Dyscalculicus loopt vast tussen cijfer en getal

M. Milikowski
Rekencentrale, Amsterdam

In dit artikel betoogt de auteur dat de kern van de stoornis dyscalculie gezocht moet worden in het proces dat aan cijfers en telwoorden betekenis geeft; dat wil zeggen er getallen van maakt. Het gaat daarbij om een hercodering van symbool in hoeveelheid. Bij de doorsnee rekenaar wordt dit een automatisme, maar bij de dyscalculicus niet. Die moet, net als jongere rekenaars, door tellen achterhalen wat met een cijfer wordt bedoeld. Daardoor kan de ontwikkeling van het rekenen stagneren. Recent onderzoek naar getalsverwerking door zwakke rekenaars (Landerl, Butterworth & Bevan, 2004; Rousselle & Noël, 2006) geeft steun aan deze benadering.

1 Inleiding

Er wordt nogal gegoocheld met de term ‘dyscalculie’. Volgens Ruijssenaars en Van Luit is dyscalculie niets anders dan een hardnekkig rekenprobleem. Het is te begrijpen dat Nelissen zich dan afvraagt waar we die extra term voor nodig hebben. Rekenen is moeilijk en geeft dus vanzelf bij sommigen problemen (Ruijssenaars, Van Luit & Van Lieshout, 2004; Van Luit & Ruijssenaars 2004; Nelissen 2004a, 2004b).

We moeten dyscalculie daarom beter afbakenen. Misschien kan ons het klassieke onderscheid dat in de cognitieve psychologie wordt gemaakt tussen hogere en lagere mentale processen daarbij van dienst zijn. Bij de hogere processen gaat het om denken en redeneren, bij de lagere om de aanmaak van grondstoffen voor dat denken en redeneren: de informatie dus waarmee geredeneerd kan worden.

Volgens mij is dyscalculie een probleem op basaal niveau. De kern van de stoornis zit hem in het proces dat aan cijfers (en telwoorden) betekenis geeft, dat wil zeggen, er hoeveelheden van maakt.

Rekendidactici denken bij het woord ‘betekenis’ vaak aan ‘context’. Een betekenisvolle opgave is er een waarin de getallen zijn ingebed in een situatie of een verhaal. In dit artikel bedoel ik met betekenis iets veel simpelers, namelijk de hoeveelheid waar een cijfer of een telwoord naar verwijst. Bij de doorsnee rekenaar wordt de omzetting van symbool in kwantiteit een automatisme. Bij dyscalculici niet. Die blijven daardoor aangewezen op een moeizamer vorm van betekenisproductie, namelijk tellen.

In dit artikel geef ik argumenten voor deze benadering.

2 De automatisering van de *number facts*

Onze rekenvaardigheid berust op een aantal pijlers. Baby’s nemen verschillen in hoeveelheid waar, maar de notie van ‘aantal’ komt waarschijnlijk pas tot ontwikkeling rond het derde jaar (Mix, Huttenlocher & Levine, 2002). Vervolgens duurt het doorgaans nog geruime tijd voor kinderen het tellen compleet en betrouwbaar onder de knie hebben (Gelman & Gallistel, 1978). Een van de moeilijkheden daarbij is het leren van de symbolen voor de onderscheiden aantallen: een kind dat pas kan tellen weet nog niet uit z’n hoofd wat drie betekent. Hij komt daar achter door de drie uit te tellen. Dat gebeurt ook in de eerste fase van het rekenen. Bij een som als 3 + 2 tellen beginnende rekenaars ook de drie nog helemaal uit. Ze hebben dat nodig om te weten wat drie ook weer precies betekent. Kennelijk ligt dat in die fase in hun hoofd nog niet goed vast. De eerste *number facts* die een mens leert zijn dus geen sommen, maar de betekenissen van de belangrijkste telwoorden.

In de literatuur staat het begrip *number facts* echter wel voor sommen. Het begrip verwijst naar wat in Nederland de basiscombinaties worden genoemd, de combinaties van de eencijferige getallen, al dan niet aangevuld met tien. Het is van belang dat deze combinaties worden geautomatiseerd, want moeiteloos combineren is een voorwaarde voor vlot rekenen. Bij veel kinderen ontstaan zulke automatismen bij optellen en aftrekken[1] haast vanzelf, als bijproduct van het rekenen. Bij anderen verloopt die ontwikkeling veel moeizamer. Alle reden dus om eens nader te kijken naar dit leerproces. Hoe komen deze rekenautomatismen tot stand?

De ontwikkeling van het optellen tot tien en twintig is minutieus in kaart gebracht. Vooral R. Siegler en D. Geary hebben daaraan talloze onderzoeken gewijd (zie bijvoorbeeld Geary, 1994; Siegler & Schrader, 1985; Siegler & Shipley, 1995). De fasen en strategieën die zij onderscheiden worden ook door rekenonderzoekers in andere landen waargenomen. Blijkbaar hebben we hier te maken met wetmatigheden in de verwerving van rekenvaardigheid.

Kinderen beginnen met alles uit te tellen, eerst met behulp van materiaal en vervolgens in het hoofd. Dat tellen wordt steeds handiger en uitgekiender. Neem een som als 3 + 2. Beginnende rekenaars tellen vaak eerst de drie uit, dan de twee, en ten slotte tellen ze de twee verzamelingen samen. Geen speld tussen te krijgen, maar wel veel werk. Dus al gauw ontdekken ze dat het zo omslachtig niet hoeft: je kunt bij drie beginnen en twee verder tellen. Daarvoor moet je al wat sterker in je schoenen staan. Ten eerste moet je zeker zijn van de plek van drie in de telrij. Ten tweede moet je 'tweesporig' kunnen tellen (1 erbij is 4, 2 erbij is 5). Na sommen als deze vele keren gemaakt te hebben - expliciet en impliciet - kan een kind op een gegeven moment zonder tellen 'voorspellen' wat het antwoord zal zijn, namelijk vijf. Het geheugen dient de uitkomst op een presenteerblaadjes op. In de Engelstalige literatuur wordt dat *memory retrieval* genoemd. Het is, begrijpelijk, de favoriete strategie. Hij kost minder tijd en energie en is - bij een betrouwbare geheugenrepresentatie - ook minder foutengevoelig dan tellen. Bij de meeste kinderen ontwikkelt zich zo een flink repertoire van gekende combinaties, zoals de dubbelen, en de splitsingen van de getallen tot en met 10.

3 Problemen met *number facts*

Maar niet iedereen ontwikkelt zo'n betrouwbaar repertoire. Al in 1984, in een onderzoek van Russel & Ginsburg, viel op dat kinderen die als *Math Disabled* (MD) werden betiteld ongewoon veel problemen hadden met juist deze number facts. Russel en Ginsburg (1984) formuleerden als hypothese dat de ontwikkeling van het rekenen bij de *Math Disableds* eigenlijk net zo verloopt als bij normale rekenaars, alleen wat trager. Om dat idee te toetsen vergeleken zij zeer zwakke rekenaars, die we als *Math Disabled* mogen beschouwen, uit groep 6 met zowel even intelligente leeftijdgenoten als met kinderen die een jaar jonger waren. De auteurs kregen grotendeels gelijk: op de meeste rekentaken was geen verschil te zien tussen de MD'ers uit groep 6 en de 'normalen' uit groep 5. Een uitzondering vormden echter de number facts. Daarop scoorden de MD-leerlingen significant lager dan de jongere kinderen van overigens hetzelfde rekenniveau.

Dit specifieke verschilpunt, het uitblijven van *retrieval* bij het optellen en aftrekken van eencijferige getallen, is de afgelopen jaren zeer uitgebreid in kaart gebracht door de Noorse onderzoeker Ostad. Hij vergeleek, in een serie longitudinale studies, de ontwikkeling van het oplosproces bij kinderen met langdurige rekenmoeilijkheden en normaal rekenende leeftijdgenoten (Ostad, 1999). Zijn bevindingen kunnen als volgt worden samengevat (fig.1).

	Normale rekenaars %	Probleem rekenaars %
Groep 3	1	0
Groep 5	12	1
Groep 7	21	1

figuur 1: ontwikkeling van het percentage door *retrieval* opgeloste aftreksommen (basiscombinaties) bij kinderen met een zonder rekenproblemen[2]

Ten eerste: kinderen met aanhoudende rekenproblemen blijven sommen als 4 + 5 en 9 – 4 gedurende hun hele basisschool loopbaan uittellen. Van de ontwikkeling naar retrieval is bij hen geen sprake. Ten tweede: de manier van uittellen verandert niet en blijft steken op het meest elementaire niveau. De meeste kinderen gaan, zoals eerder gemeld, allerlei bekortingen en handigheden gebruiken (zie ook Treffers & Buijs, 1999). Uit onderzoek van Siegler blijkt herhaaldelijk dat het doorsnee kind zeer wendbaar is (Siegler & Shipley, 1995). Het heeft vier tot vijf oplossingsstrategieën tot z'n beschikking. De kinderen met langdurige rekenmoeilijkheden in Ostads onderzoeken kennen die luxe echter niet. Volgens hem verschilt hun rekenontwikkeling dan ook kwalitatief van die van normaal rekenende leeftijdsgenoten.

Uit de gegevens in figuur 1 blijkt dat ook normale rekenaars niet alle sommen uit het hoofd weten. Maar het percentage neemt wel van jaar tot jaar toe. Dat laatste geldt niet voor de *Math Disableds*. Zij tellen alles, volgens één patroon, het aflopen van de telrij, dat niet verandert met de leeftijd. De toename van flexibiliteit in de omgang met deze sommen, die de normale rekenaar karakteriseert, treedt bij hen dus ook niet op.

4 Verklaringen

Wat is er met die kinderen aan de hand? Dat vragen onderwijzers zich al heel lang af. 'Kind, waar heb je die vingers toch voor nodig? 6 + 5, dat weet je inmiddels toch wel? Je weet in elk geval 5 + 5, en dan nog één erbij. Simpel toch?' Het probleem wordt vaak gezien als een gebrek aan durf of aan vertrouwen in eigen kunnen. Zie bijvoorbeeld Tiemersma (1963-'64) die de oplossing zoekt het in het verbieden van het gebruik van vingers en telraam. Ook Ostad (1999) meent dat kinderen die blijven tellen verkeerde keuzen maken en beveelt metacognitieve training aan om het probleem te verhelpen. Maar waarom zouden kinderen zo omslachtig te werk gaan als het echt ook makkelijker kan? Blijven dyslectische kinderen woorden uitspellen omdat het ze ontbreekt aan durf of strategisch inzicht? We weten inmiddels beter. Hun probleem is een verwerkingsmechaniek dat niet snel en automatisch leert hercoderen. Het lijkt aannemelijk dat bij dyscalculie iets vergelijkbaars aan de hand is.

Stel nu dat de geheugenrepresentatie van de getallen tot tien nooit helemaal gestandaardiseerd wordt. Dat zou betekenen dat voor de betrokken persoon de waarde van de cijfers nooit volledig vastligt. Er zit dan gewoon teveel speling tussen symbool en betekenis. De combinatie van twee onzekere waarden leidt natuurlijk tot een nog grotere onzekerheid. Dus: als een enkel symbool nog niet automatisch en betrouwbaar in een waarde wordt vertaald, zal dat bij een combinatie van symbolen zeker niet gebeuren.

5 Getallensemantiek

Volgens het *triple code* model (Dehaene 1992; Campbell & Epp, 2005) werkt ons rekensysteem met drie getalscodes. Je hebt de visueel Arabische code '3', de auditief verbale code 'drie' en een hoeveelheidcode '- - -'. Wat het rekenend brein moet leren is om die drie op elkaar te betrekken. De hoeveelheidcode geeft betekenis aan die twee andere. Bij het zien van een cijfer moeten de hersenen dus vanzelf op de proppen komen met een hoeveelheidcode. Als ze dat niet doen, heeft de rekenaar een probleem. Ik lees zeven, maar hoeveel is dat? De enige oplossing is om het uit te tellen. Over die hoeveelheidcode zijn uit de cognitiewetenschap een aantal dingen bekend.
Ten eerste is die code onderhevig aan het zogenoemde *size effect*. Dit houdt in dat de tijd die gemoeid is met het activeren van de betekenis van een cijfer oploopt met de grootte. Het activeren van de code voor '9' is dus meer werk dan het activeren van de code voor '6'. De verschillen in verwerkingstijd voor 6 en 9 zijn, bij ervaren rekenaars, te klein om met het blote oog te zien, maar ze zijn er wel degelijk. Dit duidt erop dat bij het snelle zoekproces naar de betekenis van een getal een *vorm* van tellen wordt gebruikt, zij het een abstracte (Dehaene 1996, Fayol & Seron, 2005). Het brein neemt het idee van hoeveelheid in ieder geval vrij letterlijk.
Ten tweede is daar het *distance effect*, voor het eerst beschreven door Moyer en Landauer (1967). De term verwijst naar het feit dat een vergelijking tussen twee getallen sneller verloopt naarmate het verschil toeneemt. De vraag: 'wat is meer?', wordt dus makkelijker beantwoord voor 5 versus 8 dan voor 7 versus 8. Dit duidt erop dat de hoeveelheidcodes voor 5 en voor 8 meer van elkaar verschillen dan die voor 7 en 8. Deze effecten worden, omdat ze zich zo betrouwbaar voordoen, al tientallen jaren benut bij onderzoek naar het rekenen van volwassenen. Pas de laatste tijd wordt deze kennis ook gebruikt om te onderzoeken hoe automatismen in de semantische verwerking van getallen zich bij kinderen ontwikkelen (Girelli, Lucangeli & Butterworth, 2000; Rubinstein et al, 2002, Noël, Rousselle & Mussolin, 2005). Want zoals gezegd, deze automatismen zijn geen biologisch gegeven, maar de uitkomst van een jarenlang leer- en ontwikkelingsproces.

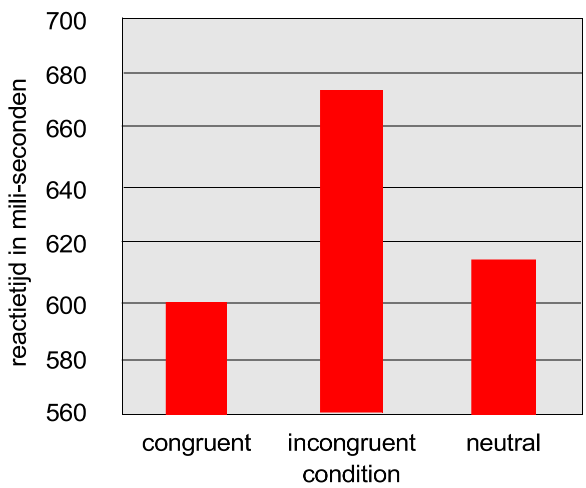
6 Number Stroop

Een automatisme is een onwillekeurige respons. Je kunt het niet uitzetten. Het is, om met Blomert (2005) te spreken, een 'verplicht proces'. Als ik 'zes' zie kan ik niet om de betekenis heen. Als baby wel, maar nu niet meer. Met het lezen van woorden is dat net zo. Het vergt een speciale techniek - tekstcorrectoren plachten die te beheersen - om de betekenis van wat je leest buitenspel te zetten.

Een manier om zulke automatismen te onderzoeken is het zogeheten 'Stroop paradigma',[3] dat in de psychologie wordt gebruikt om de architectuur van taalverwerkingsprocessen te onderzoeken (zie La Heij, 2006, voor een recent overzicht).
Proefpersonen moeten zo snel mogelijk beslissen welk cijfer groter is afgebeeld (fysieke grootte). In de congruente conditie wijzen de verschillen in dezelfde richting (3 versus **6**). In de incongruente conditie wijzen de verschillen in tegengestelde richting (**3** versus 6). In de neutrale conditie is er geen numeriek verschil (3 versus **3**). In de congruente conditie zijn de reactietijden significant langer. Daaruit blijkt dat het verschil in numerieke grootte worden waargenomen en interfereert met de beoordeling van de fysieke grootte.

In de klassieke 'Strooptaak' krijgt de proefpersoon woorden te zien die in verschillende kleuren zijn afgedrukt. De taak is nu om het woord te negeren, maar je te concentreren op de kleur van de letters. Bij kleurwoorden blijkt dat behoorlijk lastig te zijn. Bijvoorbeeld: het woord is 'rood', maar de letters zijn in blauw gedrukt. Je moet dus blauw zeggen terwijl er rood staat. Dat je iets moet onderdrukken - een automatische keus voor rood - blijkt uit de reactietijd. Die is in zulke gevallen aanmerkelijk langer dan bij niet-kleurwoorden.
Zo'n soort opstelling wordt nu ook gebruikt om de ontwikkeling van getalsautomatismen te onderzoeken. Dat heet dan een 'Number Stroop'-taak. Zo kun je te weten komen in welk stadium van de rekenontwikkeling cijfers

'vanzelf' als hoeveelheden worden gelezen. Dat gaat zo. Proefpersonen krijgen telkens twee cijfers te zien. De afbeelding van die cijfers (fysieke grootte) verschilt. Je hebt paren van gelijke fysieke grootte (3 en 6) of paren van verschillende fysieke grootte. De ene keer klopt de fysieke grootte met getalsgrootte (3 en **6**). Dit heet de congruente conditie. De andere keer is er een mismatch tussen de grootte van het cijfer en de waarde van het getal (**3** en 6). Dit heet de incongruente conditie. De opdracht is nu om alleen te letten op de fysieke dimensie, en zo snel mogelijk de grootste van twee cijfers te kiezen. Mensen die cijfers automatisch tot getallen verwerken, zo is de redenering, zouden daar in de incongruente conditie nadeel van moeten ondervinden. Immers, er is bij hen een impuls om 6 te kiezen in plaats van **3**. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Hoeveel hinder de doorsnee proefpersoon van zijn semantische automatismen ondervindt in de incongruente conditie is te zien in figuur 2, afkomstig uit het werk van Butterworth (2002).



figuur 2: gemiddelde reactietijden bij een 'Number Stroop'-taak

De grafiek toont een duidelijk verschil in verwerkingstijd, ten nadele van de incongruente conditie. Hier is dus een proces aan het werk dat 6 groter vindt dan 3, ongeacht de fysieke grootte.
Vervolgens is de vraag: wanneer ontstaat dit semantisch automatisme? Hoelang doen we erover om zover te komen dat we cijfers automatisch als getallen lezen? Dat is door een aantal mensen onderzocht. Girelli c.s. (2000) vonden pas duidelijke tekenen van automatische semantische verwerking bij kinderen in het derde leerjaar (groep 5). Bij kinderen in het eerste leerjaar was de associatie tussen cijfer en getal nog niet voldoende sterk om als stoorzender te gaan fungeren. Maar Rubinstein en zijn collega's (2002), die kinderen onderzochten aan het einde van het eerste leerjaar, vonden op dat moment wel enig effect. Blijkbaar is er sprake van een geleidelijke opbouw (zie Noël, Rousselle & Mussolin, 2005).

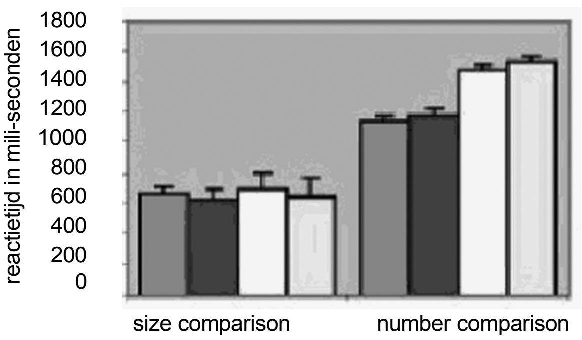
7 Dyscalculie en getalsverwerking

Het betoogde leidt me tot de volgende stelling: bij sommige mensen komt het semantisch automatisme maar zeer langzaam - of wellicht nooit - voldoende van de grond. Deze mensen leren niet vlot (hoofd)rekenen, eenvoudig omdat het hen ontbreekt aan automatische informatie over de waarde van de betrokken getallen. Dyscalculie is, zo beschouwd, een stoornis in de snelle semantische verwerking van numerieke informatie.
Cijfers worden door dyscalculici niet automatisch van de correcte betekenis voorzien, ook niet na jaren oefening. Dan is tellen het enige alternatief. Hier zou dus net als bij dyslexie sprake kunnen zijn van een kleine, wellicht aangeboren, onvolkomenheid in de cognitieve architectuur die vlot leren rekenen mogelijk maakt. Ergens in de parietale cortex wordt door dyscalculici niet leeftijdsadequaat met numerieke informatie omgesprongen. Dehaene c.s. situeren de semantische verwerking van getallen in het horizontaal segment van de intraparietale groeve (Dehaene et al, 2005; zie ook Van Loosbroek 2004).

Deze benadering heeft een aantal implicaties. De eerste is dat dyscalculie zou kunnen optreden zonder leerproblemen op andere gebieden. Dat wil zeggen: algemene verklaringen, zoals intelligentie, logisch denken, werkgeheugen, enzovoort, slaan, als dit klopt, de plank mis. Het probleem zit hem dan immers puur in de numerieke informatie, die onvoldoende snel tot het vereiste format wordt verwerkt. Over deze kwestie - hoe speciaal of hoe algemeen de oorzaak van getalsverwerkingsproblemen is - is het laatste woord nog niet gesproken. Wat het werkgeheugen betreft: in een aantal onderzoeken is gebleken dat werkgeheugenproblemen heel selectief kunnen zijn (Siegel & Ryan, 1989; Hitch & McAuley, 1991). Het werkgeheugen kan bijvoorbeeld prima functioneren bij woorden, maar slecht bij getallen.
Iets dergelijks geldt voor intelligentie. Natuurlijk is voor rekenen een zekere intelligentie nodig. En natuurlijk is intelligentie vrijwel altijd voordelig bij het oplossen van intellectuele problemen, rekenopgaven incluis. Maar het is de vraag of intelligentieverschillen er veel toe doen als we het hebben over getalsautomatismen zoals hier wordt beschreven. Ik heb gewerkt met kinderen met een IQ van rond de 60 die razendsnel optellen en aftrekken. Kennelijk is een hoog IQ geen voorwaarde voor een geslaagde automatisering. Ik ben het daarom niet eens met J. Nelissen, die in een aantal artikelen heeft betoogd dat dyscalculie niet kan voorkomen bij IQ's lager dan 115 (Nelissen, 2004a, 2004b). Hij stoelt die bewering op de geschatte kans op zwakke rekenprestaties bij verschillende niveaus van intelligentie.
Nu zal niemand bestrijden dat de kans op slechte rekenprestaties afneemt bij hogere intelligentie. Maar is er ook zo'n sterk verband tussen IQ en de automatismen waar-

over hier wordt geschreven? Dat valt te betwijfelen. Op de school voor speciaal basisonderwijs waar ik werk is het gemiddelde IQ laag, waarschijnlijk lager dan 80. Op begrijpend lezen en begrijpend rekenen (Cito BL en Cito RW) lagen de gemiddelde DLE's halverwege de eindgroep rond de 25. De DLE's van zowel technisch lezen (Brus) als technisch rekenen (de Tempo toets van De Vos) lagen echter gemiddeld rond de 40. Dat is een verschil van anderhalf jaar ten gunste van de technische vaardigheden. De invloed van intelligentie op de ontwikkeling van woord- en getalsautomatismen lijkt dus verhoudingsgewijs klein.
De tweede implicatie van de hier uiteengezette benadering is dat dyscalculici van (even intelligente) normale rekenaars zullen verschillen op de meest basale numerieke taken, zoals tellen en het vergelijken van grootte. Inmiddels zijn er twee experimentele studies die steun verlenen aan deze opvatting.
Het eerste onderzoek naar dyscalculie als specifiek getalsverwerkingsprobleem is dat van Landerl, Butterworth en Bevan (2004). Het laat zien dat basisschoolkinderen met dyscalculie een ander informatieverwerkingsprofiel vertonen dan kinderen met dyslexie. De dyslectici zijn vertraagd op woordverwerkingstaken; de dyscalculici niet. De dyscalculici zijn vertraagd op numerieke verwerkingstaken; de dyslectici niet. De numerieke verwerkingstaken die in dit onderzoek werden gebruikt zijn allemaal uiterst elementair: tellen tot twintig en terug; eencijferige getallen vergelijken op grootte en zo meer.

Een van de taken waarmee Landerl c.s. werkten was een (eerder in dit artikel beschreven) 'Number Stroop'-taak. In figuur 3 staan de gemiddelde reactietijden op twee numerieke vergelijkingstaken: fysieke grootte (linker paneel) en numerieke grootte (rechterpaneel). Op de eerste taak is er geen verschil tussen de experimentele groepen. In de perceptie van fysieke grootte zit dus het probleem niet. Maar op de tweede taak, waarbij het om de getalswaarde van de cijfers ging, presteren kinderen met dyscalculie (de twee rechterstaven) wel slechter dan de anderen.



figuur 3: vier groepen kinderen vergeleken op twee taken: van links naar rechts: controlegroep, groep met leesproblemen, groep met rekenproblemen en groep met lees- en rekenproblemen (Landerl et al, 2004, 18)

In het linkerpaneel staan de reactietijden op de fysieke vergelijkingstaak. Alle groepen doen dit even snel. In het rechterpaneel staan de reactietijden op de numerieke vergelijkingstaak. De twee groepen met rekenproblemen zijn significant langzamer dan zowel de kinderen uit de controlegroep als de leesgestoorde kinderen.
De tweede experimentele studie die in dit kader relevant is, is van Rousselle & Noël (2006). Zij vergeleken schoolkinderen met en zonder rekenproblemen op een aantal getalsverwerkingstaken. Net als bij Landerl c.s. het geval was, had hun rekenzwakke proefgroep meer tijd nodig om te bepalen welke van twee aangeboden cijfers het grootste getal vertegenwoordigde. Maar als het ging om de vergelijking van direct afgebeelde aantallen - tien versus vijftien strepen bijvoorbeeld - waren de zwakke rekenaars even snel als de normale. De dyscalculie lijkt dus niet te zitten in de beoordeling van hoeveelheden. Het probleem zit daarentegen in de snelle decodering van symbolische hoeveelheidinformatie.

8 Conclusies

In dit artikel werd betoogd dat dyscalculie het beste gezien kan worden als een probleem met de automatische verwerking van cijfers tot getallen en van telwoorden tot getallen. Dit stuk geeft daaromtrent geen zekerheid. Dat kan op dit moment ook nog niet. Er zijn immers slechts twee gepubliceerde studies die rechtstreeks steun verlenen aan het idee. Er moet dus meer onderzoek komen. Wel is er voldoende *circumstantial evidence* om erop aan te dringen dat onderzoek naar getalsverwerkingsproblemen hoog op de agenda komt te staan. Stagnatie in de ontwikkeling van getalsautomatismen is bij de speurtocht naar dyscalculie op z'n minst een goede verdachte.
Het zal duidelijk zijn dat dyscalculie, aldus gedefinieerd, nooit de enige oorzaak kan zijn van rekenmoeilijkheden. Tal van kinderen ondervinden problemen ondanks een perfecte beheersing van de basisautomatismen. Bij deze zwakke rekenaars zit onvermogen in de hogere mentale processen, namelijk bij het denken en redeneren. Deze kinderen hebben ook recht op hulp, maar dyscalculisch zijn ze niet.
Dyscalculie valt overigens het meest op bij goed lerende kinderen. Dat zal pas veranderen bij een meer ontwikkelde diagnostiek. Nu moeten we het nog stellen met begrippen als hardnekkigheid en onverwachtheid gezien het IQ. Dit is voor niemand bevredigend. Kinderen met een goed verstand en een niet al te zware vorm van dyscalculie kunnen zo buiten beeld blijven, omdat hun prestaties er - bij hard werken - nog net mee door kunnen. Kinderen met een lagere intelligentie kunnen buiten beeld blijven omdat hun zwakke rekenen niet als voldoende discrepant wordt gezien.
Op dit moment is nog niet duidelijk wat wel en niet werkt

bij de remediatie van rekenproblemen die veroorzaakt worden door falende getalsautomatismen. Ook dat is een probleem. Beter gericht onderzoek kan al die problemen niet in een keer oplossen, maar het kan er wel een basis voor leggen.

Noten

1 Vermenigvuldigen en delen is een ander verhaal. Het leren van de tafelsommen vergt voor vrijwel iedereen een dosis expliciet memoriseerwerk. Zie bijvoorbeeld Milikowski (2004).
2 Gegevens ontleend aan Ostad (1999).
3 Genoemd naar ene Stroop, wiens naam je uitspreekt als 'Stroep'.

Literatuur

Blomert, L. (2005). *Dyslexie in Nederland*. Amsterdam: Nieuwezijds.

Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London: Macmillan.

Butterworth, B. (2002). *Screening for dyscalculia: a new approach* (www.mathematicalbrain.com).

Butterworth, B. and Yeo, D. (2004). *Dyscalculia Guidance*. Helping pupils with dyscalculia. London: Nfer Nelson.

Campbell, J.I. D. & L.J. Epp (2005). Architectures for arithmetic. In: Jamie I.D.Campbell (ed.), *Handbook of Mathematical Cognition*. New York: Psychology Press, 347-360.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42.

Dehaene, S. (1997). *The Number Sense. How the mind creates mathematics.* Oxford: Oxford University Press.

Dehaene, S., M. Piazza, P. Pinel & L. Cohen, L. (2005). Three parietal circuits for number processing. In: Jamie I.D.Campbell (ed.). *Handbook of Mathematical Cognition.* New York: Psychology Press, 433-454.

Fayol, M. & X. Seron (2005). About numerical representations: insight from neuropsychological, experimental and developmental studies. In: Jamie I.D.Campbell (ed.). *Handbook of Mathematical Cognition.* New York: Psychology Press, 3-22.

Geary, D.C. (1994). *Children's Mathematical Development.* Washington DC: American Psychological Association.

Gelman, R. & Gallistel, C.R. (1978). *The Child's Understanding of Number*. Cambridge M.A.: Cambridge University Press.

Girelli, L., D. Lucangeli & B. Butterworth (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology, 76,* 104-122.

Heij, W. La (2006). J.R.'s wedergeboorte. Stroop in de psycholinguistiek. *De Psycholoog, 41*, 3-9.

Landerl, K., A. Bevan & B. Butterworth (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities. *Cognition, 93,* 99-125.

Loosbroek, E. van (2004). Dyscalculie als biologisch gegeven. *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk, 23*, 14-16.

Luit, H. van & A.J.J.M. Ruijssenaars, (2004). Dyscalculie, zin en onzin. *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk, 23,* 3-8.

Milikowski, M. (2004). *Pleidooi voor de tafels*. www.rekencentrale.nl

Milikowski, M. (2005). Het mysterie van de dyscalculie. *Onderwijsblad*, *17*, 26-29.

Mix, K.S., J. Huttenlocher & S.C. Levine. (2002). *Quantitative Development in Infancy and Early Childhood.* Oxford: Oxford University Press.

Moyer, R.S. & T.K. Landauer. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature, 215,* 1519-1520.

Nelissen, J. (2004a). Kinderen die niet leren rekenen. *Willem Bartjens, 23*, 5-11.

Nelissen, J. (2004b). Dyslexie en dyscalculie. *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk, 23*(2), 9-13.

Noël, M.-P., L. Rousselle, & C. Mussolin (2005). Magnitude representation in children. In: Jamie I.D.Campbell (ed.). *Handbook of Mathematical Cognition.* New-York: Psychology Prees, 197-197.

Ostad, S.A. (1999). Developmental progression of subtraction strategies: a comparison of mathematically normal and mathematically disabled children. *European Journal of Special Needs Education, 14*, 21-36.

Rousselle, L. & M.-P. Noël (2006). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition* (in druk).

Rubinstein, O., A. Henik, A. Berger & S. Shahar-Shalev (2002). The development of internal representations of magnitude and their association with Arabic numerals. *Journal of Experimental Child Psychology, 81*, 74-92.

Russel, R.L. & H.P. Ginsburg (1984). Cognitive analysis of children's mathematical difficulties. *Cognition and Instruction 1,* 217-244.

Ruijssenaars, A.J.J.M., J.E.H. van Luit en E.C.D.M. van Lieshout (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie.* Rotterdam, Lemniscaat.

Siegler, R.S. & J. Schrager (1984). Stragegy choices in addition and subtraction: How do children know what to do? In: C. Sophian (ed.). *Cognitive skills and their origin*. Hillsdale NJ: Erlbaum, 229-293.

Siegler, R.S. & C. Shipley (1995). Variation, selection and cognitive change. In: T. Simon & H.G. Halford (eds.). *Developing Cognitive Competence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 31-76.

Tiemersma, D. (1963-1964). Een nieuwe rekendidactiek 1 t/m 5. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, jaargangen 2 en 3.

Treffers, A. & K. Buijs (1999). Rekenen tot 100. In: Treffers, A., M. van den Heuvel-Panhuizen & K. Buijs (red.). *Jonge kinderen leren rekenen.* Groningen: Wolters-Noordhoff.

This article proposes that the core deficit of dyscalculia must be sought in the process that gives meaning to digits and number words. This process works by recoding symbols into quantities. In the normal case the initially elaborate transformation process of counting develops into automaticity. In dyscalculia, however, such a development fails to happen. As a result, dyscalculics keep falling back on the inefficient but reliable alternative of counting. Recent comparisons of number processing by normally achieving and dyscalculic students (Landerl, Butterworth & Bevan, 2004; Rousselle & Noël, 2006) lend empirical support to this approach.