

# *Rekenen buiten de lijntjes*

INAUGURELE REDE DOOR PROF. DR. EVELYN KROESBERGEN

*in au  
gurele  
redo*

*change perspective*

Radboud Universiteit



## INAUGURELE REDE

PROF. DR. EVELYN KROESBERGEN



Hoe leren kinderen rekenen? En waarom heeft het ene kind daar zoveel moeite mee, terwijl het bij het andere kind vanzelf lijkt te gaan? Een belangrijke voorwaarde voor het leren rekenen is getalbegrip. Als daar een tekort is, wordt het heel lastig om goed te leren rekenen. Als de rekenproblemen ernstig

zijn, spreken we van dyscalculie. Maar wat is dyscalculie eigenlijk en hoe relevant is het om een dergelijke diagnose te stellen?

In deze oratie gaat Evelyn Kroesbergen in op de verklaringen voor de grote verschillen in rekenvaardigheid tussen kinderen. Speciale aandacht is er ook voor de excellente rekenaars, de kinderen die juist zeer makkelijk leren rekenen, waarbij creatief denken een belangrijke factor is. In het (reken)curriculum van de basisschool zou er daarom meer aandacht moeten komen voor creatief denken, voor rekenen buiten de lijntjes.

Evelyn Kroesbergen (1975) is hoogleraar Orthopedagogiek, in het bijzonder Leerproblemen. Haar onderzoek richt zich op het verklaren van de problemen die kinderen kunnen ondervinden bij het leren in de basisschool. Zij richt zich in het bijzonder op de ernstige reken-, lees- en spellingproblemen, maar heeft ook aandacht voor kinderen die ondanks een zeer hoge intelligentie toch niet voldoende tot leren komen. Met haar onderzoek wil ze bereiken dat de talenten van alle kinderen in het onderwijs optimaal tot ontplooiing komen.

REKENEN BUITEN DE LIJNTJES



## **Rekenen buiten de lijntjes**

*Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Orthopedagogiek, in het bijzonder Leerproblemen, aan de Faculteit der Sociale Wetenschappen van de Radboud Universiteit op vrijdag 25 mei 2018*

**door prof. dr. Evelyn Kroesbergen**

Opmaak en productie: Radboud Universiteit, Facilitair Bedrijf, Post & Print  
Fotografie omslag: Vanessa Wijnberger

© Prof. dr. Evelyn Kroesbergen, Nijmegen, 2018

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt middels druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyrighthouder.

*Mijnheer de rector magnificus,  
Geachte toehoorders,  
Beste collega's en studenten,  
Lieve familie en vrienden,*

#### INTRODUCTIE

In deze rede<sup>1</sup> staat de ontwikkeling van het rekenen<sup>2</sup> centraal. De ontwikkeling van rekenvaardigheid begint al in het eerste levensjaar. Vandaag wil ik u meenemen in deze ontwikkeling en de lijnen volgen waarlangs kinderen hun rekenvaardigheid ontwikkelen. Mijn rede is getiteld: 'Rekenen buiten de lijntjes'. Dit betekent onder andere dat ik speciaal zal stilstaan bij kinderen die niet binnen de grenslijnen van het gemiddelde vallen, dus de kinderen die heel veel moeite hebben met leren rekenen, of het juist heel gemakkelijk vinden. Maar dat kan ik niet doen zonder naar de 'normale' ontwikkeling van rekenvaardigheid te kijken.

#### DE VROEGE ONTWIKKELING

De basis voor het latere rekenen wordt al in de babytijd gelegd, als kinderen patronen gaan herkennen en bijvoorbeeld het onderscheid tussen weinig en veel gaan zien. Baby's die hier op de leeftijd van zes maanden relatief goed in zijn, blijken drie jaar later in het algemeen ook betere rekenvaardigheden te hebben (Starr, Libertus, & Brannon, 2013). Onderzoek heeft ook laten zien dat kinderen al op heel jonge leeftijd verschillende hoeveelheden van elkaar kunnen onderscheiden, zelfs al als ze pas enkele dagen oud zijn (Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009). Het lijkt aannemelijk dat dit wijst op een aangeboren, evolutionair bepaalde, capaciteit om kwantitatieve informatie te verwerken.<sup>3</sup> Deze capaciteit zou mensen in staat stellen om verschillende vormen van numerieke informatie te verwerken, zoals duidelijk beschreven in het Triple-code model (Dehaene, 1997); numerieke informatie kan in drie vormen ('codes') gerepresenteerd worden: de arabische code of het geschreven cijfer '3', de verbale code of het gesproken cijfer 'drie' en de analoge code of de hoeveelheid '●●●'. De arabische en verbale code betreffen dus symbolische en de analoge code non-symbolische representaties. Volgens deze visie (onder anderen Dehaene, 1997; Lipton & Spelke, 2008; Szudlarek & Bran-

---

<sup>1</sup> Ik dank Paul Leseman, Anna Bosman en Ard Lazonder voor hun commentaar op een eerdere versie van deze tekst.

<sup>2</sup> Het begrip rekenen verwijst in deze rede naar alle aspecten van het reken-wiskunde onderwijs in de basisschool, inclusief de voorlopers van rekenvaardigheid.

<sup>3</sup> In de literatuur wordt dit aangeduid als het Approximate Number System (ANS), waarmee hoeveelheden bij benadering geschat kunnen worden (e.g. Halberda & Feigenson, 2008).

non, 2017; Wilson & Dehaene, 2007) is de analoge code de basis voor het latere – symbolische – rekenen; om te leren welke hoeveelheid bij een bepaald symbool hoort, moeten getallen gekoppeld worden aan dit systeem voor hoeveelhedenrepresentatie. Eén van de implicaties van deze lijn van redeneren is dat de latere rekenvaardigheid voor een aanzienlijk deel al bepaald is bij de geboorte of tenminste in het eerste levensjaar. Andere verklaringen zijn echter plausibeler: Núñez (2017) beschrijft in zijn opiniepaper overtuigend waarom een dergelijke nativistische kijk op numerieke ontwikkeling niet plausibel is<sup>4</sup>. Hij wijst op het belang van het onderscheid tussen ‘numerical’ en ‘quantical’ eigenschappen en beargumenteert dat het kunnen onderscheiden van hoeveelheden niet verward moet worden met het kunnen onderscheiden van aantallen of specifieke getallen. Met name de numerieke ontwikkeling wordt mede bepaald door taal en culturele invloeden.

Mijn onderzoek richt zich op de factoren die juist deze numerieke ontwikkeling beïnvloeden. Deze lijn ben ik gestart in Utrecht, en zal ik voortzetten in Nijmegen. Eén van de resultaten die ik met mijn Utrechtse collega’s Paul Leseman en Chiel Volman heb gevonden, is dat baby’s die vroeg beginnen met kruipen en dus meer mogelijkheden hebben om de wereld om zich heen te verkennen dan hun niet-kruipende leeftijdsgenootjes, ook beter in staat zijn om hoeveelheden te onderscheiden. Dit was een eerste aanwijzing dat zelfs de vaardigheid om hoeveelheden te onderscheiden in belangrijke mate beïnvloed wordt door omgevingsfactoren. Dit past bij een visie op leren waarin kennis niet als iets abstracts wordt gezien dat van de leraar op de leerling overgedragen moet of kan worden, maar als vaardigheden die ontstaan in de unieke interactie tussen een persoon en zijn/haar omgeving; dat wil zeggen dat kennis gesitueerd is in die interactie tussen kind en omgeving<sup>5</sup>. De fysieke interactie met de omgeving speelt hierbij een belangrijke rol. Een kind dat bijvoorbeeld met blokken een toren aan het bouwen is, ervaart fysiek dat met elk blok de hoogte van de toren groter wordt, en leert zo dus de koppeling te leggen tussen aantal en hoogte of lengte. Maar hoe hoog de toren wordt en hoe het kind hiervan kan leren, hangt van verschillende factoren af, waarbij zowel kindfactoren (bijvoorbeeld motorische vaardigheid, aandacht, lengte) als omgevingsfactoren (grootte van de blokken, stabiliteit ondergrond, stimulatie door volwassene) een rol spelen. Ook het onderzoek van Jaccoline van ’t Noordende laat zien hoe cognitieve vaardigheden mede bepaald worden door de situatie (Van ’t Noordende, Volman,

---

<sup>4</sup> Zijn belangrijkste argument is dat deze teleologische interpretatie er - onterecht - van uitgaat dat kennis van getallen (en rekenvaardigheid) een specifiek vooraf gegeven doel in de natuurlijke selectie is.

<sup>5</sup> In de literatuur aangeduid als ‘situated cognition’, of gesitueerde cognitie, zie bijvoorbeeld Fischer (2012) voor een beschrijving hiervan binnen het numerieke domein.



Leseman, & Kroesbergen, 2017). Eerder onderzoek had laten zien dat kinderen al op jonge leeftijd van links naar rechts tellen, omdat kinderen bij een rij blokjes een volgend blokje toevoegen of weghalen aan de rechterkant van de rij (Opfer & Furlong, 2011). Ons onderzoek met driejarigen liet echter zien dat dit voornamelijk komt doordat de meeste kinderen hun rechterhand gebruiken, en de rechterkant dan gewoonweg makkelijker is. Als kinderen bijvoorbeeld de blokjes moesten tellen, begonnen ze ook aan de rechterkant, wat dus niet op een links-rechts oriëntatie wijst, maar verklaard kan worden door de interactie van het kind met de taak in deze specifieke situatie.

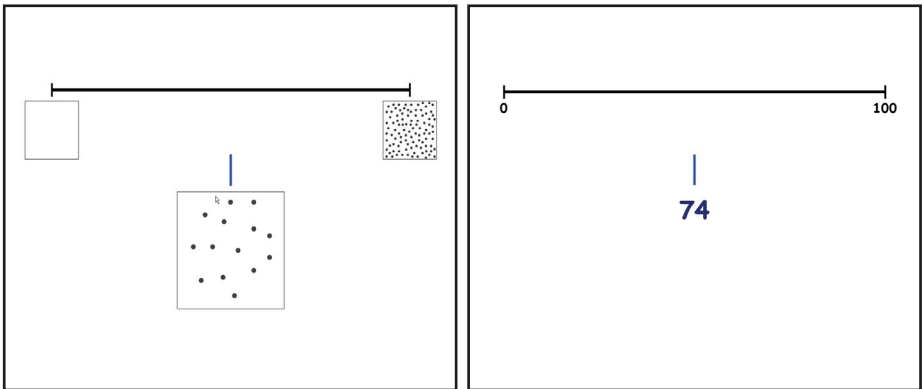
Laten we nu naar de kleuterleeftijd kijken. Het leren tellen is misschien wel de belangrijkste vaardigheid die kinderen verwerven voordat ze aan het formele rekenonderwijs kunnen beginnen (Desoete, Stock, Schepens, Baeyens, & Roeyers, 2009; Van Luit, 2010). Om goed te kunnen tellen, moeten kinderen niet alleen leren de telrij op te zeggen, maar ook weten waar de getallen voor staan. Pas als kinderen de koppeling kunnen maken tussen de symbolische en de nonsymbolische vorm (dus bijvoorbeeld tussen '3', 'drie' en '●●●'), hebben ze voldoende getalbegrip om daadwerkelijk aan het rekenen te kunnen beginnen. Dit betekent ook dat als kinderen bijvoorbeeld vijf blokjes moeten tellen, ze niet alleen hardop tot vijf kunnen tellen (ordinaliteit), maar ook op het juiste moment het juiste blokje kunnen aanwijzen, en beseffen dat als ze tot vijf hebben geteld er ook vijf voorwerpen zijn (kardinaliteit). In het onderzoek met Meijke Kolkman en Paul Leseman hebben we onderzocht in hoeverre het Triple-code model bruikbaar is om de ontwikkeling van getalbegrip<sup>6</sup> in kaart te brengen en of de nonsymbolische numerieke vaardigheden inderdaad voorspellend zijn voor de symbolische vaardigheden en voor de koppeling van beide, zoals eerder werd verondersteld (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). We hebben daarvoor taken ontwikkeld om beide vaardigheden en de koppeling daartussen te kunnen meten bij kinderen in de kleuterperiode. Symbolische vaardigheden zijn bijvoorbeeld het opzeggen van de telrij of het benoemen van cijfersymbolen. Een veelgebruikte non-symbolische taak is de stippen-vergelijkingstaak, waarbij het kind moet aangeven op welke van twee gegeven plaatjes de meeste stippen staan<sup>7</sup>. Ook hebben we een nonverbale versie van de getallenlijn ontworpen (zie Figuur 1a), waarbij het kind een hoeveelheid aan lengte moet koppelen, twee verschillende vormen van non-symbolische numerieke informatie. Tot slot hebben we twee taken afgenomen waarin kinderen symbolische en non-symbolische informatie moesten

---

<sup>6</sup> Onder getalbegrip wordt hier verstaan het kunnen begrijpen, schatten en manipuleren van zowel getallen als hoeveelheden.

<sup>7</sup> Vaak wordt hierbij gecorrigeerd voor de totale oppervlakte of omtrek van de set stippen. Normaal gesproken zijn deze variabelen natuurlijk gerelateerd aan het aantal stippen, waardoor we in het dagelijks leven ook deze informatie gebruiken om hoeveelheden te schatten. Maar door te corrigeren voor zaken als omtrek, dichtheid of oppervlakte, wordt men gedwongen slechts op het aantal te letten.

koppelen: een taak waarbij de grootste van twee getallen moet worden aangewezen en een getallenlijntaak (zie Figuur 1b). Al deze taken hebben we drie keer afgenomen, toen de kinderen in respectievelijk groep 1, 2, en 3 zaten. De resultaten konden echter niet bevestigen dat nonsymbolische vaardigheden aan symbolische vooraf gaan. Juist de kennis van symbolen en telvaardigheden voorspelden de nonsymbolische vaardigheden en de koppeling tussen beide en dus kunnen we opnieuw concluderen dat de numerieke vaardigheden meer door ervaring en interactie met de omgeving tot stand komen dan door biologische rijping van een cognitief systeem<sup>8</sup>. Ook bleek uit het onderzoek van Meijke Kolkman dat met name de vaardigheid om symbolische en nonsymbolische informatie te koppelen, de sterkste voorspeller was van rekenvaardigheid in groep 3 (Kolkman *et al.*, 2013). Eén van de taken waarbij die koppeling nodig is, is de getallenlijntaak. Hoewel er inmiddels meer onderzoek is dat dit bevestigt (zie bijvoorbeeld de meta-analyse van Schneider *et al.*, 2017), was dit voor ons wel reden om juist deze getallenlijntaak verder te onderzoeken. Dat hebben we in verschillende studies gedaan. Op deze getallenlijnen wil ik graag wat verder ingaan. Een tweede verwijzing naar de titel van mijn rede dus, hoewel de verkleinvorm daar misschien niet helemaal bij past.



Figuur 1a en 1b. Non-symbolische en symbolische getallenlijntaak. Het begin- en eindpunt van de lijn worden gegeven en het kind moet aangeven waar op de lijn een bepaalde hoeveelheid of een bepaald getal geplaatst moet worden.

<sup>8</sup> Overigens, ook uit EEG-onderzoek bij volwassenen en kinderen blijkt dat op latere leeftijd symbolische informatie niet eerst gekoppeld wordt aan de nonsymbolische informatie alvorens zij verwerkt wordt (Van Hoogmoed & Kroesbergen, 2018).

## GETALLENLIJNEN

Als vervolg op het onderzoek van Meijke Kolkman, heb ik samen met Ilona Friso-van den Bos en Hans van Luit<sup>9</sup> bij oudere kinderen gekeken hoe zij presteren op de getallenlijntaak en hoe hun prestaties samenhangen met rekenvaardigheden. Ook uit dit onderzoek bleek dat de getallenlijntaak een goede voorspeller is van rekenvaardigheid (Friso-Van den Bos *et al.*, 2015). Maar ook hier zagen we dat niet per se het getalbegrip ten grondslag ligt aan rekenen, maar dat er een wederkerige relatie is: als kinderen beter leren rekenen, verbeteren ook hun prestaties op de getallenlijntaak. Daarbij zijn we ook op een andere manier gaan kijken naar hoe kinderen eigenlijk zo'n getallenlijntaak maken. Het is hierbij belangrijk om te weten dat toen deze taak voor het eerst gebruikt werd, men het vermoeden had dat kinderen een zogenoemde 'mentale getallenlijn' hebben, dus een representatie van de werkelijke getallenlijn in hun hoofd, en dat je door deze taak zicht kon krijgen op deze mentale getallenlijn. Inmiddels is bekend dat de prestaties op zo'n getallenlijntaak gesitueerd zijn, dat wil zeggen dat de antwoorden van het kind mede bepaald worden door de situatie en de specifieke taakkenmerken. Dus moeten we op een andere manier naar de resultaten kijken. Dat kan bijvoorbeeld met oogbewegingsonderzoek. Door te registreren waar kinderen naar kijken tijdens het maken van de taak, kunnen we zicht krijgen op de strategie die ze gebruiken om een hoeveelheid te schatten. Kinderen blijken bij kleine getallen vooral het beginpunt en het midden van de lijn te gebruiken om de juiste positie te schatten, terwijl ze bij hogere getallen juist het eindpunt en het midden gebruiken (Schot, Van Viersen, Van't Noordende, Slot, & Kroesbergen, 2015). Dit laat zien dat er verschillende processen een rol spelen. Ten eerste schat het kind in of het een hoog of laag getal is binnen het gegeven bereik, ten tweede probeert hij/zij de lijn op te delen in kleinere stukken, om als het ware de juiste verhoudingen of proporties te vinden; een vorm van proportioneel redeneren (Rouder & Geary, 2014). Deze schattingen worden gevormd tijdens het maken van de taak en kunnen dus ook als gesitueerd worden beschreven. Dat laat het onderzoek van Jaccoline van 't Noordende bij de jonge kinderen ook zien. In dit onderzoek hebben we naar de non-symbolische getallenlijn gekeken (Van 't Noordende *et al.*, 2018). Wat we daar hebben gevonden, is dat kinderen binnen een taak hun eerder geschatte antwoorden gebruiken om nieuwe hoeveelheden te plaatsen. Het lijkt er dus op dat ze gedurende de taak steeds betere schattingen kunnen gaan maken. Dit laat duidelijk zien dat het niet interne representaties zijn die de antwoorden bepalen, maar dat de taakkenmerken mede beïnvloeden hoe een kind presteert op de taak. We moeten daarom voorzichtig zijn om testcores te zien als een directe maat van onderliggende processen. Dat geldt niet alleen voor de getallenlijntaak, maar ook voor andere rekentaken. Het leren rekenen is een complex proces, waarin kinderen veel verschillende vaardigheden leren, die elkaar wederzijds beïnvloeden. Maar dat gaat niet altijd goed...

---

<sup>9</sup> Dit onderzoek maakte deel uit van het MathChild project

## REKENPROBLEMEN EN DYSCALCULIE

Als een kind zich goed ontwikkelt en goed onderwijs krijgt, zal het steeds beter gaan rekenen. Leerlingvolgsystemen kunnen gebruikt worden om te volgen of de leerling zich volgens de verwachte lijnen ontwikkelt, waarbij vooral de lijnen die het gemiddelde definiëren van belang zijn. Gezien mijn leeropdracht ben ik echter specifiek geïnteresseerd in die leerlingen die buiten deze lijnen van het gemiddelde vallen, zoals de leerlingen die jaar in jaar uit bij de zwakste 10 tot 25 procent van de leerlingen behoren als het gaat om rekenen. We hebben het dan over ernstige rekenproblemen. Als de rekenproblemen zeer ernstig en hardnekkig zijn, spreken we van dyscalculie. Maar wat is dyscalculie nu precies? Want in tegenstelling tot dyslexie, is dyscalculie veel minder bekend en blijkt het in de praktijk ook lastig om dyscalculie te signaleren. Het is daarom belangrijk om goed zicht te krijgen op wat dyscalculie precies is, hoe het gesignaleerd en gediagnosticeerd kan worden. Dit is een onderwerp dat de komende jaren mijn volle aandacht zal hebben.

Er zijn verschillende oorzaken voor rekenproblemen denkbaar, waaronder de kwaliteit van het onderwijs en motivationele<sup>10</sup> factoren, maar ik wil me richten op de cognitieve factoren die hieraan ten grondslag liggen. In de afgelopen jaren zijn er veel onderzoeken gepubliceerd, waaronder een aantal uit mijn eigen groep, die laten zien dat de groep kinderen met rekenproblemen gemiddeld lager scoort op domeinalgemene vaardigheden zoals bijvoorbeeld werkgeheugen, executieve functies, snel serieel benoemen, en soms ook fonologische vaardigheden<sup>11</sup> (Donker, Kroesbergen, Slot, Van Viersen, & De Bree, 2016; Friso-Van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2013; Kroesbergen & Van Dijk, 2015; Slot, Van Viersen, De Bree, & Kroesbergen, 2016; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Al deze factoren lijken een rol te kunnen spelen in het ontstaan of in stand houden van rekenproblemen. Daarnaast zijn er natuurlijk domeinspecifieke cognitieve factoren die van belang zijn. En dan kom ik allereerst weer terug op de getallenlijnen. Deze lijken een goede maat voor getalbegrip. Maar getalbegrip omvat meer, waaronder de reeds genoemde telvaardigheden en het vermogen om hoeveelheden te onderscheiden. Volgens sommigen is een tekort in dit basale getalbegrip de oorzaak van dyscalculie (Butterworth, 2005). Deze vorm van dyscalculie wordt in de literatuur ook wel aangeduid met ontwikkelingsdyscalculie. Het bouwt voort op de eerdergenoemde visie dat mensen een aangeboren systeem hebben voor het verwerken van numerieke informatie. Bij kinderen met dyscalculie zou dit systeem verstoord

---

<sup>10</sup> Zie bijvoorbeeld De Smedt en Gilmore (2011) en Olsson, Östergren en Träff (2016).

<sup>11</sup> Hierbij dient opgemerkt te worden dat niet alle kinderen met rekenproblemen ook tekorten in deze vaardigheden laten zien.

<sup>12</sup> Recenter werk voegt hier aan toe dat het systeem zelf wellicht niet defect is, maar de toegang ertoe belemmerd (Catts, McIlraith, Bridges & Nielsen, 2017; Pennington, 2006).

zijn<sup>12</sup>. Het elegante van deze benadering is dat oorzaak en gevolg van het leerprobleem van elkaar gescheiden worden. Een tekort in getalbegrip leidt tot een tekort in rekenvaardigheid. Dat betekent ook dat alleen die personen die zowel een tekort in getalbegrip als een tekort in rekenvaardigheid vertonen, de diagnose dyscalculie kunnen krijgen. Er zijn inmiddels vele studies verschenen die aantonen dat kinderen en volwassenen met rekenproblemen inderdaad gemiddeld lager scoren op getalbegrip dan vergelijkbare personen zonder rekenproblemen (Lafay, St-Pierre, & Macoir, 2017; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011; Mussolin, Mejias, & Noël, 2010; Piazza *et al.*, 2010). Een groot probleem met deze benadering is echter dat veel kinderen met rekenproblemen geen problemen in getalbegrip laten zien, en andersom ook dat kinderen met een laag getalbegrip toch een voldoende rekenniveau vertonen (Kroesbergen & Van Dijk, 2015). Een dichotoom onderscheid tussen kinderen met en zonder dyscalculie lijkt daarom wetenschappelijk gezien niet gerechtvaardigd. Zoals ik eerder al aangaf, is het niet plausibel te veronderstellen dat een tekort in getalbegrip de enige en determinerende factor is in het ontstaan van rekenproblemen. Het is daarom mijns inziens veel interessanter en noodzakelijk om de ontwikkelingspaden van kinderen te volgen die mogelijk tot (ernstige) rekenproblemen leiden, waarbij zowel protectieve als risicofactoren – van zowel kind als omgeving – in kaart worden gebracht. Hier zal ik mij de komende jaren dan ook op richten.

Dit heeft ook consequenties voor de diagnostiek van dyscalculie. Als we naar de Nederlandse situatie kijken, zegt de diagnose dyscalculie niets over de oorzaken van de rekenproblemen. Het is heel eenvoudig: het betreft die kinderen die langdurig en ondanks goed onderwijs en extra hulp, heel laag blijven presteren op standaardtoetsen voor rekenen (Van Luit, Bloemert, Ganzinga, & Monch, 2014). Deze definitie heeft echter twee problemen: (1) hoe goed een populatie ook wordt, er zullen altijd kinderen blijven die aan de criteria voldoen, omdat ze significant onder het gemiddelde scoren; en (2) een dergelijke definitie legt de oorzaak eenzijdig bij het kind. Dat geeft de indruk dat er met het kind 'iets mis' is, waardoor het niet kan leren rekenen en dat ook nooit goed zal kunnen. Vanuit historisch perspectief is dit inderdaad hoe dyscalculie (en ook dyslexie) is opgevat en daarmee werd onderscheiden van algemene, brede leerproblematiek. Er waren kinderen die op alle terreinen prima meekonden, behalve op één, zoals rekenen. Daarom dacht men in eerste instantie aan een specifiek tekort, vroeger aangeduid met *minimal brain damage/dysfunction*, later werden dit de specifieke leerstoornissen – in Nederland bekend als dyslexie en dyscalculie.

Maar het is nu tijd voor verandering. Er zijn verschillende redenen waarom het niet zinvol is om van dyscalculie te spreken. Deze gelden overigens ook voor dyslexie. De meest actuele is het fenomeen dat een groeiend aantal kinderen deze diagnose krijgt.

Met name voor dyslexie geldt dat het de vraag is of al deze kinderen wel een ernstig en hardnekkig probleem hebben. In een recent scriptieonderzoek vonden we dat een derde van de brugklasleerlingen met een dyslexieverklaring, op dit moment niet meer aan de criteria voor dyslexie voldoet. Dit roept de vraag op of dyslexie wel goed gediagnosticeerd kan worden en hoe lang zo'n diagnose geldig moet zijn. Een tweede reden is dat met de diagnose ook een schijnbaar willekeurige dichotomie ontstaat van de leerlingen met en zonder het leerprobleem. Terwijl letterlijk één som of één woordje minder of meer lezen op de toets het verschil kan maken. Heeft het ene kind dan andere begeleiding nodig dan het andere? Los nog van de vraag hoe valide deze criteria zijn als het bijvoorbeeld gaat om leerlingen met een taalachterstand of juist om hoogbegaafde leerlingen. Een derde reden is dat de diagnose de leerkracht en de leerling zelf van de plicht lijkt te ontslaan om nog hun uiterste best te doen de lees- of rekenontwikkeling zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Het onderwijs wordt zelfs in de onderbouw van de basisschool al aangepast, waarbij de verwachtingen naar beneden worden bijgesteld. Een ander voorbeeld is de leerling met dyslexie die op HAVO/VWO vanaf de eerste dag met woordenlijsten mag werken, en dus minder woordenschat hoeft op te bouwen in de betreffende taal. Volgens mijn collega Anna Bosman kunnen we om deze redenen maar beter helemaal niet meer van dyslexie of dyscalculie spreken en het niet als zodanig diagnosticeren. En ik ben het met haar eens en het is me een groot genoegen dat we samen kunnen strijden voor een betere signalering en aanpak van leerproblemen en de oorzaken daarvan, waarbij labels niet per se nodig zijn.

De vraag is of het dan vanuit het perspectief van de onderzoeker wél relevant is het verschil tussen kinderen met en zonder dyscalculie te maken. Als leerlingen met leerproblemen de laagst presterende in een normaalverdeling<sup>13</sup> vormen, lijkt daar geen enkele reden voor. De factoren die reken- of leesvaardigheid verklaren zijn dan precies dezelfde als in de gehele populatie. Er zijn twee situaties denkbaar waarin het voor de onderzoeker toch interessant zou kunnen zijn om deze groepen apart te bestuderen: (1) als blijkt dat het niet het uiteinde van de normaalverdeling is, maar dat er een aparte groep is te definiëren of (2) als blijkt dat in deze groepen andere factoren werkzaam zijn. En dat laatste lijkt wel het geval bij op zijn minst een bepaalde groep leerlingen: die met dyscalculie. In een recente studie hebben we een groep zeer zwakke rekenaars vergeleken met gemiddelde rekenaars (Kroesbergen & Schoevers, 2017). De eerste groep scoorde niet alleen veel lager op getalbegrip (met name op de getallenlijntaak), maar de correlatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid was in de groep zwakke rekenaars ook aanzienlijk hoger dan in beide andere groepen ( $r = .55$  versus  $r = .26$  en  $r = .20$ ). De ko-

---

<sup>13</sup> Het betreft dan het linkeruiteinde van een normaalverdeling, bijvoorbeeld beneden het 10<sup>e</sup> percentiel.

mende jaren gaan we dit daarom verder onderzoeken. In het onderzoek met collega's Marije Huijsmans en Tijs Kleemans gaan we na of er verschillende subgroepen te onderscheiden zijn in de groep kinderen met rekenproblemen, met name of er een specifieke groep met een tekort in getalbegrip is te vinden en hoe deze kinderen qua cognitief profiel afwijken van andere kinderen met rekenproblemen. Hierbij nemen we ook een ander fenomeen mee, namelijk dat rekenvaardigheid ook sterk gerelateerd is aan taalvaardigheid en de comorbiditeit tussen dyscalculie en dyslexie behoorlijk hoog is. Het is een mooie bijkomstigheid van mijn aanstelling hier aan de Radboud Universiteit dat Tijs en ik met dit idee – ontstaan tijdens zijn promotie waarbij ik mocht opponderen – eindelijk hebben kunnen starten. Comorbiditeit wordt vaak onderzocht vanuit de gedachte dat het ene probleem het andere tot gevolg zou hebben. Kinderen met leesproblemen zouden door de leesproblemen, of de onderliggende fonologische vaardigheden, ook problemen met rekenen hebben. Het nadeel van de meeste van deze studies is dat ze de comorbiditeit op deze manier vanuit één standpunt bekijken, waardoor bijvoorbeeld de onderliggende vaardigheden van het rekenen onvoldoende mee zijn genomen. In het onderzoek met Esther Slot, Elise de Bree en Sietske van Viersen hebben we dit anders aangepakt. We hebben daar laten zien dat – hoewel er enige overlap is – rekenvaardigheid toch vooral wordt verklaard door andere cognitieve vaardigheden dan leesvaardigheid. In dit onderzoek zijn de groepen kinderen met ernstige reken- of leesproblemen echter niet apart onderzocht, waardoor we geen harde conclusies kunnen trekken over de oorzaak van de comorbiditeit. De komende jaren willen we hier verder aan werken, waarbij we niet uitgaan van een deterministisch model van leerproblemen, maar van een meervoudig-risicomodel<sup>14</sup>, wat zegt dat er verschillende risico of protectieve factoren zijn waardoor een kind al dan niet (of meer of minder ernstige) leerproblemen ontwikkelt.

Zoals u merkt, is er mijns inziens voor de praktijk weinig reden om vast te houden aan diagnoses als dyslexie of dyscalculie. Daarmee wil ik natuurlijk niet ontkennen dat er kinderen zijn die zeer ernstige problemen hebben met het leren rekenen, lezen of spelen. Maar, zoals gezegd, de huidige praktijk van diagnosestelling slaat de plank mis. Maar wat moeten we dan? Laten we buiten de lijntjes denken: waar het echt om gaat, is dat *alle* leerlingen zich maximaal kunnen ontwikkelen. In een maatschappij waarin het individu steeds belangrijker wordt en technologische innovaties het mogelijk maken om instructie en oefening aan te passen aan individuele kenmerken, lijkt adaptief onderwijs<sup>15</sup> binnen handbereik. Wat betekent dat voor het onderwijs? Allereerst is het van belang dat we veel beter leren kijken naar de sterke en zwakke kanten van leerlingen,

---

<sup>14</sup> In lijn met een multifactoriële benadering van dyslexie (Catts et al., 2017; Pennington, 2006).

<sup>15</sup> Voor een nadere uitwerking hiervan verwijs ik graag naar de inaugurele rede van mijn collega Ard Lazonder.

zonder direct in diagnoses te denken. Dit geldt zowel voor de leerkracht als de orthopedagoog. Ik beperk me even tot de laatste. In de diagnostiek zou dus veel meer de nadruk moeten komen te liggen op hoe een kind leert, wat daarbij goed of niet goed gaat, en wat (relatief) sterke en zwakke kanten van de leerling zijn, om zo een profiel op te kunnen stellen waarop de behandeling aangepast kan worden.

Dat brengt me op een ander belangrijk onderwerp als het gaat om rekenproblemen: de behandeling. Een goede behandeling, of het nu gaat om rekenproblemen, leesproblemen of andere problemen, is gebaseerd op wetenschappelijk effectief bewezen behandelingsmethoden en afgestemd op het individu. Inmiddels is er heel veel kennis beschikbaar als het gaat om effectieve behandeling van leerproblemen<sup>16</sup>. Ik zal hier vandaag niet op ingaan. Waar ik wel op in wil gaan is wat er nog ontbreekt aan het wetenschappelijk onderzoek op dit terrein. Daarbij wil ik twee punten aanstippen.

Wetenschappelijke studies naar de effectiviteit van instructie- of behandelingsprogramma's zijn meestal gebaseerd op het groepsgemiddelde en het is de vraag of het wel terecht is om die conclusies te gebruiken voor de behandeling van individuele kinderen. Ter illustratie wil ik mijn eigen promotieonderzoek aanhalen (Kroesbergen, Van Luit, & Maas, 2004). In dat onderzoek heb ik samen met Hans van Luit twee verschillende manieren van instructie onderzocht om rekenzwakke kinderen te leren vermenigvuldigen. Directe instructie, waarbij kinderen het voorbeeld van de leerkracht volgen en een op het constructivisme gebaseerde instructie waarbij de leerkracht het kind begeleidt bij het zelf ontdekken van kennis. Beide instructievormen bleken goed te werken en de verschillen tussen beide vormen waren erg klein, maar in het voordeel van directe instructie. De conclusie zou dan kunnen zijn dat voor alle rekenzwakke kinderen geldt dat dit de meest effectieve vorm van instructie is. Maar dat hoeft niet zo te zijn en komt ook niet overeen met wat we in de praktijk zagen: voor sommige kinderen lijkt het één beter te werken en voor andere kinderen het ander. Op basis van het gemiddelde kun je alleen zeggen dat de kans groter is dat voor een individu directe instructie beter zal werken, maar een goede leerkracht of orthopedagoog zal zijn/haar instructie aanpassen aan de individuele behoeften van het kind. Ik ben ervan overtuigd dat als we een dergelijke adaptieve instructievorm hadden onderzocht, we nog sterkere effecten zouden hebben gevonden.

Een ander nadeel van wetenschappelijk onderzoek naar behandeling is dat het vaak zo ver afstaat van de alledaagse praktijk en het daarom de vraag is in hoeverre effecten wel te vertalen zijn naar die praktijk. Een heel mooi voorbeeld daarvan vind ik de recente

---

<sup>16</sup> Zie bijvoorbeeld De Jong en Koomen (2011); Groenestijn, Borghouts en Janssen (2011); SDN (2016); Van Luit en collega's (2014).



studie van Michel Nelwan (Nelwan, Vissers, & Kroesbergen, 2018). Hierin stond een werkgeheugentraining centraal. Uit wetenschappelijke studies tot nu toe bleek dat werkgeheugentrainingen niet effectief zijn, zeker niet als het gaat om effecten op rekenen (Melby-Lervåg & Hulme, 2013). Maar hoe kan het dan dat zowel kinderen, als hun ouders en trainers, in de praktijk zo'n positief effect ervaren van een dergelijke training? Deze discrepantie vind ik als wetenschapper erg interessant en is voor mij vaak aanleiding om dit nader te onderzoeken. Ik ben ervan overtuigd dat als in de praktijk iets als waardevol wordt beschouwd, daar toch een kern van waarheid in moet zitten, en we als onderzoekers de uitdaging moeten oppakken om dit boven water te krijgen. Als het gaat om werkgeheugentrainingen, vonden wij een opvallend verschijnsel: in wetenschappelijke studies, inclusief ons eigen werk (Nelwan & Kroesbergen, 2016), proberen we alle variabelen zo goed mogelijk te controleren. Dat betekent dat de training die we onderzoeken aan alle kinderen zoveel mogelijk op exact dezelfde manier wordt gegeven. In de praktijk worden er echter veel meer aanpassingen gedaan. In het voorbeeld van de werkgeheugentraining wordt het kind gecoacht bij het uitvoeren van de taken op aspecten als motivatie, aandacht en vooruitgang, waarbij de inhoud van de coaching sterk afhangt van de individuele behoeften van het kind. Dat hebben we daarom in deze studie onderzocht, waarbij een gepersonaliseerde aanpak werd vergeleken met een standaardaanpak. En inderdaad vonden we wel effecten in de groep die meer coaching ontving, ook transfereffecten naar rekenen. Toen ik naar Nijmegen ging, is Constance Vissers bij dit project betrokken en dat is een zeer waardevolle aanvulling gebleken en samen zullen we dit onderzoek voortzetten.

#### EXCELLENTE REKENAARS

En dan moeten we ook naar de andere kinderen kijken die buiten de lijnen vallen: tot nu toe heb ik me vooral gericht op de zwakst presterenden. Maar hoe zit het met de excellente rekenaars? We kunnen een onderscheid maken tussen kinderen die vooral uitblinken in het domein rekenen-wiskunde, en kinderen die op alle terreinen excellente prestaties laten zien. Laten we beginnen met de eerste groep. Uit de meest recente internationale vergelijkingen komen we er als land redelijk goed uit. In de laatste TIMSS-studie (Meelissen & Punter, 2016) stonden we op de 19<sup>e</sup> plek, net onder Finland en Polen, maar nog ruim boven het gemiddelde – hoewel het wel een daling is ten opzichte van eerdere jaren. Wat echter ernstiger is, is dat we in Nederland maar heel weinig leerlingen hebben die een hoog niveau van rekenen vertonen. Slechts 4 procent scoort op het hoogste niveau, terwijl dat in Singapore 50 procent is, en in bijvoorbeeld Engeland 16 procent. Hoewel we het dus gemiddeld goed doen, en we ook maar heel weinig heel zwakke rekenaars hebben, is het volgens mij een gemiste kans dat we niet in staat zijn om excellente rekenaars op te leiden<sup>17</sup>. Er lijkt geen reden om aan te nemen

---

<sup>17</sup> Ook de inspectie van het onderwijs komt tot deze conclusie (Inspectie van het Onderwijs, 2018).

dat het potentieel in de Nederlandse populatie lager is dan in andere landen, dus moeten we het wel in ons onderwijs zoeken. Nu ben ik niet de eerste die dit signaleert, en er zijn al verschillende verklaringen gegeven. Heel belangrijk daarin is natuurlijk hoe ons onderwijs wordt vormgegeven. Wat in deze kritieken echter ontbreekt, is mijns inziens dat rekenen veel meer omvat dan alleen maar de juiste procedures leren toepassen om het juiste antwoord op een som te vinden. Ik denk nog even terug aan hoe ik zelf leerde rekenen. Ik was nooit tevreden met zomaar een antwoord, wilde altijd precies weten hoe het zat, ook later op de middelbare school wilde ik de formules begrijpen voordat ik ze toe kon passen. Dat betekende in mijn geval dat ik vaak probeerde of ik op een ander manier tot hetzelfde antwoord kwam. En dat vraagt om enige creativiteit. En het blijkt inderdaad dat excellente rekenaars creatiever zijn dan de gemiddelde of bovengemiddelde rekenaars (Gajda, Karwowski, & Beghetto, 2017). Er zou wat mij betreft dus meer aandacht moeten komen voor creativiteit in het rekenonderwijs. Daar kom ik zo nog op terug.

Een tweede groep excellente rekenaars wordt gevormd door de groep kinderen die op alle terreinen hoog functioneren. We kunnen ze de hoogbegaafde leerlingen noemen, alhoewel ik ook met dit label wel enige moeite heb, net als met labels als dyslexie en dyscalculie. Maar laten we ze voor het gemak even de begaafde leerlingen noemen. Het terrein van de leerproblemen omvat wat mij betreft ook de begaafde leerlingen. Want hier liggen per definitie leerproblemen op de loer. Niet omdat deze kinderen niet kunnen leren, integendeel natuurlijk, maar omdat er vaak andere factoren zijn die het leren belemmeren. Eén van de kenmerken van begaafde kinderen is dat ze creatief zijn<sup>18</sup>. Dat creatieve kan zich op veel verschillende manieren uiten. Als het meezit, kan het kind het positief inzetten om precies dat te leren en te doen wat de leerkracht vraagt. In het algemeen is er inderdaad een matig positieve samenhang tussen schoolprestaties en creativiteit (Gajda, Karwowski, & Beghetto, 2017). Maar hoewel het creatieve denken kinderen in theorie kan helpen om problemen op te lossen waar nog geen oplossing voor voorhanden is, zien we in de praktijk dat deze kinderen het toch niet zo heel goed doen in het onderwijs. Hun creatieve gedrag wordt vaak verkeerd geïnterpreteerd, niet zelden als afgeleid. Creativiteit ontstaat als kinderen verbindingen leggen tussen verschillende elementen van kennis of ervaring. Kinderen die veel aspecten in hun omgeving waarnemen, die een goed geheugen en een groot voorstellingsvermogen hebben, beschikken daarmee per definitie over meer mogelijkheden tot het leggen van verbindingen.

---

<sup>18</sup> De vraag kan gesteld worden in hoeverre creativiteit daadwerkelijk iets anders is dan intelligentie, zie ook Silvia (2015).

dingen om tot creatieve ideeën te komen<sup>19</sup>. Zo kan een kind tijdens een rekenopgave over auto's wassen opeens het idee krijgen om auto's te gaan wassen om te sparen voor iets dat hij graag wil hebben. Bij het uitwerken van dat plan, komt de rekenles wellicht even op de achtergrond, hoewel er uiteindelijk misschien zelfs meer gerekend wordt dan voor die ene opgave nodig was. Voor de leerkracht is echter alleen zichtbaar dat het kind met iets anders bezig is dan de rekenles. In het onderzoek dat ik in samenwerking met PCBO Amersfoort heb gedaan, hebben we inderdaad gezien dat hoog-creatieve kinderen door de leerkracht veel vaker als afleidbaar worden gezien dan minder creatieve kinderen. Een ander aspect hiervan is dat ook de hoge intelligentie van deze kinderen minder vaak gezien wordt (Kroesbergen *et al.*, 2016), met als gevolg dat deze kinderen zich onvoldoende erkend voelen en een lager zelfbeeld krijgen. Wat deze hoog-creatieve, hoog-intelligente kinderen dan wel nodig hebben, hopen we de komende jaren samen met onder andere Marjolijn van Weerdenburg en Lianne Hoogeveen verder te onderzoeken. Het is ook mooi dat Anouke Bakx binnenkort ons team komt versterken als het gaat om onderzoek naar begaafdheid.

#### REKENEN BUITEN DE LIJNTJES: CREATIVITEIT IN DE REKENLES

Tot slot wil ik nog iets zeggen over hoe we de creativiteit in de rekenles kunnen brengen, hoe we kinderen kunnen leren te rekenen buiten de lijntjes. In het project van Eveline Schoevers<sup>20</sup>, hebben we hier inmiddels ervaring mee opgedaan. Vanuit de literatuur weten we dat er een aantal aspecten van belang zijn (Hershkovitz, Peled, & Littler, 2009; Scott, Leritz, & Mumford, 2004). Ten eerste is de cultuur in de klas belangrijk: worden leerlingen gestimuleerd om met ideeën te komen, om risico's te nemen en fouten te maken? Daarnaast is het belangrijk om problemen aan te bieden waarbij meerdere oplossingen mogelijk zijn. Dat is natuurlijk lastig nakijken. Daarom zijn we in het project van Mare van Hooijdonk, samen met Jan van Tartwijk en sinds kort ook Tim Mainhard, met leerkrachten gaan kijken hoe je creativiteit kunt meten. Kinderen moeten daarbij open problemen oplossen, bijvoorbeeld het probleem dat je ijsjes koopt op een warme dag, die bij aankomst thuis gesmolten zijn. Hoewel het misschien niet zo makkelijk is als een antwoordenboekje van de rekentoets ernaast leggen, blijkt het met goed omschreven criteria toch mogelijk om leerkrachten zicht te laten krijgen op de creativiteit van kinderen. In de rekenles kun je ook vragen naar meerdere oplossingen om de creativiteit te vergroten. Bijvoorbeeld door elke som op meerdere manieren te maken. Het is

---

<sup>19</sup> In een recente paper hebben we deze visie op creativiteit nader uitgewerkt, waarbij vanuit een gesitueerde cognitieperspectief naar de karakteristieken van tweetalige kinderen is gekeken en hoe die samenhangen met creativiteit (Van Dijk, Kroesbergen, Blom, & Leseman, 2018).

<sup>20</sup> Dit onderzoek maakt deel uit van het NRO-gefinancierde project 'Meetkunst', waarbij ook Vincent Jonker, Ronald Keijzer en Monica Wijers zijn betrokken.

vooral belangrijk dat we ons realiseren dat creativiteit gestimuleerd kan worden (Mc-William, 2009). In het project van Eveline Schoevers zijn deze aspecten toegepast in een lessenserie. Het was voor de leerkrachten wel even wennen, maar leerlingen zijn echt op een andere manier aan het rekenen gegaan. In de toekomst zullen we dit onderzoek uit gaan breiden. Ik ben blij dat ik dit samen met collega Ard Lazonder al heb kunnen oppakken in een gezamenlijk onderzoeksvoorstel waarin we een studie naar de rol van creativiteit in het onderzoekend leren voorstellen. Deze en andere projecten zullen steeds ook gericht zijn op de mogelijkheden om de verkregen kennis te implementeren op scholen. En dat vergt dus ook van ons wel enige creativiteit.

U zult inmiddels wellicht gemerkt hebben dat binnen de ceremoniële vorm van de oratie we geen van deze creativiteit-stimulerende aspecten hebben kunnen toepassen. Daarom is het nu tijd om af te ronden en een omgeving te zoeken die de creativiteit meer stimuleert. Het is wetenschappelijk aangetoond dat dat op een feestje makkelijker gaat dan in een aula. Maar voordat we dat feest gaan vieren, wil ik graag nog enkele woorden van dank uitspreken.

*[Dankwoord]*

*Ik heb gezegd.*

---

<sup>21</sup> Hoewel dit niet letterlijk zo is onderzocht, is wel aangetoond dat omgevingen die meer creativiteitsbevorderende elementen hebben, een positieve invloed hebben op iemands creativiteit. Deze elementen zijn meer aanwezig in een feestlocatie dan in een ruimte als een aula of vergaderzaal. Zie ook Guegan, Nelson en Lubart (2017).

## LITERATUUR

- Butterworth, B. (2005). Developmental Dyscalculia. In J.I.D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455-467). New York: Psychology Press.
- Catts, H. W., McIlraith, A., Bridges, M.S., & Nielsen, D.C. (2017). Viewing a phonological deficit within a multifactorial model of dyslexia. *Reading and Writing*, 30, 613-629.
- De Jong, P., & Koomen, H. (2011). *Interventie bij onderwijsleerproblemen*. Antwerpen/Apeldoorn: Garant.
- De Smedt, B., & Gilmore, C.K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 278-292.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. New York: Oxford University Press.
- Desoete, A., Stock, P., Schepens, A., Baeyens, D., & Roeyers, H. (2009). Classification, seriation, and counting in grades 1, 2, and 3 as two-year longitudinal predictors for low achieving in numerical facility and arithmetical achievement? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 252-264.
- Donker, M., Kroesbergen, E.H., Slot, E.M., Van Viersen, S., & De Bree, E. H. (2016). Alphanumeric and non-alphanumeric Rapid Automatized Naming in children with reading and/or spelling difficulties and mathematical difficulties. *Learning and Individual Differences*, 47, 80-87.
- Fischer, M.H. (2012). A hierarchical view of grounded, embodied, and situated numerical cognition. *Cognitive Processing*, 13, S161-S164.
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S.H.G., Kroesbergen, E.H., & Van Luit, J. E.H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44.
- Friso-Van den Bos, I., Van Luit, J. E.H., Kroesbergen, E.H., Xenidou-dervou, I., Van Lieshout, E.C.D.M., Schoot, M. Van Der, & Jonkman, L.M. (2015). Pathways of number line development in children, 223, 120-128.
- Gajda, A., Karwowski, M., & Beghetto, R. A. (2017). Creativity and academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 109, 269-299.
- Groenestijn, M. van, Borghouts, C., & Janssen, C. (2011). *Protocol Ernstige RekenWiskunde-problemen en Dyscalculie (ERWD): BAO, SBO, SO*. Assen: Van Gorcum.
- Guegan, J., Nelson, J., & Lubart, T. (2017). The relationship between contextual cues in virtual environments and creative processes. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 20, 202-206.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the “number sense”: The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44, 1457-1465.
- Hershkovitz, S., Peled, I., & Littler, G. (2009). Mathematical creativity and giftedness in elementary school: Task and teacher promoting creativity for all. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 255-269). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385.
- 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.

- Kroesbergen, E.H., & Schoevers, E.M. (2017). Creativity as predictor of mathematical abilities in fourth graders in addition to number sense and working memory. *Journal of Numerical Cognition*, 3, 417-440.
- Kroesbergen, E.H., & Van Dijk, M. (2015). Working memory and number sense as predictors of mathematical (dis-)ability. *Zeitschrift für Psychologie*, 223, 102-109.
- Kroesbergen, E.H., Van Hooijdonk, M., Van Viersen, S., Middel-Lalleman, M.M.N., & Reijnders, J.J.W. (2016). The psychological well-being of early identified gifted children. *Gifted Child Quarterly*, 60, 16-30.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2017). The mental number line in dyscalculia: Impaired number sense or access from symbolic numbers? *Journal of Learning Disabilities*, 50, 672-683.
- Lev, M., & Leikin, R. (2017). The interplay between excellence in school mathematics and general giftedness: Focusing on mathematical creativity. In R. Leikin & B. Sriraman (Eds), *Creativity and Giftedness* (pp 225-238). Springer Nature.
- Lipton, J.S., & Spelke, E.S. (2008). Preschool children's mapping of number words to nonsymbolic numerosities. *Child Development*, 79, 978-988.
- Mazzocco, M.M.M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development*, 82, 1224-1237.
- Mussolin, C., Mejias, S., & Noël, M.P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition*, 115.
- Nelwan, M., & Kroesbergen, E.H. (2016). Limited near and far transfer effects of jungle memory working memory training on learning mathematics in children with attentional and mathematical difficulties. *Frontiers in Psychology*, 7, 1384.
- Nelwan, M., Vissers, C., & Kroesbergen, E.H. (2018). Coaching positively influences the effects of working memory training on visual working memory as well as mathematical ability. *Neuropsychologia*, 113, 140-149.
- Núñez, R.E. (2017). Is there really an evolved capacity for number? *Trends in cognitive sciences*, 21, 409-424.
- Olsson, L., Östergren, R., & Träff, U. (2016). Developmental dyscalculia: A deficit in the approximate number system or an access deficit? *Cognitive Development*, 39, 154-167.
- Onderwijs, I. van het. (2018). *De staat van het onderwijs*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Opfer, J.E., & Furlong, E. E. (2011). How numbers bias preschoolers' spatial search. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 42, 682-695.
- Pennington, B.F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101, 385-413.
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A.N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116, 33-41.
- Rouder, J.N., & Geary, D.C. (2014). Children's cognitive representation of the mathematical number line. *Developmental Science*, 17, 525-536.
- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2017). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: A meta-analysis. *Developmental Science*, 20.
- Schot, W.D., Van Viersen, S., Van't Noordende, J.E., Slot, E.M., & Kroesbergen, E.H. (2015). Strategiegebruik op de getallenlijntaak geanalyseerd met behulp van eye-tracking. *Pedagogische Studien*, 92, 55-69.

- Scott, G., Leritz, L.E., & Mumford, M.D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16, 361-388.
- SDN, De Jong, P.F., De Bree, E.H., Henneman, K., Kleijnen, R., Loykens, E.H.M., ... Wijnen, F.N.K. (2016). *Dyslexie: Diagnostiek en behandeling. Brochure van de Stichting Dyslexie Nederland*.
- Silvia, P. J. (2015). Intelligence and Creativity Are Pretty Similar After All. *Educational Psychology Review*, 27, 599-606.
- Slot, E.M., Van Viersen, S., De Bree, E.H., & Kroesbergen, E.H. (2016). Shared and unique risk factors underlying mathematical disability and reading and spelling disability. *Frontiers in Psychology*, 7, 803.
- Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45), 18116-18120.
- Szkudlarek, E., & Brannon, E. M. (2017). Does the approximate number system serve as a foundation for symbolic mathematics? *Language Learning and Development*, 13, 171-190.
- Toll, S.W.M., Van der Ven, S.H.G., Kroesbergen, E.H., & Van Luit, J.E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44, 521-532.
- Van 't Noordende, J.E., Volman, M.J.M., Leseman, P.P.M., Moeller, K., Dackermann, T., & Kroesbergen, E.H. (2018). The use of local and global ordering strategies in number line estimation in early childhood. *Manuscript Submitted for Publication*.
- Van 't Noordende, J.E., Volman, M.J.M., Leseman, P.P.M., & Kroesbergen, E.H. (2017). An embodiment perspective on number-space mapping in 3.5-year-old Dutch children. *Infant and Child Development*, 26, e1995.
- Van der Beek, J.P.J., Van der Ven, S.H.G., Kroesbergen, E.H., & Leseman, P.P.M. (2017). Self-concept mediates the relation between achievement and emotions in mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 87, 478-495.
- Van Dijk, M., Kroesbergen, E.H., Blom, E., & Leseman, P.P.M. (2018). Bilingualism and creativity: Towards a situated cognition approach. *Journal of Creative Behavior*.
- Van Hoogmoed, A.H., & Kroesbergen, E.H. (2018). On the difference between numerosity processing and number processing. *Manuscript Submitted for Publication*.
- Van Luit, J. (2010). *Dyscalculie, een stoornis die telt*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Van Luit, J.E.H., Bloemert, J., Ganzinga, I., & Monch, M. (2014). *Protocol dyscalculie: Diagnostiek voor gedragsdeskundigen - Tweede herziene druk*. Doetinchem: Graviant.
- Wilson, A.J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. *Human Behavior, Learning, and the Developing Brain: Atypical Development*, 212-238.







