



Traditionele en realistische algoritmen bij het oplossen van deelsommen in groep 8

- een nadere analyse van PPON-materiaal uit 1997 -

G. Rademakers, C. van Putten, M. Beishuizen & J. Janssen
Hs InHolland, Rotterdam, Universiteit Leiden, Citogroep, Arnhem

Tegenvallende rekenresultaten van de Periodieke Peiling van het OnderwijsNiveau (PPON) in 1997, einde basisonderwijs, zijn aanleiding geweest voor een nadere analyse van het strategiegebruik van leerlingen bij de PPON-deelopgaven. Tweederde van de gemaakte deelopgaven blijkt met behulp van een 'realistisch happenschema' of een 'traditionele staartdeling' te zijn opgelost: 22 procent met een realistische en 43 procent met een traditionele strategie; 31 procent werd uit het hoofd opgelost, dat wil zeggen dat er slechts een antwoord en geen uitwerking werd gegeven. De meeste leerlingen waren consistent in hun strategiegebruik: 29 procent van de leerlingen is te kenmerken als 'realistische rekenaar', 46 procent als 'traditionele rekenaar' en 19 procent als 'uit het hoofd rekenend'.

Gemiddeld maakten de leerlingen vijf van de tien deelsommen goed. Contextsommen zonder komma werden vaker correct opgelost dan sommen met een komma (in som en/of antwoord). Er werden vooral procedurele rekenfouten gemaakt (voornamelijk bij het vermenigvuldigen), zowel door de 'traditionele rekenaar' als door de 'realistische rekenaar', door deze laatste groep echter in sterkere mate. De 'traditionele rekenaars' laten significant betere prestaties zien op de tien deelsommen dan de 'realistische rekenaars', vermoedelijk omdat de realistische oplossingen door het grotere aantal stappen een hogere kans op rekenfouten hebben.

De achteruitgang van de PPON-resultaten sinds 1987 bij bewerkingen zoals cijferend delen, kan daarom ten minste voor een deel worden toegeschreven aan de veronderstelde toename van het aantal leerlingen dat met realistische strategieën deelsommen oplost.

1 Inleiding

In november 1999 werd het rapport van de Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau Rekenen 1997 (Janssen, Van der Schoot, Hemker & Verhelst, 1999) gepresenteerd en besproken op de jaarlijkse Panama-najaarsconferentie (Keijzer & Uittenbogaard, 2000). De resultaten van deze derde peiling laten ten opzichte van de voorgaande in 1992 en 1987 een licht, maar significant dalende trend zien, vooral bij 'bewerkingen', zoals vermenigvuldigen en delen. De tegenvallende resultaten zijn opmerkelijk, omdat de verwachtingen hooggespannen waren, gezien de grootscheepse invoering en voortgaande vernieuwing van de realistische reken-wiskundemethoden.

Op genoemde conferentie werden uiteenlopende verklaringen besproken voor de teruggang in de resultaten, onder andere tekorten in het (interactief) lesgeven door de leerkracht en tekorten in de rekendidactiek die voor bepaalde onderdelen nog verder doordacht zou moeten worden (Keijzer & Uittenbogaard, 2000, pag.7-9). 'Delen' werd op de conferentie gekozen als onderwerp van een practicum met voorbeelden van leerlingwerk en video-opnamen. De grote verschillen tussen leerlingen in

niveau (van verkorting) van realistische deelstrategieën kregen veel aandacht (Uittenbogaard, 2000) en riepen achteraf zelfs de vraag op of zwakke rekenaars vooral voor cijferen en sterke rekenaars meer voor handige aanpakken zouden kiezen (Keijzer & Uittenbogaard, 2000, pag.8).

De Universiteit Leiden had al enige ervaring met onderzoek naar delen, waarbij het accent lag op het inventariseren van deelstrategieën (Snijders, 1998). Dit onderzoek in groep 6 op tien scholen met realistische reken-wiskundemethoden uit de Leidse regio liet een duidelijk positief effect van de realistische aanpak zien (Snijders, Van Putten & Beishuizen, 1999; Van Putten, Van den Brom-Snijders & Beishuizen, in press). Deze Nederlandse resultaten waren duidelijk beter dan die op tien vergelijkbare scholen in Engeland (Anghileri, Beishuizen & Van Putten, 2002).

De strategiecategorieën uit het onderzoek van Snijders (1998) zijn opnieuw gebruikt om de PPON-data 1997 nader te analyseren. Het Cito zelf had hier namelijk geen tijd voor (oproep NVORWO, 1999) en ook kon het Cito de toetsboekjes van de leerlingen niet langer bewaren. De voorbespreking over het scriptieonderzoek van G. Rademakers (2001) vond plaats met J. Janssen en J.-M. Kraemer van het Cito, waarin mogelijke strategiecategorieën en onderzoeksvragen aan de orde kwamen. De nadruk lag

op het strategiegebruik: typen en frequentie van oplossingsstrategieën die worden gebruikt, de relatie tussen strategiegebruik en prestatieniveau. We hoopten dat de analyse gericht op de gebruikte deelstrategieën zou bijdragen tot een verheldering en verklaring van de (tegenvallende) resultaten bij het PPON-onderdeel ‘delen’ binnen het toetsboekje ‘Bewerkingen: vermenigvuldigen & delen’. Het is niet de bedoeling van dit artikel om een standpunt pro of contra het realistisch reken-wiskundeonderwijs in te nemen.

2 Methode van onderzoek

De samenstelling van de steekproef staat beschreven in de derde PPON-publicatie over rekenen en wiskunde einde basisonderwijs (Janssen et al., 1999, pag.22-24). De leerlingen kregen over het algemeen drie toetsboekjes aangeboden. Het toetsboekje met de deelopgaven ‘Bewerkingen: vermenigvuldigen & delen’, is afgenomen bij 574 leerlingen uit groep 8 op 218 verschillende basisscholen. Bij 349 van deze leerlingen bevond dit boekje zich tussen twee andere testboekjes met bewerkingen: ‘Bewerkingen: optellen & aftrekken’ en ‘Samengestelde bewerkingen’, waarbij de leerlingen steeds uitrekenpapier mochten gebruiken. Bij 192 leerlingen bevond het toetsboekje met de deelopgaven zich tussen de boekjes voor ‘Hoofd-rekenen: vermenigvuldigen & delen’ en voor ‘Schattend rekenen’. In deze beide laatste testboekjes mochten de leerlingen alleen antwoorden opschrijven en geen aantekeningen maken. Bij de 33 overige leerlingen uit de steekproef was er sprake van nog andere combinaties van testboekjes. Dit roept natuurlijk de vraag op of deze verschillende afnamecondities van invloed zijn geweest op de manier waarop de deelsommen zijn opgelost; wij komen hier nog op terug.

3 Resultaten van het onderzoek

Welke strategieën werden gebruikt?

Er werden in het totaal 5740 deelsommen (574 leerlingen keer tien deelsommen) beoordeeld op strategiegebruik en fouten. Figuur 1 geeft een overzicht van de onderscheiden strategieën en de frequentie van hun gebruik over alle tien sommen op basis van de (toegestane) schriftelijke berekeningen van de leerlingen in de PPON-toetsboekjes. Figuur 2 geeft een voorbeeldsom (vergelijkbaar met een van de PPON-opgaven) met diverse oplossingen. In bijna 18 procent van de gevallen was de berekening ‘Onduidelijk’ (*O*) of ‘Missing’ (*M*, als ook geen antwoord aanwezig was). Onder de overige 4711 deelsommen kwamen de

volgende strategieën veel voor: de ‘Traditionele staartdeling’ (*T* in 43 procent van de codeerbare oplossingen), het ‘Realistische happenschema’ (*R*, 22 procent) en het veronderstelde uitrekenen uit het ‘Hoofd’ (*H*, 31 procent) wanneer bij het gegeven antwoord geen berekening werd aangetroffen.

Strategie	N	procent	procent excl. O en M
Traditioneel (<i>T</i>)	2017	35,1	42,8
Realistisch (<i>R</i>)	1051	18,3	22,3
Probleemoplossend (<i>P</i>)	151	2,6	3,2
Opvermenigvuldigen (<i>OP</i>)	11	0,2	0,2
Uit het Hoofd (<i>H</i>)	1481	25,8	31,4
Onduidelijk (<i>O</i>)	132	2,3	-
Missing (<i>M</i>)	897	15,6	-
Totaal	5740	100 procent	100 procent (= 4711)

figuur 1: frequentie strategiegebruik ($N = 574$) leerlingen \times tien sommen

Apart werden nog onderscheiden: de ‘Probleemoplossende strategie’ (*P*), die van getalrelaties gebruikmaakt, en het ‘Opvermenigvuldigen’ (*OP*) als het omgekeerde van herhaald aftrekken, samen ruim 3 procent van de codeerbare oplossingen.

Realistische oplossingsstrategieën				Traditionele oplossingsstrategie
P:	R:	R:	R:	T:
1764	1764 : 18	1764 : 18	1764 : 18	18/1746/97
(100 \times)	1620 90 \times	900 50 \times	360 20 \times	162
1800	126	846	1386	126
-54	126 7 \times	720 40 \times	720 40 \times	126
97	0 97	126	666	0
		90 5 \times	360 20 \times	
		36	306	
		36 2 \times	180 10 \times	
		0 97	126	
			72 4 \times	
			54	
			54 3 \times	
			0 97	

figuur 2: voorbeeldsom 1746 : 18 met diverse oplossingen

Het zijn varianten van de realistische aanpak die maar bij een enkele opgave te zien waren, meestal in combinatie met realistische strategieën bij overige opgaven (later daarmee samengevoegd (fig.3)).

De intercodeurbetrouwbaarheid over honderd toetsboek-

jes (duizend deelopgaven) leverde een Cohens kappa op van 0,823 ($p < .001$) tussen twee beoordelaars, wat wijst op een voldoende duidelijke omschrijving en een behoorlijke mate van overeenstemming bij het coderen van de gedetailleerde strategietypen. Voor de codering van de hoofdcategorieën ligt kappa op 0,889 ($p < .001$)

Strategietype	Frequentie (procent)
Uit het hoofd ($H \geq 6$)	91 (15,9)
Realistisch ($R \geq 6$)	91 (15,9)
Traditioneel ($T \geq 6$)	211 (36,8)
Probleemoplossend ($P \geq 6$)	1 (0,2)
Missing ($M \geq 6$)	50 (8,7)
Geen overwegende strategie	130 (22,6)
Totaal	574 (100)

figuur 3: aantal (procent) leerlingen dat overwegend (zes of meer keer) eenzelfde type strategie gebruikte

Hoe consistent is een leerling in strategiegebruik bij over de tien sommen?

Allereerst is gekeken naar het aantal leerlingen dat bij meer dan de helft van de sommen eenzelfde oplossingsstrategie gebruikten. Figuur 3 laat zien dat 37 procent van de leerlingen overwegend de traditionele staartdeling gebruikte, tegenover 16 procent met een overwegend realistische aanpak, terwijl van nog eens 16 procent de aanpak onbekend is omdat zij alleen een uitkomst gaven.

Strategieklassse	Frequentie (procent)	Gemiddeld aantal sommen met deze strategie(ën)
Uit het Hoofd (alleen $H \geq 3$)	111 (19,3)	6,9 met H (en 2,5 met M)
Realistisch (alleen $R \geq 3$)	109 (19,0)	7,5 met R (en 1,2 met M en 0,9 met H)
Realistisch en Uit het Hoofd (alleen R en $H \geq 3$)	56 (9,8)	4,8 met R en 4,1 met H (en 0,8 met M)
Traditioneel (alleen $T \geq 3$)	207 (36,1)	8,1 met T (en 1,0 met M en 0,6 met H)
Traditioneel en Uit het Hoofd (alleen T en $H \geq 3$)	55 (9,6)	5,2 met T en 4,1 met H (en 0,5 met M)
Missing ($M \geq 6$ en H, R en $T < 3$)	36 (6,3)	7,3 met M (en 1,1 H en 0,7 R en 0,6 O)
Totaal	574 (100)	

figuur 4: indeling van leerlingen naar strategieklassse

Bijna 9 procent van de leerlingen slaat het merendeel van de sommen over. Het is onvermijdelijk bij deze manier van indelen dat een aanmerkelijk deel van de leerlingen

(bijna 23 procent) zo niet te typeren valt, omdat geen enkele strategie door hen bij meer dan de helft van de sommen gebruikt werd.

Daarom is vervolgens gekeken naar het gecombineerd gebruik van verschillende strategieën. We hanteerden als principe dat een leerling een strategie echt gebruikt wanneer deze minstens drie keer voorkwam (zie overigens het veel hogere gemiddelde gebruik in figuur 4). Op tien sommen zou een leerling dus maximaal drie typen strategieën kunnen gebruiken; dat kwam overigens niet voor. Een leerling kwam in de klasse *Missing* terecht als geen enkele strategie minstens drie keer voorkwam én er minstens zes *missings* waren. Figuur 4 levert een vijftal consistente strategieklassen op: drie met een enkele strategie en twee met een combinatie van strategieën: 10 procent van de leerlingen combineert een 'realistische aanpak' met 'uit het hoofd' en nog eens 10 procent combineert een 'traditionele aanpak' met 'uit het hoofd'. De combinatie 'realistisch-traditioneel' kwam zo sporadisch voor (bij zes leerlingen), dat wij die bij de meest gebruikte strategieklassen hebben ingedeeld.

De honderddertig leerlingen die in figuur 3 niet ingedeeld konden worden, komen hier hoofdzakelijk in de combinatieklassen terecht. De strategieklassse 'traditioneel' is ook hier de meest voorkomende groep (36 procent); met de combinatie 'traditioneel en 'hoofd' (10 procent) erbij levert dat zelfs 46 procent van de leerlingen op die in ieder geval de traditionele staartdeling gebruikten.

Aantal goed gemaakte sommen

Gemiddeld maakten de leerlingen 5,1 van de tien sommen goed; de spreiding was vrij groot ($sd = 3,0$). Het merendeel van de contextopgaven en de kale sommen werd door 42 à 60 procent van de leerlingen goed gemaakt; één contextopgave met een deler groter dan het deeltal en met een gevraagde afronding achter de komma, werd uitgesproken slecht gemaakt met slechts 18 procent goed en wel 24 procent *missings*; twee contextopgaven zonder komma werden duidelijk veel beter gemaakt met 71 en 75 procent goed. In het algemeen werden de opgaven met komma slechter gemaakt (18 à 44 procent goed) dan die zonder komma (45 à 75 procent goed).

Soort fouten

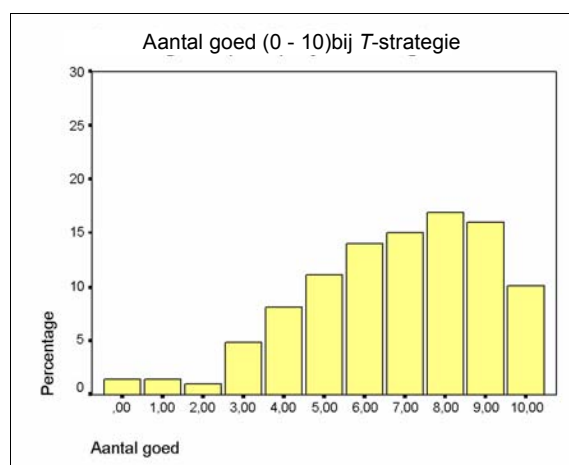
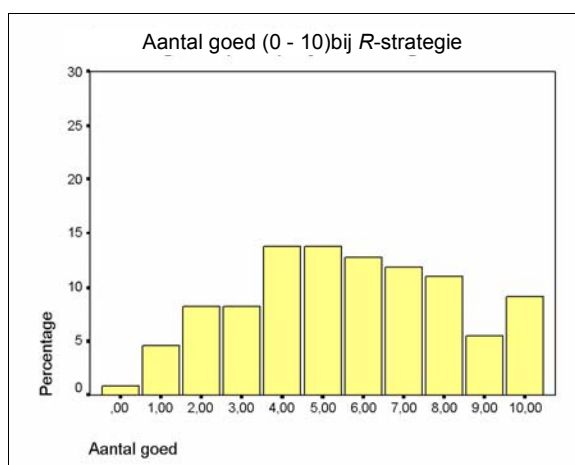
In 17 procent van alle opgaven werd een som fout gerekend omdat deze was overgeslagen of opgegeven; 16 procent had een fout antwoord zonder uitwerking; in bijna 8 procent was er sprake van een fout in de rekenprocedure waaronder veel vermenigvuldigfouten; in 3 procent ging het fout met de komma, merendeels door verkeerd afronden; in bijna 3 procent betrof de fout een misconceptie, vaak door te vermenigvuldigen in plaats van te delen; en in nog eens 3 procent van de fouten was er sprake van slordigheden of was de aard van de fout onduidelijk.

Misconcepties traden relatief vaker op bij sommen met komma dan bij sommen zonder komma; procedurele rekenfouten vonden we relatief het meest in kale sommen zonder komma. In alle gevallen werd steeds de eerst aangetroffen fout in de uitwerking gecodeerd.

Strategie en prestatie

De groepen leerlingen die eerder onderscheiden zijn naar strategieklasse verschilden significant in het gemiddelde aantal goed gemaakte sommen. De leerlingen met een 'traditionele strategie' deden het het best met gemiddeld 6,8 sommen goed, de 'realisten' maakten gemiddeld 5,6 sommen goed en de leerlingen die het uit het hoofd deden maakten gemiddeld slechts 2,7 sommen goed. De combinatiegroepen 'traditioneel en hoofd' en 'realistisch en hoofd' verschilden niet significant van de 'realisten'. Onderstaande staafdiagrammen van de *R*- en de *T*-klasse ge-

steeds dezelfde oplossingsstrategieën toepassen, ongeacht het type opgave. Wij mogen concluderen dat delen in groep 8 in sterke mate geproceduraliseerd is en dat er naast het traditionele algoritme ook een realistisch algoritme is ontstaan. De analyse van consistent oplossingsgedrag laat zien dat traditionele oplossingswegen anno 1997 verreweg het meest veelvuldig voorkwamen, gevolgd door realistische oplossingen. Opvallend is dat een relatief hoog percentage (bijna 20 procent) van de leerlingen consistent 'uit het hoofd' lijkt te hebben gewerkt. Gemiddeld maakten leerlingen vijf op de tien deelsommen goed. Er blijken grote verschillen in prestatie tussen bepaalde typen sommen; twee contextsommen zonder komma werden door de meeste leerlingen correct opgelost, terwijl sommen met komma door veel minder leerlingen correct werden gemaakt. Procedurele rekenfouten kwamen het meest frequent voor, vooral bij leerlingen die een realistische oplossingsstrategie hanteerden, maar



figuur 5: percentage leerlingen naar aantal goede sommen voor 'realistische' en 'traditionele' rekenaars

ven het gemiddelde verschil van 1,2 opgave goed nog wat meer reliëf: de scoreverdeling van de *R*-groep (figuur 5 links) laat veel meer leerlingen met erg lage scores zien dan die van de *T*-groep (figuur 5 rechts), waar hoge tot zeer hoge scores de overhand hebben.

4 Conclusies en discussie

Dit artikel is gebaseerd op een scriptieonderzoek (Rademakers, 2001), in samenwerking met het Cito, naar aanleiding van de significant dalende resultaten bij het onderdeel 'Bewerkingen: vermenigvuldigen & delen' in het PPO-1997, ten opzichte van de peilingen in 1992 en 1987. In dit artikel is een aantal aspecten de revue gepasseerd, die te maken kunnen hebben met deze achteruitgang in prestaties bij het delen. Uit het onderzoek blijkt dat leerlingen over het algemeen

ook bij leerlingen met een traditionele oplossingsstrategie. Bij de kommasommen maakten leerlingen relatief veel afrondingsfouten. In het onderzoek is ook nog een samenhang gevonden tussen foutentype en strategie: interpretatiefouten en misconcepties blijken relatief vaker voor te komen bij sommen die op traditionele wijze zijn opgelost, terwijl procedurele rekenfouten frequenter voorkwamen bij realistisch opgeloste sommen. Leerlingen die een traditionele oplossingswijze hanteerden, behaalden significant betere resultaten dan leerlingen die andere oplossingsmanieren gebruikten. De verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat dit betere resultaat het gevolg is van het kleinere aantal stappen nodig om tot een oplossing te komen, waardoor de kans op rekenfouten vermindert.

Bij deze conclusies kunnen enkele kanttekeningen worden gemaakt. De vraag kan gesteld worden (zie ook paragraaf 2) of het al dan niet uit het hoofd beantwoorden van de deelsommen wellicht uitgelokt werd door de afname-

condities van het onderzoek: is er sprake van een boekjes-effect, met andere woorden, komt uit het hoofd antwoorden vooral voor bij leerlingen die het boekje met de deelsommen na een boekje met hoofdrekeningen hebben gemaakt? Dit blijkt echter maar in geringe mate het geval te zijn: 26 procent van deze leerlingen valt in de categorie 'uit het hoofd' bij delen, tegen 16 procent van de leerlingen die deelden na een ander bewerkingenboekje. Uit het hoofd werken bij delen lijkt vooral samen te hangen met rekenvaardigheid. Deze leerlingen maakten niet alleen opvallend veel fouten in de deelsommen (gemiddeld nog geen drie van de tien opgaven goed), ook hun prestaties in de andere toetsboekjes zijn opvallend zwakker: gemiddeld 17 hoofdreken- en schattingssommen goed, tegen gemiddeld 23 goed bij de gebruikers van traditionele en realistische strategieën; gemiddeld 18 andere bewerkingssommen goed, tegen gemiddeld 24 tot 26 goed bij de gebruikers van realistische, respectievelijk traditionele strategieën. Kinderen die uit het hoofd deelden, behalen dus over het algemeen zwakkere prestaties bij rekenen; velen van hen zijn kennelijk noch de traditionele, noch de realistische aanpak van het delen meester. Bij sommige hoofdrekenaars denken we, op grond van diverse bijna-goede antwoorden, dat het nemen van risico's ook een rol gespeeld kan hebben: vertrouwen op hoofdrekenen zonder papiersteun.

Is er, nu we de strategieën bij deelsommen uit het PPON-onderzoek van 1997 kennen, meer zicht gekomen op een verklaring van de achteruitgang in rekenprestaties vergeleken met de PPON's van 1992 en 1987? Niet onmiddellijk, want van die eerdere peilingonderzoeken zijn geen toetsboekjes meer bewaard die nader onderzocht kunnen worden op strategiegebruik. Pas met het PPON van 2004 kan er expliciet naar strategieverandering worden gekeken in de periode van 1997 tot 2004. Cito en Universiteit Leiden zijn hiermee inmiddels begonnen.

Wel kan deze vraag naar de relatie tussen strategiegebruik en de achteruitgang van prestaties indirect worden benaderd, want we kunnen ons afvragen van welke van de in 1997 aangetroffen strategieën het gebruik zal zijn toegenomen of afgenomen in de periode van 1987 tot 1997. In deze periode zijn de Nederlandse basisscholen massaal overgegaan van traditionele naar realistische reken-wiskundemethoden. Hoewel dat op zich nog geen uitsluitsel geeft over de omvang van de veranderingen in het reken-wiskundeonderwijs in de bovenbouw, is de tendens toch heel duidelijk: meer realistische strategieën bij bewerkingen zoals delen en minder traditioneel cijferen. Wij weten nu over de PPON van 1997 dat de prestaties op deelsommen bij realistische oplossingen zwakker waren dan bij traditionele oplossingen, onder andere omdat realistische oplossingen door het grotere aantal stappen fou-

tengevoeliger zijn. Daarom kan een verschuiving naar realistische strategieën een bijdrage hebben geleverd aan de gedaalde prestaties. Bij deze redenering wordt ervan uitgegaan dat het prestatieverschil tussen realistische en traditionele oplossingen door de strategie wordt bepaald en niet door andere verschillen tussen leerlingen. Daarnaast zagen we dat de oplossingen 'uit het hoofd' ook een grote bijdrage leverden aan de tegenvallende prestaties bij delen. In welke mate de omvang van de groep leerlingen rekenend uit het hoofd is veranderd, weten we niet.

Volgens K. Knip in 'NRC-Handelsblad' (16 november 2003) is het tijd om een 'Requiem voor een staartdeling' te houden, want zonder dat de buitenwereld er volgens hem iets van wist ('En weer is de ouders niets verteld'), is die eeuwenoude staartdeling opeens verdwenen uit de Nederlandse basisscholen. Anno 1997 was dat absoluut nog niet het geval: 45 procent van de leerlingen uit groep 8 gebruikte toen de traditionele staartdeling, en nog betrekkelijk goed ook. Na de analyse van het PPON 2004 zullen we weten of de traditionele staartdeling echt is uitgestorven in het Nederlandse basisonderwijs.

Literatuur

- Anghileri, J., M. Beishuizen & K. van Putten (2002). From informal strategies to structured procedures: Mind the gap! *Educational Studies in Mathematics*, 49, 149-170.
- Janssen, J., F. van der Schoot, B. Hemker & N. Verhelst (1999). *Balans van het reken-wiskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 3: Uitkomsten van de derde peiling in 1997*. PPON-reeks nr. 13. Arnhem: Cito.
- Keijzer, R. & W. Uittenbogaard (red.) (2000). *Tien jaar PPON: lessen voor de toekomst*. Utrecht: Panama/Freudenthal Instituut.
- Knip, K. (2003). Requiem voor een staartdeling. *NRC Handelsblad*, 43.
- Putten, C.M. van, P. van den Brom-Snijders & M. Beishuizen (in press). Progressive mathematization of long division strategies in Dutch primary schools. *Journal for Research in Mathematics Education*.
- Rademakers, G. (2001). *Strategiegebruik, prestaties en foutentypen bij delen in groep 8 van het basisonderwijs; de PPON-data 1997 nader geanalyseerd*. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden, Pedagogische Wetenschappen (doctoraalscriptie).
- Snijders, P. (1998). *Strategiegebruik bij cijferend delen door goede en zwakke rekenaars*. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden, Pedagogische Wetenschappen (doctoraalscriptie).
- Snijders, P.A., C.M. van Putten & M. Beishuizen (1999). Strategieën voor staartdelen in Nederland en Engeland. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 17(4), 15-19.
- Uittenbogaard, W. (2000). Ontwerpen van een practicum. In: R. Keijzer & W. Uittenbogaard (red.). *Tien jaar PPON: lessen voor de toekomst*. Universiteit Utrecht: Panama/Freudenthal Instituut.