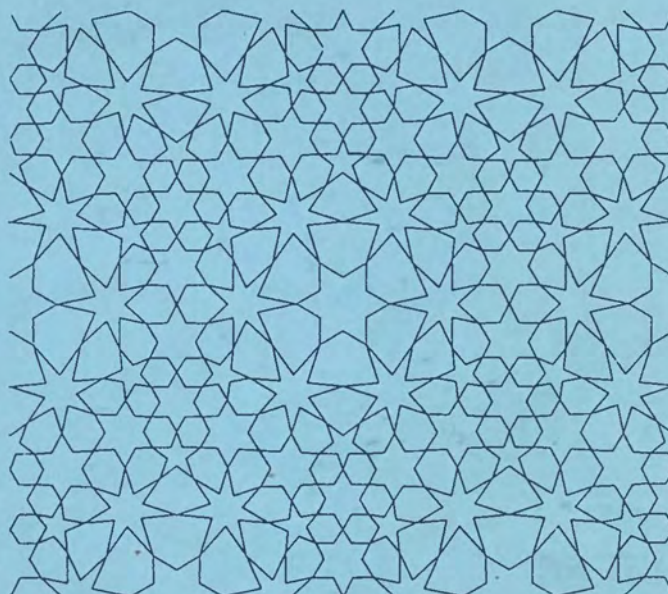


onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek



Werkgroep Ontwikkelingsonderzoek van de
NVORWO en NVvW

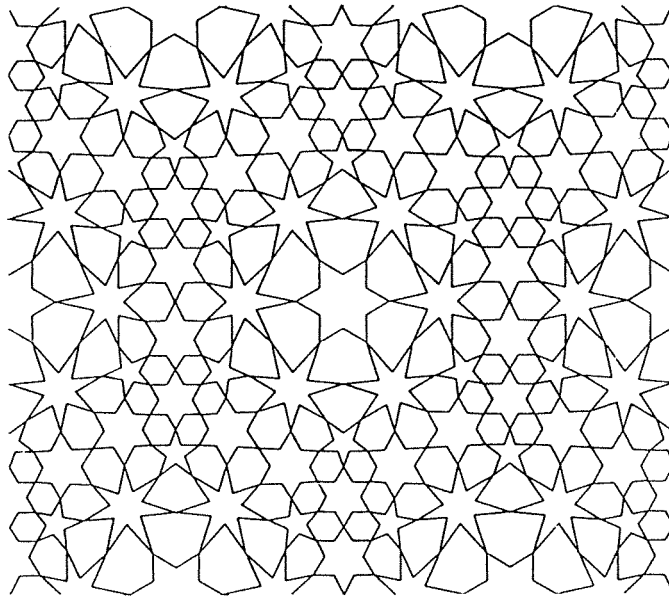
**K. Gravemeijer
K. Koster
(eds.)**

eindredactie: K. Gravemeijer en K. Koster
bureauredactie: M. Moonen
typewerk: M. Moonen, B. Dekker en E. Hanepen
vormgeving en realisatie: M. Moonen
druk: OMI Grafisch Bedrijf R.U. Utrecht

© 1988 vakgroep onderzoek wiskundeonderwijs & onderwijs computercentrum, ru utrecht

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de houder van het copyright.

onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek



Werkgroep Ontwikkelingsonderzoek van de
NVORWO en NVvW

**K. Gravemeijer
K. Koster
(eds.)**

INHOUD

Woord vooraf	
K. Gravemeijer/K. Koster	5
Aandeel meisjes in criminaliteit nauwelijks toegenomen	
R. Dekker	6
Ontwikkelingsonderzoek gerekonstrueerd	
H.A.A. van Eerde	8
Het spel of de knikkers	
B.P.M. Creemers/W.Th.J.G. Hoebe	20
Onderwijs en ontwikkeling als leerproces	
B. van Oers	37
Ontwikkelingsonderzoek	
H. Freudenthal	49
Een voorbeeld van ontwikkelingsonderzoek - breuken	
L. Streefland	55
Onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek in en na het PLON	
P.L. Lijnse	68
Ontwerptechnologie: van idee naar effect	
W.J. Nijhof	77
Educatief ontwerpen	
F. Goffree/H. Stroomberg	87
Een realistisch researchprogramma?	
K. Gravemeijer	106

Woord vooraf

De in 1984 ingestelde 'Werkgroep Ontwikkeling Onderzoek' van de Nederlandse Vereniging tot Ontwikkeling van het Reken/Wiskunde Onderwijs (NVORWO) en de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren (NVvW) vormt een ontmoetingspunt voor onderzoekers op het terrein van het reken/wiskundeonderwijs. In de loop der jaren heeft zich een traditie gevormd van een jaarlijkse onderzoeksconferentie. Op de conferentie van medio 1987 stond de relatie tussen ontwikkeling en onderzoek centraal.

Zowel algemeen onderwijskundigen als meer vakspecifiek georiënteerde onderzoekers kwamen aan het woord. Daar zo een breed spectrum van opvattingen over de relatie tussen onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek voor het voetlicht gebracht werd, leek het een goede zaak de conferentiebijdragen te bundelen. We zullen de verschillende bijdragen kort typeren.

Van Eerde laat zien welke invullingen er zoal aan het begrip 'ontwikkelingsonderzoek' gegeven worden. Aan de hand van een voorbeeld (het Kwantiwijzer-project) laat zij zien welke bijdrage reconstructieonderzoek kan leveren.

Creemers en Hoeben beklemtonen de positie van evaluatieonderzoek binnen het curriculumonderzoek. Via implementatie en evaluatieonderzoek zou kennis beschikbaar kunnen komen die curriculumontwikkelaars kunnen toepassen.

Van Oers signaleert het dilemma dat ontstaat bij het gelijktijdig willen nastreven van praktijk- en theorieontwikkeling. Ontwikkelingsonderzoek zou een uitweg kunnen bieden. Zijn bijdrage richt zich op een nadere doordenking van een hierbij passende onderzoeksstrategie.

Freudenthal constateert dat het idee van ontwikkelingsonderzoek als bijproduct van onderwijsontwikkeling te mager is en hij beschrijft de geïntegreerde vorm van ontwikkeling en onderzoek als een cyclisch proces.

Streefland en Lijnse presenteren voorbeelden van ontwikkelingsonderzoek respectievelijk op het gebied van de breuken/verhoudingen en van het natuurkundeonderwijs.

Nijhof benadert curriculumontwikkeling vanuit het gezichtspunt van de ontwerptechnologie en hij beschrijft een aantal beproefde ontwerpstrategieën.

De bijdrage van Goffree en Stroomberg vormt de neerslag van een practicum rond het idee van een 'handelingsondersteuningssysteem', een soort gecomputeerde kennisbank voor leraren. Dit wordt toegelicht met onderwijsactiviteiten rond negatieve getallen als voorbeeld.

Het artikel van Gravemeijer betreft een bijdrage aan de onderzoeksconferentie van 1986. Hier wordt betoogd dat de discussies tussen curriculumonderzoekers en curriculumontwikkelaars over onderzoeksmethoden en resultaten begrepen kunnen worden tegen de achtergrond van een verschil in wetenschapsopvattingen.

Het leek ons tenslotte een aardig idee de bundel te openen met de notitie van R. Dekker bij een 'ontwikkelopdracht' die Treffers als intermezzo op de conferentie presenteerde. Dit voorbeeldje geeft een goede indruk van het complexe karakter van het ontwikkelen van wiskundeonderwijs.

K. Gravemeijer
K. Koster

Aandeel meisjes in criminaliteit nauwelijks toegenomen

R. Dekker, VOU, RU Utrecht

Een krantebericht:

Aandeel meisjes in criminaliteit neemt met 30 procent toe

Van onze verslaggever
DEN HAAG — Meisjes tussen twaalf en achttien jaar hebben de criminaliteitscurve de laatste jaren doen stijgen. Het aantal jongens van die leeftijd dat zich schuldig maakte aan strafbaar gedrag is tussen 1980 en 1985 nauwelijks gestegen. Voor meisjes werd een toename van 30 procent geconstateerd.

Bij crimineel gedrag dat bij de politie bekend werd, stond in 1980 één meisje tegenover negen jongens. Vijf jaar later bleek dat één op zeven te zijn. Staatsse-

cretaris Korte-Van Hemel van Justitie noemde deze cijfers donderdag tijdens een studiedag over bestuurlijke preventie van criminaliteit.

Ook de resultaten van recent onderzoek van het WODC, het onderzoeksinstituut van het ministerie van Justitie, wijzen op toenemend strafbaar gedrag van meisjes. Aan jongeren werd een lijst voorgelegd van tien delicten, met de vraag of zij zich daaraan het afgelopen jaar hadden schuldig gemaakt. Zwart rijden in tram en bus scoorde het hoogst. Op de vraag naar het plegen van

winkeldiefstal werd door 17 procent van de jongeren uit de grote steden bevestigend geantwoord. In kleine plaatsen lag dit percentage de helft lager. Meisjes maken zicheven vaak als jongens aan winkeldiefstal schuldig.

Preventie van criminaliteit betekent volgens de staatssecretaris vooral het tegengaan van jeugdcriminaliteit. „Voorkomen moet worden dat de jeugd afglijdt naar vormen van wangedrag die voor onze samenleving onaanvaardbaar zijn”, aldus Korte-Van Hemel.

Ik reken: in 1980 één meisje tegenover negen jongens, dus een tiende deel van de criminele jeugd bestond uit meisjes. Vijf jaar later bleek dat één op zeven te zijn, dus toen bestond een achtste deel van de criminele jeugd uit meisjes. Van een tiende naar een achtste, dat is een toename van 25 procent dus die kop die klopt niet.

Ik kijk rond in m'n groepje. Links zit Joop van Dormolen, 30 procent heeft hij. M'n buurman rechts, Hans Freudenthal, geeft hem ongezien gelijk.

Eén meisje tegenover 2 jongens.

Joop zegt dat je van het aantal jongens uit moet gaan. Dat blijft constant is er gegeven. Het aantal meisjes dat crimineel is, is in 1980 een negende van dat constante aantal en in 1985 een zevende en dat is een toename van ongeveer 30 procent.

Ik bekijk het relatief, volgens hem. Ik kijk binnen de groep criminelen, maar het aantal criminelen blijft niet constant.

Geen vast punt dus en dat mag niet.

Maar de verkiezingen dan, breng ik in. Daar kijken ze toch ook binnen de groep stemmers en die is ook niet constant. Daar heb je helemaal geen vast punt. Daar tellen alleen de onderlinge verhoudingen. Maar tegelijk bedenk ik me dat toename dan ook anders uitgedrukt wordt. Van 10 procent naar 12,5 procent betekent in verkiezingstermen een winst van 2,5 procent en niet van 25 procent. Maar dat komt weer omdat je daar over toename van percentages praat en niet over procentuele toename van aantallen.

Toch niet helemaal zeker besluit ik er nog even rustig over na te denken, buiten m'n groepje.

...

Volgens mij heb ik gelijk. Ik bedoel dat die kop niet klopt. In het artikel gaat het over de criminaliteitscurve die gestegen is doordat het aantal criminele meisjes is toegenomen. Die toename is inderdaad 30 procent als je Joop's uitleg zelf nog even narekent.

Maar de kop suggereert iets anders. Daar staat 'aandeel meisjes in criminaliteit' en dat lijkt toch veel meer op 'het deel meisjes binnen de groep criminelen'. Dat deel was een tiende en wordt een achtste. Of, om het maar even helemaal in procenten te zeggen, stijgt van 10

procent naar 12,5 procent. Een toename van slechts 2,5 procent dus.

Dat is haast niks!

Welke krant was dat eigenlijk?

Het voorgaande krantebericht - het was de Volkskrant van 27 maart 1987 - diende als intermezzo om aan de inhoud van een concreet voorbeeld na te gaan hoe je zou moeten ontwikkelen en onderzoeken. Om te beginnen moeten we eerst het probleem zelf proberen op te lossen. De verschillende oplossingsprocessen (en in dit geval zelfs de verschillende oplossingen!) geven een eerste indicatie op welke problemen we zullen stuiten en welke mogelijkheden er zijn om onderwijs te maken. In het verslag van Rijkje Dekker komt een en ander glashelder naar voren. Maar dan wel op een hoog niveau. In de onderwijspraktijk einde basisschool of begin voortgezet onderwijs zijn nog tal van andere problemen te verwachten, bijvoorbeeld de omzetting van breuken in kommagetallen en procenten, de noodzaak van het rekenen met percentages van een constante grootte en zo meer. Het concrete onderwijsexperiment levert derhalve vervolgens nieuwe ideeën over het samenstellen van een serie lessen met een dergelijk probleem als uitgangspunt.

Algemeen geldt voor ontwikkelingsonderzoek (denk aan cijferen of breuken of een andere leergang) dat de ideeën van leerlingen en hun eigen producties benut worden om leergangen samen te stellen. Uit de veelheid van voorstellen die leerlingen doen wordt steeds gekozen wat het beste past, dat wil zeggen vooruitwijst op het onderwijs-leerproces. Op deze manier oefenen de leerlingen met hun leerprocessen dus een beslissende invloed uit op de ontwikkeling van de leergang. Anders gezegd: ontwikkeling van onderwijs en onderzoek van leerprocessen gaan hier hand in hand. Of nog anders gesteld: ontwikkeling van het prototype van een leergang geschiedt in een proefsituatie waarin de constructies en producties van kinderen nauwgezet worden bestudeerd en als aangrijpingspunt dienen voor verdere ontwikkeling en deze cyclus wordt steeds weer doorlopen. Zo'n leergang wordt dan vervolgens 'vastgesteld' in potentieel onderwijs dat neergeslagen wordt in een leerboek met bijbehorende handleiding en is zodoende reconstrueerbaar voor leerlingen en leraren buiten de proefsituatie.

Voorbeelden van dergelijk realistisch en constructief onderwijs vinden we in verschillende leergangen van het basisonderwijs, namelijk rekenen onder de 20, onder de 100, tafels, cijferend optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen, breuken, oppervlakte, onderdelen van de meetkunde. Maar zowel in het basisonderwijs als het voortgezet onderwijs is thans nog heel wat in ontwikkeling, zowel internationaal als nationaal.

Ontwikkelingsonderzoek gerekonstrueerd

H.A.A. van Eerde, Kwantiwijzerproject, Erasmusuniversiteit Rotterdam

Inleiding

In deze bijdrage wordt een verband gelegd tussen ontwikkelingsonderzoek en rekonstruktieonderzoek.

Er wordt eerst een overzicht gegeven van verschillende opvattingen over ontwikkelingsonderzoek, waarna enkele kenmerken worden genoemd die deze opvattingen gemeen hebben. Vervolgens wordt ingegaan op de theorievorming in ontwikkelingsonderzoek en op de bijdrage die rekonstruktieonderzoek daaraan volgens Terwel kan leveren.

Hierna worden de ideeën van Hetebrij over rekonstruktieonderzoek geschetst. Ter illustratie van zijn werk op dit gebied worden de resultaten van het rekonstruktieonderzoek van het Kwantiwijzerproject samengevat. Het gaat hierbij om een samenvatting van een beschrijvende studie van het project in vijf fasen gevolgd door de belangrijkste konklusie van het rekonstruktieonderzoek.

Tenslotte wordt ingegaan op de vraag welke bijdrage rekonstruktieonderzoek kan leveren aan ontwikkelingsonderzoek als onderzoeksbenadering in wording.

In een afsluitende paragraaf kijkt een onderzoeker wier onderzoek gerekonstrueerd werd terug op de resultaten van de rekonstruktie.

1 Overzicht van opvattingen

Het begrip ontwikkelingsonderzoek stamt uit de tweede helft van de jaren zeventig en wordt sindsdien steeds frequenter gebruikt voor het aanduiden van vakdidactisch georiënteerd onderzoek met de nadruk op de ontwikkeling van onderwijsmaterialen.

Goffree(1979) introduceert in zijn proefschrift het begrip onderwijsontwikkelingsonderzoek; in een latere publikatie spreekt Goffree (1985) van Ontwikkelingsonderzoek. Goffree doelt hiermee op onderzoek met een sterke ontwikkelingscomponent, waarvan de onderzoeksresultaten direkt ten goede komen aan de voortgaande leerplanontwikkeling en direkt toepasbaar zijn in de praktijk. De onderzoeksproblematiek komt voort uit het ontwikkelwerk zelf, en moet ook daarbinnen nader gespecificeerd worden. Problemen die niet louter door ontwerpwerk kunnen worden opgelost resulteren in onderzoeksvragen.

De onderzoeker heeft een ontwikkeldeskundigheid en de ontwikkelaar een onderzoeksdeskundigheid, soms zijn de onderzoeker en de ontwikkelaar in één persoon verenigd. (Goffree, 1985)

Het werk van het IOWO wordt door Freudenthal als volgt gekarakteriseerd: "Onderwijsontwikkeling nu, zoals onder meer door het IOWO begrepen, had en heeft plaats *in* het veld, *met* het veld, *voor* het veld, aanvankelijk naïef experimenteel, maar naarmate problemen zich voordoen, kleine en grote, incidentele en fundamentele, telkens onderbroken en opnieuw gestuurd door onderzoek, dat op den duur een steeds omvangrijker plaats opeist in de onderwijsontwikkeling, echter zonder er van los te raken. Het blijft derhalve, hoe ver ook gevorderd, onderzoek *in* het veld, *met* het veld, *voor* het veld". (1980, p.59).

Freudenthal is van mening dat dit soort onderzoek zeker tot theorievorming zou moeten leiden omdat het anders de naam onderzoek niet verdient.

Deze theorie kan zowel van formele aard zijn (omtrent onderwijs-ontwikkeling en onderzoek in onderwijs) als ook theorie zijn omtrent meer algemene inhouden van onderwijs-ontwikkeling en onderzoek in het onderwijs (Freudenthal, 1980). Het begrip lijkt nauw verbonden met het vakgebied rekenen/wiskunde en in het bijzonder met dat van IOWO. Maar in dezelfde periode wordt het ook door Carpay (1975) gebruikt in de kontekst van het moderne talenonderwijs. Carpay vat leergangontwikkeling op als een vorm van ontwikkelingsonderzoek, dat een

interdisciplinair en probleemgericht karakter heeft. In aansluiting bij een analyse van problemen van leraren en leerlingen in de praktijk van alle dag wordt in nauwe samenwerking tussen theoretici en practici geprobeerd een oplossing te ontwikkelen. Daarbij worden kwalitatieve en kwantitatieve methoden toegepast.

Ook Nelissen (1983) gaat in op de aard en betekenis van ontwikkelingsonderzoek. Hij typeert het werk van het Utrechtse Schooladvies Centrum op het gebied van reken/wiskundeonderwijs als volgt: een onderwijsvernieuwingsexperiment werd uitgebouwd tot een ontwikkelingsonderzoek met als doel een bijdrage te leveren aan de formulering van een onderwijspsychologisch gefundeerde theorie van het reken/wiskundeonderwijs. In nauwe samenhang met de ontwikkeling van een betere theorie werd tevens beoogd het tot stand brengen van een betere onderwijspraktijk. Het ontwikkelingsonderzoek werd dus niet afgesloten met de rapportage van de toetsing van een hypothese. Integendeel, de in elke periode opgedane ervaring en de verzamelde gegevens waren telkens aanleiding tot verbetering van de praktijk en tot verdere ontwikkeling van de theorie. Er was dus sprake van een cyclisch en continu veranderingsproces.

In het project werd zo veel mogelijk gestreefd naar ecologische validiteit, door uit te gaan van praktijkproblemen. Daardoor kon niet gewerkt worden vanuit geïsoleerde deeltheorieën of disciplines, maar vanuit een holistische visie op onderwijs. (Nelissen, 1983)

Terwel (1984) gaat in zijn proefschrift na in hoeverre diverse onderzoeksbenaderingen bouwstenen voor ontwikkelingsonderzoek kunnen leveren. Hij noemt daarbij onder andere evaluatieonderzoek, en het (onderwijs)ontwikkelingsonderzoek van het IOWO en dat van Carpay. Bij een vergelijking van deze benaderingen signaleert Terwel een opmerkelijk onderscheid tussen enerzijds naturalistische en evaluatie-onderzoeken die vooral gericht zijn op het beschrijven van en verklaren van wat is, en anderzijds de overige benaderingen die zich ook bezig houden met de vraag wat zou kunnen en moeten zijn.

Terwel komt op grond van zijn analyses tot een volgende omschrijving:

"Ontwikkelingsonderzoek is een vorm van onderzoek, gericht op het leveren van een directe bijdrage aan de ontwikkeling van onderwijs. Zo'n onderzoek is naar mijn opvatting probleemgericht, interdisciplinair en gelieerd aan ontwikkelingswerk. De opzet en uitvoering komen tot stand in nauwe samenwerking tussen beroepsbeoefenaars uit de wetenschappelijke sector en uit het onderwijsveld." (Terwel, 1984, p.137)

In 1984 wordt binnen de Nederlandse Vereniging tot Ontwikkeling van het Reken/wiskunde Onderwijs een werkgroep "Ontwikkelingsonderzoek" in het leven geroepen. In een verslag van de eerste conferentie van deze werkgroep schrijven Verschaffel en Van Oers (1986):

"Ontwikkelingsonderzoek: onderzoek dóór feitelijke verandering van de bestaande onderwijspraktijk. Kenmerkend daarbij is dat het onderzoeksresultaat zelf een veranderde praktijk is en niet slechts kennis ten behoeve van verandering van die praktijk.

De grotere complexiteit van dit soort onderzoek dwingt op verscheidene momenten evenwel tot theoretisch onderzoek en tot constaterend of descriptief (vaak ook meer detaillistisch onderzoek), maar ook dit onderzoek is dan niet zozeer gericht op puur methodologische kwesties of toetsing van theoretische modellen, maar op het oplossen van vragen en problemen die rijzen bij het ontwikkelingsonderzoek." (Verschaffel en Van Oers, 1986, p.38)

Alhoewel er verschillen bestaan tussen de diverse omschrijvingen en de mate van uitvoerigheid en detaillering waarmee de diverse auteurs de aard en kenmerken van dit soort onderzoek omschrijven verschilt, zien wij ook enkele gemeenschappelijke kenmerken:

- Directe bijdrage aan verbetering van de praktijk
- Sterke nadruk op de vakinhoud
- Belang van de relatie tussen theorie en praktijk
- Diverse methoden van onderzoek zijn inzetbaar
- Samenwerking tussen onderzoekers/ontwikkelaars en praktijkmensen
- Er is sprake van een cyclisch proces.

2 Theorie en praktijk: praktijktheorie

Wanneer we de verschillende opvattingen over ontwikkelingsonderzoek bekijken zien we dat deze geformuleerd worden naar aanleiding van onderzoek dat reeds grotendeels uitgevoerd is, of in elk geval al geruime tijd loopt. Er is nooit sprake van kortlopend onderzoek of onderzoek dat al is afgerond. Dit geldt ook voor theorievorming in dit soort onderzoek. Theorieën worden niet vooraf geformuleerd en vervolgens getoetst, maar theorievorming vindt plaats tijdens het onderzoek en ontwikkelingswerk en in nauwe samenhang met de praktijk. (Wardekker, 1981) Theorieën worden gaandeweg geconstrueerd en deels ook achteraf geëxpliceerd.

Terwel (1984) schrijft dat de kern van theorievorming ligt in het formuleren van de veronderstelde verbanden in het curriculum en de toetsing hiervan in de praktijk. Er is sprake van een werktheorie of praktijktheorie, waarbij praktijkverbetering plaatsvindt in samenwerking met theorievorming.

Hierbij staan enkele werkhypothesen centraal, die aanvankelijk globaal zijn, en gaandeweg scherper geformuleerd zullen worden.

Om nu de relatie met het theoretisch kader te kunnen verzekeren moeten de onderzoekers aldus Terwel (1984) rekonstrukties kunnen (laten) uitvoeren. Daarbij moeten de vooronderstellingen en theoretische noties van de leerplanontwikkelaars als het ware gereconstrueerd worden. "Het gaat dan om het achterhalen van theoretische noties en veronderstellingen die de ontwikkelaars 'voor ogen stonden' toen ze de leergang maakten." (Terwel, 1985, p.187)

Een dergelijke rekonstructie is uitgevoerd in het Kwantiwijzerproject. Dit rekonstructieonderzoek verschilt enigszins van de opvatting die Terwel daarover heeft. Het lijkt echter de moeite waard op dit onderzoek in te gaan om na te gaan in hoeverre dergelijke rekonstrukties van betekenis kunnen zijn voor (ontwikkelings-)onderzoek.

3 Rekonstructieonderzoek

In de sociale wetenschappen is geen sprake van een sterke programmering van onderzoek. Alhoewel er de afgelopen jaren verschillende initiatieven zijn ondernomen om deze situatie te verbeteren (denk bijvoorbeeld aan het oprichten van de Onderwijs Temagroepen binnen de Vereniging voor Onderwijs Research) is er nog steeds sprake van een verbrokken beeld.

Om een bijdrage te verlenen aan de verbetering van deze situatie heeft M. Hetebrij, verbonden als methodoloog aan de vakgroep Onderwijskunde van de V.U. te Amsterdam, het initiatief genomen tot de uitvoering van zogenaamde rekonstructieonderzoeken. Hetebrij (1983) acht het de taak van de methodoloog om in bestaand onderzoek aanzetten tot researchprogramma's te identificeren en rekonstrueren en vervolgens konstruerend mee te werken aan de ontwikkeling van dergelijke programma's.

Rekonstructieonderzoek zoals bedoeld door Hetebrij verschilt in doelstelling, rolverdeling en intensiteit van het rekonstructieonderzoek dat Terwel voor ogen heeft.

Bij Terwel gaat het vooral om een explicitering van theoretische noties en verwachtingen, en het bijstellen, aanvullen en verbeteren van het curriculum. Hetebrij onderschrijft deze doelstelling maar wil de resultaten van rekonstructieonderzoek vooral gebruiken voor de ontwikkeling van researchprogramma's. Daarnaast gaat het bij Terwel om een rekonstructie van theoretische noties van de ontwikkelaars, uitgevoerd door onderzoekers die ook participeerden in het ontwikkelingsonderzoek. Hetebrij voert rekonstrukties van onderzoeken uit waarbij hij zelf niet betrokken is geweest.

Tenslotte is de intensiteit van de rekonstrukties die Hetebrij uitvoert groter dan bij het soort rekonstructie dat Terwel voor ogen heeft.

Een van de rekonstructieonderzoeken van Hetebrij betreft het Kwantiwijzerproject. De centrale vraagstelling van dit onderzoek is: in hoeverre is het Kwantiwijzerproject op te vatten als een researchprogramma binnen de cultuurhistorische school? En kunnen elementen daarvan worden gebruikt voor een researchprogramma voor de vakgroep onderwijskunde van de V.U.?

Dit rekonstructieonderzoek baseert Hetebrij op zijn methodologische theorie die hij op basis van de ideeën van Lakatos heeft ontwikkeld. Hetebrij (1983) onderscheidt hierbij drie lagen

binnen de methodologie:

1. **empirisch onderzoek:** het verzamelen en interpreteren van gegevens, en het ontwikkelen en toetsen van theorieën door confrontatie met deze gegevens.
2. **researchprogramma's:** hiervoor zijn nodig noties op wetenschapstraditioneel nivo die als theoretisch en methodisch kader voor empirisch onderzoek kunnen dienen.
3. **wetenschapstradities:** theoretische en wijsgerige discussies over de aard van het onderzoeksobject en van wetenschap, en de relatie daartussen.

Wanneer de eerste en derde laag gescheiden blijven levert dit doorgaans weinig op. Kennisgroei ontstaat pas wanneer er researchprogramma's komen die empirisch onderzoek met wetenschap verbinden. (Hetebrij, 1983)

Weliswaar is het reconstructieonderzoek van het Kwantiwijzerproject nog niet afgerond maar er zijn al enkele voorlopige konklusies getrokken. Niet alleen deze konklusies kunnen een bijdrage leveren aan de discussie over ontwikkelingsonderzoek. Ook een reflectie over het tot nu toe uitgevoerde rekonstruktieonderzoek kan daaraan bijdragen.

Voordat wij echter ingaan op de resultaten van de uitgevoerde rekonstruktie geven wij eerst een kort overzicht van het Kwantiwijzerproject.

4 Overzicht Kwantiwijzerproject

Als eerste verslag van de rekonstruktie verscheen een beschrijvende studie. (De Vries, 1985). Hierbij wordt een indeling in fasen gemaakt, waarbij per fase achtereenvolgens beschreven worden: Doel en fasering, produkten, instrumentontwikkeling en theorie-ontwikkeling.

Het zou te ver voeren om van elke fase al deze aspecten kort te belichten en dat is in deze kontekst ook niet de bedoeling. Het gaat er slechts om een indruk te geven van de grote lijn en de koerswijzigingen die daarin plaatsvonden. Per fase wordt hierna het centrale doel geschetst, aan de hand van voorbeelden worden enkele ontwikkel- en onderzoekswerkzaamheden belicht, en de belangrijkste konklusies genoemd.

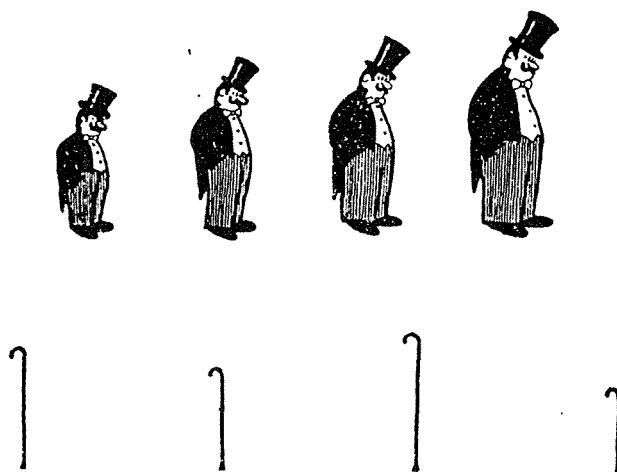
fase 1: juli 1975 tot januari 1977.

Doel: itemverzameling opbouw rond ontwikkelings-psychologische voorwaarden en getalbegrip. De eerste itembank van de Kwantiwijzer omvatte opgaven rond: klassificeren, seriëren, conserveren, getallen, meten en ruimtelijke oriëntatie. Bronnen waren de literatuur over ontwikkelingspsychologische voorwaarden, ideeën van het IOWO, en Sovjetpsychologische literatuur. In figuur 1 staat een voorbeeld van een item uit het onderdeel seriatie.

De items werden enkele malen voorgelegd aan eenzelfde groep kinderen (kleuters, eerste en tweede klassers) om een beeld te krijgen van de individuele ontwikkeling en mogelijke oorzaken van stagnaties op het spoor te komen.

Konklusies:

- De items geven onvoldoende informatie over de oorzaken van stagnaties bij het rekenen. Er moeten andere opgaven worden toegevoegd.
- Onderzoek is nodig naar de rekenhandelingen van kinderen in de eerste klassen van de lagere school.
- Onderzoek is nodig naar de relatie tussen de bestaande Kwantiwijzeritems, het rekenen op school en enkele algemene cognitieve vaardigheden.



figuur 1: welke wandelstok bij
welk mannetje?

Er is sprake van een inzetende koerswijziging: nog wel aandacht voor ontwikkelingspsychologische voorwaarden maar ook voor algemene cognitieve vaardigheden en het rekenen in de eerste klassen.

Fase 2: januari 1977 tot januari 1978.

Doel: verbetering van de bestaande items en aanvulling met items met rekenopgaven en opgaven rond algemene cognitieve vaardigheden.

De items rond algemene cognitieve vaardigheden hadden betrekking op abstraheren en het vinden van de regel (volgens welke reeksen geometrische figuren waren opgebouwd). De items rond rekenhandelingen betroffen het optellen en aftrekken tot honderd. (zie figuur 2). De kinderen werd gevraagd deze uit te rekenen en vervolgens te vertellen hoe ze dit gedaan hadden. Alle in de itembank opgenomen opgaven werden voorgelegd aan een groep kleuters, eerste en tweede klassers. De resultaten gaven geen duidelijk beeld van de samenhang tussen de Kwantiwijzeritems, het onderdeel rekenhandelingen en de onderdelen rond cognitieve vaardigheden. Zo bleek bijvoorbeeld dat bepaalde kinderen goed konden rekenen maar nog niet konserveerden.

Konklusies:

- De samenhang tussen ontwikkelingspsychologische voorwaarden rekenen en algemene cognitieve vaardigheden is niet eenduidig.
- De bestaande items moeten worden aangevuld om de aard en oorzaken van stagnaties bij het rekenen te verhelderen. Daarvoor moeten meer klinische onderzoeken worden uitgevoerd.

Koerswijziging: de aandacht werd in het geheel verplaatst van ontwikkelingspsychologische voorwaarden naar (reken-)handelingen die van belang zijn voor het leren optellen en aftrekken.

13 + 9 =	13 - 8 =
15 + 6 =	15 - 6 =
19 + 4 =	13 - 7 =
18 + 7 =	17 - 9 =
16 + 6 =	14 - 5 =
68 + 8 =	84 - 6 =
89 + 6 =	46 - 7 =
58 + 4 =	62 - 4 =
44 + 7 =	71 - 2 =
32 + 9 =	58 - 9 =
38 + 20 =	97 - 22 =
73 + 23 =	78 - 28 =
65 + 32 =	46 - 30 =
66 + 21 =	89 - 43 =
33 + 46 =	55 - 32 =
37 + 26 =	46 - 27 =
59 + 24 =	58 - 19 =
33 + 59 =	62 - 27 =
37 + 49 =	54 - 39 =
46 + 36 =	86 - 48 =

figuur 2: een stuk uit "Rekenhandelingen", itembank maart 1977.

Fase 3: januari 1978 tot januari 1979

Doel: het ontwikkelen van een theorie over het proces van het leren optellen en aftrekken en het opstellen van een eerste eksperimentele versie van het instrumentarium.

De nadruk komt nu op de uitvoering en analyse van klinische onderzoeken. Dit leidt enerzijds tot de ontwikkeling van allerlei nieuwe opgaven. In figuur 3 staat een voorbeeld van de manier waarop startend vanuit gangbare opgaven (stipsommen) nieuwe diagnostische opgaven tot stand kwam.

In samenhang met de ontwikkeling van nieuwe opgaven vindt ontwikkeling van theorie over leren optellen en aftrekken plaats. In deze theorie worden vakinhoudelijke en leertheoretische componenten geëxpliciteerd en geïntegreerd.

Aan het eind van deze fase verschijnt de eerste eksperimentele versie van het Kwantiwijzerinstrumentarium. Hierbij is bij elke groep opgaven (Tema) een instructie voor de diagnosticus opgenomen en een protocolformulier om observaties te noteren. Informatie over de volgorde waarin opgaven kunnen worden afgenomen ontbreekt nog.

Konklusies:

- er moet onderzoek gedaan worden naar de relaties tussen diverse rekenhandelingen onder meer om vast te stellen in welke volgorde de Kwantiwijzeropgaven moeten worden afgenomen.
- de overdraagbaarheid van het instrumentarium moet onderzocht worden.

1. Variaties op stipssommen
 $9 \square 3 = 6$ $8 = 3 \square 5$
kinderen reageren bijv. als volgt $8 = 3 \square 5$
2. Meer minder relaties in opgaven
 $23 + 58 = \square$: wat is meer 23 of $\square$, weet je dat zonder rekenen?
Kinderen gaan toch rekenen.
 $146 = 65 + \square$ wat is meer 146 of $\square$?
Kinderen zeggen: "65 want dat staat achter het = teken".
Daarom → meer aandacht aan analyseren van formulesommen.
Bijvoorbeeld $\square + 3 = \square$. Wat is meer?
Kinderen vullen bijv. getallen in:
 $\square + 3 = \square$, dus 4 meer.
Daarom géén getallen gegeven ($\square + \square = \square$)
en later getallen vervangen door vlekken om ontbreken van getallen te verklaren. ($\blacksquare + \blacksquare = \blacksquare$)

figuur 3: ontwikkeling van opgaven, een voorbeeld

Fase 4: januari 1979 tot januari 1981.

Doel: nagaan in hoeverre het instrumentarium overdraagbaar is naar toekomstige gebruikers en het uitbouwen van theorie over leren rekenen.

Er wordt een onderzoek gedaan naar de samenhang tussen handelingen uit de resultaten van dit (leercomponenten) onderzoek. Er blijkt dat slechts in een deel van de gevallen sprake is van hiërarchische relaties tussen handelingen. Allerlei groepen handelingen blijken naast elkaar, parallel, tot ontwikkeling te komen. Op basis van deze resultaten worden zogenaamde zoekschema's opgesteld die als ondersteuning dienen bij de keuze van Tema's uit het instrumentarium (zie figuur 4).

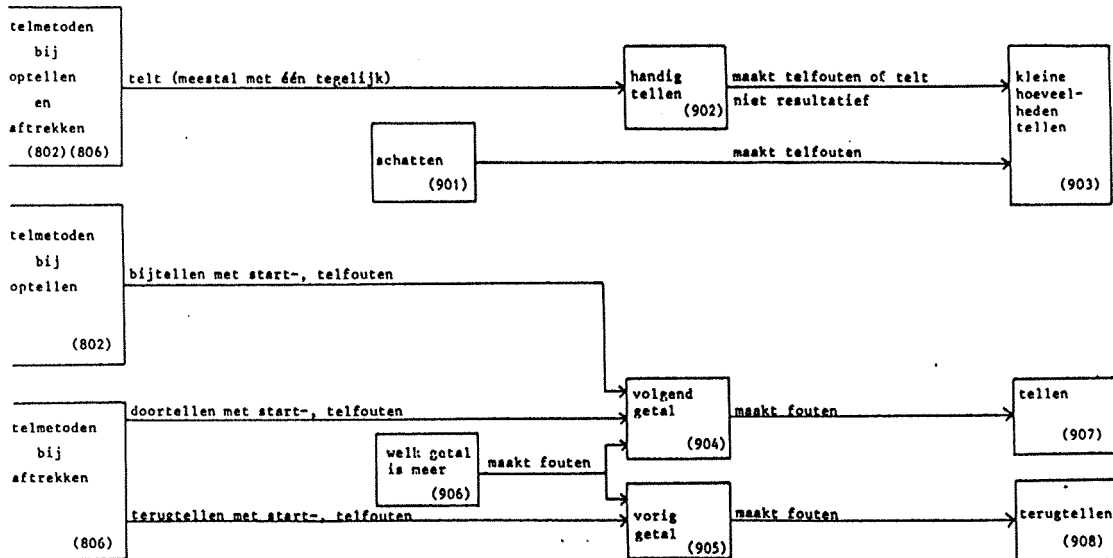
De overdraagbaarheid van de Kwantiwijzer wordt onderzocht door schoolbegeleiders met het instrument te laten werken. Uit dit onderzoek blijkt ondermeer dat het instrument op tal van punten nog moeilijk hanteerbaar is en dat het instrument een beroep doet op kennis (over het proces van het leren rekenen) en vaardigheden (zoals observeren en vragen stellen) waarover schoolbegeleiders onvoldoende beschikken. Daarom worden de Tema's aangevuld met zogenaamde Tematieken waarin ondermeer reken-leertheorie geëxpliceerd wordt, waarin wordt aangegeven welke handelingen men zoal kan observeren en welke typische fouten. Tevens wordt gestart met het beschrijven van de diagnostische werkwijze die de Kwantiwijzer beoogt. Tenslotte vindt verdere structurering van Tema's in Temagroepen plaats waardoor het instrumentarium overzichtelijker wordt.

Konklusie:

- de eerste eksperimentele versie moet ingrijpend bijgesteld en aangevuld worden (resultaat tweede eksperimentele versie).
- er moeten scholingsmiddelen ontwikkeld worden om het instrumentarium over te kunnen dragen aan toekomstige gebruikers.

Temagroep - telgetal, hoeveelheidsgetal (900)

Schema



figuur 4: schema voor de keuze van (vervolg-)Tema's

Fase vijf: januari 1981 tot december 1984.

Doel: konstruktie en beproeving van overdrachtsmiddelen, verbetering en aanvulling van theorie en instrumentarium.

De theorie over diagnostiek wordt verder uitgewerkt waarbij wordt aangesloten bij de handelingstheorie van Van Parreren (1979). Daarbij worden ondermeer enkele technieken voor handelingsonderzoek beschreven en met voorbeelden geïllustreerd. Theorie over leren rekenen wordt uitgebreid in de vorm van nieuwe Tematieken en verbetering van de bestaande. Een derde en vierde eksperimentele versie van de Kwantiwijzer verschijnen.

In deze fase komt de nadruk gaandeweg te liggen op konstruktie en beproeving van overdrachtsmiddelen. In samenwerking met enkele PABO-docenten worden opeenvolgende versies van een kursusraaiboek met bijbehorende videobanden beproefd en bijgesteld. In figuur 5 staat een voorbeeld van een lesopdracht uit het kursus-draaiboek.

De overdracht was aanvankelijk gericht op leerkrachten en remedial teachers, maar werd allengs steeds meer op schoolbegeleiders en PABO-docenten gericht. Vanaf 1983 wordt de overdracht van het instrumentarium met bijbehorende scholingsmiddelen door het KPC overgenomen.

Koerswijziging: de aandacht wordt verlegd van instrumentontwikkeling naar de ontwikkeling en beproeving van overdrachtsmiddelen.

De rekonstruktie van het Kwantiwijzerprojekt loopt tot eind 1984. De daarna uitgevoerde werkzaamheden zijn niet gekonstrueerd.

Kort samengevat zien we de volgende ontwikkeling binnen het projekt.

Het onderzoek was in de aanvangsfase gericht op het zoeken en konstrueren van items waarmee rekenvoorwaarden gemeten konden worden. Er was sprake van een eclectische

werkwijze waarbij in het begin vooral ideeën uit ontwikkelingspsychologische theorieën de nadruk kregen (trial and error fase).

Na 1977 werden twee theoretische uitgangspunten als richtlijnen voor verdere ontwikkelingen gekozen: de handelingspsychologie en de opvattingen van het IOWO (progressie fase).

In het begin van de tachtiger jaren werd de aandacht in het project steeds meer verlegd van ontwikkelingswerk naar overdracht van het instrumentarium (en later ook naar evaluatie van instrumentgebruik) (stagnatie fase).

Lesopdracht 4: handelingen in volgorde van gewenstheid zetten

De opgave $\begin{matrix} 17-15=2 \\ 17-14=\square \end{matrix}$ kan op verschillende manieren opgelost worden. Hieronder staat hoe acht kinderen uit dezelfde klas bij deze opgave te werk gingen. Vier kinderen vonden de juiste uitkomst, vier anderen een foute uitkomst. Zet het handelen van deze acht kinderen in volgorde van gewenstheid. Gebruik daarvoor het schema op de volgende bladzijde.

- a . '16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3 ; $17 - 14 = 3$ '
b . $17 - 14 = (17 - 15) - 1 = 2 - 1 = 1$
('veertien is één minder dan vijftien, dus één minder dan twee')
c . '14, 15, 16, 17 ; $17 - 14 = 4$ '
d . $17 - 14 = 8 - 5 = 3$
('één en zeven is acht, en één en vier is vijf; acht min vijf is drie')
e . '17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4 ; $17 - 14 = 4$ '
f . $17 - 14 = (17 - 15) + 1 = 2 + 1 = 3$
('bij vijftien gaat er één meer af, dus bij veertien één meer over')
g . '10 - 10 = 0 ; $7 - 4 = 3$; $17 - 14 = 30$ '
h . '15, 16, 17 ; $17 - 14 = 3$ '

Lesopdracht 4

Handelingen in volgorde van gewenstheid

$17-15=2$ $17-14=\square$	uitkomst goed	uitkomst fout
meest gewenste handeling		
minder gewenste handeling		
minst gewenste handeling		
ongewenste handeling		

figuur 5: voorbeeld van een lesopdracht uit cursus draaiboek

5 Kwantiwijzerontwikkelingsproject

In het Kwantiwijzerproject zijn de kenmerken van ontwikkelingsonderzoek zoals hiervoor (par. 2) geschetst duidelijk te onderscheiden.

- Direkte bijdrage aan de verbetering van de praktijk: een diagnostisch instrumentarium met bijbehorende overdrachtsmiddelen.
- Sterke nadruk op de vakinhoud: het instrumentarium is gericht op diagnostiek binnen het reken/wiskundeonderwijs en gekonstrueerd vanuit een bepaalde visie op dat onderwijs.
- Belang van de relatie tussen theorie en praktijk: de theorie werd ontwikkeld in samenwerking met de ontwikkeling van het instrument in de praktijk.
- Diverse methoden van onderzoek inzetbaar: kwalitatieve methoden hadden de overhand (participerende observatie) maar ook kwantitatieve methoden werden ingezet.
- Samenwerking tussen onderzoekers, ontwikkelaars en praktijkmensen: de rollen van ontwikkelaar en onderzoeker waren in dezelfde personen verenigd; zij werkten samen met leerkrachten, remedial teachers, PABO-docenten en schoolbegeleiders.
- Er is sprake van een cyclisch proces: opeenvolgende versies van instrumentarium en

theorie werden beproefd en na beproefing telkens bijgesteld en aangevuld.

6 Konklusies van het rekonstruktieonderzoek

Er kunnen drie eigenschappen aan het "programma" Kwantiwijzer worden onderscheiden:

1. Bepaalde theoretische en methodische uitgangspunten lopen als een rode draad door het programma heen.
Dit zijn de uitgangspunten over onderwijsleerprocessen binnen het reken/wiskundeonderwijs. De leerpsychologische ideeën die hun oorsprong in de Cultuur Historische School vinden zijn in Nederland door Van Parreren geïntroduceerd en op bepaalde punten uitgewerkt. Opvattingen over reken/wiskundeonderwijs zijn vooral afkomstig uit het IOWO, met Freudenthal als een centrale figuur. Algemene leerpsychologische concepten konden tot functioneren worden gebracht via toepassing op het rekenen, een integratie van de denkbeelden van Van Parreren en Freudenthal. In samenhang met deze theoretische uitgangspunten werden kwalitatieve onderzoeksmethoden uitgewerkt voor handelingswaarneming en het geven van hulp.
2. Het uitgevoerde empirisch onderzoek resulteerde in:
 - een serie elkaar opvolgende steeds verfijndere diagnostische instrumenten voor toepassing binnen het reken/wiskundeonderwijs
 - een in die instrumenten geïntegreerde serie rekenleertheoriën die steeds beter en verfijnder werd.
3. De uitvoering van implementatie-activiteiten en daaraan gekoppeld onderzoek resulteerde in scholingsmiddelen voor overdracht van het instrumentarium aan toekomstige gebruikers (Hetebrij en Van Eerde, 1987).

Hetebrij konkludeert dat er sprake is van theoretische verdieping (handelingstheorie en theorie over reken/wiskundeonderwijs) en theoretische uitbreiding (een cumulatie van reken/handelingen inclusief de theorie eromheen), kortom theoretische progressie.

De ontwikkelde rekenleertheorie voldoet aan het kennisideaal voor zover het de uitwerking van het handelingsconcept betreft. Voor het leerproces geldt dit slechts ten dele. Op dit punt blijft nog veel impliciet. De Kwantiwijzerversies zijn met behulp van empirisch onderzoek ontwikkeld, niet theoretiserend (vanachter het bureau). Na de start van de ontwikkeling van overdrachtsmiddelen trad stagnatie op. Daardoor blijft nog veel impliciet.

Als eindconclusie stelt Hetebrij dat het Kwantiwijzeronderzoek elementen van een researchprogramma vertoont maar dat explicitering van rekenleertheorie noodzakelijk is in samenhang met verdere analyse van reeds verzameld empirisch materiaal.

Hetebrij stelt dat rekonstruktie eerder een formatieve dan een summatieve evaluatie inhoudt. Aan het eind van de rekonstruktie worden dan ook aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling van theorie en instrumentarium.

In zijn drie lagen methodologie stelt Hetebrij (1983) zoals we eerder schreven dat er sprake is van kennisgroei wanneer de eerste laag (empirisch onderzoek) verbonden wordt met de derde laag (wetenschapstradities). In het Kwantiwijzerproject is deze progressie aanwezig. Door de rekonstruktie kan er echter sprake zijn van veel meer progressie onder andere door voortgaande analyses van bestaand empirisch materiaal en explicitering van impliciete theorieën.

7 De bijdrage van rekonstruktieonderzoek aan ontwikkelingsonderzoek

In het voorafgaande werden kenmerken van ontwikkelingsonderzoek en de rekonstruktie van een dergelijk onderzoek geschetst. Rekonstruktieonderzoek kan in principe binnen allerlei onderzoeksbenaderingen plaatsvinden en bijdragen leveren aan onderzoeksprogrammering.

In dit kader gaat het om de vraag welke bijdrage rekonstruktieonderzoek kan leveren aan

ontwikkelingsonderzoek als onderzoeksbenadering in wording.

Het tastbare resultaat van ontwikkelingsonderzoek is materiaal voor de onderwijspraktijk (een curriculum, leergang, instrumentarium). Evaluatie vindt meestal plaats in de vorm van produktevaluatie, wat hebben de kinderen (volwassenen) van het curriculum geleerd. Aan het curriculum ligt echter een theorie ten grondslag die vaak impliciet blijft en niet getoetst wordt.

Rekonstruktieonderzoek kan dergelijke theorieën helpen expliciteren. Daardoor is het mogelijk deze theorieën ook te toetsen en wel door onderzoek van *leerprocessen*. Wanneer leerprocessen van kinderen verlopen zoals men op grond van de theorie veronderstelt betekent dit ondersteuning van deze theorie.

Kortom: ontwikkelingsonderzoek kan beter gefundeerd worden als onderzoeksbenadering wanneer de daarin ontwikkelde theorieën geëxpliciteerd en vervolgens getoetst wordt. Een rekonstruktieonderzoek kan dergelijke theorieën helpen expliciteren.

8 Reflektie achteraf

Van een compleet beeld van de rekonstruktie is op dit moment nog geen sprake, omdat alleen de projektinterne activiteiten zijn gerekonstrueerd en de voorwaarden waaronder het Kwantiwijzeronderzoek plaats vond nog niet. Hierover verschijnt in de loop van 1988 een verslag. Van de interne rekonstruktie werd een conceptverslag opgesteld door Hetebrij, dat op grond van mijn commentaar is bijgesteld (Hetebrij en Van Eerde, 1987).

De rekonstruerende onderzoeker schetst een beeld van een onderzoek, in dit geval is het Kwantiwijzeronderzoek object van zijn rekonstruktie. Hoe kijkt een onderzoeker die participeerde in dat onderzoek hier tegenaan? Als ontwikkelaar-onderzoeker kreeg ik een heel herkenbaar beeld voor ogen, hoewel er ook op enkele punten verkeerde accenten gelegd werden. De belangrijkste ervaring bij het lezen van het rekonstruktieverslag was een verhelderende kijk op de grote lijnen en belangrijke beslissingen in het onderzoek, en een bevestiging van mogelijkheden die zijn blijven liggen.

Maar het lezen was bij tijd en wijle ook confronterend en in een aantal gevallen verwarrend omdat er onjuiste informatie in stond. Met het oog op mogelijke rekonstrukties van ander ontwikkelingsonderzoek noem ik enkele punten die naar mijn mening te weinig aandacht hebben gekregen.

Allereerst is er onvoldoende aandacht besteed aan de vakinhoudelijke, reken/wiskundige aspecten van het projekt, en werden onderdelen van (nog impliciete) rekenleertheorie onjuist geëxpliciteerd. Hetebrij heeft dit beaamd en schreef dit toe aan zijn geringe kennis op dit gebied. Mogelijk hangt het ook samen met zijn vraagstelling die met name gericht is op de in het onderzoek aanwezige elementen van de cultuurhistorische school. Bij toekomstige rekonstrukties verdient het aanbeveling een vakinhoudelijke deskundige in een vroegtijdig stadium in te schakelen, bijvoorbeeld een van de ontwikkelaars.

Daarnaast is er te weinig aandacht besteed aan de tot stand koming van de eerste experimentele versie van het Kwantiwijzerinstrumentarium, waarin later jaren op voortgeborduurd is. Juist over zo'n eerste ontwerpfase zou meer bekend moeten worden met het oog op toekomstig ontwikkelingsonderzoek (zie ook Goffree, 1985).

Verder is naar mijn mening de invloed van de talrijke gesprekken met kinderen op de ontwikkeling van het instrumentarium onderbelicht. Interactie met kinderen is niet alleen kenmerkend voor het werken met de Kwantiwijzer, het was ook van wezenlijk belang voor de ontwikkeling van het instrumentarium en de theorie daar omheen.

Terugblikkend viel mij een opvallend aspect in het Kwantiwijzerprojekt en de rekonstruktie daarvan op. Kwantiwijzergebruikers diagnosticeren het handelen van kinderen. Kwantiwijzer-ontwikkelaars diagnosticeren (in evaluatie-onderzoek) het handelen van Kwantiwijzerontwikkelaars.

In alle gevallen is er sprake van een vorm van evaluatie, en in alle gevallen is deze niet alleen op producten maar vooral ook op processen gericht.

Literatuur

- [1] Carpay, J.A.M. *Onderwijs-leerpsychologie en leergangontwikkeling in het moderne vreemde talenonderwijs*. Groningen, Tjeenk-Willink, 1975.
- [2] Freudenthal, H. *Onderzoek in onderwijs*. In: Pedomorfose, mei 1980, 57-63.
- [3] Goffree, F. *Leren onderwijzen met Wiskobas*. Utrecht, I.O.W.O., 1979.
- [4] Goffree, F. (red.). *Onderzoek en (leerplan)ontwikkeling*. Studies in leerplanontwikkeling, 2. Enschede, S.L.O., 1985.
- [5] Hetebrij, M. *De ontwikkeling van researchprogramma's als methodisch probleem*. Amsterdam, V.U. Boekhandel/Uitgeverij, 1983.
- [6] Hetebrij, M. en H.A.A. van Eerde. *De Kwantiwijzer: geschiedenis van een researchprogramma; verslag van een reconstructie*. ISOR, R.U. Utrecht, 1987.
- [7] Nelissen, J.M.C. *Een onderwijsontwikkelingsproject in analyse*. In: Pedagogische Studiën, 60, 1983, 497-509.
- [8] Parreren, C.F. van. *Het handelingsmodel in de leerpsychologie*. Brussel, Vrije Universiteit, 1979.
- [9] Verschaffel, L. en B. van Oers. *Onderzoek voor reken/wiskundeonderwijs; verslag van een NVORWO-conferentie te Noordwijkerhout, mei 1985*. In: Pedagogische Studiën, 63, 1986, 38-40.
- [10] Vries, E.M. de. *Verkenning Kwantiwijzer; Interimrapport*, V.U. Amsterdam, Vakgroep Onderwijskunde, 1985.
- [11] Wardekker, W.L. *Onderwijskunde en onderwijsinnovatie (1)*. In: Pedagogische Studiën, 58, 1981, 459-472.

Het spel of de knikkers **De opbrengst van curriculumonderzoek voor de onderwijspraktijk**

B.P.M. Creemers/W.Th.J.G. Hoebe, RION, Groningen

0 Inleiding

Bij een onderwijsvernieuwing die gericht is op veranderingen in de doelstellingen, inhouden en werkwijzen wordt nogal eens de verandering van het curriculum - een verzamelnaam voor alles van schoolwerkplan tot en met leerboeken - gehanteerd. In de onderwijskunde is er dan ook veel belangstelling (geweest) voor theorievorming en onderzoek op dit terrein. Op deze wijze zou onderwijskunde een bijdrage tot de praktijk kunnen leveren, een praktijk die bij de grootschalige projecten als de vernieuwing van het basisonderwijs en de middenschool, maar ook bij vakinhoudelijke vernieuwing als in het wiskundeonderwijs vroeg om handreikingen voor de ontwikkeling van onderwijs. In het volgende willen we nagaan wat curriculumonderzoek daartoe heeft bijgedragen en wat ze zou moeten doen om die in de toekomst te realiseren of te vergroten. Dat zal - onder andere in relatie tot de ontwikkelingen in het wiskundeonderwijs - leiden tot een pleidooi voor meer opbrengsten (leerresultaten en leerpakketten die dat realiseren) dan op "leuke dingen" (ideeënboeken, open curricula e.d.) gericht onderzoek en ontwikkeling. Daarom de titel van deze bijdrage: 'Het spel of de knikkers'.

1 Curriculum en curriculumtheorie

Onder een curriculum wordt verstaan: een plan voor het handelen van leerkrachten en leerlingen. Een dergelijk plan kan op diverse niveaus functioneren; op nationaal niveau zal er voor bepaalde schooltypes een onderwijsleerplan komen, scholen maken een schoolwerkplan en een onderdeel daarvan is het plan, de leergang, het onderwijsleerpakket voor de specifieke onderwijsleersituatie.

Curriculumtheorie zou men grofweg kunnen omschrijven als theorievorming ten aanzien van dergelijke plannen tot handelen. Het heeft tot doel een beschrijving en uiteindelijk een verklaring te geven van het ontwerpen en het functioneren van curricula en daarmee een bijdrage te leveren tot de verbetering ervan.

Aan het plan kunnen een groot aantal aspecten worden onderscheiden, variërend van doelstellingen tot en met evaluatieprocedures, met daar tussenin: methoden, media, inhouden, onderwijsleerprocessen. Gezien het feit dat het plan op diverse niveaus kan functioneren, zijn de beslissingen hierover een zaak van een groot aantal betrokkenen, variërend van onderwijsbeleid tot en met leerkrachten in het onderwijs. De invoering van plannen is eveneens van een groot aantal factoren afhankelijk, waarbij diverse strategieën kunnen worden gevolgd. Last but not least: de plannen zullen ontworpen moeten worden. Ook dat kan op diverse wijzen gebeuren, terwijl bovendien verschillende opvattingen bestaan over de relatie tussen de ontwikkeling en het hanteren van onderwijskundige principes betreffende de relatie tussen beginsituatie, doelen, methoden, evaluatie en vakinhoudelijke inzichten.

Het bovenstaande geeft een overzicht van de probleemcatalogus waar we mee te maken krijgen bij curriculumtheorie. Ze is echter niet uitputtend, want over het curriculum als plan, de functie ervan, bestaan ook weer uiteenlopende opvattingen. Bovendien begint het erop te lijken dat curriculum en curriculumtheorie synoniem worden met onderwijs en onderwijskunde. Ongeveer alles wat men zich op het terrein van het onderwijs kan voorstellen heeft op de een of andere wijze een relatie met het curriculum. Dat zou op zichzelf geen bezwaar zijn, wanneer curriculum en curriculumtheorie deze last van verbetering en theorievorming ten aanzien van onderwijs ook kunnen dragen.

De verbreding van het begrip curriculum en daarmee gepaard gaande van curriculumtheorie, heeft echter deze theoretische en praktische bijdrage niet gerealiseerd. Integendeel, het lijkt

erop dat deze verbreding er mede de oorzaak van is dat een aantal essentiële taken van curriculum-theorie nog steeds niet zijn gerealiseerd.

In curriculumontwikkelingswerk, in strategieontwikkeling en in vakdidactiek is het perspectief op het doel van curricula onvoldoende bewaakt. Het curriculum is er immers op gericht een plan voor het handelen van leerkracht en leerlingen te zijn voor de onderwijsleersituatie, welke tot doel heeft bepaalde leerprestaties bij de leerlingen te realiseren. Dit zou het richtinggevend perspectief moeten vormen voor een curriculumtechnologie en voor de theorievorming die kan bijdragen tot een verbetering van deze technologie.

Nijhof geeft als omschrijving van curriculumtheorie: het geven van samenhangende uitspraken over de onderlinge relaties van de elementen van een curriculum en omtrent de ontwikkeling, het gebruik en de evaluatie daarvan (Nijhof, 1983-8).

In het programma van de onderzoeksthemagroep 'Curriculum' wordt, aansluitend op Hoebe (1980) de volgende indeling gehanteerd:

- a. Theorieën over onderdelen of aspecten van curriculum en de relaties tussen alle onderdelen.
- b. Theorieën met betrekking tot het functioneren van het curriculum. Het gaat hier vooral om implementatieproblemen.
- c. Theorieën of strategieën voor curriculumontwikkeling. Het gaat hier vooral om het oplossen van ontwerpproblemen.

De onder a. genoemde theorieën bevatten uitspraken over wat waardevol is ("wat men wil") en theorieën over doeleffectiviteit van middelen ("werkt het ook") en deze kunnen in relatie tot elkaar worden gebracht. Bij onderzoek zal men zich snel op het laatste concentreren, met name ook omdat het eerste normatieve stellingnames vraagt, die veel minder voor empirisch onderzoek open staan.

De laatste twee groepen van theoriën hangen ten nauwste samen. Immers, wanneer curriculumontwikkeling erop gericht is een document op te stellen ten behoeve van de onderwijspraktijk dan is het gebruik ervan een richtinggevend principe bij het onderwerp. In de regels voor het ontwikkelen van curricula zullen enerzijds de inzichten over de implementatie van curricula opgenomen, c.q. verwerkt zijn; anderzijds zal in de aanwijzingen voor het ontwikkelingswerk aangegeven worden hoe tijdens de constructie en daarna ook in het gebruik rekening kan worden gehouden met de mate waarin de implementatie van het curriculum plaatsvindt (kan plaatsvinden). Op de twee laatste soorten van curriculumtheorie komen we in de derde paragraaf terug. Op de soorten van theorie over onderdelen van het curriculum gaan we in de volgende paragraaf in.

2 Curriculum en onderwijskundige theorievorming

Deze paragraaf handelt over de theorieën over onderdelen of aspecten van het curriculum, die uiteenvallen in twee hoofdgroepen, namelijk theorieën die zich bezig houden met onderdelen van het curriculum en theorieën over de legitimering ervan. Over de onderdelen van het curriculum, zowel afzonderlijk als in onderlinge relatie, is een groot aantal studies verschenen, zowel binnen curriculumliteratuur als daarbuiten, binnen de sociale wetenschappen (psychologie, onderwijsonderzoek in het algemeen) als de overige wetenschappelijke disciplines (wetenschap, natuurkunde, informatica, etc.). Wanneer we in het volgende een aantal ontwikkelingen op dit terrein de revue laten passeren dan heeft het zeker niet de pretentie van volledigheid, maar heeft tot doel te illustreren waar ontwikkelingen plaatsvinden en waardoor de vooruitgang in kennisontwikkeling beïnvloed wordt.

Over de legitimering van (onderdelen van) curricula kan worden gezegd dat men vaak onvoldoende analytisch onderscheid maakt tussen de vraag wat men wil en de vraag of het werkt. Conceptuele modellen, procestheorieën en doeltheorieën worden evenzeer als legitimeringstheorieën gehanteerd om zowel doelen als middelenkeuzes te legitimeren. Dientengevolge heeft theorievorming de neiging om een van beide aspecten te verwaarlozen. Men concentreert de aandacht op wat men wil, dat wil zeggen op de waardevolheid van doelen, inhouden en methoden en op de criteria op grond waarvan men iets waardevol vindt

(maatschappelijke ontwikkelingen, het wenselijke functioneren op school, godsdienstige of antropologische uitgangspunten). Ofwel men concentreert de aandacht op de vraag of het werkt, dat wil zeggen op de empirisch gebleken doeleffectiviteit van de middelen (methoden, leerstofsequenties, didactisch handelen, evaluatie van leerlingen). Voor zover theorievorming wordt gecombineerd met onderzoek en is toegespitst op vooruitgang in empirische kennisontwikkeling, wordt de aandacht meestal geconcentreerd op de vraag of het werkt.

2.1 Bestaansanalyse en doelstellingsonderzoek

Bij de doellegitimering gaat het om een politieke en maatschappelijke discussie over de functie van het onderwijs en het curriculum. Naast de technieken voor doelinventarisatie die er vooral op gericht zijn om de maatschappelijk wenselijke doelen te verzamelen en er over te beslissen (onder andere via de Delphi-techniek), zijn er ook methodes voor doelinventarisatie die gebaseerd zijn op indelingen betreffende het leren (bijvoorbeeld Gagné). Hoewel deze technieken als alternatieven voor de inventarisatie van wenselijke doelen wordt opgevat, kunnen ze vaak ook gecombineerd gebruikt worden. Deze indelingen vormen daarbij hulpmiddelen om tot een exacte formulering ten behoeve van het leren en onderwijzen te komen. Hoewel het empirisch onderzoek naar de houdbaarheid van taxonomiën nog zeker niet is afgerond, zijn deze technieken in de jaren zeventig van invloed geweest op het curriculumontwikkelingswerk, onder andere doordat ze beïnvloed waren in de vorm van concrete aanwijzingen voor curriculumontwikkeling (Gagné en Briggs, 1974).

Inventarisatie en legitimering van doelen kunnen overigens niet los van elkaar worden gezien; een bepaalde inventarisatieprocedure gaat uit van een opvatting over legitimering en elke opvatting met betrekking tot legitimering van de doelen vereist inventarisatie. Aangetekend moet worden dat doelinventarisatie en -legitimering los van de verdere ontwikkeling van curricula, dat wil zeggen los van de uitvoerbaarheid en realiseerbaarheid van doelen weinig zinvol is. Doelinventarisatie en -legitimering zullen dan ook opgenomen moeten zijn in het werk aan de overige onderdelen van het curriculum: inhouden, werkvormen, methodes en de vaststelling van de uitvoerbaarheid en realiseerbaarheid. Daar ligt dan ook de bijdrage van curriculumontwikkeling, -theorie en -onderzoek aan de legitimering, c.q. de discussie over doelen van onderwijs en het curriculum.

2.2 Leerstofanalyse en onderwijspsychologie

Een volgend terrein waarop het curriculumonderzoek zich beweegt, is dat van de leerstof. Bij een bepaalde wijze van doelformulering is de leerstof grotendeels in de doelformulering opgenomen. Verder is er in het vooraangaande al op gewezen dat, wanneer dit niet het geval mocht zijn, toch de keuze van de inhouden in feite ook een nadere specificering van de doelen inhoudt.

Een groot deel van de inspanningen bij de onderwijsvernieuwing is erop gericht om het onderwijs te voorzien van nieuwe inhouden, bijvoorbeeld in de vorm van nieuwe vakgebieden als informatica, gezondheidskunde en dergelijke.

Binnen de bestaande vakgebieden is de vernieuwing erop gericht nieuwe leerstof "aan te dragen", vaak op grond van bepaalde min of meer expliciete opvattingen over de doelen van het onderwijs of van de doelen van het specifieke vak. Voorbeelden hiervan zijn de ideeën rondom vakinhouden in de middenschool en de vernieuwingen onder andere in het wiskundeonderwijs in de basisschool.

Naar onze indruk is een groot deel van het werk bij SLO bij de moderne leerplanontwikkeling voor schooltypes als het voortgezet basisonderwijs en voor bepaalde vakgebieden sterk ingegeven door een streven naar inhoudelijke vernieuwing door middel van leerstofvernieuwing in het onderwijs. Men kan constateren dat hierdoor een aantal vernieuwingen die de afgelopen jaren in het onderwijs hebben plaatsgevonden, in gang zijn gezet, hetgeen het belang van de vakgebieden en de vakdidactiek onderstreept. Anderzijds kunnen we constateren dat men in dit streven naar inhoudelijke vernieuwing van het onderwijs toch wel eens voorbijging aan andere

inzichten die van belang zijn bij curriculumontwikkeling. Dit betreft niet alleen de technieken voor curriculumontwikkeling en de evaluatie van curricula, maar ook onderzoek met betrekking tot leerstofsequentering, leerprocessen, onderwijsprocessen en evaluatieprocedures. Bij curriculumontwikkeling zal een groot aantal inzichten op diverse terreinen, waartoe ook de vakinhoudelijke vernieuwing gerekend mag worden, in beschouwing genomen moeten worden, waarbij het uiteindelijke resultaat vooral afhankelijk is van de evaluatie van het curriculum in de uitvoering van onderwijs. De stagnatie in de invoering van vernieuwingen en het niet of onvoldoende bereiken van de (nieuwe) doelstellingen (zie voor rekenonderwijs Harskamp, 1986) zou onder andere hierin gelegen kunnen zijn.

Behalve de ideeën en opvattingen over de inhoud van het curriculum voor de school en het onderwijs, steunt de inhoudskeuze op empirisch gevalideerde modellen omtrent het leren binnen bepaalde vakgebieden. Zo is psychologisch onderzoek naar het proces van leren, wiskundig problemen oplossen e.a. van belang voor keuze en opbouw van de leerstof. De modelontwikkeling en het onderzoek ernaar vindt grotendeels buiten het gebied van de curriculumtheorie plaats, maar is wel van groot belang ervoor. Of dit in alle curriculumontwikkelingsprojecten gebeurt is zeer de vraag. Het is eerder opvallend wanneer een bepaalde theorie wordt gehanteerd voor de sequentering van de leerstof, bijvoorbeeld in de leesmethode van Kooreman (1976) voor het aanvankelijk lezen. Bij deze methode kan men overigens weer vraagtekens zetten bij de empirische validering van de theorie en de evaluatieresultaten van de methode zelf. Wel treft men in experimentele situaties deel-leergangen aan die gebaseerd zijn op bepaalde theorieën omtrent lezen, rekenen e.d., waarbij de deelleergang van belang is voor de toetsing van de betreffende theorie. Naar onze mening kan men van het onderzoek op de diverse vakgebieden in de toekomst een belangrijke bijdrage voor de inhoudelijke vernieuwing van het onderwijs en de verbetering van de curricula verwachten.

2.3 Curriculum en didaxologie

Ander belangrijke componenten in het curriculum bestaan uit werkvormen en uit het didactisch handelen van leerkrachten. Onder werkvorm wordt begrepen de organisatievorm, keuze van de media en de algemene didactische aanpak van de leerkracht (dit ter onderscheiding van vakspecifieke onderwijsactiviteiten). Slavenburg geeft een overzicht van 27 didactische werkvormen, waaruit gekozen kan worden bij de selectie van onderwijsactiviteiten (Slavenburg, 1979, CO 52-15 tot 18). De aandacht van theorievorming en onderzoek voor diverse werkvormen loopt sterk uiteen. Zo is ten aanzien van differentiatie in het onderwijs een groot aantal studies verschenen, terwijl andere werkvormen zoals het frontaal onderwijs, of het actieve, directe onderwijs lange tijd weinig aandacht hebben gekregen. Sommige werkvormen, zoals geprogrammeerde instructie, staan een bepaalde tijd in de aandacht waarna de belangstelling ervoor verflauwt. Het aantal studies over groeperingsvormen in het onderwijs is zo groot dat het mogelijk was daar meta-analyses op te verrichten.

De afgelopen jaren is de belangstelling voor effectiviteit van het onderwijs toegenomen. Dit heeft ook geleid tot meer aandacht voor onderzoek van effectieve leerkrachtgedragingen en variabelen in de leeromgeving die de effectiviteit van het onderwijs bevorderen (Walberg & Peterson, 1979; Walberg, 1984). Uit onderzoek van Kounin (1970) en het overzichtsartikel van Medley (1985) blijkt het belang van het management van klassen en van het onderwijs in de klas. Door dit onderwijs- en klasmanagement zou de leertijd en het actieve gebruik ervan door de leerlingen vergroot kunnen worden. Dit klasmanagement is dus een variabele aan de kant van de leerkracht; hij kan het onderwijs zo organiseren dat de leertijd gemaximaliseerd wordt, maar de leertijd kan ook door het curriculum positief of negatief beïnvloed worden.

Onderzoek wijst erop dat ideeën over inhoud van en modellen voor planning niet worden gerealiseerd, terwijl bestaande werkplannen en leerboeken van groot belang blijven (Ax, 1985). Onderwijsonderzoek heeft inmiddels een aantal inzichten op het terrein van effectieve scholen en instructie opgeleverd die gebruikt kunnen worden voor de inrichting van het onderwijs en de ontwikkeling van curricula, zie bijvoorbeeld het Handbook of Research on Teaching en de

Encyclopedia of Educational Research. Voor de onderwijspraktijk is deze informatie vastgelegd in de - geprezen en verguisde - brochure 'What works?' waarvan inmiddels een internationale uitgave in voorbereiding is.

2.4 Curriculum en leerlingevaluatie

Een laatste component in het curriculum is de evaluatie van het leren van leerlingen. In alle theorieën over het curriculum en in de voorschriften voor curriculumontwikkeling wordt het belang van procedures voor dergelijke evaluatie benadrukt. Immers, via evaluatie is vast te stellen of curriculumdoelen bereikt worden en kan door de leerkracht bijsturing van het onderwijsleerproces plaatsvinden. In Nederland is hiervoor zelfs een afzonderlijk instituut opgericht, het Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling (CITO). Wanneer men naar curriculumproducten, methodes, leergangen en dergelijke kijkt, moet men echter vaak tot de conclusie komen dat de evaluatieprocedures het sluitstuk van het ontwikkelingswerk hebben gevormd. Soms vormen ze helemaal geen onderdeel van het curriculum of wordt volstaan met een aantal algemene aanwijzingen. Soms weerspiegelen de voorgestelde procedures de opvattingen van de constructeur over evaluatie in plaats van de empirische gegevens over effectiviteit en efficiency van leerlingenevaluatie. Over evaluatie die van belang is voor curriculumontwikkeling heeft veel theorievorming en onderzoek plaatsgevonden. Vaak echter heeft dit onderzoek nauwelijks of geen relatie met het curriculum. Vraagstellingen voor evaluatieprocedures zijn met welke technieken moet worden gewerkt, wat zijn de referentiepunten voor de evaluatie, hoe kunnen psychometrische problemen worden opgelost en dergelijke. Vooral over de evaluatie van leeruitkomsten van cognitieve aard bestaat een grote hoeveelheid literatuur. In Nederland wordt aan theorievorming en onderzoek op het terrein van onderwijsevaluatie een duidelijke bijdrage geleverd door psychometrici (Mellenberg, van de Linden, de Gruyter e.a.). De activiteiten van het CITO hebben ertoe bijgedragen dat in principe kennis en materiaal voor evaluatie van leerlingen ter beschikking staat voor curriculumontwikkeling.

Van deze grote hoeveelheid kennis over de meting en evaluatie van leerresultaten, zowel op technisch psychometrisch terrein als op het praktische gebied van beschikbaarheid van toetsen voor allerlei doeleinden, wordt weinig gebruik gemaakt bij curriculumontwikkeling en zelfs niet bij curriculumevaluatie (zie Hoebe, 1985). Dit gegeven wekt temeer verbazing, omdat uit allerlei onderzoek is gebleken dat regelmatige evaluatie van leerresultaten en terugkoppeling daarvan naar de leerprocessen een zeer effectieve methode is om de leerprestaties van leerlingen te bevorderen. Het is een kenmerk van het didactisch handelen van leerkrachten waarvan empirisch en onweersproken gebleken is dat het een bijdrage levert aan de verklaring van prestatieverschillen tussen leerlingen (zie bv. Creemers en Schaveling, 1986). Dit kenmerk ligt ook mede ten grondslag aan het beheersingsleren, een zeer effectief model voor de organisatie van onderwijsleerprocessen (zie bv. Weeda, 1982). Ook dit model heeft zich niet kunnen verheugen op een grote populariteit in Nederland. Uit recent onderzoek blijkt dat zelfs bij differentiatie naar prestaties relatief weinig gebruikt wordt gemaakt van toetsen (Reezigt e.a., 1986; Span en Abbring, 1986).

2.5 Curriculum en onderwijskundige theorievorming: besluit

Wanneer we de ontwikkelingen in theorievorming en onderzoek op de diverse componenten van het curriculum overzien, dan valt op dat daar waar van vooruitgang in theorievorming en onderzoek sprake is, dit veelal plaatsvindt in afzonderlijke disciplines als leerpsychologie, psychometrie of betrekkelijk zelfstandige onderdelen van de onderwijskunde. Curriculumtheoretici en -onderzoekers publiceren er wel over, maar de vooruitgang vindt elders plaats. Het is opvallend, dat van het groeiend inzicht op deze terreinen slechts spaarzaam gebruik wordt gemaakt in curriculumontwikkeling binnen en buiten het SLO. Het zou voorstelbaar zijn dat de curriculumtheorie vooral de onderlinge relaties tussen de componenten bestudeert. Dit is echter, gezien het feit dat de componenten zelf nauwelijks voorwerp van onderzoek zijn binnen de curriculumtheorie, niet aannemelijk. Datgene wat curriculumtheorie doet,

als het al iets doet, is het aan elkaar relateren van deze componenten in een model. Daaruit blijkt dat doelen samenhangen met middelen, evaluatieprocedures, beginsituatie van leerlingen en dergelijke (zie bijvoorbeeld Wheeler, 1970; Taba, 1962). Dit zijn modellen die men ook op andere terreinen in de onderwijskunde, bijvoorbeeld ten aanzien van het didactisch handelen (bijvoorbeeld model didactische analyse, van Gelder e.a., 1979) tegen komt. Deze theorieën en modellen zijn overigens nauwelijks voorwerp van empirisch onderzoek geweest, maar zijn prescriptief van aard ten aanzien van het handelen van de leerkracht of het handelen van de curriculumconstructeur. Onderzoek naar het handelen van de leerkracht heeft uitgewezen dat leerkrachten in de onderwijsleersituatie niet volgens deze modellen werken. Ze laten zich veeleer leiden door de leerstof dan door de doelstellingen. De keuze voor bepaalde leerstof en voor bepaalde sequentering is voor hen belangrijker dan kiezen voor bepaalde doelen. Ook voor de curriculumontwikkeling zou dit wel eens kunnen gelden. Het is wellicht de vraag, waar het gaat om het *curriculum*, of het zinvol is theorieën en onderzoek op te zetten naar *curriculumontwikkeling*. In het curriculum zullen diverse componenten (doelen, middelen en evaluatieprocedures) in onderlinge relatie gebracht moeten worden; dat zal empirisch getoetst moeten worden. De geëigende wijze daarvoor lijkt het evaluatieonderzoek tijdens en na afloop van de curriculumontwikkeling (zie volgende hoofdstuk).

Onderzoek naar curriculumcomponenten in de curriculumontwikkelingspraktijk zou de indruk kunnen wekken dat dergelijk onderzoek een eigen bestaansgrond en legitimiteit heeft onafhankelijk van datgene wat ten aanzien van diverse onderdelen van het curriculum via theorievorming en onderzoek in andere onderwijskundige deelgebieden wordt voortgebracht. We hebben de indruk dat het op dit moment inderdaad zo is, dat in het curriculumontwikkelingswerk van professionals (SLO) en amateurs (leerboekschrijvers, scholen) nauwelijks rekening wordt gehouden met empirische inzichten op de verschillende terreinen. Dit lijkt ons eerder een manco voor curriculumontwikkeling dan een rechtvaardiging voor zelfstandig curriculumonderzoek naar deze onderdelen. Geen rekening houden met de vooruitgang op andere onderwijskundige deelgebieden vormt evenmin een argument tegen theorievorming en onderzoek op deze onderscheiden terreinen.

Een relatief zelfstandig onderdeel van de curriculumtheorie lijkt de doelstellingsproblematiek te zijn en de beschouwingen over doelen en functies van curricula. Wanneer men echter aan theorievorming de eis stelt, dat het zich leent voor empirisch onderzoek, praktijkproblemen daarvoor toegankelijk maakt en uiteindelijk via dit onderzoek leidt tot empirisch gevalideerde uitspraken, dan zijn de theorieën op dit terrein nauwelijks theorieën te noemen, maar verhandelingen met een sterk normatief karakter. De vorderingen die de afgelopen jaren bereikt zijn betreffen vooral vakinhoudelijke ontwikkelingen met betrekking tot werkvormen, evaluatieprocedures e.d. Deze ontwikkelingen komen echter niet voort uit curriculumtheorie en -onderzoek, maar ze hebben juist een zelfstandige ontwikkeling doorgemaakt op relatief verzelfstandigde deelterreinen. Ze hebben juist door deze verzelfstandiging tot vooruitgang geleid.

3 Curriculum en technologie

De neiging van curriculumtheoretici om zich op andere deelgebieden van onderwijskundige theorievorming te bewegen en curriculumtheorie samen te laten vallen met een omvattende theorie van onderwijs werkt averechts door te bewerkstelligen dat alles wat onder de noemer van curriculumtheorie wordt gepresenteerd, weinig serieus wordt genomen. Was in het overzicht van de voorgaande paragraaf nog sprake van vruchtbare ontwikkelingen op die terreinen die als relatief zelfstandige deelgebieden van onderwijsleertheorie konden worden aangewezen, op het deelgebied dat als kern van curriculumtheorie kan worden omschreven, namelijk uitspraken over de ontwikkeling, het gebruik en de evaluatie van curricula worden nauwelijks meer vorderingen gemaakt. De ontwikkelingen in Nederland van de laatste tien jaar zullen in deze paragraaf afzonderlijk voor de ontwikkeling, het gebruik en de evaluatie van criteria worden geanalyseerd.

3.1 Curriculumontwikkeling

In het begin van de jaren zeventig werd de benadering van curriculumontwikkeling als een proces van afleiding van plannen uit doelstellingen van verschillende kanten bekritiseerd. Veel van deze kritieken heeft gemeen dat curriculumontwikkeling niet wordt gezien als een rechtlijnig proces van vaststelling van doelstellingen, deductieve selectie van onderwijs-/leerervaringen en hun organisatie en van operationalisering van de doelstellingen in testinstrumenten, maar als een cyclisch proces van toenemende inhoudelijke concretisering of specificatie van deze vier aspecten van een curriculum in onderlinge combinatie. In elke cyclus worden de vragen, die Tyler formuleerde, beantwoord, maar telkens in een specifiekere en concretere vorm. Deze kritieken zijn een belangrijke inspiratie geweest voor de CURVO-strategie (voor een beknopte weergave van de bronnen wordt verwezen naar De Kok-Damave, 1980, blz. 1-31; Hoebe, 1981, blz. 45-60).

Terzelfde tijd in het midden van de jaren zeventig zijn meerdere curriculumprojecten in Nederland door deze ideeën geïnspireerd; we denken daarbij aan LEDO, OSM, PLON.

Hoewel deze projecten qua doelstelling en uitwerking nauwelijks vergelijkbaar zijn, delen zij een aantal uitgangspunten voor curriculumontwikkeling. Zij kennen een belangrijke rol toe aan de visie op onderwijzen en leren; het ontwikkelingswerk wordt niet gezien als een deductief proces, maar als een proces van zoeken, overleggen en uitproberen zodat het curriculum steeds verder wordt gespecificeerd; binnen de context van zoeken en uitproberen geven zij een belangrijke functie aan curriculumevaluatie om zo zorgvuldig mogelijk na te gaan of het ontwerp beantwoordt aan de daaraan gestelde wensen. Bovendien geven zij (met allerlei uitwerkings- en accentverschillen) vorm aan curriculumontwikkeling als een min of meer technologische werkwijze en professie.

Op de helft van de jaren zeventig waren er een aantal andere Nederlandse projecten, die door leerplanontwikkeling vernieuwingen in het onderwijs nastreven. Deze lieten zich vooral leiden door visies op vakinhoudelijke vernieuwingen en weinig door richtinggevend ideeën over leerplanontwikkeling. Weliswaar kan ook bij deze projecten worden geconstateerd dat curriculumontwikkeling niet een deductief proces is. Zij hebben echter een belangrijk manco, nl. dat zij de effecten van het ontwikkelde materiaal op het leerlingniveau niet nagingen. Curriculumevaluatie had in deze projecten een zeer ondergeschikte plaats. Het bekendste project in deze sfeer is Wiskobas.

Ook deze projecten hebben geleid tot concrete en verspreidbare curriculumproducten. Door de ondergeschikte plaats van de evaluatie geschiedde de verspreiding meer op basis van verspreiding van vernieuwings-ideeën, dan op basis van informatie over waarschijnlijk empirisch gebleken doelrealiserende bij leerlingen.

Bij deze verschillende benaderingen van curriculumontwikkeling staan projecten die zich concentreren op vakinhoudelijke ontwikkelingen, diametraal tegenover projecten die zich concentreren op algemene ontwikkelingsstrategieën. De eersten concentreren zich op het specificeren van de inhoud van het onderwijs zonder zich al te zeer te bekommeren om efficiënte en doeltreffende ontwikkelingsprocedures. De laatsten concentreren zich op specificeren van ontwikkelingsprocedures zonder zich al te zeer te bekommeren om de inhoud van het onderwijs. Als in het eerste geval iets mis gaat, dan kan dat gemakkelijk worden gecorrigeerd: doodlopende wegen voor vakinhoudelijke ontwikkeling kunnen worden verlaten; tegenvallende doelrealisering kan worden gecorrigeerd; het enige echte risico is gelegen in vergeefse investering van tijd en energie. In het laatste geval gaat er vaak al iets mis op het moment dat leerplanontwikkelaars een strategie willen benutten in de hoop dat hun ontwikkelingsprobleem daarmee wordt opgelost.

Het onderzoek naar de CURVO-strategie heeft geleerd dat de specifieke ontwerpproblemen waarvoor ontwikkelaars komen te staan, in de strategie niet voldoende zijn gespecificeerd naar doelgroepen van ontwikkelaars, naar aard van ontwerpproblemen en naar verschillende gebruikssituaties (Terwel, 1984, blz. 49). De concrete ontwerpproblemen, waarvoor ontwikkelaars komen te staan, hebben betrekking op de inhoud van het onderwijs. Bij de oplossing

van deze ontwerpproblemen wordt kennis toegepast met betrekking tot vakinhoudelijke ontwikkelingen, met betrekking tot didactische ontwikkelingen, met betrekking tot leerprocessen en dergelijke. Een algemene strategie kan weinig anders dan erop wijzen dat dergelijke kennistoepassing nodig is; het is een ondoenlijke taak om voor alle mogelijke concrete problemen aan te geven hoe dergelijke kennistoepassing in zijn werk gaat. Dergelijke aanwijzingen zouden bovendien rekening moeten houden met voorkennis en ervaring van ontwikkelaars: professionele ontwikkelaars zullen andere problemen ervaren en zodoende andere aanwijzingen nodig hebben dan leerkrachten die aan schoolspecifieke projecten werken. Ook de contexten waarbinnen gewerkt wordt, verschillen. De tekst van de CURVO-strategie (De Kok-Damave, 1980) geeft het trouwens al aan: er worden geen specifieke ontwerpproblemen geanalyseerd; er worden geen oplossingen voor specifieke ontwerpproblemen gesuggereerd; cruciale ontwerpproblemen worden slecht gesignaleerd en tegelijkertijd ter analyse, specificatie en oplossing doorgeschoven naar de deskundigen die in de ontwikkelingsgroep aanwezig worden geacht. Een algemene strategie helpt dus niet bij de oplossing van specifieke ontwerpproblemen. De CURVO-strategie veronderstelt zelfs de aanwezigheid van deskundigen die voldoende vaardigheid hebben om dergelijke ontwerpproblemen op te lossen. Voor het oplossen van problemen waar het in eerste instantie om gaat, d.w.z. voor het ontwerpen van plannen voor onderwijs-/leersituaties waarin leerdoelen en -ervaringen zodanig worden geselecteerd, georganiseerd en geëvalueerd dat er goed onderwijs gegeven kan worden, valt de CURVO-strategie terug op het vakmanschap en het "timmermansoog" van de ontwikkelaars. Dat zal waarschijnlijk het manco zijn van alle strategieën met enige algemeenheidspretentie.

Ook binnen de SLO is uiteraard een schat aan ontwikkelingservaring beschikbaar. Van deze ervaringen komt echter betrekkelijk weinig naar buiten, met name niet waar het betreft de ervaringen die zijn opgedaan bij het oplossen van specifieke ontwerpproblemen. De productpublicaties van de SLO overziende (en met name de publicaties rond het leerplan voor middenschool/voortgezet basisonderwijs en rond schoolwerkplannen in het basisonderwijs) bekruipt ons trouwens het vermoeden dat in deze gevallen weinig specifieke ontwerpproblemen hoefden te worden opgelost. De publicaties zijn van een dergelijk niveau van algemeenheid, dat ze, naar we vermoeden, in een aantal opzichten vergelijkbaar zijn met algemene strategieën. In tegenstelling tot de laatste zijn er veel vakinhoudelijke beschouwingen; dat is een voordeel. Een overeenkomst is echter dat de echte plannings- en ontwerpproblemen niet worden opgelost, maar voor oplossing worden doorgeschoven naar leerkrachten en schoolteams. Dat gebeurt met een verwijzing naar hun uiteindelijke verantwoordelijkheid en naar het (statutair verplichte) modelkarakter van de publicaties. Dergelijke modelpublicaties lopen echter het gevaar in de kast te verdwijnen en niet te worden gebruikt, omdat zij niet bevatten wat leerkrachten erin zoeken: een oplossing van de problemen waarvoor ze staan, nl. hoe ze goed en verantwoord onderwijs moeten geven. Ontwerptechnologie zou zich moeten concentreren op het ontwerp van direct bruikbare, c.q. gemakkelijk aanpasbare plannen voor het geven van goed onderwijs.

3.2 Curriculumgebruik

Rond 1980 verschoof de theoretische en onderzoeksmatige aandacht van curriculumontwikkelingsproblemen naar implementatieproblemen. Uitgaande van het overigens niet nieuwe gegeven dat de leerkrachten een eigen agenda hebben bij hun gebruik van curricula, zodat vaak niet een getrouwe uitvoering van het curriculum verwacht mag worden, werd mede onder invloed van Fullan en Pomfret (1977) het aanpassingsperspectief op curricula dominant. Binnen dit perspectief wordt een getrouwe uitvoering van een curriculum overeenkomstig de bedoelingen van ontwikkelaars met wantrouwen bekeken. De aanpassing van een curriculum aan hun eigen situatie en aan hun eigen visie op onderwijs door de gebruikende leerkrachten wordt als ideaal geformuleerd. Het aanpassingsperspectief ging gepaard met een wantrouwen ten opzichte van technologie en sloot aan bij fenomenologische en handelinggerichte tendensen binnen de pedagogiek en bij de actie-onderzoeksbenadering van de kritische theorie. Dit perspectief op curriculum was bovendien verwant met en complementair aan de benadering van

onderwijsvernieuwing als een proces dat voornamelijk van onderop diende plaats te vinden. Het aanpassingsperspectief had tot gevolg dat ontwikkelaars, onderzoekers en theoretici niet meer zelf bezig waren met de oplossing van ontwerpproblemen, maar deze ontwerpproblemen afschoven naar leerkrachten in de praktijk van alledag in het onderwijs. Ontwikkelaars, onderzoekers en theoretici beperkten zich tot beschrijving van de processen waarlangs leerkrachten tot oplossingen kwamen.

Een van de gevolgen van de aanpassingsbenadering is geweest dat professionele curriculumontwikkelaars met wantrouwen werden bekeken. Een ander gevolg, dat ligt in het verlengde hiervan, was dat professionele curriculumontwikkelaars zich minder vaak bezig hielden met de oplossing van ontwerpproblemen, maar met het formuleren van alternatieve keuzes die door scholen of door leerkrachten konden worden gemaakt. Het aanpassingsperspectief is op deze manier een voor de hand liggende invulling geworden van de ontwikkeling van modellen voor leerplannen, schoolwerkplannen of delen daarvan, die de SLO statutair waren opgedragen. De door ontwikkelaars gepresenteerde alternatieven bestonden al te vaak uit alternatieven op een globaal of conceptueel niveau; alternatieve ontwerpen die voldoende waren geconcretiseerd en gespecificeerd om direct bruikbaar te zijn voor de onderwijspraktijk, zijn binnen de aanpassingsbenadering nauwelijks gepresenteerd. In zoverre is de verschuiving van de aandacht van ontwikkeling naar implementatie tegelijkertijd een beweging geweest die de vooruitgang van kennis omtrent ontwerpproblemen en hun oplossing niet alleen tot stilstand heeft gebracht, maar bovendien actief heeft tegengegaan.

Anderzijds heeft de verschuiving de aandacht naar implementatie, ook binnen het aanpassingsperspectief, geleid tot nieuwe onderzoeksmatige benaderingen. In deze nieuwe onderzoeksmatige benaderingen kwam de aandacht voor gebruiksprofielen en gebruiksconfiguraties naar voren. Ondanks het feit dat er slechts weinig onderzoek op dit terrein in uitvoering is genomen (binnen de OTG-Curriculum één project) wordt er weer een pleidooi gevoerd voor een nieuw perspectief, met name een combinatie van curriculumonderzoek met het denken en planningsgedrag van leerkrachten. Deze combinatie wordt beargumenteerd door het gegeven dat leerkrachten zowel gebruikers van curricula zijn als ontwerpers van onderwijsleersituaties. Ontwerpers van curricula zouden op deze kenmerken moeten anticiperen. Het gaat echter te ver om dit onderzoek te annexeren als een nieuw perspectief voor curriculumonderzoek. Het is onverstandig om autonome deelgebieden binnen te halen. Het helpt het curriculumonderzoek niet echt verder en het bergt het gevaar in zich dat ontwikkelingen op het autonome deelgebied eveneens stagneren. Curriculumonderzoek en -ontwikkeling moeten zich tevreden stellen met het gebruik van de resultaten van leerkrachtenonderzoek. Zij moeten niet zelf dergelijk onderzoek ter hand nemen.

Samenvattend kan worden geconstateerd dat de verschuiving van de onderzoeksmatige aandacht van curriculumontwikkeling naar curriculumimplementatie enerzijds een verschuiving is naar een in het verleden te veel verwaarloosde categorie van kenmerken. Curriculumontwerpers, curriculumonderzoekers en curriculumtheoretici hebben de leerkrachten en de functie van curricula bij onderwijs-/leerprocessen te zeer verwaarloosd. Anderzijds wordt deze verschuiving door sommige als onvoldoende gekarakteriseerd: zij bepleiten dat de curriculumonderzoekers zich bezig houden met leerkracht-onderzoek. Dat dergelijke pleidooien reeds voordat de resultaten van het geprogrammeerde implementatieonderzoek beschikbaar zijn, illustreren eens te meer het gebrek aan convergentie op het terrein van het curriculumonderzoek. Nijhof (1985) sloot zijn stand-van-zaken beschrijving met een conclusie over gebrek aan convergentie af.

Dergelijke pleidooien illustreren eveneens dat de cirkelbewegingen van curriculaire probleemstellingen (een tweede conclusie van Nijhof) niet alleen een gevolg zijn van maatschappelijke ontwikkelingen of van autonome ontwikkelingen binnen het curriculumonderzoek, maar eveneens een gevolg kunnen zijn van modieuze ontwikkelingen die niet zijn gekoppeld aan de resultaten van voorafgaand onderzoek.

3.3 Curriculumevaluatie

Het is op dit moment eigenlijk droevig gesteld met de evaluatie van curricula. In een stand van zaken van de afgelopen tien jaar komt Hoebe (1985) tot de conclusie dat curriculumevaluatoren steeds minder aandacht hebben gekregen voor datgene waar curricula voor zijn bedoeld, namelijk de leerresultaten van leerlingen. Daarentegen is de aandacht voor contextvariabelen en procesvariabelen gegroeid. Dit betekent niet alleen dat men probeert te evalueren zonder evaluatiecriteria (in feite is dit een contradictie en dus een onmogelijke zaak) maar ook dat men in feite evaluatie reduceert tot beschrijving. Bij de opzet van evaluatieonderzoek kan een tendens worden gezien in de richting van zwakke onderzoeksopzetten en weg van de sterkere onderzoeksopzetten. De kwaliteit van het uitgevoerde evaluatieonderzoek is zodoende minder dan het zou kunnen zijn. Het mogelijke gebruik van resultaten wordt daarmee ongunstig beïnvloed.

Deze ontwikkeling is op zijn zachtst gesproken merkwaardig. In het midden van de jaren zeventig waren er verscheidene curriculumprojecten die curriculumevaluatie met resultaatcriteria en met zo hard mogelijke opzetten hoog in hun vaandel hadden staan. Gewezen kan worden op OSM en PLON als gunstige uitzonderingen op de hierboven beschreven trend. Beide projecten worden, wat betreft hun evaluatie gekenmerkt door een streven naar bij gegeven omstandigheden zo sterk mogelijke onderzoeksopzetten en door het hanteren van resultaatcriteria (zie bijvoorbeeld Slavenburg, 1978; van Aalst en Wierstra, 1979).

Binnen de CURVO-strategie is een deeltijdstrategie voor leerplanevaluatie een belangrijk onderdeel en kan worden gezien als een procedurele specificatie voor opzet en uitvoering van leerlingevaluatie met behulp van resultaatcriteria en een zo sterk mogelijke opzet.

De statutaire beperking van de SLO tot de ontwikkeling van modellen voor leerplannen heeft er eveneens toe bijgedragen om de aandacht te verplaatsen van evaluatie van leerlingresultaten naar de wijze waarop leerkrachten curriculumdocumenten hanteren. De modellen die door de SLO worden ontwikkeld, zijn immers bedoeld om de leerkrachten te ondersteunen en te stimuleren bij hun planningsbeslissingen. Welke planningsbeslissingen door leerkrachten en scholen worden genomen en hoe deze worden uitgevoerd is in de geaccepteerde visie niet relevant voor een evaluatie van de ontwikkelde modellen. Relevant is slechts de vraag of leerkrachten bij hun planningsbeslissingen ondersteuning hebben ervaren van c.q. zijn gestimuleerd door de modellen voor schoolwerkplannen. Recent is nog eens bevestigd dat de SLO, evenals trouwens het merendeel van de instellingen in de onderwijsverzorging, slechts evaluatiecriteria aanvaardt die zijn geformuleerd in termen van de leerkrachtenmerken: bekendheid met en gebruik van producten (zie Hoebe en Stokking, 1986). Voor curriculumevaluatie betekent dit het sluiten van de ogen voor die cruciale onderdelen van de planningsdocumenten die betrekking hebben op het leren van leerlingen: als bij evaluatie niet meer wordt gelet op de leerprocessen en hun resultaten, dan kunnen curriculumontwerpers uiteraard ook niet leren van eventuele fouten die zij in dat opzicht hebben gemaakt. Het aanpassingsperspectief op curriculumontwikkeling en onderwijsvernieuwing op deze manier doortrekken naar opzet en variabelenkeuze bij curriculumevaluatie heeft "aangepast" evaluatieonderzoek (zie Scheerens, 1983) tot gevolg, waarin niet meer zichtbaar wordt waar het eigenlijk om gaat. Het versterkt de in het tweede hoofdstuk geconstateerde onderwaardering voor leerlingevaluatie als onderdeel van didactisch handelen en van curricula. Deze tendens bij het Nederlandse evaluatieonderzoek van curricula wekt temeer verbazing omdat het vaak tegenvallende kennis en resultaten van leerlingen zijn die aanleiding geven tot curriculumvernieuwing en -ontwikkeling. Dat blijkt uit de ervaringen met IEA-studies (zie bijvoorbeeld Husén, 1983; Warries, 1983). Dat blijkt ook uit de Nederlandse ervaringen (vernieuwingprojecten, onderwijsvoorrrangsbeleid, introductie van nieuwe vakgebieden).

3.4 Curriculum en technologie: besluit

De vooruitgang van onze kennis met betrekking tot de ontwikkeling, het gebruik en de evaluatie van curricula gedurende de laatste tien jaren is betrekkelijk gering geweest. Onderzoek

heeft tot nu toe weinig positieve uitspraken of aanbevelingen opgeleverd. Met betrekking tot curriculumontwikkeling heeft onderzoek vooral opgeleverd dat algemene strategieën niet werken en met name niet omdat de ontwerpproblemen onvoldoende worden gespecificeerd. Een specificatie van ontwerpproblemen heeft tot nu toe niet plaats gehad. Met betrekking tot curriculumimplementatie is het nog te vroeg om de stand van zaken op te maken. Desondanks zijn er mensen die een ander perspectief bepleiten. Met betrekking tot curriculumevaluatie hebben we de kennis, het instrumentarium en het vakmanschap dat in het begin van het decennium beschikbaar was, minimaal benut. We hebben een voorkeur gegeven voor keuzes van variabelen en van zwakke opzetten die evaluatie van curricula eerder tegengingen dan bevorderden.

Het inzicht dat er nog veel lacunes in onze kennis zijn kan op zichzelf vruchtbaar zijn voor verder onderzoek. De constatering dat we gedurende het afgelopen decennium een aantal ontwikkelingen hebben toegelaten of zelfs bevorderd die contraproductief zijn geweest voor het opvullen van kennislacunes, suggereert dat curriculumtheoretici en -onderzoekers ook bij zichzelf moeten zoeken naar oorzaken van stagnerende kennisontwikkeling op hun gebied. Dat zal een uitgangspunt zijn bij de schets van een perspectief op de toekomst.

4 Curriculumtheorie in toekomstperspectief

4.1 Vooruitgang in technologie

Specificatie van ontwerpproblemen is noodzakelijk. Dit betreft een specificatie naar doelgroep, naar object en naar gebruikscontext. Vakinhoudelijke en vakdidactische benaderingen van curriculumontwikkelingen zijn een voorbeeld van dergelijke specificaties. Dit betekent echter niet dat wij denken dat ontwikkelingsstrategieën per vakgebied wel een vruchtbare weg zouden betekenen. Ook bij dergelijke ontwikkelingsstrategieën blijven te veel ontwerpproblemen onvoldoende gespecificeerd. Een leergang voor wiskunde zal heel andere ontwerpproblemen kennen al naar gelang de leergang bedoeld is voor het basisonderwijs of het voortgezet onderwijs, al naar gelang de mate van nagestreefde vernieuwing, en al naar gelang de mate van nagestreefde vernieuwing, en al naar gelang de ontwikkeling ter hand wordt genomen door leerkrachten of door professionele ontwikkelaars. Ontwerpproblemen zijn zo gevarieerd en onze specifieke kennis daaromtrent is zo gering, dat naar onze mening de ontwikkeling van deze kennis en vorderingen in ontwerptechnologie het meest vruchtbaar kunnen plaatsvinden aan de hand van het zich uitkristalliserende vakmanschap van curriculumontwikkelaars. Ontwerptechnologie op dit moment is nog vaak een zaak van het "timmermansoog" van de ontwikkelaar. Vooruitgang op korte termijn kan het beste worden bereikt door het trainen van dit "timmermansoog".

Dat dit zogenaamde timmermansoog niet persé gevonden hoeft te worden bij professionele curriculumontwikkelaars, wordt aangetoond door het onderzoek van Van der Akker (1985). In dit onderzoek werd lesmateriaal voor natuuronderwijs in de basisschool geselecteerd dat door de projectgroep van de SLO als representatief voor het project werd beschouwd. Dit lesmateriaal werd door de onderzoekers bewerkt, vooral in de vorm van procedurele specificaties. De implementatie van het oorspronkelijke en van het bewerkte lesmateriaal werd met elkaar vergeleken. Daaruit bleek dat het bewerkte lesmateriaal veel vaker dan het oorspronkelijke lesmateriaal werd geïmplementeerd overeenkomstig de inzichten van de oorspronkelijke SLO-ontwikkelaars. Met behulp van het bewerkte materiaal bleken leerlingen anderhalf maal zo veel actieve bestedingstijd te hebben dan met het oorspronkelijke materiaal. De lesvoorbereiding met behulp van het oorspronkelijke materiaal vroeg bovendien aanzienlijk meer aandacht voor logistiek-organisatorische aspecten dan de lesvoorbereiding met behulp van het bewerkte materiaal. Uitgaande van de bedoelingen van de ontwikkelaars en van de leertijd van de leerlingen hadden de onderzoekers dus een beter "timmermansoog" dan de professionele ontwikkelaars. Onduidelijk is waardoor dit komt. Het is zeer wel mogelijk dat de professionele ontwikkelaars hun tijd en energie meer dan nodig hebben gehad voor het uitwerken van het vernieuwende karakter van natuuronderwijs, terwijl onderzoekers deze uitwerking als

gegevens konden zien en al hun energie konden richten op de procedurele specificaties van slechts één lesbrief. Het onderzoek toont echter aan dat curricula beter worden geïmplementeerd volgens de bedoelingen van de ontwikkelaar en dat curricula waarschijnlijk ook doelmatischer worden geïmplementeerd (gezien de actieve bestedingstijd) naarmate ze meer procedureel zijn gespecificeerd. In die zin is procedurele specificatie een algemene ontwerpaanwijzing, maar als zodanig nog geen ontwerptechnologie; de echte ontwerpproblemen ontstaan na de concretisering en de specificatie. Relevante kennis terzake kan, behalve door het uitkristalliseren van vakmanschap van ontwikkelaars, ook worden verkregen door verder implementatieonderzoek. Daarbij kan worden nagegaan bij welke ontwerpspecificaties een curriculum beter wordt geïmplementeerd.

Het zogenaamde timmermansoog van de ontwikkelaar en cumulerende kennis uit implementatieonderzoek waarbij de doelrealisering en belangrijke variabelen die doelrealisering kunnen beïnvloeden, als criteria voor de kwaliteit, de doelgerichtheid en de effectiviteit van curricula worden genomen. Voor curriculumontwerpers blijkt uit evaluatieonderzoek niet alleen de relevantie van implementatieverschillen, maar ook de kwaliteit van het vakmanschap of van hun zogenaamde timmermansoog. Voor gebruikers blijkt uit evaluatieonderzoek met welke documenten zij het beste de doelstellingen van hun onderwijs kunnen realiseren. Voor verschillende deelgebieden van de onderwijskunde blijkt uit evaluatieonderzoek in hoeverre toepassing van kennis op het onderhavige terrein daadwerkelijk leidt tot resultaten. De toekomst van curriculumtheorie en -onderzoek moet diensgevolge vooral worden gezocht in meer en betere curriculumevaluatie.

4.2 Curriculumevaluatie en criteriumvariabelen

Opbrengsten voor leerlingen bestaan uit resultaten van hun leerprocessen, primair uit hun cognitieve leerresultaten, secundair uit affectieve en andere leerresultaten. Evaluatie van curricula waarin leerresultaten niet als criteriumvariabelen worden meegenomen, verdient eigenlijk niet de naam curriculumevaluatie. Curriculumontwikkelaars, curriculumgebruikers en anderen die beslissen over de invoering van curricula krijgen niet voldoende informatie en ervaringsfeedback over de kwaliteit van het product, als daarbij niet tenminste ook een indicatie kan worden gegeven omtrent de bijdragen van een curriculum aan de leerresultaten van de leerlingen. Met name in die situaties waarin leerresultaten tegenvallen vergeleken met vroeger of vergeleken met de doelstellingen van de ontwikkelaars kunnen dergelijke indicaties niet worden gemist op straffe van ten onrechte te langdurig op het verkeerde spoor zitten. Argumenten dat het wel eens prematuur kan zijn om leerresultaten te meten (Van den Berg en Vandenberghe, 1985), missen elke grond. Het meten van leerresultaten kan nooit prematuur zijn: al is het maar omdat je geen goed onderwijs kan geven zonder informatie over hetgeen leerlingen opsteken van het onderwijs. Prematuur kunnen slechts sommige conclusies zijn die worden getrokken op basis van leerresultaten. Een vernieuwing, of een curriculum dat nog in ontwikkeling is, kan tijdens de ontwikkelingsfase de gewenste doelen nog niet volledig realiseren, zodat tegenvallende leerresultaten in zo'n stadium niet gebruikt mogen worden om de vernieuwing of het curriculum af te schrijven; tegenvallende leerresultaten tijdens een ontwikkelingsstadium moeten worden gebruikt om de ontwikkelingen bij te sturen of nauwgezet te volgen; vernieuwers of curriculumontwikkelaars die in zo'n stadium leerresultaten van leerlingen verwaarlozen, zijn onverantwoord bezig, want zij lopen gevaar ontwikkelingen te continueren die eigenlijk bijgesteld hadden moeten worden.

Leerresultaten van leerlingen zijn het primaire criterium voor de kwaliteit c.q. de effectiviteit van het onderwijs. Er bestaan verschillende onderzoeken - jammer genoeg nog te weinig in Nederland - waarin kenmerken van scholen, c.q. van leerkrachten zijn nagegaan die correleren met effectiviteitsverschillen. Uiteraard hebben kenmerken van aanleg en milieu van leerlingen de grootste invloeden op leerresultaten van leerlingen; deze kenmerken zijn nauwelijks beïnvloedbaar. Daarnaast kan echter worden geconstateerd dat leerkrachten, c.q. scholen, die aandacht besteden aan de optimalisering van de leertijd der leerlingen, die een beperkt aantal

duidelijke en aanvaarde doelstellingen hanteren, die doelrealisering van leerlingen meten en terugkoppelen naar hun leerprocessen, die de kwaliteit van de instructie bewaken en die zorgen voor een ordelijk en veilig leerklimaat, effectiever onderwijs verzorgen dan andere leerkachten, c.q. scholen. Deze kwaliteits- of effectiviteitsverschillen zijn aantoonbaar als wordt gecontroleerd voor de meer invloedrijke effecten van aanleg en milieu. Het betreft gegevens en resultaten van veelal Amerikaans onderzoek en zij blijken uit meta-analyses (Walberg, 1984) en literatuurstudies (Creemers en Schaveling, 1986; Blom, Brandsma en Stoel, 1985).

De genoemde kwaliteitbevorderende kenmerken van leerkrachten, c.q. scholen zijn reeds enige tijd bekend. Niet genoemd zijn een aantal factoren die specifiek zijn voor bepaalde vakgebieden, zoals wiskunde of natuuronderwijs (zie hiervoor bijvoorbeeld Walberg, 1984). Al deze factoren op leerkracht- of schoolniveau kunnen worden beïnvloed. Een dergelijke beïnvloeding zou in eerste instantie verwacht mogen worden van vernieuwings- en ontwikkelingsprojecten die de kwaliteit van het onderwijs willen verbeteren. Aangezien er nauwelijks vernieuwings- en ontwikkelingsprojecten bestaan in Nederland, die deze doelstelling ook niet hebben, is het te meer verbazingwekkend, dat zo weinig van deze kwaliteitsbevorderende factoren worden teruggevonden in vernieuwingen of in curricula, al was het maar in de vorm van intermediaire doelen op leerkracht- of schoolniveau. Wat daarentegen te vaak ook bij producten van de SLO wordt gevonden, zijn elementen die volgens deze onderzoeksgegevens kwaliteitsverminderende effecten hebben. Het implementatieonderzoek van Van der Akker (1985) wijst op gebreken aan procedurele specificatie, zodat zowel tijdens voorbereiding als tijdens uitvoering van het onderwijs te veel tijd moet worden besteed aan logistieke en organisatorische problemen, hetgeen gevolgen heeft in termen van verminderde leertijd van leerlingen. In plaats van een beperkt aantal duidelijke en aanvaarde doelstellingen te hanteren worden doelstellingen ter discussie gesteld, worden nieuwe en vaag geformuleerde doelstellingen geïntroduceerd en worden bovendien nieuwe gebieden geïntroduceerd. Dit alles heeft niet alleen gevolgen voor verminderde leertijd van leerlingen per vakgebied. Het heeft eveneens gevolgen voor een gebrek aan duidelijkheid bij leerkrachten en scholen waar ze met hun onderwijs heen moeten. Een verminderende kwaliteit van het onderwijs mag dan geen verbazing wekken.

De genoemde kwaliteitsbevorderende factoren kunnen als intermediaire doelen voor de kwaliteit van het onderwijs en daarmee tevens als criteria voor de evaluatie van curricula worden gezien. Naast cognitieve en affectieve leerresultaten zou derhalve standaard moeten worden gelet op de optimalisering van de leertijd van leerlingen, op het aantal, de duidelijkheid en de aanvaardbaarheid van doelstellingen, op het meten en terugkoppelen van doelrealisering van leerlingen, op het bewaken van de kwaliteit van de instructie en op een ordelijk en veilig leerklimaat. Curricula die een gunstige invloed op deze factoren uitoefenen, zijn beter dan curricula die geen of een ongunstige invloed uitoefenen.

Uiteraard zijn er verschillen tussen vakgebieden en tussen leerinhouden binnen eenzelfde vakgebied voor wat betreft de specificatie van bovengenoemde criteria.

4.3 Curriculumevaluatie en -implementatie

Bij curriculumonderzoek, en met name bij curriculumevaluatie kunnen we onze kennis vergroten ten behoeve van betere ontwerpen en ten behoeve van betere curriculumtheorieën door te zoeken naar die kenmerken van curricula en met name van de curriculumimplementatie die van invloed zijn op de secundaire criteria en op de primaire criteria van de kwaliteit van het onderwijs.

Met betrekking tot het beïnvloeden van de optimalisering van de leertijd van leerlingen kan worden gedacht aan de volgende implementatiekenmerken. Allereerst de hoeveelheid tijd die van leerkrachten en leerlingen wordt gevraagd bij de uitvoering van een curriculum voor logistieke en organisatorische zaken. Deze tijd dient tot een minimum te worden gereduceerd, zodat zo veel mogelijk tijd kan worden besteed aan leertaken. Uit het onderzoek van Van der Akker (1985) blijkt dat de procedurele specificaties van lesmateriaal tot gevolg hebben dat

leerkrachten meer tijd hebben voor de inhoudelijke voorbereiding van hun onderwijs, dat leerkrachten daardoor minder vakinhoudelijke problemen ervaren en dat de leerlingen aanzienlijk meer tijd besteden aan leertaken. Het oplossen van logistieke en organisatorische problemen door middel van procedurele specificaties bestaat vaak uit hele concrete aanwijzingen die door veel ontwikkelaars niet worden gegeven, hetzij omdat ze vanzelfsprekend of zelfs banaal worden geacht, hetzij omdat ontwikkelaars de neiging hebben zich op inhoudelijke zaken te concentreren.

Met name echter bij curricula voor vernieuwend onderwijs, waarbij ontwikkelaars niet vanzelfsprekend kunnen terugvallen op routines van leerkrachten en waarbij leerkrachten nieuwe routines moeten aanleren, kunnen dergelijke concrete aanwijzingen voor de oplossing van logistieke en organisatorische problemen een aanzienlijke bijdrage leveren aan de optimalisering van de leertijd van leerlingen. De vaak tegenvallende leerresultaten van leerlingen met behulp van vernieuwde curricula zouden wel eens in belangrijke mate tot deze factor kunnen worden herleid. Behalve procedurele specificaties op het concrete les(voorbereidings)niveau kan echter ook worden gedacht aan eventuele voorbeeldmatige specificaties van klasseorganisatie. Met name waar het onderwijs steeds meer wordt gedifferentieerd en geïndividualiseerd, blijkt dat leerkrachten verhoudingsgewijs meer onderwijstijd besteden aan organisatievraagstukken. Dit vermindert de leertijd van leerlingen, zodat de voordelen van differentiatie mogelijk teniet worden gedaan door de nadelen van een verminderde leertijd.

Met betrekking tot het beïnvloeden van het aantal, de duidelijkheid en de aanvaardbaarheid van doelstellingen spreken de belangrijk te achten kenmerken van curricula bijna vanzelf. De gedurende het laatste decennium bijna gewoonte geworden tendens om doelstellingen ter discussie te stellen, het aantal doelstellingen (en vakgebieden) uit te breiden en de nieuwe (maar ook vaak de traditionele) doelstellingen betrekkelijk algemeen te formuleren, moet een halt worden toegeroepen. De basisdoelstellingen en in ieder geval de minimale eindtermen van kernvakken in elke schoolsoort dienen nauwkeurig te worden omschreven. Deze nauwkeurige omschrijving van doelen dient allereerst plaats te vinden in de wet- en regelgeving: om haar taak optimaal te kunnen uitvoeren heeft het onderwijsveld er recht op te weten wat van haar wordt verwacht, dat wil zeggen welke eindtermen, uitgedrukt in leerresultaten, moeten worden gerealiseerd (zie Creemers en Schaveling, 1985). Vervolgens is een nauwkeurige omschrijving van de doelstellingen ook wenselijk binnen ontwikkelde curricula.

Met betrekking tot het beïnvloeden van leerlingevaluatie, dat wil zeggen het meten en terugkoppelen van de doelrealisering van leerlingen zijn twee kenmerken van curricula van belang. Op de eerste plaats dient een curriculum te worden vergezeld van een diagnostisch instrumentarium om de leerresultaten van leerlingen regelmatig in kaart te kunnen brengen. Op de tweede plaats dient een curriculum aanwijzingen te bevatten hoe te handelen bij tegenvallende leerresultaten; zie dienen ook betrekking te hebben op de besteding van de leertijd van de overige leerlingen.

Het zorgen voor een ordelijk en veilig leerklimaat geeft niet direct aanleiding om kenmerken van curricula en curriculumimplementatie naar voren te halen. In eerste instantie lijkt een dergelijke zorg onafhankelijk van curricula. In tweede instantie en indirect kan echter worden gewezen op de kenmerken die te maken hebben met de logistiek-organisatorische problemen. Met name de ordeijkheid van het leerklimaat lijkt hierdoor te worden beïnvloed.

Het bewaken van de kwaliteit van de instructie door de schoolleiding is in eerste instantie evenmin een factor die direct beïnvloed lijkt te worden door kenmerken van curricula en curriculumimplementatie. De procedurele specificatie van de logistieke en de organisatorische problemen bij schoolwerkplanontwikkeling lijkt echter mogelijkheden te bieden om de tijd die schoolleiders aan organisatie- en managementtaken moeten besteden, te verminderen; daardoor krijgen ze althans enige tijd om aandacht te besteden aan de kwaliteit van de instructie binnen de school.

De bovengenoemde kenmerken van curricula en curriculumimplementatie kunnen worden afgeleid uit de factoren die de kwaliteit van het onderwijs beïnvloeden. De analyse is nog een

voorlopige. De opsomming van kenmerken pretendeert niet volledig te zijn. Het is ook niet uitgesloten dat een diepgaander analyse tot andere, eventueel belangrijker kenmerken leidt. De bovenstaande voorlopige analyse is hier gepresenteerd als een illustratie van de wijze waarop het hanteren van productcriteria in combinatie met beschikbare empirische kennis kan leiden tot de selectie van kenmerken die onderdeel zouden moeten zijn van curriculumevaluatie en van implementatieonderzoek. Met behulp van variabelen die aan deze kenmerken zijn ontleend verwachten we dat straks een gedeeltelijke, maar belangrijker verklaring kan worden gegeven van de vraag hoe het komt dat van de doelstellingen en de pretenties van met name vernieuwd onderwijs zo vaak minder wordt gerealiseerd dan aanvankelijk verwacht. Indien de boven geformuleerde vermoedens door empirisch onderzoek blijken te worden bevestigd, kunnen curriculumontwerpers hierin belangrijke aanwijzingen vinden voor hun werk. Indien curriculumonderzoek dat in deze paragraaf wordt gesuggereerd, in uitvoering wordt genomen, mogen we een vruchtbare wisselwerking verwachten met de onderzoekstraditie van schooleffectiviteit.

4.4 Besluit

Analoog aan de campagne "beter, minder maar beter" hebben we ons in het voorafgaande ten doel gesteld het terrein van de curriculumtheorie enigszins in te perken.

Curriculumtheorieën vallen in feite vaak samen met deelgebieden van de onderwijskunde. Deze theorieën zijn op dit moment gebaat bij een relatief zelfstandige ontwikkeling, waardoor ze in de toekomst van nut kunnen zijn bij het ontwerpen van curricula. Dergelijke theorieën verder ontwikkelen met behulp van curriculumonderzoek is naar onze mening minder vruchtbaar. Ook is curriculumtheorie opgevat als uitspraken omtrent ontwikkeling en gebruik en evaluatie van curricula in feite benoemd als curriculumtechnologie. Een ontwerptechnologie in de zin van strategie voor curriculumontwikkeling vraagt om zoveel procedurele specificaties dat algemeen geldige of voor bepaalde doelgroepen, c.q. vakgebieden geldige strategieën een illusie zullen blijken te zijn. We zien in dat opzicht meer heil in het zich ontwikkelen van vakmanschap van curriculumontwerpers en in het uitwisselen en systematiseren van hun ervaringen. Curriculumontwerpers dienen zich bij hun werk te laten leiden en eventueel te laten corrigeren door de uitkomsten van hun werk, die met behulp van evaluatieonderzoek worden vastgesteld. Een bijzondere vorm van het zoeken van mogelijke verklaringen voor tegenvallende resultaten kan worden gevonden in implementatieonderzoek. De ontwikkeling van curriculumtechnologie zal naar onze mening dan ook de meeste perspectieven hebben als ze bestaat uit een systematische evaluatie van elk nieuw ontwikkeld curriculum waarbij productcriteria worden gehanteerd. Het vakmanschap van ontwerpers en hun zogenaamde "timermansoog" komt tot uiting in de toepassing van deeltheorieën en het inschatten van de meest waarschijnlijke implementatiewijze en in het benutten van evaluatieresultaten ten behoeve van een verbeterd ontwerp. Verbetering van het vakmanschap zal voorlopig vooral moeten worden gezocht in het uitwisselen en systematiseren van ervaringen met betrekking tot deze drie aspecten. Curriculumonderzoekers hebben voorlopig ten aanzien van ontwerpproblemen geen belangrijke taak, hoogstens als een aantal zeer belangrijke en vaak terugkerende ontwerpproblemen onvoldoende met behulp van die ervaringsuitwisseling kunnen worden opgelost zal onderzoek naar dergelijke ontwerpproblemen zijn geïndiceerd. Curriculumonderzoekers hebben een dienstverlenende taak: ze verrichten implementatieonderzoek op grond waarvan ontwerpers inschattingen doen, ze verrichten het evaluatieonderzoek waarvan de resultaten door ontwerpers worden gebruikt om de curricula te verbeteren. Curriculumontwerpen als toepassingen van onderwijskundige deeltheorieën vormen een integratiekader voor verschillende deeltheorieën. De onderwijspraktijk als vanzelfsprekende gebruikssituatie van curricula maakt een dergelijke integratie noodzakelijk. Curriculumonderzoek kan daarmee een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van een grotere theorie omtrent het onderwijs.

Voorlopig is het echter nog toekomstmuziek. Een bescheiden opstelling in de nabije toekomst zou zeer wel eens het begin kunnen zijn van een vruchtbare ontwikkeling van onze kennis, niet

alleen over curriculum, curriculumgebruik en curriculumeffecten, maar ook van onze kennis omtrent het onderwijs in meer omvattende theorieën, waarbij hoop geput kan worden uit het oude adagium: *recluer pour mieux sauter*, of, om de reclameslogan te vervolgen: niet alleen minder en beter, maar ook nog lekkerder.

Literatuur

- [1] Aalst, H.F. van en R.F.A. Wierstra. *A model for stepwise curriculum evaluation and its use for curriculum development in physics*. In: *Studies in Educational Evaluation*, 5(1979), 187-197.
- [2] Akker, J.J.H. van der. *Van ontwerp tot uitvoering*. Voorlopig verslag ten behoeve van de SVO van het project Implementatie van Natuuronderwijs (SVO 1057). Enschede, Universiteit van Twente, 1985.
- [3] Ax, J. *Planningsgedrag van leraren*. Lisse, Swets & Zeitlinger, 1985.
- [4] Berg, R. van den en R. Vandenbergh. *Grootschaligheid in de onderwijsvernieuwing*. Tilburg, Zwijssen, 1984.
- [5] Blom, M.J.T., H.P. Brandsma en W.G.R. Stoel. *Effectieve scholen in het basisonderwijs; een voorstudie*. Groningen, RION, 1986.
- [6] Clark, C.M. and R.J. Yinger. *Research on teacher planning: a progressreport*. In: *Journal of Curriculum Studies*, 11(1979), nr.2.
- [7] Creemers, B.P.M. en J. Schaveling. *Verhoging van onderwijsactiviteit: een pré-advies aan de WRR inzake het project 'Basisvorming'*. Den Haag, Staatsuitgeverij, 1986.
- [8] Eisner, E.W. *The educational imagination on the design and evaluation of schoolprograms*. New York, MacMillan, 1979.
- [9] Fullan, M. and A. Pomfret. *Research on curriculum and instruction implementation*. In: *Review of Educational Research*, 47(1977), nr.1, 355-397.
- [10] Gagné, R.M. and L.J. Briggs. *Principles of instructional design*. New York, Wiley, 1974.
- [11] Gelder, L. van (red.). *Didactische analyse*. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1979.
- [12] Groot, A.D. de. *Begrip van evalueren*. 's-Gravenhage, VUGA Uitgeverij B.V., 1986.
- [13] Harskamp, E.G. en C.J.M. Suhre. *Vergelijking van Rekenmethoden in het Basisonderwijs*. Eindrapport van SVO-project 9.4035. Groningen, RION, 1986.
- [14] Hoebe, W.Th.J.G. en K.M. Stokking. *Probleemverkenning onderwijsverzorging*. Stand van Zaken, 1985. Groningen/Utrecht, RION/VOU, 1986.
- [15] Hoebe, W.Th.J.G. *Evaluatieonderzoek van het onderwijs*. Stand van Zaken. In: Halkes, R. en R.G.M. Wolbert. *Docent en methode. Bijdragen aan de ORD'84*. Lisse, Swets & Zeitlinger, 1985, pp. 23-41.
- [16] Hoebe, W.Th.J.G. *Het realiseren van theoretische meeropbrengsten in praktijkgericht curriculumonderzoek*. Haren, RION, 1980. (RION-bulletin 7).
- [17] Hoebe, W.Th.J.G. *Praktijkgericht onderzoek en de groei van kennis*. Groningen, dissertatie, 1981.
- [18] Husén, T. *Cross-national comparisons of levels of student achievement; for what purpose?* In: B.P.M. Creemers, e.a. (red.). *De kwaliteit van het onderwijs*. Groningen, RION, 1983, p. 166-180.
- [19] Kok-Damave, M. de (red.). *De CURVO-strategie*. Handboek voor leergangontwikkeling. Den Haag, Staatsuitgeverij, 1980.
- [20] Kooreman, H.J. *Introductie op de themagroep 'De L₄ benadering', toegepast op het lezen en spellen*. In: *Congresboek ORD'76*, z.pl., 1977, pp. 63-73.
- [21] Kounin, J. *Discipline and group management in classrooms*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- [22] Medley, D.M. *Teacher effectiveness*. In: Mitzel, H.E. *Encyclopedia of Educational Research*. New York, Free Press, 1985.
- [23] Nijhof, W.J. *Ontwikkelingen in het curriculumonderzoek*. In: Halkes, R. en R.G.M. Wolbert. *Docent en Methode. Bijdragen aan de ORD'84*. Lisse, Swets & Zeitlinger, 1985, pp. 5-23.
- [24] Nijhof, W.J. *Over het ontwerpen van curricula*. Inaugurale rede, T.H. Twente, 1983.
- [25] Peterson, P.L. and H.J. Walberg. *Research on teaching. Concepts, findings and implications*. Berkeley, McCutchan, 1979. Reezicht, G.J., M.H. van Dijk en J.J.F. Bosveld. *Differentiatie op de basis-school*. Eindrapport SVO-project 301.4010. Groningen, RION, 1986.
- [26] Scheerens, J. *Evaluatie-onderzoek en beleid*. Methodologische en organisatorische aspecten. Den Haag, SVO, 1983.
- [27] Slavenburg, J.H. *Het project Onderwijs en Sociaal Milieu*. Tilburg, Zwijssen, 1978.
- [28] Slavenburg, J.H. *Selecteren van onderwijsactiviteiten, didactische werkvormen, audiovisuele media en*

- optimaliserend leerkrachtengedrag*. In: Losbladig Onderwijskundig Lexicon, CO 5200, 1-31. Alphen a/d Rijn, Samson, 1979.
- [29] Span, B., I.M. Abbring en C.J.W. Meijer. *De opvang van leerlingen met problemen in het regulier onderwijs*. Eindrapport SVO-project 301.4141. Den Haag, SVO, 1986.
- [30] Taba, H. *Curriculum development: theory and practice*. New York, Harcourt, Brace, Jovanovich, 1962.
- [31] Terwel, J. *Onderwijs maken*. Den Haag, SVO, 1984.
- [32] Walberg, H.J. *Improving the productivity of America's schools*. In: Educational Leadership, 41(1984), nr.1, 19-27.
- [33] Warries, E. *Comment on T. Husén: Cross-national comparisons of levels of student achievement; for what purpose?* In: Creemers, B.P.M. e.a. (red.). *De kwaliteit van het onderwijs*. Groningen, RION, 1983, pp.180-185.
- [34] Weeda, W.C. *Beheersingsleren: het model getoetst in de tijd*. Tilburg, dissertatie, 1982.
- [35] Wheeler, D.K. *Curriculum process*. London, 1970.

Onderwijs en ontwikkeling als leerproces (1)

B. van Oers, Vakgroep Onderwijskunde,
VU, Amsterdam

1 Onderwijswetenschap tussen theorie en praktijk

Vrij algemeen wordt de onderwijskunde als een praktijkgerichte wetenschap voorgesteld. De opdracht van de onderwijskunde is daardoor tweeledig: zij moet zorg dragen voor verdergaande theorie-ontwikkeling én zij moet een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van de onderwijspraktijk. Voor de onderwijskunde is dit echter een waarlijk dilemma gebleken. In de praktijk van het onderwijskundig onderzoek zien we vaak dat óf de theorie-ontwikkeling óf de praktijkontwikkeling prevaleert. Pogingen om aan dit dilemma te ontkomen worden in verschillende publikaties naar voren gebracht (o.a. De Jong, 1983; Creemers & Hoebe, 1984; Miedema, 1984; Wardekker, 1986). In dit artikel wil ik mij ook met die problematiek bezighouden vanuit de veronderstelling, dat de identiteit van de onderwijskunde juist bestaat in haar vermogen om haar *hele* opdracht te vervullen. Een radicale scheiding tussen theorie en praktijk wordt daarbij afgewezen (zoals Vygotskij trouwens al in 1927 bepleitte). Onderwijsvernieuwing komt alleen tot stand voor zover zij gedragen wordt door handelende subjecten en dit handelen heeft zelf al een 'theoretische' lading (berust op routines, op overwegingen, of zelfs opvattingen over leren, ontwikkeling, 'goed onderwijs' e.d.). Onderwijsontwikkeling moet volgens dit uitgangspunt aangrijpen op de 'theorieën' van degenen die het onderwijs maken, d.w.z. op het didactische handelen van leerkrachten (vgl. Aebli, 1983). In mijn verdere beschouwingen zal ik mij ondermeer baseren op het werk van Wardekker m.n. 1986) en op ervaringen die wij zelf hebben met ontwikkelingsonderzoek. In voetnoten zullen de relevante bijzonderheden van dit project worden toegelicht. (2)

2 Het dilemma en zijn uitwegen

Een gelijktijdig waarborgen van zowel de theoretische als de praktische relevantie is voor het onderwijskundig onderzoek moeilijk realiseerbaar gebleken. Aan de ene kant manifesteerde zich onderzoek dat zich met name richtte op (al dan niet theoretisch goed onderbouwde) hypothesen omtrent samenhangen tussen geïsoleerde variabelen en waarin de wetenschapper – in de terminologie van Wardekker (1986, p.54 e.v.) – de positie inneemt van '*waarnemer*' van een (aangetroffen of geconstrueerde) werkelijkheid die overigens los van hem opereert op basis van causale samenhangen. De onderzoeker bekijkt dus op een afstand of de (geconstrueerde) realiteit zich gedraagt zoals hij dat op basis van zijn theorie zou verwachten. De inzet van zulk onderzoek is vaak uitsluitend toetsing van theorie (hypothese); de praktische relevantie daarvoor voor de onderwijspraktijk is vaak onduidelijk, twijfelachtig en soms in het geheel (nog) niet nagestreefd. Verschillende onderzoekingen binnen het bekende A.T.I.-paradigma zijn hier een voorbeeld van.

Aan de andere kant zien we onderzoek, waarbij een sociaal systeem als authentieke totaliteit tot domein van studie wordt gemaakt. De wetenschapper stelt zich hierbij op als '*deelnemer*' aan het interpretatie- en ontwikkelingsproces (Wardekker, 1986, p. 76 e.v.) en probeert vooral de interpretaties van de praktijkmensen zelf te verhelderen en met hen tot overeenstemming te komen over interpretaties, ontwikkelingsmogelijkheden en te nemen maatregelen. De wetenschapper moet via deelname aan de bestudeerde praktijk het interpretatieschema van de betreffende praktijkmensen verwoorden en verhelderen, maar mag die interpretatie niet veranderen of ter discussie stellen (hij kan dat trouwens niet eens zonder buiten de grenzen van deze interpretaties te treden en dus gebruik te maken van oneigenlijke, voor die praxis non-rationele argumenten). Verschillende vormen van zgn. actie-onderzoek vallen hier onder. In ditzelfde kader vallen ook benaderingen waarin de leerkracht wordt beschouwd als een zelfstandig

curriculumontwerper die op basis van bestaande documenten zelf zijn eigen curriculum maakt. In dit proces zou de leerkracht *ondersteund* moeten worden (zie Reints, 1983). Het feitelijk gebruik van een curriculumdocument moet niet aangepast worden aan de bedoelingen van het curriculum, maar andersom (Reints, o.c., p.86). Het accent ligt in deze benaderingen op de poging tot praktijkontwikkeling vanuit het potentieel van die praktijk zelf. Het theoretische belang van dit soort onderzoek is vaak laag (gelet op de investeringen), moeilijk aan te geven of zelfs twijfelachtig (zie o.m. Wardekker, 1986, o.a. p. 126-127; Creemers & Hoebe, 1984, p. 87-88).

In hun analyse van de stand van zaken in het huidige Nederlandse onderwijswetenschappelijke onderzoek geven Creemers & Hoebe (o.c., p. 155) aan, dat het evenwicht tussen wetenschapsonwikkeling en onderwijsontwikkeling op dit moment verstoord is. Zij wijzen erop, dat met name de zorg voor de theorie-ontwikkeling in het gedrang is. Om het evenwicht weer te herstellen en aan het geschetste dilemma te ontkomen, ontwierpen zij een wetenschapsmodel waarin praktijkontwikkeling en theorieontwikkeling naast elkaar voorkomen, resp. verbonden zijn met de ontdekkingscontext en de rechtvaardigingscontext van wetenschap. Het praktijkontwikkelingsonderzoek, c.q. de prakticus, genereert de vragen en problemen die vervolgens door de wetenschapper in theoretische hypothesen vertaald worden en geoperationaliseerd worden tot meetbare grootheden op basis waarvan empirische toetsing van de desbetreffende theorie mogelijk wordt. Alleen door empirische beproefing van theorieën – aldus Creemers & Hoebe – kan theorieontwikkeling plaatsvinden.

In het voorstel van Creemers & Hoebe zien we dat er sprake blijft van een scheiding tussen theorie en praktijk en dat in feite wordt voorgesteld om de theorie-praktijkproblematiek te regelen via taakverdeling en wederzijdse erkenning. Het model van Creemers & Hoebe berust op een taakverdeling waarbij de prakticus/praktijkontwikkelaar de beproefde theorie toepast, waarna de wetenschapper de problemen van die theorie op het spoor kan komen en mag proberen die op te lossen m.b.v. aanvullende hypothesen en speciaal daarop gericht onderzoek binnen methodologisch scherp gecontroleerde onderzoekssettings. Met het oog op deze samenwerking tussen wetenschap en praktijk stellen zij voor (o.c., p.61) om theorieën een praktijkgericht perspectief te geven door er de eisen van toepasbaarheid en bruikbaarheid aan te stellen. Maar wie bepaalt de inhoud van deze eisen en de mate waarin daaraan voldaan is? Wat te doen als de wetenschapper daar anders over oordeelt dan de prakticus, wat als de prakticus de theorie anders toepast dan de wetenschapper graag zou zien? Andersom vinden Creemers & Hoebe dat praktijkgericht onderzoek een theoriegericht perspectief moet krijgen, doordat het onderzoek theoretisch reconstrueerbaar moet zijn. Maar wat te doen als de prakticus zich niet herkent in de theoretische reconstructie?

Deze 'samenwerkingssituatie' blijft er een waarin de wetenschapper afstand kan nemen van de opgezette praktijk, omdat deze 'theoretisch niet goed in elkaar zit', 'methodologisch rammelt' of iets dergelijks; waarin de prakticus de theoretische voorstellen kan negeren omdat ze te ver van hem afstaan en niet overtuigend zijn, niet realistisch zijn etc. De traditionele boedelscheiding tussen theorie(ontwikkeling) en praktijk(ontwikkeling) wordt in deze benadering niet opgeheven. Wetenschap en praktijk beoordelen elkaars resultaten uitsluitend vanuit hun eigen rationaliteit. In het beste geval aanvaarden zij elkaars resultaten, maar in de wijze waarop zij die vervolgens hanteren zijn zij weer volstrekt autonoom. Zinloze of oneigenlijke 'toepassingen' zijn dan niet ondenkbaar, met alle gevolgen van dien (en wie is daarvoor verantwoordelijk?).

Wetenschapsonwikkeling vindt in het model van Creemers & Hoebe het best plaats wanneer de praktijk zich laat inrichten volgens een vooraf precies omschreven theorie en de wetenschapper vervolgens 'op afstand' de gebeurtenissen kan gadeslaan. Creemers & Hoebe blijven daardoor gevangen in wat we eerder – met Wardekker – het waarnemersmodel genoemd hebben. Van een waarlijke uitweg uit het theorie-praktijkdilemma is dan ook m.i. geen sprake.

Met het bovenstaande is echter nog niet aangetoond, dat genoemde onderzoeksbenaderingen principieel volstrekt onvruchtbaar zouden zijn. Zij voldoen alleen niet, waar het gaat om het

gelijktijdig waarborgen van de theoretische en praktische relevantie. De condities waaronder de dubbele relevantie van beide onderzoeksbenaderingen gemaximaliseerd kan worden, zijn echter nog niet gespecificeerd (ook niet door Creemers & Hoebe). Voorzover gesproken mag worden over verdiensten van elk van beide onderzoeksbenaderingen, kunnen we stellen dat deze – zoals Wardekker (1986) aantoonde – in hun huidige gedaante moeilijk via integratie te combineren zijn, vanwege hun radicaal verschillende uitgangspunten. Juist deze uitgangspunten zijn diep in *tradities* (filosofische noties) geworteld en laten zich vanwege hun fundamentele karakter moeilijk negeren of weerleggen. Het feit dat in Nederland het praktijkgerichte onderzoek de overhand blijkt te hebben (zoals Creemers & Hoebe constateren) heeft te maken met tradities die hier dominant zijn: met de hoge status van de hermeneutische traditie in het onderwijsonderzoek in Europa (zie Frey, 1986) en/of met een 'technologische' visie op onderwijs waarin onderwijsverbetering altijd wordt nagestreefd door wetenschappelijk onderbouwd sleutelen aan de machine (i.c. het instructieproces). Het ongeduld van praktijk- of beleidsmakers hangt hier nauw mee samen. De overstijging van het theorie-praktijkdilemma moet echter niet zozeer gezocht worden in een koppeling van deze tradities met een andere (vanuit een soort complementariteitsgedachte), want dat levert onvermijdelijk spanningen en spraakverwarring op (zie ook weer Wardekker, 1986), maar juist in het zoeken van aansluiting bij een traditie waarin de theorie-praktijkcesuur niet principieel is ingebouwd.

Vanuit de opvatting over de intrinsieke eenheid van theorie en praktijk krijgen de setting voor wetenschappelijk onderzoek en de praktijk van het onderwijs eenzelfde status: beide zijn pogingen tot *theoriegeleide constructie van een specifieke empirie*. Onderwijskundig onderzoek dat ernst maakt met haar opdracht (en dus met haar dubbele relevantie) bestaat nu in de constructie van één praxis, gezamenlijk door wetenschappers én praktici, die door de betrokken leerkracht(en) beschouwd kan worden als de eigen onderwijspraktijk en die gelijktijdig vanuit wetenschappelijk oogpunt als een ecologisch valide onderzoekssituatie kan worden aanvaard. Alleen in dat geval valt onderwijsontwikkeling samen met het creëren van optimale condities voor empirisch wetenschappelijk onderzoek; alleen in dat geval kunnen de verkregen (of te winnen) empirische gegevens opgevat worden als evaluatiegegevens voor het geconstrueerde onderwijs én als empirisch materiaal in theoriegericht onderzoek. In feite is er nu geen sprake meer van afzondering van theoriegericht en praktijkgericht onderzoek. We hebben thans te maken met – wat Wardekker (1986, p. 198) noemt – een *tweezijdig leerproces*, waarin onderzoekers en praktici stap voor stap, via debat, scholing en wederzijdse belangenverheldering werken aan één door beide partijen aanvaarde, theoretisch gefundeerde praxis. In dit leerproces mag het eigen praktische belang van de school niet weggedrukt worden onder de autoriteit van de theorie, noch mag er gemarchandeerd worden met het theoretische belang door al te snel tot een schikking te willen komen door consensus te zoeken op een oppervlakkig niveau van beschrijving van de praktijk. Het gaat hier waarschijnlijk om een langdurend leerproces waarin alle betrokkenen (willen) leren van elkaar en waarin de betrokken school (de betrokken docenten) begeleid wordt naar een theoretisch verantwoorde onderwijspraxis. De Jong (1983) stelt eveneens een *dialogisch model* voor als strategie voor constructief onderwijskundig onderzoek, waarin de dienstbaarheid van de theorie aan de praktijk zoveel mogelijk gewaarborgd kan worden en waarbij het theorie-ontwikkelingsdoel van wetenschap behouden kan blijven. Hoewel hij nog wel wat problemen ziet in de praktische verwerking van dat model stelt hij (o.c., p.159): 'Het bijeenbrengen van activiteiten-onderwijzen, ontwikkelen, onderzoeken, begeleiden - in werkeenheden die een projectvorm kennen, biedt o.i. de beste perspectieven voor de uitwerking van de gekozen thematiek'. In feite gaat het hier niet om iets nieuws: het is een poging tot 'wetenschappelijke disciplineren van een beroepspraktijk' (vgl. Van Strien, 1986; Skatkin, 1986). Het ontwikkelen van het theoretisch denken van onderwijsgeveenden werd in de jaren '50 reeds bepleit door de Duitse didacticus Paul Heimann, wiens werk wordt voortgezet door Reich (o.a. 1979). Ging het bij Heimann/Reich vooral om de initiële opleiding van onderwijsgeveenden, thans gaat het om de ontwikkeling van het theoretisch denken van onderwijsgeveenden binnen een lopende, vaak al gestabiliseerde beroepspraktijk. De vraag is nu: hoe moet een dergelijk 'leerproces' als tweezijdig leerproces worden ingericht, wat moet

als doelpraxis worden nagestreefd? De volgende paragrafen gaan daar dieper op in.

3 Schoolexperimenten! Hoe?

In het kader van onderwijskundig onderzoek wordt het schoolexperiment veelvuldig als ideaal naar voren gebracht. Lagerweij (1986, p. 64) omschrijft het schoolexperiment als een 'systematische poging om gewenste veranderingen in de praktijk van een of meer scholen te beproeven alsmede te verspreiden'. Hoewel Lagerweij in zijn beschrijvingen nog hoofdzakelijk lijkt te denken aan situaties waarin wetenschappelijke kennis wordt ingevoerd in de praktijk (een éénzijdig leerproces dus), is zijn analyse van de functies van schoolexperimenten in de huidige context van belang. Hij kent aan het schoolexperiment vier functies toe:

- a. **ontwikkeling:** het zichtbaar maken van de praktische haalbaarheid van ideeën en daarmee het vergroten van inzicht in de voorwaarden waaronder nieuwe vormgeving kan plaatsvinden;
- b. **aanschouwelijkheid:** het demonstreren van nieuwe onderwijsideeën;
- c. **provocatie:** het uitlokken van discussies over vanzelfsprekendheden in het vigerende onderwijs;
- d. **inspiratie:** aanzetten tot soortgelijke vernieuwingsactiviteiten bij anderen (indien het schoolexperiment succesvol blijkt).

Een belangrijk punt van afweging is echter nog het volgende: op welk niveau wordt het schoolexperiment ingezet, welke omvang moet dit idealiter aannemen? Gaat het idealiter om een verandering van een hele school, om de verandering van één lessenserie of project, of zijn hierover geen voorkeuren uit te spreken?

Wanneer we ernst maken met de opdracht van de praktijkontwikkeling zijn er argumenten te geven om schoolexperimenten zo omvattend mogelijk op te zetten. Wanneer het lukt om een school als geheel volgens een bepaalde conceptie op te zetten is de zeggingskracht van het voorbeeld waarschijnlijk groter dan wanneer het slechts om vernieuwingen van één onderdeel gaat. Vernieuwingen hebben immers vaak betrekking op ontwikkelingen bij leerlingen die de grenzen van de traditionele vakken overschrijden. Wanneer leerlingen bijvoorbeeld in één leergebied in groepjes mogen werken (probleemgericht werken, gedifferentieerd werken etc.), terwijl dit in andere leergebieden niet het geval is, is het effect van zo'n vernieuwing wellicht niet optimaal. Dergelijke veranderingen moeten voorts stroken met de organisatie van de school, met het beleid en zoveel mogelijk in het schoolwerkplan gelegitimeerd zijn. Wanneer we schoolexperimenten opvatten in deze omvattende zin, waarbij alle aspecten van macroniveau, mesoniveau en microniveau gelijktijdig en in samenhang aan de orde zijn, dan gaat het dus om een leerproces waarin een school leert om haar totale onderwijsopzet in te richten volgens wetenschappelijk verantwoorde ideeën.

De ervaring heeft echter geleerd, dat – ook als de gelegenheid tot een dergelijk experiment zich voordoet (3) – het gewenste veranderingsideaal bij voorkeur *niet* zo omvattend wordt geformuleerd. De volgende overwegingen zijn daarvoor aan te voeren:

- **veranderingsproces is overmatig complex:**
 - a. er zijn te veel verschillende aspecten gelijktijdig aan de orde,
 - b. de interne samenhang tussen die aspecten is niet duidelijk, ontwikkelingen van het systeem zijn daardoor moeilijk te sturen,
 - c. de problemen van de verschillende leergebieden met de realisatie van de beginselen van de school zijn verschillend: veel uiteenlopende problemen moeten gelijktijdig aangepakt worden.

Een samenhangende theoretische begeleiding/reconstructie van zo'n ontwikkelingsproces is niet uitvoerbaar; er dreigt een ontwrichtende proliferatie van problemen.

- **erkenning van de verantwoordelijkheid van de school:** de school heeft een eigen verantwoordelijkheid tegenover ouders en leerkrachten, waarin garanties van een (traditioneel bepaald) maatschappelijk effect een rol spelen; met het oog daarop is een zekere stabiliteit in de school gewenst; de organisatieleer leert ons dat management van organisaties er vaak op

gericht is om al te grote fluctuaties in de technische kern (i.c. het feitelijk onderwijskundig en didactisch handelen) zoveel mogelijk te voorkomen (vgl. Thomson, zie Versloot, 1981). De eigen verantwoordelijkheid van de school moet erkend worden, maar daarmee is tevens de onwenselijkheid aangegeven van te veel veranderingen gelijktijdig; een organisatie als een school kan maar een beperkt aantal veranderingen aan.

- **stagnering van het onderzoeks-/leerproces:** door de grootschaligheid van de schoolvernieuwing zijn er automatisch veel mensen en op verschillende niveaus bij het ontwikkelingsproces betrokken; het is uiterst moeilijk om in zo'n grote groep een leerproces in de bovenbedoelde zin te realiseren, omdat de gegadigden te talrijk en de belangen te divers zijn om via een rationele communicatie tot één gezamenlijk en samenhangend ontwerp te komen, waarin tegemoet gekomen is aan alle belangen en problemen.

Deze overwegingen maken duidelijk, dat grootschalige schoolexperimenten – zowel met het oog op praktijkontwikkeling – niet de meest geschikte invulling zijn van het schoolexperiment. (4) Een zinvolle inperking is dan nodig.

We stuiten hier op een nieuw probleem. Elke inperking is moeilijk, omdat die gemakkelijk kan omslaan in opportunisme, gebaseerd op wat toevallig voorhanden is, of op wat (gemakkelijk) haalbaar of implementeerbaar lijkt. Ik wil hier niet ingaan op de vraag hoe de keuze voor een bepaalde inperking moet worden gemaakt. Veeleer interesseert me voorlopig de vraag hoe een dergelijk ingeperkt experiment als schoolexperiment gestuurd wordt, zodat de school of nog breder: de onderwijspraktijk er beter van wordt én er sprake kan zijn van theorie-ontwikkeling. Wanneer zo'n experiment als leerproces wordt ingericht is het van belang dat er een gezamenlijk *programma* is dat door de school én door de betrokken wetenschappers aanvaard is. Een dergelijk programma is mogelijk op basis van gedeelde (en geleidelijk nog verder te verduidelijken) uitgangspunten (bijv. opvattingen over kennis, leren, leerling, leerkracht e.d.). Deze uitgangspunten fungeren als heuristiek voor het gezamenlijk leerproces. Zij zijn van wezenlijk belang om op een rationeel onderbouwde consensus aan te sturen in het onderzoeks-/leerproces. Betrokkenen moeten elkaar kunnen houden aan basale afspraken over schoolconcept en ontwikkelingsdoel. Zo'n (theoretisch en praktisch) onderzoeksprogramma stoelt op een explicitering van het schoolconcept zoals dat bijv. in het schoolwerkplan van een school wordt aangeduid. Dit schoolconcept fungeert als basis van de overeenkomst tussen praktici en wetenschappers. Ten behoeve van een 'ingeperkt' schoolexperiment moet naast de betrokken wetenschappers óók de school als totale organisatie worden aangesproken met het oog op explicitering van haar uitgangspunten. (5) De vruchtbaarheid van dit onderzoek hangt hier in sterke mate mee samen.

In het kader van de uitvoering van een schoolexperiment is nu de vraag: hoe moet zo'n ingeperkt schoolexperiment worden opgevat?

In elk geval moet het gaan om onderzoek waaraan zowel theorie als praktijk zich kan ontwikkelen. In het onderzoek van het onderwijs is de laatste jaren vaak sprake van *ontwikkelingsonderzoek* (vgl. Terwel, 1984) dat aan deze eis tegemoet zou kunnen komen. Kenmerkend voor zulk onderzoek is onder meer 'dat het onderzoeksresultaat zelf een veranderde praktijk is en niet slechts kennis ten behoeve van verandering van die praktijk' (Verschaffel & Van Oers, 1986, p.38 - zie verder het overzicht van Van Eerde in deze bundel). De complexiteit van dit soort onderzoek vereist een verdere bezinning en specificatie van de te volgen strategie.

4 Strategie van ontwikkelingsonderzoek

De opdracht van de school ten opzichte van de leerlingen is het (mede) stimuleren van de cognitieve en persoonsontwikkeling minstens tot een niveau dat een persoonlijke en maatschappelijke betekenis heeft. In vrijwel alle gevallen gaat het hierbij om langlopende leerprocessen. Het object waarop ontwikkelingsonderzoek zich richt moet bij voorkeur een afspiegeling zijn van 'de school' als totaalproces, d.w.z. het moet zoveel mogelijk de fundamentele kenmerken vertonen die de school ook heeft. De aspecten van cultuur (inhoudelijk), didactiek en

longitudinaliteit vormen zulke basale kenmerken. Tegen deze achtergrond lijkt het curriculum (i.c. de leergang) het object bij uitstek te zijn voor ontwikkelingsonderzoek. Specialiserend onderzoek (bijv. ten behoeve van instrumentontwikkeling of detaillistisch, streng gecontroleerd hypothesetoetsend onderzoek) moet zoveel mogelijk verbonden zijn met curriculumontwikkelingsonderzoek, via welke het praktisch en theoretisch belang het best gewaarborgd kan worden.

Met de keuze voor curriculumontwikkeling als basis van ontwikkelingsonderzoek hebben we in feite gekozen voor een exemplarische strategie. Binnen een ontwikkelingsschool vindt op één of enkele plaatsen curriculumontwikkelingswerk plaats; op die plaats(en) worden vernieuwende ideeën uitgewerkt en getoetst, in de veronderstelling dat daarmee binnen de school een provocerende, inspirerende demonstratie kan worden gegeven voor het ontwikkelingsproces van de school als geheel. De vernieuwing wordt zo als het ware middels een *infuus* in de school ingebracht. (6)

Ook in dit geval gaat het om het op gang brengen van een gezamenlijk leerproces in een thans relatief kleine groep onderzoekers en leerkrachten, waarin geprobeerd wordt om de middelen te ontwerpen die kunnen worden ingezet voor de permanente constructie van een samenhangende reeks empirische situaties die door de leerkracht kunnen worden beschouwd als eigen realisatie van het betreffende curriculum en die door de betrokken wetenschappers kunnen worden beschouwd als correcte realisaties van de te onderzoeken theorie. Alleen in dit geval kan ook zinvol gesproken worden over de leerkracht als een mede-researcher (vgl. Stenhouse, 1978).

Hoe ziet zo'n leerproces er nu uit? De ervaring leert, dat nieuwe theoretische ideeën vrijwel nooit onmiddellijk en volledig kunnen worden omgezet in didactisch handelen (zie ook Skatkin, 1986). Het feitelijke didactische handelen is altijd een functie van de actuele vaardigheden en inzichten van de docenten en van de mate waarin en de wijze waarop zij de nieuwe ideeën geïntegreerd hebben in hun handelingsrepertoire. Een directe uitwerking van theorie in praktisch didactisch handelen is ook alleen daarom al onwaarschijnlijk, omdat de theorie vaak nog niet ver genoeg gespecificeerd is om het hoofd te kunnen bieden aan de rijkdom aan gebeurtenissen in de praktijk. Er gaat in de eerste ronde dan ook regelmatig iets 'mis': iets wat ongelukkig uitvalt, iets dat bij nader inzien anders had gemoeten etc. De aldus vernieuwde praktijk moet vervolgens in de onderzoek/ontwikkelgroep geëvalueerd worden, waarbij problemen geïnventariseerd worden en ideeën ter verbetering worden besproken. De betrokken wetenschappers worden daarbij gedwongen om de ontmoete problemen scherper te formuleren dan in een eerder stadium is gebeurd. Dit vereist uitwerking van de betrokken theorie en verbetering van de theoretische reconstructie. Op basis van deze besprekingen wordt een gezamenlijk plan opgesteld waarin de belangen van de betrokkenen zo goed mogelijk behartigd zijn en waarvan verwacht mag worden dat het een verbetering is ten opzichte van de eerdere praktijk. Een nieuwe praktische uitvoering is dan mogelijk en een nieuwe cyclus van evaluatie-probleemstelling-diagnose/reconstructie-plan-actie kan worden opgestart. Het leerproces zoals ons dat voor ogen staat is een *regulatieve cyclus* in de zin van Van Strien. Het volgt de methodologische grondfiguur van het praktijkdenken (zie Van Strien, 1986).

In bovenstaande omschrijving wordt zichtbaar, dat het beoogde proces van onderwijsconstructie veelal een langdurig leerproces omvat. Kenmerkend daaraan is:

- a. dat de wetenschapper gedwongen wordt tot voortdurende specificatie van zijn theorie en tot steeds verdere ontwikkeling daarvan met behulp van ervaringsgegevens en verdergaand theoretisch en empirisch onderzoek. Aangezien de wetenschapper via zijn eigen professionele praktijk deze theoretische innovaties ook voortdurend voorlegt aan medewetenschappers, wordt de theorie-ontwikkeling óók extern geëvalueerd. Aldus draagt deelname aan het gezamenlijke leerproces bij aan theorieontwikkeling en progressieve probleemformuleringen, waarmee de praktijkontwikkeling vervolgens weer 'gevoed' kan worden. Overigens zal het duidelijk zijn, dat wij bij deze onderzoeksbenadering vertrekken vanuit een speciaal wetenschapsbeeld, dat theorie-ontwikkeling niet uitsluitend ent op empirisch onderzoek (zoals Creemers & Hoeben geneigd zijn te doen), maar dat evenzeer belang hecht aan de oplossing van conceptuele problemen (vgl. Landau, 1977; Hetebrij, 1983). (7)

- b. dat het praktisch handelen van de betrokken leerkracht(en) zich ontwikkelt in de richting van de in de theorie aangegeven norm, met behoud van de zingeving daaraan door de docent zelf. Belangrijk aan dit leerproces is, dat de docent nooit het gevoel krijgt iets te moeten uitvoeren puur op gezag van anderen. De docent zelf moet drager blijven van het didactisch handelen. Alleen via die weg kan theorie zinvol in de praktijk neerslaan.
- c. dat het een proces van onderhandeling is op basis van theoretische en praktische argumenten. Machtsmiddelen mogen daarin eigenlijk geen rol spelen, realiteitszin natuurlijk wel. Het leerproces stuurt aan op rationele theorie-ontwikkeling van alle betrokkenen (dit is niet via 'meeste stemmen gelden' te bereiken); er is sprake van 'primaat van theorie', maar van wiens theorie ligt niet op voorhand vast.

Tot nu toe hebben we de participanten aan het gezamenlijke leerproces nog slechts globaal aangeduid waar het de wetenschappelijke sectie van de onderzoeksgroep betrof. De samenstelling van zo'n groep is zelf eigenlijk een apart probleem dat zich hier niet uitputtend laat behandelen. In elk geval moeten vertegenwoordigd zijn náást de docent: onderwijskundige, onderwijspsycholoog/didacticus, vakdidactici. (8) De opbrengsten van het gezamenlijk leerproces worden geleidelijk als vernieuwend moment in de school binnengebracht. Alleen via deze weg komen we af van de situatie waarin de relevantie van onderzoek voor theorie en praktijk achteraf beoordeeld wordt (waarna het eventueel moet worden 'bijgeschaafd' op 'bruikbaarheid' en 'toepasbaarheid', maar kan *vooraf* in het cyclische constructieproces zelf, de dubbele relevantie zoveel mogelijk worden gewaarborgd).

5 Inrichting van het onderzoek

Zoals elk leerproces moet ook het hier bedoelde onderwijskundige onderzoek op een bepaalde wijze worden geregeld. Hoewel het niet zinvol is om hier aan kortlopend onderzoek in een precies afgemeten tijd te denken, is het evenmin zinnig om voor dit onderzoek onbepaald te vragen. Adequaat onderzoek kenmerkt zich onder andere door de mogelijkheid om tot een voorlopige afronding te komen. Zoals al een aantal malen aangegeven, neemt het wederzijdse leerproces in deze onderzoeksstrategie een belangrijke plaats in. Dit leerproces verloopt in een regulatieve cyclus op basis van nog niet bereikte doelen. Dit bergt het gevaar in zich van oneindige voortzetting van dit proces en juist dat moet voorkomen worden. Eindeloos voortslepend onderzoek is immers praktisch onaanvaardbaar, maar ook theoretisch meestal niet progressief. Het is namelijk mogelijk, dat een beoogde vernieuwing niet gerealiseerd wordt wegens inadequaatheid van de theoretische uitgangspunten. Deze situatie moet binnen de gekozen onderzoeksstrategie opgemerkt kunnen worden. Met het oog daarop kan de volgende globale inrichting van het onderzoek worden aangehouden.

1. Onderzoekopzet

De volgende onderwerpen moeten daarbij besproken worden met het oog op consensus:

- a. **onderzoeksdoelen:** het is denkbaar dat deze in eerste instantie nog tamelijk globaal zijn (bijv. 'het realiseren van wetenschappelijke begrippen bij alle leerlingen op het betrokken leergebied, zoveel mogelijk m.b.v. coöperatief leren'); in de loop van het gesprek daarover moeten de doelen zo ver mogelijk verhelderd worden;
- b. **theoretische vraagstellingen:** explicitering van de vraagstellingen die vanuit de betrokken wetenschappelijke disciplines ter onderzoek worden voorgedragen, bijv.: is de ontwikkeling van wetenschappelijke begrippen uit het betreffende kennisdomein bij de betrokken groep leerlingen binnen een nader te bepalen termijn te stimuleren door het uitlokken van objectgerichte discussies tussen leerlingen onderling én tussen leerlingen en leerkracht? (vgl. Van Oers, 1987); verder is overleg nodig over: de relatering van de vraagstellingen aan de onderzoeksdoelen; over methodologische en theoretische eisen die aan het onderzoek verbonden worden geacht;
- c. **afpraak over de eindsituatie (doelpraxis):** zoeken naar consensus m.b.t. de opvatting over de beoogde eindsituatie: op welk moment wordt het gemeenschappelijk doel geacht

bereikt te zijn, aan welke eisen moet zo'n situatie minstens voldoen wil zij gegevens kunnen opleveren die gelijktijdig evaluatie en toetsing mogelijk maken;

- d. **legitimering** van de betrokken doelen en de afgesproken doelpraxis in het licht van het gedeelde schoolconcept lettend op de doelpraxis en condities van het onderzoek;
- e. **theoretische reconstructie, evaluatie en planning**: de actuele onderwijspraktijk moet eëvalueerd worden, op basis van ervaringen van de docent, op basis van theoretische reconstructie; op basis daarvan worden prioriteiten gesteld en worden gelegitimeerde beslissingen genomen (planning). Het gaat hier dus om een activiteit die Reich (1979) in het kader van de onderwijsvoorbereiding heeft aangeduid als 'Bedienungsanalyse und Entscheidungsfindung'. Een vorm van 'bezonnen' eclecticisme' (Reich, o.c., p.266-267) is hier soms niet te vermijden.

2. Scholing/ontwerp:

De regulatieve cyclus waarop dit scholings- en ontwerpproces gebaseerd is, is in de vorige paragraaf besproken. In deze fase gaat het erom de ontwikkeling naar een nieuwe onderwijswerkelijkheid ook bij de betrokken docenten een theoretisch fundament te geven. Docenten en wetenschappers moeten daarbij leren zich op een nieuwe (betere!) wijze te oriënteren op de onderwijspraktijk. De wijze waarop een dergelijk scholings- en ontwerpproces wordt ingericht is een apart punt van overweging. Skatkin (1986, p.16 e.v.) heeft op basis van zijn ervaring met (na)scholing van leerkrachten voorgesteld om dit bij voorkeur de vorm te geven van een schoolseminar, waarin leerkrachten, begeleiders, schoolleiding en wetenschappers zich jarenlang (ééns in de maand bijvoorbeeld) intensief bezighouden met de vernieuwing van de onderwijspraktijk. De praktische problemen van de leerkrachten bij de concrete vormgeving van die vernieuwing staan daarbij centraal. Hoe een dergelijk seminar moet worden georganiseerd (inclusief de deelnemerskeuze) is niet in algemene zin voor te schrijven. Inhoudelijk moeten m.i. de volgende zaken aan de orde zijn:

- a. **reflectie op praktische-vormgevingsproblemen** van de onderwijssituatie (observatie van de praktijk, evaluatie, probleemanalyse);
- b. **verdere specificatie/herformulering van de onderzoeksdoelen** (op grond van de opgedane praktische ervaringen en eventueel nieuwe theoretische overwegingen);
- c. **specificering van onderzoeksvraagstellingen** in het licht van theorie-ontwikkelingen;
- d. **voorstellen tot theoretisch onderbouwde verbeteringen van de praktijk**;
- e. **discussies** over basale theoretische concepties: welke dat zijn is op zichzelf een punt van discussie. Wellicht komen daarin met name aan de orde: visie op leerinhouden (gaat het om leren van kenniselementen – body of knowledge – of gaat het om ontwikkeling van een bepaald soort activiteit – forms of knowing?); visie op leren, ontwikkeling, leerling, leerkracht, gedragsmodel, didactiek, curriculum etc. In relatie tot onderzoek van het reken/wiskundeonderwijs zouden hier in aanmerking komen: discussies over wiskunde (als activiteit of als verzameling kennis?) en in verband daarmee: doelstellingen van het wiskundeonderwijs; verder: wat is 'realistisch' wiskundeonderwijs, wat zijn 'contexten', wat is mathematische attitude, automatiseren (wanneer, waarom, hoe) etc.?

In het kader van de scholing moeten de discussies over de conceptuele uitgangspunten van het ontwikkelingswerk een voornamen plaats innemen. De scholing van wetenschapper en practicus hangt daarmee samen. Deze vragen veel tijd, maar zorgen er tevens voor dat de opbrengst van het ontwikkelingsonderzoek niet alleen een curriculumdocument is, maar ook bestaat in een uitbreiding van de ontwikkelmogelijkheden van alle betrokkenen. De opbrengsten van het project zijn dan niet puur materieel, maar ook ideëel. Dit discussieproces moet echter voortdurend nauwlettend gevolgd worden: bij voortdurend grote afwijkingen in de opvattingen over (basis)-concepties of filosofische noties loopt het project

gevaar te stagneren; dit is eveneens het geval, wanneer veelvuldig dezelfde discussies gevoerd moeten worden en géén nieuwe argumenten op tafel komen. Er is dan reden om het project (tussentijds) te evalueren op de voortgang.

In de fase scholing/ontwerp is het goed denkbaar, dat gecontroleerd detailonderzoek wordt opgezet naar de effectiviteit van bepaalde concurrerende voorstellen, naar de houdbaarheid van specifieke hypothesen, ter exploratie van onduidelijke samenhangen en dus om nieuwe argumenten te verzamelen om de discussies progressief te doen zijn. De ontwikkeling van diagnostische meetinstrumenten neemt in deze fase ook een belangrijke plaats in: zij moet de instrumenten opleveren waarmee een faire evaluatie uiteindelijk mogelijk wordt. Deze onderzoeken moeten programmatisch ingebed zijn en een functie hebben in het proces van scholing en ontwerp.

3. **Evaluatie/toetsend onderzoek.**

Als eenmaal de gewenste nieuwe onderwijswerkelijkheid (doelpraxis) is gecreëerd (of wat waarschijnlijker is: een acceptabele benadering daarvan), breekt het moment aan, dat verzamelde gegevens een evaluatieve en toetsende betekenis gegeven mag worden. Afspraak over instrumenten, procedures en evaluatoren is een van de voorbereidende onderdelen van deze fase.

4. **Conclusie/rapportage.**

Op basis van de ervaringen in het onderzoek moeten de opbrengsten voor praktijk- en theorie-ontwikkeling vastgesteld worden, alsmede moet de methode van onderzoek zelf geëvalueerd worden. In de rapportage moet aandacht zijn voor de volgende punten:

- a. **materiële opbrengst:** een voorlopig definitieve versie van de ontwikkelde leergang;
- b. **ideële opbrengst:** beschrijving van de theoretische basis van de leergang;
- c. **methode van implementatie** van (a) en (b): d.w.z. ontwerp van een curriculum voor leerkrachten ter verwerving van (a) en (b).

Bovenstaand voorstel voor de inrichting van ontwikkelingsonderzoek is nog slechts een grove uitwerking van de visie op onderzoek als wederzijds leerproces. Verder methodisch onderzoek zou deze methode nader moeten preciseren. Met name is het van belang om deze benadering te vergelijken met de onderzoeksmethode van ander ontwikkelingsonderzoek (vooral ook gelet op hun opbrengsten). De ontwikkeling van het SAC-rekenprogramma 'Rekenwerk' (vgl. Nelissen, 1983) en het Breukenproject van Streefland (zie Streefland, deze bundel) komen daarvoor bijvoorbeeld in aanmerking. (9)

6 Slotbeschouwingen

Vatten we, om te beginnen, de voornaamste kenmerken van de hier beschreven benadering van ontwikkelingsonderzoek nog eens samen:

- a. benadering van onderzoek als *tweezijdig leerproces*;
- b. inbedding in een (theoretisch en praktisch) *onderzoeksprogramma*; het moet uitgaan van een gemeenschappelijk fundament (met name schoolconcept) bij betrokkenen en gericht zijn op eenzelfde globaal doel (de nieuwe onderwijswerkelijkheid, doelpraxis);
- c. uitgaan van een *infusiestrategie*, d.w.z. onderwijsontwikkeling pogen tot stand te brengen via een beheersbare op relatief kleine schaal uitgevoerde leergangconstructie, die als voorbeeld kan werken voor andere leerkrachten/leergebieden.

De materiële en ideële opbrengsten van dit onderzoek moeten op grotere schaal geïmplementeerd worden. Voorstellen voor dit implementatieproces moeten uit het project kunnen worden afgeleid. Vermoedelijk leidt dit in eerste instantie tot een nieuwe ronde van ontwikkelingsonderzoek in de bovenbedoelde zin, waarin een bruikbare methode voor overdracht wordt ontwikkeld, waarmee de praktijk zelf de verdere implementatie ter hand kan nemen. Ook het onderzoek dat thans gaande is naar de verbetering van de implementatie van

methoden kan waarschijnlijk profiteren van deze aanpak. In veel gevallen zien we dat methoden niet goed functioneren omdat ze niet worden gebruikt overeenkomstig de bedoelingen van de methode (realistische methode wordt bijv. mechanistisch gebruikt). In dat geval moet een curriculum voor leerkrachten opgezet worden waarin het feitelijke ontwikkelingsproces gereconstrueerd wordt en waarmee de betrokken docenten zich – verkort – ook de ideeën eigen kunnen maken die aan de methode te grondslag liggen. Het leren werken met het 'draaiboek' van het betreffende curriculum is daarbij de belangrijke doelstelling (vgl. Carpay, 1975).

De hier gegeven onderzoeksstrategie vertrekt vanuit de optie van de dubbele relevantie van het uitgevoerde onderzoek. Als zodanig is het een nadere uitwerking van de methode van onderzoek via experimenteel onderwijs (vgl. Van Parreren, 1981, p. 144 e.v.). Daarmee is echter *niet* aangetoond, dat andere onderzoekswijzen zonder waarde zouden zijn (ook Van Parreren, o.c., plaatst er enkele *naast* elkaar). Wel moeten we er rekening mee houden, dat de dubbele relevantie van andere onderzoeksvormen niet optimaal gewaarborgd is. Het vereist aparte argumentatie of soms zelfs speciaal bruikbaarheidsonderzoek om de relevantie van een bepaald onderzoeksresultaat voor praktijk of theorie te verhogen.

Ten slotte nog een opmerking over de bruikbaarheid van de hier voorgestelde onderzoeksstrategie zelf. De onderzoeksstrategie van het tweezijdig leerproces vergt erg veel tijd en stelt hoge eisen aan de samenwerkingsvorm zelf. Snel rendement dat voor alle deelnemers interessant is levert het niet op. Alle deelnemers moeten niet aflatend bereid zijn hun ideeën te verwoorden, ter discussie te stellen en desnoods bij te stellen. Theorie-ontwikkeling impliceert vaak een (gedeeltelijk) terugnemen van eerdere opvattingen, maar voor de praktijk zijn zulke wendingen vaak moeilijk te verwerken. De investeringen van de betrokken partijen zijn vaak onvermijdelijk hoog. Derhalve is het voor leerkrachten vaak moeilijk om aan zulk ontwikkelingsonderzoek deel te nemen, tenzij zij daar extra faciliteiten (taakuren) voor krijgen. Van de betrokken wetenschappers moet verwacht worden, dat zij hun ideeën zo concreet mogelijk proberen te verwoorden, bij voorkeur in de vorm van korte, informatieve probleemgerichte teksten, toegesneden op de discussie die in de ontwikkelgroep actueel is. Dergelijke interne publikaties kosten tijd, terwijl ze meestal niet als 'officiële' publikatie kunnen worden meegerekend. Het huidige onderzoeksbeleid en de 'struggle for life' onder de vakgroepen onderwijskunde vormen geen gunstig materieel kader voor de hier geopperde onderzoeksbenadering. Welke vorm onderwijsonderzoek in de toekomst zal aannemen, is dan ook moeilijk te zeggen. Het hangt ondermeer af hoe serieus men de eis tot dubbele relevantie van de interdisciplinaire onderwijskunde neemt, maar ook van de middelen die de samenleving beschikbaar wil stellen voor ontwikkelingsonderzoek. Onderwijsontwikkeling is niet alleen maar een leerproces.

Noten

1. Met dank aan W. Wardekker en J. Carpay voor hun commentaar bij deze tekst. Voor de wijze waarop hun ideeën verwoord zijn, is uiteraard alleen schrijvers dezes verantwoordelijk.
2. Het betreft hier een schoolexperiment op een VBaO experimenteerschool in Almere (Oekomenische Scholengemeenschap 'Het Baken'). Deze school is in september 1983 als nieuwe school van start gegaan met de intentie een vorm van Voortgezet Basisonderwijs in te richten in aansluiting bij ideeën over ontwikkelend onderwijs zoals we die in de cultuurhistorische traditie kunnen aantreffen (vgl. o.m. Van Parreren & Carpay, 1980; Vos, 1976, 1981; Carpay, 1979).
3. Zoals in het kader van de Middenschoolexperimenten vaak inderdaad het geval was. Het in noot 1 vermelde schoolexperiment ('Het Baken') bood de Vakgroep Onderwijskunde van de Vrije Universiteit gelegenheid aan een dergelijk experiment deel te nemen. Aan dit experiment namen naast de medewerkers van de school en de Vakgroep Onderwijskunde van de V.U. ook de volgende participanten deel: S.L.O., Vakdidactici van verschillende leergebieden, Lerarenopleiders (C.L.Z. en V.L.V.U.).
4. In een eerste aanzet leek het schoolexperiment 'Het Baken' inderdaad zo integraal benaderd te worden. De ervaring leerde dat dit onderzoekstechnisch niet te managen is. Noch de school, noch het onderzoek is uiteindelijk gediend met een overspannen aanpak. Binnen de Vakgroep Onderwijskunde is de

aandacht daarom toegespitst op het geïntegreerde leergebied Oriëntatie op de Natuur (O.N.), op een leergebiedoverstijgend curriculum (Het Basiscurriculum - zie Wigmans, 1984) en recentelijk Moderne vreemde talen. Met betrekking tot de keuze van de feitelijke leerinhouden voor het driejarige curriculum O.N. en in het ontwerp van diverse leerstofpakketten hebben de vakdidactici en de leerkrachten zelf een hoofdrol gespeeld.

5. Alle onder noot 2 genoemde deelnemers waren betrokken bij het schrijven van het eerste schoolwerkplan. De tweede versie daarvan is voor wat het visiedeel (A) betreft inmiddels (mei '87) klaar en (wat belangrijker is) *geschreven door medewerkers van de school zelf*. De ideeën van ontwikkelend onderwijs worden daarin opnieuw verwoord. Op dit punt zien we dus dat de school verzelfstandigd is; er is reeds van een ideële opbrengst van het ontwikkelingsonderzoek sprake. In het ontwikkelingswerk van de ontwikkelgroep fungeren deze uitgangspunten als regulatief idee.
6. De ervaring leert dat de schoolinterne aanstekelijkheid niet vanzelfsprekend is (zeker niet in een situatie waarin relatief veel nieuwe docenten met uiteenlopende achtergronden binnen komen, zoals in de eerste jaren van 'Het Baken'. Veel hangt vermoedelijk af van de kracht van het schoolinterne voorbeeld, van het functioneren van het SWP binnen de school en van de mogelijkheden van de school om dit leerproces intern voort te zetten.
7. In de werkgroep ter ontwikkeling van een curriculum voor het leergebied O.N. is deze weg o.a. zichtbaar in de toenemende uitwerking van wat onder wetenschappelijke begrippen moet worden verstaan. In eerste aanleg ging ik daarbij uit van een idee die sterk verwant was met Davydovs opvatting. Op basis van de gebleken weerbaarheid van deze theorie voor de praktijk van dit curriculum en naar aanleiding van discussies over deze theorie in de werkgroep, op conferenties en in de literatuur is d.m.v. theoretisch onderzoek de visie op 'wetenschappelijk begrip' geëvolueerd naar een verscherpte formulering (zie van Oers, 1987).
8. De werkgroep O.N. was samengesteld uit een docent/bioloog (A. Harms); vakdidactici (A. Schermer - bioloog, G. Thijssen - bioloog, R. Enders - scheikundige) en onderwijskundigen (A. Andeweg, J. Carpay en B. van Oers).
9. Op het moment dat ons ontwikkelingsonderzoek startte waren onze ideeën nog niet zo ver uitgewerkt dat we precies volgens de hier beschreven methode konden werken. De hier gegeven schematisering is dus geen exacte weergave van de methode die we vanaf het begin stelselmatig gevolgd hebben. Het is deels een idealiserende constructie achteraf (zo zou het idealiter hebben moeten gaan), deels een beschrijving van het feitelijke onderzoeksverloop. De afspraken over de onderzoeksopzet zijn vrij globaal geweest, met name een afspraak over de doelpraxis is niet vooraf vastgelegd (er werd gewerkt met individuele voorstellingen daarover, die kennelijk voldoende overeenstemden om als gemeenschappelijk richtsnoer te fungeren). Het accent in de ontwikkelgroep heeft vooral gelegen op ontwerp en scholing (via discussie, observatie, detailonderzoek, interne publikaties). Momenteel wordt gewerkt aan een plan voor interne, formatieve evaluatie van het ontworpen curriculum.

Literatuur

- [1] Aebli, H. *Zwölf Grundformen des Lehrens* Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Stuttgart, Klett-Cotta, 1983.
- [2] Carpay, J.A.M. *Onderwijs-leerpsychologie en leergangontwikkeling in het moderne vreemde-talenonderwijs*. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1975.
- [3] Carpay, J.A.M. *Over leerlingen gesproken*. Openbare les. Amsterdam, Vrije Universiteit, 1979.
- [4] Creemers, B.P.M. & W.Th.J.G. Hoebe. *Onderzoek tussen onderwijsontwikkeling en wetenschapontwikkeling*. S.V.O.-reeks. Harlingen, Flevodruk, 1984.
- [5] Frey, K. *European traditions of curriculum research*. In: H. Hameyer & K. Frey (eds.). Curriculum research in Europe. Lisse, Swets & Zeitlinger, 1986.
- [6] Hetebrij, M. *De ontwikkeling van researchprogramma's als methodisch probleem*. Amsterdam, VU-uitgeverij, 1983.
- [7] Jong, A. de. *Ontwikkeling naar een constructieve onderwijskunde: een keuze*. In: H.A.M. Franssen & N.A.J. Lagerweij (red.). *Onderwijskunde in ontwikkeling*. Culemborg, Educaboek, 1983.
- [8] Lagerweij, N.A.J. *Theorie van onderwijsvernieuwing*. In: J.A. van Kemenade, N.A.J. Lagerweij,

- J.M.G. Leune & J.M.M. Ritzen (red.). *Onderwijs, bestel, beleid*. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1986.
- [9] Laudan, L. *Progress and its problems. Towards a theory of scientific growth*. Berkeley, University of California Press, 1977.
- [10] Miedema, S. *Praktijktheorieën in hypothetisch-deductief en retroductief perspectief*. In: *Pedagogische Studiën*, 61(1984)10, pp.381/395.
- [11] Nelissen, J.M.C. *Een onderwijsontwikkelingsproject in analyse*. In: *Pedagogische Studiën*, 60(1983)12, pp.497-510.
- [12] Oers, B. van. *Activiteit en begrip*. Proeve van een handelingspsychologische didactiek. Amsterdam, V.U.-uitgeverij, 1987.
- [13] Parreren, C.F. van. *Onderwijspsychologie*. In: C.F. van Parreren. *Onderwijsproceskunde*. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1981.
- [14] Parreren, C.F. van & J.A.M. Carpay. *Sovjetpsychologen over onderwijs en cognitieve ontwikkeling*. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1980.
- [15] Reich, K. *Unterricht-Bedienungsanalyse und Entscheidungsfindung*. Stuttgart, Klett-Cotta, 1979.
- [16] Reints, A. *Curriculum en onderwijsvernieuwing*. In: H.A.M. Franssen & N.A.J. Lagerweij (red.). *Onderwijskunde in ontwikkeling*. Culemborg, Educaboek, 1983.
- [17] Skatkin, M.N. *Metodologija i metodika pedagogoeskich issledovanij*. (Methodologie en de methode van het pedagogisch onderzoek). Moskou, Pedagogika, 1986.
- [18] Stenhouse, L. *An introduction to curriculum research and development*. London, Heinemann, 1978.
- [19] Strien, P.J. van. *Praktijk als wetenschap*. Methodologie van het sociaal-wetenschappelijk handelen. Assen, van Gorcum, 1986.
- [20] Terwel, J. *Onderwijs maken*. Naar ander onderwijs voor 12-16 jarigen. S.V.O.-reeks, 77. Harlingen, Flevodruk, 1984.
- [21] Verschaffel, L. & B. van Oers. *Onderzoek voor het reken/wiskundeonderwijs*. Verslag van een NVORWO-conferentie te Noordwijkerhout, mei 1985. In: *Pedagogische Studiën*, 63(1986)1, pp.38-41.
- [22] Versloot, A.M. *Rationeel handelen in onzekere situaties; de contingenttheorie van J.D. Thomson*. In: *Handboek schoolorganisatie en onderwijsmanagement*. Alphen a/d Rijn, Samson, 1981.
- [23] Vos, J.F. *Onderwijswetenschap en marxisme*. De methodenstrijd in de Sovjetonderwijswetenschap. Groningen, Tjeenk-Willink, 1976.
- [24] Vos, J.F. *De middenschool in de jaren '80*. Inaugurele rede V.U. Amsterdam, V.U.-uitgeverij, 1981.
- [25] Vygotskij, L.S. *Istoriceskij smysl psychologiceskogo krizisa*. (De historische betekenis van de crisis in de psychologie.) In: L.S. Vygotskij. *Sobranie socinenij* (Verzameld werk) I, 292/436. Moskou, Pedagogika, 1982. (Oorspr. publ. 1927).
- [26] Wardekker, W.L. *Wetenschapstradities en onderwijsvernieuwing; naar een cultuurhistorische visie*. Amsterdam, V.U.-uitgeverij, 1986.
- [27] Wigmans, C. *Onderwijs en bevrijding*. Kampen, Kok, 1984.

Ontwikkelingsonderzoek

H. Freudenthal, OW&OC, RU Utrecht

Laat ik beginnen met

1 Onderzoek

Ik citeer mezelf van tien jaar geleden (6):

In het Nederlands verkeren we in de ongelukkige omstandigheid dat het woord 'onderzoek' een breed spectrum van betekenissen moet dekken, die in andere talen terminologisch gedifferentieerd zijn. Er wordt een *onderzoek* ingesteld naar de toedracht van een ongeval, er vindt geregeld *onderzoek* plaats van de bevolking naar tbc, een tandarts doet *onderzoek* naar de toestand van een gebit, een laboratorium doet *onderzoek* naar het percentage alcohol in een bloedmonster, men kent wiskundig, biologisch, psychologisch, nucleair *onderzoek*. Onderzoek, zoals in de eerste voorbeelden bedoeld, kan wetenschappelijk zijn (vooral indien door wetenschappelijk gevormden verricht) in die zin dat er wetenschap bij te pas komt. Het is geen op wetenschap gericht onderzoek.

In het Frans, Duits, Engels, respectievelijk zou men in de eerste vier gevallen over termen als: investigation, enquête, examen, analyse; Ermittlung, Erhebung, Untersuchung, Prüfung; investigation, survey, examination, test beschikken, terwijl voor het vijfde geval recherche (scientifique), Forschung, research de aangewezen termen zijn.

Geen wonder dus, dat men in het Nederlands naar het vreemde woord 'research' grijpt, als men het element 'recherche-Forschung-research' in onderzoek wil beklemtonen. De Nederlandse instellingen die 'onderzoek' subsidiëren, vertalen het woord onderzoek in hun naam in 't Engels als 'research'.

Ik signaleer mogelijke consequenties: devaluatie ook van de term 'research', vereenzelviging van onderzoek in de 'zwakke' en de 'sterke' zin in het onderzoeksbeleid, neiging van onderzoekers om naar onderzoek in de 'zwakke' zin uit te wijken.

Kortom: De term 'onderzoek' bezit in het Nederlands een semantische breedte, die het gevaar inhoudt van verzwakking van normbesef: te lage normen aan de kant van de subsidieverstrekkers die alle soorten onderzoek over één kam scheren, alsmede aan de kant van de onderzoekers zelf, die bijvoorbeeld met diagnostisch onderzoek belast uitwijken naar descriptief, naar inventariserend, zelfs naar opiniepeiland onderzoek, waar de opdrachtgever tenslotte genoeg mee moet nemen.

De overvloed aan uitwijkmogelijkheden heeft bijgedragen tot de denivellering van wat nu eenmaal onderzoek van onderwijs heet. Een voorbeeld:

Er zijn nauwelijks middelen beproefd om de kwaliteit van welk onderwijs dan ook op grote schaal te onderzoeken. Ik herinner me jaren geleden – de eerste lichtingen afgestudeerden hadden nauwelijks de Nieuwe Leraarsopleidingen verlaten – een verzoek van de Tweede Kamer aan de Minister om de kwaliteit van het NLO-onderwijs te laten onderzoeken. De drie Instellingen, die de opdracht moesten delen, konden nauwelijks anders of ze moesten, met goedvinden van de Minister, hun taak beperken tot opinieonderzoek bij NLO docenten, studenten, afgestudeerden en scholen waar deze werkten. Het resultaat van dit onderzoek was wat men in alle details had kunnen voorspellen: bij de NLO's vond men dat de scholen niet rijp waren om van de bekwaamheden van de alumni te profiteren, terwijl de scholen de NLO afgestudeerden onvoldoende toegerust achtten.

Kort geleden zag ik een onderzoek omtrent de kwaliteit van de nieuwe basisschool: opiniepeiling bij leerkrachten, ouders, leerlingen; leraren in 't voortgezet onderwijs - ook weer met voorspelbare resultaten.

Inmiddels wijst 'periodieke peiling' nieuwe wegen vergeleken met de oppervlakkigheid van opiniepeiling en statistisch materiaal verzamelen.

Laat ik het bij deze voorbeelden laten - voorbeelden van het gebrekkig normbesef in onderzoek van onderwijs en me tot het volgende begrip wenden.

2 Onderwijsontwikkeling

Toen het IOWO werd opgericht, heeft het een haar gescheeld of we hadden een ILOW gekregen want dat lag in de lijn van de Instituten voor Leerplanontwikkeling die in het COLO rapport had voorzien. Op zichzelf was leerplan geen vies woord, maar het werkte gauw associaties met 'curriculum' en dus met die fraaie achter het bureau verzonnen curriculumtheorieën die precies wisten te vertellen hoe curriculum moest worden ontwikkeld.

Inmiddels heeft het begrip onderwijsontwikkeling zelf een ontwikkeling ondergaan - met al hetgeen er in de CMLW aan voorafging een periode van twintig jaar die, wanneer het tegenwoordig in gang gezette zal zijn afgerond, tot een kwarteeuw zal zijn uitgegroeid.

De aanvang was gekenmerkt door het vrijwel totaal ontbreken van enige theorie - een gebrek toen door onderwijskundigen die alles precies wisten als charlatanisme gebrandmerkt. Trouwens, we hadden zelfs geen onderwijsleertheorie hetgeen liefst nog erger was. Toch was er van begin af aan iets: planning, gestuurd door wat in mijn terminologie filosofie heet - filosofie omtrent leren, onderwijzen en onderwijs ontwikkelen.

Wat is er van die plannen gerealiseerd en hoe geschiedde het? Het materiaal voor de geschiedschrijver is er nog. Ik bedoel niet geschiedenis om achteraf van successen en wansuccessen te leren want inmiddels is er te veel veranderd om - ook maar in je verbeelding - bij de start van toen te beginnen. Geleerd van successen en wansuccessen werd er tijdens het gebeuren van de onderwijsontwikkeling. Dat kon dankzij het gebrek aan vooropgezette theorie enerzijds en dankzij het bezit van filosofie anderzijds die voorkwam dat bijsturen in abrupte koerswijzigingen onttaardde. We hebben nooit rechtsomkeert van New Math naar Back to Basis moeten maken en nooit computer-revoluties moeten aankondigen. De enige taxatiefout die ik moet erkennen betreft de duur van het experiment, zeg een kwarteeuw. Had het vlugger gekund? Misschien als het gemiddelde van mede en tegenwerking wat hoger had gelegen. Kan zoiets vlugger? Ja, profiterende van ervaringen die je hebt opgedaan. Maar men hoede zich voor onderschattingen.

Filosofie als koersbepaler - laat ik die omtrent lessen en onderwijzen buiten beschouwing laten en me tot die omtrent onderwijsontwikkeling bepalen: een totaliteit, niet opgesplitst naar

- onderwijs in 't eerste échelon
- opleiding
- begeleiding
- her- en bijscholing van onderwijzenden
 - van opleiders
 - van begeleiders
- toetsontwikkeling
- mediagebruik
- advisering en ondersteuning van onderwijsontwikkeling door derden (scholen, werkgroepen, auteurs)
- kadervorming ten behoeve van ontwikkeling en ontwikkelingssteun.
- onderzoek, gepaard gaande met ontwikkeling en ontwikkelingssteun.

Te veel hooi op je vork? Het is minder dan wanneer het over tien vorken wordt verdeeld.

3 Onderzoek en ontwikkeling

Het laatste item in mijn opsomming was 'onderzoek': het aan het voorafgaande - allemaal ontwikkeling - *gepaarde* onderzoek. 'Gepaard' is een wat vage term. De grotere precisie waarmee we nu ontwikkeling en onderzoek kunnen paren is het gevolg van een proces dat jaren van ervaring heeft gekost. Uit het beginstadium zou ik stukken kunnen citeren die ik kort geleden voor een publikatie voor de dag heb gehaald, maar laat ik U niet met herhalingen vervelen. Ik heb toen theoretisch *onderzoek* voorspeld als *fallout* van *ontwikkeling*. Begrijpelijk(er)wijs, want theorie als *uitgangspunt* bestond toen niet. Die voorspelling is bewaarheid. Fallout (neerslag) kan bevruchtend werken - dat te beklemtonen heb ik toen nagelaten. Later heb ik het ingehaald: aandacht besteden aan de cyclische verhouding tussen ontwikkeling

en onderzoek. Ik citeer nu toch (6):

Wat onderzoek en ontwikkeling (R. & D.) aangaat is – internationaal – een bèta-terminologie op weinig adequate wijze naar de sociale wetenschappen overgebracht. In de bèta-wetenschappen doelt die verhouding op theoretisch werk aan de ene kant, dat voor technische toepassingen aan de andere kant gereed wordt gemaakt - de reageerbuis wordt vervangen door een retort van fabrieksmatige afmetingen, het laboratorium door een werkplaats, het bureau van de onderzoeker door tekenbord of computer. Een dergelijke situatie doet zich in de sociale wetenschappen (behalve misschien in de economie) nauwelijks voor. Men kent theoretisch werk, waar mensen wel inspiratie voor toepassingen in kunnen scheppen, dat echter in 't algemeen geen kiemen van ontwikkeling naar toepassingen toe bevat. Men kent verder het formeel scheppen van middelen voor organisatie en informatieverwerking (terminologie, methodologie, toetsnormen, statistiek), die op descripties en inventarisaties worden toegepast.

Het verschil met de bèta-terminologie van R. & D. kan soms frappant zijn:

Het scheppen van een leergang dat, als het deugdelijk wil zijn, fundamenteel onderzoek impliceert, heet *ontwikkeling*, het toetsen of bewerken ervan ten behoeve van, zeg, niveau-differentiatie, Mastery Learning, e.d. heet *onderzoek*.

In de situatie van de sociale wetenschappen, in 't bijzonder de onderwijskunde, gaat die terminologie van R. & D. niet op. Ondanks curriculum-theorieën, doelstellingstheorieën, taxonomieën, is er gebrek aan geëxpliceerde en tevens operationele theorie met als gevolg dat onderzoek en ontwikkeling niet van elkaar te scheiden zijn. In het feitelijk gebeuren, althans in de onderwijskunde, wisselen ontwikkeling en onderzoek elkaar cyclisch af en des te efficiënter naarmate de cyclus korter is. Het onderzoek bestaat in het analyseren, bewustmaken en verwerken van de consequenties van het ontwikkelwerk, zoals dat aan de realiteit wordt getoetst.

Het zou aan te bevelen zijn, in de sociale wetenschappen, althans in de opvoedkundige wetenschappen, de bèta-terminologie van R. & D. geheel te vermijden.

In het microgebeuren is het constateren van deze cyclisiteit een trivialiteit te noemen, maar in macrogebeuren spreekt dit helemaal niet voor zichzelf. Daar doet de vraag zich voor: Hoe fundamenteel is de fallout om theorie te worden genoemd - hoe essentieel nieuw zijn de daarvoor gestimuleerde onderwijsontwikkelingen? En met deze vraag distantieer ik me van traditioneel onderwijskundig onderzoek: met de vraag naar het fundamenteel nieuwe en het essentieel bevruchtende in onderzoek, voortgekomen uit onderwijsontwikkeling.

Maar ik wil het hierbij niet laten. Onderzoek van onderwijs als fallout van onderwijsontwikkeling - het lijkt me een scheidsmuur optrekken, die hoe flexibel ook, niet recht doet wederen aan wat ik op dat ogenblik onderwijsontwikkelingsonderzoek zou noemen. 'Ontwikkeling voortvloeiend uit onderzoek' en 'onderzoek als fallout van ontwikkeling' - het is een te zwakke synthese.

4 Ontwikkelingsprodukten

Terug naar de tijd van hoogconjunctuur - na de Sputnik-shock - van inhoudelijke vernieuwing in wiskundeonderwijs! Nieuwe programmas, nieuwe leerstofontwerpen, nieuwe leerboeken, achter bureaus geconcipieerd, op symposia ter discussie gesteld of - als haast geboden was - meteen het onderwijs ingesluisd - een stortvloed om in te verdrinken. Weinig ervan is ooit in de onderwijspraktijk getoetst en nog minder heeft ook maar de tamste praktijktoets doorstaan. Innovatie is een zaak van lange adem - langer dan ook maar de meest voorzichtige schattingen uit die tijd deden vermoeden.

Maar daar kom het nu niet op aan. Ontwerpen, zelfs achter het bureau, is een betere start dan grauwe theorie, maar ook beter dan het er maar op los experimenteren. In 't onderwerp is dat niet anders dan in elk ander ambacht. Natuurkunde, zoals we nu gewend zijn, is noch als theorie noch experimenteel ontstaan en toch rationeel: denkbeelden die achteraf - soms veel later - experimenteel werden getoetst. Er werd niet op los geëxperimenteerd, evenmin als er op los werd getheoretiseerd in de hoop dat een der experimenten een weg zou wijzen of dat een der theoriën het wel zou doen. De ontwikkeling werd gestuurd door wat Mach het gedachte-experiment heeft genoemd. Een voorbeeld: volgens Aristoteles zouden zwaardere lichamen

sneller vallen. Galilei daarentegen redeneerde: neem twee lichamen, laat ze (van dezelfde hoogte) los van elkaar dan wel verenigd vallen - het kan een verschil uitmaken. Door in gedachte de lichamen aan elkaar vast te plakken zie je in dat - in het luchtledig - de valsnelheid onafhankelijk is van de massa.

Ik heb lang geleden - het was nog vóór het eigenlijk experimenteertijdperk in het onderwijs - Machs idee in onderwijskunde vertaald. Als ontwikkelaar - van een enkele les, van een cyclus lessen, van een leergang - verbeeld je je een leerling, een groep of een klas leerlingen en je laat ze in je gedachten leerprocessen ondergaan, waarvoor je uiteraard uit je ervaring put. Achteraf kun je in de praktijk toetsen wat van je verwachtingen is uitgekomen, of en hoe ze zijn bevestigd. Met op den duur al zijn revisies is dat weer een cyclisch proces.

Op een toenmalige stortvloed van programmas, leerstofontwerpen en leergangen luidde mijn kritiek niet zo zeer dat ze achter het bureau tot stand waren gekomen - het had nauwelijks anders gekund - maar dat nergens iets bleek van de gedachte-experimenten waarvan ze al dan niet het resultaat van waren. Het leek of het zo moest: een onderzoeker publiceert *produkten*, niet de *processen* waarvan ze het produkt waren. Die zijn zijn privé-domein.

Nu mag dit nog werken in de wiskunde, waar het bewijs, indien deugdelijk, de stelling alsmede zichzelf rechtvaardigt. Het mag ook kunnen in experimentele wetenschappen waar experimenten, indien uiteengezet, gemakkelijk reproduceerbaar zijn - in de meeste sociale wetenschappen is daar nauwelijks sprake van. In elk geval deugt die procedure niet voor produkten, voortgekomen uit verzwegen gedachte-experimenten.

Natuurlijk kun je de auteurs achteraf vragen "waarom deed je dat, waarom deed je het zó, waarom in deze volgorde?" Indertijd heb ik dat ook geregeld gedaan en vaak bleken de auteurs hun gedachte-experimenten te kunnen reproduceren. Op hun logica viel meestal weinig aan te merken. Wel had ik moeite met de proefpersonen of proefklassen die ze zich voor hun proeven hadden verbeeld: een type leerling dat ik zelden zo ooit was tegengekomen - een leerling die elke definitie, elk wiskundig feit precies zo heruitvindt als ze nu na eeuwen wiskunde-beoefening geformuleerd worden en die elke deductie net zo voltrekt als de geleerde auteur het zou doen. En daarmee was voor mij de kous af.

5 Product en proces

Wat heeft dit allemaal met mijn onderwerp te maken? Er is kennis die je als produkt kunt presenteren, omdat het proces van verwerving reproduceerbaar is - een kenmerk vaak van 'harde' wetenschap. Aan de andere kant is er kennis, die zonder het proces dat ertoe heeft geleid, onbewezen, onbeargumenteerd, als het ware uit de lucht gegrepen is of lijkt. Hoe moet dan degene aan wie je die kennis wilt overbrengen, het klaar spelen die kennis opnieuw te verwerven - heruitvinden heb ik het in andere samenhang genoemd?

Die vraag is met name urgent voor onderwijsontwikkeling. Kennisnemen van het produkt - op velerlei wijze interpreteerbaar - is ontoereikend. Wie het produkt wil toepassen, moet weten hoe het tot stand is gekomen; hij moet in staat worden gesteld het ontwikkelingsproces na te doen. Uiteraard niet in details. Niet weer in sloppen verdwalen, maar ervoor gewaarschuwd worden. Niet nutteloze omwegen bewandelen, maar ze leren te vermijden. Nadoen betekent niet naäpen. Wegwijzers verplichten niet tot een weg; ze hebben trouwens maar korte armen. Elders sprak ik ook van bakens.

6 Ontwikkelingsonderzoek

Ik zei daarstraks dat 'ontwikkeling voortvloeiend uit onderzoek' en 'onderzoek als fall-out van ontwikkeling' een te zwakke synthese van ontwikkeling en onderzoek lijkt. Als ik over ontwikkelingsonderzoek spreek, wil ik het ontwikkelingsproces dat tot het ontwikkelingsprodukt heeft geleid mede doen klinken om redenen die uit het voorafgaande blijken. Zie daar. Mijn conclusie van wat ik wel met ontwikkelingsonderzoek bedoel, bondig geformuleerd:

Het cyclisch proces 'ontwikkeling en onderzoek' op een zodanige bewuste wijze beleven, verwoorden en verantwoorden dat deze belevenis aan anderen ter mede- en nabeleving kan

worden overgedragen.

U begrijpt nu waarom ik terug moest kijken naar een verleden toen men genoeg nam met het ter kennis brengen en kennis nemen van *produkten* van leerplanontwikkeling. New Math heeft er schipbreuk op geleden of veeleer was, als men dit gebrek toen had onderkend, nooit zeevaardig verklaard. De geschiedenis van onderwijsontwikkeling in ons land is er een van groeiende bewustwording, van verdiept inzicht in de noodzaak van de synthese van ontwikkeling en onderzoek waarvoor ik nu de term 'ontwikkelingsonderzoek' wil claimen.

In Wiskobas en IOWO was dit besef - zij het nog vaag - van begin af aan aanwezig. Het materiaal om die onderwijsontwikkeling als leerproces van een groep te beschrijven is er wellicht nog - voer voor historici. Er was toen ook de spontaniteit om in direct contact, op bijeenkomsten van allerlei soort het gebeurde en het gebeuren mee te laten beleven. Toen me kortgeleden door iemand werd gevraagd wat ik als belangrijkste uitkomst van het IOWO werk beschouwde, schoot me iets te binnen waar ik misschien in 't verleden niet voldoende aandacht aan had besteed: de resonantie in het veld, de meebeleving van een proces door een behoorlijk grote groep waardoor duurzaamheid en voortschrijden op de ingeslagen weg werd gegarandeerd. Een steeds nog beperkt veld: opleiders, begeleiders en rechtstreeks betrokken onderwijsgevend.

Voor de overdracht in bredere kring is, naar ik al zei, meer nodig: het verwoorden en verantwoorden van *het proces*. Hiervoor vereist is het proces van continu begeleidende bewustmaking van het gebeuren, permanente reflexie, zoveel mogelijk geprotocolleerd.

Ik zei 'vereist', maar het is al een hele tijd geen eis meer die je expliciet moet stellen. De ontwikkeling ernaar toe is al lang aan de gang en alleen omdat ze onder de beschikbare publicaties het meest sprekende voorbeeld is noem ik ze op: 'De baas over de computer - verslag van ontwikkelingsonderzoek' (Publicatie 6 van Onderzoek Wiskundeonderwijs). Maar er is veel meer aan de gang.

Je plaatst graag harde tegenover zachte kennis. Hard, dat is gesmeed ijzer - het doet er niet toe hoe het smeden in het werk ging. Producten van onderwijsontwikkeling kunnen ook hard lijken, te hard om toe te passen. Harde wetenschap moet aan harde criteria voldoen. Waar haal je die vandaan voor een zacht produkt? Uit de harde feiten van het ontwikkelingsproces. Die moeten van het produkt getuigen, om het aannemelijk en overdraagbaar te maken. Wil dit slagen, dan moet de attitude van de ontwikkelingsonderzoeker zelf onderzoek zijn - permanente reflectie.

Literatuur H. Freudenthal:

- [1] *Traditie en opvoeding*. Rekenschap 4(1957), 95-103
- [2] *Logical Analysis and Critical Survey*. In: Report on the relations between arithmetic and algebra. Subcommittee ICMI. Groningen, 1962.
- [3] *Was ist Axiomatik und welchen Bildingswert kann sie haben?* Der Mathematikunterricht 16(1963), 5-29.
- [4] *Les tendances nouvelles de l'enseignement mathématique*. Revue de l'enseignement supérieur nos 46-47(1969), 23-29.
- [5] *Mathematics as an educational task*. 1973.
- [6] *Brokjes semantiek*. Ped. Stud. 54(1977), 461-464.
- [7] *Weeding and sowing*. 1978.
- [8] *Theorievorming bij het wiskunde/onderwijs - geraamte en gereedschap*. Panamapost 5(1987)nr.3, 4-16.

Voor een aantal van de hierboven gebruikte begrippen kan naar eerdere publikaties verwezen worden.

Als volgt een aantal toelichtingen ten gerieve van de lezer.

Heruitvinding. In mijn publicaties kan ik dit theoretisch gereedschap tot (op zijn minst) 1957 terugvervolgen (1). Geleidelijk aangescherpt (2),(4) groeide (geleide) heruitvinding uit tot een hoofdstuk van (5). De sociale context van het leerproces en daarmee ook van de heruitvinding

kreeg meer aandacht in (7).

Gedachte-experiment. Op zijn minst sinds (3) spreek ik over gedachte-experiment als iets dat geen nadere toelichting behoeft. Voorbeelden vindt men in (4), (5), (7), (8).

Filosofie (philosophy). In (7) uitvoerig uiteengezet. Zie ook (8).

Een voorbeeld van ontwikkelingsonderzoek - breuken (1)

L. Streefland, OW&OC, RU Utrecht

1 Inleiding en overzicht

Ontwikkelingsonderzoek zet men in, wanneer een bepaald onderwerp of deelgebied zich in de onderwijsontwikkeling weerbarstig heeft getoond en er geen bevredigende oplossing voor is gevonden. (2.1). Men beoogt althans in realistisch reken/wiskundeonderwijs het onderwijzen en leren ten opzichte van elkaar te verhelderen om vervolgens de grenzen tussen die twee te slechten en onderwijzen en leren te integreren. Daarom behoren de ontwikkeling van een weerbarstig gebied en de observatie van individuele leerprocessen tot de kern van de activiteiten. (2.2 en hfdst.3).

De vruchten van dergelijke werkzaamheden zijn nieuw materiaal om een nieuwe onderwijswerkelijkheid te realiseren, waarin onderwijzen en individueel en gezamenlijk leren optimaal op elkaar zijn afgestemd en theorie daaromtrent (3.2 en hfdst.4).

2 Historisch kader

2.1 Obstakels in curriculumontwikkeling

Slaagt curriculumontwikkeling altijd?

Howson e.a. (1981) noemen - in navolging van Dalin's "Limits to Educational Change" (1978) - een viertal obstakels bij curriculumontwikkeling, alle van innovatieve aard. Bijvoorbeeld praktische obstakels in verband met het ontbreken van de nodige (na)scholing van leerkrachten e.d.

Geen onbelangrijke kwesties, maar toch niet meer dan buitenkantwerk. Binnen de onderwijsontwikkeling voor rekenen en wiskunde kunnen zich echter ook vakinhoudelijke obstakels voordoen en hebben zich ook voorgedaan.

Laat ik dit toelichten.

Het Wiskobasproject, als uitgevoerd door het IOWO kende:

1. Een *exploratiefase* (1971-1973), tijdens welke allerlei losse onderwerpen werden geëxploreerd o.a. in dienst van de leerplanontwikkeling en de heroriëntering van onderwijsgevenden.
2. Een *integratiefase* (1973-1975), waarin een integraal schoolwerkplan voor rekenen en wiskunde voor de basisschool ontwikkeld werd.
Dwz. de losse onderwerpen van de exploratiefase werden samengebracht en leergangen ontwikkeld voor het cijferen, voor de breuken, voor verhoudingen etc. in onderlinge samenhang, *geïntegreerd*. Het betrof dus vooral de *uitlegning* op de lange termijn.
3. Een fase van *fundamentele opbouw*, (vanaf 1975), zeg de fase van de summatieve evaluatie en de theoretische fundering van wat in beide voorgaande fasen gewrocht was en waarvoor de theoretische kiemen gelegd waren.

N.B.

1. In de derde fase zouden (nieuwe) ontwikkelingen, ingebed in onderzoek, nieuwe impulsen aan de werkzaamheden kunnen geven.
2. De goede verstaander herkent in voorgaande fasering een operationalisatie van een *niveautheorie* voor onderwijsontwikkeling, resp. curriculumontwikkeling, nl. achtereenvolgens het *lokale, concrete* niveau van de losse onderwerpen, het *globalere tussenniveau* van relaties en samenhangen van losse onderwerpen en leergangen en het *formele, derde* niveau van evaluatie, onderzoek, en theorievorming.

Wat was er nu na de integratiefase echter het geval. Ik citeer uit de onderzoeksnota, zoals gepubliceerd door het Wiskobasteam in het Wiskobasbulletin (jrg.9(1980)4/5):

Het voorbeeldwerkplan van wiskobas dat in 1975 gepubliceerd werd, bevatte lakunes die veroorzaakt werden door een duidelijk bestaand tekort aan inzichten en funderende principes en gegevens die noodzakelijk zijn voor de leerplanontwikkeling. Eén van de meest in het oog springende leemten betrof het gebied van de breuken en het nauw ermee verbonden terrein van de verhoudingen. 'Breuken' vormt één van de kernonderwerpen van het bestaande rekenonderwijs, dat wil zeggen: het breukenonderwijs neemt veel tijd in beslag en is een maatstaf voor het al dan niet slagen van de leerling. Zoals bekend, zijn de resultaten in het algemeen bedroevend voor de zwakke rekenaars, omdat die op dit punt duidelijk afhaken.

Ergo: de inhoud voor een curriculum kan dermate weerbarstig zijn, dat dit op zichzelf het grootste obstakel vormt. Met de breuken was er zoiets aan de hand.

Nu zou men kunnen tegenwerpen: Het werk is niet goed gedaan. Immers, wanneer de vakinhoudelijke ontwikkeling op dood spoor komt en de beoogde doelen niet worden gerealiseerd, dan is het slechts een kwestie van bijstellen en correctie's aanbrengen. (vgl. Creemers en Hoeven, 1986).

Op zichzelf is dit geen nieuwe gedachte. Bestaande curricula kunnen voor de beoogde correctie worden geraadpleegd. In ons voorwerk voor het onderhavige voorbeeld van ontwikkelingsonderzoek (zie: Streefland, 1983) wordt verslag gedaan van een dergelijke raadpleging. Meer dan 125 curricula en deelcurricula voor de breuken werden diepgaand geanalyseerd (en nog enkele zaken meer).

Er waren curricula bij van gerenommeerde professionals, zoals bijvoorbeeld "Fractions. An operational approach" van Dienes (1967).

Dit curriculum heeft veel invloed gehad op de ontwikkeling van het reken/wiskundeonderwijs o.a. in W.Duitsland. Uit het werk van o.a. Hasemann (1986) uit Hannover blijkt, dat de resultaten op toetsen voor breuken er slechter zijn dan ooit.

Samen met Bruner heeft Dienes gewerkt aan structuurleerplannen. Het genoemde voorbeeld is er zo één, maar dit terzijde. Kortom het huiswerk was gedaan, oplossingen waren nog niet gevonden voor de lakunes, zodat het standpunt, dat de breuken een vakinhoudelijk obstakel in de onderwijsontwikkeling vormden, overeind blijft.

Na het genoemde voorwerk werd vanaf september 1983 tot maart 1986 ontwikkelingsonderzoek verricht om definitief met het probleem dat de breuken (nog) vormden af te rekenen.

2 2 Het ontwikkelingsonderzoek

De bedoelingen ervan waren:

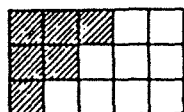
- Het ontwikkelen van een prototype van een deelgang voor de breuken, inhoudende:
- met één groep leerlingen van het basisonderwijs een leerproces in gang zetten en doen voortgaan over meerdere jaren, op basis van een voorlopige uitwerking van het prototype (dwz. er zou een geheel nieuwe onderwijswerkelijkheid gecreëerd moeten worden);
- het leerproces volgen, observeren en beschrijven; en op grond hiervan:
- het prototype bijstellen en ongewenste effecten (ervan) op de individuele leerprocessen corrigeren, dan wel elimineren; en
- een voorlopig antwoord vinden op de vraag naar de effecten van het gerealiseerde onderwijs (vergelijkend deel);
- aanbevelingen doen voor het onderwijs op grond van het prototype als bedoeld (het voorstellen van een *haalbare* deelleergang voor het onderwijs);
- een specifieke onderwijs(leer)theorie voor de breuken formuleren.

3 Enkele aspecten en resultaten van het onderzoek

3 1 Twee IEA-voorbeelden als instap

In het tweede IEA onderzoek werden o.a. in toets B ook enkele breukenitems opgenomen, nl.

26



In de figuur zijn de kleine vierkantjes allen even groot.
De oppervlakte van de gehele rechthoek is gelijk aan 1.
De oppervlakte van het gearceerde deel is gelijk aan

- A. $\frac{2}{15}$
- B. $\frac{1}{3}$
- C. $\frac{2}{5}$
- D. $\frac{1}{8}$
- E. $\frac{1}{2}$

27

Vier bekers van 1 liter, gevuld met roomijs, worden klaargezet voor een feestje. Na afloop van het feestje was 1 beker leeg, 2 waren half vol en 1 was driekwart vol. Hoeveel liter roomijs is er OPGEGETEN?

- A. $3 \frac{1}{4}$
- B. $2 \frac{1}{4}$
- C. $2 \frac{1}{2}$
- D. $1 \frac{1}{4}$
- E. geen van bovenstaande antwoorden.

De uitslag voor deze items was:

	aantal	items	items
	11n	26	27
HAVO/VWO	1515	75	64
MAVO	1718	50	38
LTO	1276	41	30
LHNO	991	30	17

Percentage goed op items 26 en 27 naar schooltype. (Pelgrum, 1983).

De vraag is: Hoe kan zo iets gebeuren? Waarom kunnen zoveel leerlingen het deel-geheel aspect van breuken niet toepassen (item 26) of waarom gaat een opgave met simpele halven en kwarten in gemengde getallen mis? (item 27). We laten allerlei kwesties, die kunnen samenhangen met de toetsvorm, tekstmoeilijkheden, de verwarring die kan ontstaan door "leeg" en "vol" bijvoorbeeld (item 27) nu maar buiten beschouwing.

3 2 De constructie van het breukbegrip

Enige voorstelling bij breuken als $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{6}{15}$ etc. worden in het onderwijs tot dusver niet of nauwelijks gevormd. Anders gezegd: het onderwijs stuurt niet aan op het verwerven van cognitieve representatie's voor dergelijke breuken. Door een eenheid (een hele) in 5, 8 resp. 15 stukjes te verdelen en er daarvan één te benoemen als $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{15}$ etc., krijgen deze eenheids- of stambreuken nog enige betekenis. De leerlingen kunnen zich er nog iets bij voorstellen, nl. "één verdelen in (of met) 5, 8, 15 etc.", maar daarmee houdt de concrete uitstap dan zo ongeveer op.

Alle kwesties, die daarop zouden moeten voortbouwen worden vervolgens numeriek, op basis van regels afgedaan, de equivalentie, het omzetten van een breuk (>1) in een gemengd getal en omgekeerd, de bewerkingen, alles.

Bijgevolg wordt aan de breuken als $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{6}{15}$ etc. het signaal karakter, de verwijzende functie die deze *symbolen* toch zouden moeten krijgen - een symbool staat immers ergens voor -

onthouden. Het zijn van ieder referentiekader vervreemde, op zichzelf staande objecten. Op grond van regels en procedures worden het echter wél objecten waaraan gehandeld wordt. In veel gevallen onttaardt dit handelen in fouten, bijv. $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$, IN-distractorfouten heb ik ze genoemd, fouten door afleiden in de natuurlijke getallen dus. De gebruikte symbolen zijn voor de leerlingen op de streepjes na al belast met betekenis door het rekenen met natuurlijke getallen.

Dergelijke fouten zijn een vertrouwd verschijnsel in de internationale onderzoeksliteratuur (zie bv. Behr e.a. (1983), Hasemann (1986).)

Dergelijke fouten verraden dat 'breuk' zich bij de maker *niet* of *ontoereikend* als mentaal object geconstitueerd heeft om er op adequate wijze mee te kunnen opereren.

Men kan dus niet stellen, dat het geobserveerde handelen in dergelijke gevallen het opereren met breuken weerspiegelt, althans die kwaliteit heeft.

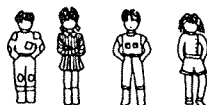
De vraag is nu, welke activiteiten er dan wél toe leiden dat de notie breuk postvat?

Wel, de realiteit zou moeten dienen als *bron* voor de begripsvorming en als *toepassingsgebied*. Daar beginnen we, met de leerlingen in de rol van constructeurs en producenten van hun eigen wiskunde.

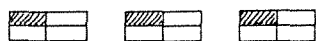
Enkele uitgangspunten zijn het verdelen in verdeelsituaties en het tafelschikken in verdeelsituaties. Dergelijke activiteiten trekken min of meer gelijktijdig op in het onderwijsleerproces. We geven van elk een voorbeeld.

Verdelen

"3 repen verdelen met z'n vieren".



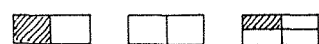
Maak een verdeling?
Hoeveel krijgt ieder?



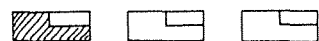
een eenheidsgewijs verdelen,
ieder krijgt

een kwart en een kwart en een kwart: $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$, $3 \times \frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$;

meer globale vormen van verdelen:



ieder een half en een kwart; $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$



ieder een hele min een kwart; $1 - \frac{1}{4}$

of drie keer een kwart etc. Achter $\frac{3}{4}$ gaat een heel verhaal van verdelen, tekenen, beschrijven en verkorten schuil, het wordt de aanhef voor een heel verhaal, waarin al allerlei operationele samenhangen en equivalenties opgaan, nl.:

$$\frac{3}{4},$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

$$3 \times \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{2}$$

$$1 - \frac{1}{4}$$

Dergelijk materiaal ondergaat nog een aanzienlijke uitbreiding, wanneer ook situaties als '6 repen met 8' onderzocht worden. Het verhoudingsredeneren kan daarbij ook voor oplossingen

zorgen; nl. '3 met 4' herhaalt zich in '6 met 8'. De ratio objecten - verdelers gaat dus een beslissende rol spelen in het bepalen van de uitkomst.

Tafelschikken

Teruggrijpend op de historie komen we in een bijna vierduizend jaar oud geschrift, de papyrus Rhind (Van der Waerden, 1950) deze concrete bron voor de breuken tegen: '8 broden verdelen onder 10 mannen'.

Voor leerlingen van de basisschool zou dit kunnen staan voor bijvoorbeeld 24 kinderen die gezamenlijk in een pizzeria 18 pizza's bestellen en verdelen. Passende vragen zijn dan: Maak een verdeling. Hoeveel krijgt ieder? De situatie geeft aanleiding tot symboolconstructie door de leerling zelf: $\frac{18}{24}$ in betekenis nauw verbonden met de situatie, namelijk 24 kinderen *rond* de tafel en 18 pizza's *erop*. De 'vierentwintig' zouden ook aan twee tafels hebben kunnen zitten $\frac{9}{12}$ $\frac{9}{12}$ en de pizza's dienovereenkomstig verdeeld $\frac{9}{12}$ $\frac{9}{12}$. Vormden de twee tafels eerst de ene grote, dan was er dus geschikt en geschoven, met en om de tafels:

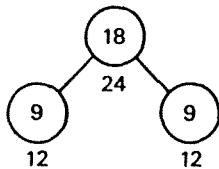


fig.1

Waarbij het niet hoeft te blijven. Zijn eenmaal dergelijke tafeltjes:

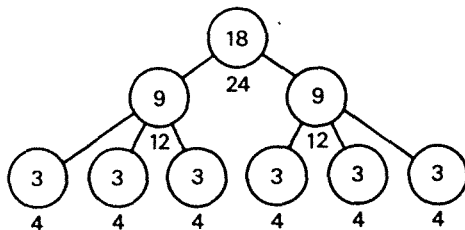


fig.2

of met een nog kleiner kindertal voortgebracht, dan kan door het voltrekken van een verdeling in een tekning (eventueel) ieders portie worden beslist.

Zie hier in een notedop enkele aspecten van een mathematiseringsproces voor negen- à tien-jarigen. Het horizontale mathematiseren, de grensovergang naar de wiskunde, kenmerkte zich door de symboolconstructie, waarbij van het nodige in de context moet worden afgezien. De bouw van het schema maakt de poort vrij tot een proces van verticaal mathematiseren, van voortgaan binnen de wiskunde zelf, namelijk:

- door de mogelijkheden tot bezuiniging op het schema die er zijn, bijvoorbeeld door middel van het 'snoeien van takken'

of

in plaats van

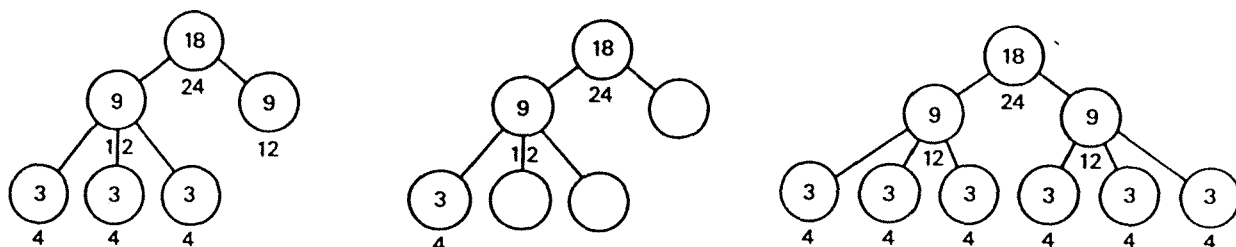


fig.3 en 4

of door een meerdelige stap te kiezen in plaats van een tweedeling:

of

in plaats van

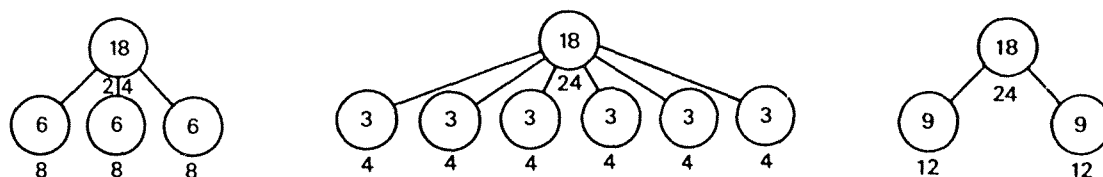


fig.4 en 5

- door de toepassing van de methode uit te breiden tot andere situaties, waarin twee grootheden op natuurlijke wijze samenhangen.
Op de achtergrond speelt de context van het tafelschikken de rol van *situatiemodel* (Treffers, 1986; Streefland, 1986).
- Kwesties die bijvoorbeeld i.v.m. het tafelschikken kunnen worden opgeworpen, zijn:
 - Is $\frac{18}{24}$ in $\frac{3}{4}$ en $\frac{15}{20}$ een eerlijke verdeling?
 - Aan welk tafeltje $\frac{3}{5}$ of $\frac{5}{8}$ krijg je meer?
 - Hoe zit dat met $\frac{3}{4}$ en $\frac{6}{8}$?
 - Aan welk tafeltje kan iemand die $1\frac{1}{2}$ krijgt gezeten hebben?
 - Kan iemand die $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ krijgt aan het tafeltje $\frac{2}{5}$ gezeten hebben?
 - Wat krijgt iemand, die maar de helft van de portie van het tafeltje $\frac{4}{5}$ krijgt?

Essentieel in het voorgaande is, dat de leerling zelf zijn breukbegrip mentaal construeert door dat objecten en verdelers met elkaar in verband moeten worden gebracht, dat verband onderzocht moet worden en nieuwe van dergelijke verbanden moeten worden geconstrueerd. In de geschetste situaties kan in het onderwijsleerproces worden ingegrepen. Het verdelen kan men sturen, door het "opdiene" van wat verdeeld moet worden te variëren, bijvoorbeeld stuk voor stuk of met meer tegelijk. Ook het tafelschikken kan op die manier via ingrepen geleid worden. Beide genoemde middelen maken het mogelijk om wat in eerste instantie spontane reacties van een leergroep waren, tot essentiële onderdelen van de leergang te maken. Dit is één van de essentiële kenmerken van ontwikkelingsonderzoek: de spontane constructies en

producties in betrekkelijk open probleemsituaties vormen het materiaal dat vooruitgrijpt op de leergang en de uitlijning daarvan.

In het geval van de gegeven voorbeelden zijn het eenheidsgewijze verdelen, het globale verdelen, het monografische breukenmateriaal voor een verdeelsituatie, de constructie van het tafeltjessymbool, het schema voor de tafelschikkingen en het voortschrijdende schematiseren daarmee (als ook met de verhoudingstabel) dergelijke spontane constructies, die de macrostructurering van de leergang meebepaald hebben.

3.3 Design en methoden

Het ging om observatie en registratie van langlopende, individuele leerprocessen. Dat was het design.

Behalve het naar vermogen en voorzover mogelijk controleren, observeren en beschrijven van een uit te voeren onderwijsexperiment, stond de methode van het (klinische) interview ter beschikking om hierin te interveniëren. Volgens Ginsberg e.a. (1983) beoogt men met deze methode in onderzoek naar de cognitieve ontwikkeling:

- het aan het licht brengen van de mentale activiteiten van kinderen in uiteenlopende contexten;
- het specificeren van de aard en organisatie van cognitieve processen;
- het evalueren van de cognitieve bekwaamheid (mogelijkheden) van kinderen.

Lezen we in plaats van cognitieve ontwikkeling 'voortschrijding in het mathematiseren', dan zijn dit ook de bedoelingen, die we met deze methode hadden.

Waar het mij hier om echter gaat, is dat het interessant is om te zien, hoe het ontwikkelingsonderzoek differentiatie in het toepassen van deze methode tot gevolg heeft gehad.

Wat is nl. het geval? We wilden kijken, hoe ver we met een hele groep basisschoolkinderen met de breuken zouden kunnen komen.

De beoogde interviews zouden dus in dienst moeten staan van de doelen van het onderzoek, dat zijn:

- de leergang;
- de theorie van en voor het onderwijzen en leren van breuken (het voortgaande mathematiseren);

Welnu, in het onderzoek hadden de interviews de volgende functies:

- het mede aan het licht brengen van individuele leerprocessen en bij eventuele haperingen hierin, het diagnostiseren van de problemen en het remediëren; en, indien veroorzaakt door het onderwijsleerproces,
- het diagnostiseren en remediëren naar de leergang toe; dwz. er van uit gaan, dat stagnaties in individuele leerprocessen veroorzaakt zouden kunnen zijn door onjuiste beslissingen en keuzen aan de onderwijskant. In beide gevallen, dus misvattingen bij de leerlingen, en tekorten in de leergang, werden de interviews dienstbaar gemaakt aan de vaststelling daarvan met de nodige interpretatie en restauratie van dien. Waar het om lakunes in het curriculum ging hadden de interviews ook een functie in de ontwerpsfeer, passend in de traditie van Wiskobas, "waarin de gesprekken met kinderen" altijd vooraf gingen aan de try-out van materiaal met grotere groepen leerlingen (zie Goffree 1979).

N.B. Overigens dient hier te worden opgemerkt dat welk ontwerp dan ook, zich niet op louter rationele overwegingen laat voortbrengen.

Didactische vondsten en creativiteit laten zich door geen enkele ontwerpstheorie afdwingen; de door Treffers ontwikkelde theorie van realistisch wiskundeonderwijs kan echter wel als constructie-theorie fungeren (zie ook § 4). De belangrijke arbeid van een mathematisch-didactische analyse daarbij - zeg een geïntegreerde logische-, psychologische- en empirische analyse- kan hooguit een heuristische functie vervullen. (Treffers (1986), (1987).

3.4 Het vergelijkende deel van het onderzoek

De geobserveerde individuele leerprocessen laten we in deze bijdrage verder buiten beschouwing. We gaan hier slechts in op enkele aspecten van het afsluitende deel van het onderzoek.

Daarbij zal overigens wel gebruik gemaakt worden van de indicatoren die ontwikkeld zijn om de kwaliteit van het voortschrijdende mathematiseren in de individuele leerprocessen te kenschetsen.

Deze indicatoren betreffen:

- het maken van fouten in het respecteren van de noties breuk en verhouding, bijvoorbeeld $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ of het redeneren met verhoudingen op grond van constante verschillen in plaats van verhoudingsconstante te eerbiedigen.
Dergelijke (IN-distractor)fouten zijn een aanwijzing dat het concrete niveau te voorbarig de rug wordt toegekeerd.
- het voortschrijden in schematiseren;
- het flexibel toepassen van (visuele) modellen, schema's en het handig rekenen;
- het maken van voorstellingen bij formele problemen;
- eigen constructies en producties op symbolisch niveau.

Als toets werd een eigen 'doorsneetoets' gebruikt (met 'in de marge' het onderdeel rekenen van de eindtoets 1986 voor het basisonderwijs van het CITO).

De vraag is: "Wat wordt getoetst?" (Op de problematiek van de doelen, de dekking van de doelen in verband met het mathematiseren en de toepassingen gaan we verder niet in, zie bijvoorbeeld Freudenthal (1987)).

De slottoets in het onderzoek bestond uit 32 scorebare onderdelen waarvan 10 in vraagstukjes en 22 kaal. Bij de CITO-toets (als extern objectiverend instrument) hebben we vooral ook gekeken naar de 27 vraagstukken over breuken, verhoudingen e.d. We hebben accenten geplaatst bij de oplossingsprocessen en de gemaakte fouten. Het was immers niet om een prestatievergelijking te doen. Het vergelijkende deel in het onderzoek diende in de eerste plaats in het verlengde van het ontwikkelingsonderzoek beschouwd te worden. Daarom ook was voor een 'controle-groep' van redelijke omvang gekozen (ruim 200 leerlingen), die zowel met methoden met realistische trekken (De Wereld in Getallen, Taltaal en Rekenwerk) als met mechanistische methoden (Niveau Cursus Rekenen en Naar Zelfstandig Rekenen) was onderwezen. (Het was immers om het nagaan van effecten van het experimentele programma begonnen?)

We geven nu enkele uitslagen. Allereerst op het achtste item uit de slottoets.

Opmerking. Dit vraagstuk in de toets doet nog het meeste recht aan het experimentele onderwijs doch kan ook gemakkelijk in verband gebracht worden met de doelstellingen, die in de overige genoemde programma's worden nagestreefd.

Item 8:

'3 zuurstokken worden eerlijk verdeeld over een groep van 4 kinderen.'

'7 zuurstokken worden eerlijk verdeeld over een groep van 10 kinderen.'

>> Vergelijk: In welk groepje krijgt een kind meer, in het groepje van 4 kinderen of in het groepje van 10 kinderen? Hoeveel meer?

kenmerk	% leerlingen		
	experimenteel	realistisch	mechanistisch
oplossingsproces			
visueel model	15 (31)	3	14
voorgesteld model	-	4	(2)
schema (tabel)	62	3	-
handig rekenen	(8)	5	-
rechtstreeks	15	39	43
algoritme (regel)	8	38	33
N-distractorfouten	-	3	2
niet gemaakt	-	9	10
uitkomst correct	85	33	6

Uitslag item 8 slottoets.

In eerste instantie is alleen het gebruik van een bepaald kenmerk geteld wanneer dit gebruik doorslaggevend was voor het bepalen van de oplossing. In de getallen tussen haakjes is ook het gebruik dat niet doorslaggevend was meegeteld.

Het belang van de beschouwing over de constructie van het breukbegrip (3.2) komt hier tot uitdrukking. Meer dan 20 % van de leerlingen legde een onjuist verband tussen zuurstokken en verdelers. Bij de rechtstreekse beantwoording bleek dit uit uitkomsten met de noemers 3, 7 of 21. Algorithmische of regelgerichte benaderingen konden aldus ontsporen:

$$\begin{array}{r}
 3 \overline{) 4} \quad 1,333 \\
 \underline{3} \\
 10 \\
 \underline{9} \\
 10 \\
 \underline{9} \\
 10 \\
 \underline{9} \\
 10
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 7 \overline{) 10,0} \quad 1,428571 \\
 \underline{7} \\
 30 \\
 \underline{28} \\
 20 \\
 \underline{14} \\
 60 \\
 \underline{56} \\
 40 \\
 \underline{35} \\
 50 \\
 \underline{49} \\
 10 \\
 \underline{7} \\
 3
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 1,428571 \\
 \underline{1,333333} \\
 0,095238
 \end{array}$$

Wat de instelling van de leerlingen aangaat was er nauwelijks onderscheid tussen de realistische en de mechanistische deelgroep van de controle-groep. Vandaar dat we dit onderscheid bij het overzicht van de totaaluitslag op de slottoets laten vervallen.

Evenals bij vraagstuk 8 is er nu voor de volledige toets gelet op de per vraagstuk ingezette wiskundige middelen.

kenmerken	gemiddeld aantal per leerling toegepast	
oplossingsproces	experimentele groep	controlegroep
visueel model	2,1	0,3
voorgesteld model	-	0,1
schema (tabel)	1,3	-
handig rekenen	3	0,6
rechtstreeks	3	4,8
algoritme (regel)	1,8	3,5
IN-distractorfout	0,5	0,6
niet gemaakt	0,4	0,6
uitkomst correct	22,3 (70%)	18,1 (57%)

Uitslag slottoets: Inzet wiskundige middelen. (10 items)

Opmerking:

- Gelet op de categorie 'uitkomst correct' was er wel onderscheid tussen de onderscheiden realistische en mechanistische deelgroep van de controlegroep, nl.
mechanistisch 13,5 correct (42%) en
realistisch 19,7 correct (62%).

2. Rekenen 1986	gemiddeld aantal uitkomsten correct (max 60)
Experimentele groep	50 (84%)
Controlegroep	38 (64%)
Realistengroep	40 (67%)
Mechanistengroep	33 (55%)
Landelijke steekproef n=2240	43 (72%)

N.B. Voor de volledige groep 8, waarvan de experimentele groep deel uitmaakte, bedroeg dit percentage 74.

	gemiddeld aantal uitkomsten correct van 'de 27'
Experimentele groep	23,5 (87%)
Controlegroep	16 (59%)
Realistengroep	16,7 (62%)
Mechanistengroep	13,7 (51%)
Landelijke steekproef	18,7 (69%)

Enkele conclusies, die we menen te kunnen trekken zijn:

- het leren mathematiseren werpt vruchten af;
- er zijn enkele effecten aanwijsbaar die zuiver en alleen aan de methoden met realistische trekken dienen te worden toegeschreven. (in tegenstelling tot de bevindingen van Harskamp en Suhre, 1986).
- mechanistisch onderwijs met mechanistische methoden leidt tot zeer schamele resultaten;
- op de omvang van de breukenprogramma's in mechanistische methoden (ca 30% van de ruimte) kan drastisch bezuinigd worden.

4 Theoretische reflectie

4 1 De indicatoren

De realiteit dient als bron en toepassingsgebied. Er wordt dus gedurig uitgegaan van in contexten gesitueerde probleemsituaties (verdelen/tafelschikken). Het geforceerd loslaten

hiervan leidt tot **N**-distractorfouten (1).

Door uit te gaan van de realiteit worden leergangen verstrengeld omdat uiteenlopende wiskundige middelen om bepaalde reële situaties te organiseren in die realiteit op natuurlijke wijze samenhangen (verhoudingen en breuken) (2).

Om van die realiteit los te komen moeten symbolisering, schema's en modellen worden ontwikkeld, bij voorkeur ontlokt aan de realiteiten die een wiskundige bewerking ondergaan. Genoemde middelen dienen ook om binnen de wiskunde zelf vooruitgang te boeken en hogere niveau's van mathematiseren te realiseren (3).

Om te waarborgen, dat de symbolisering, schema's en modellen van de leerlingen zelf zijn, dienen zij een grote inbreng te hebben in het onderwijsleerproces. Dit kan door het doen van constructies en eigen vrije producties (4).

Evenwel, wie uitgaat van open probleemsituaties met de potentie tot voortbrenging (dus generatief materiaal) mag uiteenlopende constructies en producties verwachten. Om deze dienstbaar te maken aan het voortgaande mathematiseren van de gehele leergroep, dient er gedurig ruimte te zijn voor samenwerking, onderhandeling en discussie. Het onderwijsleerproces moet dus in hoge mate *interactief* zijn. (5) (zie Treffers, 1987)

4 2 Het ontwikkelingsonderzoek

Met de vruchten van eigen constructies en productie's werd de leerweg van de leerlingen deels geplaveid. Dit principe werken we beknopt uit in wat men zou kunnen noemen: een niveau-theoretisch constructie model voor een leergang (breuken). Het begrip constructie vormt de kern.

1. Het lesniveau (horizontaal mathematiseren)

• Constructie als onderwijsmiddel

Er wordt uitgegaan van generatief (open) materiaal met het oog op constructies door de leerlingen. Of men geeft opdracht tot (vrije) producties. Daarbij worden de volgende onderwijskundige grondstellingen toegepast:

- het benutten van de realiteit als *bron* en *toepassingsgebied* (uitgaan van zinvolle en zingevende contexten); dit brengt met zich mee:
- het verstrengelen van leerlijnen; in onversneden realiteit hangen bijvoorbeeld breuken en verhoudingen nauw samen, zoals we hebben laten zien;
- het construeren in het onderwijsleerproces van symbolisering, schema's en (situatie)modellen.

Opmerking: Het voorgaande geldt niet alleen voor de eerste les, maar ook voor de veertigste bijvoorbeeld. Dit betekent, dat het horizontaal mathematiseren niet alleen aan het begin, tijdens de bronverkenning, maar ook op den duur in het toepassen beoefend wordt.

• Constructie als leermiddel

- reflectie op het eigen handelen door het zoeken naar nieuwe mogelijkheden en oplossingen, en
- discussies, samenwerking, onderhandeling (interactie), na constructies en vrije producties zijn beslissend voor het realiseren van leermomenten.

2. Op weg naar hogere niveaus ofwel het leergangniveau (verticaal mathematiseren)

a. Constructie als onderwijsmiddel op de lange termijn

Hier voltrekt zich voor de ontwikkelingsonderzoeker een blikwisseling, (zie ook paragraaf 3.2) namelijk: Het door de leerlingen op het lokale of lesniveau, spontaan voortgebrachte materiaal, wordt naar zijn mathematisch-didactische essenties *mede* benut om de *globale* uitlijning of macrostructuur van de leergang in wording te realiseren.

In paragraaf 3.2 werden enkele van deze mathematisch-didactische essentie's in leerlingmateriaal opgesomd.

b. Constructie als leermiddel op de lange termijn of de organisatie van langlopende

leerprocessen

De onder 1b genoemde middelen om op lokaal niveau leermomenten te bewerkstelligen worden nu gedurig aangewend om niveauverhogingen te realiseren en dus een verticaal mathematiseringsproces tot stand te brengen.

In verband met het in paragraaf 3.2 geschetste voorbeeldmateriaal noemen we hier de niveauverhogingen in verband met

- het progressief schematiseren (tafelschikkingen, verhoudingstabel)
- voortgaande modelvorming (bijvoorbeeld van vormverwante realistische tekeningen naar echte, visuele modellen);
- vrije produktie van monografisch materiaal op symbolisch niveau (of vrije produktie van proefwerken voor (onderdelen van) het leergebied),
- het zelf construeren (geleidelijk aan) van standaardprocedures voor de bewerkingen.

3. Het niveau van de theorie

a. De constructie van theorie als onderwijsmiddel

De hypothesen en theoretische noties in ontwikkeling bij het verrichten van de werkzaamheden op beide voorgaande niveaus werken bevruchtend op deze werkzaamheden en omgekeerd.

b. De constructie van theorie als leermiddel

Ontwikkelingsonderzoek heeft een leeropbrengst voor de onderzoeker, nl.

1. een theorie voor – in dit geval – het onderwijzen en leren van breuken, en
2. dwarsverbindingen hiervan met en de detaillering van het wijdere verband van een theorie voor realistisch wiskunde onderwijs.

5 Besluit

Bij wijze van afronding maken we nog enkele opmerkingen:

- de mathematisch-didactische analyse speelt op alle drie niveau's van het leergangconstructiemodel een belangrijke rol, doch eerst en vooral op de beide eerste;
 - het model doet recht aan de onderwijstheorie van Treffers (1987).
 - het model vormt een organisatie en constructiekader voor wiskundeonderwijs, dat op het niveau van de leerlingen een kader van onderzoek is, waarin de theorievorming voor de breuken door voortschrijdend mathematiseren zich voltrekt.
- Op het niveau van de onderzoeker betreft dit theorievorming en leren van breuken;
- ontwikkelingsonderzoek als bedoeld, dus in realistisch wiskundeonderwijs, probeert het onderscheid tussen onderwijzen en leren te verhelderen om het te kunnen doen vervagen, door onderwijzen en leren te integreren. (Streefland, 1988)

Noten

- 1) Het hier besproken ontwikkelingsonderzoek wordt uitvoerig beschreven in Streefland, L. De Breuken Realistisch Benaderd - een voorbeeld van effectief ontwikkelingsonderzoek - Utrecht, 1988

Literatuur.

- [1] Behr, M.J. e.a. *Rational number concepts*. in R. Lesh and M. Landau. Acquisition of mathematics concepts and processes, New York etc., 1983, 92-124.
- [2] Creemers, B.P.M. en W.Th.J.G. Hoebe *Curricula en de verbetering van het onderwijs*. 1986. (Paper geschreven t.b.v. het SLO-jubileumboek 1986).
- [3] Dienes, Z.P. *Fractions; an operational approach*. Parijs, 1967.
- [4] Freudenthal, H. *Theorievorming bij het wiskundeonderwijs*. Geraamte en gereedschap. Panamapost, 5(3), 1987, 4-15.
- [5] Ginsberg, H.P. e.a. *Protocol methods in research on mathematical thinking*. in: H.P. Ginsberg (ed.). The development of mathematical thinking. New York etc., 1983, 8-46.

- [6] Goffree, F. *Leren onderwijzen met Wiskobas*. Utrecht, 1979.
- [7] Harskamp, E.G. en C.J.M. Suhre. *Vergelijking van rekenmethoden in het basisonderwijs*. Groningen, 1986.
- [8] Hasemann, K. *Mathematische Lernprozesse*. Braunschweig/Wiesbaden, 1986.
- [9] Howson, G., C. Keitel and J. Kilpatrick *Curriculum development in mathematics*. London etc., 1983
- [10] Pelgrum, W.J. e.a. *Tweede wiskunde project*. T.H. Twente, afd. T.O., 1985.
- [11] Streefland, L. *Aanzet tot een nieuwe breukendidactiek volgens Wiskobas*. Utrecht, 1983.
- [12] Streefland, L. *Rational analysis of realistic mathematics education as a theoretical source for psychology*. in: *Fractions as a paradigm*. European journal of psychology of education, 1(2), 1986, 67-83.
- [13] Streefland, L. *De breuken realistisch benaderd*. Een voorbeeld van effectief ontwikkelingsonderzoek. Utrecht, 1988.
- [14] Treffers, A. *Analyseren en ontwikkelen van reken/wiskundeondewijs vanuit twee verschillende basisconcepties*. in: *Pedagogische studiën*, 1986, 63, 14-25.
- [15] Treffers, A. *Three dimensions*. A model of goal and theory description in mathematics instruction - The Wiskobas Project. Dordrecht, 1987.
- [16] Wiskobasteam *Onderzoek voor wiskundeonderwijs*. in: *Wiskobas Bulletin*, 9(4/5), 1980, 2-19.

Onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek in en na het PLON

P.L. Lijnse
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, RU Utrecht

1 Inleiding

Bij het voorbereiden van deze voordracht heb ik me afgevraagd op welk niveau ik over het voorgestelde thema zou moeten spreken. Daarbij heb ik eerst overwogen op meta-niveau te reflecteren op de aard en rol van ontwikkelingsonderzoek in en na het PLON-project (Project Leerpakketontwikkeling Natuurkunde). Echter, toen ik me realiseerde dat zo'n reflectie noodzakelijkerwijs een grote kennis vooronderstelt bij het gehoor ten aanzien van de doelstellingen, werkwijze en produkten van het project leek me dit geen goede opzet. Vandaar dat ik me vooral zal richten op het hoe en waarom van wat we eigenlijk doen en gedaan hebben. Ik zal eerst ook iets van de geschiedenis van het project beschrijven, evenals de belangrijkste aspecten van het ontwikkelde materiaal en de daarachter liggende onderwijsvisie. Pas vanuit deze context kan het onderzoek qua vorm en inhoud beschreven en begrepen worden. De vraag of dit onderzoek dan wel of niet als ontwikkelingsonderzoek gekarakteriseerd kan worden lijkt me eigenlijk van weinig praktisch belang. Belangrijk is de functie die het vervult en vervuld heeft in het kader van het project als geheel en van de ontwikkeling van de natuurkundendidactiek in ons land. Gezien de meeste sprekers op deze conferentie, betekent dit dat mijn bijdrage veel meer vanuit de curriculumontwikkelings- (en natuurkundendidactische) praktijk zal worden ingevuld en veel minder vanuit een theoretisch-onderwijskundig gezichtspunt. Hopelijk zal dit verschil niet zozeer vervreemdend, doch vooral wederzijds bevruchtend blijken te kunnen werken.

2 Het PLON-project

Het PLON startte in 1972 op initiatief en onder auspiciën van de CMLN (Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde). Dit initiatief was een antwoord op een door het onderwijsveld geuite behoefte aan modernisering van het Nederlandse natuurkundeonderwijs. Deze behoefte was niet alleen een directe uiting van ongenoegen met de toenmalige onderwijspraktijk, maar ook een gevolg van de internationale 'curriculum wave' waarvan de veelbelovende produkten inmiddels ook tot ons land waren doorgedrongen. En had ook het wiskundeonderwijs niet reeds zijn IOWO?

Het project startte met een vijf koppige bemanning: drie voormalige natuurkundeleraren als ontwikkelaars, een psycholoog als onderzoeker en een secretaresse. Al spoedig werd dit aangevuld met een technicus. Toen het project officieel werd opgeheven (op 1 januari 1986) was deze bezetting meer dan verdubbeld (ruwweg in dezelfde verhouding). Uit deze samenstelling blijkt al dat in het project vanaf het begin gewerkt is met een interne onderzoeksgroep.

Het projectteam heeft officieel, zoals paste in de geest van de tijd, steeds als 'leiderloze democratische groep' gefunctioneerd, alhoewel het met het uitbreiden van de bemanning en werkgebieden nodig bleek om diverse 'coördinatoren' te benoemen. Een mijns inziens nogal eufemistische modeterm, die dan ook voor verschillende uitleg vatbaar is gebleken.

De opdracht voor het projectteam, bijgestaan door een stuurgroep, was eenvoudig het

vernieuwen van het natuurkundeonderwijs voor het AVO, maar bijzonder was wel dat met de onderbouw moest worden begonnen. In feite besloot het projectteam om te starten met materiaalontwikkeling voor de tweede klas Mavo en dit geleidelijk uit te breiden naar 'hogerop'. Dit hield in dat toen het project beëindigd werd inderdaad de ontwikkeling voor de bovenbouw van het Vwo was bereikt, maar helaas nog niet voltooid. Het projectteam heeft een grote hoeveelheid materiaal ontwikkeld. Zo'n veertig thema's voor leerlingen (als we alleen de eindversies tellen), maar daarnaast ook handleidingen voor leraren, examens, practicummateriaal, audio-visuele hulpmiddelen, onderzoeksrapporten en een veelheid aan artikelen.

3 Ontwikkelstadia en strategie

Het projectteam startte met een uitgebreide oriëntatie op de problemen in het onderwijs en hoe deze met name in buitenlandse curriculumprojecten werden opgelost. Dit als voorbereiding op de visie-ontwikkeling voor het project.

Deze visie-ontwikkeling is een moeilijke, eigenlijk nooit afgeronde zaak. Zeker wanneer het team bestaat uit sterke, enthousiaste, maar zeer verschillende persoonlijkheden. Dan wordt de leiderloze structuur soms tot probleem. Een probleem dat zich bovendien kan herhalen bij wisselingen in het team. Het materiaal voor Mavo en onderbouw Havo-Vwo werd ontwikkeld in de periode 1974-'81. Vanaf 1978 tot 1986 werd gewerkt aan de bovenbouw Havo en vanaf 1980 ook aan de bovenbouw Vwo.

Afgezien van dit laatste deelproject, waarin gewerkt werd met schrijfgroepen van leraren, werd het ontwikkelwerk gedaan door het centrale projectteam.

Producten in eerste versie werden ontwikkeld en vervolgens uitgeprobeerd op een beperkt aantal proefscholen. Onderzoek hiernaar leverde gegevens op voor revisie van het materiaal. Aanvankelijk werd deze cyclus meerdere malen herhaald. Later werd veelal volstaan, vooral onder tijdsdruk, met éénmalige revisies. Onderdeel van deze revisies was na verloop van tijd ook het ontwikkelen van curriculumlijnen. Longitudinale planning van het curriculum over schooljaren en schooltypen. Op deze manier is gewerkt aan een voortdurende verscherping van uitgangspunten, vormgeving en praktijk. Daarbij is niet gekozen voor een bepaald onderwijs-theoretisch uitgangspunt, dat aan de ontwikkeling ten grondslag moest liggen. Immers, de veelheid van problemen die om een praktische oplossing vroegen liet zich toen niet (en nog niet) vanuit één omvattende theorie benaderen.

Daarbij moet gedacht worden aan visie-ontwikkeling ten aanzien van onderwijs en ten aanzien van het vak natuurkunde op school. Differentiatie- en motivatieproblematiek vroegen om een oplossing. De ontwikkeldruk was groot, evenals de examenproblematiek. Innovatie en bij- en nascholing vroegen aandacht. Daarbij hebben ook ontwikkelaars slechts een beperkte creativiteit en deskundigheid en bovendien moesten ze ook zelf eerst het 'vak' leren. Kortom, een veelheid van problemen en activiteiten, die in eerste instantie vooral vroegen om een pragmatische optimaliseringsaanpak, gegeven het eenmaal gekozen uitgangspunt dat een volledig curriculum moest worden ontwikkeld in een, bij nader inzien, te beperkte tijd. Waartoe heeft dit dan allemaal geleid?

4 Vernieuwingskenmerken van het PLON

ten aanzien van het schoolvak natuurkunde

De slogan 'natuurkunde relevant voor alle leerlingen' geeft kort de richting weer waarin het projectteam heeft gewerkt. Natuurkunde niet langer gericht op de academisch geïnteresseerde leerling, of als 'nuttig en nodig voor later', maar als ook direct bruikbaar

en interessant voor alle anderen. Deze relevantie wordt enerzijds gezocht in wat omschreven zou kunnen worden als een natuurkundige oriëntatie op de reële wereld en anderzijds ook in 'natuurkunde als gereedschap'. De eerste omschrijving, een natuurkundige oriëntatie, als het beschrijven en begrijpen van de reële wereld, sluit aan bij het realisme in het wiskundeonderwijs. In beide vakken wordt dit ook vormgegeven door middel van het leren in reële contexten. In dit geval is de context echter voor- namelijk middel, namelijk tot het zinvoller leren van vakinhouden. De tweede omschrijving, natuurkunde als gereedschap, gaat echter duidelijk verder. Hiermee wordt bedoeld dat leerlingen door middel van de geleerde natuurkunde ook beter in staat zijn tot handelen in de behandelde context-situaties. Dan wordt context van middel tot doel, en leerstof op zich. In de WTS-benadering van het natuurkundeonderwijs (Wetenschap, Technologie en Samenleving) wordt dit laatste met name toegespitst op maatschap- pelijke en/of persoonlijke probleemsituaties. Dit leefwereld- en praktijkgerichte karakter (in brede zin) van de PLON-natuurkunde weerspiegelt zich in de thematische structuur van het curriculum. De variatie in themacontexten, gekozen uit de dagelijkse omgeving van leerlingen, uit de natuur, de techniek, de wetenschap en de samenleving, weerspie- gelt zich in thematitels als: Leven in lucht, Bruggen, Weersveranderingen, Water voor Tanzania, Materie, Electronica, etc. Daarbij is gestreefd naar het vinden van een goede balans, beschouwd over leerjaren en schooltypen.

ten aanzien van onderwijs en leren

Ontstaan en gegroeid in een tijd waarin individuele ontplooiing, zelfverantwoordelijkheid en mondigheid, inspraak en democratisering de onderwijsdiscussies bepaalden, is het niet vreemd dat ook in de PLON-visie in dit opzicht doelverbreding werd nagestreefd. Het heeft vorm gekregen in het stimuleren van een actief, leergericht onderwijs- en leerkli- maat. Elementen hiervan zijn een brede variatie in leer- en onderwijsactiviteiten, met inbrengmogelijkheden en een zekere keuzevrijheid voor zowel leraren als leerlingen.

Actief leren wordt bevorderd door veel onderzoeksmogelijkheden te plannen, door ruime aandacht voor groepswork (onder het motto leren met en van elkaar), door differentiatiemogelijkheden naar interesse en beroepsmogelijkheden, etc.

Daarnaast wordt steeds geprobeerd aan te sluiten bij de kennis en interesses die leer- lingen al hebben, wordt een opbouw 'van concreet naar formeel' en van kwalitatief naar kwantitatief nagestreefd, alsmede aandacht voor onderzoeks-, probleemaanpak- en oplos- singsvaardigheden. Kortom, het PLON-leerklimaat kenmerkt zich door nagestreefde veelzijdigheid en activiteit. Een kenmerk overigens dat zeer veel vraagt van de leraren die met het curriculum werken.

5 Onderzoek aan PLON

Na deze (te) beknopte, maar mijns inziens noodzakelijke, beschrijving van de nage- streefde PLON-vernieuwing, kom ik nu toe aan het eigenlijke onderwerp: de rol die onderzoek in en na het project speelde en speelt. Daarbij moet bedacht worden dat deze beschrijving niet een voorschrijvende voorstelling van zaken pretendeert te zijn, maar alleen zoals het in dit project gebeurd is. En daardoor sterk gekoppeld aan de specifieke omstandigheden en betrokken mensen, wat niet wil zeggen dat er niet tegelijkertijd meer algemene lering uit valt te trekken.

ontwikkel- en gebruiksgericht onderzoek

Het eerste onderzoek aan nieuw ontwikkeld onderwijsmateriaal was vooral direct gericht op feedback voor de ontwikkelaars en gebruikers. Hoe 'valt' het thema bij leerlingen en

leraren? Wat zijn de sterke en de zwakke punten; wat blijkt wel haalbaar in de praktijk en wat niet?

Hieruit volgt verscherping van de uitgangspunten en ideeën en groei in deskundigheid. De resultaten werden direct gebruikt bij revisies van het materiaal en voor de advisering van leerkrachten. De diepgang van dit veelal kleinschalige en kwalitatieve onderzoek hangt, behalve uiteraard van de beschikbare tijd, sterk af van de deskundigheid van de onderzoeker. In eerste instantie zijn ontwikkelaars geneigd vragen te stellen, die ter beantwoording vakinhoudelijke know-how, onderwijservaring en gedegen kennis van het materiaal vragen. Deze vragen kunnen ze dan ook het beste tezamen met de leraren zelf onderzoeken, hetgeen direct ontwikkelingsonderzoek zou kunnen worden genoemd; onderzoeker en ontwikkelaar als dezelfde personen.

De tijdsdruk op het PLON-project en aanvankelijk ook de beperkte deskundigheid van de ontwikkelaars ten aanzien van onderzoek, liet dit type onderzoek echter onvoldoende toe. Thema-evaluatie was vooral de taak van de interne, psychologisch geschoolde onderzoeksgroep. Na een periode van verwarring over haalbare onderzoeksvragen in relatie tot aanwezige onderzoeksdiskundigheid, is de thema-evaluatie vooral uitgevoerd op globale kenmerken van beleving door leerlingen en haalbaarheid voor leraren. Gedetailleerde bestudering van leerprocessen en effecten bleef achterwege. Deze thema-evaluaties werden geleidelijk van hoofdactiviteit tot routine-onderzoek wat, naarmate het project vorderde, de weg vrij maakte voor onderzoek naar nieuwe vragen.

beleids- en verspreidingsgericht onderzoek

Naarmate een curriculum zijn voltooiing nadert (het eerst dus het Mavo-curriculum) doen zich nieuwe problemen voor die te maken hebben met de examen- en innovatieproblematiek. Zeker bij een project als het PLON, dat een 'voorhoede-project' pretendeerde te zijn, worden naarmate het meer bekend wordt allerlei kritische kanttekeningen gezet. Onderzoek kan en dient dan mede de functie te hebben gegevens te leveren, waarmee het mogelijk is discussies met zowel beleidsinstanties als het onderwijsveld niet alleen op geloofsartikelen te laten plaatsvinden, maar ook empirisch te onderbouwen. De aard van dit soort discussies houdt in dat het hier bedoelde onderzoek, dat zich uiteraard dan meer richt op curriculumlijnen en opbrengsten, nog vrij pragmatisch van aard is. Althans als het gebeurt door een interne onderzoeksgroep, die niet afstandelijk het curriculum onderzoekt zoals een externe onderzoeksgroep kan doen, maar die als taak heeft het meehelpen bereiken van het voor het project gestelde doel. Het onderzoek zelf is in deze fase duidelijk kwantitatiever en grootschaliger dan in de vorige fase.

In het PLON is, bijvoorbeeld, in dit kader onderzoek gedaan naar de overall waardering van leerlingen voor het curriculum als geheel en hun beleving en waardering van de leeromgeving.

Onderzocht is ook welke aspecten door gebruikers als belangrijkste vernieuwingskenmerken worden gezien en gewaardeerd. Met name is ook belangrijk dat onderzocht is, in een vergelijkend onderzoek, of de cognitieve opbrengst van het PLON-curriculum vergelijkbaar is met die van traditionele curricula, en wat de ervaringen van ex-PLON-leerlingen zijn in het vervolgonderwijs. Deze onderzoeken, die in het algemeen voor PLON geen ongunstige uitkomsten te zien gaven, zijn belangrijk om de in eerste instantie wat gereserveerde houding van velen ten aanzien van grondige vernieuwingen te kunnen pareren. Als aan deze 'voorgondkenmerken' niet voldaan is, komt men immers aan een genuanceerder beoordeling vaak niet toe.

theoriegeleid en -gericht onderzoek

Zonder te willen zeggen dat in de, in het voorgaande beschreven, onderzoeken theorie geen rol speelde, doet zich toch na beëindiging van de ontwikkelactiviteiten een nieuwe onderzoeksoptiek voor, waarin veel nadrukkelijker theoretische overwegingen zowel doel als uitgangspunt voor onderzoek zijn. Rond het PLON-curriculum zal, met steun van SVO, een viertal onderzoeken worden uitgevoerd, die zowel een verdiepte evaluatie van het curriculum als geheel inhouden als vakdidactische diepteboringen naar de voortgang en verantwoording van het leerproces. Hierop zal ik nu verder ingaan.

1 Curriculumonderzoek

'Wat is de invloed van praktijk- en participatiegericht leren op motivatie en cognitieve opbrengst bij leerlingen?' Deze vraagstelling is uitgangspunt voor een afsluitend onderzoek waarin gezocht wordt naar de relatie tussen de twee belangrijkste vernieuwingskenmerken (als curriculumvariabelen) en de nagestreefde opbrengsten. Ook de motivatie van leerlingen en de door hen ervaren relevantie van het geleerde wordt hier als opbrengst van het curriculum beschouwd. Beargumenteerd kan worden dat, idealiter, beide curriculumvariabelen een positieve invloed op zowel de motivatie als de cognitieve opbrengst zouden moeten hebben. Het onderzoek is dus niet zozeer criteriumgericht (criteria voor wie trouwens? Leraren kiezen voor een curriculum op grond van een hen aansprekende onderwijsvisie, niet op grond van criteria waar onderzoek een rol in speelt!) alswel gericht op het blootleggen van eventuele verklarende samenhangen tussen leeromgevingskenmerken en onderwijsopbrengsten. Daarbij zal tevens aandacht besteed worden aan de rol van een aantal leerlingkenmerken. Daarnaast zullen de opbrengsten ook uitgesplitst worden in opbrengsten ten aanzien van zogenaamde standaardkennis en opbrengsten ten aanzien van inpassing en herstructurering van leefwereld-kennis. Vooral dit laatste vraagt, gezien de aard en inhoud van het PLON-curriculum, bijzondere aandacht.

Dit type curriculumonderzoek is, per definitie, globaal van aard. Het richt zich op de grote lijnen en verbanden en kan geen gedetailleerde aandacht besteden aan de feitelijke situatie in de klas en aan de feitelijk optredende leerprocessen. In zekere zin gaat het dus uit van een ideaal vormgegeven curriculum dat op een ideale manier gebruikt wordt in de klas. Immers, alleen dan mag verwacht worden dat de vooronderstelde verbanden ook de vooronderstelde effecten zullen hebben. Maar is het curriculum eigenlijk wel zo ideaal?

2 Onderzoek naar het leren van natuurkunde in contexten

Curriculumontwikkeling is een vak dat men zich al doende moet eigen maken. Dan moeten de vakdidactische keuzen feitelijk geconcretiseerd worden en blijkt dat er weinig of geen bruikbare theorie beschikbaar is om dit proces te sturen. Dat betekent dat men een continu leerproces doormaakt dat pas beëindigd wordt als de curriculumontwikkeling stopt. Nieuwe vakdidactische inzichten groeien tijdens dit ontwikkelingsproces, maar kunnen dan vaak nog slechts gebrekkig worden vormgegeven. Als gevolg daarvan is elk curriculum van enige omvang dan ook noodzakelijkerwijs in zekere zin reeds achterhaald op het moment dat het 'opgeleverd' wordt. Een inzicht dat mijns inziens nog te weinig in onderwijskundige curriculumevaluatie-literatuur is doorgedrongen. Immers, vakdidactische progressie vraagt dan niet zozeer om onderzoek dat zich richt op de effecten van globale curriculumkenmerken, maar juist om onderzoek dat zich richt op als meer problematisch ervaren aspecten.

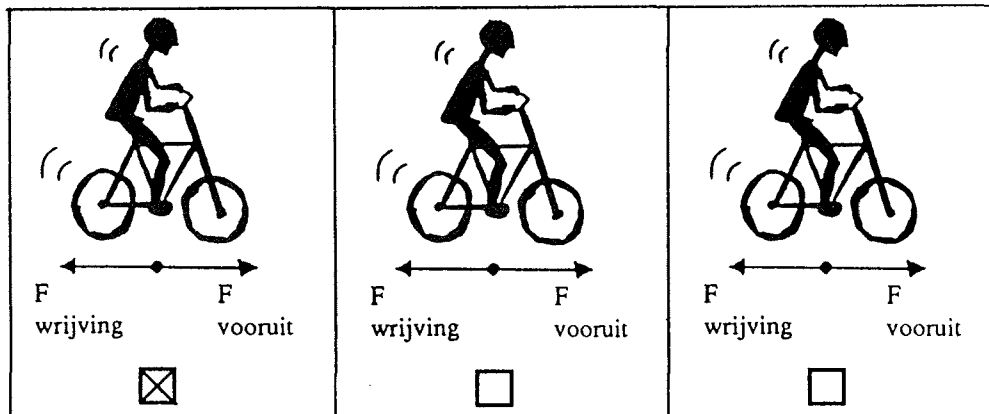
Deze situatie doet zich ook voor ten aanzien van het PLON-curriculum. Zoals gezegd is een hoofdkenmerk van het PLON-curriculum dat uitgegaan wordt van het leren van

natuurkunde in voor leerlingen betekenisvolle contexten. De achterliggende gedachte hierbij was (en is) dat dit niet alleen leidt tot het beter leren van natuurkunde, maar ook van betere natuurkunde. Het uitgangspunt past dan ook bij de gedachte dat 'aansluiten bij de leefwereld van leerlingen' goed is (vanwege de motivatie), evenals 'aansluiten bij al aanwezige kennis' (vanwege het leerproces). Toch is in de loop van het project duidelijk geworden, mede op grond van internationale ontwikkelingen in het natuurkundendidactisch onderzoek, dat dit uitgangspunt minder onproblematisch is dan vaak wordt gedacht. Ten aanzien van het leren van natuurkunde zou men zelfs de, enigszins provocerend geformuleerde, vraag kunnen stellen: 'Aansluiten bij de leefwereld: hulp of hinder?'

Deze probleemstelling vraagt om onderzoek waarin het leerproces veel nauwkeuriger wordt bestudeerd, uiteraard in directe relatie tot het ontwikkelde materiaal en in de feitelijke classesituatie. Zoals gezegd kon dit onderzoek tijdens de ontwikkeling van het curriculum, voornamelijk om tijdsredenen, slechts zeer onvoldoende plaatsvinden en het is dan ook verheugend dat hiervoor nu wel enkele (SVO-)mogelijkheden zijn verkregen. De probleemstelling laat zich als volgt toelichten. Uit zeer veel onderzoek is gebleken dat leerlingen niet als 'onbeschreven bladen' het natuurkundelokaal binnenkomen, maar dat ze zich reeds op grond van hun leefwereldervaringen allerlei 'alternative frameworks' of 'intuitive preconceptions', etc., gevormd hebben ten aanzien van fysische verschijnselen.

Deze intuïtieve ideeën, gebaseerd op langdurige en veelvuldige ervaringen zijn vaak in direct conflict met de 'goede' natuurkundige zienswijze. Het laat zich direct begrijpen dat zulke afwijkende ideeën tot leerproblemen aanleiding geven, en eigenlijk is het verbazingwekkend dat hieraan niet veel eerder veel meer aandacht is geschonken.

Laat ik dit met een exemplarisch voorbeeld toelichten. Beschouw de 'eenvoudige' alledaagse situatie van een fietser, die met een constante snelheid rechtuit rijdt op een vlakke weg, bijvoorbeeld een leerling op weg van school naar huis. (fig.1) In alledaagse bewoordingen, als überhaupt al de wens bij ons zou opkomen deze situatie te beschrijven, zeggen we dan zoiets als dat de fietser constant moet trappen en zich dus steeds moet inspannen om vooruit te komen, want hij moet de weerstand of tegenwerking van de lucht en het wegdek overwinnen. Hoe harder hij trapt, hoe meer moeite dat kost, maar des te sneller rijdt hij. Als we wat precieser kijken lijkt het alsof de fietser de fiets als het ware vooruit duwt, door zich af te zetten tegen het wegdek. Een eerste fysische conceptualisatie van deze situatie is nu dat we zeggen dat op de fietser en fiets twee krachten werken, namelijk een voorwaarts gerichte kracht (met als bron de fietser) en een achterwaarts gerichte wrijvingskracht. Deze conceptualisatie blijkt voor leerlingen heel acceptabel, althans zo lijkt het. Dat leerlingen echter het concept kracht en de beschreven situatie heel anders opvatten als de argeloze leraar denkt, blijkt bijvoorbeeld als we vragen naar de onderlinge verhouding van de grootte van deze krachten.



figuur 1

verklaring: als $F_w = F_v$ of $F_w > F_v$ dan staat de fiets stil (de hoeken heffen elkaar op).
 F_v moet dus groter zijn dan F_w .

Is de achterwaartse kracht nu groter dan, gelijk aan of kleiner dan de voorwaartse? Voor het dynamica-onderwijs antwoorden leerlingen hierop in grote eenstemmigheid. Uiteraard moet de voorwaartse kracht groter zijn (en wel des te meer naarmate de snelheid groter is) dan de achterwaartse, anders 'zou de fietser immers stilstaan' of 'niet kunnen bewegen'.

Na het dynamica-onderwijs, waarin uitgebreid aandacht wordt besteed aan de Newtoniaanse regel dat op een voorwerp dat met constante snelheid beweegt geen resulterende kracht werkt, neemt in het algemeen de frequentie van de foutieve beantwoording op de fiets-vraag nauwelijks af, alhoewel de motiveringen nu vaak 'fysischer' klinken: 'als de wrijvingskracht gelijk zou zijn aan de voorwaartse kracht zou de fiets stilstaan, omdat de krachten elkaar dan opheffen.'

Wat is hier aan de hand? Kennelijk is het intuïtieve leefwereld-idee, gebaseerd op veelvuldige lijfelijke ervaring, dat voor het in stand houden van een beweging een kracht nodig is (overwinnen van tegenwerking) dusdanig verankerd dat het natuurkunde-onderwijs er niet eenvoudig in slaagt dit Aristoteliaanse schema te vervangen door het Newtoniaanse schema. Zeker niet als het juist gaat om toepassing in fysisch complexe, leefwereld-ervaringsrijke situaties. Dan blijkt ook dat leerlingen weliswaar het woord 'kracht' gebruiken, maar daarbij veeleer een idee in gedachten hebben dat een situatie-afhankelijke mengeling is van wat fysisch bedoeld wordt met begrippen als kracht, vermogen, arbeid, impuls en energie.

Ook het 'actief-passief'-schema is een belangrijk leefwereld-idee dat in de beschreven situatie zijn rol speelt. Zo is het voor leerlingen praktisch onverteerbaar (alhoewel ze het natuurlijke wel uit hun hoofd kunnen leren) dat het niet de 'actieve' fase is die de voorwaartse kracht uitoefent op de fiets, maar het passieve wegdek. 'Dat kan toch helemaal niet? Die weg kan toch niets doen? Die is er alleen maar om op te rijden!'

Het lijkt me goed te benadrukken dat het hier niet gaat om 'foute ideeën' van 'domme leerlingen'. Het gaat veeleer om algemeen voorkomende intuïtieve interpretaties van leefwereld-ervaringen. Deze interpretaties vinden we niet alleen terug in de taal van de leefwereld, maar ze zijn ook in pragmatische betekenis zingevend voor de leefwereld. Ook fysici maken zich hieraan schuldig wanneer ze 'gewoon' over de leefwereld-situaties praten, want het vraagt mijns inziens een expliciete en bewuste overschakeling naar het fysisch formalisme om leefwereld-situaties fysisch te kunnen beschrijven. De geschiedenis van de natuurkunde bewijst hoe moeilijk het is geweest om dit formalisme

te ontwikkelen, juist ook omdat dit formalisme een herinterpretatie geeft van de alledaagse werkelijkheid. Welnu, wat betekent dit dan voor het leren en de toepasbaarheid van dit formalisme door leerlingen? Hiernaar moet nog veel onderzoek gedaan worden. Het is duidelijk dat in de didactiek deze begripsproblemen zeker niet zonder meer geringer zullen zijn dan in contextarm onderwijs. Misschien wel integendeel.

De fundamentele vraag doet zich immers voor of dit intuïtieve denken wel een bruikbaar uitgangspunt vormt om door continu verscherping over te gaan naar natuurkundig denken (Wagenschein: *Kinder auf dem Wege zur Physik*), danwel dat hier gesproken moet worden van een fundamentele kloof, die elke mogelijke overgang principieel discontinu doet zijn. Ofwel, natuurkunde als continue verscherping van de leefwereld, dan wel als reconstructie van de leefwereld. Speciale aandacht moet hierbij uiteraard gegeven worden aan de rol van idealisering en mathematisering, kortom het proces van fysicaliseren, in de natuurkunde.

Anderzijds is het wenselijk om dieper inzicht te krijgen in de fenomenologie van de leefwereld, en er zijn dan ook aanzetten in een richting die vergelijkbaar is met de door Freudenthal geschreven didactische fenomenologie voor de wiskunde.

Een ander aspect dat samenhangt met de voorgaande vraag is de functionaliteit van natuurkunde voor de leefwereld. Is de wens om natuurkunde op school door leerlingen te laten ervaren als werkelijk relevant voor hun leefwereld überhaupt haalbaar als 'echt' natuurkundig denken daarin geen functionele rol zou spelen? Terugkomend op bovenstaand voorbeeld: hoe intrinsiek zinvol is het voor leerlingen om de beschreven fietssituatie in fysische termen te leren beschrijven? Is dat functioneel voor hun handelen in die situatie of gaat het toch alleen om het leren van vreemde natuurkundige regeltjes? Of moeten we dan overgaan op 'andere' natuurkunde en zo ja, welke natuurkunde is dat dan? Hoe kunnen we deze 'aangepaste' natuurkunde en de daarbij behorende, zorgvuldig te kiezen praktijksituaties dan legitimeren. Het zijn dit type problemen die nu exemplarisch onderzocht zullen gaan worden. Daarbij zal bijvoorbeeld aandacht besteed worden aan het thema 'Verkeer', gericht op het leren van contextuele mechanica begrippen.

Op het gebied van 'Energie', een ander thema dat onderzocht wordt, is de oorzaak van de begripsproblemen waarschijnlijk meer semantisch van aard, zoals blijkt uit analyse van berichtgeving in 'de media', maar des te groter weer het probleem als we willen dat het te leren begrippenkader functioneel is in realistische contexten. Ten aanzien van het thema 'Ioniserende straling' is deze problematiek niet alleen overeenkomstig, maar nog verzaamd vanwege de sterk affectieve lading van alles wat met radio-activiteit te maken heeft.

Onderzoek naar het leren van deze thema's vergt, zoals gezegd, niet alleen een zorgvuldig volgen van het leer- en onderwijsproces (via observaties, protocolanalyse en interviews), maar ook een grondige analyse van zowel het vakstructurele als het leefwereld-denken ten aanzien van de onderhavige onderwerpen. Daarnaast zal zorgvuldig bekeken moeten worden of en hoe de overgang van het laatste naar het eerste didactisch vorm is gegeven. Het laat zich raden dat hierin nogal wat onvolkomenheden naar voren zullen komen, omdat het zicht op deze problematiek ten tijde van het ontwikkelen van deze thema's duidelijk minder ver gevorderd was. Op grond van het onderzoek, dat uiteraard slechts door inhoudelijk en didactisch deskundige onderzoekers kan worden uitgevoerd, zal het materiaal dus moeten worden bijgesteld en opnieuw onderzocht. In deze cyclus van (kleinschalige) ontwikkeling en onderzoek zit mijns inziens de sleutel voor de verdere ontwikkeling van de vakdidactiek. En zullen we dat dan ook maar ontwikkelingsonderzoek noemen?

6 Afsluiting

In mijn verhaal heb ik gepoogd de rol te beschrijven die onderzoek gespeeld heeft en speelt in het PLON-project. Deze rol bleek sterk gekoppeld aan de aard en omvang van het PLON als enerzijds een ontwikkelingsproject voor een compleet curriculum en anderzijds als project met eigen interne, psychologisch geschoolde onderzoekers voor de evaluatie. Beide keuzen zouden, denk ik, nog eens verder onderzocht moeten worden op hun voor- en nadelen om hieruit meer lering te kunnen trekken voor de curriculum-ontwikkeling in ons land.

In mijn verhaal komt ook een toenemende aandacht voor vakdidactische onderzoeksproblemen naar voren. Ook dat is niet toevallig. Internationaal zien we, op natuurkundegebied, een sterk toegenomen aandacht voor vakdidactisch onderzoek, waarbij curriculum-ontwikkelingsprojecten meestal als bron en stimulans zijn opgetreden. Immers daarin doen zich de didactische problemen op concreet niveau voor, zodat de behoefte naar onderzoek als vanzelf naar voren komt. Bovendien vindt in deze curriculumontwikkeling een zekere scholing plaats, die nodig is om de zich aandienende vakdidactische problemen ook inhoudelijk te kunnen onderzoeken. Het kan ook geen toeval zijn dat vakdidactisch onderzoek en ontwikkeling bijna altijd aan elkaar gekoppeld zijn en pas goed gedaan kunnen worden door meer ervaren mensen.

Het vergt een zo veelzijdige ervaring en opleiding dat deze eigenlijk pas in een meerjarige praktijk kan worden opgedaan. Het is dan ook jammer te moeten constateren dat zowel de huidige opleidingsmogelijkheden in Nederland (AIO's) als de onderzoeksfinanciering, via kortlopende SVO-projecten (waarin materiaalontwikkeling geen rol mag spelen), eigenlijk niet adequaat zijn voor de noodzakelijke ontwikkeling van het vakdidactisch onderzoek. Dat is des te erger daar vooruitgang op dit gebied mijns inziens meer wezenlijk is voor de praktijk van het onderwijs dan welk, al of niet criteriumgericht, kwantitatief onderzoek dan ook.

Ontwerptechnologie: van idee naar effect

W.J. Nijhof

Vakgroep Curriculumtechnologie en Onderwijsorganisatie
Universiteit Twente

1 Inleiding

De belangstelling voor het ontwerpen van onderwijs neemt de laatste tijd fors toe. Daaraan zal niet vreemd zijn de ontwikkelingen die het nieuwe basisonderwijs doormaakt, het inrichten van nieuwe vakken voor nieuwe doelgroepen zoals ouderen en volwassenen (educatieve groepen), reorganisaties in instellingen voor wetenschappelijk onderwijs en het hoger beroepsonderwijs, vooral in de richting van zogenoemde modulaire systemen en flexibele onderwijsstromen en natuurlijk ook door min of meer wettelijke verplichtingen om schoolwerkplannen tot stand te brengen. Ontwerpen is derhalve noodzaak geworden, ontwerpen van toekomstig gedrag van docenten en studenten.

Nu ontwerpen docenten vrijwel elke dag onderwijs voor hun leerlingen of studenten door het samenstellen van syllabi, of door het kiezen van boeken die commerciële of andere uitgeverijen op de markt brengen. Ook in de wetenschappelijke discussie speelt de vraag rondom het ontwerpen een rol. Zo hebben Creemers en Hoeben ter gelegenheid van het tienjarig bestaan van de SLO een tekst geschreven onder de titel: "Curricula en de verbetering van het onderwijs; de ontwikkeling van de curriculumtheorie in de jaren 1975-1985". Door deze pleitbezorgers, uitvoerders en verdedigers van de Curvostrategie wordt vastgesteld dat de curriculumstrategische discussie een doodlopende weg is, althans waar het algemene, betreffende formele ontwikkelingsstrategieën betreft. De aandacht voor en het onderzoek naar dergelijke strategieën in de jaren zeventig heeft geleerd dat algemene ontwikkelingsstrategieën niet in staat zijn de ontwerpproblemen voldoende te specificeren. Specificatie is derhalve noodzakelijk: naar doelgroep, naar object en naar gebruikscontext (Creemers en Hoeben, z.j.).

Het is jammer dat dat zo laat moet worden vastgesteld, want dergelijke argumenten werden destijds ook aangevoerd, maar als weinig wetenschappelijk terzijde geschoven. Als het wetenschapsmodel van Hofstee destijds principiële zou zijn doorgevoerd, dan zouden enkele reputaties gesneuveld zijn. (1)

Maar een analoge redenering geldt min of meer ook voor strategieën die meer praktijknaabij of schoolspecifiek zijn toegepast in een verscheidenheid aan landen. Het falen van deze strategische werkwijzen lag minder in de algemeenheidspretentie, maar juist in het gebrek aan competenties bij leerkrachten die de strategieën moesten uitvoeren. (2)

Met het pleidooi voor een ontwerptechnologie is nog niet gedefinieerd wat het is. Is dit een *methodologie* van het ontwerpen (m.a.w. het toepassen van beslisregels wanneer welke techniek ingezet moet worden om gegevens te krijgen op grond waarvan valide besluiten kan worden tot de invulling van een (deel van een) onderwijsarrangement, genaamd curriculum? Is dit een *heuristiek* die benut wordt om creatieve processen in banen te leiden, al dan niet met concrete aanwijzingen voor acties. (3) Of is het een ontwerptechnologie of curriculumtechnologie, een '*leer*', een *methodiek* voor het gebruik van werkwijzen en technieken, prescriptief derhalve?

Na de definitiekwestie komen we dan op de vraag hoe voor objecten, doelgroepen en contexten ontworpen kan worden en met welk effect.

2 Een definitie van ontwerptechnologie

Tijdens de Onderwijsresearchdagen 1984 heb ik een voordracht gehouden over verschillende groepen theorieën over of t.b.v. Curriculum en/of curriculumontwikkeling. De bedoeling van die voordracht was aan te geven wat de stand van zaken theoretisch gesproken was. (4)

Vijf groepen theorieën werden destijds onderscheiden: conceptuele modellen met als voorbeelden Goodlad en Frey; legitimeringstheorieën, waarvan het WRR-rapport over basisvorming in het onderwijs een nadrukkelijk gebruik maakt zonder dat evenwel te expliciteren; procestheorieën (gericht op adaptievraagstukken in het kader van vernieuwingsactiviteiten); implementatietheorieën gericht op het beschrijven en verklaren van voorwaarden van invoering van curricula; structurele of doeltheorieën met een sterk normatief karakter, en ontwerptheorieën, hoewel deze wellicht beter ontwerptechnologieën genoemd zouden kunnen worden. Immers, daar omschreef ik ontwerptheorieën als procedures voor het ontwikkelen van curricula op een rationele, systematische en wetenschappelijke wijze. De systematiek en wetenschappelijkheid bestaat daarin dat gebruik wordt gemaakt van gevalideerde beslisregels. In aansluiting op het werk van Beauchamp zijn dat regels voor de planning, de implementatie en evaluatie van curricula. (5)

De eis dat die regels gevalideerd moeten zijn is een zware. Want, kan men alle beslissingen baseren op dergelijke regels?

Het antwoord daarop is simpel: neen. Het gaat er ook niet om alle beslissingen te valideren, maar wel de meest cruciale voor het maken van een design, een daaropvolgend prototype en het daaropvolgend definitief produkt. Ontwerpers kunnen dus verschillende typen produkten opleveren: designs, prototypen en eindprodukten, en wel zo dat er volgorde zit in de graad van operationalisering, verfijning en de mate van robuustheid of cliëntvriendelijkheid. Dat wil zeggen dat het eindprodukt ook gezien moet zijn op hanteerbaarheid en houdbaarheid in de praktijk en op het realiseren van de gewenste effecten.

Deze produkten variëren naar doelgroep, context en object en daarmee ook naar de mate van bereik en dus de schaal waarop het produkt definitief zal worden gebruikt of verspreid.

Dit hele proces van 'engineering' staat of valt met de eis dat de bouwmaterialen en de bouwprocedures kwalitatief goed zijn.

3 Designs

Waar het de bouwmaterialen betreft is dat afhankelijk van de vraag welk *design* de ontwerpers voor ogen staat. Onder design versta ik de inhoud en organisatie van doelen in een arrangement zo dat potentiële progressie kan worden bereikt in het proces van scholing en vorming. (6)

Saylor, Alexander en Lewis (7) schetsen verschillende typen designs op grond van een belangrijke set doelen die gerealiseerd moeten worden. Het design fungeert derhalve als beslisbron.

De typen zijn:

a. Designs gericht op specifieke bekwaamheden

Dit is een designtype dat in hoge mate gericht is op de realisatie van vaardigheden en competenties die kunnen worden afgeleid uit rollen en taken van burgers, zoals bv. Bijl en Robinsohn dat voorstellen in hun publikaties via brede survey-achtige bevragingen; ook kan men specifiek te werk gaan door beroepenanalyses te plegen of taakanalyses. (8)

Bedrijfsopleidingen, het leerlingenwezen en het beroepsonderwijs zijn vaak qua training en opleiding gebaseerd op dit type analyses, waarvoor een zeer omvangrijk arsenaal aan technieken beschikbaar is voor zowel taakgeoriënteerde data als meer op persoonlijke karakteristieken georiënteerde data. Het probleem is vooral de vertaling van deze gegevens in een opleidingsprofiel. (9)

b. Designs gericht op vakken, vakinhouden, disciplines

De meest gebruikelijke en traditionele benadering. Een disciplinair kennisbestand wordt als uitgangspunt genomen om ingezet te worden via een vakdidactische of methodische

benadering in een leerplan of leergang. De discipline zelf is maatgevend voor de relevantie van de inhoud. Onderzoek echter naar de sequentering van begrippen en inhouden geeft weer dat de psychologische volgorde van concepten (begrippen) niet noodzakelijkwerwijze congruent is aan de disciplinaire of vakinhoudelijke structuur. (10)

Onderzoek naar sequenties van leerstof, in het algemeen gebruik van psychologische analyses voor de bepaling van de optimale volgorde van taken, is een uitermate belangwekkende bouwsteenprocedure voor designontwikkeling. Deze kan echter lang niet altijd gevolgd worden tijdens het ontwerpproces.

c. **Designs gericht op sociale activiteiten**

Dit designtype is gebaseerd op sociale activiteiten en problemen in de samenleving. Vakken als wereldoriëntatie en maatschappijleer zijn sterk gevoed door opvattingen als deze en vertonen daardoor een wat grillig beeld, omdat de keuze van sociale activiteiten en problemen veranderen met de tijd. Het probleem bij deze vakken is altijd geweest dat men geen echte harde kern kon aanwijzen. Het begrip 'core curriculum' stamt uit de tijd dat de USA meer greep wilde krijgen op het vak 'social studies' en daartoe studies liet ondernemen van bv. Caswell om de sociale activiteiten te doen inventariseren en een harde kern te realiseren. Inmiddels is het begrip zodanig verbreed dat vrijwel het gehele curriculum van de basisvorming onder het 'core'-begrip valt. (11)

Meestal vormen economie, bestuurskunde (politieke wetenschappen) en sociologie de wetenschappelijke disciplines waaruit thema's worden geput.

d. **Designs gericht op procesvaardigheden**

Hierbij gaat het om probleemoplosvaardigheden als 'discovery learning' en cognitieve strategieën die ingezet kunnen worden bij probleemgeoriënteerd onderwijs. Het curriculum dat Paul Vedder ontwikkelde om leerlingen d.m.v. samenwerking in paren en met behulp van heuristische procedures aan te zetten tot het leren oplossen van bepaalde meetkundige problemen is een voorbeeld van een curriculumdesign gebaseerd op procesvaardigheden, met een nadruk op reflectievaardigheden. (12)

Saylor, Alexander & Lewis twijfelen eraan of dit type wel echt gerekend moet worden tot de curriculumdesigntypen. Omdat het meer om een instructietheoretisch principe gaat dat toegepast moet worden. Anderzijds is het ook een doel dat gerealiseerd moet worden, het verwerven van problem skills en meta skills.

De WRR voert in haar rapport over basisvorming op verschillende plaatsen motieven aan om te pleiten voor een dergelijke benadering: de cognitieve procesbenadering. Verwijzingen naar Bruner (1960) en de daarop volgende projecten zijn evident en doen ons niet het beste hopen, gelet op de resultaten destijds verkregen. (13)

De argumenten voor het design zijn op zich waardevol en hebben bv. binnen de SLO geleid tot projecten op het gebied van de natuuroriëntatie, het zogenaamde NOB-project.

Van den Akker (14) heeft laten zien dat leerkrachten wel in staat zijn bepaalde procesvaardigheden over te dragen, mits deze leerkrachten voorzien worden van begeleidingsmateriaal dat hun gedrag procedureel behoorlijk stuurt. Daarmee aantonend dat de kritiek van de Amerikaanse projecten en de resultaten van veel implementatieonderzoek gecorrigeerd kunnen worden.

c. **Designs gericht op individuele behoeften en interesses**

Dit design is het meest in overeenstemming met het begrip 'learning experience' zoals Dewey dat heeft ingevoerd en in de reformpedagogiek in de VS en in Nederland (in groep 1 en 2) en in de wet op het basisonderwijs zo'n grote rol speelt. Het komt er feitelijk op neer dat dit design strict individueel en persoonlijk gericht is op bevrediging van behoeften. De leerling ontwikkelt zijn eigen curriculum, zij het met begeleiding in het selecteren van opties en bij de planning van de activiteiten.

Zoals bekend heeft Tyler het begrip experience nadrukkelijk gekoppeld aan de doelen van de 'progressive educational movement' in de 8-jarige evaluatietijd die hij geleid heeft. Dit project heeft, door het uitbreken van Tweede Wereldoorlog, veel te weinig aandacht gekregen. De evaluatie door Tyler e.a. was ontmoedigend voor de PEM en leidde daardoor

mede tot de ondergang van de PEM. (15)

Lagerwey (16) benadrukt in zijn oratie en zijn euforische beschrijvingen van zijn ervaringen in de Glockseeschule in Hamburg dat hij sterk gelooft in de kracht van dit designtype.

In het design worden waardekeuzen (doelkeuzen) duidelijk gemaakt. Veelal zijn deze keuzen functioneel op het niveau van een onderwijsleerplan, zoals in het rapport van de WRR, of de doeldiscussie die de SLO heeft georganiseerd vooruitlopend op het WRR-rapport. (17)

Ook op het niveau van het schoolwerkplan is deze keuze functioneel. Immers daardoor worden zodanige belangrijke keuzen gemaakt dat de doelen voor het systeem school of 'onderwijs' vast komen te liggen en hun doorwerking zullen vinden.

Sommigen twijfelen eraan, maar dat designkeuzen –ikzelf heb ze ook wel scholingsconcepten genoemd (18)– consequenties hebben voor de inhoud van onderwijsmateriaal, instructieprocedures, toetsprocedures en effecten wordt schitterend geïllustreerd in de dissertatie van Oosthoek. (19) Hij is daarin nagegaan hoe opvattingen over het recht aan alle Nederlandse universiteiten doorwerken in de verschillende inleidingen in het recht. Via een uiterst knap bedachte strategie laat hij docenten via een Q-sort procedure zich uitspreken over hun rechtsopvattingen. Vervolgens correleert hij de gevonden opvattingen met gegevens over de inhoud van het curriculum, de selectie van juridische cases en de inhoud en behandeling daarvan, de effecten en de attitude-ontwikkeling bij studenten na enige tijd. Tenslotte brengt hij de gegevens in een causale structuur en toont aan dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen een rechtssociologische resp. een positivistische opvatting over het recht, het gegeven onderwijs onderwijs en de daaruit voortvloeiende effecten.

Oosthoek toont hier m.i. voor het eerst op een deugdelijke en uiterst controleerbare en valide wijze aan dat scholingsconcepten operationaliseerbaar en toetsbaar zijn en hun doorwerking hebben tot op instructie-niveau. Bij veel van dit type designs/concepten zal dit moeilijker zijn, maar dat wil nog niet zeggen dat zij daarom zonder meer een alibifunctie zouden bezitten, zoals Creemers en Hoben beweren. (20)

In de meeste onderwijsopvattingen gaat het veelal om mengvormen van designs. Omwille echter van de problematiek van verheldering zijn de designtypen uiteengelegd in contrasterende doelen.

T.a.v. de designkeuzen kan niet of nauwelijks worden voorgesteld om hier van duidelijke empirische valideringsregels gebruik te maken. Wel kan men de grondslag voor het nemen van beslissingen versterken door gebruik te maken van zogenaamde synectische methoden (21), waarin argumentatie doorslaggevend moet zijn. Dat wil zeggen dat de procedure voor besluitvorming inzichtelijk en doorzichtig is. Delphi-achtige methoden kunnen dit proces empirisch ondersteunen. Het zijn vooral technieken die in het werk van Goodlad en Frey naar voren komen en benut kunnen worden voor dit type beslissingen.

4 Ontwerpstrategieën: een voorbeeld

In een ontwerpcyclus waarin beslist moet worden over een design komen keuzen aan de orde die te maken hebben met de context, de doelgroep en het object voordat men overgaat op constructie-activiteiten. Bij de ontwerptechnologie gaat het er om zo rationeel mogelijk te beslissen. Mettes en Pilot hebben getracht een dergelijk proces te reguleren door middel van een procedure die zij functioneel design noemen (Fundes). Deze procedure is beproefd voor het probleemoplossen in de thermodynamica, waarbij het om tamelijk gesloten problemen ging. De Fundesprocedure bestaat uit 6 hoofdstappen of functies:

1. **Probleemanalyse**, gericht op de onderkenning dat een ontwerp geïndiceerd is. De empirische basis voor de beslissing wordt hier gelegd.
2. **Ontwerp**. In deze fase wordt het design geschetst en een voorschot genomen op de instructieprocedure door bv. het analyseren van een leersequens en het benutten van relevante leertheorieën.
3. **Constructie**. Het gaat hierom het ontwikkelen van een prototype, een halffabrikaat dat de essentiële kenmerken van de te geven cursus bevat, maar nog verder ontwikkeld moet

worden onder andere d.m.v. ontwikkelingsonderzoek. Dit is onderzoek gericht op de verbetering van het prototype in de richting van het eindprodukt. Dit is een uiterst essentiële fase waarin het onderzoek de sterke en zwakke zijden van het prototype moet aangeven, opdat het verbeterd kan worden.

4. **Uitvoering/formatieve evaluatie.** Try out om vast te stellen of de beoogde functies van de cursus gerealiseerd worden. Daarna kan bijstelling volgen.
5. **Beoordeling/summatieve evaluatie.** Waarin de resultaten worden vastgesteld.
6. **Beslissing.** De fase waarin besloten wordt of het produkt definitief wordt opgenomen in het onderwijs.

De Fundesprocedure is een voorbeeld van de wijze waarop het besluitvormingsproces t.a.v. de ontwerp-, constructie- en evaluatiefase kan worden georganiseerd. De procedure is zeer specifiek toegepast binnen een vak thermodynamica en heeft geleid tot een cursus die alweer enkele jaren benut wordt aan de Universiteit Twente. Karakteristiek voor elke fase zijn analyse- en onderzoeksactiviteiten die de beslissingen moeten dragen: we vinden hier het principe van de beslisregels terug en de explicitering van keuzekriteria. Elke fase omvat een vier à vijftal beslisregels.

Van grote betekenis is uiteraard de stelregel (beslisregel) of voor bepaalde gerezen problemen standaardoplossingen of standaardtechnieken bestaan. Zo is de vraag naar relevante leertheorieën wel een die gemakkelijk gesteld is, maar niet eenvoudig beantwoord. Welke leertheorie moet ik kiezen? Gal'perin?, Reigeluth's Elaboratietheorie? Scandura? Gagné's laatste editie met zijn klassen van onderwijsleerresultaten? (22) Leidt niet elke theoriekeuze ook tot andere uitkomsten? Is een gewenst handelingsverloop gebaseerd op een prescriptie en dus normatieve theorie van bv. Gal'perin niet restrictiever dan Gagné's groepen van leerresultaten? Of, dien ik ze parallel te benutten? Dient op dit punt ook ontwikkelingsonderzoek ingezet te worden? Krijg ik bv. verschillende vormen van leerstofsequenties die ik experimenteel moet gaan beproeven om op grond daarvan te beslissen over de uiteindelijke leergang of cursus?

Er zijn analoge vragen te stellen t.a.v. het vak thermodynamica. Er zijn wellicht verschillende didactische visies op het vak.

En hoe dienen de keuzes uit te pakken t.a.v. didactische werkvormen?

Dienen we het boek van Willems en Wolters (23) te volgen: Het kiezen van didactische werkvormen?

En baseren we onze keuzen op de resultaten van het produktiviteitsonderzoek van Walberg, het effectiviteitsonderzoek van Brookover e.a., of op ons gezonde verstand? (24) Of gaan we hier ook weer een experiment opzetten? Een naturalistisch of een echt laboratoriumexperiment?

Het zal duidelijk zijn dat vrijwel elke fase van de Fundesprocedure beslistmomenten bevat waar juist gelet op de *specifieke* doelgroep (studenten en docenten hoger onderwijs), *object* (probleemoplossen bij gesloten problemen) in de *context van de thermodynamica* onderzoeksvragen rijzen die voor het ontwerp, de constructie en de evaluatie van betekenis zijn, maar niet ten uitvoer kunnen worden gebracht, omdat anders de cursus, de leergang, de module niet tot stand wordt gebracht.

5 Generiek of specifiek?

Moeten we dan toch niet streven naar een meer generale methode? Als we de ontwikkelingen overzien van Bobbitt tot Romiszowski, de studies over leerplanontwikkeling van de SLO etc. dan zijn vele pogingen gericht op het reconstrueren en beschrijven van leerplanontwikkelingssituaties met als oogmerk daarin generale aspecten aan te wijzen.

Daar lag ook het startpunt van de Curvostrategie, daar ligt ook het vertrekpunt van een regulerende cyclus van Van Strien voor de klinische praktijk, of de basis voor het modelgebruik dat Plomp voorstelt voor wat hij onderwijskundig probleemoplossen noemt. (25) Als Creemers en Hoebe en Terwel buitengewoon kritisch zijn over de generaliseerbaarheid van de Curvostrategie als middel om ontwerpprocessen te reguleren, waarom zijn dan zoveel

professionele gebruikers enthousiast over de twee delen die Romiszowski (26) heeft uitgegeven? Werken die zeer uitvoerig, zeer omstandig, voorzien van tal van voorbeelden, aanwijzingen geven over de inrichting van een ontwerp voor en het construeren van een cursus. Komt het omdat Romiszowski's eigen ervaringen als ontwerper beter zijn verwerkt in een dergelijk produkt? Voorzover mij bekend is het werk van Romiszowski niet geëvalueerd als strategie.

Is het omdat Romiszowski op essentiële aspecten de ontwerper voor de juiste vragen plaatst, waarop een antwoord moet worden geformuleerd? Is het omdat hij waarschuwt voor fouten die gemaakt kunnen worden bij een ontwerp- en productieproces?

"Ontwerpproblemen zijn zo gevarieerd en onze specifieke kennis daaromtrent is zo gering, dat naar onze mening - zo zeggen Creemers en Hoebe - de ontwikkeling van deze kennis en vorderingen in ontwerptechnologie het meest vruchtbaar kunnen plaatsvinden aan de hand van het zich uitkristalliserende vakmanschap van curriculumontwikkelaars. Ontwerptechnologie op dit moment is vaak nog een zaak van het 'timmermansoog' van de ontwikkelaar" (Creemers en Hoebe, z.j., 33).

De *Logos* van het ontwerpen behoort tot het vakmanschap van de curriculumtechnoloog of -ontwerper. Hij kan echter geen meester zijn op alle wapens. Het ontwerpen van instructiesystemen is zo complex dat dat geen eenmanswerk is. Maar het is wel werk dat gecoördineerd moet worden. Schwab (27) heeft daartoe een reeks voorstellen gedaan, die veel minder praktisch zijn dan zijn 'practical' doet vermoeden, omdat ook hij evenals Beauchamp uitgaat van een systeemtheoretische benadering en het curriculumdomein opvat als een arena waarbinnen door verschillende groepen personen beslissingen moet worden genomen.

Een curriculumontwerper kan de *logos* van het vak leren door op systematische wijze met een bepaalde strategie en binnen een bepaald domein te werk te gaan. Daarna mag verwacht worden dat enige vorm van transfer van ervaringen mogelijk is. Anders kan niet verklaard worden waarom Romiszowski erin slaagt twee kloeke delen te ontwikkelen waarin macro- en micro-design volledig zijn verwoord en verantwoord. Het gaat niet om de vraag of de procedure zoals hij die beschrijft volledig aanvaardbaar is, het gaat om de vraag waarop het timmermansoog betrekking moet hebben: op de problematiek van de doelgroep, op het object (vakkenkennis, doelen en inhouden), de context (hoger onderwijs, bedrijfsopleidingen) of op het reguleren van belangrijke beslissingen t.a.v. curriculumontwerp op micro-, meso- en macroniveau?

Terlouw (1987) heeft vanuit dit laatste gezichtspunt een evaluatie gepleegd van de Fundesprocedure en hij illustreert daarmee dat zijn vaardigheden en metavaardigheden als ontwerper wel degelijk toepasbaar zijn in *andere* contexten, t.a.v. *andere* objecten en doelgroepen. Het gaat er kennelijk om in welke mate een strategie of ontwerptechniek mogelijkheden laat of creëert voor *Specifieke toepassing*. (22)

Een laatste voorbeeld betreft het werk van Posner en Rudnitzky (1982). (28) Deze schreven een boek onder de titel 'Course design for teachers'. Ik gebruik dit boek als instructiemateriaal voor aankomende curriculumontwerpers. De strategie die Posner en Rudnitzky volgen bestaat uit 7 hoofdstappen voor leerkrachten om onderwijs te plannen en uit te voeren. De strategie is gebaseerd op opvattingen van Johnson over 'intended learning outcomes' (resultaat gericht leren), leerkrachtplanning van Yinger, sequenteringsdimensies van Posner en Strike, conceptual mapping strategieën e.d. Er ligt m.a.w. een behoorlijke theoretische basis ten grondslag aan deze ontwerpstrategie. De volgende stappen doen zich voor:

- a. **Ontwikkel een focus: een doel** (via brainstorming sessions).
Ontwikkel een outline (een schets) en formuleer doelen, kies voorlopig materiaal.
- b. **Ontwikkel een cursusrationale.**
Het gaat hier om de keuzen die funderend zijn voor een design à la Saylor, Alexander & Lewis (zie par. 3.).
- c. **Verfijn de leerdoelen.**
Specificeer nader naar vorm en functie, categoriseer ze en prioriteer. Tracht de juiste balans te vinden tussen de geformuleerde doelen.

d. **Vorm units voor de cursus (leergang).**

Het gaat hier om het clusteren van de doelen in eenheden, om de organisatie en sequentie van doelen.

e. **De organisatie van de leergangeenheden.**

Het gaat hier om de systematische toepassing van sequenteringsprincipes teneinde de eenheden in de juiste volgorde te krijgen. Sequenteringsprincipes van Posner en Strike worden hier toegepast. (29)

f. **Ontwikkel algemene onderwijsstrategieën.**

Gericht op de keuze van instructiestrategieën en werkvormen om kennis, vaardigheden en attitudes te bevorderen.

g. **Het plannen van cursusevaluatie.**

Ontwerpen van instrumenten voor evaluatie en het vaststellen van hoofd- en neveneffecten.

Uit deze strategie voor cursusontwikkeling valt het volgende af te leiden:

- de cursus is iteratief van karakter en start open;
- gewerkt wordt met een heldere besluitvormingsstructuur: van open oriëntatie, naar doelen, naar structuur, naar effecten;
- de keuze van het inhoudsdomain, context en doelgroep ligt niet vast, dat brengen de deelnemers zelf in;
- vier hoofdbestanddelen bevat de strategie:
 - de vaststelling van doelen
 - de analyse van de leerervaringen
 - de organisatie van de leerervaringen
 - en de evaluatie van de effecten.

Hierin treffen we de substantiële elementen van de Tyler rationale (30) weer aan. Het sterke punt van de strategie is dat via een sequens van stappen en het aanreiken van analysetechnieken het proces van ontwerpen en construeren gereguleerd wordt.

En daarmee komen we bij een belangrijke vraag. Beschikken we over een instrumentarium zodat een ontwerper of een groep ontwerpers in redelijkheid en systematisch kan beslissen over het ontwerp, m.a.w. hoe kan hij of kunnen zij de spelregels, de methodologie zodanig volgen opdat een valide en betrouwbaar produkt ontstaat. Via een analyse van projecten die op een nauwkeurige wijze beschrijven hoe de ontwikkeling en het ondersteunende onderzoek verlopen is, kan getraceerd worden welke factoren van voorwaardelijke, inhoudelijke, strategische en contextuele aard een rol hebben gespeeld. Curriculumonderzoekers hebben het ontwikkelingswerk in het verleden wel eens wat erg gemakkelijk afgedaan als 'figuurzagen' of als nauwelijks wetenschappelijk willen kwalificeren. Een grondige analyse van die projecten inclusief de besluitvormingsprocedures zou een goed inzicht geven in de aanpak, de rationaliteit, de systematiek en het effect en de generaliseerbaarheid op bv. microniveau.

Weesie en Ten Brummelhuis (1986) reconstrueren dergelijke processen aan de hand van projecten van het LTO. Via een systematische procedure waarbij zij relevante gegevens een code hebben gegeven proberen zij met behulp van een data-base techniek te toetsen of de structuur van niveaubeslissingen van Goodlad herkenbaar is (ideological, formal, operational, perceived). Indien op systematische wijze meer van dergelijke projecten onderzocht worden kunnen we beter greep krijgen op ontwerp*technologie*. (31) Een andere wijze om greep te krijgen op deze logica is het laten uitvoeren van identieke opdrachten m.b.v. dezelfde strategie om daarna de verschillen in produkten en effecten toe te kunnen schrijven aan verschil in gebruik van de strategie; ook is het denkbaar (bepaalde fasen uit) processen via logboekprocedures of learner reports, of door middel van argumentatie-analyse meer transparant te maken.

Uiteraard is van betekenis om na te gaan of ontwikkelde produkten ook daadwerkelijk worden gebruikt en effect sorteren.

De weg van ontwerp naar effect is uiteraard het doel waarop uiteindelijk alle institutionele inspanning in het onderwijs gericht is.

De proof op vakmanschap bestaat uiteindelijk in de resultaten die worden geboekt in het onderwijs. Echter, veel curricula zijn ook in de definitieve vorm als halfprodukt te beschouwen, zij

vereisen een intermediair – een docent of leerkracht – die op eigen wijze onderwijs vorm geeft. Het rechtstreeks toeschrijven van succes of mislukken aan het vakmanschap of het gebrek daaraan van de ontwerper dient zorgvuldig gecorrigeerd te worden door gegevens uit implementatie-onderzoek. De mislukking van de vele scienceprogramma's in de VS in de jaren 60 en 70 is niet uitsluitend toe te schrijven aan de ontwerpers van die programma's. Het nieuwe proces skill georiënteerde design week erg sterk af van het vigerende discipline-georiënteerde design.

De institutionalisering van onderwijs als jaarklassensysteem, de competentie van leerkrachten om designs te vertalen in de gewenste onderwijsleerprocessen, het planningsgedrag van docenten en de vorm van het curriculum als document dat weinig adaptie toestaat zijn verklaringen voor slecht of niet gebruik van curricula. (32)

6 Bouwmaterialen voor ontwerpen

Geniale ontwerpers 'zien' vaak op de meest verrassende momenten oplossingen. Zo 'zag' Holzbauer, de architect van de Stopera op de Amstelbrug in Amsterdam het huidige gebouw staan als een gigantische schepping langs het stromende vervuilde water. Het tijdstip waarop hij dat zag was kritisch, want de besluitvorming stagneerde en het geld om een opera en een stadhuis te bouwen was er niet meer.

Ik wil hier maar mee zeggen, dat hoe rationeel wij het vak van curriculumontwerp ook willen benaderen, zonder het creatieve moment gaat het niet en creëren we zouteloze, gortdroge documenten, waarop geen docent opbloeit, laat staan een leerling. Daarom is ontwikkeling van vakmanschap noodzakelijk, ook om gedreven inzichten en hoogverheven theorieën te toetsen aan de werkelijkheid van het schoolse leven. Maar wel op een gecontroleerde wijze.

Technieken om deeltaken te analyseren en te realiseren zijn er in hoge mate en er komen regelmatig nieuwe instrumenten beschikbaar. (33) Van bepaalde instrumenten is reeds zoveel empirisch materiaal voorhanden, dat op grond daarvan zinvolle beslissingen te treffen zijn (taxonomieën bv.). Het probleem dreigt te ontstaan dat die informatie zo omvangrijk wordt dat deze niet meer te overzien is. De vraag die zich voordoet is of de computer als 'ontwerptool' niet te benutten is voor cursusconstructie of voor andere vormen van leergangconstructie, ook omdat wellicht meer geïndividualiseerde vormen van instructie mogelijk gaan worden die uitstijgen boven simpele drill and practice programma's. Via relationele data base technieken moet een tamelijk complexe configuratie aan beslissingen (queries) te realiseren zijn.

De boekdrukkunst heeft de functie van het memoriseren en de rhetorica sterk verminderd, de nieuwe technologie zal het curriculum als papieren document wellicht aanvallen, misschien verdrijven. Courseware-ontwikkeling is een 'nieuwe' vorm van cursusontwikkeling die o.a. zal gehoorzamen aan de wetten van de electrotechniek en de informatietalen. Het is te hopen dat het timmermansoog oog blijft houden ook voor andere vormen van instructie en communicatie.

Noten

1. De pretentie van de CURVO-strategen was destijds een ontwerpstrategie op te stellen die bruikbaar zou zijn voor alle doelgroepen, alle vakken, alle onderwijssectoren en alle niveaus van curriculumontwerp (onderwijsleerplan, schoolwerkplan, onderwijsleerpakket). Deze pretentie bleek niet realiseerbaar. Wat overbleef was een beproefde strategie voor leergangontwikkeling. Zie verder M. de Kok-Damave. *Handboek voor leergangontwikkeling*. SVO-reeks, Den Haag, 1980.
2. Zie voor een beknopt overzicht Streumer, J.N. en W.J. Nijhof. *Praktijkgerichte Curriculumontwikkeling*. Losbladig Lexicon, 1983, CO 8100-1-27. Voor een ouder overzicht Halkes, R. en W.J. Nijhof. *Praktijkgerichte Curriculumontwikkeling*. Pedagogische Studiën, 1976 (53), 194-214.
3. Zie bv. Posner, G.J. & A.N. Rudnizky. *Course Design, A Guide to Curriculum Development for Teachers*. Longman, New York, 1982². Dit model komt overigens verderop in de tekst ter sprake.
4. Zie Nijhof, W.J. *Ontwikkelingen in het Curriculumonderzoek*. in: Halkes, R. & R.G.M. Wolbert. *Docent en Methode, Bijdragen tot de Onderwijsresearchdagen 1984*. Swets en Zeitlinger, Lisse, 1985, pp. 5-23. De bijdrage handelde vooral over de theorie-opbrengst. Een vijftal groepen

- curriculumtheorieën werd daar onderscheiden. Gepleit werd voor het versterken van de ontwerp-methodieken.
5. Beauchamp, G.A. *Curriculum Theory*. Peacock Publishers, Inc., Itasca, Illinois, 1981⁴. Het boek gaat uit van een systeemtheoretische benadering en behandelt binnen dit kader tal van methodieken voor planning, implementatie en evaluatie van curricula.
 6. Zie Nijhof, W.J. *Over het ontwerpen van curricula*. Oratie T.H. Twente, Enschede, 1983.
 7. Saylor, J.G., W.M. Alexander & A.J. Lewis. *Curriculumplanning for better teaching and learning*. Holt, Rinehart & Winston, New York, 1981⁴.
 8. Bijl, J. *Over leerplanonderzoek*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 1966. Robinsohn, S.B. *Bildungsreform als Revision des Curriculum*. Neuwied, Luchterhand, 1967.
Zie bv. Carlisle, K.E. *Analyzing Jobs and Tasks*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey, 1987.
 9. Nijhof, W.J. (red.) *Van Beroepsprofielen naar Curriculumprofielen*. Een symposium over methoden en technieken en beschouwingen over de relatie tussen beroepskwalificaties en eindtermen. Toegepaste Onderwijskunde, Universiteit Twente, Enschede, 1986.
 10. Lodewijks, J.G.L.C. *Leerstofsequenties: van conceptueel netwerk naar cognitieve structuur*. Prinsenbeek, Perfect, 1981.
Tillema, H. *Ontwerp als voorbereiding van onderwijsleersituaties*. Doctoraal-scriptie, Utrecht, 1977.
Nijhof, W.J. & A. Reints. *Sequenteringsdimensie in het kader van curriculumontwikkeling*. In: Nijhof, W.J. & J. Sixma (red.). *Actuele thema's in de Onderwijskunde*. Malmberg, Den Bosch, 1982.
 11. Zie bv. Saylor, Alexander & Lewis (noot 7). Zie ook Nijhof, W.J. *The (im-)possibilities of planning a core curriculum*. In: Gorter, R. (ed.) *Views on Core Curriculum*. SLO, Enschede, 1985, pp. 49-59.
 12. Vedder, P.H. *Cooperative Learning. A study on processes and effects of cooperation between primary school children*. Den Haag, 1985.
 13. Zie de evaluatie van science projecten na 20 jaar door Welch, W.W. *Twenty years of science curriculum development: A Look Back*. Review of Research in Education, 7, 1979, 292-309.
Bruner, J.S. *The process of education*. Cambridge, Harvard University Press, 1960.
 14. Akker, J.J.H. van den & A.H. Bergers. *De leerkracht als leerling: implicaties voor curriculumontwerp en -implementatie*. In: R. Halkes & R.G.M. Wolbert. *Docent en methode*. Swets & Zeitlinger, Lisse, 1985, pp. 75-89. Voor de verkregen effecten zie J.J.H. van den Akker. *Van ontwerp tot uitvoering*. Voorlopig verslag, T.H. Twente, Enschede, 1985.
 15. Zie voor een indringende beschrijving: Cremin, L.A. *The Transformation of the School*. Vintage Books, New York, 1964².
 16. Lagerwey, N.A.J. *Werken aan ander onderwijs*. Oratie, R.U. Utrecht, 1982.
 17. *Onderwijsaanbod aan 12-16 jarigen in het jaar 2000*. Verslag van een seminar (voorlopige versie). SLO, Enschede. Onder redactie van R. Jaarsma en E.O.I. Jozefzoon, februari 1984.
 18. Nijhof, W.J. *Over de functie van scholingsconcepten in het kader van curriculumontwikkeling*. In: Nijhof, W.J. (red.) *Aspecten van Curriculumontwikkeling*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 1979, pp. 7-38.
 19. Oosthoek, J.K. *Effecten van de leeromgeving; een sociaalpsychologisch onderzoek naar factoren die de rechsopvatting van studenten beïnvloeden*. Dissertatie R.U. Utrecht, 1985.
 20. Creemers, B. en W. Hoeben. *De ontwikkeling van een beleid t.a.v. onderwijs, onderzoek*. Pedagogische Studiën, 1978 (55), 253-274.
 21. In feite gaat het om legitimerings- of rechtvaardigingsbeslissingen. Wil men deze op een controleerbare wijze vorm geven, dan dient enige vorm van systematiek te worden toegepast. Zie bv. de leerplanconferentiemethode zoals ontwikkeld door Frey en zijn medewerkers. Voor een specifieke toepassing en adaptatie van deze techniek kan verwezen worden naar W.J. Nijhof & M. Mulder. *Basisvaardigheden in het Beroepsonderwijs*. SVO-Selectareeks, Den Haag, 1986. Zie overigens ook Frey c.s. *Handbuch Curriculumforschung*. Beltz Verlag, Weinheim-Basel, 1983 voor een aantal algemene hoofdstukken over legitimeringsstrategieën (o.a. Kaiser, Terhart). Synectische methoden worden ook wel gebruikt bij toekomstverkenningen. Zie daarvoor Bilderbeek, R.H. & E. Smits. *Methoden en technieken van toekomstonderzoek en de aansluiting onderwijs-arbeid*. Apeldoorn, TNO, 1984.
 22. Terlouw past in zijn dissertatie verschillende handelingspsychologische benaderingen toe waarvan het fundament wordt herleid tot Leontiew's activiteitentheorie. Deze theorie krijgt in deze dissertatie wel een erg brede legitimeringsfunctie toegemeten, omdat zowel ontwerptheoretische als leertheoretische beslissingen alsmede de toetsing van researchprogramma's erop gebaseerd zijn. Evenwel, Terlouw illustreert hiermee dat er keuzen gemaakt moeten worden en dat deze systematisch gebaseerd moeten zijn op een referentiepunt: een theorie. Terlouw, C. *De FUNDES-procedure in onderwijsontwikkeling*. Dissertatie, Universiteit Twente, 1987.

23. Willems, J. & L. Wolters. *Het kiezen van didactische werkvormen*. Aula reeks, Spectrum, Utrecht, 1980.
24. Zie bv. Walberg, H.J. *Een synthese van onderzoek naar onderwijsproductiviteit*. In: Nijhof, W.J. & E. Warries (red.). *De opbrengst van onderwijs en opleiding*. Lisse, Swets en Zeitlinger, 1986, pp. 15-25.
25. Bobbitt wordt wel de eerste curriculumtechnoloog genoemd, omdat hij voor het eerst systematisch publiceerde over hoe en wat van curriculumontwikkeling in 'How to make a curriculum' (1924). Zie ook Nijhof, W.J. *Over het ontwerpen van curricula*. o.c., noot 6, p. 11 e.v.).

Tj. Plomp (1982) presenteert een model met een duidelijk heuristische functie gericht op het maken van een produkt als antwoord op een gerezen onderwijsprobleem. De algemeenheidspretentie uit het model vloeit voort uit het feit dat hij de grootst gemeenschappelijke deler van componenten uit andere min of meer technologische modellen in zijn optie heeft samengebracht. Het model is zo algemeen dat het ook buiten de onderwijssector kan worden toegepast. De substantiële en procedurele know how zullen moeten worden ingebracht om tot functionele en bruikbare oplossingen te komen.

Voor kritiek op de CURVO-strategie door haar eigen ontwerpers zie Terwel, J. *Onderwijs maken*. SVO-reeks, Harlingen, 1984; Terwel, J. *Curriculumevaluatie als wetenschappelijke activiteit*. Pedagogische Studiën, 1987, (64), 67-73.

Creemers, B.P.M. *Formatieve curriculumevaluatie, een heroverweging van de Curvostrategie*. Pedagogische Studiën, 1987 (64) 59-66.

Tenslotte: Creemers, B.P.M. *Didaxologie en curriculumtheorie*. In: Lagerwey, N.A.J. en J.F. Vos (red.) *Onderwijskunde, een inleiding*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 1987, pp. 101-127. Met name is de passage van betekenis die stelt: 'Gebleken is dat onder andere het ontwerpen van beslisregels in het algemene model voor alle soorten curricula niet mogelijk is en dat telkens specificaties voor de niveaus en onderwerpen nodig zullen zijn' (Creemers, o.c., p. 119).
26. Romiszowski, A.J. *Designing instructional systems*. Decision Making and Course Planning and Curriculum Design. Kogan Page, London, 1981; en: Romiszowski, A.J. *Producing Instructional Systems*. Lesson Planning for Individualized and Group Learning Activities. Kogan Page, London, 1984.
27. Schwab, J.J. *The Practical: A Language for Curriculum Arts of Eclectic; Translations into Curriculum*. Een serie artikelen waarin Schwab zijn opvattingen uiteenzet over curriculumontwikkeling. Deze drie zijn onlangs aangevuld met een vierde practical te weten *Something for Curriculum Professors to Do*. Curriculum inquiry, 1983 (13), nr.3.

De eerste 3 practicals zijn samengevat in J.J. Schwab. *Science, Curriculum and Liberal Education*. Selected Essays, edited by Westbury, I. & N.J. Wilkhof, The University of Chicago Press, London & Chicago, 1978.
28. Posner, G.J. & A.N. Rudnitzky. *Course design for teachers*. New York, Longman, 1982.
29. Zie verder noot 10.
30. Tylers befaamde tractaat dat hij voor studenten schreef als collegeboek: *Basic Principles of Curriculum and Instructions*. Chicago, University Press, 1949.
31. Weesie, C.A.M. & A. ten Brummelhuis. *Een systematische werkwijze voor de analyse van kwalitatieve gegevens*. Vakgroep Curriculumtechnologie, Enschede, 1986.
32. Nijhof, o.c., noot 6.
33. Gedoeld wordt op het grote arsenaal aan doelformuleringstechnieken, taxonomische procedures, leerganganalysetechnieken, sequenteringstechnieken, e.d. Romiszowski geeft een vrij definitief overzicht. Verder kan men terecht bij ontwerpliteratuur die voor specifieke groepen bedoeld is, zoals voor bedrijfsopleidingen (de uitgave Wetenswaardigheden van o.a. het Rijksopleidingsinstituut in Den Haag) en voor het beroepsonderwijs (Finch, C.R. & J.R. Crunkilton. *Curriculum development in Vocational and Technical Education: Planning, content, and implementation*. Allyn & Bacon, New York, 1984²).

Educatief ontwerpen
– op weg naar een 'ontwerpsysteem' –

F. Goffree/H. Stroomberg, SLO, Enschede/UvA, Amsterdam

1 Inleiding

Wiskunde werd lange tijd en door velen opgevat als een apart wereldje, slechts toegankelijk voor enkelen met een bepaalde knobbel. Het zou een wereld zijn vol definities, stellingen, formules en rekenregels, beschreven in een eigen taal. Slechts enkelen zagen aanrakingspunten met de gewone mensenwereld. Nog minder behoorden in die opvatting tot het elitaire groepje van hen, die hun wiskundige kennis beroepsmatig kunnen toepassen. Schoolboeken voor het voortgezet onderwijs tot voor kort illustreerden een dergelijke opvatting. De aan die boeken ten grondslag liggende didactische inspanning werd gedomineerd door 'uitleggen'. In mechanistische uitwerkingen werd uitgelegd 'wat de leerling moest doen', in structuralistische benaderingen trachtte men tenminste ook te laten zien 'hoe en waarom' een bepaalde aanpak tot een goed resultaat leidde.

Je kunt wiskunde ook anders opvatten. Wiskunde is niet alleen de kennis die in boeken is opgeslagen, maar is ook een manier van denken die mensen zich eigen kunnen maken. In die opvatting is wiskunde leren niet hetzelfde als opnemen van leerstof, maar meer het scherpen van het verstand, het verwerven van een exacte aanpak van problemen en het in toenemende mate gaan beschikken over een 'wiskundige attitude' door middel van het werken aan die leerstof. Zo mogelijk in situaties waarin die leerstof betekenis heeft, of kan krijgen voor de lerende, zo mogelijk naar niveau van schematisering, verkorting, abstrahering of generalisering individueel aangepast. In deze opvatting kan iedereen profijt hebben van wiskundeonderwijs en krijgt het omstrede 'wiskunde verplicht' een andere betekenis. Ook vanuit deze opvatting over wiskunde en wiskundeonderwijs zijn er schoolboeken voor het VO op de markt gebracht. De aan deze boeken ten grondslag liggende didactiek is niet beperkt tot 'uitleggen', de educatieve ontwerpers hebben meer op hun repertoire.

Dat de wiskundeleraren, als gebruikers van dit soort boeken, ook meer op hun repertoire moeten hebben dan hun 'uitleggende' collega's van weleer, zal duidelijk zijn. Wie nadenkt over het voorbereiden van de wiskundeles, waarin de bovengeschetste opvatting over wiskunde gestalte krijgt, ziet al snel enorme verschillen. Hoe zouden leraren 'van weleer' kunnen leren het nieuwe wiskundeonderwijs te geven? Hoe zouden ze daarbij ondersteuning kunnen krijgen? Welke informatie over didactiek van de wiskunde zou in dit geval bruikbaar zijn?

Om de gedachten te kunnen bepalen nemen we een concreet programmaonderdeel: *de negatieve getallen*. Voor die leerstof is namelijk in de loop der tijden heel wat creatief ontwerpwerk verricht, en zijn veelsoortige educatieve ontwerpen tot stand gekomen. Dan willen we even kijken naar het leren van leraren, vanuit de invalshoek van het *leren van volwassenen*. De overwegingen hierbij leiden via het idee van *handelings ondersteunende systemen* naar het voorstel om een *ontwerpsysteem voor wiskundeleraren* te bedenken. Met dit idee op de achtergrond stellen we dan twee practicumvragen:

1. Hoe zou je een globaal programma voor *negatieve getallen* (van introductie tot en met rekenen) ontwerpen?
2. Hoe zou je de beschikbare 'menu's' (en eventueel eigen aanvullingen) organiseren tot een hoofdmenu en daaraan gekoppelde submenu's?

We hopen dat de aanwezige expertise op het gebied van wiskunde, van wiskundeonderwijs, van lesvoorbereiding, van educatief ontwerpen en van nascholing bij het werken aan deze vragen gecombineerd ingezet kan worden.

2 Educatieve ontwerpen voor negatieve getallen

Negatieve getallen zijn in de loop van vele eeuwen ook door wiskundigen beschouwd als een soort noodzakelijk kwaad. Bij bepaalde berekeningen kon je er niet altijd omheen, soms was het wel gemakkelijk om met getallen aan te geven wat er nog ontbrak, maar tot in de vorige eeuw sprak men van 'absurde getallen' of van getallen die 'niet echt bestonden'. Paradoxen als: $1 : -1 = -1 : 1$ (want volgens de hoofdeigenschap van evenredigheden geldt $1 \times 1 = -1 \times -1$) kan men lezen als 'groot' staat tot 'klein' als 'klein' staat tot 'groot', versterkten die gedachte. Pas toen men de grondslagen van de wiskunde ging bestuderen kwam men op het idee de verzameling *gehele getallen* (waaronder de *negatieve getallen*) als formele uitbreiding te zien van die der Natuurlijke Getallen. Formeel zit 't wel goed, kunnen we nu zeggen. De vraag is hoe 't didactisch zit, want wie zegt dat het mogelijk is om aan kinderen de eeuwenlange weerstand tegen die getallen voorbij te laten gaan?

Hoe kun je het beste beginnen? Er zijn tenslotte negatieve getallen. Wat zijn dat? Waar komt een gewoon mens ze tegen? Hoe komt men eraan? Kun je er niet omheen? Waarom zijn ze eigenlijk nodig? Wat is er zo bijzonder aan? Hoe moet je ze noteren? Bestaan ze eigenlijk wel echt? Wie heeft ze bedacht? Kun je er zelf iets bij denken?

In de schoolboeken, die men momenteel op de markt aantreft, ziet men een viertal principieel verschillende introducties. Laten we voor de eenvoud de volgende vraag bij het analyseren centraal stellen:

Bestaat -5 echt?

In een aantal oudere boeken stelt men laconiek: -5 is een getal, dat bestaat en je kunt het op de getallenlijn tekenen, links van 0, als spiegelbeeld van 5 (t.o.v. 0). Dus: negatieve getallen, die zijn er gewoon. In andere boeken tracht men de leerling uit te leggen dat die negatieve getallen voor de wiskunde onmisbaar zijn. Als je de aftrekking $3 - 8$ ook van een antwoord wilt kunnen voorzien, dan moet je iets hebben om 5 tekort aan te geven. -5 dus. In de Wageningse Methode heeft men deze redenering in een nieuw jasje gestoken. In het 'machientje -324' stopt men het getal 200. Dat geeft in eerste instantie een cognitief conflict (kortsluiting, zeggen de auteurs) en leidt in tweede instantie tot het construeren van een negatief getal. Een al veel oudere didactische discussie over de drie betekenissen van het minteken (bewerkingsteken, toestandteken en symbool voor 'tegengestelde') kon met de Wageningse machientjes trouwens ook kortgesloten worden. Een mooi educatief ontwerpje dus.

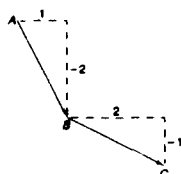
Een combinatie van 'negatieve getallen zijn er gewoon' en 'negatieve getallen heb je nodig' vindt men in een ontwerp uit 1976 van Van Hiele (van A tot Z) en in een recente uitgave van de Werkgroep 'Zestien-min, Zestien-plus'. Men beschrijft daar punten en bewegingen op een coördinatenvlak. (1, -2) betekent dan gewoon 1 naar rechts en 2 naar beneden. De voortzetting kan meetkundig (spiegelen en tegengestelde), rekenkundig (schuiven op de getallenlijn helpt je bij het uitrekenen) of grafisch ($y = 2x - 4$, zie je wat $y = -4$ betekent?) zijn. Het lijkt erop dat ontwerpers in dit domein van de wiskunde de laatste mogelijkheid nog weinig hebben verkend. Waarschijnlijk is de oorzaak hiervan te vinden in de beperkingen die bestaande leerstofordeningen aan het ontwerpen van educatieve materialen opleggen.

132 21 Rekenen met negatieve getallen §A Verschuivingen en getallen



21 Rekenen met negatieve getallen

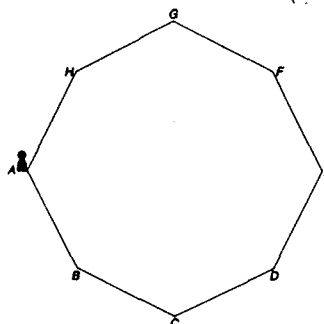
A Verschuivingen en getallen



Een pion wordt langs de zijden van de achthoek hieronder geschoven. De eerste verschuiving gaat van punt *A* naar *B*; de volgende van punt *B* naar *C*, enzovoort. 1 Na hoeveel verschuivingen is de pion terug in punt *A*?

Een verschuiving langs de zijde van de achthoek kan met een pijl worden aangegeven. Je ziet dat hier links voor de eerste twee verschuivingen.

Bij elke pijl horen twee getallen. Bij de eerste pijl bijvoorbeeld horen de getallen 1 en -2. Daarmee wordt bedoeld: 1 naar rechts en 2 naar beneden.



- 2 Waarom is hier een negatief getal gebruikt?
- 3 Waarom staan bij de tweede verschuiving de getallen 2 en -1?
- 4 Teken de pijlen die de zes andere verschuivingen aangeven en zet bij elke pijl de getallen die er bij horen.

Wiskunde exact 1.

pag. 132

Naast de ontwerpen die hun uitgangspunt in de wiskunde hebben, treffen we ook andere aan. Je kunt, stelt men daar, het getal -5 in je eigen wereld aantreffen. Kijk maar op de thermometer, of op een peilschaal in de haven, of op je girorekening in tijden van krapte. En voor sportliefhebbers wordt in sommige leerboeken een tabel ten tonele gevoerd waarop de stand in de eredivisie voetbal is te zien.

negatief! wat is dat?

- 9 Hiernaast staat een ranglijst van de eredivisie betaald voetbal. Sommigen kunnen aan de namen van de clubs zien uit welk jaar deze stand is! Bovenaan kun je zien wat al die getalletjes betekenen.

Het aantal punten van Ajax is als volgt berekend:

$$13 \text{ keer gewonnen: } 13 \times 2 \text{ p.} = 26 \text{ p.}$$

$$2 \text{ keer gelijkspel: } 2 \times 1 \text{ p.} = 2 \text{ p.}$$

$$\text{totaal} \quad 28 \text{ p.}$$

De clubs staan in volgorde van het behaalde puntentotaal; bij een gelijk aantal punten wordt er naar het doelsaldo gekeken (32-12 is beter dan 31-15). Kijk eens of dat overal klopt!

Op de t.v. werd aandacht besteed aan de wedstrijd Feyenoord-Twente (uitslag 1-1). De commentator had het daarbij over het positief doelsaldo van Feyenoord en het negatief doelsaldo van Twente.

	aantal wedstrijden	gewonnen	gelijkspel	verloren	aantal punten	doelpunten voor doelpunten tegen
Ajax	17	13	2	2	28	43-18
Feyenoord	16	8	7	1	23	32-12
AZ'67	16	10	3	3	23	31-15
PSV	17	8	5	4	21	34-21
Utrecht	17	7	6	4	20	25-19
G.A. Eagles	16	7	4	5	18	28-20
Roda JC	17	8	2	7	18	25-24
Twente	17	7	4	6	18	22-25
Excelsior	17	6	5	6	17	27-32
Den Haag	16	5	6	5	16	19-22
PEC Zwolle	17	5	5	7	15	19-22
Willem II	17	4	7	6	15	20-30
MVV	17	2	9	6	13	19-24
Vitesse	17	3	6	8	12	20-32
Haarlem	17	3	6	8	12	19-32
Sparta	16	4	3	9	11	21-27
NEC	16	4	2	10	10	15-27
NAC	15	2	4	9	8	8-25

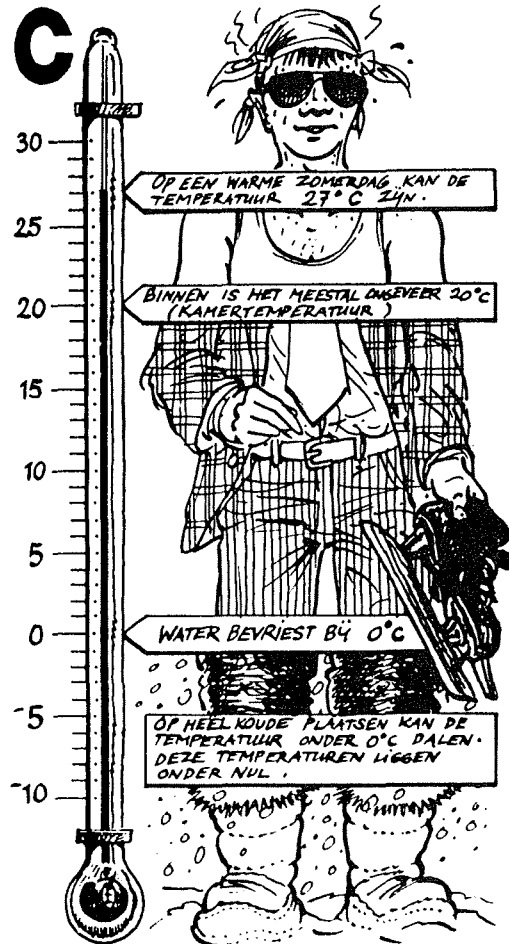
- a Wat bedoelde hij daarmee?
- b Noem vijf clubs met een negatief doelsaldo.
- c Het volgende weekeinde waren de uitslagen als volgt:
- | | |
|---------------------|-----|
| G.A. Eagles-Ajax | 1-2 |
| NEC-MVV | 2-2 |
| Roda JC-Vitesse | 4-1 |
| PSV-Sparta | 3-0 |
| NAC-AZ'67 | 1-3 |
| Excelsior-Feyenoord | 0-0 |
| Twente-PEC Zwolle | 0-0 |
| Den Haag-Willem II | 2-1 |
| Haarlem-Utrecht | 1-1 |

Maak de nieuwe stand van de eredivisie.

- 10 Van een lange rij zijn de eerste drie punten: (5, 3), (4, 2), (3, 1). Noem de drie volgende punten uit die rij.

KERN Negatieve getallen

Wij meten temperaturen in graden Celsius. (We schrijven °C.)
We lezen de temperatuur af op een thermometer.

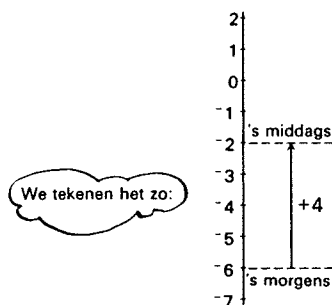


186

Stijging van temperatuur

6

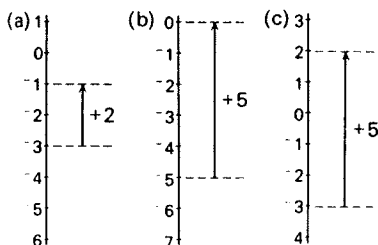
Op een dag wijst de thermometer 's morgens -6° aan. Overdag wordt het warmer. De temperatuur stijgt 4° . 's Middags is het -2° .



We kunnen de optelling zo opschrijven:

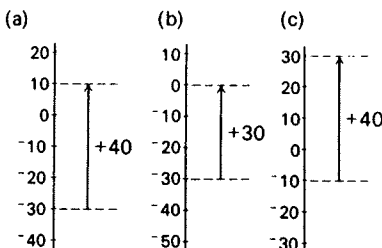
$$-6 + 4 = -2$$

Maak hier optellingen van:



7

Schrijf de optellingen op:



8

Teken de getallenlijnen die bij deze optellingen horen.

- (a) $-50 + 30 = -20$
 (b) $-20 + 60 = 40$

9



$$-6 + 1 = -5$$

Maak deze sommen.

- | | |
|----------------|--------------------|
| (a) $-9 + 1 =$ | (g) $-2 + 2 =$ |
| (b) $-6 + 2 =$ | (h) $-3 + 3 =$ |
| (c) $-5 + 2 =$ | (i) $-6 + 5 =$ |
| (d) $-4 + 4 =$ | (j) $-20 + 30 =$ |
| (e) $-3 + 4 =$ | (k) $-10 + 50 =$ |
| (f) $-1 + 1 =$ | (l) $-200 + 100 =$ |

Wiskundelij 1a:

pag. 189

Bestaat -5 eigenlijk wel echt, was de vraag. Tot nu toe kwam het antwoord van de docent die via het schoolboek de noodzaak, het nut of de nabije aanwezigheid naar voren kon brengen. Dat je negatieve getallen zelf kunt maken, indien mogelijk zelf kunt 'uitvinden', is met het voorgaande boekenoverzicht niet erg duidelijk naar voren gekomen. Het is niet onmogelijk dat (zelfs jonge) kinderen tot uitvindingen in deze getallenwereld komen. Willem Faes en Kees Buys laten dat ondermeer zien in het boek 'Tussen twee getalwerelden' dat binnenkort zal verschijnen. In dit geval krijgt 'het bestaan' van -5 een geheel ander karakter, niet alleen omdat je het zelf bedacht hebt, maar vooral omdat dit nieuwe getal dan ook meteen een functie vervult.

Hiermee zijn we aangeland bij de bewerkingen met negatieve getallen, een terrein dat ook al veel aandacht van educatieve ontwerpers kreeg.

Nemen we eerst het *optellen en aftrekken*. Om de gedachte te bepalen:

$$-5 - (-7) = ?$$

De educatieve ontwerpen onderscheiden zich hier wezenlijk op twee punten. De meesten, dat

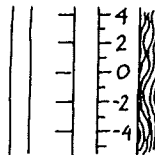
moet gezegd, dienen om de berekeningswijze of in een enkel geval slechts de uitkomst, 'aan-nemelijk' te maken. Er zijn er ook die het denken van de leerlingen bij het rekenen willen ondersteunen. Van die laatste ontwerpen lijkt de *De heks* 't in de klas het beste te doen.

hekserij?

- 17 We gaan op bezoek bij een heks, die in een grote ketel een vreemd drankje klaarmaakt. Ze heeft wonderlijke blokjes om de temperatuur in die ketel te regelen. Ze gebruikt warme blokjes die niet afkoelen en koude blokjes die niet smelten. Als er evenveel warme als koude blokjes in de ketel zitten, is de temperatuur in de ketel 0° . Gooit ze er nu bijvoorbeeld 8 warme blokjes bij, dan zal de temperatuur 8° worden. Als het recept van het drankje aangeeft dat de temperatuur 5 graden moet dalen, dan gooit ze er 5 koude blokjes in.



- a De temperatuur in de ketel is -4° .
De heks doet er 6 warme blokjes bij.
De temperatuur wordt ...
- b De temperatuur in de ketel is 8° .
De heks gooit er 10 koude blokjes in.
De temperatuur wordt ...
- c De temperatuur in de ketel is -2° .
De heks gooit er 3 koude blokjes in.
De temperatuur wordt ...



- 18 Vul deze tabel in:

begin-temperatuur	in de ketel worden gegooit	eind-temperatuur
-5°	6 warme blokjes	...
2°	2 koude blokjes	...
-6°	3 koude blokjes	...
-12°	4 warme blokjes	...
7°	12 koude blokjes	...

- 19 De opgaven in opdrachten 17 en 18 kun je zien als optelsommen:

17a $-4 + 6 = 2$

17b $8 + -10 = -2$

17c $-2 + -3 = -5$

Schrijf de opgaven in opdracht 18 als een optelling.

Moderne wiskunde 1:

pag. 118

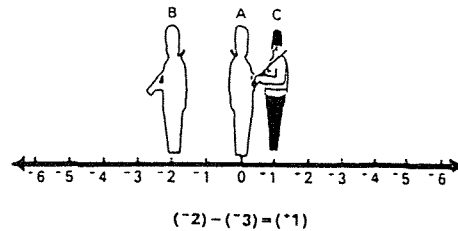
In ons geval: 'De temperatuur is -5 . De heks wil er 7 *koude* blokjes *uithalen*. Zeg dat in de ketel 7 *koude* en 2 *warme* blokjes zitten. Er blijven dan 2 *warme* over, uitkomst $+2$. Is dat wiskunde? Mag je zeggen dat dit ontwerp een succes is?

Bekend is ook *Sam, de huzaar*. Hij marcheert over de getallenlijn.

Example 7 $(-2) - (-3)$

- A. Two backward steps (-2)
- B. Turn to face negative $-$
- C. Three backward steps (-3)

Sam is at $(+1)$



Mathematics in Schools, 1985, example 7

Bij de opgave $-5 - (-7)$ gaat Sam als volgt te werk: Hij loopt achteruit naar het punt -5 (beginpositie met zijn neus naar rechts). De min leidt tot de volgende opdracht: halve draai om. Neus naar links dus. Nu komt -7 . Daarbij behoort de opdracht: ga 7 achteruit! En zo komt Sam in $+2$ terecht.

Wat vindt u van de voortzetting van de voetbaltabel? In dat geval staan -5 en -7 voor (negatieve) doelsaldi. Welke betekenis moet men aan de aftrekking in dit geval toekennen? Misschien kunnen we beter zeggen: het verschil van -5 en -7 . Het wegnemen, zoals bij de heks het geval was, ligt hier niet zo voor de hand. Eerder zou men kunnen zeggen: Club A heeft doelsaldo -5 , club B heeft -7 , A staat er $+2$ doelpunten beter voor.

Duidelijk? Is dit betere wiskunde dan die waar de heks of een huzaar te hulp moet worden geroepen? Waarom zouden kinderen voorkeur voor de heks hebben?

Weten we nu zeker dat $-5 - (-7) = +2$? Waarom weten we dat zeker? Zouden kinderen het nu zeker kunnen weten? Op basis waarvan dan? Houdt zeker weten misschien verband met leeftijd? Of met niveau? Of met didactiek?

Nu zouden we met *vermenigvuldigen* verder moeten gaan. Eigenlijk ondervinden educatieve ontwerpers, leraren en in mindere (!) mate leerlingen daar pas echte moeilijkheden. De vraag, om de gedachte te bepalen, zou hier geluid hebben:

Waarom is $-1 \times -1 = +1$?

We gaan hierop niet nader in. Dat is een omissie, slechts veroorzaakt door tijdgebrek. Maar een ontwerp, al lang geleden ontdekt en gepubliceerd door Larry Sowder, willen we u niet onthouden.

Denk aan *magneten*. Noem de *Noordpool* min, en de *Zuidpool* plus. *Aantrekken* noemen we min en *afstoten* heet plus.

Twee noordpolen stoten elkaar af, is 't niet? Dus ... min maal min is plus!.

Niet gaan we nu in op 'de plus- en mintreintjes' uit **Moderne wiskunde**, niet op het 'oppervlakte-rechthoek model' waarin je kunt zien dat -1×-1 wel $+1$ moet zijn. We bespreken ook niet het didactische voorstel van Semadeni, waarmee een groot aantal ontwerpen op het gebied van de getaluitbreidingen te maken zijn. Helaas kunnen we ook niet het verhaal van Annemarie vertellen, zodat u niet kunt weten hoe een brugklasleerling zich tussen *heks*, *eredivisie* en *treintjes* bewoog. Zelfs laten we ons niet overhalen om een 'echt' wiskundig

bewijs te geven van $-1 \times -1 = +1$, en als de eerder genoemde paradox nog niet geklaard is, moet u ook daarmee blijven zitten. We komen nu tot het tweede deel van ons verhaal. De kernvraag luidt: kan een wiskundeleraar, die op het spoor zit van realistisch wiskundeonderwijs, wat met het bovenstaande doen? Eerst zijn/haar les voorbereiden, dan zelf professioneel ervan leren? En: zou de insteek van het ontwerpen misschien een geschikte start opleveren van het leren?

3 Het leren van leraren

- vanuit het standpunt van de volwasseneducatie -

(1) Inleiding Het leren van leraren vanuit het standpunt van volwasseneducatie.

Het klinkt wat gewichtig, maar het is eenvoudig. Het betekent dat we het leren van de leraar bekijken zoals dit in de praktijk van alledag en in het kader van de beroepsuitoefening plaats vindt.

Deze benadering 'het leren van leraren' is hopelijk geen vrijblijvende zaak. Wij willen namelijk het leren van deze volwassenen steunen. We denken dat wij dat kunnen met behulp van 'handelings ondersteunende systemen'.

Hoe krijgen we, voor een dergelijke onderneming aanwijzingen voor het ondersteunen en verbeteren van het leren - leraren zullen namelijk moeten leren om met een handelings ondersteunend systeem (een ontwerpsysteem) om te gaan - die ons kunnen helpen bij het ontwerpen van zo'n systeem?

Eerst volgt een eenvoudige beschrijving van het leren van de leraar in tamelijk algemene termen, maar geschikt voor ons doel.

Met behulp van die omschrijving proberen we vervolgens iets te zeggen over handelings ondersteunende systemen in het algemeen en over een specifiek systeem, een ontwerpsysteem voor de lesvoorbereiding, in het bijzonder. Om een dergelijk systeem meer te laten zijn dan een papieren idee hebben we uw medewerking nodig.

(2) De lerende leraar

1. Het gaat om het leren van een **specifieke groep**, namelijk om het leren van onderwijs-geevenden.

Over het leren van leraren (en leraressen) weten we eigenlijk niet zo veel, of toch wel? We weten wel dat leraren voldoende capaciteiten hebben om iets te leren, we weten dat het, ook voor een leraar, moeilijk is om eenmaal ingeslepen handelingspatronen te veranderen.

Ik veronderstel dat een docent, wat betreft zijn mogelijkheden om nieuwe dingen te leren niet zoveel verschilt van de gemiddelde Nederlander in een intellectueel beroep, maar er zijn natuurlijk wel verschillen in aanleiding, motivatie, noodzaak, etcetera. Zodat het toch wel zinvol lijkt om over het leren van de leraar te spreken.

2. Het **object** van het (professionele) leren van de leraar heeft tenminste twee aspecten: het vak én het overdragen van het vak. Voor wat betreft het vak voelt de docent zich de deskundige. Wat de leraar al weet moet de leerling nog te weten zien te komen.

(Als het om *nieuwe* dingen in het vak gaat, dan zullen dat zonder twijfel moeilijke, nieuwe dingen zijn: nieuwe wiskunde bijvoorbeeld of nieuwe representaties van onderdelen van 'oude' wiskunde).

Opvattingen over wiskunde kunnen veranderen en dat kan leiden tot nieuwe dingen. Bijvoorbeeld het wiskundig verkennen en structureren van toepassingsgebieden. HEWET heeft dit laten zien.

Ik denk dat voor heel veel schoolwiskunde geldt dat het overdragen van het vak nauwelijks gescheiden kan worden van de vakinhouden zelf, maar voor 'het gemak' maken we die onderscheiding wel. Het kennisbestand wat betreft het overdragen, de vakdidactiek, is even dynamisch en misschien wel even moeilijk als het vak zelf.

Als een leraar of lerares in het kader van zijn of haar vak nieuwe dingen leert dan betreft

dit meestal zowel de inhoud als de overdracht; een combinatie dus van een kennisbestand en een handelingsrepertoire. Soms leert een leraar iets en wordt het aan hem of haar zelf overgelaten of men het gebruikt. Soms is het niet vrijblijvend: bij nieuwe examenprogramma's.

3. De **context** van het leren van de leraar in het kader van het 'leren voor zijn vak' is heel belangwekkend. Het leren vindt plaats in cursussen, in sociaal verband dus, en individueel, daar waar het op de bestudering van moeilijk over te dragen stukken leerstof aankomt, denken wij.

De toepassing van het leren, uit de cursus, vindt ook plaats in sociaal verband, in de klas. Maar eigenlijk is dit 'individueel', omdat een docent in zijn eigen klas natuurlijk 'heer en meester', respectievelijk 'vrouw en meesteres' is. Eigenlijk is de toepassing van het geleerde een 'eenzame bezigheid'. Als een leraar z'n nek uitsteekt en nieuwe oefeningen of werkwijzen introduceert, dan moet hij of zij zich voldoende 'safe' voelen in velerlei opzicht. Misschien omvat dit te veel aspecten van zijn of haar handelen om hier diep op in te (kunnen) gaan; een leraar moet sterk gemotiveerd zijn en snel betere resultaten zien dan voorheen, anders valt men terug op beproefde werkwijzen.

Tot dusverre hebben we het gehad over het leren van de leraar en daarbij gesproken over

- a. het leren van de leraar als lerende volwassene (als **activiteit**): het gemiddelde leren van een volwassene in een intellectueel beroep, toepassing van het geleerde is een individuele aangelegenheid;
- b. het **object** van het professionele leren: het vak en de vakdidactiek;
- c. het **proces** van het leren van de leraar: zoals bij iedereen is hier sprake van een terugkoppelingsprobleem;
- d. de **context** van het leren van de leraar: staat sociaal onder druk gezien de veranderende functie van het leraarschap; er komt een 'nieuwe wiskunde' en 'andere examens'.

Misschien hebben we, zo redenerend, één probleem van het leren van de leraar al te pakken. Namelijk het probleem van de eenzaamheid. De verbetering van het handelingsrepertoire vindt individueel plaats, de toepassing van het handelingsrepertoire idem dito. Je zou het nog wat gewichtiger kunnen zeggen, namelijk dat het schoolsysteem zich in het leren van de leraar zelf reproduceert: kennis verwerven en kennis toepassen worden beschouwd als een **individuele competentie**.

Daarnaast plaatsen we **collectieve competentie**, 'samen kunnen we heel wat in deze *samenleving*': een wiskundesectie kan meer bedenken en doen dan de creatiefste leraar alleen.

Een analyse van deze aspecten van het leren van de leraar geeft zicht op mogelijke maatregelen om hulpmiddelen voor de leraar te ontwikkelen die het leren in het kader van het vak kunnen verbeteren.

We zullen het hebben over:

het 'vanzelfsprekende' van de individuele competentie

het leren van de leraar als activiteit

het leren van de leraar als proces in een veranderende context

het object van het leren van de leraar

het ontwerp van een hulpmiddel: een handelings ondersteunend systeem ten behoeve van de lesvoorbereiding.

(3) Leren als individuele en collectieve competentievergroting

Het is opmerkelijk hoe vanzelfsprekend leren wordt opgevat als vergroting van de individuele competentie. Het hele schoolsysteem is erop gebaseerd met z'n overhoringen en examens. Er zijn echter ook andere benaderingen mogelijk. Stel dat we leren beschouwen als onderzoeken. Dan komen we tot het inzicht dat een strikte hantering van leren als een vergroting van individuele competentie niet zinvol is.

Bekijken we bijvoorbeeld de vraag 'wie de lerende is'.

Traditioneel zijn we geneigd om personen als eenheid te kiezen. Bij onderzoek (en ook bij ontwerpen) komen we al gauw tot de conclusie dat er andere organisatorische identificaties acceptabel zijn en soms wel wenselijk. Onderzoek is als activiteit niet uitsluitend in individuen verankerd en dit geldt evenzeer voor ontwerpen; het gaat immers om een rol die men heeft.

Misschien is nog belangrijker het tweede onderscheid. Leren als activiteit ter vergroting van individuele competentie heeft een individueel, op de lerende zelf gericht effect.

Leren als onderzoek opgevat heeft een publiek leereffect. Het onderzoek moet een openbaar en publiek karakter hebben, anders spreken we immers niet van onderzoek?

Samenvattend: leren van volwassenen wordt vaak als individuele competentieverhoging opgevat. Het gaat daarbij echter om een keuze, niet om iets vanzelfsprekends. Er is dus, met andere woorden, een alternatief. Namelijk om leren te zien als een combinatie van individuele en collectieve competentieverbetering. Dit gezichtspunt biedt de mogelijkheid de leraar uit zijn of haar isolement te halen.

(4) Leren als activiteit

In de literatuur zijn vele omschrijvingen van leren aan te treffen. Onze hele redenering staat of valt zelfs met de omschrijving die we kiezen.

Laten we het kort houden en kiezen voor:

leren is een activiteit met als uitkomst dat de persoon (de actor) tot beter handelen in staat is.

We kiezen dus voor een omschrijving van leren waarmee we loskomen van de vereenzelviging van leren met onderwijzen.

- Leren is een activiteit, een bezigheid die zich over een zeker tijdsverloop voltrekt en waaraan door betrokkenen (actoren (leraren) en omstanders) een zekere betekenis wordt toegekend.
- De activiteit verandert de actor (leraar); het vermogen tot handelen neemt toe. Leren maakt bekwaam, competent, kundig.
- De activiteit verandert de omgeving voor de actor (leraar). Nieuwe mogelijkheden, bronnen en hulpmiddelen komen binnen handbereik.
- De activiteit is gericht op het verwerven van specifieke zaken (ideeën voor lessen, manieren van aanpak, etc.), het gaat hier immers over het professionele leren van de leraar. We moeten er echter rekening mee houden dat het leren van specifieke dingen niet gebonden is aan het volgen van een cursus.
- Iedereen verricht, neemt deel aan, of is gedoemd tot activiteiten waaraan niets of weinig is te leren. Zulke activiteiten zijn er te veel. Ook voor de leraar. Gelukkig is daar iets aan te doen. Leren kan men stimuleren. Ook door de lerende zelf.

Denk maar eens aan je eigen leerprojecten met:

- * directe, persoonlijke aanleiding
- * eigen tijdsindeling, en doelgerichtheid
- * grote motivatie
- * bewustzijn van eigen kunnen en kennen
- * een voorkeur voor instrumentele instructie.

Tot dusverre is er niets bijzonders aan de hand, het leren van leraren is niet anders dan van elke volwassene.

(5) Methoden

Welke methode gebruikt de volwassene om iets te leren? Als we afgaan op de bronnen waarvan men kan leren dan zijn er 4 methoden te onderscheiden:

(1) afkijken, (2) vragen, (3) opzoeken en (4) proberen.

Afkijken. Leren kun je door de kunst bij anderen af te kijken. Veel kennis gaat op die manier van ouder op kind. Leren koken leer je het best in de keuken. Mensen (en natuurlijk ook leraren) hebben voorbeelden nodig, demonstraties van hoe het kan en hoe het óók kan. Voor het verwerven van vakbekwaamheid is afkijken misschien wel een onontbeerlijke methode: de aspirant-vertegenwoordiger, de beginnend jurist is, evenals de beginnende of hospiterende leraar, danser, toneelspeler, architect, ingenieur en beeldend kunstenaar gebaat bij voorbeelden om vorm te geven aan de eigen vakbekwaamheid.

De componist Karlheinz Stockhausen, die aan talloze jongeren uit de hele wereld compositielessen heeft gegeven, zegt er dit over:

'Wat kon je ze leren? Vooral dat ze je niet moesten imiteren, verder dat ze maar eens alles moeten meedoen wat je zelf te doen had, hoe je de instrumenten bepaalt die je nodig hebt, hoe je repeteert en wat je daaruit opsteekt voor veranderingen en verbeteringen, hoe je kopieert, hoe je met electronica omgaat en nog duizend andere dingen meer. Een compositieleerling kan alleen wat opsteken door de meester een paar jaar op de voet te volgen, elk trimester één of twee werken te produceren en die met behulp van de pedagoog uit te voeren. Daarvan moet hij leren hoe hij zelf het vak moet aanpakken'.

Dat zei hij natuurlijk. Maar hij verwachtte natuurlijk ook dat ze wel iets van hem overnamen. Zijn aanpak? Zijn methoden? Een combinatie van eigen methoden en die van hemzelf?

Hoe zit dat precies? Wat leren we van collega's? En hoe en wanneer het beste? Vragen die van belang zijn voor de ontwikkeling van een ontwerpsysteem.

Willen we het leren van de leraar bevorderen dan moeten we dus mogelijkheden scheppen dat die leraar in de gelegenheid wordt gesteld om waar te nemen hoe excellente docenten het werk aanpakken.

Een docentenopleiding moet dus in zijn docentenkorps excellente leraren tellen. Stages moeten zo zijn ingericht dat men in aanraking komt met mensen waarvan iets is op te steken.

Vragen. Ook door vragen word je wijs. Hoe bereid jij je lessen voor? Hoe pak jij het probleem van de negatieve getallen aan? Hoe zorg jij voor opgaven die ze zelfstandig kunnen uitvoeren? Hoe controleer jij het huiswerk? Hoe pak jij een brutale leerling aan?

Vragen zijn vaak het begin van een interessant gesprek. Het is een zo simpele bezigheid dat we er in het dagelijkse verkeer niet eens bij stilstaan.

In ons dagelijkse werk doen we het ook. Tot de vakdidactische bekwaamheid van een docent behoort zijn vermogen om vragen te stellen en met de antwoorden van de leerlingen een volgende stap te zetten.

Willen we het leren van de leraar bevorderen dan moeten we er voor zorgen dat er vragen over allerlei vakmatige onderwerpen gesteld kunnen worden, en dat er antwoorden gegeven worden.

Opzoeken. Een derde manier om iets te weten te komen is het raadplegen van andere informatiedragers dan personen. Tot die categorie rekenen we: kranten, tijdschriften, folders, naslagwerken. Verder in studieboeken. Ook kan de belletrie ons soms mooie voorbeelden verschaffen. Maar we kunnen verder gaan: beeldende kunst, foto's, dia's, films, televisie, beeldplaat. Kabel en satelliet zorgen ervoor dat we de deur niet uithoeven. Een bezoek aan een beurs, tentoonstelling of bibliotheek levert ook vaak al heel veel waardevols. Wat zou het fijn zijn al die spullen binnen handbereik te krijgen.

Proberen. The proof of the pudding is in the eating, zeggen de Engelsen. Je kunt lang en breed praten over het voor of tegen van een bepaalde werkwijze of methoden. Pas als je het probeert kun je het op waarde schatten. Je kunt allerlei videotapes bekijken, tientallen adviezen krijgen, films bestuderen, etc. over hoe je onderwijs geeft, je leert het uiteindelijk pas door het te doen.

Je kunt iets op verschillende manieren proberen. Een beproefd voorbeeld navolgen, het voorbeeld van buiten leren of instuderen, iets samen doen met een coach, je moet iets doen om het te kunnen leren. Dit kan verkeerd aflopen, maar wanneer het in een context van leren wordt geplaatst verliest men de moed waarschijnlijk niet. De beste manier is wellicht om welbewust

en weloverwogen, stap voor stap steeds een stapje verder te gaan. Te werk gaan als een voorzichtige onderzoeker die al explorerend de omgeving verkent, zou voor een docent een goede methode kunnen zijn. Zo probeert ook een onderwijsontwikkelaar te werk te gaan, zo zou een leraar bij een nieuw programma wiskunde moeten handelen menen wij.

Dit onderzoekende exploreren (proberen dus) behoeft de leraar niet met lege handen te doen. Allerlei hulpmiddelen staan hem daarbij te beschikking: leerboeken, opgaven, simulaties, spellen, opdrachten, kranteknipsels, verhalen, rollenspellen, puzzels, wedstrijden, drama's. Elk hulpmiddel kan een nieuwe ervaring betekenen.

Systematisch proberen lijkt een belangrijke methode voor de leraar om te leren. Maar dat is niet hoe leraren in het algemeen werken. Dat vraagt een speciale attitude, een specifieke deskundigheid. We zouden vooral dit laatste willen stimuleren en wat er voor genoemd is willen ondersteunen. Wat we willen is een handelings ondersteunend systeem dat kijk geeft op de eigen leereffecten (evenals men in de Derde Wereld met ontwikkelingshulp beoogt).

N.B.: Wij beperken ons hier tot de belangrijkste methoden. Natuurlijk weten wij ook dat er herhaling en planning nodig is. Het eerste is geïmpliceerd in de door ons genoemde methoden, het tweede verondersteld.

(6) Leren als proces

Leren is reflexief. Weten te handelen slaat niet alleen op kennis of vaardigheden maar heeft ook betrekking op het leren zelf. Het leren zelf kan ook onderwerp van leren zijn. Er bestaat een overeenkomst tussen leren, zo opgevat, en het doen van onderzoek. Je onderzoekt om iets te weten te komen. Tijdens het onderzoek worden zo verantwoord mogelijk stappen gezet die, opeenvolgend, tot het gewenste resultaat moeten leiden. Elke stap wordt verantwoord, anders is het onzeker of de activiteit ook daadwerkelijk tot het gewenste resultaat leidt. Bij een goede afloop is het resultaat tweeledig: je komt iets te weten over de manier waarop je iets te weten bent gekomen. Het reflexieve niveau van het leren verzorgt een dubbele werking van de leeractiviteit.

Idealiter zijn het leren *wat* en het leren *hoe* sterk verweven.

Je leert en je weet (min of meer) of je het goed doet of niet. Je weet bijvoorbeeld dat je iets niet weet en waarom. De reflectie fungeert als een soort stuursysteem en het is vooral daar waar aangrijpingspunten voor verbetering liggen.

In vele gevallen kan de reflectie effectief gemaakt worden door er met anderen over te spreken. Zie in dit verband o.a. het proefschrift van Korthagen.

(7) Het object

Exemplarisch: negatieve getallen (zie paragraaf 2)

(8) De context

Het laatste aspect van het leren van de leraar dat wij hier aan de orde stellen is de context van het leren. Letterlijk betekent context: samenhang. Dat wil zeggen de samenhang met andere activiteiten en de (sociale) omgeving van de leraar. Drie aspecten onderscheiden we aan deze context: een situationeel aspect, een publiek aspect en een collegiaal aspect.

Het *situationele aspect* betreft de omgeving van de lerende. De situatie van het professionele leren van de leraar wordt veelal aangeduid als 'de school'. Het leren van de docent voor de school wordt in de vorm van 'bijscholing' georganiseerd.

Het *publieke aspect* van het leren betreft de maatschappelijke bepaaldheid van het leren van de docent.

Het *collegiale aspect* van het leren van de leraar betekent dat het leren van de leraar in de school niet onafhankelijk kan plaatsvinden van het leren van de collega's (wiskunde-)leraren.

Deze drie context-aspecten zijn van belang om mee rekening te houden wanneer een nieuw

onderbouw programma voor het wiskundeonderwijs wordt ontwikkeld.

Wanneer het programma zich te ver van de bestaande mogelijkheden verwijderd zowel ten aanzien van de situatie, het 'grote' publiek als de collega's, dan zijn grote moeilijkheden te verwachten met de invoering van het programma. Moeilijkheden die er toe kunnen leiden dat de vernieuwing moeizamer verloopt dan wenselijk is, of op andere manieren over de hoofden van de verschillende betrokkenen (actoren) heen schiet

Meer dan tot dusverre zal een commissie daaraan aandacht moeten besteden door een op verschillende groepen gerichte voorlichting. Zowel voor de (overige) wiskunde-leraren, de leraren die andere vakken doceren (en wel eens zouden willen weten wat voor nieuwe onderwerpen hun wiskunde collega's aangereikt krijgen), de voorlichting naar het 'grote publiek', de voorlichting naar de ouders en, last but not least naar de leerlingen.

Tot zover een verkenning rondom het leren van de docent. Op welke manier kan steun geboden worden? Het wordt tijd daarmee te beginnen. We zouden kunnen proberen of in de sfeer van de handelingsondersteunende systemen iets van onze gading is te vinden.

4 Handelings ondersteunende systemen

(1) Inleiding

Een handeling is te omschrijven als een relatief afgrensbare en op de realisering van een doel gerichte, in de tijd te structureren eenheid van activiteiten. In deze omschrijving schuilt, door het begrip 'afgrensbaar', al enigszins het systeemkarakter.

Vaak wordt hier nog toegevoegd dat aan bewust verlopende handelingen bepaalde fasen te onderscheiden zijn, zoals:

1. het optreden van een drijfveer tot handelen
2. de oriëntering op het handelen
3. kiezen van doelen en hulpmiddelen
4. in meer of mindere mate uitwerken van een handelingsplan
5. het uitvoeren van de handeling
6. het bezien van het handelingsresultaat
7. verbeteren van de handeling.

Vaak beperkt men de reflectie over het handelen tot het uitvoeren (5), hetgeen echter geenszins daartoe beperkt moet worden, omdat dit in alle fasen kan plaatsvinden.

De eerder door ons gebruikte methoden zijn hier in vrijwel alle fasen aan te wenden!

Zo lineair in stapjes van 1 tot en met 7 verloopt het handelen zelden of nooit omdat het individu vaak in alle fasen 'tegelijk' verkeert of door de fasen van achter naar voren, en omgekeerd, 'heen en weer schiet'. Voor onze analyse kan dit schema wel van enige betekenis zijn omdat ermee duidelijk gemaakt kan worden op welk aspect van het handelen de ondersteuning specifiek is gericht.

Bij handelingsondersteuning wordt in de andragologie vrijwel altijd gekeken naar mogelijkheden om het individu te helpen zijn doel te bereiken, voor zover dit niet ten koste gaat van anderen.

Theoretici als De Zeeuw (19) nemen daarbij een multi-actormodel als uitgangspunt. Hij stelt onder meer dat mensen gericht zijn op het bereiken van de eigen doelen; als zij die niet kunnen bereiken dan zoeken zij hulp. Van belang is nu van welke kwaliteit de hulp is die geboden wordt.

Bekend zijn verschijnselen als de grote afhankelijkheid die de hulpvrager ten aanzien van de hulpgever gaat vertonen. Maar er is sprake van een multi-actor model. Dat wil zeggen dat niet iedere hulpvrager of iedere hulpgever dezelfde doelen heeft. Bij het ontwerpen van handelingsondersteunende systemen gaat het dus om het ontwerpen van hulpmiddelen voor het handelen van het individu, die het individu helpen om beter gebruik te maken van bestaande voorzieningen, zoals het onderwijs.

Het gaat, om het nog eens iets anders te zeggen, om de constructie van een 'interface' tussen

gebruiker en systeem.

(2) Voorbeeld

Het wordt tijd voor een voorbeeld. De laatste tijd is er veel te doen over computer-ondersteund onderwijs. We weten allemaal dat er verschillende soorten computer-ondersteund onderwijs mogelijk zijn.

Men kan de computer gebruiken om de resultaten van de leerlingen te registreren. Een van de vervelendste, maar ook een van de gemakkelijkste gebruiksvormen.

Men probeert de computer te gebruiken als vervanging van de docent. Er wordt een 'dialogoog' (tussen aanhalingstekens) gecontrueerd, soms met een mooi woord 'tutorial' genoemd, de leerling wordt ervoor geplaatst en moet het gedrag van de computer gaan vertonen, dat wil zeggen exact zo reageren als de computer dat wil.

Men probeert de computer te gebruiken als leeromgeving. Mensen als Papert hebben zich daarvoor ingezet met een taal als Logo die eigen representaties van de realiteit zou mogelijk maken. Maar ook als leeromgeving valt computer-ondersteund onderwijs ons niet mee. Andere voorbeelden in deze sfeer van een computer als leeromgeving zijn spel en simulatie, die soms heel waardevol kunnen zijn. Dit type gebruik komt naar onze mening in de richting waar het om gaat bij handelingsondersteuning.

Er is een gebruiksvorm die volgens ons verder in de richting komt en waarmee beter is aan te geven wat onder een handelingsondersteunend verstaan wordt. Dat is het gebruik van de computer als 'gereedschap'.

Denk aan de werkzaamheden van de onderzoeker en de ontwerper. Zonder gebruik van tekstverwerkings programma's, database programma's, statistische rekenprogramma's, spreadsheetprogramma's en cad- en cam-programma's, is hun werk veel lastiger en tijdrovender.

Computers zijn, samen met deze programmatuur, te beschouwen als handelingsondersteunende systemen.

De kenmerken van dergelijke handelingsondersteunende systemen zijn nu ook duidelijker:

1. Ze zijn bruikbaar voor eigen doeleinden.
Met een tekstverwerkingsprogramma kan de eigen tekst worden geschreven. Met het database programma kan het eigen gegevensbestand worden ingericht, geordend en geraadpleegd. Met het statistische programma kunnen de eigen berekeningen worden uitgevoerd en met de cad en cam apparatuur kunnen de eigen ontwerpen worden gemaakt.
2. Ze perken het handelen niet in, maar maken beter handelen mogelijk.
Tekstverwerkingsprogramma's kunnen een aanzienlijke verbetering van de mogelijkheden van de schrijfdidactiek betekenen.
3. Er is sprake van een duidelijke structuur van het handelingsondersteunende systeem, meestal (ook in overdrachtelijke zin) te onderscheiden in 'hardware' en 'software': het programma, de handleiding en de computer. Het (fysische) schaakspel en de spelregels.
4. Er is sprake van een duidelijke afgrensbaarheid van de omgeving. Niet 'alles' behoort tot het handelingsondersteunende systeem.
5. Er is sprake van een restrictie aan gebruiksmogelijkheden, ofschoon we die zo ruim mogelijk trachten te maken. Niet alle problemen kunnen met het betreffende handelingsondersteunende systeem worden aangepakt. Als ik niet kan schrijven dan is een tekstverwerkingsprogramma geen oplossing.

(3) De 'vergeten' docent

Er gaat haast geen dag voorbij of er wordt in de media in verschillende toonaarden een melodie in mineur ingezet over 'het onderwijs'. Zaken die naar voren worden gebracht zijn van ingrijpende aard. Een greep:

Samenvoeging van kleuterschool en lagere school tot basisschool; nieuwe inzichten inzake basisvorming; onderwijs in het voortgezet onderwijs op twee niveaus; plannen voor opheffing

van de havo; samenvoeging van scholen in het hoger beroepsonderwijs; nieuwe organisatie- en beheersvormen van hogescholen en universiteiten. Aanzienlijke structurele veranderingen zijn aan de gang of worden in gang gezet.

Ook aan de inhoud van het onderwijs wordt gesleuteld. Zo is er sprake van het verplichten van wiskunde voor alle leerlingen; nauwe samenwerking tussen bedrijven en onderwijs-instellingen inzake vaststelling van de inhoud van het onderwijs.

En ook, in het kader van deze conferentie, nieuwe wiskunde voor de brugklas.

Van groot belang is verder de informatisering van het onderwijs - het gebruik van informatiesystemen (waaronder computers) als hulpmiddel voor het onderwijs en als onderwerp van onderwijs -, dat daardoor volledig van karakter kan veranderen.

Die veranderingen in het onderwijs vinden echter - om het maar eens in computertermen te zeggen - weinig gebruikersvriendelijk plaats. Hoewel docenten natuurlijk niet de enigen zijn die als 'gebruikers' van het onderwijs zijn te beschouwen - de lerenden zijn de belangrijkste - vormen zij wel een belangrijke groep, o.a. omdat zij aan het onderwijs vele jaren van hun leven besteden en omdat zij de dragers vormen van het educatieve systeem.

Welnu, voor de docenten als gebruikers vinden de veranderingen weinig vriendelijk plaats omdat zij moeten veranderen of zij willen (of kunnen) of niet. Als de docent(e) het niet wil, dan kan deze ontslag nemen, als de docent het niet kan, dan zijn er 'regelingen' als afkeuring, vut en wachtgeld. Wij willen dit niet al te dramatisch voorstellen, maar wij denken dat nogal wat docenten zich eerder onderwerp van verandering voelen, dan zelf greep op die veranderingen hebben of daarbij betrokken zijn.

Wij beperken ons tot het summier schetsen van deze gebruikerscontext. Een context die tamelijk ongunstig is voor onderwijsvernieuwingenprojecten, maar waarin een handelingsondersteunend systeem wellicht een gunstig onthaal kan vinden.

Het vak van leraar wordt over het algemeen als tamelijk zwaar ervaren. Het is een vak dat een aantal eigenschappen vereist die stuk voor stuk persoonlijke inzet vergen.

Een docent(e) moet deskundig zijn op het vakgebied in kwestie (deskundig zijn en blijven), expert op het gebied van overdrachtsmethoden, kunnen overleggen met en open staan voor leerlingen, ouders, collega's, schoolleiding, inspectie en anderen.

Een steeds terugkerende taak voor elke docent is de voorbereiding van het onderwijs. Weliswaar staan de docent tegenwoordig op vele vakgebieden uitstekende leerboeken ter beschikking, maar het zoeken van geschikte voorbeelden en goede oefenstof - in aanvulling op het leerboek en passend bij de belangstelling en het niveau van de leerlingen - het bedenken van goede opgaven en problemen, het vinden van stimulerende taken, blijft een tijdeisende en inspannende zaak.

De lesvoorbereiding wordt door docenten meestal als een individuele zaak opgevat. In een vaksectie zal men dit in het algemeen ook zo zien. Natuurlijk wordt er collegiale steun gegeven, maar lesvoorbereiding wordt eerder als een individuele dan als een algemene, dat wil zeggen 'schoolzaak' beschouwd. Dat is voor een deel terecht, omdat elke docent een eigen stijl van werken heeft. Een docent(e), verbonden aan een onderwijsinstelling, is echter geen 'kleine zelfstandige'. Zij of hij handelt weliswaar onder eigen verantwoordelijkheid, maar mede onder die van de instelling. Er is dus ook een gemeenschappelijke verantwoordelijkheid, waarbij het natuurlijk uiterst efficiënt en stimulerend is om gebruik te maken van elkaars expertise. Het werk van een docent(e) heeft heel veel gemeenschappelijks met wat collega's doen. Samen zouden ze bij voorbeeld gedeelten van voorbereidingen, zoeken van geschikte problemen en opgaven, het aangeven van geschikte oefenmogelijkheden en interessante mogelijkheden om iets te leren, veel beter kunnen doen. Ze zouden elkaar niet alleen stimuleren, maar ook werk uit handen kunnen nemen. Er zouden ook meer vakinhoudelijke discussies plaats kunnen vinden. Ook het aspect van de informatie uitwisseling en het elkaar attenderen op interessante mogelijkheden voor hun onderwijs is dan gemakkelijker.

Onze veronderstelling is dat de moderne informatietechnologie op den duur te hulp kan komen bij het probleem van het gemeenschappelijk maken van individuele taken met als doel tot kwaliteitsverbetering van het werk te komen. Ik denk dat het mogelijk is om een

ondersteuningssysteem te ontwerpen dat, mits goed uitgewerkt, docenten niet méér, maar minder werk zal geven en hen op een functionele manier steunt bij hun lesvoorbereiding. De informatisering van het onderwijs kan op die manier heel functioneel worden ingezet voor het verbeteren van een belangrijk onderdeel van de taak.

Een lesvoorbereidingssysteem dat docenten een goede basis voor samenwerking geeft, dat hun professionele kwaliteit vergroot, dat het overleg binnen de vaksecties vergemakkelijkt, kortom dat potentieel dat een aantal mogelijkheden bezit die het vak van leraar niet verzwaren maar verlichten, is niet alleen technisch mogelijk, maar is in de huidige onderwijs crisis misschien wel noodzakelijk om docenten weer enig vertrouwen te geven in de mogelijkheden van hun vak.

Wat ontbreekt en wat het werk van docenten direct ten goede zou kunnen komen is de ontwikkeling van een handelingsondersteunend systeem dat door docenten kan worden gebruikt bij hun werk (namelijk in de lesvoorbereiding, zoals ik hierboven heb vermeld).

Wij zien daarbij het volgende voor ons:

Een docent(e) neemt plaats achter zijn of haar computer. Thuis of op school. Hij of zij neemt contact op met het computer netwerk van de vaksectie, van de school, of van de schoolvereniging. De docent(e) zoekt in het systeem ideeën voor lessen in (bij voorbeeld) klas 5b. Hij of zij weet wat er behandeld is en plaatst (het betreffende deel van) de leerstof, gestructureerd, op het scherm. Er zijn nog enkele leerlingen die het onderwerp (differentiaal vergelijkingen) niet volledig verwerkt hebben. Daar moet aandacht aan besteed worden. Wat staat daarover in het leerboek? Wat staat er in de wiskunde database? Welke extra mogelijkheden zijn bruikbaar? De docent(e) zoekt in de verschillende databestanden naar bruikbare ideeën en drukt ze af met de printer.

Welke problemen en oplossingen hebben andere leden van de vaksectie bedacht? Hoe sluit dit onderwerp aan op de volgende onderwerpen in het boek? Welke problemen zijn daarbij te verwachten? Hoe is een elegante overgang naar dat volgende onderwerp te maken?

De docent(e) drukt de verzamelde gegevens af of maakt een notitie en heeft de lesvoorbereiding zo goed als klaar.

Hier is in de vorm van een synopsis weergegeven welk soort gebruik ons van een dergelijk systeem voor ogen staat. Wij denken dat sommige docenten zelf al, op individuele basis, iets dergelijks geconstrueerd zullen hebben. Een project, waarin een dergelijk systeem voor een vaksectie van een school systematisch wordt ontwikkeld en beproefd kan een impuls geven aan het leren van de leraar.

Een dergelijk handelings ondersteunend systeem is geen oplossing voor alle kwalen, maar het kan het professionele leren van de leraar een enorme stimulans geven omdat het een basis levert voor: afkijken, vragen, opzoeken, proberen, reflecteren.

5 Stel dat

..... er een 'ontwerpsysteem voor wiskundeleraars' bestond. De docenten die daarbij betrokken zijn hebben de beschikking over een computer die is aangesloten op een netwerk. Het bijbehorende programma is menugestuurd. Op het hoofdmenu komen ondermeer de volgende gerechten voor:

LEERSTOF
SCHOOLBOEKEN
EXAMENPROGRAMMA'S
TOETSEN
.....

Bij LEERSTOF kan men onder andere kiezen uit:

lbo

mavo
havo/vwo

.....

Kiest men 'mavo', dan verschijnt het menu:

brugklas
2de/3de klas
examenklas

.....

Via 'brugklas' komt men voor de keuze tussen bijvoorbeeld:

tegelvloeren
negatieve getallen
lineaire functies en grafieken
oppervlakte
coördinaten
het opsporen van wetmatigheden

.....

Nemen we aan dat de leraar met behulp van dit ontwerpsysteem zich gaat voorbereiden op de komende lessen over *negatieve getallen*. Via voorgaande menu's is hij/zij aangeland bij dit item. We stellen ons voor dat er eerst de volgende introductie volgt.

Introductie Negatieve Getallen

In dit ontwerpsysteem wordt gewerkt volgens de principes van de 'realistische theorie over wiskundeonderwijs'. Het ligt dus voor de hand dat we bij de introductie van Negatieve Getallen op zoek gaan naar probleemsituaties die door de kinderen verkend, georganiseerd en zo mogelijk gestructureerd moeten worden. Bij deze activiteit construeren de leerlingen zelf in hoge mate de nieuwe getalsoort. Zo ging het mogelijk enige tijd geleden in de basisschool ook met de breuken. Via 'verdeelsituaties' en de steun van een 'verhoudingstabel' maakten de kinderen hun eigen breuken.

Maar pas nu op!

Bij wat kinderen tot nu toe met getallen hebben gedaan domineert het 'hoeveelheidsgetal'. Dit betekent dat getallen in het algemeen staan voor aantallen concrete objecten. In het geval van negatieve getallen kan men daaraan niet vasthouden. Bovendien hebben kinderen nog weinig gelegenheid gehad om 'afstand te nemen' van de getallenwereld. Het rekenen tot op dit moment leidde er niet toe dat de getallen op zichzelf en de bewerkingen ermee object van studie werden. Voor de kinderen 'waren' de getallen er 'gewoon' en moest je alleen leren hoe ze heten en hoe je er mee om moest gaan. Bij dit hoofdstuk over negatieve getallen staan evenwel de zaken er anders voor. De wiskundeleraar zegt niet voor niets: 'we gaan de negatieve getallen invoeren'. Wiskundig betekent dat dat de getalverzameling $\mathbb{N}$, +, $\times$ wordt uitgebreid met de negatieve gehele getallen. Dit gebeurt zodanig dat in de nieuwe verzameling $\mathbb{Z}$, +, $\times$ (Gehele Getallen) de reeds bestaande 'rekenwetten' ook nog gelden (permanentie van rekenregels) en dat $\mathbb{N}$ een echte deelverzameling van $\mathbb{Z}$ is. (Zie eventueel 'de wiskundige kern' in het menu 'introductie').

Voor de leerlingen proberen we het 'invoeren' te vervangen door 'uitvinden'. Daartoe worden allerlei situaties verkend en georganiseerd. Bij het inrichten van dergelijke onderwijsleersituaties kan men denken aan een door de Poolse

wiskundendidacticus Semadeni ontwikkelde methode. (Zie dan 'permanentie van concrete situaties' in het volgende menu).

Essentieel is dat de kinderen aangespoord worden na te denken over de nieuwe getallen, hun betekenissen in de gegeven situaties, de bijbehorende symboliek en de wetmatigheden die gelden voor het rekenen ermee. Ze moeten goed weten dat het er nu niet alleen om gaat dat er met de getallen foutloos gerekend wordt, maar dat er ook een nieuw wiskundig wereldje is 'uitgevonden' waarin meer mogelijk is dan tot nu toe met de niet-negatieve getallen kon.

Zie voor 'situaties' ook het volgende menu. Denk ook aan 'concretisering' op hetzelfde menu.

(...)

Voordat ons ontwerpsysteem op slechts een 'electronisch boek' zou gaan gelijken, breken we de tekst af. Om de gedachten te bepalen en hopelijk nieuwe mogelijkheden voor ontwerpen en gebruiken te zien, besluiten we met drie (verder liggende) menu's, waarbij de lezer zich tenminste het 'wat vooraf gaat' kan voorstellen.

VISUALISERINGEN

- * getallenlijn
- * vectoren 2D
- * vectoren 1D
- * grafieken
- * oppervlakte van een rechthoek
- * thermometer
- * zeekaart
- *

REELE WERELDJES

- * spaarbank
- * temperatuur
- * doelsaldi
- * waterstanden
- *

KUNSTMATIGE WERELDJES

- * de heks
- * magnetisme
- * plus- en mintreintjes
- * Sam, de huzaar
- *

Een realistisch researchprogramma?

K. Gravemeijer, OW&OC, RU Utrecht

Inleiding

Onderwijskundig Nederland kent talloze stromingen, met als een scherpe scheidslijn, de tegenstelling tussen 'hard' en 'zacht' onderzoek. Op het gebied van het reken-wiskundeonderwijs manifesteert deze tegenstelling zich in de conflicterende opvattingen over de wijze waarop wiskundeonderwijs ontwikkeld moet worden.

Aan de 'harde' kant treffen we daar de voorstanders van een technologische benadering die vinden dat curriculumontwikkeling gebaseerd moet zijn/worden op 'hard' empirisch onderzoek.

Aan de kant van de 'zachte' onderzoeksmethoden staan de voorstanders van het ontwikkelingsonderzoek, dat al experimenterend en reflecterend nieuwe onderwijsprogramma's produceert en tegelijkertijd theorieontwikkeling voortbrengt.

Wanneer we de twee kampen nader beschouwen zien we, dat niet alleen onderwijskundigen stelling nemen, maar ook wiskundigen. Met als opvallend verschijnsel dat de wiskundigen vrijwel allemaal de partij van het ontwikkelingsonderzoek kiezen. Nu moet opgemerkt worden dat de betrokken wiskundigen in de praktijk meestal ook curriculumontwikkelaars zijn, wat een zekere partijdigheid zou kunnen verklaren. Maar er is meer aan de hand; de onderwijstechnologische benadering van het reken-wiskundeonderwijs roept merkwaardige tegenstrijdigheden op.

1. In een onderwijstechnologische benadering lijkt het ontwerpen van wiskundeonderwijs een gemakkelijke zaak. Wiskundeonderwijs lijkt gemakkelijk te sequentiëren en gemakkelijk te toetsen (er is altijd maar een antwoord goed). Door de heldere logische structuur is ook de diagnose bij problemen in het wiskundeonderwijs eenvoudig. Het leren van wiskunde wordt in het algemeen echter moeilijk gevonden. Dit leidt tot de eerste tegenstrijdigheid:

Wiskunde is moeilijk te leren,
maar gemakkelijk te onderwijzen.

2. De onderwijstechnologie spiegelt zich graag aan de natuurwetenschappen. Empirisch onderzoek en statistische technieken staan in hoog aanzien bij onderwijsonderzoekers en methodologen. Wis- en natuurkundigen die zich met het onderwijs bezig houden hebben er in het algemeen weinig waardering voor. Daar signaleren we de tweede tegenstrijdigheid:

Juist de wis- en natuurkundigen - die toch een verwante aanpak zouden moeten herkennen - wijzen de methodologie van de empirisch-analytische benadering in het onderwijskundig onderzoek af.

De positie van de meeste wiskunde-ontwikkelaars kan aan de eerste contradictie verklaard worden. Deze ontwikkelingsonderzoekers nemen een ander standpunt in. Zij menen dat wiskundeonderwijs niet eenvoudig is; dat het bijvoorbeeld heel lastig is om de doelen van wiskundeonderwijs scherp te formuleren en nog lastiger om deze doelen te operationaliseren. Zulke ideeën passen echter slecht in een technologisch georiënteerde onderwijskunde. Dit is een van de oorzaken van het ontstaan van de tweede contradictie. Maar er is meer.

Juist bij het wiskundeonderwijs spitsen de tegenstellingen zich toe. Een zinnige discussie lijkt ook nauwelijks mogelijk. Het lijkt er dus op dat de basisconcepties die men hanteert zo verschillend zijn, dat men onvermijdelijk langs elkaar heen praat. We vermoeden daarom dat de in (2) veronderstelde verwantschap in opvattingen van onderderwijstechnologen en exacte wetenschappers slechts schijn is. Het zou wel eens zo kunnen zijn, dat de exacte wetenschappers - de facto - een andere wetenschapsopvatting huldigen dan algemeen aangenomen wordt.

We vinden hiervoor steun bij de wetenschapstheoretische analyses van Lakatos. Lakatos komt

tot de conclusie dat de groei van de natuurwetenschappelijke kennis in feite niet steunt op de methodologie van het falsificationisme, maar op een methodologie van researchprogramma's. Het zijn niet de hypothesetoetsende experimenten die de doorslag geven maar de voortgang van het researchprogramma. Wanneer we hiermee inderdaad een verklaring gevonden hebben voor de aversie van exacte wetenschappers tegen het trekken van conclusies uit 'hard empirisch onderzoek', dan komen we voor de vraag te staan, of het ontwikkelingsonderzoek wel in een methodologie van researchprogramma's ingepast kan worden.

Het artikel is als volgt opgebouwd. Eerst beschrijven we de kritiek van Lakatos op het falsificationisme. Aansluitend bespreken we het door Lakatos aangedragen alternatief, de methodologie van researchprogramma's. Daarmee tonen we aan, dat er inderdaad een discrepantie bestaat tussen de methodologie van de empiristisch ingestelde onderwijskundigen en de feitelijke methodologie van de natuurwetenschappen. Tenslotte proberen we de kenmerken van een researchprogramma aan te wijzen in het ontwikkelingsonderzoek op het gebied van het reken-wiskundeonderwijs en beschrijven we de voortgang van dit programma. Het artikel wordt afgesloten met een korte typering van de werkwijze bij dit ontwikkelingsonderzoek.

Het falsificationisme

Er wordt wel eens gesuggereerd dat de z.g. moeilijk te formuleren doelen van wiskundeonderwijs in werkelijkheid een rookgordijn vormen, dat aangelegd wordt om de toetsing van onderwijs-leerpakketten te ontlopen. Dat zou een verklaring kunnen zijn, maar is het niet aannemelijker dat zowel het leren als het onderwijzen van wiskunde moeilijk is? De eerste tegenstelling ontstaat dan doordat in de praktijk blijkt dat het leren van wiskunde moeilijk is, terwijl verondersteld wordt dat het onderwijzen van wiskunde eenvoudig is. Een veronderstelling die mogelijk gebaseerd is op een onjuist beeld van wat wiskunde (onderwijzen en -leren) inhoudt. Men hanteert een verschaald beeld van wat wiskunde is, en van hoe wiskunde geleerd kan worden. Doordat er geredeneerd wordt met een beeld van de wiskunde dat de realiteit niet dekt, ontstaat er een conflict met de realiteit. Het onderwijzen van wiskunde zou eenvoudig moeten zijn maar de praktijk is anders. Hoe kon zo'n beeld ontstaan?

Ons inziens is dit het gevolg van een eenzijdige nadruk op operationele doelen. Door alleen operationele doelen te accepteren is een verschraving ontstaan. Voor deze nadruk op operationele doelen is ook weer een verklaring te geven: een empiristische wetenschapsopvatting. De vraag naar operationele doelen is een logische uitwerking van de eis van empirische toetsbaarheid. Het gaat dan om een wetenschapsopvatting, waarbinnen alleen empirisch weerlegbare uitspraken wetenschappelijk genoemd worden. Met andere woorden, het gaat hier om een of andere vorm van falsificationisme.

Lakatos (1975) komt nu juist tot zijn methodologie van researchprogramma's, omdat hij meent dat het falsificationisme niet houdbaar is. Daar het falsificationisme deel uitmaakt van de onderwijskundige tegenstelling die we in dit artikel bespreken lijkt het zinnig kennis te nemen van Lakatos zijn kritiek op de verschillende vormen van falsificationisme. Het falsificationisme komt voort uit de erkenning van het feit, dat alle theorieën zonder uitzondering vermoedens zijn. De wetenschap kan geen enkele theorie bewijzen, maar - zo wordt verondersteld - ze kan ze wel weerleggen. Dat wil zeggen dat ervan uitgegaan wordt, dat er een volstrekt betrouwbare empirische basis van feiten bestaat, met behulp waarvan men de eventuele onjuistheid van theorieën absoluut kan aantonen. Van een wetenschappelijke theorie wordt nu geëist, dat men bij voorbaat aangeeft welk experiment een zodanig resultaat kan opleveren dat een theorie moet worden opgegeven. Aan 'onweerlegbare' beweringen kent de dogmatisch falsificationist geen wetenschappelijke status toe.

Dit dogmatisch falsificationisme nu is volgens Lakatos om drie redenen onhoudbaar.

1. Er is geen natuurlijk, psychologisch onderscheid tussen theoretische uitspraken en feitelijke (waarnemings-) uitspraken. Lakatos noemt als voorbeelden de werking van een telescoop en de werking van het menselijk oog, om te illustreren dat het onmogelijk is een grens te

trekken tussen theorie-afhankelijke en theorie-onafhankelijke waarnemingen. Om waarnemingen met een telescoop voor waar te kunnen houden, dient de theorie die de werking van de telescoop beschrijft geaccepteerd te worden. Men kan dergelijke waarnemingen op grond van hun theorie-afhankelijkheid dus niet tot de empirische basis rekenen. Echter de werking van het menselijk oog wordt op dezelfde wijze verklaard. Dus zijn deze waarnemingen ook theorie-afhankelijk. Lakatos concludeert dat er geen waarnemingen bestaan die niet doordrongen zijn van verwachtingen.

2. Uitspraken kunnen alleen afgeleid worden uit andere uitspraken, niet uit feiten. Lakatos formuleert het zo (1975;10): 'Het kan wel zijn dat onze verbeelding een grotere rol speelt bij de opstelling van 'theorieën' dan bij de formulering van 'feitelijke uitspraken', maar beide zijn feilbaar.' Tegenspraken tussen theorieën en feitelijke uitspraken zijn dan geen weerleggingen maar uitsluitend tegenstrijdigheden.
3. Het criterium voor het onderscheiden van wetenschappelijke en onwetenschappelijke theorieën (weerlegbaarheid) blijkt onbruikbaar: juist de meest bewonderde wetenschappelijke theorieën laten eenvoudig na om enige waarneembare toestand te verbieden. Weliswaar verbieden sommige wetenschappelijke theorieën dat er een bepaalde gebeurtenis plaatsvindt in een welomschreven tijdruimtelijk gebied, maar er kan altijd een beroep gedaan worden op een z.g. *ceteris paribus*-clausule: De weerlegging wordt ontkracht door te veronderstellen dat er een of andere nog onbekende factor invloed uitoefent. Zo hoeft een afwijking in een baan van een planeet nog geen weerlegging van de theorie van Newton te zijn. Er kan sprake zijn van een nog onbekende planeet die deze baan beïnvloedt. Wanneer deze planeet niet gevonden wordt kan daar weer een verklaring voor gezocht worden. Zo kan men altijd aan een bepaalde theorie blijven vasthouden, door de ene *ceteris paribus*-clausule te vervangen door een andere.

Als alternatief voor het dogmatisch falsificationisme ontwikkelde men het methodologisch falsificationisme. In dit methodologisch falsificationisme wordt het idee van een volstrekt betrouwbare empirische basis van feiten verlaten. In de plaats van de 'natuurlijke waarneming' komt nu de beslissing bepaalde experimentele technieken voorlopig als onproblematische achtergrond kennis te aanvaarden. De aanhanger van het methodologisch falsificationisme realiseert zich welk risico hij met deze beslissing loopt, omdat hij erkent dat de experimentele technieken van de wetenschapsman berusten op feilbare theorieën. Het methodologisch falsificationisme maakt daarom ook een onderscheid tussen 'verwerping' en 'bewijs van onjuistheid'. In principe zijn nu alleen theorieën die bepaalde, met behulp van de onproblematische achtergrondkennis, waarneembare toestanden verbieden en verworpen kunnen worden wetenschappelijk. Het aantal theorieën kan echter uitgebreid worden, door het opnemen van bepaalde weerleggingsregels. Zo kan statistisch geïnterpreteerd materiaal 'onverenigbaar' gemaakt worden met een bepaalde probabilistische theorie door het aangeven van weerleggingsregels.¹

Het probleem van de *ceteris paribus*-clausule wordt opgelost door de wetenschapper te verplichten te beslissen of hij de *ceteris-paribus*-clausule tot de onproblematische achtergrondkennis wil rekenen. Tenslotte kan nog besloten worden een theorie te verwerpen omdat ze direct strijdig is met een andere die we zouden kunnen verwijzen naar de onproblematische achtergrondkennis.

Beslissingen spelen een kardinale rol in deze methodologie, en daarin schuilt volgens Lakatos ook de zwakte van deze methodologie.

'Maar is niet de vastbesloten strategie van de tot dusverre besproken vorm van methodologisch falsificationisme al te vastbesloten? Zijn de beslissingen die het propageert niet gedoemd al te willekeurig te blijven? Sommigen zullen zelfs beweren dat het methodologisch falsificationisme zich uitsluitend onderscheidt van het dogmatische doordat het lippendienst bewijst aan het inzicht in de feilbaarheid van uitspraken!' (Lakatos;1975;25-26).

Het probleem is nu dat het methodologisch falsificationisme veel moeilijker te bekritiseren is dan het dogmatisch falsificationisme. Lakatos constateert dat we niet over een theorie

beschikken, waarmee het methodologisch falsificationisme zelf weerlegd kan worden. Hij lost dit probleem op door deze wetenschapstheorie te vergelijken met de geschiedenis van de wetenschap. Hij vindt twee afwijkingen:

1. In plaats van de veronderstelde tweezijdige gevechten tussen theorie en ervaring, blijkt het bij experimenten feitelijk om op zijn minst driezijdige gevechten tussen rivaliserende theorieën en ervaring te gaan.
2. De meest interessante experimenten blijken niet tot verwerping, maar tot bevestiging te leiden.

Er is dus een grote discrepantie tussen de geschiedenis van de wetenschap en de theorie van het methodologisch falsificationisme. Lakatos voelt er niets voor Kuhn te volgen in zijn poging om wijzigingen in 'paradigma's' door middel van sociale psychologie te verklaren. Liever wil hij, in navolging van Popper, proberen het 'naieve' methodologisch falsificationisme te vervangen door een genuanceerde versie.

Het genuanceerde falsificationisme vindt zijn basis in de eerder genoemde discrepantie tussen geschiedenis en wetenschapstheorie. Het gaat uit van de geconstateerde driezijdige gevechten tussen rivaliserende theorieën en ervaring en het koppelt 'verwerping' van de ene theorie aan de 'bevestiging' van een andere.

De kern van het genuanceerde falsificationisme wordt gevormd door de stelling, dat een theorie alleen aanvaardbaar, of wetenschappelijk, is als ze meer bevestigde empirische inhoud bevat dan haar voorganger of rivaal. Dit wil zeggen, dat de nieuwe theorie (T*) meer empirische inhoud heeft dan de oude (T), en dat een deel van die meerinhoud bevestigd is.

Eerst in dit geval mag gezegd worden dat de oude theorie (T) weerlegd is! We kunnen hieruit afleiden, dat een waarnemingsuitspraak op zichzelf nooit tot een falsificatie kan leiden. Er kan geen sprake zijn van falsificatie (van T) zonder de beschikbaarheid van een betere theorie (T*). Het belang van deze aanvaardingsregels kan gezien worden als we ons realiseren dat we in het algemeen te maken hebben met een reeks van elkaar opeenvolgende theorieën. Essentieel is dan een onderscheid te kunnen maken tussen wetenschappelijke en pseudowetenschappelijke aanpassingen. Lakatos introduceert de volgende definities:

- Een reeks is *theoretisch progressief* als elke volgende theorie meer empirische inhoud bevat dan haar voorganger. (Voorspelt een nieuw, tot dusverre onverwacht, feit).
- De reeks heet *empirisch progressief* als tenminste een deel van deze meerinhoud ook bevestigd is (Ontdekking van een nieuw feit). Hij spreekt dan van vooruitgang, als de bevestigde meerinhoud aanwezig is, als deze ontbreekt spreekt hij van achteruitgang.

Bij wijze van voorbeeld vergelijkt hij de theorieën van Einstein en Newton (Lakatos;1975;35-36):

'Einsteins theorie is niet beter dan die van Newton, omdat de theorie van Newton was 'weerlegd' en die van Einstein niet: er zijn vele 'onregelmatigheden' bekend die door de theorie van Einstein niet verklaard kunnen worden. Einsteins theorie is beter dan die van Newton, dwz. vertegenwoordigt een zekere vooruitgang vergeleken met Newtons theorie anno 1916 (dwz. Newtons dynamica, zwaartekrachtwet, en de verzameling van bekende aanvangscondities; 'minus' de lijst van onregelmatigheden, zoals het perihelium van Mercurius), omdat ze alles verklaarde dat met succes was verklaard door de theorie van Newton, en bovendien tot op zekere hoogte een aantal bekende onregelmatigheden verklaarde, en voorts gebeurtenissen als de voortplanting van licht langs rechte lijnen in de buurt van grote massa's verbood, een feit waarover de theorie van Newton niets had gezegd, maar dat was toegestaan door andere goed bevestigde wetenschappelijke theorieën van het moment; verder werd minstens een deel van de onverwachte meerinhoud van Einsteins theorie in feite bevestigd (bijvoorbeeld door de experimenten ten tijde van zonsverduisteringen).'

Een belangrijk kenmerk van het genuanceerd falsificationisme is, dat het de theoreticus de mogelijkheid biedt tegen het oordeel van de experimentele onderzoeker in beroep te gaan. Dit is mogelijk, doordat het monotheoretische deductieve model (met het tweezijdige gevecht tussen theorie en ervaring) vervangen wordt door een pluralistisch model, waarbinnen ook de interpreterende theorie ter discussie gesteld kan worden. In het laatste geval is het niet zo dat een 'theorie' in botsing komt met 'feiten', maar er is sprake van een inconsistentie tussen de

verklarende theorie en de interpreterende theorieën. Met andere woorden:

'Het is niet zo dat we een theorie opstellen, en dat de natuur dan eventueel *nee* roept; het is eerder zo dat we een netwerk van theorieën opstellen, en dat de Natuur dan *tegenstrijdig* roept.' (Lakatos;1975;42).²

researchprogramma's

Een researchprogramma wordt gedefinieerd door negatief- heuristische regels en positief- heuristische regels. Het researchprogramma wordt gekenmerkt door zijn "harde kern". De harde kern is "onweerlegbaar" op grond van een methodologische beslissing van de aanhangers van het researchprogramma.

De negatief-heuristische regels verbieden ons deze harde kern ter discussie te stellen. In plaats daarvan moeten hulphypothesen opgesteld worden, die een beschermende zone rond deze kern vormen.

De positief-heuristische regels beschrijven de researchpolitiek; deze geeft de volgorde van de te nemen stappen in het onderzoek en geeft daarmee aan hoe de beschermende zone verder kan worden aangepast en verfijnd. Als voorbeeld van een succesvol researchprogramma beschrijft Lakatos Newtons theorie van de zwaartekracht. Hij laat zien dat deze met een simpel model startte dat hij geleidelijk uitwerkte, zonder van empirische toetsing gebruik te maken.

'Newton werkte zijn programma eerst uit voor een stilstaande zon met puntmassa, en een enkele planeet, eveneens met puntmassa. In dit model leide hij zijn wet van het omgekeerde kwadraat af voor de ellips van Kepler. Maar dit model werd verboden door Newtons eigen derde wet van de dynamica, en dus moest het vervangen worden door een model waarin zowel de zon als de planeet bewogen rond een gemeenschappelijk zwaartepunt. De wijziging werd niet ingegeven door enige waarneming (de gegevens wezen hier niet op een onregelmatigheid), maar door een theoretische moeilijkheid bij de ontwikkeling van het programma. Vervolgens werkte hij het programma uit voor meerdere planeten alsof er alleen heliocentrische, maar geen interplanetaire krachten waren. Daarna werkte hij het geval uit, waarin de zon en de planeten geen puntmassa's, maar bolvormige massa's waren.' (Lakatos;1975; 48,49)

De harde kern van dit programma werd gevormd door de drie wetten van de dynamica van Newton en zijn zwaartekrachtwet. De positieve heuristiek van het researchprogramma van Newton zou je volgens Lakatos kunnen formuleren als:

'De planeten zijn in wezen roterende tollens van ruwweg sferische vorm met een zwaartekrachtveld.' (Ibid;48)

De positieve heuristiek kunnen we dus zien als een globaal concept dat richting geeft aan het onderzoek. Wanneer er in het programma van Newton gestart wordt met een eenvoudiger model staat dus al van tevoren vast dat dit model te zijner tijd vervangen zal worden door een nauwkeuriger model. Het is daarom niet verbazingwekkend dat er zeker in de eerste fase van het programma weinig aandacht besteed wordt aan weerleggingen. Veel belangrijker blijken de verificaties, de (deel-)successen van de theorie. Deze geven de onderzoekers het vertrouwen dat ze op de goede weg zijn. Lakatos wijst erop dat de vindingsrijkheid waarmee de aanhangers van Newton erin slaagden talloze weerleggingen om te zetten in bevestigingen dit researchprogramma achteraf tot een succesverhaal maken. Hij benadrukt dat een beoordeling van de betekenis van experimenten pas geruime tijd na de uitvoering van het experiment mogelijk is.

In zijn optiek bestaan er geen beslissende experimenten, als daaronder verstaan wordt experimenten die in staat zijn een researchprogramma onmiddellijk uit te schakelen. Hij onderscheidt twee typen "beslissende experimenten". In de eerste plaats de kleinere experimenten binnen een bepaald researchprogramma, die betrekking hebben op elkaar opvolgende versies van een theorie. In de tweede plaats zijn er de "beslissende experimenten" die uitsluitel moeten geven bij een botsing tussen twee researchprogramma's. In beide gevallen zijn er echter beroepsprocedures mogelijk. Het verslagen researchprogramma heeft altijd de mogelijkheid tot revanche door middel van een verbeterde versie van de theorie binnen dat

programma. Pas als deze revanche na diverse pogingen uitblijft wordt het experiment achteraf gezien als beslissend.

Ook de produktie van nieuwe feiten kan zijns inziens het beste achteraf beoordeeld worden. Daarbij acht hij het niet essentieel of een bepaald feit al bekend was. Ook een opnieuw geïnterpreteerd feit kan - zeker achteraf - als een nieuw feit gezien worden.³

Het type geschiedschrijving waarin gesuggereerd wordt dat nieuwe theorieën en omwentelingen in de wetenschap het gevolg zijn van bepaalde beslissende experimenten wordt door Lakatos fel bestreden. Dergelijke theorieën van onmiddellijk leren (uit een experiment), worden door hem theorieën van instant-rationaliteit genoemd. Lakatos meent te hebben aangetoond dat rationaliteit veel langzamer werkt dan algemeen wordt aangenomen en concludeert "dat de continuïteit in de wetenschap, de taaheid van sommige theorieën, de rationaliteit van een zekere mate van dogmatisme, alleen kunnen worden verklaard als we de wetenschap opvatten als een slagveld van researchprogramma's en niet van afzonderlijke theorieën." (Lakatos;1975;87,88) Hieraan ontleent hij ook een criterium voor onderscheid tussen "volwassen wetenschap", die bestaat uit research programma's en "onvolwassen wetenschap", die bestaat uit een conglomeraat van pogingen tot verklaring. Een research programma onderscheidt zich van zo'n conglomeraat in heuristisch vermogen; dit heuristisch vermogen bepaalt de zelfstandige groei van de theoretische wetenschap.

Samenvattend kunnen we constateren dat de geschiedenis van de natuurwetenschappen een beeld oproept van een bescheiden rol van empirisch onderzoek. Lakatos' conclusie over de vooruitgang van de wetenschap is duidelijk: het primaat ligt bij de theorieontwikkeling en niet bij het empirisch onderzoek. Toch moeten we de betekenis van empirisch onderzoek in de natuurwetenschappen ook weer niet onderschatten. Lakatos schuift op-zichzelf-staand empirisch onderzoek wel wat erg gemakkelijk ter zijde. Theorieontwikkeling kan ook op gang gebracht worden door nauwgezet empirisch onderzoek waarin systematisch afwijkingen van de verwachte meetresultaten gevonden worden. Dit type onderzoek heeft dan een hypothesegenererende functie. Daarnaast zijn ook de technische aspecten van zulk onderzoek van belang: het creëren van de gewenste onderzoekscondities en het ontwikkelen van adequate meettechnieken.

Wanneer we de kritiek van Lakatos op de natuurwetenschappen overplanten naar de onderwijskunde, dan moeten we ook dit aspect in het oog houden.

Eerder genoemde functies kan 'hard' empirisch onderzoek ook in de onderwijskunde vervullen. Daarnaast is er nog het belang van de bevestiging van nieuwe feiten. De discussie betreft echter niet deze aspecten van onderzoek. Het gaat om het idee van een soort instant-wetenschap, waarbij elke methodologisch verantwoorde hypothese-toetsing een stukje wetenschappelijke kennis oplevert. Kennis die dan direct in het curriculumontwikkelingswerk toegepast zou moeten worden. Het is deze magere wetenschapsopvatting die haaks staat op de methodologie van wetenschappelijke researchprogramma's. Het is ook deze wetenschapsopvatting die conflicteert met het idee van ontwikkelingsonderzoek.

Als we daarom concluderen dat deze wetenschapsopvatting haaks staat op de in de natuurwetenschappen feitelijk gehanteerde, dan roepen we meteen de vraag op of het ontwikkelingsonderzoek dan misschien wel verwantschap vertoont. In de volgende paragraaf willen we daarom nagaan in hoeverre het concept van een researchprogramma past op het ontwikkelingsonderzoek op het gebied van het reken/wiskundeonderwijs.

realistisch reken/wiskundeonderwijs.

Als we de werking van het researchprogramma van Newton samenvatten zien we dat er geen sprake was van een vooruitgang via een stapsgewijze empirische toetsing, zoals die door het naïeve falsificationisme verondersteld wordt.

De relatie met de werkelijkheid is veel indirecter. Tevens zien we dat de harde kern en de positieve heuristiek van het researchprogramma slechts globaal aangeduid kunnen worden, omdat een dergelijke omschrijving van het researchprogramma door Newton en de zijnen

ontbreekt. Blijkbaar had men voldoende aan een meer impliciete consensus. Al werkende ontstaat echter een steeds scherper beeld; een steeds completere theorie.

Zo bezien lijkt er een zekere overeenkomst te bestaan tussen de werkwijze binnen de natuurwetenschappen en het idee van ontwikkelingsonderzoek, zoals dat bijvoorbeeld in de kring van de onderzoekers/ontwikkelaars van realistisch (reken/)wiskundeonderwijs wordt aangehangen. Interessant is nu de vraag of dit ontwikkelingsonderzoek opgevat kan worden als een researchprogramma à la Lakatos.

Het centrale idee binnen de realistische stroming is het adagium van "wiskunde als menselijke activiteit", zoals dat door Freudenthal gepropageerd wordt. Dit uitgangspunt moet echter primair gezien worden als een onderwijsfilosofische stellingname, een ideologie waarin vastgelegd wordt hoe je met lerenden wenst om te gaan.

Het is een keuze voor een menswaardige manier van leren, waar weer een bepaald mens- en maatschappijbeeld achter steekt. Zo gesteld lijkt de paradigma-opvatting van Kuhn beter van toepassing dan het researchprogramma-concept van Lakatos. Lakatos zet zich juist expliciet af tegen de gedachte, een theorie tot ideologie te verheffen

Binnen deze ideologische stellingname kunnen we echter wel een leer- en onderwijstheoretische kern aanwijzen, die in termen van een researchprogramma beschreven zou kunnen worden. We gaan daarom over tot een nadere analyse. In de uitwerking die Freudenthal aan deze grondstelling gegeven heeft, kunnen we drie centrale thema's aanwijzen:

- het mathematiseren,
- het re-invention principe, en
- de didactische fenomenologie.

1. mathematiseren.

De activiteit van wiskundigen staat voor Freudenthal model voor het idee van wiskunde als menselijke activiteit. Freudenthal (1971) legt deze activiteit uiteen in:

- solving problems;
- looking for problems;
- organising a subjectmatter.

wanneer hij de wiskundige activiteit beschrijft (Freudenthal;1971;413-414):

"It is an activity of solving problems, of looking for problems, but it is also an activity of organising a subjectmatter. This can be matter from reality which has to be organised according to mathematical patterns if problems from reality have to be solved. It can also be a mathematical matter, new or old results, of your own or others, which have to be organized according to new ideas, to be better understood, in a broader context, or by an axiomatic approach. A great part of mathematical activity today is organising. We like to offer the results of our mathematical activity in an well organized form where no traces betray the activity by which they were created."

"Organising", wordt in latere publicaties veelal aangeduid met de term "mathematiseren", wat letterlijk "verwiskundigen" betekent. Bedoeld wordt het zo organiseren van een stuk werkelijkheid, of van een stuk wiskunde dat er sprake is van een niveauverhoging in wiskundige zin.⁴ Daarmee toont het mathematiseren zich het middel bij uitstek voor het opbouwen en uitbouwen van de wiskunde. Freudenthal betoogt dat ook kinderen "hun eigen" wiskunde op een dergelijke wijze op kunnen bouwen. En hij laat zien hoe het leerproces gestructureerd wordt door op elkaar volgende niveaus (Freudenthal 1973;125):

"The activity of the lower level, that is the organising activity by the means of this level, becomes an object of analysis on the higher level; the operational matter of the lower level becomes a subject matter on the next level."

2. reinvention.

Om dit te kunnen realiseren dient men de leerstof uit te lijnen volgens het z.g. re-invention principe. Dat wil zeggen dat de historische ontwikkeling van het vak model staat voor de te

volgen leerweg. De leerling hoeft de geschiedenis natuurlijk niet en detail na te volgen. En ook wordt niet verondersteld dat de leerling zelfstandig uitvindt wat vele generaties wiskundigen voor ons ontdekt hebben. Wel kan er van de geschiedenis geleerd worden. Bij het ontwerpen van een leergang wordt de historische ontwikkelingsgang als uitgangspunt genomen. Met deze kennis in het achterhoofd stelt de ontwerper zich de vraag: Hoe zou ik het zelf ondekten kunnen hebben? Die gereconstrueerde leerweg vormt de basis voor de leergang.

3. didactische fenomenologie.

Het re-invention principe van Freudenthal wordt aangevuld met zijn didactische fenomenologie. De didactische fenomenologie beschrijft welke leerstof of welke reële verschijnselen georganiseerd, of gemathematiseerd moeten worden. Deze fenomenologische benadering hangt nauw samen met zijn opvatting over leren.

Freudenthal (1983) keert zich tegen Dienes' aanpak voor het leren van begrippen. Tegenover het leren van begrippen met behulp van concrete 'embodiments' stelt Freudenthal de constitutie van mentale objecten op basis van een fenomenologie. Hij spreekt bewust niet van het leren van begrippen, maar van de constitutie van mentale objecten, omdat de laatste zijns inziens aan de eerste vooraf gaan. Terwijl mentale objecten ook al heel effectief kunnen zijn zonder dat ze door 'concept attainment' gevolgd worden. De didactische fenomenologie vraagt nu dat de ontwerper op zoek gaat naar fenomenen in de werkelijkheid die de leerling uitlokken zich de beoogde mentale objecten te vormen. In Freudenthals visie moet de leerling met die verschijnselen in aanraking gebracht worden, die om die wiskundige organisatie vragen, welke de basis voor de te vormen begrippen kan bieden. Samen met het re-invention principe wijst de didactische fenomenologie de weg naar het materiaal waaraan het mathematiseringsproces voltrokken kan worden.

Om de realistische stroming als een researchprogramma te kunnen (h)erkennen, zullen we de positieve en de negatieve heuristiek van dit programma moeten beschrijven.

De positieve heuristiek van dit researchprogramma is gemakkelijk aan te wijzen. Deze wordt gevormd door het mathematiseren, het re-invention principe en de didactische fenomenologie.

Voor de negatieve heuristiek ligt dit iets minder duidelijk. Al eerder hebben we geconstateerd dat we het adagium "wiskunde als menselijke activiteit", als zodanig, niet als de harde kern van het programma kunnen opvatten. Aan dit adagium en aan het idee van re-invention, het mathematiseren en de didactische fenomenologie liggen ons inziens echter leertheoretische noties ten grondslag, die wel degelijk als harde kern gezien kunnen worden. Dit komt in de didactische fenomenologie duidelijk naar voren.

Freudenthal postuleert de constitutie van mentale objecten als het eigenlijke leerproces. De eigen mentale activiteit van de leerling speelt daarbij een doorslaggevende rol. Bij een nadere uitwerking van dit principe kunnen relaties gelegd worden met de cognitieve psychologie (Ausubel), met de handelingspsychologie (Van Parreren) en met de ideeën van Skemp en van Van Hiele.⁵

De denktrant die hier naar voren komt kunnen we opvatten als de harde kern van het researchprogramma voor de ontwikkeling van realistisch reken/wiskundeonderwijs. Deze kerngedachte kunnen we als volgt omschrijven:

Het leren van wiskunde vereist (voor de leerling) betekenisvolle leerstof, die de leerling zelf in verband brengt met reeds gekende zaken.

In deze formulering komt ook het constructivistische standpunt dat ingenomen wordt tot uitdrukking: de leerling construeert zijn/haar eigen wiskunde! Dit wordt mogelijk gemaakt door de aanbieder van - voor de leerling! - betekenisvolle leerstof. De benaming realistisch reken/wiskundeonderwijs verwijst naar deze betekenis: reëel/betekenisvol voor de leerling (zie ook Gravemeijer & Van Galen; 1986).

De start van het IOWO (Instituut Ontwikkeling Wiskunde Onderwijs) kunnen we zien als het begin van onderwijs-ontwikkelings-onderzoek binnen het researchprogramma van Freudenthal.

We kunnen de voortgang in dit researchprogramma schetsen, door de belangrijkste stappen in de ontwikkeling aan te geven.

Voor we hiermee aanvangen willen we erop wijzen dat we het begrip theorie hier ruim opvatten. We gaan ervan uit dat een theorie verschillende niveau's van beschrijving kent. Deze beschrijvingen kunnen variëren van een concrete uitwerking van de theorie in onderwijsleerpakketten of onderwijsactiviteiten, tot een abstracte verhandeling over de relatie tussen de theorie en kentheoretische grondstellingen. Door ook de tussenliggende niveau's in onze historische schets te betrekken kan een helder beeld van de ontwikkeling van dit researchprogramma gegeven worden.

De positieve heuristiek van het programma kan, zoals gezegd, aangeduid worden met de trefwoorden mathematiseren re-invention en didactische fenomenologie.

In zijn proefschrift geeft Treffers (1978) een preciezere invulling aan het mathematiseren, middels voorbeelden en door het beschrijven van mathematiseringsmiddelen. Tevens legt hij het mathematiseren uiteen in horizontaal- en verticaal mathematiseren. Deze beide aspecten worden in de beginperiode van het IOWO min of meer onafhankelijk van elkaar tot ontwikkeling gebracht.

Het horizontaal mathematiseren krijgt vorm in het concept 'rijke contexten'. Het verticaal mathematiseren wordt uitgewerkt in het principe van het progressief schematiseren bij het cijferen. Voor het ontwerpen van cijferleergangen volgens het principe van progressieve schematisering, wordt gebruik gemaakt van de re-invention gedachte. Dit is o.a. af te lezen uit de wijze waarop de abacus in de leergangen optellen en aftrekken gebruikt wordt. In een volgende fase wordt de horizontale component expliciet bij het schematiseren betrokken. Aan contextproblemen wordt nu een centrale rol toegekend in het schematiseringsproces. De benaming progressief schematiseren wordt ingeruild voor het geïntegreerd progressief schematiseren (zie ook Treffers;1986). Deze bredere benadering blijkt ook op andere leerstofgebieden toepasbaar. Met name in het gebied van de breuken manifesteert het zich als een vruchtbare benadering (Streefland;1983;1988). Terugblikkend passen ook de eerder ontwikkelde autobussen-leergang van Van den Brink (1984) en de leergangen voor het meten (Ter Heege & De Moor;1977; De Jong;1978) in deze lijn.

Deze verruiming van het leerstofgebied tonen dat het om meer gaat dan het schematiseren alleen en daarom wordt ook de naamgeving weer aangepast; we spreken nu van progressief mathematiseren.

Het op dit gebied verrichtte ontwikkelingsonderzoek wordt door Treffers en Goffree (1985) geanalyseerd en zij onderscheiden de volgende kenmerken:

- de centrale rol van contextopgaven, als bron en als toepassingsgebied voor wiskundige begrippen;
- de ruime aandacht voor de ontwikkeling van situatiemodellen, als brug tussen de realiteit en de formele wiskunde;
- het stimuleren van eigen producties en eigen constructies om de eigen inbreng van de kinderen in het leerproces te waarborgen;
- het interactieve karakter van het leerproces;
- het onderkennen en benutten van de onderlinge samenhang van de verschillende leerstofgebieden.

Deze in retrospectie onderscheiden kenmerken zijn niet allen gelijktijdig tot ontwikkeling gekomen. Het gebruik van eigen producties is het meest recent. Het principe van de eigen constructies zit als het ware in de uitgangspunten van het researchprogramma ingebakken, maar het idee van eigen producties moet eerder gezien worden als een creatieve uitbreiding. In het kort komt het hier op neer, dat de leerlingen gevraagd wordt zelf opgaven te ontwerpen. De betekenis hiervan is tweeledig. In de eerste plaats stimuleert het ontwerpen van opgaven de leerlingen te reflecteren op het geleerde. In de tweede plaats bieden de eigen producties een goed zicht op de stand van zaken bij de leerling, m.a.w. ze hebben een hoge diagnostische waarde.

De voortgang van een researchprogramma wordt volgens Lakatos bepaald door de voorspelling en bevestiging van nieuwe feiten. Het hierboven beschreven researchprogramma voldoet aan

deze eis, als we nieuwe didactische ontwerpen, die een bepaalde verbetering claimen ten opzichte van bestaande ontwerpen, opvatten als nieuwe feiten. De bevestiging van deze nieuwe feiten zal dan moeten bestaan in empirisch onderzoek waaruit deze meerwaarde blijkt. Dat het researchprogramma succesvol is in het voortbrengen van nieuwe didactische ontwerpen behoeft geen betoog. De meerwaarde van deze nieuwe ontwerpen is in een aantal gevallen aangetoond (Rengerink;1983, Streefland; 1988, Nelissen; 1987).

De verdere uitbouw van het researchprogramma vindt nu plaats via de uitwerking van een hecht theoretisch fundament. Treffers (1987) heeft het binnen dit programma verrichtte ontwikkelingswerk geanalyseerd en (a posteriori) theoretisch gefundeerd. In zijn theoretisch raamwerk integreert Treffers de niveautheorie van Van Hiele, de didactische fenomenologie van Freudenthal en het progressief schematiseren volgens Wiskobas. Samenvattend kunnen we vaststellen dat het ontwikkelingsonderzoek in het realistisch reken/wiskundeonderwijs zich goed laat beschrijven als een researchprogramma. Een researchprogramma dat zich zowel theoretisch- als empirisch progressief toont.

Ontwikkelingsonderzoek

Tot slot willen we nog kort in gaan op de werkwijze van het ontwikkelingsonderzoek. we sluiten daarvoor aan bij Goffree (1986), die in zijn inaugurale rede een strategie voor ontwikkelingswerk presenteert, die tevens kan dienen als een strategie voor ontwikkelingsonderzoek. Hij duidt deze strategie aan als: 'Reflection-in-action'. Goffree signaleert een verrassende overeenkomst tussen het realistisch reken/wiskundeonderwijs zelf, het ontwerpen van realistisch reken/wiskundeonderwijs, en onderzoek op dit gebied.

"Deze overeenkomst betreft de ruimte, die in het eerste geval voor de leerling, in het tweede geval voor de ontwerper en in het derde voor de onderzoeker wordt geschapen." (Goffree; 1986; 15).

Tegenover de onderwijstechnologische benadering van ontwikkelwerk, zoals die in de taakanalyse à la Gagné tot uitdrukking komt, plaatst hij de z.g. idee-analyse. Bij taakanalyse is er slechts een 1-dimensionale ontwerpruimte, die volledig bepaald wordt door de veronderstelde logische opbouw van de leerstof.

"In het geval van idee-analyse daarentegen stuurt niet de leerstofstructuur het ontwerpen, maar zijn er drie objecten die de aandacht vragen:

- intuïtieve noties en informele strategieën van de leerlingen
- in het verlengde daarvan liggende volwaardige wiskundige begrippen en procedures
- situaties, waarin noties en informele werkwijzen ontwikkeld kunnen worden tot volwaardige begrippen en procedures." (Goffree; 1986; 15)

Daarbij laat de idee-analytische methode ruimte voor het inzetten van didactische noties en voorwetenschappelijk ervaringskennis, voor het benutten van de realiteit in de vorm van rijke contexten en voor het doen van didactische uitvindingen. Het ontwikkelproces wordt nu gestuurd door de reflecties van de ontwikkelaar. De ontwikkelaar reflecteert tijdens het ontwikkelwerk op het ontwikkelwerk: 'reflection-in-action'. Deze reflectie komt ten goede aan het product, het proces en aan de ontwikkelaar zelf.

Het begrip idee-analyse stamt van Lesh die onderzoek deed naar domeinspecifieke problemsolvings strategieën. (Lesh e.a.; 1983). Hij onderzocht hoe wiskundige ideeën bij de leerlingen functioneren. Zijn veronderstelling is, dat ideeën zich ontwikkelen; ze komen niet uit de lucht vallen. In zijn onderzoek bleek dat de leerlingen die voor een probleem geplaatst worden, proberen zicht te krijgen op de probleemsituatie. Deze conceptualisering van de probleemsituatie blijken een bepaalde ontwikkeling door te maken. De leerlingen starten met vage onstabiele concepten, die zich steeds verder ontwikkelen (Lesh; 1985). De positie van de ontwikkelaar is bij de start van het ontwikkelwerk vergelijkbaar met die van de probleemoplossende leerling. Ook deze start met vage onstabiele concepten. Tijdens het ontwikkelingswerk, of beter het ontwikkelingsonderzoek, wordt een verscherping van deze 'noties' gerealiseerd door middel van de reflection-in-action. Vandaar ook dat de theorie in dit type onderzoek pas

achteraf geformuleerd kan worden. Een constatering die meer reliëf krijgt in Treffers' eigen typering van zijn onderwijstheorie (Treffers; 1987; 295):

"... it is an attempt on the third Van Hiele level to arrive at a global theoretical organisation via local organisations on the second level which, in turn, came into being by reflection on developing and actualising mathematics instruction for the primary school."

Noten

1. Onder een probalistische theorie wordt verstaan, een theorie waarbinnen de waarheid van een uitspraak bepaalde gradaties van waarschijnlijkheid kent.
2. Als voorbeeld van zo'n beroepsprocedure noemt Lakatos de strijd van de aanhangers van Prout tegen negatieve experimentele resultaten. De theorie van Prout stelt dat alle atomen samenstellingen van waterstofatomen zijn, waaruit is af te leiden en dat de atoomgewichten van alle zuivere (homogene) chemische elementen veelvoudig moeten zijn van het atoomgewicht van waterstof. Zo'n weerlegging boden de experimentele resultaten van Stas, die constateerde dat chloor een zuiver (homogeen) element was, met een atoomgewicht van 35,5. De kritiek richtte zich nu op de veronderstellingen die ten grondslag lagen aan de experimentele procedures en op basis waarvan moest worden aangenomen dat het onderzochte gas zuiver chloor was. Later bleek dat er een uitbreiding van het begrip 'zuiver element' nodig was; het bleek dat twee verschillende zuivere elementen zich chemisch identiek kunnen gedragen, maar wel te scheiden zijn met fysische methoden (isotopen).
3. Lakatos doelt dan met name op feiten die niet al door een bepaalde theorie voorspeld werden, maar die min of meer bij toeval door experimentele onderzoekers ontdekt zijn. Lakatos heeft weinig waardering voor zulk onderzoek en laat zich er soms zelfs laetdunkend over uit. Lakatos (1975;70) spreekt van "onbescheiden prioriteitsaanspraken van amateuristische feitenverzamelaars". Met instemming haalt hij ook Soddy aan wanneer deze over het onderzoek naar de atoomgewichten van "zuivere" elementen, (die later uit mengsels van isotopen bleken te bestaan) schrijft: "Er schuilt iets tragisch of sterker nog in het lot van het levenswerk van die eminente menigte van 19de-eeuwse scheikundigen, die door hun tijd genoten terecht werden geëerd als de kroon op nauwkeurigheid bij wetenschappelijke metingen. Hun met moeite verworven resultaten schijnen, op dit moment althans, van even weinig waarde als de bepaling van het gemiddeld gewicht van een verzameling flessen, waarvan er sommige vol en andere min of meer leeg zijn." (op citaat, Lakatos;1975;53,54)
4. Kenmerken voor een hoger niveau kunnen we ontleen aan de wiskunde zelf. Te denken valt o.a. aan algemeenheid, zekerheid, exactheid en beknoptheid (zie ook Gravemeijer;1983; 15).
5. Voor beschouwingen, waarin een expliciete relatie met leertheorie gelegd wordt verwijzen we naar: Van Bruggen (1976), Goffree, e.a. (1981), Streefland (1976,1980), Ter Heege (1986), Gravemeijer (1978,1983) en Gravemeijer & Van Galen (1986) en Treffers (1987a).

Literatuur

- [1] Brink, F.J.v.d. *Numbers in contextual frameworks*. In: Educational Studies in Mathematics 15(1984) 239-257.
- [2] Bruggen, J.C. van. *Leerpsychologische vergelijkingen*. Instituut Ontwikkeling Wiskunde Onderwijs, Utrecht, 1976.
- [3] Freudenthal, H. *Geometry between the devil and the deep sea*. In: Educational Studies in Mathematics, 3(1971) 413-435.
- [4] Freudenthal, H. *Mathematics as an educational task*. Reidel, Dordrecht, 1973.
- [5] Freudenthal, H. *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Reidel, Dordrecht, 1983.
- [6] Goffree, F. *Rekenen, Realiteit en Rationaliteit*. Een terreinverkenning en plaatsbepaling. SLO, Enschede, 1986.
- [7] Goffree, F., H. Freudenthal & G. Schoemaker. *Wiskundeonderwijs, een microdidactische beschouwing over het thema "begrijpen"*. In: Losbladig Onderwijskundig Lexicon. Samson, Alphen aan de Rijn, 1981; SG,1200-19.
- [8] Gravemeijer, K.P.E. *Algemene leertheorie en domeinspecifieke onderwijstheorie*. In: Panamapost, 5(1986) nr.2, 27-29.

- [9] Gravemeijer, K.P.E. *De grondslagen van het programma "Rekenen en Wiskunde"*. Rotterdamse mededelingen nr.87. Project OSM. Rotterdam, 1983. (doctoraal-scriptie Onderwijskunde).
- [10] Gravemeijer, K.P.E. *Rekenen - Wiskunde*. In: D.A. van Aarsen, J.W. Constandse, K.P.E. Gravemeijer en J.H. Slavenburg (red.). *Het project Onderwijs en Sociaal Milieu*. Rotterdam, 1978.
- [11] Gravemeijer, K.P.E. en F. van Galen. *De betekenis van contexten*. In: PANAMA-cursusboek 4. E. de Moor & E. Feijs, eds. SOL/Vakgroep, OW&OC, Utrecht, 1986.
- [12] Heege, H. ter en E. de Moor. *Oppervlakte (1)*. Handleiding en werkboek. IOWO, Utrecht, 1977. (Thans uitgave OW&OC).
- [13] Heege, H. ter. *Een goed product*. SLO, Enschede, 1986. (doctoraal scriptie).
- [14] Jong, R. de (ed.). *Oppervlakte (2)*. Handleiding en werkboek. IOWO, Utrecht, 1978. (thans uitgave OW&OC).
- [15] Lakatos, I. *Wetenschapsfilosofie en wetenschapsgeschiedenis, de controverse tussen Popper en Kuhn*. Boom, Meppel, 1975.
- [16] Lesh, R. *Conceptual Analysis of Mathematics Problem Solving Processes*. In: Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education, vol.2. L. Streefland, ed. OW&OC, Utrecht, 1985.
- [17] Lesh, R. & M. Land, eds. *Acquisition of Mathematical Concepts and Processes*. Academic Press, New York, 1983.
- [18] Nelissen, J.M.S. *Kinderen leren wiskunde*. De Ruiter, Gorinchem, 1987. (proefschrift).
- [19] Rengerink, J. *De staartdeling; een geïntegreerde aanpak volgens het principe van progressieve schematisering*. VOU en OW&OC, Utrecht, 1983.
- [20] Streefland, L. *Breuk in ontwikkeling; een oriëntatie in psychologie*. Interne IOWO-publicatie, Utrecht, 1976.
- [21] Streefland, L. *Makro-structurele verkenningen voor het wiskundeonderwijs*. IOWO, Utrecht, 1980. (doctoraal-scriptie).
- [22] Streefland, L. *Aanzet tot een nieuwe breukendidactiek volgens Wiskobas*. OW&OC, Utrecht, 1983.
- [23] Streefland, L. *Realistisch breukenonderwijs*. OW&OC, Utrecht, 1988. (proefschrift).
- [24] Treffers, A. *Wiskobas doelgericht*. IOWO, Utrecht, 1978. (proefschrift).
- [25] Treffers, A. *Analyseren en ontwikkelen van reken/wiskundeonderwijs vanuit twee verschillende basisconcepten*. In: Pedagogische Studiën, 63(1986) 14-25.
- [26] Treffers, A. *Three dimensions*. Reidel, Dordrecht, 1987.
- [27] Treffers, A. *Structuralistische en realistische onderwijstheorieën*. Panama-cursusboek 5. OW&OC, Utrecht, 1987a.
- [28] Treffers, A. en F. Goffree. *Rational analysis of realistic mathematics education*. In: Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education. L. Streefland, ed. OW&OC, Utrecht, 1985, pp. 98-124.