

Strategiegebruik op de getallenlijntaak geanalyseerd met behulp van eye-tracking

W. D. Schot, S. van Viersen, J. E. van 't Noordende, E. M. Slot, en E. H. Kroesbergen

Samenvatting

De getallenlijntaak is een taak die gebruikt wordt om het vermogen te meten om getalsymbolen te koppelen aan non-symbolische waarden of hoeveelheden. Naast prestatie-maten (bijv., gemiddelde percentage absolute afwijking of F^2) heeft een aantal onderzoekers de laatste jaren ook gekeken naar de oogbewegingen die kinderen maken terwijl ze bepalen waar een getal op de lijn geplaatst moet worden om zo hun strategiegebruik in kaart te brengen. In dit onderzoek is het strategiegebruik van kinderen met en zonder dyscalculie tijdens het uitvoeren van een getallenlijntaak gedetailleerd in kaart gebracht met behulp van eye-tracking. De fixaties die kinderen maakten zijn op itemniveau gerelateerd aan de juiste en aan de gegeven respons. Hierdoor werd duidelijk dat er individuele verschillen zijn in de strategieën die kinderen hanteren. De kinderen met dyscalculie scoorden zoals verwacht lager op de prestatie-maten dan de kinderen in de controlegroep. Daarnaast bleek het kijkgedrag van het kind met de ernstigste rekenproblemen ook het meest afwijkend te zijn van de controlegroep. Deze studie laat zien dat het gedetailleerd in kaart brengen van fixaties tijdens de getallenlijntaak kan bijdragen aan het bepalen van de strategieën die kinderen hanteren om getallen op de lijn te plaatsen.

1 Inleiding

De laatste jaren wordt steeds vaker gebruik gemaakt van eye-tracking om onderliggende processen bij het uitvoeren van rekentaken te onderzoeken. Het bestuderen van oogbewegingen levert informatie op over gedrag dat niet onmiddellijk te observeren is (Cornelissen, Peters, & Palmer, 2002), omdat het kijkgedrag laat zien waar kinderen hun aandacht op richten terwijl ze dat wellicht niet zelf kunnen

rapporteren. Hieruit kan afgeleid worden wat hun taakaanpak is. Enkele studies hebben bijvoorbeeld aangetoond dat eye-tracking informatie op kan leveren over het strategiegebruik op een getallenlijntaak (Schneider et al., 2008; Sullivan, Juhasz, Slattery, & Barth, 2011; Van 't Noordende & Kolkman, 2013; Verschaffel, De Corte, Gielen, & Struyf, 1994). Er is echter nog weinig bekend over het gebruik van eye-tracking om strategiegebruik bij getallenlijntaken te onderzoeken.

In deze studie wordt een nieuwe methode voor het verwerken van eye-trackingdata en het in kaart brengen van strategiegebruik bij getallenlijntaken onderzocht. Hierbij is het kijkgedrag van twee kinderen met dyscalculie vergeleken met dat van kinderen zonder dyscalculie. Dit kan relevante aanknopingspunten opleveren over de aanvullende waarde van eye-tracking ten opzichte van traditionele uitkomstmaten, zoals model fit bij getallenlijntaken, en bovendien inzicht geven in het strategiegebruik van kinderen met dyscalculie.

De getallenlijntaak wordt doorgaans gebruikt om de 'mapping'vaardigheden van kinderen te meten, ofwel het vermogen om bepaalde getalsymbolen te koppelen aan non-symbolische waarden of hoeveelheden (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Schneider et al., 2008). De ontwikkeling van deze mappingvaardigheden vindt plaats als het kind tussen de 3,5 en 8 jaar oud is en vormt een belangrijke component van de ontwikkeling van 'number sense' (Dehaene, 2001; Siegler & Booth, 2004), veelal vertaald als 'getalbegrip'. Getalbegrip is het vermogen om numerieke eenheden (hoeveelheden) te begrijpen, te verwerken en hieromtrent inschattingen te kunnen maken (Dehaene, 1996). Kinderen met een goed ontwikkeld getalbegrip kunnen goed schatten op welke positie op de getallenlijn een getal geplaatst dient te worden. Als maat voor deze taak

wordt vaak het gemiddelde percentage absolute afwijking (1 gevraagde positie - gegeven positie / schaal*100%) of de fit van een lineaire of logaritmische regressie gehanteerd (cf. Siegler & Booth, 2004). Gedurende de basisschoolperiode gaan kinderen steeds beter schatten: het percentage absolute afwijking wordt lager (bijv., Petitto, 1990). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de geschatte posities op de getallenlijn 0-100 bij jonge kinderen (groep 1, 2 | tweede, derde kleuterklas) het beste worden benaderd door een logaritmische functie, terwijl bij oudere kinderen (groep 3, 4 | eerste, tweede leerjaar) de relatie tussen gevraagde en gegeven posities beter wordt benaderd door een lineaire functie (Friso-Van den Bos, Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2014; Siegler & Booth, 2004). Een vergelijkbare ontwikkeling op de lijn van 0-1000 vindt plaats bij oudere kinderen. In groep 4 (tweede leerjaar) is de logaritmische functie het best passend, maar vanaf groep 6 (vierde leerjaar) is dat de lineaire functie (Siegler & Opfer, 2003).

De getallenlijntaken die gebruikt worden in dit onderzoek bestaan uit een horizontale lijn met aan het begin '0' en aan het eind '100' of '1000'. Vervolgens worden getallen één voor één visueel aangeboden. Deze moeten op de bijbehorende positie op de lijn geplaatst worden. Volgens het schema van Ebersbach, Luwel en Verschaffel (2013) is de taak te classificeren als een symbolische, afgebakende taak zonder extra referentiepunten en met continue stimuli. De taak vraagt om een respons in de vorm van productie: het kind moet het getal zelf op de lijn zetten.

De taak in de bovengenoemde vorm blijkt een goede voorspeller voor rekenvaardigheid te zijn (bijv. Kolkman et al., 2013; Schneider et al. 2008; Siegler & Booth, 2004). Hiermee is niet gezegd dat de vaardigheid om getallen adequaat op een lijn te kunnen plaatsen, een voorwaarde is om te leren rekenen. Integendeel, er lijkt een wederkerige relatie te bestaan tussen de ontwikkeling van mappingvaardigheden en rekenvaardigheid (bijv. Friso-van den Bos, 2014; LeFevre et al., 2013).

Er is nog maar zeer beperkt onderzoek gedaan naar het strategiegebruik van kinderen bij de getallenlijntaak. Newman en Berger

(1984) en Petitto (1990) hebben aangetoond dat er drie verschillende strategieën te onderscheiden zijn bij het *schatten* van getallen op een getallenlijntaak. Ze hebben hiervoor aan de kinderen achteraf gevraagd hoe ze tot hun antwoord waren gekomen (Newman & Berger, 1984) of geobserveerd hoe de kinderen de taak uitvoerden (Petitto, 1990). Bij een *vooruittelstrategie* gebruikt het kind het beginpunt van de lijn en telt vervolgens verder. Bij een *achteruittelstrategie* gebruikt het kind het eindpunt van de lijn als referentiepunt en telt vanaf daar terug. Doorgaans maken jonge kinderen vooral gebruik van de vooruittelstrategie, ongeacht de grootte van het te schatten getal. Oudere, normaal ontwikkelende kinderen zijn in staat hun strategie aan te passen aan het getal wat geschat moet worden, waardoor ze bij lage getallen de vooruittelstrategie en bij hoge getallen de achteruittelstrategie gebruiken. Dit wordt ook wel de eindpuntstrategie genoemd. Tevens zijn ze in staat zelf alternatieve referentiepunten te kiezen. Ze tellen voor middelgrote getallen bijvoorbeeld vooruit of achteruit vanuit het midden van de lijn, ook wel middelpuntstrategie genoemd (Newman & Berger, 1984).

Recent onderzoek heeft aangetoond dat oogbewegingen een goede indicatie kunnen geven van het strategiegebruik bij het schatten van de positie van getallen op een getallenlijn. Zo hebben Sullivan et al. (2011) laten zien dat volwassenen vooral kijken in de regio waar het getal geplaatst moet worden. Ook blijken volwassenen relatief meer naar het begin, midden en eind van de lijn te kijken dan naar tussengelegen delen, wat wijst op het gebruik van deze referentiepunten als strategie. Schneider et al. (2008) vonden vergelijkbare patronen bij kinderen uit groep 3-5 (1^e-3^e leerjaar) en Van 't Noordende en Kolkman (2013) bij kinderen uit groep 6-8 (4^e-6^e leerjaar).

Het gebruik van eye-tracking kan ook relevante aanvullende informatie opleveren. Van 't Noordende en Kolkman hebben het strategiegebruik gecorreleerd aan de lineaire fit en het percentage absolute afwijking. Er werden wel verbanden gevonden tussen het kijken naar de referentiepunten, de lineaire fit en het percentage absolute afwijking, maar deze

waren niet eenduidig. Dit wijst erop dat eye-tracking niet alleen meer informatie oplevert over het strategiegebruik van kinderen, maar dat het ook iets anders meet dan alleen de prestatie op de taak. Heine et al. (2010) hebben expliciet de gedragsmatige en de eye-trackingdata vergeleken op lineaire en logaritmische fit. Hoewel zij een sterke samenhang vonden, bleek in sommige gevallen toch dat de eye-trackingdata een lineaire fit vertoonden, terwijl de gedragsmaten beter benaderd werden door een logaritmische fit.

In recent onderzoek is eye-tracking daarnaast gebruikt om te kunnen differentiëren in strategiegebruik tussen kinderen met en zonder dyscalculie (Van 't Noordende & Kolkman, 2013; Van Viersen, Slot, Kroesbergen, Van 't Noordende, & Leseman, 2013). Een in Nederland en Vlaanderen veelgebruikte definitie van dyscalculie is: een stoornis die gekenmerkt wordt door hardnekkige problemen met het vlot/accuraat oproepen van rekenfeiten en/of het leren en vlot/accuraat toepassen van rekenprocedures (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2004). Kinderen met dyscalculie hebben in het algemeen meer moeite met de verwerking van numerieke informatie, wat resulteert in een beperkte automatisering van rekenfeiten (bijv., de uitkomsten van eenvoudige sommen) en/of problemen met het uitvoeren van rekenkundige procedures (bijv., -, +, x). Ook blijken zij gemiddeld minder goed te presteren op een getallenlijntaak. Doordat zij kleine getallen overschatten en tegelijkertijd grote getallen onderschatten, worden hun gegeven antwoorden minder goed benaderd door een lineaire regressie (bijv., Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008). Van 't Noordende en Kolkman (2013) hebben de prestaties van een groep kinderen met dyscalculie op een 0-100 en een 0-1000 getallenlijntaak vergeleken met de prestaties op deze taken van een groep kinderen zonder dyscalculie (groep 6-8/4^e-6^e leerjaar). Zij vonden dat de kinderen met dyscalculie minder gebruik maken van de referentiepunten begin, midden en eind dan de kinderen zonder dyscalculie, waarbij de totale kijktijd in deze gebieden als maat is genomen. Bovendien maken ze vooral gebruik van het middelpunt en lijken ze dus

minder adaptief in hun strategiegebruik. De functionaliteit van het strategiegebruik is echter in het onderzoek van Van 't Noordende en Kolkman (2013) niet gemeten; het gebruik van de referentiepunten is immers opgeteld over alle items van de taak. Van Viersen et al. (2013) hebben echter wel de functionaliteit van strategiegebruik onderzocht. Zij hebben een 9-jarig kind dat is gediagnosticeerd met dyscalculie (volgens de criteria zoals beschreven in Van Luit, Bloemert, Ganzinga, & Mönch, 2012) vergeleken met een controlegroep met kinderen van dezelfde leeftijd. In tegenstelling tot ander eye-tracking onderzoek hebben zij geen gebruik gemaakt van kijktijd of fixaties, maar hebben zij de oogbewegingen kwalitatief gecodeerd als vooruitstrategie, achteruitstrategie of middelpuntstrategie, en hebben daarbij onderscheid gemaakt tussen functioneel (de strategie is aangepast aan de grootte van het te schatten getal; bijvoorbeeld vooruit tellen voor kleine getallen en achteruit tellen voor grote getallen) en dysfunctioneel (de strategie is niet aangepast aan de grootte van het te schatten getal, bijvoorbeeld de vooruitstrategie gebruiken voor hoge getallen) strategiegebruik. Het meisje met dyscalculie bleek vaker geen strategie of een dysfunctionele strategie te gebruiken. Daarnaast gebruikte zij de referentiepunten relatief minder vaak dan de controlekinderen, hoewel zij wanneer ze dit wel deed een duidelijke voorkeur had voor het middelpunt, wat overeenkomt met de bevindingen van Van 't Noordende en Kolkman (2013). Deze studie was echter exploratief van aard en er is gebruik gemaakt van kwalitatieve analysemethoden (i.e., filmpjes van oogbewegingen) die onvoldoende gestandaardiseerd en daarmee lastig te repliceren zijn.

Het doel van het hier gepresenteerde onderzoek is om een gestandaardiseerde, kwantitatieve analysemethode te ontwikkelen om het strategiegebruik tijdens de getallenlijntaak gedetailleerd in kaart te brengen met behulp van eye-tracking. Waar in veel onderzoeken de gegevens van alle items worden samengenomen, wordt hier een analyse per item gepresenteerd, om de functionaliteit van het strategiegebruik beter te meten. Boven-

dien worden de oogbewegingen niet alleen gerelateerd aan de gevraagde respons maar ook aan de gegeven respons, aangezien dat inzicht geeft in het strategiegebruik bij foute antwoorden. Ter illustratie van de toegevoegde waarde van het gebruik van eye-tracking bij onderzoek naar strategiegebruik op de getallenlijntaak, worden de resultaten van een groep normaal ontwikkelende kinderen afgezet tegen de resultaten van twee kinderen met dyscalculie. Naar verwachting zullen de kinderen met en zonder dyscalculie niet alleen verschillen in prestatie, maar ook in strategiegebruik zoals gemeten met de eye-tracker.

2 Methode

2.1 Participanten

Voor dit onderzoek hebben we nieuwe analyses gedaan op de data gepresenteerd in van Viersen et al. (2013). Aan de onderzoeksgroep is één kind met dyscalculie (Kind A) toegevoegd, waardoor er in totaal 12 kinderen meededen aan het onderzoek. Er hebben twee meisjes met dyscalculie (resp. 9.75 en 9.8 jaar; IQ 93 [vastgesteld met het CAS] en 101 [vastgesteld met de WISC]) die zijn gediagnosticeerd bij het Dyscalculie Expertisecentrum Nederland (verbonden aan het Ambulatorium van de Universiteit Utrecht) deelgenomen aan het onderzoek. Dyscalculie is vastgesteld volgens de richtlijnen zoals die beschreven staan in van Luit et al. (2012). Beide kinderen hadden een achterstand van minimaal 1 jaar op de Tempo Toets Automatiseren (Kind A D-score, laagste 25%; kind B E-score, laagste 10%) en scores in categorie E (laagste 10%) op de laatste Cito LVS toets Rekenen/Wiskunde (M6). Op de overige vakken behaalden zij gemiddelde tot bovengemiddelde scores.

De controlegroep bestond uit 10 kinderen zonder dyscalculie (gemiddelde leeftijd $M = 9.7$, $SD = 0.6$ jaar, 4 meisjes). Deze kinderen scoorden allemaal tussen het 25-75^e percentiel op een gestandaardiseerde rekentoets (B/C scores op de CITO-LVS Rekenen/Wiskunde M6) en hadden geen leer- of gedragsproblemen. Bij alle kinderen is ook de Tempo Toets Automatiseren afgenomen. Hierop

scoorden alle kinderen in de normale range ($M = 139$, $SD = 22$). Er was geen sprake van comorbide problematiek.

2.2 Procedure

In dit onderzoek zijn een getallenlijntaak van 0-100 en een getallenlijntaak van 0-1000 gebruikt. Tijdens de taken werd een horizontale lijn getoond met aan de linkerkant het getal '0' en aan de rechterkant het getal '100' of '1000' en onder de lijn het getal dat geschat moest worden (zie Figuur 1a). Het kind moest dit getal voorlezen en vervolgens met de muis naar de bijbehorende positie op de lijn slepen. Voordat de taak begon kreeg het kind twee oefentrialen om te checken of het kind de taak goed begrepen had. Deze oefentrialen zijn niet meegenomen in de analyses. Beide taken bevatten 33 items, waarvan de getallen evenredig verdeeld waren over de gebieden 0-100 en 0-1000. Voor de 0-100 taak waren dit de getallen: 3, 5, 9, 10, 14, 18, 19, 24, 27, 28, 32, 34, 37, 41, 43, 46, 49, 53, 57, 60, 61, 64, 66, 72, 74, 78, 80, 83, 87, 89, 91, 96, 99. De getallen voor de 0-1000 taak waren: 4, 36, 68, 104, 135, 153, 201, 230, 261, 277, 308, 354, 385, 398, 422, 469, 510, 528, 542, 594, 613, 636, 684, 697, 723, 763, 804, 844, 862, 880, 919, 958, 996. De taken werden op een computer met Tobii T60 eye-tracker (Tobii Technology, Falls Church, VA) afgenomen. Hierdoor konden zowel de schattingsresultaten als het kijkgedrag van de kinderen geregistreerd worden. De taken werden in het Pedagogielab (voor de kinderen met dyscalculie) of in een stille ruimte op school (voor de controlegroep) afgenomen en de totale afname duur was ongeveer 20 minuten per kind.

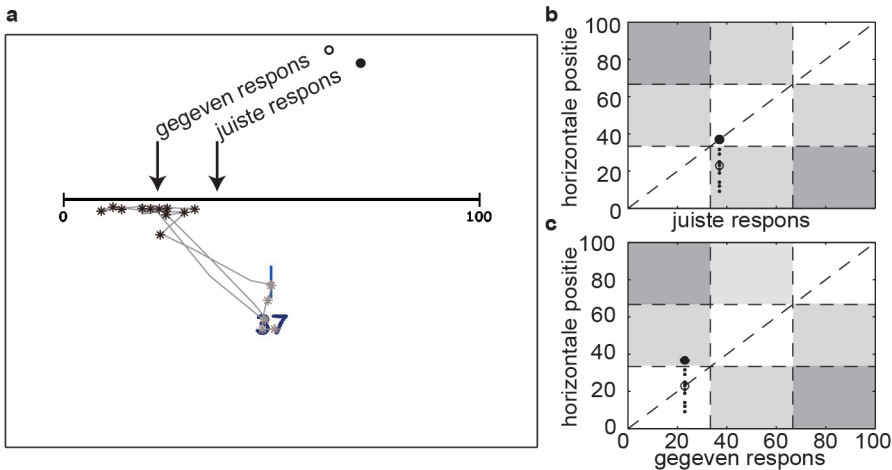
2.3 Data-analyse

Om de prestaties van de kinderen op de getallenlijntaak te kwantificeren is voor elk kind de R^2 van een lineaire regressie met de gegeven respons als afhankelijke variabele en de juiste respons als onafhankelijke variabele berekend. Daarnaast is per kind, voor zowel de 0-100 als de 0-1000 taak, de gemiddelde absolute afwijking berekend als percentage van de lijnlengte (zoals o.a. in Van 't Noordende en Kolkman, 2013). De oogbewegingen werden geanalyseerd met behulp van

software, speciaal voor deze taak ontwikkeld in Matlab (MathWorks, Natick, MA). De oogbewegingen werden aangemerkt als fixatie als de absolute snelheid van de ogen minimaal drie opeenvolgende samples (50 ms) lager was dan 3 m/s. Opeenvolgende fixaties binnen een oppervlakte van 0.5 cm² werden samengenomen als één fixatie. Alleen de fixaties in het gebied 3.5 cm boven en onder de getallenlijn die plaatsvonden voordat de proefpersoon de cursor op de lijn plaatste werden geïncludeerd in de verdere analyses. Het kijkgedrag naar bijvoorbeeld de weergave van het getal dat geschat moest worden is dus niet meegenomen in de analyses. Om te kijken of de kinderen gebruik maakten van de referentiepunten (begin, midden en eind) werd gekeken of er fixaties op het begin, midden en eind (in navolging van Van Viersen et al. (2013) werd een marge van +/- 5% gehanteerd) van de getallenlijn vielen. Elk item kon slechts één strategie toegewezen krijgen. Enkel als een kind bij een item naar slechts één van de referentiepunten keek werd het kijkgedrag geclassificeerd als vooruittel-, achteruittel-, of middelpuntstrategie. Verder

werd er berekend hoeveel responsen er geautomatiseerd waren. Een respons werd gezien als geautomatiseerd als alle fixaties rond de gegeven respons waren (+/- 5%) en deze respons juist was (+/- 5%), zonder het gebruik van een referentiepunt. Items die niet in deze categorieën vielen werden gecodeerd als overig. Per kind werd berekend hoeveel procent van de items geclassificeerd kon worden als vooruittel-, achteruittel-, of middelpuntstrategie of als een geautomatiseerde respons.

Daarnaast werd van alle fixaties rond de lijn de horizontale positie gerelateerd aan de positie van de *juiste respons* en aan de positie van de *gegeven respons*. De *juiste respons* is hierbij de respons die de proefpersoon zou hebben gegeven wanneer hij perfect geantwoord zou hebben. De fixaties werden gerelateerd aan dit getal ongeacht de respons die de proefpersoon daadwerkelijk gaf. De respons die de proefpersoon daadwerkelijk gaf wordt aangeduid als de *gegeven respons*. Figuur 1b en 1c laten zien hoe dit er voor het item weergegeven in Figuur 1a uitziet. Merk op dat als alle fixaties precies op de positie van de juiste respons waren geweest, deze allemaal op de



Figuur 1. Experimentele set up en data-analyse. **1a** Een voorbeelditem uit de 0 - 100 getallenlijntaak. De grijze lijn geeft het pad weer dat de ogen hebben afgelegd. De asterisken geven fixaties weer. De zwarte asterisken (rond de lijn) zijn de fixaties die meegenomen zijn in de analyses. **1b** Weergave van de fixaties bij het item in 1a (Y-as) ten opzichte van de juiste respons (X-as). De kleine punten geven de horizontale positie van de fixaties weer, de gesloten cirkel de horizontale positie van de juiste respons (per definitie op de diagonaal) en de open cirkel de horizontale positie van de gegeven respons. De witte, lichtgrijze en donkergrijze vlakken corresponderen met zone 1, 2 en 3 respectievelijk (zie tekst). **1c** Gelijk aan 1b maar nu ten opzichte van de gegeven respons waardoor de open cirkel per definitie op de diagonaal ligt.

diagonaal in Figuur 1b zouden liggen (in dit geval op 37 omdat dit de juiste respons was). Echter, als alle fixaties precies op de gegeven respons hadden gelegen, dan zouden deze allemaal op de diagonaal in Figuur 1c liggen (in dit geval op 23 omdat dat de gegeven respons was). Om het kijkgedrag verder in kaart te brengen werd de getallenlijn verdeeld in drie gelijke segmenten (hoog, midden en laag) en werd er gekeken hoeveel fixaties er in hetzelfde segment als de juiste respons (zone 1: witte vlakken Figuur 1b) of de gegeven respons (zone 1: witte vlakken Figuur 1c) vielen. Verder zijn de hoeveelheid fixaties die één (zone 2: lichtgrijze vlakken Figuur 1b en 1c) of twee (zone 3: donkergrijze vlakken Figuur 1b en 1c) segmenten verder vielen in kaart gebracht. Bij een goed getalbegrip en bijbehorend strategiegebruik is het te verwachten dat het grootste deel van de fixaties in zone 1 valt. Per kind werden de fixaties in de verschillende zones uitgedrukt in percentages. Omdat alle kinderen dezelfde getallen kregen aangeboden is het mogelijk de percentages van de kinderen uit de controlegroep te vergelijken met de percentages van de kinderen met dyscalculie.

3 Resultaten

De beschrijvende statistieken van de controlegroep en de kinderen met dyscalculie zijn weergegeven in Tabel 1. Iets meer dan de helft (52%) van de oplossingsstrategieën van de kinderen uit de controlegroep kon geclassificeerd worden als een vooruittel-, achteruittel- of middelpuntstrategie of als geautomatiseerde respons.

tiseerde respons. Als een oplossingsstrategie niet geclassificeerd kon worden als één van de bovenstaande strategieën werd er bijvoorbeeld niet (34.8%) of naar meerdere (7.9 %) referentiepunten gekeken (zie bijvoorbeeld het voorbeeld in Figuur 1a waar niet naar de referentiepunten is gekeken). Bij de kinderen met dyscalculie kon 45.5% (Kind A) respectievelijk 59.1% (Kind B) van het kijkgedrag geclassificeerd worden als een vooruittel-, achteruittel- of middelpuntstrategie of als geautomatiseerde respons.

Figuur 2 en 3 laten de fixaties zien ten opzichte van de juiste respons op respectievelijk de 0-100 en de 0-1000 getallenlijn. Voorbeelden van geautomatiseerde responsen zijn te zien bij het kind rechtsboven in Figuur 2 bij de middelste getallen (33 tot 66). Alle fixaties en gegeven responsen liggen hier zeer dicht bij de juiste responsen. Een duidelijk voorbeeld van een kind dat de begin-, midden- en eindpuntstrategieën hanteerde is te zien links-onder in Figuur 2. Bij lage getallen vallen de fixaties overwegend in het gebied van 0 tot het getal dat moet worden geschat (beginpuntstrategie) terwijl bij hoge getallen de fixaties juist overwegend in het gebied van 100 tot het te schatten getal liggen. Bij de 0-1000 taak is de strategie van dit kind anders: bij de getallen van 0 tot 500 wordt weer de beginpuntstrategie gehanteerd maar bij getallen van 500 tot 1000 vallen de fixaties overwegend in het gebied van 500 tot het getal dat moet worden geschat wat duidt op een middelpuntstrategie. Deze voorbeelden illustreren dat de strategieën die kinderen gebruiken niet alleen verschillen tussen items, maar ook tussen taken.

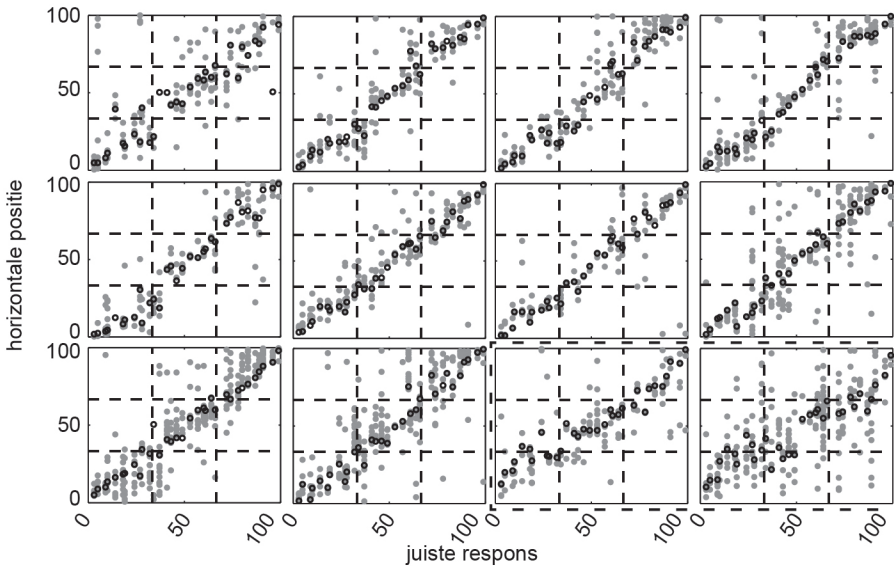
Tabel 1

Beschrijvende statistieken van de controlegroep (gemiddelde R^2 -en en percentages (SD)) en van de twee kinderen met dyscalculie

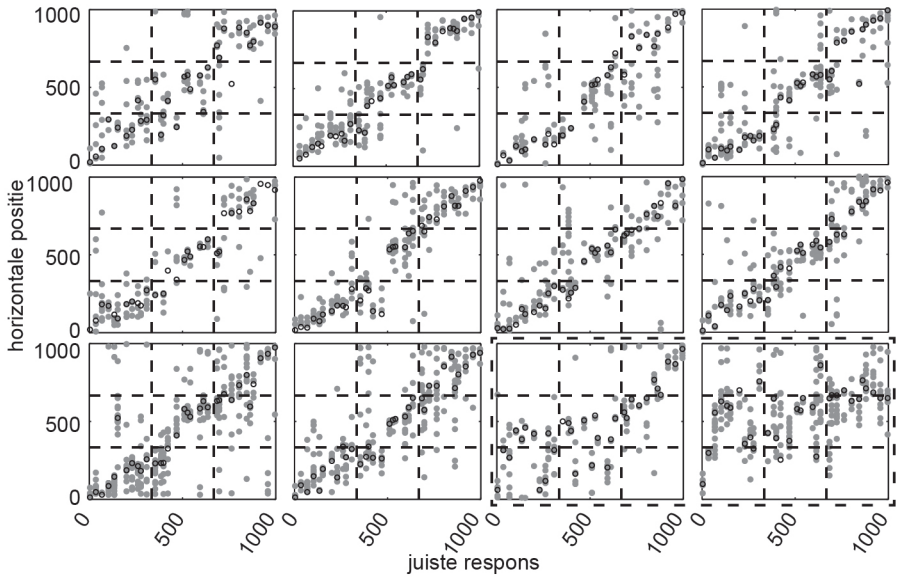
	0-100			0-1000		
	Kind A	Kind B	Controlegroep	Kind A	Kind B	Controlegroep
R^2 lineair	.92	.85	.96 (.04)	.60	.27	.93 (.04)
R^2 logaritmisch	.74	.69	.78 (.01)	.38	.32	.61 (.02)
% absolute afwijking	7.6	10.7	4.5 (1.1)	15.7	20.1	6.1 (1.0)
Vooruit tellen	3.0	6.1	7.6 (4.8)	9.1	3.0	5.2 (5.0)
Midden	33.3	42.4	22.1 (7.6)	18.2	42.4	26.4 (7.1)
Achteruit tellen	3.0	15.2	14.8 (9.4)	12.1	6.1	7.9 (5.4)
Geautomatiseerd	6.1	0	10.9 (5.6)	6.1	3.0	9.7 (7.3)

Om het kijkgedrag op de getallenlijntaken verder in kaart te brengen werd het percentage fixaties rond de juiste respons (*percentage fixaties in zone 1*) berekend. Uit Figuur 6 is af te leiden dat gemiddeld over de twee taken 75.6% van de fixaties van de controlekinderen in zone 1 ligt. Op de 0-100 getallenlijn valt het *percentage fixaties in zone 1* van één van de twee kinderen met dyscalculie (Kind B, 60%) buiten de range (73-88%) van de controlekinderen. Dit kind heeft procentueel voornamelijk meer fixaties in zone 2 (34%). Dit is ook te zien rechtsonder in Figuur 2. Vergeleken met de kinderen in de controlegroep liggen de fixaties van Kind B verder af van de juiste respons. Op de 0-1000 getallenlijn vallen de fixaties van beide kinderen met dyscalculie buiten de range (79-64%) van de controlekinderen. Ze hebben met name procentueel minder fixaties in zone 1 (respectievelijk 54 en 47%) en meer in zone 2 (respectievelijk 43 en 45%). Dit is ook te zien in Figuur 3.

Om te kijken of het verschil in kijkgedrag alleen verklaard kan worden doordat de kinderen met dyscalculie andere responsen geven, is het kijkgedrag ook bekeken ten opzichte van de gegeven respons. In Figuur 4 en 5 is te zien dat de fixaties van één van de twee kinderen met dyscalculie (Kind B) in een groter gebied rondom de gegeven respons liggen dan die van Kind A en de controlekinderen. Dit wil zeggen dat dit kind niet alleen minder naar de juiste respons kijkt omdat ze een andere respons geeft, maar ook ander kijkgedrag laat zien rondom de gegeven respons. Dit beeld wordt bevestigd in Figuur 6. Een andere opvallende bevinding is dat Kind B weinig onderscheid lijkt te maken tussen de lage en respectievelijk hoge getallen boven en onder het midden. In Figuur 4 en 5 (in de plaatjes rechtsonder) is goed te zien dat vrijwel alle getallen onder het midden of boven het midden op dezelfde plek worden geschat (rond de 33/330 en 66/660).



Figuur 2. Fixaties en responsen ten opzichte van de juiste respons op de 0-100 getallenlijn. Ieder paneel geeft de data van alle items van één proefpersoon weer. De laatste twee panelen (omcirkeld door de zwarte stippelijijn) geven de data van de kinderen met dyscalculie weer (links Kind A, rechts Kind B). De grijze punten geven de horizontale posities van de fixaties weer en de zwarte open punten de horizontale posities van de gegeven respons (omwille van de leesbaarheid van de figuur zijn posities van de juiste respons (per definitie op diagonaal) hier niet weergegeven en de vlakken niet grijs gekleurd).



Figuur 3. Fixaties en responsen ten opzichte van de juiste respons op de 0-1000 getallenlijn. De codering is hetzelfde als in Figuur 2.

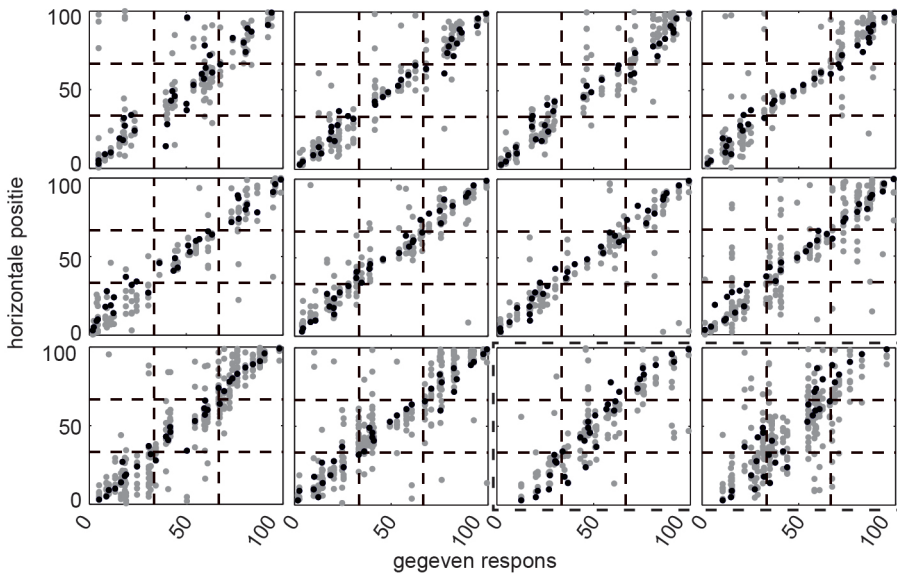
4 Discussie

In dit onderzoek is het strategiegebruik van kinderen met en zonder dyscalculie tijdens het uitvoeren van een getallenlijntaak in kaart gebracht met behulp van eye-tracking. Hierbij zijn in tegenstelling tot eerder onderzoek per kind en per item de oogbewegingen afgezet tegen zowel de *juiste* als de *gegeven* respons, met als doel inzicht te krijgen in het strategiegebruik op itemniveau op de getallenlijntaak.

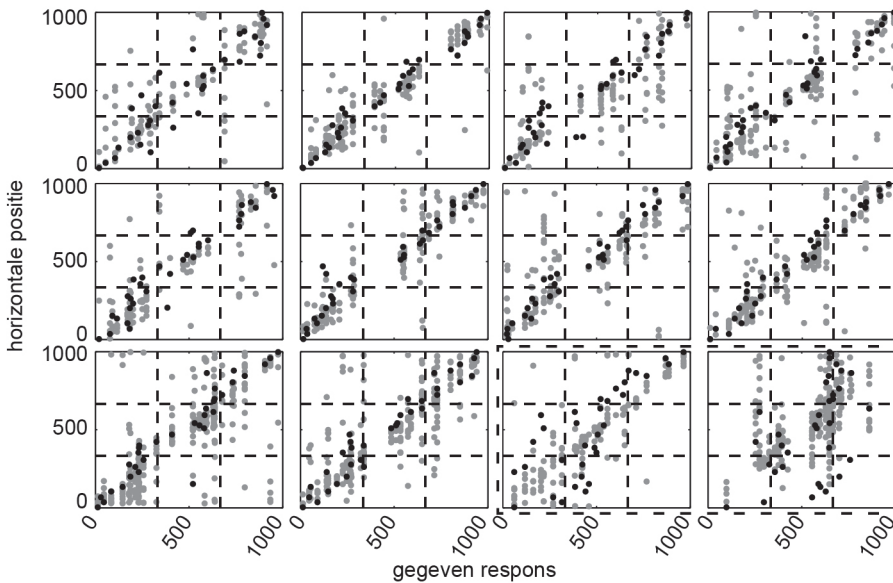
Ten eerste is gekeken naar het gebruik van eerder gerapporteerde strategieën (Newman & Berger, 1984; Petitto, 1990). Bij eerder eye-tracking onderzoek werd voornamelijk over alle participanten en items heen een overzicht gegeven van het gebruik van het begin, midden en eind van de lijn (bijv., Schneider et al., 2008; Sullivan et al., 2011, Van 't Noordende & Kolkman, 2013). In het huidige onderzoek is per item bepaald of er precies op het begin, midden of eind van de lijn of precies op het gevraagde getal is gekeken en wanneer dat niet zo was werd er geen strategie toegekend. Hierdoor is gebleken dat er in bijna de helft van de gevallen geen her-

kenbare strategie wordt gebruikt (i.e. de strategieën beschreven door Petitto, 1990). Ook in de studie van Van Viersen et al. (2013) werd de strategie die kinderen hanteerden per item bepaald. Hoewel deze laatste studie en de huidige studie grotendeels op dezelfde data berusten, werden er in het onderzoek van Van Viersen et al. hogere percentages strategiegebruik gerapporteerd. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat hun conclusies berusten op een kwalitatieve analyse van videoregistratie van oogbewegingen. De huidige analyses waren kwantitatief van aard, waardoor de criteria mogelijk strikter zijn gehanteerd en als gevolg minder trials een strategie kregen toegewezen.

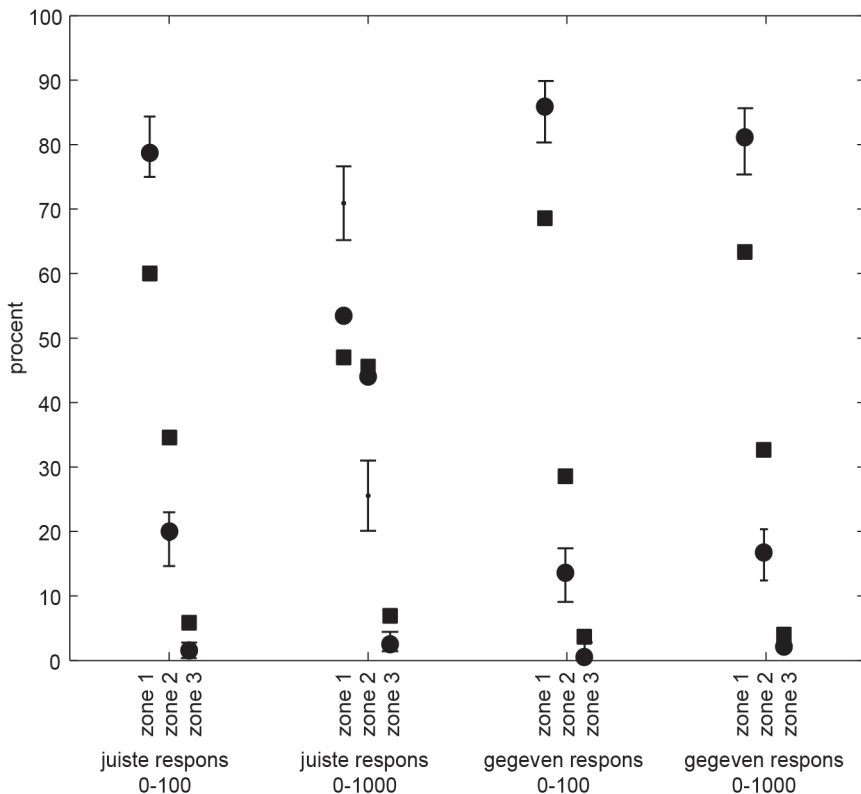
In overeenstemming met eerder onderzoek (Van 't Noordende & Kolkman, 2013; Van Viersen et al., 2013) werd gevonden dat kinderen met dyscalculie vaker gebruik lijken te maken van de middelpuntstrategie, ook wanneer dit niet functioneel is (bijvoorbeeld bij hele hoge en hele lage getallen). Dit is in overeenstemming met de bevinding dat kinderen met dyscalculie moeite hebben om bij het oplossen van rekenproblemen strategieën



Figuur 4. Fixaties en responsen ten opzichte van de gegeven respons op de 0-100 getallenlijn. De codering is hetzelfde als in Figuur 2 met als uitzondering dat hier de juiste respons is weergegeven (zwarte gesloten punten) en de gegeven respons niet.



Figuur 5. Fixaties en responsen ten opzichte van de gegeven respons op de 0-1000 getallenlijn. De codering is hetzelfde als in Figuur 4.



Figuur 6. Gemiddelde percentages van de controlegroep vergeleken met de percentages van de kinderen met dyscalculie. De foutenbalken geven voor de controlegroep het gemiddelde (+/- 1 SD) percentage fixaties per zone (zie data-analyse) per taak weer. De percentages van de kinderen met dyscalculie worden weergegeven met de stippen (Kind A) en met de vierkantjes (Kind B).

adaptief toe te passen (bijv., Torbeyns, Verschaffel, & Ghesquière, 2004; 2006). Er moet echter wel opgemerkt worden dat in de studies naar de getallenlijntaak het te schatten getal altijd precies in het midden van de getallenlijn werd gepresenteerd. Wellicht gebruikten kinderen met dyscalculie dit getal als referentiepunt voor het midden van de lijn om vervolgens te beslissen of het getal hoger of lager ligt dan 50/500. Vooral de responsen van Kind B suggereren een dergelijke strategie. Alle responsen liggen vlak bij elkaar boven of onder het midden. Vervolgonderzoek waarbij het te schatten getal op een andere positie (of bijvoorbeeld auditief) gepresenteerd wordt, zal moeten uitwijzen of het vaker volgen van de middelpuntstrategie samenhangt met de wijze waarop getallen gepresenteerd worden.

Ten tweede is getracht een kwantitatieve, gestandaardiseerde analysestrategie te ontwikkelen voor het verwerken van eye-trackingdata. Hierbij is ten eerste gekeken naar het aantal oogbewegingen rondom de *juiste respons*. Er is onderscheid gemaakt tussen dichtbij (zone 1), iets verderaf (zone 2) en veel verderaf (zone 3) van de gevraagde respons. Bij de controlegroep ligt 75% van de fixaties dichtbij de juiste respons en er zijn bijna geen fixaties in zone 3. Ook hier is weer een verschil gevonden tussen de controlegroep en de kinderen met dyscalculie. Op de lijn 0-1000 hebben beide kinderen met dyscalculie veel minder fixaties in zone 1 en meer in zone 2 dan de controlekinderen, wat wil zeggen dat hun fixaties verder van de *juiste response* liggen dan die van de contro-

lekinderen. Op de lijn 0-100 is dit patroon alleen zichtbaar bij Kind B, maar Kind A fixeerd hier niet afwijkend van de controle-groep.

Een vergelijkbare analyse is uitgevoerd met de *gegeven respons*. Als het kind immers een respons geeft die ver van de juiste respons af ligt, kan men niet verwachten dat de fixaties rond de juiste respons zullen liggen. Wel is het relevant te achterhalen naar welke delen van de lijn kinderen - ook bij een grote afwijking van de juiste respons - kijken om te zien of zij wel een (verkeerde) strategie gebruiken voor hun onjuiste respons of dat zij helemaal geen strategie gebruiken. Het blijkt dat hierbij het percentage fixaties in zone 1 in de controlegroep nog hoger is: kinderen kijken waar ze de cursor plaatsen. Terwijl Kind A dit ook lijkt te doen, liggen de fixaties van Kind B ook bij een onjuiste respons verder af van de gegeven respons (zone 2). Zij bekijkt een groter deel van de lijn voordat ze de cursor plaatst.

Het is opvallend dat de twee kinderen met dyscalculie in dit onderzoek onderling zowel verschillende prestaties als verschillende fixatiepatronen laten zien. Zo heeft Kind A weliswaar lagere scores behaald op de getallenlijntaken dan de controlegroep, maar haar fixaties wijzen erop dat ze op de 0-100 lijn wel in het goede gebied kijkt. Op de 0-1000 lijn is dit niet zo. Dit kan erop duiden dat de ontwikkeling van Kind A vertraagd is. Uit eerder onderzoek is bekend dat kinderen eerst het schatten op de getallenlijn tot 100 ontwikkelen en daarna pas het schatten tot 1000 (bijv., Siegler & Opfer, 2003). De verwachting is dat Kind A het op den duur beter zal gaan doen op de 0-1000 getallenlijn. Van Kind B (dat op gedragsniveau ernstigere rekenproblemen heeft dan Kind A) zijn echter zowel de prestaties als het kijkgedrag anders dan die van de controlegroep.

Een mogelijke verklaring voor de verschillen tussen beide kinderen met dyscalculie is dat Kind A een minder ernstige vorm van rekenproblemen heeft dan Kind B, wat zou passen bij een continuumbenadering van leerproblemen waarbij dyscalculie het einde van het spectrum vertegenwoordigt (zie Mazzocco & Räsänen, 2013, voor een overzicht en

discussie). Echter, de gevonden verschillen in kijkgedrag tussen Kind A en Kind B zouden ook kunnen bijdragen aan de discussie over het bestaan van subtypen van dyscalculie (Geary, 1993; 2004; Jordan & Montani, 1997; Wilson, Revkin, Cohen, Cohen, & Dehaene, 2006). Kind B presteert slecht op deze taak, wat zou kunnen wijzen op een 'domain-specific' (Moeller, Klein, & Nuerk, 2011) of 'number sense' (Wilson et al., 2006) subtype van dyscalculie. Bij dit subtype is er sprake van een tekort in het getalbegrip zelf of in de toegang tot symbolische numerieke informatie, wat zich uit in slechte prestaties op getallenlijntaken. Kind A heeft minder ernstige problemen dan Kind B, hoewel haar oogbewegingen wel afwijken van de kinderen zonder leerproblemen. Dit patroon wijst wellicht op een ander subtype van dyscalculie, bijvoorbeeld het door Geary (1993) beschreven 'procedurele' subtype. Bij dit subtype is het getalbegrip intact maar is er sprake van problemen met de uitvoering, wat zich bijvoorbeeld uit in problemen met tellen en telvaardigheden die gebruikt worden bij het oplossen van eenvoudige rekensommen. Deze groep kinderen heeft ernstige rekenproblemen, maar doet het over het algemeen beter op getallenlijntaken.

Dit onderzoek heeft laten zien dat oogbewegingsregistratie om strategiegebruik te meten een waardevolle aanvulling kan zijn op gedragsmaten. Hoewel de onderzoeksgroep klein was hebben de hier gepresenteerde analyses gedetailleerdere informatie opgeleverd dan tot nu toe vaak gehanteerde maten. Door kijkgedrag op item-niveau te relateren aan de *juiste* en de *gegeven* responsen worden afwijkende patronen beter zichtbaar. Ook voor andere rekentaken zijn verschillende eye-tracking studies gepubliceerd, onder andere als het gaat om strategiegebruik tijdens het oplossen van redactiesommen (De Corte, Verschaffel, & Pauwels, 1990; Verschaffel, De Corte & Pauwels, 1992; Hagerty, Mayer, & Monk, 1995) en kale optelsommen (Moeller et al., 2011, Verschaffel, De Corte, Gielen, & Struyf, 1994). De bevindingen in dit onderzoek geven ons meer inzicht in de ontwikkeling van kinderen en bieden aanknopingspunten om het onderwijs beter af te

stemmen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat oogbewegingsonderzoek ook enkele beperkingen kent. Zo wordt alleen gemeten waar de pupil van het kind op gericht is maar geeft het geen informatie over de rol van perifere zicht. Ook moeten voor de datareductie om de fixaties te bepalen verschillende keuzes worden gemaakt die de resultaten kunnen beïnvloeden. Een stuk data dat nu bijvoorbeeld net niet wordt aangemerkt als een fixatie zou met net iets andere criteria wellicht net wel aangemerkt kunnen worden als fixatie.

Hoewel we in deze studie slechts twee kinderen met dyscalculie hebben meegenomen – die ook nog eens duidelijk van elkaar verschillen – lijkt dergelijk onderzoek ook aanknopingspunten te bieden voor het begrijpen van dyscalculie als stoornis en voor individuele verschillen daarbinnen. Er zijn in deze studie niet alleen opnieuw aanwijzingen gevonden dat kinderen met dyscalculie lager scoren op een getallenlijntaak en andere strategieën gebruiken, maar er is bovenal een eerste aanzet gedaan tot het verkrijgen van inzicht in de kenmerken van het strategiegebruik op gestandaardiseerde wijze. Dit onderzoek liet zien dat het kijkgedrag op een groot percentage oplossingsstrategieën niet gekenmerkt kon worden als een bepaalde strategie. Er is dus meer onderzoek en theorievorming nodig om het kijkgedrag van kinderen beter te duiden. Als meer inzicht verkregen wordt in het strategiegebruik van kinderen, biedt dat op termijn ook aanknopingspunten voor instructie. Daarnaast zou oogbewegingsregistratie op termijn ingezet kunnen worden als diagnostisch hulpmiddel, mits apparatuur en goede normgegevens breed beschikbaar worden. Dit geldt natuurlijk niet alleen voor de getallenlijntaak, die maar in beperkte mate deel uitmaakt van het reguliere curriculum, maar ook voor de andere taken zoals redactiesommen (De Corte et al., 1992; Hagerty, Mayer, & Monk, 1995) en optelsommen (Moeller et al., 2011; Verschaffel, et al., 1994), waarbij is gebleken dat strategiegebruik af te leiden is uit de oogbewegingen van kinderen.

Naast vragen over strategiegebruik zijn er bovendien wellicht nog andere onderzoeksvragen die met behulp van oogbewegings-

onderzoek beantwoord kunnen worden. Naast bijvoorbeeld de eerder beschreven studie van Heine et al. (2010) naar expliciete en impliciete kennis, zo zou er in de getallenlijntaak gekeken kunnen worden welk percentage van de fixaties op taakrelevante delen van het scherm valt en in welke volgorde er naar bepaalde delen van het scherm gekeken wordt. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat hoe vaak een kind opnieuw naar het te schatten getal kijkt, nadat hij naar de getallenlijn gekeken heeft, meer inzicht kan geven in aandachts- en verwerkingsprocessen. Meer onderzoek is echter noodzakelijk voordat hier valide uitspraken over gedaan kunnen worden. Daarbij is het belangrijk om de ontwikkeling van kinderen over verschillende leeftijdsgroepen in kaart te brengen. Met behulp van eye-tracking is het mogelijk dit op een objectieve en betrouwbare manier te doen.

Literatuur

- Cornelissen, F. W., Peters, E. M., & Palmer, J. (2002). The eyelink toolbox: Eye tracking with MATLAB and the psychophysics toolbox. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 34, 613-617.
doi: 10.3758/BF03195489
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Pauwels, A. (1990). Influence of the semantic structure of word problems on second graders' eye movements. *Journal of Educational Psychology*, 82, 359-365.
doi: 10.1037/0022-0663.82.2.359
- Dehaene, S. (1996). The organization of brain activations in number comparison: Event-Related Potentials and the additive-factors Method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 41-68. doi:10.1162/jocn.1996.8.1.47Dehaene, S. (2001). Précis of "The number sense". *Mind and Language*, 16, 16-36.
doi: 10.1111/1468-0017.00154
- Ebersbach, M., Luwel, K., & Verschaffel, L. (2013). Comparing apples and pears in studies on magnitude estimations. *Frontiers in Psychology*, 4, 332.
doi: 10.3389/fpsyg.2013.00332
- Friso-Van den Bos, I. (2014). Making sense of numbers - Early mathematics achievement and working memory in primary school children. Utrecht University: PhD thesis.
- Friso-Van den Bos, I., Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M (2014). Explaining variability: Numerical representations in 4- to 8-year old children. *Journal of Cognition and Development*, 0, 1-20.
doi: 10.1080/15248372.2012.742900
- 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. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 4-15.
doi: 10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277-299.
doi: 10.1080/87565640801982361
- Hegarty, M. Mayer, R. E., Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18-32.
doi: 10.1037/0022-0663.87.1.18
- Heine, A., Thaler, V., Tamm, S., Hawelka, S., Schneider, M., Torbeyns, J., et al. (2010). What the eyes already 'know': Using the eye movement measurement to tap into children's implicit numerical magnitude representations. *Infant and Child Development*, 19, 175-186.
doi: 10.1002/icd.640
- Jordan, N. C., & Montani, T. O. (1997). Cognitive arithmetic and problem solving: A comparison of children with specific and general mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 624-634.
doi: 10.1177/002221949703000606
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). 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
- LeFevre, J. -A., Jimenez Lira, C., Sowinski, C., Cankaya, O., Kamawar, D., & Skwarchuk, S. -L. (2013). Charting the role of the number line in mathematical development. *Frontiers in Psychology*, 4, 641.
doi: 10.3389/fpsyg.2013.00641
- Mazzocco, M., M., M., & Räsänen, P. (2013). Contributions of longitudinal studies to evolving definitions and knowledge of developmental dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2, 65-73.
doi: 10.1016/j.tine.2013.05.001
- Moeller, K., Klein, E., Nuerk, C. (2011). (No) small adults: children's processing of carry addition problems. *Developmental Neuropsychology*, 36, 702-720.
doi: 10.1080/87565641.2010.549880
- Newman, R. S., & Berger, C. F. (1984). Children's numerical estimation: Flexibility in the use of counting. *Journal of Educational Psychology*, 76, 55-64. doi: 10.1037/0022-0663.76.1.55
- Petitto, A. L. (1990). Development of numberline and measurement concepts. *Cognition and Instruction*, 7, 55-78.
doi: 10.1207/s1532690xci0701_3

- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J. E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2004). *Rekenproblemen en Dyscalculie*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., et al. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Cognitive Development*, 23, 409-422. doi: 10.1016/j.cogdev.2008.07.002
- 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
- Sullivan, J. L., Juhasz, B. J., Slattery, T. J., & Barth, H. C. (2011). Adults' number-line estimation strategies: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 557-563. doi: 10.3758/s13423-011-0081-1
- Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2004). Strategy development in children with mathematical disabilities: Insights from the choice/no-choice method and the chronological-age/ability-level-match design. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 119-131. doi: 10.1177/00222194040370020301
- Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2006). The development of children's adaptive expertise in the number domain 20 to 100. *Cognition and Instruction*, 24, 439-465. doi: 10.1207/s1532690xc2404_2
- Van Luit, J. E. H., Bloemert, J., Ganzing, E. G., & Mönch, M. E. (2012). *Protocol dyscalculie: Diagnostiek voor gedragsdeskundigen*. Doetinchem: Graviant.
- Van 't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2013). Getallenlijnschatten door kinderen met en zonder rekenproblemen: Accuratesse, representaties en strategiegebruik. *Orthopedagogiek: Onderzoek en Praktijk*, 52, 322-335.
- Van Viersen, S., Slot, E. M., Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Leseman, P. P. M. (2013). The added value of eye-tracking in diagnosing dyscalculia: A case study. *Frontiers in Psychology*, 4, 679. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00679
- Verschaffel, L., De Corte, E., & Pauwels, A. (1992). Solving compare problems: An eye-movement test of Lewis and Mayer's consistency hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 84, 85-94. doi: 10.1037/0022-0663.84.1.85
- Verschaffel, L., De Corte, E., Gielen, I., & Struyf, E. (1994). Clever rearrangement strategies in children's mental arithmetic: a confrontation of eye-movement data and verbal protocols. In: H. Van Luit (Ed.), *Research on mathematics learning and instruction in (special) primary schools* (pp. 153-180). Doetinchem/Rapallo: Graviant.
- Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of "The Number Race", an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2:20. doi:10.1186/1744-9081-2-20

Auteurs

Willemijn D. Schot, Jaccoline E. van 't Noordende, Esther M. Slot en Evelyn H. Kroesbergen zijn verbonden aan de afdeling Pedagogiek en Onderwijskunde van de Universiteit Utrecht en **Sietske van Viersen** aan het Research Institute of Child Development and Education van de Universiteit van Amsterdam.

Correspondentieadres: W.D.Schot@uu.nl

Abstract

Strategy use on the number line task analyzed with eye-tracking

The number line task is used to measure the ability to match number symbols to non-symbolic values or quantities. In addition to performance measures (mean percent absolute error or R^2), a number of researchers has investigated the eye-movements that children make while deciding where to place a number on the number line in order to map out their strategy use. In this study, we tracked the eye-movements of children with and without dyscalculia while they were doing the number line task. The fixations of the children

were related to the correct response and the actual response at the item level. We showed that there were clear individual differences in the strategies that children use. As expected, the children with dyscalculia scored lower on the performance measures than the control children. Additionally, the looking behavior of the child with the most severe mathematics problems also deviated most from the looking behavior of the control children. This study shows that mapping out the fixations of children during the number line task in great detail can help to determine which strategies children use when placing numbers on the number line.