

Ontwikkelingen in het onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs: een internationaal perspectief¹

L. Verschaffel

Katholieke Universiteit Leuven, België

1 Een wereld van verschil(len)

Nog niet zo lang geleden kon men onderzoekers actief op het terrein van het reken-wiskundeonderwijs gemakkelijk onderbrengen in twee grote categorieën (De Corte, Greer & Verschaffel, 1996; Kilpatrick, 1992). Aan de ene kant waren er de psychologen en de onderwijskundigen die het inhoudsgebied rekenen-wiskunde gebruikten als een dankbaar proefveld voor de toepassing en de verdere ontwikkeling van hun algemene theorieën over denken, leren, ontwikkeling en instructie. Sedert de jaren vijftig was het vooral het informatieverwerkingsparadigma dat daarbij als theoretisch raamwerk fungeerde. Qua methodologie sloten deze onderzoekers nauw aan bij de empirisch-wetenschappelijke traditie, gekenmerkt door nauwkeurig vooropgestelde hypothesen, een strak onderzoeksdesign en een statistisch onderbouwde, sterk kwantitatief georiënteerde data-analyse.

Daarnaast waren er echter ook wiskundigen en wiskunde-didactici die publiceerden over wiskundige begripsvorming en wiskundig probleemoplossen, over de manier waarop wiskundige kennis en vaardigheden zich ontwikkelen, over de waarde van allerhande instructiematerialen en -technieken. In tegenstelling tot de eerstgenoemde groep onderzoekers, ging de tweede groep vaak niet uit van algemene, maar van vakspecifieke theorieën over leren en onderwijzen. Ook nam de tweede groep van oudsher z'n toevlucht tot een andere, veel bredere waaier van methoden van kennisverwerving, waaronder introspectie, gedachtenexperimenten, toevallige observaties, persoonlijke ervaringen, enzovoort. Freudenthal was een typisch vertegenwoordiger van dit laatste 'kamp', maar ook andere bekende namen als Polya, Hilton en Wittmann behoren hiertoe.

Beide groepen koesterden niet enkel verschillende onderzoeksvragen en -methoden, maar hadden bovendien elk hun eigen kanalen voor informatie-uitwisseling en discussie. En wanneer er bij wijze van uitzondering iets vanuit het ene kamp tot in het andere doordrong, kon het daar meestal op weinig enthousiasme rekenen. De psychologen en onderwijskundigen keken minachtend neer op de onwetenschappelijke, praktijknabije aanpak van de wiskunde-didactici en deze laatsten ergerden zich

dan weer aan het triviaal karakter van de onderzoekshypothesen of aan de geringe praktische waarde van de uitkomsten van het psychologisch of onderwijskundig onderzoek. Freudenthal bijvoorbeeld, heeft zijn depreciatie voor psychologen en pedagogen die 'zijn' terrein betraden nooit onder stoelen of banken gestoken, tenminste voorzover het generalisten betrof voor wie:

'... mathematics is no more than an easily available and easily handled subject matter, chosen to test and apply general ideas and methods, with no regard to the specific nature of mathematics and mathematics instruction.'
(Freudenthal, 1991, pag.149)

2 Opkomst van een nieuwe discipline

De voorbije tien tot twintig jaar heeft het internationale landschap van het onderzoek op het gebied van het reken-wiskundeonderwijs drastische wijzigingen ondergaan. Allerlei ontwikkelingen op wetenschappelijk en maatschappelijk gebied hebben er immers toe geleid, dat de studie van het wiskunde-leren en wiskunde-onderwijzen uitgegroeid is tot een aparte, erkende wetenschappelijke discipline waarin vertegenwoordigers uit beide 'kampen' zich goed thuisvoelen (De Corte e.a., 1996; Kilpatrick, 1992). Kilpatrick (1992, pag.3) formuleert het als volgt:

'Research in mathematics education has struggled to achieve its own identity. It has tried to formulate its own issues and its ways of addressing them. It has tried to define itself and to develop a cadre of people who identify themselves as researchers in mathematics education. During the last two decades this task of self-definition has largely been accomplished.'

Tot de uiterlijke tekenen van het ontstaan van dit nieuwe wetenschapsgebied behoren onder andere:

- de oprichting van wetenschappelijke verenigingen zoals de 'International Group for the Psychology of Mathematics Education', waarin onderzoekers afkomstig uit de beide tradities - dat wil zeggen zowel psychologen en onderwijskundigen als wiskundigen en wiskunde-didactici - zich thuisvoelen;
- de oprichting van domeinspecifieke wetenschappe-

lijke tijdschriften zoals het 'Journal for Research in Mathematics Education', 'Educational Studies in Mathematics' en 'For the Learning of Mathematics', die als publicatiekanalen fungeren voor onderzoekers afkomstig uit de beide tradities;

- het verschijnen van algemeen erkende standaardwerken zoals het 'Handbook of Research of Mathematics Teaching and Learning' (Grouws, 1992) en het 'International Handbook of Mathematics Education' (Bishop, ter perse);
- de oprichting van universitaire onderzoeksinstituten voor 'Mathematics Education', zoals het National Center for Research in Mathematical Sciences Education (Wisconsin University), het Shell Centre for Mathematical Education (Nottingham University), het Freudenthal instituut (Universiteit Utrecht), verscheidene Instituts de Recherche pour l'Enseignement de Mathématiques in Frankrijk, en de Instituten für Didaktik der Mathematik in Bielefeld en Dortmund, Duitsland.

3 Krachtlijnen van het huidige internationale onderzoek

Hoewel het theoretisch kader en het onderzoeksprogramma van deze nieuwe onderzoeksgemeenschap vooralsnog in volle ontwikkeling zijn en de oude tegenstellingen tussen generalisten en vakspecialisten nog regelmatig de kop opsteken, is daarbinnen de laatste jaren toch een vrij grote eensgezindheid gegroeid omtrent de kerndoelen en sleutelvragen van het onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs, en over de basisoriëntatie(s) van waaruit dit onderzoek het best geschiedt (zie ook De Corte e.a., 1996; Fischbein, 1990; Kilpatrick, 1992). Hierna zet ik de belangrijkste krachtlijnen in een tiental punten op een rijtje.

- 1 *Toenemende aandacht voor de complexiteit van wiskundige kennis en vaardigheid*, bijvoorbeeld voor de interactie tussen conceptuele, procedurele en metacognitieve kennis maar ook voor de inbreng van intuïtieve, motivationele en emotionele aspecten van wiskunde-leren. Dit komt onder meer fraai tot uiting in het toenemend gebruik van de term 'mathematical disposition' om aan te duiden dat wat als eindresultaat van reken-wiskundeonderwijs bij leerlingen en studenten wordt nagestreefd meer is dan de som van een stel kenniselementen en vaardigheden:

'Learning mathematics extends beyond learning concepts, procedures, and their applications. It also includes developing a disposition toward mathematics and seeing mathematics as a powerful way to looking at situations. Disposition refers not simply to attitudes but to a tendency to think and to act in positive ways. Students' mathematical dispo-

sitions are manifested in the way they approach tasks whether with confidence, willingness to explore alternatives, perseverance, and interest, - and in their tendency to reflect on their own thinking.'

(National Council of Teachers of Mathematics, 1989, 233)

- 2 *Groeïende belangstelling voor de socio-culturele context waarin wiskundig denken en handelen plaatsvindt*. In het door het informatieverwerkingsparadigma gedomineerd (cognitief-)psychologisch onderzoek werden denk- en leerprocessen bestudeerd zonder aandacht voor de ruimere (fysische, sociale, culturele...) context waarin deze processen plaatsvonden. De laatste jaren is de aandacht verschoven van:

'The study of isolated and decontextualized individuals, processes, states of minds, and interventions, to their study within wider psychological, disciplinary, social and cultural contexts.' (Salomon, 1995, 106)

Ter illustratie hiervan verwijs ik naar het vele onderzoek waarin ingegaan wordt op het informele, situatiegebonden rekenen van kinderen en volwassenen in levensechte buitenschoolse contexten ('etnomathematics') en op de relatie daarvan met en de betekenis ervan voor het schoolse rekenen. Internationaal vergelijkend onderzoek is een tweede categorie van studies waarin de socio-culturele dimensie van wiskunde(onderwijs) sterk tot uitdrukking komt.

Naast de 'klassieke' internationale comparatieve studies waarin de wiskundeprestaties van leerlingen en studenten uit verschillende landen vergeleken worden, vindt ook meer en meer vergelijkend onderzoek plaats. Daarin worden allerlei aspecten van het onderwijsleerproces betrokken, gaande van handboeken en andere leermiddelen die in het wiskundeonderwijs gebruikt worden tot de 'beliefs' van leerkrachten en ouders over het belang van wiskunde als vormingscomponent of over de genetische bepaaldheid van wiskundige bekwaamheid. De socio-culturele context van het reken(onderwijs) komt ten slotte ook ruimschoots aan bod in de vele onderzoekingen die thans plaatsvinden over 'the culture of the mathematics classroom' (Davis, 1989) en de 'socio(cultural) classroom norms' (Cobb & Bauersfeld, 1995). Onderzoekers gaan op zoek naar de impliciete spelregels en afspraken die aan de basis liggen van de interactie en communicatie die plaatsvindt in een wiskundeles en naar de subtiele mechanismen waarlangs leerlingen en studenten zich deze spelregels en afspraken eigen maken.

- 3 *Meer oog voor de rol van instructievariabelen*. Nog niet zo lang geleden kon je je permitteren om onderzoek te verrichten op het gebied van de wiskunde zonder ook maar op enigerlei wijze rekening te houden met de manier waarop deze denk- of leerprocessen via instructie beïnvloed worden. Nu wordt het (bijna) als vanzelfsprekend beschouwd dat de in-

structiecomponent betrokken wordt in dit onderzoek. Daarbij valt in de eerste plaats te denken aan de leerkracht als beïnvloedende factor: onderzoek naar de wijze waarop de wiskundige kennis, de vakdidactische competentie en de vakgebonden 'beliefs' en attitudes van een leerkracht zijn of haar onderwijsgedrag (mede)bepalen en - langs deze weg - de leeractiviteiten en -resultaten van leerlingen beïnvloeden, is de laatste jaren uitgegroeid tot een van de meest productieve onderzoeksterreinen. Maar daarnaast gebeurt er ook heel wat onderzoek naar de invloed van handboeken en andere didactische hulpmiddelen op het wiskundig denken en handelen van leerlingen.

- 4 *Verschuiving van constaterend onderzoek*, waarin wiskundige denk- en leerprocessen in de gegeven onderwijsomstandigheden bestudeerd worden, *naar construerend onderzoek*, waarin nieuwe vormen van reken-wiskundeonderwijs ontwikkeld en uitgeprobeerd worden. Natuurlijk kende men vroeger ook al construerend onderzoek, maar dan ging het vaak om strak gecontroleerde trainingsexperimenten, die zich in laboratoriumachtige condities voltrokken met de bedoeling een welbepaalde, specifieke hypothese uit één of ander model van leren, ontwikkeling of instructie empirisch te toetsen.

Doch sedert enkele jaren zijn onderzoekers van het reken-wiskundeonderwijs massaal overgestapt op een ander soort van construerend onderzoek waarin - in nauw contact met 'reflective practitioners' (Schön, 1987) en in reële klassesituaties - gewerkt wordt aan de ontwikkeling en implementatie van nieuwe vormen van reken-wiskundeonderwijs. In hun bijdrage tot het pas verschenen 'Handbook of Educational Psychology' schrijven Greeno, Collins en Resnick (1996, pag.15) hierover het volgende:

'The relationship between theoretical and practical understanding is one of the important aspects of our science that is currently in transition. (...) To develop the principles of a practical theory, several groups of researchers are conducting studies that we refer to as design experiments. In these studies, researchers and practitioners, particularly teachers, collaborate in the design, implementation, and analysis of changes in practice. Results provide case studies that can serve as instructive models about conditions that need to be satisfied for reforms of the same kind to be successful, and about the conditions that impede success.'

Wat in dit citaat 'design experiments' wordt genoemd kennen wij in ons taalgebied al lang onder de naam 'ontwikkelingsonderzoek' (De Jong & Wijers, 1993; Verschaffel & Van Oers, 1986).

- 5 *Aandacht voor langdurige ontwikkelingsprocessen en voor verstengeling van leerlijnen*. Onderzoekers die binnen het klassieke cognitief-psychologisch paradigma werkten, dienden hun aandacht noodgedwongen toe te spitsen op een heel specifiek en klein onderdeel of aspect van het wiskundecurriculum: zo koos men er bijvoorbeeld voor om de ontwikkeling

van één bepaald wiskundig begrip of één bepaalde vaardigheid (bijvoorbeeld optellen) te onderzoeken, zonder andere, (psycho)logisch zeer verwante concepten of vaardigheden in het onderzoek te betrekken. Bovendien bekeek men een bepaalde fase in deze ontwikkeling van dit begrip of deze vaardigheid, zonder oog te hebben voor de daaraan voorafgaande en de daaropvolgende fasen. Omwille van het groeiend inzicht dat dit soort geïsoleerde en kortlopende onderzoeken zowel vanuit theoretisch als vanuit praktisch oogpunt weinig perspectieven bieden, stappen steeds meer onderzoekers over op meer omvattende en meer langlopende studies waarin de ontwikkeling van netwerken van concepten en clusters van vaardigheden over meerdere jaren bestudeerd worden.

- 6 *Naar een methodologisch liberalisme*. De hierboven geschetste ontwikkelingen gaan noodgedwongen gepaard met belangrijke verschuivingen op methodologisch vlak. De meest in het oog springende verschuiving is ongetwijfeld de toenemende diversificatie en liberalisering inzake methoden van onderzoek, analyse en rapportering (in vergelijking met de strakke methodologische aanpak uit de klassieke empirisch-wetenschappelijke onderzoekstraditie).

Voorbeelden van methoden die de laatste jaren een grote opmars hebben gekend, zijn:

- klinische interviews, waarbij het verloop van het gesprek niet helemaal vooraf vastligt maar in belangrijke mate bepaald wordt door de antwoorden en reacties van de leerling (zie bijvoorbeeld Ginsburg, Kossan, Schwartz & Swanson, 1983);
- ethnografische methoden, waarmee vooral de sociale en culturele aspecten van wiskundig denken en handelen in kaart gebracht kunnen worden (zie bijvoorbeeld Eisenhart, 1988);
- microgenetische analyses van de ontwikkeling van wiskundige concepten en/of vaardigheden bij één enkel individu gedurende een lange periode (zie bijvoorbeeld Schoenfeld, Smith & Arcavi, ter perse);
- 'design experiments' waarin nieuwe instructiematerialen en/of -technieken ontwikkeld en geëvalueerd worden (zie bijvoorbeeld Steffe, 1991; Lampert, 1986).

We kunnen dus stellen dat de methodologische grenzen die twintig jaar geleden nog de diverse onderzoekstradities in verband met reken-wiskundeonderwijs scheidden, thans zoniet verdwenen dan toch sterk vervaagd zijn.

Betekent dit dat alle problemen op methodologisch vlak daarmee van de baan zijn? Helemaal niet. Immers, vanaf het moment dat onderzoekers de vertrouwde, geëffende methodologische paden verlieten en nieuwe wegen insloegen, stootten zij op allerlei (onvoorziene) problemen in verband met de verzameling, de analyse, de interpretatie en de rapporte-

ring van data, waarop de klassieke methodologische handboeken geen antwoord gaven, maar waarvoor zij toch een wetenschappelijk bevredigende oplossing wilden vinden. Het is dan ook niet zo verwonderlijk dat er de laatste tijd heel veel belangstelling bestaat voor deze methodologische kwesties. Een fraaie illustratie daarvan vormt een themanummer van 'The Journal of the Learning Sciences' (1992), waarin drie vooraanstaande onderzoekers - namelijk A. Schoenfeld, A. Brown en J. Saxe - de weg beschrijven die ze hebben afgelegd vanaf het moment dat ze tot het besef kwamen dat het arsenaal van onderzoeksmethoden en -technieken dat ze tijdens hun opleiding hadden meegekregen en dat ze tot dan toe met succes aangewend hadden, niet langer volstond voor de studie van de complexe fenomenen rond (wiskunde)leren en -onderwijzen waarin zij inmiddels geïnteresseerd geraakt waren.

- 7 *Aandacht voor nieuwe technologieën.* Vanaf de opkomst van de computer vormde 'wiskunde' de leermethode bij uitstek voor onderwijstechnologisch onderzoek- en ontwikkelingswerk. Denken we maar aan de vele computerprogramma's voor het leren van wiskundige basisvaardigheden - gaande van de simpele 'drill-and-practice'-programma's tot de zogeheten 'intelligente' tutoriale systemen - maar ook aan meer open, rijke leeromgevingen zoals 'LOGO'. Een groot probleem van deze computerprogramma's was, dat zij vrijwel allemaal uitgingen van ofwel een erg mechanistische ofwel een extreem constructivistische onderwijsleertheorie en bovendien vaak erg ver af stonden van het wiskunde-curriculum en de wiskundepraktijk. Vooral om die redenen kenden deze onderzoeksprogramma's een - op z'n zachtst gezegd - erg matig succes.

In het huidige onderzoek naar het gebruik van de nieuwe informatietechnologieën wordt veelal vertrokken van een geactualiseerde visie op wiskunde-leren en -onderwijzen en wordt er gezocht naar een stevige(r) verankering in de wiskundeleergangen, hetgeen tot optimisme stemt.

- 8 *Meer onderzoek over geavanceerde wiskundige topics.* Het overgrote deel van het onderzoek dat de voorbije decennia vanuit psychologisch en onderwijskundig perspectief op het vakgebied wiskunde is verricht, heeft betrekking op (zeer) elementaire leermethoden uit het basisonderwijs en de onderbouw van het secundair onderwijs. Wiskunde-leren en -onderwijzen op (meer) gevorderd niveau is tot nog toe beduidend minder aan bod gekomen. Gelukkig komt geleidelijk aan ook hierin verandering: als gevolg van de groeiende erkenning van 'Mathematics Education' als een aparte, gerespecteerde wetenschappelijke discipline, beginnen zich ook steeds meer mensen met een meer dan modale wiskundige achtergrond ernstig te verdiepen in het onderzoek van wiskunde-leren en -onderwijzen, met als gelukkig

neveneffect dat steeds vaker onderzoeksvragen aan-gepakt worden rond wiskundige topics die het terrein van de basisvaardigheden overstijgen.

- 9 *Toenemende interesse van onderzoekers voor de geschiedenis en de filosofie van het reken-wiskunde-onderwijs.* Tot voor kort bestond vooral bij de onderzoekers die vanuit een psychologisch of onderwijskundig perspectief actief waren op het terrein van 'Mathematics Education', weinig of geen belangstelling voor de geschiedenis en de filosofie van het reken-wiskundeonderwijs. Thans wordt daar in toenemende mate aandacht aan besteed. Steeds meer onderzoekers raken ervan overtuigd, dat in de geschiedenis van de wiskunde en van het wiskunde-onderwijs waardevolle aanknopingspunten en bouwstenen te vinden zijn voor de oplossing van de actuele problemen, of - zoals Streefland (1996) het in de titel van zijn bijdrage tot het laatste ICME congres mooi uitdrukte - 'Learning from history for teaching in the future'. Ook hebben steeds meer onderzoekers van wiskunde-leren en -onderwijzen behoefte aan een stevige (aan het vak gerelateerde) epistemologische basis, zoals die bijvoorbeeld gegeven wordt in Ernest's standaardwerk 'The philosophy of mathematics education' (1991).

- 10 *Toenemende belangstelling voor niet-Amerikaans onderzoek.* Terwijl het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van rekenen en wiskunde lange tijd in sterke mate gedomineerd werd door (Noord-)Amerikaanse onderzoekers, is er thans op dit punt een duidelijke kentering waar te nemen. Hoewel de invloed van Amerikaanse onderzoekers nog steeds (te) groot blijft, is de internationale belangstelling voor het werk van Europese (met name Nederlandse, Duitse, Franse ...) onderzoekers erg toegenomen en neemt geleidelijk aan ook de inbreng van niet-westerse onderzoekers tot de theorievorming en het onderzoek van wiskunde-leren en -onderwijzen toe.

4 Het Freudenthal instituut als expertisecentrum

Tot voor enkele jaren was het Freudenthal instituut niet zo bekend in de internationale kringen van psychologen en onderwijskundigen waarin ik vertoefde. Dat het instituut - hoewel het jarenlang op de meeste geschetste ontwikkelingen vooruitliep - in die kringen niet op de internationale belangstelling en erkenning kon rekenen die het verdiende, komt wellicht vooral doordat de meeste medewerkers van het Freudenthal instituut lange tijd resoluut 'de nationale kaart hebben getrokken'. De verbetering van het nationale reken-wiskundeonderwijs via een geïntegreerde aanpak van onderzoek, ontwikkeling en nascholing, daar was het de (meeste) Freu-

denthalers lange tijd in de eerste plaats om te doen. Het is pas met de systematische beschrijving van de realistische onderwijs- en testtheorie, met de articulatie en fundering van de bijbehorende methode van ontwikkelingsonderzoek, met de realisatie van enkele goede paradigmatische voorbeelden van deze theoretische en methodologische principes, en - last but not least - met de geïntensifieerde en gecoördineerde inspanningen om dit werk via internationale publikaties, congresbijdragen en samenwerking ook ruimere bekendheid te geven, dat het Freudenthal instituut de internationale faam heeft verworven die het thans bezit. Ik ben er fier op dat ik ook reeds 'in tempore non suspectu' - dat wil zeggen voor het Freudenthal instituut nationaal en internationaal als expertisecentrum werd erkend - mijn waardering voor het werk van het Freudenthal instituut nooit onder stoelen of banken heb gestoken.

Anderzijds heb ik natuurlijk ook bepaalde onvolkomenheden vastgesteld in en bepaalde vragen gesteld bij het werk dat hier de voorbije jaren heeft plaatsgevonden. Tot slot van deze bijdrage wil ik enkele van deze vragen - in de vorm van prioritaire aandachtspunten voor verder onderzoek - naar voren brengen.

Een eerste vraag heeft betrekking op de realistische theorie als zodanig. Wat houdt deze theorie precies in? Naarmate de verschuivingen in de visie op wiskundeonderwijs zich ook internationaal verder doorzetten en naarmate steeds meer andere onderzoekers hun eigen onderzoeks- en ontwikkelingswerk uitdrukkelijk binnen dit theoretisch kader situeren, valt het me steeds moeilijker om te zien waarin de realistische theorie zich onderscheidt van andere algemene en vakspecifieke theorieën van leren en onderwijzen. Verdere verfijning en profilering van deze theorie lijkt me een eerste noodzakelijke taak voor de (nabije) toekomst.

Een tweede vraag slaat op de relatie tussen theorie en empirie. Welke rol speelt empirisch onderzoek in de ontwikkeling van de realistische onderwijsleertheorie? Of concreter nog: aan welke kwaliteitseisen moet een of andere concrete uitwerking van de realistische theorie voldoen en welke empirische toetsingen moet die doorstaan hebben, om als een gevalideerde micro-theorie te kunnen worden geboekstaafd? Natuurlijk is dit geen simpel probleem waarmee het instituut alleen te kampen heeft en waarop snel een afdoend antwoord te geven is. Het is een fundamenteel methodologisch probleem voor elke onderzoeker die leeft in een (postmoderne) tijd waarin - zelfs binnen de zogenoemde positieve wetenschappen - het gevoel, de intuïtie en de eloquentie opeens belangrijk geworden zijn, en waar categorieën als schoonheid en impact worden ingeroepen om over waarheid te beslissen...

Een derde vraag houdt verband met de relatie tussen

theorie en praktijk, of - concreter uitgedrukt - met de problematiek van de vernieuwing van het reken-wiskundeonderwijs in Nederland (en daarbuiten). Als gevolg van jarenlange inspanningen op het terrein van opleiding, nascholing en begeleiding zijn er bij heel veel leerkrachten allerlei nieuwe opvattingen gegroeid over goed reken-wiskundeonderwijs in het algemeen en over het belang van 'eigen constructies', 'contexten', 'modellen', 'interactie', enzovoort in het bijzonder.

Nu blijken deze opvattingen vaak ongenueanceerd te zijn en in ieder geval behoorlijk af te wijken van wat de toonaangevende auteurs van de realistische onderwijsleertheorie daar (thans) onder verstaan. Dit verklaart wellicht mede waarom de tot nog toe verrichte evaluatiestudies niet altijd het verhoopte effect hebben opgeleverd. Voortgezet (ontwikkelings)onderzoek naar de rol van de leerkracht als sleutelvariabele in het vernieuwingsproces, lijkt me daarom ook een absolute prioriteit voor het instituut. Ik wens het Freudenthal instituut alle succes toe in z'n verdere onderzoeksactiviteiten op nationaal en internationaal vlak, en ik hoop deze activiteiten van even nabij te kunnen meemaken als ik dit de voorbije tien jaar heb mogen doen.

Noot

- 1 Lezing gehouden op de feestelijke opening van het Freudenthal instituut als 'Expertisecentrum reken-wiskundeonderwijs', 20 september 1996, Utrecht (Nederland).

Literatuur

- Bishop, A. (ed.). *International handbook of mathematics education*. Dordrecht: Kluwer.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal for the Learning Sciences*, 2, 141-178.
- Cobb, P. & H. Bauersfeld (eds.) (1995). *The emergence of mathematical meaning. Interaction in classroom cultures*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Davis, R.B. (1989). The culture of the mathematics classroom. *Journal of Mathematical Behavior*, 14(1), 143-160.
- Corte, E. de, B. Greer & L. Verschaffel (1996). Mathematics. In: D. Berliner & R. Calfee (eds.). *Handbook of Educational Psychology*. New York: MacMillan, 499-549.
- Jong, R. de & M. Wijers (1993). *Ontwikkelingsonderzoek*. Utrecht: Freudenthal instituut.
- Eisenhart, M.A. (1988). The ethnographic research tradition and mathematics education research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 99-114.
- Ernest, P. (1991). *The philosophy of mathematics education*. London: Falmer.
- Fischbein, A. (1990). Introduction. In: P. Nesher & J. Kilpatrick (eds.). *Mathematics and cognition. A research synthesis by the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1-13.
- Freudenthal, H. (1978). *Weeding and sowing*. Dordrecht: Reidel.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Ginsburg, H.P., N.E. Kossan, R. Schwartz & D. Swanson

- (1983). Protocol methods in research on mathematical thinking. In: H.P. Ginsburg (ed.), *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press, 7-47.
- Greeno, J.G., A.M. Collins & L. Resnick (1996). Cognition and learning. In: D. Berliner & R. Calfee (eds.), *Handbook of Educational Psychology*. New York: MacMillan, 15-46.
- Greer, B. & L. Verschaffel (1990). Mathematics as a proving ground for information-processing theories. *International Journal of Educational Research*, 14, 1-100.
- Grouws, D.A. (ed.) (1992). *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: MacMillan.
- Kilpatrick, J. (1992). A history of research in mathematics education. In: D.A. Grouws (ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: MacMillan, 3-38.
- Lampert, M. (1986). Knowing, doing and teaching multiplication. *Cognition and Instruction*, 3, 305-342.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for teaching mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Romberg, T.A. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. In: D.A. Grouws (ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: MacMillan, 49-64.
- Salomon, G. (1995). Reflections on the field of educational psychology by the outgoing journal editor. *Educational Psychologist*, 30, 105-108.
- Schoenfeld, A. (1992). On paradigms and methods: What do you do when the ones you know don't do what you want them to do? Issues in the analysis of data in the form of videotapes. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 179-214.
- Schoenfeld, A., J. Smith & A. Arcavi (in press). Learning: a microgenetic analysis of one student's evolving understanding of a complex subject-matter domain. In: R. Glaser (ed.), *Advances in instructional psychology. Vol 4*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schön, D.A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Steffe, L. (1991). The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. In: E. von Glasersfeld (ed.), *Radical constructivism in mathematics education*. Dordrecht: Kluwer, 177-194.
- Streefland, L. (1996). *Learning from history for teaching in the future*. Lecture held at ICME-8 in Sevilla, Spain, July 1996.
- Verschaffel, L. & B. van Oers (1986). Onderzoek voor het reken/wiskundeonderwijs. Verslag van een NVORWO-conferentie te Noordwijkerhout 23-24 mei 1985. *Pedagogische Studiën*, 63, 38-40.