

Proefschrift Fenna van Nes

Young children's spatial structuring ability and emerging number sense [Ruimtelijk structureervermogen en ontluikend getalbegrip van jonge kinderen]

Bespreking door:

Helen Reed

Vrije Universiteit Amsterdam

De afgelopen twee decennia hebben veel intrigerende inzichten opgeworpen in hoe het brein rekent en leert rekenen. Rekenen blijkt een complexe vaardigheid waar veel elementaire en complexe neurocognitieve functies voor nodig zijn. Er is groeiend bewijs dat het vermogen om numerieke informatie te representeren en te begrijpen wordt onderlegd door een primair kwantitatief gevoel voor getallen gekoppeld aan visuo-ruimtelijke capaciteiten (Dehaene, Izard, Spelke, & Pica, 2008), en dat getalbegrip en ruimtelijke verwerking gebruik maken van dezelfde hersengebieden (Knops, Thirion, Hubbard, Michel, & Dehaene, 2009; Price, Holloway, Räsänen, Vesterinen, & Ansari, 2007; Zorzi, Priftis, & Umiltà, 2002). Een belangrijke vraag in onderzoek naar de ontwikkeling van vroege rekenvaardigheid is daarom of en hoe visuo-ruimtelijke vermogens vorm helpen geven aan een ontluikend inzicht in getallen en getallenrelaties en hoe deze ontwikkeling gestimuleerd kan worden.

Deze vragen scheppen het kader van het proefschrift van Fenna van Nes, die haar promotieonderzoek uitvoerde middels klassieke design research gekoppeld aan de theorieën van realistisch rekenen (RME) en het socio-constructivisme, dat de leeromgeving als cruciaal aspect van onderzoek beschouwt. De studie is onderdeel van een interdisciplinair overkoepelend project, waarin de didactische insteek van Van Nes gecomplementeerd moet worden door neuropsychologisch onderzoek naar cognitieve voorlopers van reken-wiskundige vaardigheden. Van Nes verwoordt haar onderzoeksdoel als volgt: 'het bestuderen van de rol van het vermogen van jonge kinderen om ruimtelijk te structureren bij de ontwikkeling van hun getalbegrip, met name hun inzicht in getalrelaties, om zo het reken-wiskundeonderwijs te verbeteren.' (blz. 277). Ruimtelijk structureren betreft – aldus de definitie van Battista en Clements (1996) – het identificeren en combineren van ruimtelijke componenten van object(en) en het doorzien van relaties daarin.

Het proefschrift begint met een grondige behandeling van de theoretische achtergrond van de studie. Hoewel relaties tussen ruimtelijk inzicht en getalbegrip herhaaldelijk worden gevonden, blijkt er in de onderwijspraktijk onvoldoende aandacht voor de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden bij jonge kinderen. Van Nes suggereert dat de hoofdcomponenten van ruimtelijk inzicht een ruimtelijk structureervermogen met elkaar

delen, en dat dit van invloed kan zijn op het vermogen om hoeveelheden samen te stellen en te splitsen ten dienste van het ontwikkelen van inzicht in getalrelaties. Van Nes stelt zich tot doel het nader expliciteren van het ontwikkelingstraject voor ruimtelijk structureervermogen. In aanvulling op het ontwikkelingschema van Mulligan et al. (2004, 2005), wil ze daarnaast de invloed van instructievariabelen binnen een authentieke klassituatie in kaart brengen. De drie onderzoeksvragen luiden als volgt:

1. Welke strategieën voor het oplossen van ruimtelijke en numerieke problemen kenmerken de ruimtelijke structureervermogens van jonge kinderen?
2. Hoe kunnen jonge kinderen ondersteund worden in het leren herkennen en gebruikmaken van ruimtelijke structuren voor het verkorten van numerieke procedures?
3. Wat kenmerkt een leeromgeving die de ontwikkeling van het ruimtelijk structureervermogen van kinderen kan faciliteren?

De gevolgde methodologie wordt minutieus beschreven om, aldus Van Nes, een hoog niveau van 'trackability' te waarborgen. Het onderzoek werd uitgevoerd bij één kleuterklas van een Jenaplanschool. De eerste onderzoeksvraag werd beantwoord door middel van een inventarisatie van ruimtelijke structureerstrategieën, en pre- en post-interviews aan de hand van interactieve taken, waarmee het begin- en eindniveau van het ruimtelijk structureervermogen van de deelnemende kinderen werden vastgesteld. Er is aandacht voor validiteit en betrouwbaarheid van deze meetinstrumenten, onder andere door de verkregen interviewresultaten te vergelijken met gestandaardiseerde scores van het Leerling Volgstelsel Test (LVS). Voor de tweede en derde onderzoeksvragen werd design research verricht, waarbij het instructie-experiment in twee rondes werd uitgevoerd. Klasobservaties werden aangevuld door interviews met een focusgroep bestaande uit vijf kinderen. In overeenstemming met de nadruk op de leeromgeving werden deelnemende leerkrachten betrokken bij de voorbereiding, uitvoering en evaluatie van elke instructiesessie.

De volgende drie hoofdstukken van het proefschrift worden gewijd aan het beschrijven van de processen die hebben geleid tot (1) het conceptuele schema dat de ontwikkeling van ruimtelijk structureervermogen met getalbegrip en -relaties associeert, (2) de inventarisatie van structureerstrategieën en de identificatie van vier cumulatieve en overlappende fasen in de ontwikkeling van ruimtelijk structureervermogen, en (3) het hypothetische leertraject en de instructie-activiteiten. De vier ontwikkelingsfasen zijn:

- eenheidsfase (geen herkenning of gebruik van ruimtelijke structuren);
- herkenningsfase (weinig gebruik of toepassing van ruimtelijke structuren);
- gebruiksfase (weinig eigen initiatief in het construeren en toepassen van ruimtelijke structuren);
- toepassingsfase (doelgerichte en spontane constructie, gebruik en toepassing van ruimtelijke structuren).

De instructie-activiteiten bestonden uit verkenning, vergelijking en toepassing van één-, twee- en drie-dimensionale ruimtelijke structuren, gericht op patronen, symmetrie, herhaling en deel-geheel relaties. Hierin verschuift de focus van de activiteiten van ruimtelijk naar ruimtelijk structurend naar getalrelaties.

De twee rondes van het instructie-experiment en de resultaten van de post-interviews en de evaluaties van de deelnemende leerkrachten worden vervolgens beschreven. Aanscherping van de instructie-activiteiten uit de eerste ronde bleek nodig om RME-principes meer recht te doen, vooral door het toevoegen van een overkoepelende, betekenisvolle context, wat kinderen zou moeten helpen situatiespecifieke strategieën en een gedeelde woordenschat te ontwikkelen. In de analyses is er uitgebreide aandacht voor zowel de cognitieve ontwikkeling van de kinderen als ook sociale interactie, de rol van de leerkracht, taal en gedeelde normen en woordenschat – allemaal kernelementen van de leeromgeving vanuit het socio-constructivistische onderzoekskader. De klasobservaties worden gerelateerd aan het hypothetisch leertraject en de veronderstelde leermomenten. Het blijkt dat het instructie-experiment de deelnemende kinderen heeft geholpen ruimtelijke structuren te herkennen en te gebruiken om numerieke procedures, zoals het vaststellen en vergelijken van hoeveelheden, in te korten. In totaal achttien van de eenentwintig kinderen bleken vooruit te zijn gegaan in hun ruimtelijk structureervermogen: dertien verbeterden naar een hoger niveau en vijf gingen vooruit, maar net niet genoeg om in het volgende niveau geassocieerd te worden. Drie kinderen die bij aanvang van het experiment nog niet spontaan structureerden bereikten de ultieme vierde fase. Een globaal retrospectief op het experiment resulteert in negen leerinzichten die de algemene progressie in de ontwikkeling van ruimtelijk structureervermogen zouden typeren.

In het concluderende hoofdstuk beargumenteert Van Nes dat de interviewtaken en de inventarisatie van strategieën een instrument kan zijn voor het peilen van inzicht in getalrelaties in termen van ruimtelijk structureervermogen van jonge kinderen. Zij plaatst de vier ontwikkelingsfasen in breder perspectief, door ze te relateren aan Mulligan et al.'s (2004, 2005) fasen van ruimtelijk structureervermogen en Gravemeijer's (1994, 1999) niveaus van emergent modelleren, en concludeert dat jonge kinderen beter voorbereid kunnen worden op rekenwiskundeonderwijs als ze in de kleutergroep ruimtelijke structuren leren herkennen en toepassen.

Dit proefschrift is mijns inziens een belangwekkend voorbeeld van wat klassieke design research, in combinatie met bepaalde didactische en leerprincipes, wel en niet kan bereiken in wetenschappelijk opzicht. Het gekozen onderzoekskader, dat in dit geval bepaald werd door RME en het socio-constructivisme, blijkt enorm krachtig in het aanbrenge van een overkoepelende focus voor de onderzoeksprocessen. De integriteit waarmee deze principes werden geïntegreerd in de onderzoeksopzet en het ontwerp van de instructie-activiteiten is ook indrukwekkend te noemen.

Toch valt er wat aan te merken op een aantal aspecten van het onderzoeksontwerp, dat mijns inziens te wijten valt aan de klassieke design research benadering. De verwer-

ping van een kwantitatieve onderbouwing van de gevolgde kleinschalige ($n = 21$) kwalitatieve aanpak vind ik voorbarig. Een gecombineerde kwantitatieve en kwalitatieve benadering, waarmee grote en kleine schaal elkaar aanvullen, is wel haalbaar binnen een design research kader dat buiten de traditionele perken gaat (zie bijvoorbeeld Reed, Drijvers, & Kirschner, 2010). Hiermee kan zowel diepgaand inzicht in denk-, leer- en didactische processen worden verkregen, als ook de praktische relevantie van de resultaten worden verhoogd. Het feit dat de interviewresultaten overeen bleken te komen met gestandaardiseerde LVS-testscores geeft al mogelijkheid de schaal van het instructie-experiment te vergroten teneinde een robuustere onderbouwing van leereffecten te bewerkstelligen. De gevolgde aanpak liet tevens toe dat dezelfde kinderen deelnamen aan opeenvolgende rondes van het instructie-experiment, waardoor indirecte herhalings-effecten bijna niet te onderscheiden zijn van directe effecten van de finale instructieronde. Deze beperking moet de waarde van de gevonden leereffecten en daardoor de relevantie van het onderzoek temperen.

Nog een gevolg van de gekozen aanpak is de behoefte om 'trackability' te waarborgen. Hiertoe toont Van Nes een formidabel oog voor detail en volledigheid. Het is volkomen terecht dat de 'auditability' van kwalitatief onderzoek voldoende aandacht krijgt (Akkerman, Admiraal, Brekelmans, & Oost, 2008). Toch is het moeilijk voor de lezer om een dergelijk volume van detail in de procesbeschrijvingen te verwerken. De onderzoeksgemeenschap zou zich daarom meer moeten buigen over de vraag hoe en in welke mate dergelijke kwalitatieve onderzoeksprocessen beschreven dienen te worden.

Naast deze consequenties van de gevolgde aanpak, zijn er nog enkele facetten van het onderzoeksontwerp die vraagtekens zetten bij de generaliseerbaarheid van de bevindingen. Ten eerste blijkt dat enkele kenmerken van de experimentele groep, zoals hun prestatieniveaus, nogal afwijkend waren. De samenstelling van de focusgroep was ook geen representatieve weerspiegeling van de klas, aangezien bijna 50% van de kinderen in de eerste fase van het veronderstelde ontwikkelingstraject zat, terwijl de focusgroep uit kinderen in de tweede en derde fasen bestond. Het was ook bijzonder interessant geweest om juist kinderen in de eerste fase wat grondiger te bestuderen, in het licht van vragen uit eerder onderzoek (Mulligan et al., 2004, 2005) waarom sommige kinderen geen structuur in hun representatie van wiskundige concepten ontwikkelen.

Onder de sterke aspecten van de studie is de zorgvuldigheid waarmee de onderzoekers hebben geprobeerd vast te stellen wat voor gedrag en taalexpressies inzicht kunnen geven in de mate waarin jonge kinderen concepten en oplossingsstrategieën daadwerkelijk begrijpen. Dit is altijd een punt van zorg bij onderzoek naar het denken van jonge kinderen, die verbaal nog niet in staat zijn hun ideeën goed te expliciteren. De manier waarop de interviewtaken en instructie-activiteiten zouden bijdragen aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen is ook transparant, wat tevens de 'face validity' van de studie verhoogt. Wel vraag ik me af hoe zuiver de interviewtaken zijn vanuit neuropsychologisch perspectief (de andere component van het interdisciplinaire onderzoekskader); bijvoor-

beeld, de ruimtelijke oriëntatietoets doet beroep op zowel werkgeheugen als executieve functies, waarvan bekend is dat er in de kleuterleeftijd grote individuele verschillen zijn die taakuitkomsten fundamenteel kunnen beïnvloeden (Bull, Espy, & Wiebe, 2008).

Verder ben ik geïntrigeerd door de veronderstelde beïnvloedingsrichting van het onderzoek, namelijk van ruimtelijk structureervermogen naar getalbegrip. Er is slechts een lichte invloed mogelijk van 'hoeveelheden tellen' (uit het getalendomein) op ruimtelijk structureren, die Van Nes beschrijft als een voorlopige stap naar een dialectische relatie tussen getalbegrip en ruimtelijk inzicht. Ik had graag de argumenten voor dit standpunt wat meer uitgewerkt willen zien, aangezien eerder onderzoek suggereert dat ruimtelijk structureren en telvaardigheden elkaar construeren (Battista & Clements, 1996), en ook omdat tijdens de inventarisatie van strategieën bleek dat ruimtelijke structureerstrategieën en getallenverwerkingsstrategieën zich parallel ontwikkelen.

Van Nes' vier-fasen strategiemodel is op het eerste gezicht een nuttige constructie om de analyses binnen een ontwikkelingsperspectief te plaatsen. Alleen wanneer uit de conclusie bleek dat het model feitelijk overeenkomt met reeds bestaande modellen, vroeg ik me af wat de daadwerkelijke toegevoegde waarde ervan is. Ook de waarde van de ontwikkelde lokale instructietheorie staat nog niet vast. Zoals Van Nes aangeeft, verhoudt deze theorie zich alleen tot de observaties uit dit specifieke experiment. Voor alle drie onderzoeksvragen geldt dat de vraagtekens die gezet zijn bij de generaliseerbaarheid van de onderzoeksbevindingen de praktische waarde en relevantie van het onderzoek aantasten, een beperking die Van Nes ook zelf inziet.

Ondanks de genoemde punten van kritiek is het duidelijk dat deze studie een volledig en gedegen micro-onderzoek betreft, waarin binnen de beperkingen van de gekozen onderzoeksopzet en -opzet op verantwoorde wijze te werk is gegaan. Vooral de uitputtende aandacht voor de uitwerking en implementatie van RME en socio-constructivistische principes in de kleuterklas is een zeer sterk facet van het geheel, en iets wat buiten de kaders van deze specifieke studie wel degelijk praktische waarde heeft.

Als slotopmerking kom ik kort terug op de veelbelovende koppeling van de onderzoeksresultaten van deze studie en de uitkomsten van de neuropsychologische component van het overkoepelende project. Door uiteenlopende onderzoekstrajecten bleek het niet meer mogelijk de eindpunten van beide studies met elkaar te verbinden. Deze additionele toegevoegde waarde van het onderzoek laat dus nog op zich wachten. Ik kijk graag uit naar de realisatie van die koppeling.

Literatuur

- Akkerman, S., Admiraal, W., Brekelmans, M., & Oost, H. (2008). Auditing quality of research in social sciences. *Quality and Quantity*, 42, 257-274.
- Battista, M. T., & Clements, D. H. (1996). Students' understanding of three-dimensional rectangular arrays of cubes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 258-292.

- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 205-228.
- Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E., & Pica, P. (2008). Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in Western and Amazonian indigene cultures. *Science*, *320*, 1217-1220.
- Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht, The Netherlands: CD- β Press.
- Gravemeijer, K. (1999). How emergent models may foster the constitution of formal mathematics. *Mathematical Thinking and Learning*, *1*(2), 155-177.
- Knops, A., Thirion, B., Hubbard, E. M., Michel, V., & Dehaene, S. (2009). Recruitment of an area involved in eye movements during mental arithmetic. *Science*, *324*, 1583-1585.
- Mulligan, J. T., Mitchelmore, M. C., & Prescott, A. (2005). Case studies of children's development of structure in early mathematics: A two-year longitudinal study. In H. Chick & J. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 29th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 1-8). Melbourne, Australia: PME.
- Mulligan, J. T., Prescott, A., & Mitchelmore, M. C. (2004). Children's development of structure in early mathematics. In M. Høines & A. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 393-401). Bergen, Norway: Bergen University College.
- Price, G. R., Holloway, I., Räsänen, P., Vesterinen, M., & Ansari, D. (2007). Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia. *Current Biology*, *17*, 1042-1043.
- Reed, H. C., Drijvers, P., & Kirschner, P. A. (2010). Effects of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, *55*, 1-15.
- Zorzi, M., Priftis, K., & Umiltà, C. (2002). Brain damage: Neglect disrupts the mental number line. *Nature*, *417*, 138-139.