?’ is een ANOVA uitgevoerd. Voorafgaand zijn de assumpties van de continue variabele rekenvaardigheid geëvalueerd. Analyse van de scheefheid, kurtosis en Shapiro-Wilk statistieken liet zien dat voldaan is aan de normaliteit-assumptie. Levene’s test was niet significant, $F(2, 84) = 1.353$, $p = .264$, waarmee eveneens voldaan is aan de homogeniteit van de variantie.

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

De ANOVA liet een significant verschil zien tussen groepen van strategiegebruik; $F(2, 84) = 6.897, p < .01, \eta^2 = .141$. Dit houdt in dat het verschil in rekenvaardigheid tussen kinderen in relatie staat tot het gebruik van de strategieën. Volgens Cohen (1992) kan dit gezien worden als een groot effect.

De post hoc analyse met behulp van Tukey's HSD ($\alpha = .05$) laat zien dat kinderen die gebruik maakten van model A ($M = -.38, SD = .96$) significant lager scoorden op rekenvaardigheid dan kinderen die gebruik maakten van het lineaire model ($M = .35, SD = .756$). Er was echter zowel geen significant verschil tussen het lineaire model en model B ($M = .03, SD = .89$) als tussen model A en model B. De effectgrootten waren deze drie vergelijkingen respectievelijk $d = 0.810, 0.230$ en 0.290 .

Strategiegebruik en leeftijd

Om antwoord te geven op de vraag 'Is er verschil in leeftijd tussen kinderen die gebruik maken van het lineaire model, model A of model B?' is eveneens een ANOVA uitgevoerd. Voorafgaand zijn de assumpties van de continue variabele leeftijd geëvalueerd. Analyse van de scheefheid, kurtosis en Shapiro-Wilk statistieken liet zien dat voldaan is aan de normaliteit-assumptie. Levene's test was niet significant, $F(2, 82) = .734, p = .483$, waarmee eveneens voldaan is aan de homogeniteit van de variantie.

De ANOVA liet een significant verschil zien met $F(2, 84) = 4.741, p = .011, \eta^2 = .101$. Dit houdt in dat het gebruik van de strategieën in relatie staat tot leeftijd. Volgens Cohen (1992) kan dit gezien worden als een middelgroot tot groot effect.

De post hoc analyse met behulp van Tukey's HSD ($\alpha = .05$) liet zien dat kinderen die gebruik maakten van model A ($M = 7.49, SD = 1.12$) significant jonger waren dan kinderen die gebruik maakten van het lineaire model ($M = 8.24, SD = 1.10$). Er was echter zowel geen significant verschil tussen het lineaire model en model B ($M = 7.60, SD = .97$) als tussen model A en model B. De effectgrootten waren deze drie vergelijkingen respectievelijk $d = 0.655, 0.356$ en 0.063 .

Leeftijd als moderator

Om antwoord te geven op de vraag 'Speelt leeftijd een modererende rol in de relatie tussen het gebruiken van het lineaire model, model A of model B en rekenvaardigheid bij kinderen?' is een meervoudige regressieanalyse uitgevoerd. Voorafgaand zijn de assumpties van de continue variabelen rekenvaardigheid en leeftijd geëvalueerd. Geen van de assumpties waren geschonden.

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

De modellen en leeftijd apart verklaarden een significante 7.1% van de variantie in rekenvaardigheid, $R^2 = .071$, adjusted $R^2 = .049$, $F(2, 86) = 3.200$, $p = .046$. Samen verklaarden ze een niet-significante 7.8% van de variantie in rekenvaardigheid, $R^2 = .078$, adjusted $R^2 = .044$, $F(3, 83) = 2.331$, $p = .080$. Uit de meervoudige regressieanalyse bleek dat leeftijd als moderator vrijwel niets van de variantie verklaart ($\Delta R^2 = .007$). Voor elk model zijn de regressie coëfficiënten gerapporteerd in Tabel 3.

Tabel 3
Voorspellers van rekenvaardigheid

Variabele	Model 1			Model 2		
	<i>B</i>	β	<i>SE</i>	<i>B</i>	β	<i>SE</i>
Constant	.802		.731	.228		1.033
Modellen	-.379*	-.276	.150	.499	.364	1.124
Leeftijd	-.072	-.089	.088	-.001	-.002	.125
Modellen*Leeftijd				-.112	-.627	.142

Note. $N = 88$. CI = confidence interval. * $p < .05$.

Discussie

Om bij te dragen aan bestaande en toekomstige interventies en hiernaast een beter begrip van het brein in de ontwikkeling van rekenvaardigheid te creëren is het van belang inzicht te verkrijgen in het strategiegebruik als voorspeller van rekenvaardigheid. Zo kan instructie binnen een interventie meer leeftijdsafhankelijk vormgegeven worden en kan een beter begrip ontstaan van de gebieden in het brein die een rol spelen bij het strategiegebruik. Het huidige onderzoek had als doel na te gaan in hoeverre de gebruikte strategie op een getallenlijntaak gerelateerd is aan de rekenvaardigheid van kinderen op de basisschool. Hiernaast is onderzocht of leeftijd een modererende rol speelt in deze relatie.

Zoals verwacht bleek de rekenvaardigheid te verschillen voor kinderen die gebruik maakten van de strategieën. Kinderen die gebruik maakten van het lineaire model scoorden hoger op rekenvaardigheid dan kinderen die gebruik maakten van model B. De kinderen die gebruik maakten van model A scoren het laagst op rekenvaardigheid. Dit kan er op wijzen dat het toevoegen van referentiepunten en het ontwikkelen van een lineaire representatie samenhangen met een betere rekenvaardigheid. Eerder onderzoek heeft eveneens een positief verband aangetoond tussen zowel het toevoegen van referentiepunten als het ontwikkelen van een lineaire representatie op een getallenlijn en rekenvaardigheid (Barth et al., 2016; Gear, 2011; Kuhn & Holling, 2014; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Rouder & Geary, 2014; Sasanguie

et al., 2013; Siegler & Booth, 2004; Von Aster & Shalev, 2007).

Met betrekking tot leeftijd bleek dat de kinderen die gebruik maken van de modellen verschillen in leeftijd. Model A werd toegepast door jongere kinderen (7,5) en model B en het lineaire model werden toegepast naarmate het kind ouder was (respectievelijk 7,6 en 8,2 jaar). Hoewel de leeftijd van de kinderen die gebruik maakten van de strategieën niet overeen kwam met eerder onderzoek, komt de trend dat kinderen naarmate ze ouder worden andere strategieën gaan gebruiken wel overeen met eerder onderzoek. Eerder onderzoek laat zien dat zowel op de 0-100 als 0-1000 getallenlijn, model A het best passend is bij jongere kinderen (5, 6 jaar) en model B passender wordt voor oudere kinderen (7, 8 jaar) (Barth et al., 2016; Friso-van den Bos et al., 2015; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Slusser & Barth, 2017).

Als gekeken wordt naar rekenvaardigheid op zich wordt de complexiteit van de processen relevanter voor het ontwikkelen van rekenvaardigheid naarmate het kind ouder wordt (Van de Rijt et al., 2003). Op basis van dit interactie-effect werd verondersteld dat leeftijd eveneens een modererende rol speelt in de relatie tussen het strategiegebruik en rekenvaardigheid (Barth et al., 2016; Friso-van den Bos et al., 2015; Gear, 2011; Peeters, Sekeris, et al., 2017; Rouder & Geary, 2014; Slusser & Barth, 2017). Uit het huidige onderzoek bleek echter geen interactie-effect. Leeftijd verklaarde vrijwel niets van de variantie in de relatie tussen de strategieën en rekenvaardigheid. Het strategiegebruik lijkt daarom niet relevanter te worden voor het ontwikkelen van rekenvaardigheid naarmate de leeftijd toeneemt. In het huidige onderzoek liggen de gemiddelde leeftijden van de modellen echter relatief dicht bij elkaar. Dit kan een verklaring bieden voor de afwezigheid van het interactie-effect. Vervolgonderzoek met een groter leeftijdsbereik zal een vollediger beeld kunnen geven van de rol van leeftijd als moderator (Barth et al., 2016; Slusser & Barth, 2017).

Net als bij elk onderzoek heeft ook dit onderzoek haar limitaties. Allereerst bevat het onderzoek slechts één participant die gebruik maakt van model C, waardoor model C niet meegenomen is in de analyses. Het includeren van model C had bij kunnen dragen aan een completer beeld van de relatie tussen de verschillende modellen en rekenvaardigheid. Het onderzoek van Rouder & Geary (2014) bevat een grotere groep participanten in model C. Het gebruik van een groter leeftijdsbereik (6-12 jaar) en een bekendere getallenlijn (0-100) dan het huidige onderzoek kan een verklaring bieden voor dit verschil (Rouder & Geary, 2014). Hiernaast heeft het huidige onderzoek een cross-sectioneel design. Hierdoor kunnen geen uitspraken gedaan worden over de ontwikkeling van kinderen op dit gebied. Om de ontwikkeling in kaart te brengen zou longitudinaal onderzoek een uitkomst bieden.

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

Naast limitaties heeft het huidige onderzoek ook sterke punten. Zo laat eerder onderzoek op basis van dezelfde modellen veelbelovend bewijs zien voor de validiteit en betrouwbaarheid van het instrument (Friso-van den Bos et al., 2015; Rouder & Geary, 2014). Hiernaast is het vernieuwende aspect, leeftijd als moderator, van dit onderzoek een sterk punt door de bijdrage aan een beter begrip van de relatie tussen de modellen en rekenvaardigheid.

Toekomstig onderzoek zou zich verder kunnen richten op de verschillende modellen (Peeters, Sekeris, et al., 2017; Sasanguie et al., 2012; Slusser & Barth, 2017). Onderzoek kan zich bijvoorbeeld richten op de vraag: Welke factoren zijn van invloed op de relatie tussen strategiegebruik en rekenvaardigheid? Deze vraag is nog niet of té weinig onderzocht ten aanzien van het lineaire model en de modellen van Rouder & Geary (2014). Hierbij is het van belang dat model C eveneens geïncludeerd wordt. Eventueel door de bovengrens van het leeftijdsbereik (10 jaar) uit te rekken tot 12 jaar. Ook is het op basis van de gevonden hoofdeffecten van zowel de modellen op leeftijd als rekenvaardigheid van belang dat er meer onderzoek verricht wordt naar de rol van leeftijd als moderator. Als laatste zou vervolgonderzoek zich kunnen richten op eventuele effecten van instructie op het strategiegebruik (Friso-van den Bos et al., 2015; Peeters, Verschaffel, et al., 2017).

Het huidige onderzoek levert een bijdrage aan de kennis over de strategieën en rekenvaardigheid. Zo blijkt dat de participanten die gebruik maken van de strategieën zowel verschillen in leeftijd als rekenvaardigheid. Hiernaast lijken de strategieën niet relevanter te worden voor rekenvaardigheid naarmate een kind ouder wordt. Hoewel er nieuwe vragen gerezen zijn met betrekking tot leeftijd als moderator heeft het huidige onderzoek belangrijke stappen gezet voor het begrijpen van de rol van leeftijd in de relatie tussen strategiegebruik en rekenvaardigheid.

Literatuurlijst

- Barth, H., Slusser, E., Kanjlia, S., Garcia, J., Taggart, J., & Chase, E. (2016). How feedback improves children's numerical estimation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 1198-1205. doi:10.3758/s13423-015-0984-3
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, 41, 189-201.
doi:10.1037/0012-1649.41.6.189
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, 79, 1016-1031. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155–159.
- Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Xenidou-Dervou, I., Jonkman, L. M., Van der Schoot, M., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2015). Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 134, 12-29.
doi:10.1016/j.jecp.2015.02.002
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of individual differences in achievement growth in , mathematics: A five year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47, 1539-1552. doi:10.1037/a0025510
- Geary, D. C. (2015). Development and measurement of preschoolers' quantitative knowledge. *Mathematical Thinking and Learning*, 17, 237-243.
doi:10.1080/10986065.2015.1016823
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, 447, 589-591. doi:10.1038/nature05850

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J. M. (2005). *Leerling- en onderwijsvolgsysteem rekenen-wiskunde*. Arnhem, Nederland: Cito.

Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). *Wetenschappelijke verantwoording van de toetsen LOVS rekenen-wiskunde voor groep 3 tot en met 8*. Arnhem, Nederland: Cito.

Kuhn, J. T., & Holling, H. (2014). Number sense or working memory? The effect of two computer-based trainings on mathematical skills in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, *10*, 59-67. doi:10.5709/acp-0157-2

Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development*, *78*, 1723-1743.
doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01087.x

Parsons, S., & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more?* London: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy.

Peeters, D., Sekeris, E., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2017). Evaluating the effect of labeled benchmarks on children's number line estimation performance and strategy use. *Frontiers in psychology*, *8*, 1-10. doi:10.3389/fpsyg.2017.01082

Peeters, D., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2017). Benchmark-based strategies in whole number line estimation. *British Journal of Psychology*, *108*, 668-686.
doi:10.1111/bjop.12233

Progress Test Series (n.d.). *Progress test series: Measure and track progress in English, maths and science*. Geraadpleegd op 05-06-2018, van
https://www.ajmanacademy.com/uploaded/PDF_Flies/ptseries_assessment_overview1.pdf

- Van de Rijt, B., Godfrey, R., Aubrey, C., van Luit, J. E. H., Ghesqui re, P., Torbeyns, J., ... & Tzouriadou, M. (2003). The development of early numeracy in europe. *Journal of Early Childhood Research, 1*, 155-180. doi:10.1177/1476718X030012002
- Rouder, J. N., & Geary, D. C. (2014). Children's cognitive representation of the mathematical number line. *Developmental Science, 17*, 525-536. doi:10.1111/desc.12166
- Sasanguie, D., De Smedt, B., Defever, E., & Reynvoet, B. (2012). Association between basic numerical abilities and mathematic achievement. *British Journal of Developmental Psychology, 30*, 344-357. doi:10.1111/j.2044-835X.2011.02048.x
- Sasanguie, D., G obel, S. M., Moll, K., Smets, K., & Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number-space mappings: What underlies mathematics achievement? *Journal of Experimental Child Psychology, 114*, 418-431. doi:10.1016/j.jecp.2012.10.012
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428-444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science, 14*, 237-243. doi:10.1111/1467-9280.02438
- Slusser, E., & Barth, H. (2017). Intuitive proportion judgment in number-line estimation: Converging evidence from multiple tasks. *Journal of Experimental Child Psychology, 162*, 181-198. doi:10.1016/j.jecp.2017.04.010
- Slusser, E. B., Santiago, R. T., & Barth, H. C. (2013). Developmental change in numerical estimation. *Journal of Experimental Psychology, 142*, 193-208. doi:10.1037/a0028560

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

Toll, S. W., & Van Luit, J. E. (2013). Accelerating the early numeracy development of kindergartners with limited working memory skills through remedial education. *Research in Developmental Disabilities, 34*, 745-755.

doi:10.1016/j.ridd.2012.09.003

Von Aster, M. G., & Holling, H. (2007). The measurement of visuo-spatial and verbal-numerical working memory: Development of IRT-based scales. *Intelligence, 36*, 161-

182. doi:10.1016/j.intell.2007.02.004

Bijlage I **Modellen**

De getallenlijnschattingen van elk kind op elk item zijn geregistreerd. Met behulp van verschillende formules, gebaseerd op Rouder & Geary (2014), is voor elk individueel kind het best passende model berekend. In deze bijlage wordt beschreven hoe de daadwerkelijke en geschatte posities omgezet zijn in de verschillende modellen. Het lineaire model is allereerst berekend aan de hand van de gekwadraterde correlatie van de ongetransformeerde waarden. Hierbij is x de geschatte positie gedeeld door 999, bijv. $x = .5$ komt overeen met het geschatte getal 500. De y is de daadwerkelijke positie. Beide zijn berekend voor elk item.

Het power-model, model A, is door Rouder & Geary (2014) gegeven met de formule

$$\log y = \alpha + \beta \times \log x + \epsilon$$

Het power-model, model A, volgt het compressed scale model welke terug te zien is in Figuur 1A. Model A wordt gekenmerkt door het samenpersen van de afstanden tussen de getallen. Vooral met betrekking tot de getallen die hoog in het getal bereik liggen. Het getal 80 zal op basis van dit model dichter bij het 0-punt geschat worden dan de werkelijke positie, welke dichter bij het eindpunt ligt.

Het one-cycle pattern-model, model B, is door Rouder & Geary (2014) gegeven met

$$\varphi(y) = \alpha + \beta \times \varphi(x) + \epsilon$$

Hierbij is de log transformatie

$$\varphi(x) = \log \left(\frac{x}{1-x} \right)$$

Het one-cycle pattern-model, model B, is weergegeven in Figuur 1B. Het model wordt gekenmerkt door het overschatten van kleine getallen en het onderschatten van grote getallen. Met het 0-punt en het eindpunt als referentiepunten.

Het two-cycle pattern-model, model C, is door Rouder & Geary (2014) gegeven met

$$\Theta(y) = \alpha + \beta \times \Theta(x) + \epsilon$$

Hierbij is de log transformatie

$$\Theta(x) = \log \left(\frac{x}{.5-x} \right) \text{ als } x < .5$$

$$\Theta(x) = \log \left(\frac{x-.5}{1-x} \right) \text{ als } x \geq .5$$

Strategiegebruik op de getallenlijn en rekenvaardigheid

Het two-cycle pattern-model, model C, is weergegeven in Figuur 1C. Dit model laat hetzelfde patroon van overschatten en onderschatten zien als model B echter herhaalt het patroon zich een tweede keer binnen het de getallenlijn. Zo is het patroon zichtbaar tussen zowel het 0-punt en het middelpunt als het middelpunt en het eindpunt. Het 0-punt, middelpunt en eindpunt worden in model C dan ook alle drie als referentiepunten gezien.

Na het berekenen van de correlaties voor ieder individueel kind en item binnen elk van de vier modellen is het best passende model geselecteerd op basis van de hoogste correlatie. Wanneer de correlaties tussen de werkelijke getallen en de geschatte getallen niet boven de $r=.30$ zijn gekomen zijn de plaatsingen gecodeerd als willekeurig, omdat effectgroottes onder de $.30$ gezien worden als klein (Cohen, 1992). Deze kinderen zijn niet meegenomen in het huidige onderzoek.