
P.L. Lijnse
W. de Vos
redactie

DIDACTIEK IN PERSPECTIEF

*Het Centrum voor Didactiek van Wiskunde
en Natuurwetenschappen geopend*



DIDACTIEK IN PERSPECTIEF

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Didactiek

Didactiek in perspectief : het Centrum voor Didactiek van
Wiskunde en Natuurwetenschappen geopend / P.L. Lijnse, W.
de Vos (red.). - Utrecht : Rijksuniversiteit Utrecht, CDB
Press, Centrum voor β -Didactiek

ISBN 90-73346-01-0

SISO 456 UDC 37.02:5

Trefw: wiskunde ; didactiek / natuurwetenschappen ;
didactiek.

Colofon:

Verzorging: Yvonne Sweers

Omslag: Aloys Lurvink, OMI/RUU

Druk: Drukkerij Elinkwijk B.V., Utrecht

Copyright CD- β -Press, Utrecht 1990

P.L. Lijnse
W. de Vos
redactie

DIDACTIEK IN PERSPECTIEF

*Het Centrum voor Didactiek van Wiskunde
en Natuurwetenschappen geopend*



CD- β WETENSCHAPPELIJKE BIBLIOTHEEK

onder redactie van:
Dr. P.L. Lijnse
Prof.dr. A. Treffers
Dr. W. de Vos
Dr. A.J. Waarlo

1: Didactiek in perspectief

Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen
Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

INHOUD

TEN GELEIDE	7
DEEL A: HET CENTRUM GEOPEND	9
ONDERWIJSBELEID EN DIDACTIEK P.E. van Staveren	11
HET ONDERZOEK IN CD-B NADER BEKEKEN H.P. Hooymayers	20
ONDERWIJSONDERZOEK: APPELS, PEREN EN FRUIT G. Kanselaar	31
DEEL B: HET CENTRUM AAN HET WERK	41
MEISJES EN EXACTE VAKKEN M. Man in 't Veld & M. Meeder	43
CONTEXTEN IN B-ONDERWIJS H. Broekman & A.E. van der Valk	52
METEN (EN MATEN) M. Goedhart & L. Streefland	60
BEGRIPSONTWIKKELING W. de Vos & P.L. Lijnse	70
PROJECT NATUUR- EN MILIEU-EDUCATIE A. Brunsting, F. van der Loo & O. de Vries	75
SIMULATIES & MODELLEN IN B-ONDERWIJS V. Jonker	81
NIEUWE MEDIA IN NASCHOLING M. Dolk & F. van Galen	85
OPLEIDING EN OPLEIDINGSONDERZOEK A. Holvast & C. van Driel	92

DEEL C: HET CENTRUM VAN BINNENUIT	101
BIOLOGIE-DIDACTIEK OP EEN KEERPUNT A.J. Waarlo & P. Voogt	103
CHEMIE-DIDACTIEK VANUIT β -DIDACTISCH PERSPECTIEF A.H. Verdonk & W. de Vos	112
NATUURKUNDE-DIDACTIEK VANUIT β -DIDACTISCH PERSPECTIEF P.L. Lijnse	126
OW & OC: EEN MOMENTOPNAME J. de Lange	143
WISKUNDE-ONDERWIJSTHEORIE OF β -ONDERWIJSTHEORIE A. Treffers	156
DE OPLEIDING VAN LERAREN IN DE β -VAKKEN Th. Wubbels	173
DEEL D: HET CENTRUM VAN BUITENAF	195
β -DIDACTISCH ONDERZOEK EN SVO P. Vedder & J.G.L.C. Lodewijks	197
DE BETEKENIS VAN β -DIDACTISCH ONDERZOEK VOOR LEERPLAN- ONTWIKKELING K.Th. Boersma & F. Goffree	203
EEN BLIK IN DE SPIEGEL: β -DIDACTIEK GEZIEN VANUIT HET CITO S.A. Bakker, H. Boertien & A. Ypma	219
ZOU U DAT VOOR ONS EVEN KUNNEN UITZOEKEN? VRAGEN VAN DE NVON E. Jongejan & S. Stekelenburg	236

DEEL A: HET CENTRUM GEOPEND

Onder de titel: "Didactief in Perspectief" vond op 9 juni 1989 een openingssymposium plaats van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen. Dit symposium werd geopend door Prof.dr. J.A. van Ginkel, rector magnificus van de Rijksuniversiteit Utrecht. Hierna volgt de weergave van de drie plenaire lezingen uit het ochtendprogramma.

ONDERWIJSBELEID EN DIDACTIEK

P.E. van Staveren

Plaatsvervangend Directeur-Generaal van het Voortgezet Onderwijs

Dames en heren,

Met genoegen heb ik Uw uitnodiging voor dit symposium ter gelegenheid van de opening van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, of afgekort het CD-8, aanvaard.

Dit Centrum kan naar mijn mening in de nabije toekomst namelijk een waardevolle bijdrage leveren aan de verbetering van de kwaliteit van het onderwijs. Eén van de terreinen waarop die verbetering alom wenselijk wordt geacht, is dat van de aansluiting. De problematiek op dit terrein manifesteert zich vooral tussen het voortgezet onderwijs en het hoger onderwijs *en* tussen het hoger onderwijs en de arbeidsmarkt.

Met name de exacte vakken, de vakgebieden waarop Uw instelling de aandacht richt, spelen bij de kwaliteitsverbetering van het onderwijs een belangrijke rol. Van de zijde van de overheid wordt daarom de keuze voor deze vakken gestimuleerd, zoals bijvoorbeeld moge blijken uit de voorlichtingscampagne "Kies Exact". Een thema dat in één van de workshops van vanmiddag centraal staat.

Gezien de belangstelling voor het vakgebied en gezien de ervaring van de participerende vakgroepen ben ik ervan overtuigd dat het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen zich goed kan profileren. Met name op het terrein van opleiding en nascholing en met betrekking tot contractactiviteiten zie ik mogelijkheden.

In deze inleiding wil ik vanuit vier invalshoeken ingaan op ontwikkelingen die voor het CD-8 van belang kunnen zijn, namelijk:

1. Onderwijsvernieuwing;
2. Introductie van nieuwe technologieën;
3. Contractactiviteiten;
4. Nascholing van docenten.

1. ONDERWIJSVERNIEUWING

Het thema van dit symposium "Didactiek in perspectief" spreekt mij aan, aangezien ik mij realiseer dat een aantal onderwijsvernieuwingen in gang is gezet, die verregaande consequenties zullen hebben voor de didactiek.

Gezien het belang dat ik hecht aan de introductie van modulair onderwijs in het v.o. en vooral in de bovenbouw van het HAVO en VWO, wil ik het perspectief van de didactiek, het thema van vanochtend, relateren aan de hand van de ontwikkelingen in deze sector van het onderwijs.

De positie van de overheid in deze ontwikkelingen is echter afstandelijk. Vanwege de vrijheid van inrichting van het onderwijs kan en wil de overheid de scholen niet verplichten tot modulair ingericht onderwijs. Wel wil de overheid stimuleren om het onderwijs modulair in te richten, namelijk door belangstellende scholen de benodigde instrumenten aan te bieden, te weten: bruikbare produkten en een "open" regelgeving. Inmiddels hebben al veel scholen hun belangstelling voor deelname aan dit ontwikkelingsproces bij het departement kenbaar gemaakt.

Na een korte bespreking van het begrip modulair onderwijs zal ik de hoofdlijnen aangeven van het overheidsbeleid met betrekking tot modulering in de tweede fase van het voortgezet onderwijs en de consequenties van dit beleid voor de didactiek. Met name dit laatste punt lijkt me voor U relevant, omdat ik aanneem dat het Centrum voor Didactiek zijn activiteiten zoveel mogelijk zal willen afstemmen op de onderwijskundige ontwikkelingen binnen de scholen en de behoeften aan ondersteuning, die daaruit kunnen voortvloeien.

Modulering

Modulair onderwijs is al enige tijd een sleutelbegrip in het onderwijs-vernieuwingsbeleid. Misschien bent U al vertrouwd met dit begrip, misschien ook niet. Voor degenen onder U, voor wie dit niet het geval is wil ik graag een korte explicatie geven.

Onder een *module* binnen het VO verstaat de overheid een op zichzelf staande eenheid in het leerplan,

- die herkenbaar is en benoembaar,
- die een intern samenhangend geheel van begrepen, doelen en inhouden vormt,
- die is gedefinieerd naar studielast en looptijd,
- en die de onderwijsleersituaties en de toetsing omvat.

Modulering is dus het opdelen van het leerplan in kleinere eenheden met een zelfstandige status. In een *gemoduleerd onderwijssysteem* is het onderwijs op een bepaalde wijze ingedeeld in modulen.

Het systeem kan zodanig zijn ingericht, dat de leerling/student een hoge mate van vrijheid heeft in de keuze van modulen en in de volgorde en het tempo waarin hij de modulen volgt. Veelal wordt een dergelijk modulair systeem als het cafeteria-model aangeduid. Het onderwijssysteem kan ook zó worden ingericht, dat de leerlingen weinig of geen keuzevrijheden worden geboden. De voorkeur voor een bepaald indelingsprincipe hangt ondermeer af van het type opleiding, de doelen die worden nagestreefd, de doelgroep etc..

Voor het *voortgezet onderwijs* komt een systeem met een beperkte mate van vrijheid het meest in aanmerking. Immers, gezien de leeftijd van de leerlingen en de doelen van het voortgezet onderwijs, is structurering van keuzemogelijkheden nodig. Wel is het naar mijn idee in elk geval aan te bevelen, dat *binnen* de modulen een zekere mate van individualisering mogelijk wordt gemaakt. Dit met het oog op een betere afstemming van het onderwijs op de aanleg en capaciteiten van de individuele leerling. Ik

denk hierbij aan de mogelijkheden tot remediëring en tot verruimde mogelijkheden voor de meer begaafde leerling.

Van modulering wordt in het algemeen veel goeds verwacht. De mogelijkheid om onderwijsachterstanden vroegtijdig op te sporen en weg te werken en om daarmee het zittenblijven terug te dringen is een veel genoemd voordeel. Andere voordelen zijn: verbeterde afstemming tussen schoolsoorten en kwaliteitsverbetering van het onderwijs. Deze verbeteringen worden mogelijk gemaakt door verduidelijking van de doelen, door gerichte integratie van het onderwijsaanbod en door een versterkte motivatie van de leerling. Ongetwijfeld zijn er ook nadelen aan verbonden. Zeker in de beginfase wanneer een school overgaat op een modulair systeem is extra inspanning van docenten en schoolleiding een vereiste. Voorts zal gewaakt moeten worden tegen het risico van versnippering van de leerstof.

Of de voordelen de nadelen overtreffen hangt naar mijn overtuiging vooral af van de wijze waarop we met elkaar inhoud weten te geven aan deze op zichzelf veelbelovende onderwijskundige ontwikkeling.

Rol overheid

Wat is nu de rol van de overheid bij de ontwikkeling van modulair onderwijs? In juni 1988 heeft de staatssecretaris van Onderwijs en Wetenschappen, mw. Ginjaar-Maas, een beleidsnotitie uitgebracht over modulering in de tweede fase van AVO/vwo, MBO en LBO. In april j.l. heeft de staatssecretaris overleg gepleegd met de Vaste Kamercommissie voor Onderwijs en Wetenschappen uit de Tweede Kamer over de notitie. De conclusie van dit overleg was, dat het voorgestelde moduleringsbeleid kan worden verwezenlijkt. In die beleidsnotitie is een principieel onderscheid aangebracht tussen enerzijds de ontwikkeling van een kader voor modulering in relatie tot de examenregeling en anderzijds de ontwikkeling van voorbeelden voor een leerplan op modulaire grondslag.

Bij de ontwikkeling van een kader voor modulering gaat het om een afgeleide van de primaire overheidstaak, namelijk de zorg voor kwaliteit van het onderwijs. De overheid heeft hier zelf initiatief genomen door deelkwalificaties voor het AVO/vwo en het LBO te laten ontwikkelen door deskundigen. Alleen een aanduiding van vakken geeft onvoldoende weer over welke vaardigheden leerlingen beschikken na het eindexamen. Eindexamenprogramma's geven in de meeste gevallen evenmin een helder inzicht daarin. Deelkwalificaties nemen een positie in tussen een aanduiding van een vak en een gedetailleerde leerstofomschrijving. Het zijn samenhangende clusters kennis, vaardigheden en houdingen gebaseerd op de huidige examenprogramma's, die herkenbaar zijn voor leerlingen en waarvan de "waarde" bekend en geaccepteerd is door het maatschappelijk bestel.

Het is de verantwoordelijkheid van het onderwijsveld zelf om voorbeelden van gemoduleerde leerplannen te ontwikkelen als uitwerking van die deelkwalificaties. De onderwijsverzorgingsinstellingen hebben hierin een belangrijke taak. Momenteel hebben de SLO, het CITO en de LPC een

kadernotitie in voorbereiding, waarin wordt aangegeven op welke wijze de ontwikkeling van voorbeeld-leerplannen ter hand zal worden genomen en op welke wijze docenten, scholen en mogelijke derden bij deze ontwikkeling zullen worden betrokken.

Consequenties voor didactiek

Wat zijn nu de consequenties van dit beleid voor de didactiek? Uit ervaringen die zowel in het beroepsonderwijs als in het hoger onderwijs zijn opgedaan blijkt, dat modulering veranderingen met zich meebrengt in het werk van leraren. Ik noem U er een aantal.

- Docenten moeten leren om geconcentreerde cursussen voor te bereiden. In een module worden veelal gevarieerde werkvormen gehanteerd. Dit vereist training en ervaring.
- Tussen docenten onderling zal meer samenwerking nodig zijn. Een modulair systeem stelt nog meer eisen aan de onderlinge afstemming van vakken en vakonderdelen dan het reguliere onderwijs.
- Er zal een andere relatie ontstaan tussen docent en school. Modulering brengt meer wisselend werk in de loop van het jaar met zich mee. Perioden van intensief lesgeven zullen worden afgewisseld door perioden van voorbereiding of nascholing.
- Er zal een andere relatie ontstaan tussen docent en leerling. In een modulair systeem wordt aan het eind van elke module een toets afgenomen. Deze frequente toetsing wordt in het algemeen beschouwd als een middel om de motivatie van de leerling te verbeteren. Een leerling rondt steeds een onderdeel leerstof af en krijgt direct terugkoppeling over zijn resultaten. In geval van onvoldoende resultaat krijgt de leerling de gelegenheid om alsnog zijn doel te bereiken. De nadruk ligt derhalve meer op hetgeen de leerling bereikt dan op het falen van de leerling.
- Met modulering wordt onder meer nagestreefd om de kwalificatie van de leerling voor het vervolgonderwijs en voor deelname aan maatschappelijke activiteiten te versterken. Dat betekent concreet voor de docent, dat meer kennis vergaard zal moeten worden over de toepassingsmogelijkheden van het vak in buitenschoolse situaties en in het vervolgonderwijs.

Met deze globale opsomming heb ik beoogd U een beeld te geven van mogelijke veranderingen in het geven van onderwijs. Ik hoop dat U daarin een bron vindt van ideeën waaruit U kunt putten voor het door U te verrichten onderzoeks- en ontwikkelwerk.

Didactische werkvormen

Omdat we het deze morgen hebben over didactiek in *perspectief* wil ik wat dieper ingaan op de *mogelijke* ontwikkeling van één van de bovengenoemde aspecten, namelijk de variatie in didactische werkvormen.

Binnen het HAVO en het VWO wordt, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het hoger onderwijs, relatief weinig profijt getrokken van de mogelijkheid die het variëren van didactische werkvormen biedt. Bijna altijd geeft een docent 50 minuten les aan een kleine dertig leerlingen. Dat wordt bepaald

door traditie, door het nagenoeg ontbreken van anders ingericht lesmateriaal en door de regelgeving. Voor zover didactische differentiatie wordt toegepast gebeurt dat binnen het kader van de gewone les.

Bij verdergaande modulering van de leerstof is het denkbaar dat bepaalde modules, met een hogere moeilijkheidsgraad, aan kleine groepen leerlingen worden aangeboden. De ruimte hiervoor zou kunnen worden gecreëerd door andere modules, bijvoorbeeld meer inleidend van aard en geschikt voor een klassikale aanpak, aan grote groepen leerlingen aan te bieden. Een dergelijke variatie in didactische werkvormen kennen we uit het wetenschappelijke onderwijs waar naast werkcolleges ook hoorcolleges gebruikelijk zijn. Hoorcolleges verlangen van de student een grote mate van zelfstandigheid en verantwoordelijkheid. Een veel gehoorde klacht uit het hoger onderwijs is dat bij de beginnende student juist deze leerattitudes nog te vaak ontbreken. Aanpassingsproblemen en studieovertraging zijn het gevolg.

Door in de hoogste klassen van het HAVO en VWO een grotere variatie in didactische werkvormen te introduceren, kunnen twee doelen worden nagestreefd, namelijk kwaliteitsverbetering en verbetering van de aansluiting voortgezet onderwijs hoger onderwijs. Door te variëren in groeps-grootte wordt enerzijds bewerkstelligd dat middels intensievere begeleiding de kwaliteit van het onderwijs stijgt en anderzijds worden door de geleidelijke invoering van de nieuwe werkvormen de startproblemen in het hoger onderwijs teruggedrongen. De leerlingen van de bovenbouw HAVO/VWO kunnen op deze wijze langzamerhand vertrouwd raken met de didactische werkvormen die in het hoger onderwijs worden gehanteerd.

Of deze ontwikkeling daadwerkelijk zal plaatsvinden is afhankelijk van de instelling van de school. Een school die oog heeft voor de onderwijs-vernieuwingen moet echter wel de mogelijkheid hebben om vernieuwingen in te voeren. De overheid zal kunnen zorgdragen voor intensieve voorlichting en aandacht besteden aan het scheppen van randvoorwaarden. Zo geven de vernieuwingen op het gebied van het personeelsbeleid de scholen de gelegenheid om het personeel meer flexibel in te zetten. Van de scholen kan niet worden verwacht dat zij onderwijsvernieuwingen zonder externe ondersteuning en begeleiding kunnen implementeren. De scholen zullen zeker een beroep doen op de know-how en expertise van deskundigen. Deze deskundigheid is onder andere te vinden bij verzorgingsinstellingen, alsook het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen.

2. INTRODUCTIE VAN NIEUWE TECHNOLOGIEËN

Een andere ontwikkeling, die zowel van betekenis is voor modulering als voor de didactiek, is de invoering van nieuwe technologieën in het voortgezet onderwijs. In de periode van 1986 tot eind 1988 heeft het NIVO-project hierin een belangrijke rol gespeeld. Binnen het NIVO-kader zijn een groot aantal projecten gestart met als doel de automatisering en het

computerondersteund onderwijs binnen de scholen van het voortgezet onderwijs gestalte te geven. Bovendien kregen bijna alle scholen van voortgezet onderwijs uit de eerste fase een NIVO-set beschikbaar, dat wil zeggen 11 personal computers. De verantwoordelijkheid voor deze activiteiten is overgedragen aan het PRINT-management. De continuïteit van de projecten wordt daarmee gewaarborgd. En dat is beslist noodzakelijk. In een maatschappij waar de computer een steeds belangrijker rol gaat spelen is het een taak van het onderwijs de leerlingen vertrouwd te laten worden met deze apparatuur en ze ervaring op te laten doen met het gebruik van de computer. Wil Nederland na 1992 op de vrije Europese markt een gunstige positie innemen, dan zal het onderwijs vooral op het gebied van de 'high tech' voor voldoende scholing moeten zorgdragen. Dat de automatisering hier een essentiële rol speelt hoeft ik U niet te vertellen.

Het computerondersteund onderwijs is een onderdeel dat met het oog op de didactiek bijzondere belangstelling verdient. Computerprogramma's, waarmee de leerling zich zelfstandig bepaalde vaardigheden kan eigen maken of repeteren, bieden vele mogelijkheden tot didactische differentiatie. Terwijl leerlingen met de computer werken, kan de docent zijn aandacht richten op bijvoorbeeld intensievere begeleiding aan kleine groepen. Het werken met een beperkt aantal leerlingen zou enerzijds mogelijk kunnen worden door ook met grote groepen te werken in de vorm van hoorcolleges, maar kan anderzijds ook mogelijk worden door de verdere ontwikkeling op het terrein van het computer-ondersteund onderwijs.

De invoering van nieuwe technologieën en de ontwikkelingen inzake de nieuwe media zijn in velerlei opzichten van groot belang voor het onderwijs. Ik ben dan ook verheugd dat de participerende vakgroepen in CD-B zowel binnen het nieuwe technologieënbeleid als binnen het nieuwe media-beleid actief zijn.

Zoals gezegd geven naar mijn mening modulering, nieuwe technologieën en nieuwe media en de daarmee samenhangende didactisch noodzakelijke vernieuwingen ruim voldoende aanknopingspunten voor de activiteiten die het CD-B binnen het vakgebied kan ontplooien. Maar er zijn nog meer terreinen waarop het CD-B actief kan zijn. Ter illustratie wil ik nog twee ontwikkelingen toelichten waarin mijns inziens ook het CD-B een rol kan spelen, namelijk contractactiviteiten en nascholing.

3. CONTRACTACTIVITEITEN

De overheid probeert actief bij te dragen aan het tot stand brengen van meer contractactiviteiten. Nog deze maand zal - naar verwachting - de Eerste Kamer haar fiat geven aan het wetsvoorstel "contractactiviteiten". Dat wetsvoorstel heeft overigens betrekking op instellingen in het voortgezet onderwijs en het leerlingwezen. Het Kabinet verwijst in het wetsvoorstel naar het rapport van de Commissie Wagner, waarin gewezen wordt op "het belang van wederkerend onderwijs voor de aansluiting tussen onderwijs en arbeidsmarkt". Andere argumenten zijn de maatschap-

pelijke oriëntatie en de gerichtheid van het onderwijs op de arbeidsmarkt.

U weet dat vele onderwijsinstellingen ook nu al contractactiviteiten uitvoeren. Dat gebeurt in vrijwel alle gevallen door middel van het oprichten van een aparte rechtspersoon, bijvoorbeeld een stichting.

Contractactiviteiten uitvoeren vereist van de school een commerciële instelling. Uitgangspunt moet zijn "wat heb ik te bieden dat voor anderen interessant genoeg is?" Dat betekent dat achterhaald moet worden hoe de vraag luidt, waar deze ligt en hoe daar met maatwerk op kan worden ingespeeld. Daarbij komen activiteiten en capaciteiten aan de orde zoals marketing en public-relationsbeleid, zwakte/sterkte analyse, produktontwikkeling en evaluatie ervan, kwaliteitsbewaking en last but not least kostenraming en kostenbewaking. Wil een organisatie met succes contractactiviteiten uitvoeren, dan zal zij zich flexibel moeten opstellen en over een goed communicatie-netwerk dienen te beschikken. Niet alleen cliënten (en het behoud ervan) zijn in het geding. Ook heeft de organisatie te maken met concurrenten. De organisatie die met succes contractactiviteiten wil uitvoeren moet dus over een commerciële instelling beschikken. Dat geldt voor de betrokkenen zelf, maar ook voor de wijze van werken. Anders gezegd: er moet doelgericht, doelmatig en planmatig gewerkt worden. Ook de juridische, financiële en personele aspecten zullen grondig tevoren geregeld moeten zijn.

Ik denk dat een instelling als CD-B voldoende kwaliteit in huis heeft om de scholen behulpzaam te zijn en te begeleiden in een proces naar (meer) contract-gericht onderwijs. Zo kan het CD-B programma's voor opleidingen en methodes voor cursussen opstellen die de scholen nodig hebben voor hun contractactiviteiten met bedrijven en andere instellingen.

4. NASCHOLING VAN DOCENTEN

Met betrekking tot de nascholing zal het U bekend zijn dat de minister een concept-beleidsnota heeft uitgebracht. Het overleg in de hoger onderwijskamer, de CCOO, de BC en de CB is onlangs afgerond. Het is verheugend te kunnen constateren dat in alle overlegsgremia over deze nota overeenstemming is bereikt, zodat gesteld mag worden dat de beleidsvoornemens van de minister op het terrein van de nascholing op een breed draagvlak rusten. De nota is inmiddels voor advies aan de Onderwijsraad toegezonden. Na verwerking van dat advies zal de minister de nota definitief vaststellen en aan de Tweede Kamer toezenden.

In de tijd gezien vallen de start van het CD-B en het verschijnen van deze nascholingsnota ongeveer samen en dat is voor Uw centrum een gelukkige omstandigheid. Waren tot op heden de universitaire lerarenopleidingen, zeker budgettair gezien, slechts in beperkte mate bij de nascholing betrokken (historisch zeer wel verklaarbaar, maar daar ga ik vandaag niet verder op in), in de toekomst ligt er de mogelijkheid dat daar verandering in komt. De sleutel tot die verandering ligt echter in

Uw handen en niet langer meer bij de overheid. Laat ik dit op een paar punten toelichten.

- In de opeenvolgende Rijksbegrotingen van de afgelopen jaren schommelde het totale nascholingsbudget rond de 30 miljoen gulden per jaar. In de financiële paragraaf van de nascholingsnota kunt U lezen dat dit bedrag in 6 jaar gaat groeien tot minimaal 137 miljoen gulden. Een verhoging derhalve met ruim 450%! De nascholingsmarkt neemt in omvang dus drastisch toe en op die markt kunt U zich bewegen.
- Het nascholingsbudget werd tot nu toe jaarlijks door de overheid over de lerarenopleidingen verdeeld. Niet in het laatst om rechtspositionele en werkgelegenheidsredenen, was in deze toedeling weinig flexibiliteit aan te brengen. Bij invoering van de beleidsvoornemens uit de nascholingsnota komt daarin echter verandering. De scholen ontvangen voortaan het nascholingsgeld en zij gaan bepalen bij wie zij de voor hen noodzakelijke nascholingsgelden besteden. Daarbij geldt voor de scholen wel één generale verplichting. Het is uiteraard niet de bedoeling dat opleidingsinstellingen (en daarbij moet primair aan de lerarenopleidingen worden gedacht) door het keuzegedrag van scholen bijvoorbeeld op grond van zeer concurrerende prijsstellingen van andere instellingen, buiten spel zouden komen te staan. Dat zou de kwaliteit van het onderwijs niet ten goede komen. Daarom heeft de minister vastgesteld dat scholen verplicht zijn in de eerste jaren tenminste 80% van hun budget te besteden bij lerarenopleidingen. Niet alleen dus wordt de nascholingsmarkt met ruim 450% vergroot; lerarenopleidingen als totaliteit zijn op voorhand vooralsnog verzekerd van 80% van deze markt.
- Wat de minister zeer bewust niet aan scholen voorschrijft, is tot welke lerarenopleidingen zij zich moeten wenden. In de keuze van één of meer lerarenopleidingen zijn zij volstrekt vrij. En hier ligt, zeer zeker ook voor U, een strategisch belangrijke uitdaging.

Voorspelbaar is namelijk dat scholen zich gaandeweg zullen wenden tot die instellingen die:

1. nascholing bieden die de school behoeft en die geënt is op de concrete lespraktijk,
2. nascholing bieden van hoge kwaliteit,
3. nascholing bieden binnen de gewenste termijn, duur en plaats,
4. nascholing bieden tegen een aanvaardbare prijs.

Kortom: nascholing op maat, en dat is wat anders dan het toch vrij traditionele patroon van uitsluitend mondelinge cursussen, bestaande uit relatief veel bijeenkomsten van relatief korte duur en te verzorgen in het huis van de lerarenopleidingen.

Ik zei zojuist: hier ligt voor U een strategisch belangrijke uitdaging. Ik wil hier echter ook een waarschuwing of vriendelijker gezegd een indringend verzoek aan verbinden. Het voorgestelde nieuwe nascholingssysteem kan ertoe leiden dat lerarenopleidingen elkaar op een ongewenste wijze gaan beconcurreren om zodoende ieder voor zich een zo groot mogelijk deel van de nascholingskoek binnen te halen. Uw energie wordt dan niet aangewend voor wat het onderwijs nodig heeft, maar om de zusterinstel-

lingen zoveel mogelijk buitenspel te zetten. Dat zou een ordinair territoriumgevecht inhouden en ik voorspel U dat dan de tijd niet ver weg zal zijn waarop een minister van onderwijs zich genoodzaakt zal zien een nieuwe concept-beleidsnota nascholing uit te brengen. Een waarschuwing dus! Liever laat ik dit onderdeel van mijn toespraak vertalen in een indringend verzoek: als de lerarenopleidingen het oog gericht houden op wat goed is voor de scholen, zullen zij gezamenlijk tot afspraken komen waarbij vragen aan de orde zijn als:

- wie van ons heeft op dit terrein de meeste expertise en aan wie wordt dus gevraagd deze nascholing te verzorgen,
- is het met het oog op de te bieden kwaliteit raadzaam om een bepaalde nascholing in een samenwerkingsverband uit te voeren.

Uit het voorgaande is reeds gebleken dat de ontwikkelingen in het onderwijs de aandacht vragen van alle betrokkenen. Een samenspel van onderwijsinstellingen en verzorgingsinstellingen is van essentieel belang voor de invoering van vernieuwingen. Deze vernieuwingen, zoals modulering en de invoering van nieuwe technologieën en media, vereisen een vaak vergaande aanpassing van de scholen. Van de zijde van de scholen wordt dan ook enige flexibiliteit verwacht. Ondernemende scholen, die zich bewust zijn van de ontwikkelingen in het onderwijsveld, zullen zeker oog hebben voor mogelijkheden die leiden tot verbetering van de kwaliteit van het onderwijs.

Toch mag, of beter, kan niet worden aangenomen dat scholen zonder begeleiding en externe ondersteuning tot optimale inpassing van onderwijsvernieuwing komen. Immers, het gaat hier niet alleen om marginale aanpassingen, maar vooral om het invoeren van meer fundamentele mogelijkheden om de kwaliteit van het voortgezet onderwijs te verbeteren.

Scholen die zich actief opstellen moeten kunnen rekenen op gerichte en kwalitatief hoogwaardige ondersteuning. En hier zie ik een interessant werkterrein waarbij "het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen" naast, en dit wil ik nogmaals benadrukken, de wov-instellingen een rol kan spelen. Het CD-s moet met zijn kwaliteiten zich een goede plaats kunnen verwerven op de markt van vraag en aanbod met betrekking tot nascholing, leerplanontwikkeling, onderzoek en contractactiviteiten. Gezien de ontwikkelingen in het onderwijs zal de vraag op deze terreinen, waarop juist Uw instelling de activiteiten concentreert, toeneemen.

Wanneer U actief inspeelt op de behoefte - en daar twijfel ik niet aan - kunt U met vertrouwen de toekomst van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen tegemoet zien.

HET ONDERZOEK IN CD- β NADER BEKEKEN

H.P. Hooymayers
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

1. CD- β IN VOGELVLUCHT

Alvorens wat langer stil te staan bij het onderzoek in het Centrum voor β -Didactiek wil ik kort ingaan op de vraag wat CD- β eigenlijk voor groep is en met behulp van enkele kengetallen proberen aan te geven waarmee CD- β zich vooral bezighoudt. CD- β is een centrum waarin zich vier β -didactische vakgroepen van de Utrechtse Universiteit hebben verenigd.

1. De vakgroep Onderzoek Wiskundeonderwijs en Onderwijs Computercentrum
2. De vakgroep Natuurkunde-Didactiek
3. De vakgroep Chemie-Didactiek en
4. De vakgroep Didactiek van de Biologie

Totaal gaat het om een groep van ca. 100 medewerkers, waarbij inbegrepen het ondersteunend administratief en technisch personeel. De belangrijkste CD- β activiteiten uitgedrukt in percentages van de er aan bestede tijd zijn weergegeven in figuur 1.

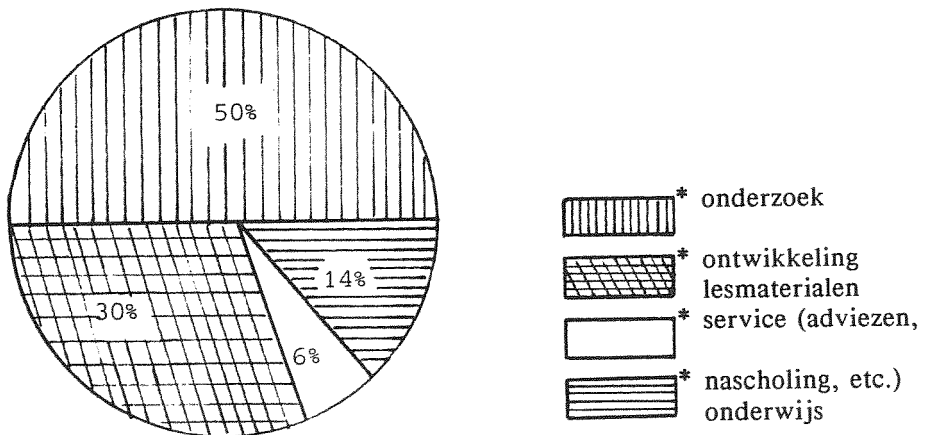


Fig. 1 Activiteiten van het Centrum

Het onderwijs binnen de opleiding voor leraren vindt steeds in nauwe samenwerking plaats met het Interfacultair Instituut voor de Leraarsopleiding, Onderwijsontwikkeling en Studievaardigheden (het IVLOS). Daarnaast wordt er aan de eigen faculteiten nog onderwijs in de vakdidactiek en in het vak zelf verzorgd. Bij de ontwikkelactiviteiten op het gebied van lesmateriaal is het Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO) uit Enschede

steeds op een of andere wijze betrokken. De onderzoek- en ontwikkelactiviteiten worden voor ongeveer een derde deel gefinancierd door de ministeries en door het Instituut voor Onderzoek van het Onderwijs (svo). De resterende gelden zijn afkomstig van de Utrechtse Universiteit zelf. De belangrijkste opbrengsten die de centrumactiviteiten jaarlijks opleveren komen tot uitdrukking in:

- 70 wetenschappelijke publikaties,
- 80 vakpublikaties,
- 2 à 3 proefschriften en
- ontwikkeld lesmateriaal.

Daarnaast worden er elk jaar opgeleide leraren afgeleverd en kan ook de service aan het onderwijsveld door middel van nascholing, advisering, leerlingenpractica, etc. als produkt van centrumactiviteiten worden beschouwd.

2. ONDERZOEK IN CD-B

Na in het kort iets gezegd te hebben over activiteiten en opbrengsten van CD-B (veel meer kunt U vinden in de CD-B brochure, die op aanvraag verkrijgbaar is) wil ik de aandacht richten op de activiteit die het grootste gedeelte van de centrumtijd in beslag neemt: het onderzoek. Om eerst de breedte van het onderzoek zichtbaar te maken volgen hier de (voorlopige) titels van promotieonderzoeken die in het cursusjaar 1989/1990 zullen worden afgesloten. Het betreft hier zowel onderzoeken over het wetenschappelijk onderwijs (wo) als onderzoeken op het terrein van het voortgezet onderwijs (vo), het basisonderwijs (bo) en de lerarenopleiding (lo).

De volgorde van de onderzoeken is tamelijk willekeurig. Alleen de lijn wo - lo is daarbij aangehouden. De negen onderzoeken waar het om gaat zijn:

- Didactiek van het meten in de chemie (wo)
- Biologieonderwijs en gezondheidseducatie (vo)
- Mechanica-onderwijs in beweging (vo)
- Ioniserende straling en risicoafweging in het natuurkundeonderwijs (vo)
- Een chemiedidactische studie van het onderwerp rekenen aan reacties in 4 HAVO en 4 VWO (vo)
- Cognitieve en affectieve opbrengsten van experimenteel PLON-materiaal (vo)
- Oorzaken van de geringe populariteit van het vak natuurkunde als examenvak bij meisjes in MAVO en HAVO (vo)
- Realistisch Wiskundeonderwijs voor 5 tot 8 jarigen (bo)
- Interpersoonlijk leraarsgedrag in de klas (lo)

Naast deze vergevorderde promotieonderzoeken zijn er nog een negental proefschriften in wording die minder ver op weg zijn. Deze bestrijken eveneens uiteenlopende onderwerpen, zoals:

- de ontwikkeling van een chemisch elementbegrip in het beginonderwijs van scheikunde (VO);
- de ontwikkeling van het begrip chemisch evenwicht in de bovenbouw van HAVO en VWO (VO);
- het ontwikkelen van een kwantitatieve argumentatie bij het ontwerpen van syntheses op een universitair chemiepracticum (WO);
- de ontwikkeling van het energiebegrip bij vwo-bovenbouw leerlingen in realistisch natuurkundeonderwijs (VO);
- het ontwerpen en beproeven van natuurkundeonderwijs volgens een te ontwikkelen constructivistische didactiek over het onderwerp atoombouw en ioniserende straling in MAVO en LBO (VO);
- het ontwikkelen van realistisch reken/wiskunde onderwijs (BO);
- homeostase: leren en onderwijzen van een fundamenteel biologisch principe in de bovenbouw van HAVO/VWO (VO);
- de beïnvloedbaarheid van interpersoonlijk gedrag van docenten in de klas (LO);
- vormgeving van de praktische component van de universitaire lerarenopleiding (LO).

Van de achttien genoemde onderzoeken hebben twee chemie-onderzoeken betrekking op het wetenschappelijk onderwijs, twee wiskunde-onderzoeken op het basisonderwijs en drie onderzoeken op de lerarenopleiding. De overige elf zijn gericht op het voortgezet onderwijs. Wat het VO betreft zijn alle schooltypen en leerlingleeftijden betrokken bij het onderzoek, althans voor zover er wiskunde of één der natuurwetenschappen op de lestabel voorkomt.

Nu met behulp van de titels van de lopende onderzoeken enig zicht is gegeven op de verscheidenheid van de onderzoeksinspanning van CD-8 wil ik op enkele van deze onderzoeken wat nader ingaan.

3. VIER ONDERZOEKEN NADER BEKEKEN

Bij de keuze van de vier onderzoeken is geprobeerd een enigszins representatief beeld te geven van het CD-8 onderzoek. De vier onderzoeken bestrijken dan ook het terrein

- van biologie tot wiskunde;
- van WO tot BO;
- van klassieke leerstof (breuken, mechanica) tot nieuwe leerstof (gezondheidseducatie);
- van begrippen en theorieën (mechanica) tot werkwijzen (chemisch meten).

Van elk der vier onderzoeken volgt nu een korte schets.

A. Didactiek van het meten in de chemie

(Uitgevoerd door Martin Goedhart en af te sluiten in 1990)

Het onderzoek naar chemisch meten vindt plaats op het scheikunde-practicum voor 1e jaars studenten (RUU). Hoofddoelen van practica in het wetenschappelijk onderwijs zijn vaak:

- het leren onderzoeken, en
- het leren gebruiken van theoretische kennis in experimentele situaties.

Kenmerkend voor zo'n practicum is dat de experimenten door studenten worden uitgevoerd aan de hand van gedetailleerde voorschriften, en dat de docent veel voordeelt en ook veel instructies geeft. De nadruk blijft dan ook veelal te liggen op praktische vaardigheden.

In dit onderzoek proberen de chemiedidactici en practicumbegeleiders practica te ontwikkelen waarbij studenten zelf experimenten ontwerpen, de zogenaamde ontwerpgerichte practica. Deze practica zijn dan ook minder gericht op het ontwikkelen van handvaardigheid. De studenten worden sterk aangesproken op hun theoretische kennis, die actief benut wordt bij het inrichten van het experiment. Het ontwikkelen van een werkwijze voor chemisch onderzoeken en het ontwikkelen van kernbegrippen voor meten in de chemie vormen belangrijke aspecten van dit onderzoek.

Het opzetten van ontwerpgerichte practica stelt nieuwe eisen aan de structuur van de experimenten en van het practicumprogramma. Vragen die naar voren komen, zijn bijvoorbeeld:

- welke problemen zijn er voor studenten en docenten bij het ontwerpgericht experimenteren?
- welke ontwerpgerichte experimenten sluiten aan bij de leermogelijkheden van studenten en de onderwijsmogelijkheden van docenten?
- welke chemische onderwerpen lenen zich voor ontwerpgerichte experimenten en in welke volgorde kunnen deze worden aangeboden?

Om over deze problemen meer helderheid te krijgen, is gekozen voor het verrichten van didactisch onderzoek op de practicumzaal zelf. Zo worden bij het beproeven van nieuwe experimenten gesprekken tussen studenten en docenten op geluidsband opgenomen en er wordt zo goed mogelijk geobserveerd wat er goed en eventueel niet goed gaat tijdens het ontwerpen en uitvoeren.

Enkele ontwerpgerichte experimenten zijn ontwikkeld, zoals het experiment "kookpunt van oplossingen". Hierin wordt door de studenten een meetprocedure ter bepaling van een kookpunt van een oplossing ontworpen en uitgevoerd. De wijze waarop de meting is gedaan wordt na afloop in een groepsgesprek tussen de studenten en de docent onderling vergeleken en geëvalueerd. Op deze wijze krijgen studenten inzicht in de koppeling tussen de gekozen meetomstandigheden en de bereikte meetresultaten. Er worden dan besluiten genomen teneinde de meetprocedure steeds verder te ontwikkelen.

Dit voorbeeld van een ontwerpgericht experiment heeft ontwerpen en evalueren als centrale thema's en foutenleer als belangrijk theoretisch argumentatiemiddel. Hiermee wordt een nieuwe vorm van practicumonderwijs ontwikkeld, dat de doelstelling van het "leren wetenschappelijk onderzoeken" in de praktijk brengt, dat aansluit bij de kennis van studenten en waarvan gebleken is dat het produktief is voor studenten.

B. Biologieonderwijs en gezondheidseducatie

(Uitgevoerd door Arend Jan Waarlo en afgesloten in 1989.)

Het gaat in dit onderzoek om een aanzet tot onderwijsvernieuwing, n.l. om gezondheidseducatie in biologieonderwijs te introduceren. Onder gezondheidseducatie wordt daarbij verstaan: alle activiteiten in het onderwijs rond het bevorderen van gezond gedrag. De kernideeën van gezondheidseducatie kunnen, populair gezegd, als volgt worden weergegeven: een gezonde geest in een gezond lichaam in een gezonde omgeving, en de verantwoordelijkheid van individuen voor hun eigen gedrag en de zorg t.a.v. anderen.

Als de basisvorming in één of andere vorm doorgaat komt de taak voor gezondheidseducatie grotendeels te liggen bij de biologiedocent. Om dergelijk onderwijs als het ware voor te bereiden tracht men in deze studie antwoorden te vinden op vragen als:

- Wat zou de inhoud van gezondheidseducatie moeten zijn en hoe is een dergelijke inhoud te rechtvaardigen naar wetenschap, maatschappij, leerlingen en leraren?
- Wordt er in het huidige biologieonderwijs al iets gedaan aan aspecten van gezondheidseducatie? Wat dan en op welke manier?
- Wat voor ideeën hebben leerlingen nu reeds m.b.t. kernbegrippen uit gezondheidseducatie, zoals de begrippen ziekte en gezondheid en hoe kunnen deze begrippen ontwikkeld worden bij leerlingen in contextrijk biologieonderwijs?
- Hoe gaan biologiedocenten met kernideeën uit de gezondheidseducatie om?
- Kort gezegd: wat moet er allemaal gebeuren om deze vernieuwing tot realiteit te maken en op welke wijze kan bijvoorbeeld nascholing daarbij helpen?

Op grond van literatuuranalyse wordt in deze studie de inhoud van gezondheidseducatie vanuit vier verschillende gezichtspunten geschetst en de keuze zo duidelijk mogelijk gerechtvaardigd.

Om inzicht te krijgen in de huidige praktijk van het biologieonderwijs zijn eindexamenprogramma's, leerboeken en eindtermen in de basisvorming bestudeerd en zijn leraren en leerlingen uitvoerig geïnterviewd en geënteerd. Veel discussies met docenten hebben ook plaatsgevonden in nascholingscursussen.

Enkele resultaten uit dit onderzoek kunnen als volgt worden samengevat.

Er blijkt duidelijk sprake te zijn van ontwikkelingen in het biologieonderwijs ten gunste van gezondheidseducatie ofschoon er nog een lange weg te gaan is.

Leerlingen en leraren denken bij het begrip gezondheid in hoofdzaak aan lichamelijke aspecten en vanuit ziekte, d.w.z. "gezond" is zoiets als "niet ziek". Leraren brengen in tegenstelling tot leerlingen gezondheid nauwelijks in verband met de omgeving. De nadruk bij leraren ligt op het medisch kennen en kunnen, en veel minder op de natuurlijke weerstand en het zelfhelend vermogen van een mens. Als men het in de biologielessen bijvoorbeeld heeft over stuifmeel gaat het ook over allergie. Bij de behandeling van het oog gaat het over oogafwijkingen en wat daar medisch aan kan worden gedaan. Meestal wordt er niet over gesproken hoe

je het een en ander eventueel kan voorkomen door gezond gedrag. Gezondheidsproblemen op latere leeftijd zijn immers vaak te verwachten in verband met riskante leefgewoonten nu, zoals: gebrek aan beweging, roken, slechte voeding, alcoholgebruik, niet veilig vrijen. Ook vermijden van stress-situaties en van een ongezond milieu (ozonlaag en andere milieu-aspecten) kunnen behoorlijk helpen. Vaak ontstaan leefgewoontes (ook de ongezonde) juist op jeugdige leeftijd.

Voor het bevorderen van gezond gedrag is het van belang dat leerlingen hun eigen leefwijze kritisch leren analyseren en kennis maken met gedragsalternatieven. Ze dienen de leerstof als het ware op zichzelf te betrekken. Dergelijk onderwijs vereist een andere didactische aanpak dan het traditionele onderwijs.

Ook dient meer aandacht besteed te worden aan zaken die invloed hebben op het lichaam, zoals de omgeving en de geest. Zo zal er bijvoorbeeld meer integratie van gezondheidseducatie en milieu-educatie dienen plaats te vinden.

C. Mechanica-onderwijs in beweging

(Uitgevoerd door Dik van Genderen en afgesloten in 1989.)

Mechanica in HAVO/VWO lijkt nogal eenvoudig, logisch en overzichtelijk, maar wordt door leerlingen moeilijk en vaak vervelend gevonden.

- Waar ligt dat aan en wat kan daaraan gedaan worden?
- Welke argumenten spelen eigenlijk een rol bij de keuze van de mechanica-leerstof voor HAVO/VWO?
- Welke begripsmoeilijkheden treden er op en wat is daaraan te doen?

Je zou kunnen zeggen dat een gedeelte van het moeilijke en niet leuke van het mechanica-onderwijs te maken heeft met het feit dat de theorie voorop is komen te staan. Het vooropstellen van de theorie heeft veelal geleid tot voor leerlingen werkelijkheidsvreemd mechanica-onderwijs. Het vooropstaan van de theorie en de grote afstand tot praktijksituaties is mede het gevolg van het feit dat de middelbare-schoolmechanica veelal afgeleid is van de academische discipline via een proces van voortschrijdende verdunning en elementarisering. De vaklogische samenhang van de begrippen, de vakstructuur, hoeft echter niet voor het leren van die begrippen de vanzelfsprekend beste weg te zijn.

In dit onderzoek (evenals in het volgende) is geprobeerd het op een geheel andere wijze te doen aan de hand van nieuw ontwikkeld materiaal. Daarin spelen praktijksituaties (leefwereldcontexten) een belangrijke rol. Het gaat om het PLON-thema "Verkeer" voor de HAVO-bovenbouw. In dit onderzoek is ook met name nagegaan wat voor denkbeelden leerlingen al hebben m.b.t. mechanica begrippen, teneinde daar zo veel mogelijk rekening mee te houden. Welke alternatieve denkbeelden hebben leerlingen, bijvoorbeeld m.b.t. kracht en beweging?

Drie voorbeelden van mechanica-regels die leerlingen op grond van hun eigen ervaringen gebruiken als zij vragen over kracht en beweging in praktijksituaties beantwoorden, zijn:

- bij constante snelheid werkt er een netto-kracht in de richting van de beweging;
 - bij grote snelheden horen grote krachten in de richting van de beweging ($F \sim v$);
 - de sterkste partner in een wisselwerking oefent de grootste kracht uit.
- Deze regels, die in strijd zijn met de mechanica-wetten van Newton, tref je ook aan bij leerlingen die reeds mechanica-onderwijs hebben gehad. De regels zijn dus zeer sterk ingebed in de denkstructuren waarover de leerling beschikt. Met het bestaan van dergelijke leerlingdenkbeelden wordt in het thema "Verkeer" zo veel mogelijk rekening gehouden. Het onderzoek heeft geleid tot:
- meer inzicht in de oorzaken van het feit dat het mechanica-onderwijs veelal niet bereikt wat men er van verwacht en mee beoogt;
 - een goed alternatief voor het gangbare mechanica-onderwijs;
 - meer zicht op argumenten die gehanteerd zijn bij de keuze van mechanica-leerstof voor verschillende schooltypen.

D. Realistisch breukenonderwijs

(Uitgevoerd door Leen Streefland en afgesloten in 1988.)

Breuken en verhoudingen zijn er de oorzaak van dat veel kinderen afhaken in het basisonderwijs en dat onderwerpen als dichtheid en druk in natuur- en scheikunde in het voortgezet onderwijs schipbreuk lijden.

Hoe komt het toch, dat breuken zo moeilijk zijn? Een belangrijke reden voor deze moeilijkheden komt ook hier door het feit dat in de meeste leerboeken de theorie voorop is komen te staan. Een theorie die ontdaan is van zijn ontstaansbron en toepassingsbron. Dat heeft geleid tot schraal en ook werkelijkheidsvreemd zogenaamd mechanistisch rekenonderwijs. Dit soort onderwijs is in hoge mate ineffectief gebleken.

In het proefschrift wordt beschreven hoe een nieuwe geheel andere leergang in onderzoek - dat bijna drie jaar duurde - werd ontwikkeld en beproefd. Enkele belangrijke ingrediënten van de ontwikkelde leergang zijn:

- de realiteit (d.w.z. situaties aan de werkelijkheid ontleend) wordt gebruikt als bron en als toepassingsgebied (zo wordt er eerst veel ervaring met een groot aantal verdeelsituaties opgedaan);
- de inbreng van leerlingen door middel van wat zij zelf construeren en produceren. Daarmee doen ze grondervaringen op als belangrijk voorstadium voor breuken en verhoudingen;
- het ontwikkelen van schema's en modellen in het onderwijsleerproces;
- het inrichten van onderwijs als een interactief proces van samenwerking en discussie.

Van een aantal leerlingen zijn de individuele leerprocessen langdurig gevolgd. Het bestuderen van deze leerprocessen heeft tot verdere theorievorming over realistisch onderwijs en het leren van breuken geleid. De effecten werden vergeleken met de resultaten van 200 leerlingen uit traditionele leergangen. In de helft van de gebruikelijke onderwijstijd werden met het nieuwe programma al betere resultaten bereikt.

4. GEMEENSCHAPPELIJKE ELEMENTEN IN HET ONDERZOEK

Als we zoeken naar de gemeenschappelijke elementen in de onderzoeken binnen CD-B, blijken drie elementen in een flink aantal onderzoeken een rol te spelen, namelijk:

- het ontwerpen en evalueren van realistisch onderwijs waarin praktijk-contexten (realistische situaties) worden gebruikt als bron en als toepassingsgebied;
- het onderzoek naar leerlingdenkbeelden, ook wel het "natuurlijk denken" van leerlingen genoemd;
- het zoeken naar een didactische structuur van begrippen, die van belang is bij het ontwikkelen van vakinhoudelijke kernbegrippen.

Achtergrond van met name de laatste twee elementen is dat *te* vanzelfsprekend wordt aangenomen dat de samenhang van begrippen, verkregen via een vaklogische analyse achteraf en uitsluitend vanuit wetenschappelijk gezichtspunt geformuleerd, de zogenaamde vakstructuur, ook het meest geschikt is voor het leren van deze begrippen. De gebruikelijke vereenvoudiging van de vakstructuur blijkt niet zonder meer te leiden naar een adequate didactische structuur. Om aan te geven hoe begripsontwikkeling dan wel wordt bevorderd, d.w.z. hoe de didactische structuur er uit ziet, is meer empirische onderbouwing nodig, voortkomend uit het nauwkeurig volgen van de ontwikkeling van begrippen bij leerlingen in het onderwijs.

Veelal wordt de leerstof momenteel, wat keuze, volgorde en behandeling betreft, verkregen via wat wel "een toenemende verdunning van de academische discipline" genoemd wordt. Hiermee wordt bedoeld dat de leerstof, vertrekkend vanuit wat gebruikelijk is in de eerste jaren van de universitaire studie, stapsgewijs verdund wordt tot MAVO/LBO leerstof, via de tussenstations VWO en HAVO. Natuurlijk is dit een te simpele voorstelling van zaken, maar ze tekent in ruwe lijnen een situatie die velen bekend zal voorkomen en die in de schoolboeken zichtbaar is.

Ervaringen tot nu toe leren, dat de vakstructuur als vakwetenschappelijk criterium voor onderwijsinrichting, zeker in het beginonderwijs, minder dominant dient te zijn. Ook andere inrichtingscriteria dienen beproefd te worden. Zo zouden naast de vakstructuur tenminste drie andere criteria dienen mee te wegen bij de inrichting van het beginonderwijs in de β -vakken, en wel:

- a. *Begripsontwikkeling rekenend met aanvankelijke denkbeelden van leerlingen (criterium van leerpsychologische aard).*

Het gaat dus om het ontwikkelen van begrippen langs een weg die gebaseerd is op bestudering van het onderwijzen en leren van deze begrippen en werkwijzen. Leerlingen zouden door reflectie op hun ideeën tot meer produktief maken van hun eigen denkbeelden dienen te komen. Dit impliceert minder leren door overdracht en meer door ontwikkeling in interactie met medeleerlingen, leraar en lesmateriaal. Realistische situaties zouden, afhankelijk van de specifieke mogelijkheden van het betreffende β -vak, als bron- en toepassingsgebied gebruikt dienen te worden.

- b. *Meer aansluiting bij motieven en interessen van leerlingen (criterium van pedagogische aard).*

Dit houdt in dat een eenzijdige nadruk op het voor de natuurwetenschappen zo belangrijke verklaringsmotief vermeden wordt. Hoewel het zoeken van verklaringen voor allerlei verschijnselen als leidend motief voor vele wetenschappers voldoende is om in de β -wetenschappen een levenstaak te vinden, blijken vele leerlingen (met name de 70% die deze vakken niet kiezen na de onderbouw) minder gegrepen te worden door het verklaringsmotief. Daarvoor in de plaats, of beter daarnaast, zou men dan ook meer aandacht kunnen besteden aan tenminste twee andere motieven die ik respectievelijk het "*bruikbaarheidsmotief*" en het "*zorg en verantwoordelijkheidsmotief*" zou willen noemen.

Bij het "*bruikbaarheidsmotief*" staan bij de leerling vragen op de voorgrond als: Wat kan ik er mee? Wat heb ik er aan in het dagelijks leven? Hoe belangrijk is het vak voor een voor mij aantrekkelijk beroep? De Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (WEN, 1988) komt er het dichtst bij in haar algemene doelstellingen als ze pleit voor "wendbaarheid in een technische omgeving" en "bewust consumentengedrag". Ook in een conferentie van de KNCV, NVON en ACLO-Scheikunde is gepleit voor wat daar "consumenten-scheikunde" werd genoemd in de onderbouw.

Wat het "*zorg en verantwoordelijkheidsmotief*" betreft zou ik willen wijzen op hetgeen de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid zegt (WRR, 1986) als ze pleit voor het opnemen van de natuurwetenschappen in de groep verplichte vakken van de basisvorming. Natuurwetenschappen moeten worden onderwezen in de basisvorming, aldus de WRR, teneinde mensen beter in staat te stellen zorg en verantwoordelijkheid te dragen voor hun persoonlijk welzijn en voor het welzijn van mensen, dieren, planten en de eigen omgeving. Ook de WEN wil in haar algemene doelstellingen leerlingen zorg en verantwoordelijkheid voor milieu en gezondheid bijbrengen, en pleit daarmee indirect voor meer aandacht voor het zorg- en verantwoordelijkheidsmotief. Dit motief zal dan ook de gelegenheid moeten krijgen om uitdrukkelijker in de inhoud van de β -vakken door te klinken en zal bijvoorbeeld een plaats kunnen vinden in onderwerpen als 'veilig rijden', 'stralingsbescherming', 'waterzuivering' etc.

Een derde criterium, dat naast de vakstructuur een rol moet kunnen spelen bij de inrichting van het onderwijs is van meer maatschappelijke aard en kan omschreven worden als:

- c. *Meer aandacht voor functionerende kennis in praktijksituaties (ook buiten de school) en dientengevolge minder nadruk op kennis die in principe breed toepasbaar is, maar waarbij geen verbinding met de dagelijkse werkelijkheid is gelegd.*

Sterke nadruk in het onderbouw-onderwijs op dergelijke algemene kennis, zonder verbinding met het dagelijks leven is meestal het gevolg van een sterke overschatting van de transferbekwaamheid van leerlingen (zie b.v. Geensen, 1983), of een sterke onderschatting van

de moeilijkheden die het breed toepassen van algemene kennis met zich meebrengt. Het beschikken over een grote wendbaarheid van vakkennis in uiteenlopende situaties is slechts weggelegd voor de 10 à 20% van de leerlingen die het vakwetenschappelijk formalisme behoorlijk beheersen. Deze zijn met name te vinden op vwo en havo. Voor de andere 80 à 90% van de leerlingen betekent het kunnen gebruiken van vakkennis in buitenschoolse situaties, dat deze situaties *deel dienen uit te maken* van het onderwijs zelf. De kennisinhouden zullen dus gerelateerd aan praktijksituaties aangeboden moeten worden. Anders komt er van de verbinding met leefwereldkennis (zoals de WRR bijvoorbeeld beoogt) weinig tot niets terecht.

5. SLOTOPMERKINGEN

Natuurlijk kunnen er kritische kanttekeningen worden gezet bij een verschuiving naar realistisch onderwijs en bij het zoeken naar een didactische structuur, die aansluit bij het natuurlijk denken van leerlingen. Zo vraagt men zich wel af of het werken met realistische situaties het onderwijs in deze vakken niet complexer maakt dan het al is en of betekenissen, die leefwereldbegrippen hebben en die vaak sterk afwijken van de vakbegrippen, niet juist verwarrend zullen werken (denk aan "zuiver water" bij de waterzuivering en in de chemie) etc. Deze en andere vragen dienen opgelost te worden maar daartoe kan het samengaan in CD-8 juist bijdragen en een meerwaarde betekenen vergeleken met het apart blijven.

Voor een groot deel zijn de problemen van de verschillende β -vakken gemeenschappelijk van aard. Voor een deel zijn ze echter ook vakspecifiek. Op vele punten zijn we naar mijn mening samen sterker dan elk alleen. Gemeenschappelijk is in elk geval dat we menen dat het β -onderwijs aanzienlijk te verbeteren is en dat er aanwijzingen zijn dat we in de goede richting gaan, al zijn we er nog lang niet. Voor zo ver het daarbij mogelijk is samen te werken met de onderwijskunde en de leraarsopleiding zullen we dit doen. Er zijn al een aantal goede relaties en contacten. Waar dat functioneel is zullen we die uitbreiden en intensiveren. Daarnaast is er samenwerking met de SLO en in mindere mate met het CITO. Ook die contacten zullen we trachten verder te ontwikkelen. Tenslotte hopen wij dat ook de ministeries het belang van deze ontwikkelingen zullen blijven inzien en ons opdrachten zullen blijven geven ter verbetering van het β -onderwijs, dat ons allen immers nauw aan het hart ligt.

6. LITERATUUR

- Geensen, M. (1983). Integratie in de lerarenopleiding en consequenties daarvan. *Tijdschrift voor Opleiding en Onderwijs*, 2, 15-31.
- Gederen, D. van (1989). *Mechanica - onderwijs in beweging*. Proefschrift RUU.
- Streefland, L. (1988). *Realistisch breukenonderwijs*. Proefschrift RUU.

- Waarlo, A.J. (1989). *Biologieonderwijs en gezondheidseducatie*. Proefschrift RUU.
- Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (1988). *Examenprogramma's natuurkunde voor HAVO en VWO*.
- Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid (1986). *Basisvorming in het onderwijs*.

ONDERWIJSONDERZOEK: APPELS, PEREN EN FRUIT

G. Kanselaar

Vakgroep Onderwijskunde, R.U. Utrecht

1. INLEIDING

Dames en heren, de titel van mijn bijdrage is gedeeltelijk ontleend aan een bundel opstellen van professor Freudenthal uit 1984, getiteld: Appels en peren / wiskunde en psychologie. Het zal velen van u bekend zijn dat de opvattingen over onderwijskunde van verschillende personen uit de β -didactiek niet gunstig zijn. Toen de vakgroep Onderwijskunde ruim 10 jaar geleden haar 15-jarig bestaan vierde, sprak prof. Freudenthal bij die gelegenheid over onderwijskunde als een wetenschap van lege dozen.

Nu kan ik gelukkig citaten vinden die mij ook doen twifelen aan de inhoud van de wiskunde, bijvoorbeeld bij Bertrand Russell als hij zegt, dat je zuivere wiskunde kunt omschrijven als het vak waarin je nooit weet waarover je het hebt en evenmin of wat je zegt waar is (Trouw 5-6-89).

Karikaturen over en weer zijn duidelijk aanwezig. Vanuit de vakdidactiek vindt men dat de onderwijskunde het niet over onderwijsinhouden heeft en dat men onderwijsverbetering probeert te realiseren door met wetten nieuwe organisatiestructuren af te dwingen (zoals bijvoorbeeld bij de middenschool). De algemene cognitieve psychologie sluit volgens Treffers hoogstens aan bij de mechanistische of de structuralistische methoden voor het wiskunde-onderwijs, maar zij kan geen bijdrage leveren aan het ontwikkelen van realistisch wiskunde-onderwijs (Treffers, 1986a, p. 93).

Om een realistisch beeld te schetsen van de onderwijskunde zal ik eerst ingaan op de ontwikkeling in de onderwijskunde en het onderwijs-onderzoek. Daarna behandel ik een voor mij boeiend onderwerp uit de onderwijspsychologie dat raakvlakken heeft met vakdidactisch onderzoek. Tot slot zal ik de samenwerking tussen de vakgroep onderwijskunde en het centrum voor β -didactiek belichten.

2. ONDERWIJSONDERZOEK IN VAK- OF VORMINGSGEBIEDEN

Als wij de onderwijsresearch van 1965 tot 1975 bezien, dan wordt ongeveer 45% (106/232) van de svo-projecten geclassificeerd als tot een vakgebied of vormingsgebied behorend. Een inventarisatie van Welten in 1975 komt op 35% vak- of vormingsgebied gerichte projecten uit. In het svo-overzicht over de periode 1976, '77 en '78 bevatten volgens een indeling van Hildo Wesdorp (zelf taalvakdidacticus) slechts 25 van de 167 projecten een vakdidactische gerichtheid (dit is 15%). De conclusie van Hildo Wesdorp (1980, p. 87) over de periode 1965-1980 is: - ik citeer - :

"In het begin van het bestaan van svo waren belangrijke proporties van de gesubsidieerde projecten duidelijk vakgericht. Uit de analyse der jaarverslagen blijkt naar mijn mening een trend: de gesubsidieerde onderwijsresearch overstijgt steeds meer het vakgerichte niveau. Welke duizelingwekkende hoogten hier bereikt worden, is uit mijn eenvoudige analyse niet af te leiden".

De verhouding tussen algemeen onderwijskundige projecten en vakgerichte projecten is voor de laatste ongunstiger geworden. Een snelle blik in de svo-plannen voor 1990 levert ook ongeveer 10 tot 15% vakgerichte projecten op. Als een oorzaak wijst Wesdorp aan het verschil in methodologische know-how, tussen sociale wetenschappers en vakgebiedspecialisten, waardoor onderwijsonderzoek een sociaal-wetenschappelijk onderonsje is geworden en er sprake is van een onderwijsresearch-bolwerk. Onderzoeksvoorstellen die niet aan de sociaal-wetenschappelijke methodologische criteria voldoen komen weinig voor subsidiëring in aanmerking.

Ik denk echter dat er nog een aantal andere oorzaken zijn voor de verandering in verhouding tussen de aantallen algemeen onderwijskundige onderzoeksprojecten en vakgerichte projecten.

Eén van die oorzaken is de oprichting van de Stichting voor Leerplan Ontwikkeling in 1975. Ik spreek hier geen waardeoordeel uit over het werk van de slo, maar wel over het effect van een scheiding tussen ontwikkelingswerk en onderzoek in gescheiden instituten. De effecten op het iowo hoef ik hier niet te memoreren. Gelijkssoortige effecten deden zich echter ook voor bij de vakgroep Onderwijskunde in Utrecht. Door medewerkers van de vakgroep Onderwijskunde werd rond 1970 gewerkt aan methoden voor het taal-, lees- en rekenonderwijs. De veel gebruikte methode "Operator rekenen" werd o.a. door Frans Teunissen van de vakgroep Onderwijskunde ontwikkeld. In 1973 besloot de vakgroep echter dat dit werk maar gestopt moest worden. Concrete ontwikkelactiviteiten zouden voortaan uitgevoerd moeten worden door de slo, schoolbegeleidingsdiensten en docententeams. Het onderwijsonderzoek moest zich op meer algemeen niveau gaan bezig houden met het proces van curriculumontwikkeling. Een langlopend en omvattend project onder de naam "Curvo" moest een strategie voor de ontwikkeling van curricula opleveren. Het ging dus om strategieën en processen en niet meer om inhouden. U kunt dit de lege dozen-fase noemen in het onderwijsonderzoek, maar er was meer aan de hand in de 70-er jaren.

De opvattingen over onderwijs veranderden. Onderwijs werd niet meer alleen gezien als het overdragen van vakinhouden. Er ontstond aandacht voor het verborgen curriculum; welke waarden en normen worden op een impliciete manier overgedragen; het leerkrachtgedrag werd geobserveerd los van de inhouden.

Langzamerhand veranderde de wetenschapsopvatting binnen de onderwijskunde van interpretatief naar empirisch-analytisch. Ontwikkelingsactiviteiten pasten binnen een interpretatief kader gemakkelijker dan binnen de empirische traditie. De aandacht voor het mesoniveau werd sterker: de klasse- en schoolorganisatie met interne differentiatie aan de ene kant en

de middenschool aan de andere kant was voorwerp van discussie. De systeem- en procesbegeleiding van de schoolbegeleidingsdiensten werd populair onder onderwijskundigen. In het onderwijs werden de doelen meer geformuleerd in algemene termen van leren denken en leren probleem-oplossen of in gedragstermen en minder in termen van vakinhouden. Onderwijsverbetering werd gezien als het ingrijpen in processen in het onderwijssysteem op alle niveaus.

Idenburg was in 1972 begonnen met te spreken over constructief onderwijsbeleid, Van Kemenade kwam met zijn contourennota over de middenschool; het ministerie van O & W groeide tot bijna 3000 medewerkers en het vakgebied van de onderwijskunde groeide mee. Leerstoelen als Onderwijsinnovatie van Lagerweij en van Onderwijsbeleid van Van Wieringen in Amsterdam gaven de verbreding van het vakgebied weer. Van de didactische driehoek met leerkracht, leerling en leerstof in de schoolpedagogiek uit de 60-er jaren werd het object van de onderwijskunde de bestudering van processen in het gehele onderwijssysteem op micro, meso en macro-niveau. De nieuwe driehoek werd de relatie kind, school en maatschappij.

Vanuit het macroperspectief ontstond ook kritiek op de selectie- en allocatiefunctie van het onderwijs (onderwijs als reproductie van de maatschappelijke verhoudingen). Deze kritiek is gedeeltelijk gericht geweest tegen de "kennis" of cognitieve doelen in het onderwijs en daarmee indirect tegen de schoolvakken. Het leesonderwijs wist zich hierbij het best te handhaven. Het normatieve aspect vanuit de pedagogiek dat zich aanvankelijk richtte op de ontwikkeling van het kind, werd uitgebreid tot pleidooien voor de middenschool, de basisschool en de open school.

In de 80-er jaren staan de organisatieaspecten in het onderwijs, het management en de rol van de schoolleider sterk in de aandacht, dit in verband met schooleffectiviteit. Het onderzoek naar onderwijsleerprocessen, zoals onderzoek naar informatieverwerking, begripsvorming, probleem-oplossen e.d. worden betrekkelijk los hiervan onderzocht als leerprocessen.

Hierbij ontstond de behoefte om niet alleen vanuit de pedagogiek, maar ook vanuit de psychologie en de sociologie kennis aan te dragen over de processen die zich op alle niveaus in het onderwijssysteem voordoen. De interdisciplinaire wetenschap onderwijskunde werd in 1983 per declaratie een feit. Ik denk dat het goed is te benadrukken dat er m.i. terecht een sterke uitbreiding van het wetenschappelijk object van de onderwijskunde heeft plaats gevonden en dat die uitbreiding zich vooral richtte op de proces- en structuurkant van het onderwijssysteem op meso- en macro-niveau. Dit wil niet zeggen dat alles wat er op dit gebied gebeurde in de onderwijskunde ook van goede kwaliteit was. Onderwijsonderzoek had vaak de vorm van oppervlakkig inventariserende, beschrijvende en evaluerende studies.

Samenvattend: toenemende omvang van meer algemeen onderwijskundig-onderzoek en uitbreiding van het vakgebied van de onderwijskunde.

In de afgelopen 25 jaar is de toorts van de vakinhouden en de vakgerichtheid niet brandend gehouden door de onderwijskunde en ook niet

door de SLO, maar door de "wiskobas"-groep in Utrecht in het IOWO, later OW&OC, en het PLON-project bij natuurkunde.

De 'inhoudelijke wending' in het onderwijsdenken die nu te bespeuren valt, is sterk beïnvloed door drie factoren.

1. Het echec van de formele benadering van onderwijsverandering.
2. De belangrijkheid van domeinspecifieke kennis bij denken, probleemoplossen en gedrag van experts.
3. De nota over de basisvorming van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

De aandacht voor de kwalificatiefunctie van het onderwijs is weer meer in de aandacht gekomen, ook in het beroepsonderwijs. Hiermee is er in brede kring meer aandacht voor de onderwijsinhouden ontstaan.

De 'basisvorming' trekt echter een zware wissel op de vakdidactiek. Problemen rond de overlading van de lesprogramma's en differentiatie naar niveaus dreigen de discussie over wat de grondstructuren en de constituerende elementen van een vakgebied zijn, die de leerling zich eigen moet maken, snel te overheersen. En juist hier ligt m.i. een belangrijke verworvenheid van de Utrechtse β -didactiek: de nadruk moet niet liggen op de hoeveelheid leerstof, maar op de heuristische manier waarop de leerling leert mathematiseren. Niet het accent op leerstoflijsten, maar op vak-contexten en een meer thematische benadering met de β -vakken als onderwijs voor velen.

Het is hierbij mijn overtuiging dat de verworvenheden in de vak-onderwijstheorieën daarbij steun kunnen krijgen van de meer algemene onderwijsleertheorieën. Er zijn zeer veel gemeenschappelijke problemen op te lossen.

Voorbeelden van gemeenschappelijke ideeën zijn o.a.:

1. leren als een actief, constructief proces;
2. leren dat moet aansluiten bij de voorkennis van de leerling;
3. bij begripsvorming heet dit o.a. rekening houden met preconcepties, intuïtieve concepties, misconcepties e.d..

In de onderwijspsychologie is de laatste jaren een sterkere gerichtheid op de inhoud ontstaan. Tot voor 25 jaar werden leerexperimenten bij voorkeur uitgevoerd met zinloze lettergrepen. De wetmatigheden in het leren zouden in deze "pure" vorm beter te onderzoeken zijn. Tegenwoordig is niet het uitschakelen van de voorkennis door gebruikmaking van zinloze lettergrepen aan de orde, maar juist de bestudering van het effect van voorkennis op de verwerking van nieuwe informatie in semantisch rijke domeinen. Voorkennis blijkt hierbij 30 tot 60% van de variantie in leerprestaties te verklaren.

1. De onderwerpen begripsvorming en probleemoplossen zijn centrale thematieken in de onderwijspsychologie en in de vakdidactiek;
2. het hele gebied van het functioneren van kennis: transfer, wendbaarheid, systeemscheiding en domeinspecificiteit;
3. ook de bestudering van interactieprocessen tussen leerlingen is een gemeenschappelijk onderzoeksonderwerp.

Deze onderwerpen worden vanuit de vakdidactiek en vanuit de onderwijspsychologie niet altijd op een zelfde manier benaderd. Bij het onderzoek naar onderwijsleerprocessen wordt veel aandacht besteed aan het vinden van de oorzaken van fouten. Hierdoor wordt getracht inzicht in het "normale" leerproces te krijgen. In vakdidactisch onderzoek richt men zich vaak minder op foutenanalyse en meer op goed onderwijs waarin fouten voorkomen dienen te worden.

Om u een illustratie te geven van de gemeenschappelijkheid tussen de vakdidactiek en de onderwijspsychologie gebruik ik het begrip context. Het begrip context wordt op veel verschillende manieren gebruikt. Het gemeenschappelijke is de idee dat leerlingen de leerstof aangeboden moeten krijgen op een realistische manier, d.w.z. overeenkomstig de "objectieve" werkelijkheid en betekenisvol voor de leerlingen. Op dit ogenblik doe ik o.a. onderzoek naar het gebruik van de computer bij het vreemde talenonderwijs. Een van de uitgangspunten daarbij is, dat de betekenis van een woord in een vreemde taal geleerd dient te worden door het afleiden van de betekenis van dat woord uit de context van een verhaaltje. Ik behandel nu niet hoe wij dat leren in context in een intelligent computerprogramma proberen te realiseren, maar waarom wij dat leren van woordbetekenissen uit de context proberen te realiseren. Ik wil dit toelichten aan de hand van een schema waarin ik een drietal soorten kennis onderscheid.

Dit zijn episodische kennis, declaratieve kennis en procedurele kennis. Deze begrippen zijn ontleend aan de theorieën van Anderson (Gagné, 1985) en Tulving (1972). Het begrip episodisch is afkomstig van Tulving en geeft de persoonlijke ervaringskennis weer. Het begrip declaratieve kennis geeft het "weten dat .." weer, zoals feiten, begrippen e.d. Procedurele kennis heeft betrekking op "weten hoe .." en geeft de kennis van regels en procedures weer in de vorm van conditie-actie-regels. In een procedure functioneert ook declaratieve kennis. Het gebruiken van procedures wordt het uitvoeren van produkties genoemd, terwijl een verzameling van deze produkties een produktiesysteem vormt.

Met een voorbeeldzin zal ik volgend schema illustreren. De zin is: "Ik heb gisteravond deze lezing voorbereid." Deze zin slaat op een episode: een in tijd en ruimte geplaatste ervaring of gebeurtenis. Deze zin is gebaseerd op episodische kennis. Als het echter gaat om het leren van de betekenis van de woorden als "lezing" en "voorbereiden" is de zin weinig informatief. Deze enkele zin is een te arme context om de betekenis van bijv. het woord "voorbereiden" af te leiden. Woorden zullen dus meestal in rijkere of pregnantere contexten moeten voorkomen en dit zal vaak het karakter van een verhaal moeten hebben.

In een verhaal zal ik duidelijk kunnen maken dat voorbereiden hier o.a. schrijven inhield en dat het een activiteit is die voorafgaat aan een andere activiteit nl. een lezing houden. Maar dat je ook een vakantiereis kunt voorbereiden of een diner zal ik uit dit ene verhaaltje niet kunnen afleiden. Ik moet hetzelfde woord in verschillende contexten tegenkomen.

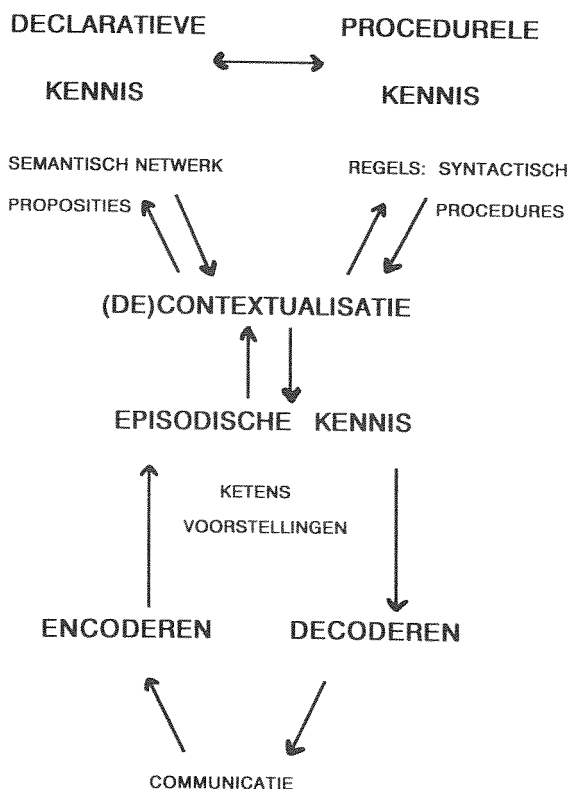


Fig. 1 Overzicht van informatieverwerking en -productie met (de)contextualisatie.

Om echter het gemeenschappelijke in de betekenis van het woord te kunnen zien moet er ook decontextualisatie plaatsvinden. Het woord "voorbereiden" krijgt relaties met schrijven, met vakantie gaan, eten klaarmaken, e.d.. Het komt in een semantisch netwerk. Maar waarom wordt dan bij het leren van woorden in een vreemde taal niet gewoon de vertaling in de moedertaal geleerd? De koppeling van "to prepare" aan "voorbereiden" lost toch dit probleem op? Het leren van een taal is echter niet alleen het leren van de betekenis van losse woorden. Als wij willen dat iemand die woorden in het Engels ook moet kunnen gebruiken, moet hij ook de positie van dat woord in een zin leren, m.a.w. de grammatica en de gebruikelijke positie van woorden t.o.v. elkaar in een zin.

Als iemand nu de betekenis van woorden uit contexten leert afleiden in de vreemde taal leert hij dan ook de syntactische regels, m.a.w. leert hij ook de positionele relaties tussen de woorden en niet alleen de semantische relaties? Als deze syntactische regels door reflectie geleerd worden, leert een leerling dan ook vloeiender spreken in die vreemde taal? M.a.w. als de regels afgeleid zijn uit de context, bevordert dat dan het kunnen gebruiken van die regels bij taalproductie? De traditionele bena-

dering is het leren van een grammaticaregel als een feit, als declaratieve kennis. Maar is een regel die als een feit geleerd is, ook als regel (als produktie) te gebruiken, c.q. toe te passen?

Nog een stapje verder ligt de vraag in hoeverre de semantische (betekenis) relaties tussen woorden tot op zekere hoogte in het decontextualisatie proces gekoppeld zijn aan de positionele (syntactische) relaties in de zin. Bijv. de zin: "Ik heb deze lezing gisteravond voorbereid" en "gisteravond heb ik deze lezing voorbereid", kan verschillende interpretaties opleveren. De laatste zin roept eerder vragen op als "is dat niet wat laat", "kon dat niet in normale werktijd" e.d.

Ik verlaat nu het voorbeeld van het leren van woordbetekenissen en grammatica om enkele parallellen aan te geven met natuurkunde en wiskunde. Als we complexe begrippen als energie, massa, kracht, versnelling e.d. uit de natuurkunde willen leren, hoe verloopt dan dat decontextualisatieproces? Als energie iets is waar we zuinig mee moeten omgaan, koppelen we dat aan de procedures van het dichtdoen van deuren en gordijnen. Maar hoe komen we dan tot het begrip energie in termen van de wet of regel van het behoud van energie? Hoe is de relatie van dergelijke regels met een abstract begrip als energie dat toch ook een referentiële relatie met de werkelijkheid heeft?

Heeft de wiskunde soortgelijke problemen? Of is het zo dat het accent in de wiskunde meer ligt op de procedurele kennis en is de referentiële relatie tussen de begrippen uit de wiskunde en de werkelijkheid veel meer een arbitraire relatie waardoor dit soort discontinuïteit in het decontextualisatieproces veel geringer is dan bij de natuurkunde?

Vragen te over. Dat niet alleen de vakdidactiek maar ook het meer algemene onderzoek naar onderwijsleerprocessen zich met dit soort problemen bezig houdt, mag blijken uit het aantal artikelen dat te vinden is in de laatste paar nummers van veel gelezen Amerikaanse tijdschriften. In de *Educational Researcher* (het verenigingsblad van de AERA) staat het artikel van Perkins en Salomon (1989, 18(1)) met als titel "Are Cognitive Skills Context-Bound" en in de laatste twee nummers van de *Review of Educational Research* (1988, 58(3,4)) staan drie artikelen op dit gebied:

1. "Research Perspectives in Science Education";
2. "An Integrative Model of Misconceptions"; en
3. "Domain-Specific and Strategic Knowledge".

De relatie tussen domeinspecifieke kennis en strategische kennis heeft op het ogenblik veel aandacht. Is het bijv. zo dat het leren van Logo kinderen ook algemene probleemoplossingsvaardigheden leert, als plannen, fouten analyseren, top-down probleemaanpak e.d. ?

In het voorafgaande heb ik niet de pretentie gehad aan te geven wat wij als onderwijskundigen allemaal weten. Samenwerking zie ik eerder tot stand komen op basis van een zekere bescheidenheid en in het bespreken van gemeenschappelijke problemen en vragen die ons bezighouden op de weg naar beter onderwijs. Samenwerking tussen de vakgroep onderwijs-

kunde en de vakgroepen met vakdidactici is al op verschillende manieren gerealiseerd:

1. scriptiebegeleiding van studenten;
2. samenwerking bij extern gefinancierde SVO-projecten, bijv. het MORE project en het project ID12-16;
3. participatie in verschillende commissies;
4. samenwerking op het gebied van het VF-onderzoek is er, en over een samenwerkingsovereenkomst op het niveau van onderzoeksinstituten zouden wij kunnen praten.

Dat wij als onderwijskundigen menen ook iets te kunnen leren van vakdidactici mag blijken uit het feit dat onlangs de bijzondere leerstoel voor "Domeinspecifieke onderwijstheorieën, in het bijzonder voor rekenen en wiskunde" is gevestigd bij de vakgroep Onderwijskunde, binnen een samenwerkingsverband van Sociale Wetenschappen en Wiskunde. De bezetting van deze leerstoel zal waarschijnlijk op korte termijn gerealiseerd worden.

Verder zijn wij bij onderwijskunde bezig ons te profileren op het gebied van de studie naar leermiddelen: het leerboek als innovatiemiddel, de computer als onderwijsmiddel e.d.. In relatie met het CLU (centrum voor leermiddelenstudie Utrecht) van de vakgroep Onderwijskunde zien wij zeker goede mogelijkheden voor samenwerking. Ook activiteiten op het gebied van contractonderwijs zouden mogelijk op elkaar afgestemd kunnen worden.

Dames en heren ik heb u in mijn bijdrage weinig verteld over wat ik denk dat β -didactiek is. Als de β -didactiek de appels zijn, heb ik het meer over de peren, de onderwijskunde gehad. Ik heb u verteld dat het vakgebied van de onderwijskunde een ontwikkeling heeft doorgemaakt, waarbij het relatieve gewicht van de (vak)didactiek in de 70-er jaren is afgenomen.

Ik denk ook dat de onderwijskunde in de afgelopen jaren kennis en ervaring heeft opgebouwd over onderwijsinnovatie, de rol van de schoolbegeleidingsdienst, de verspreiding van leermiddelen en de implementatie van vernieuwingen en dat vakdidactici die het onderwijs willen verbeteren er verstandig aan doen kennis te nemen van wat de onderwijskunde op dit gebied heeft opgebouwd. Ik heb ook aangegeven dat er tussen de onderwijspsychologie en de vakdidactiek veel raakvlakken en gemeenschappelijke problemen zijn.

De titel van mijn bijdrage eindigt met het woord fruit. Met opzet heb ik niet gekozen voor het woord vruchten maar voor fruit, want ik hoop dat er uit het werk van onderwijskundigen en vakdidactici iets ontstaat dat naar het onderwijsveld toe een zekere mate van eenheid bezit: geen optelsom van losse delen, maar een geheel dat meer is dan de som der delen. Hetzelfde wens ik ook het Centrum voor β -didactiek toe waarin meerdere disciplines zich verenigen.

3. LITERATUUR

- Alexander, P.A. & Judy, J.E. (1988). The Interaction of Domain-specific and Strategic Knowledge in Academic Performance. *Review of Educational Research*, 58 (4), 375-404.
- Eijkelhof, H.M.C., Holl, E., Pelupessy, B., Valk, A.E. van der, Verhagen, P.A.J. & Wierstra, R.F.A. (1986). *Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde onderwijs*. Den Haag: svo, Selectareeks.
- Eylon, B.S. & Linn, M.C. (1988). Learning and Instruction: An Examination of Four Research Perspectives in Science Education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251-301.
- Freudental, H. (1984). *Appels en peren / wiskunde en psychologie. Gebundelde opstellen*. Apeldoorn: Walraven b.v.
- Gagné, E.D. (1985). *The Cognitive Psychology of School Learning*. Boston: Little, Brown and Company.
- Knoers, A.M.P. (1986). Curriculumontwikkeling en leertheorie. *Pedagogische Studiën*, 63 (5), 195-204.
- Perkins, D.N. & G. Salomon (1989). Are Cognitive Skills Context-Bound. *Educational Researcher*, 18 (1), 16-25.
- Perkins, D.N. & R. Simmons (1988). An Integrative Model of Misconceptions. *Review of Educational Research*, 58 (3), 303-326.
- Structuurnota (1975). *Naar een structuur voor de ontwikkeling en vernieuwing van het primair en secundair onderwijs*. Den Haag: Tweede Kamer, zitting 1974-1975, 13432, nrs. 1-2.
- Treffers, A. (1984). Psychologie, vakdidactiek en ontwikkelingsonderzoek. *Tijdschrift voor Didactiek der Natuurwetenschappen*, 2 (3), 149-169.
- Treffers, A. (1986a). *Framework for Instruction Theory*. Utrecht: ow&oc.
- Treffers, A. (1986b). Analyseren en ontwikkelen van reken/wiskunde onderwijs vanuit twee verschillende basisconcepten. *Pedagogische Studiën*, 63(1), 14-26.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory. In: Tulving, E. & Donaldson, W.D. (eds.), *Organization of Memory*. New York: Academic Press.
- Wesdorp, H. (1980). De plaats van de onderwijskundige in de onderwijsresearch. In: *Permanent Overlegorgaan Onderwijskunde (POO). Het schoolvak in de onderwijskunde-opleiding*. Bundel van de POO-conferentie 1980, Amsterdam: Vrije Universiteit, 83-97.

DEEL B: HET CENTRUM AAN HET WERK

Het middagprogramma van het symposium: "Didactiek in Perspectief" bestond uit een achttal werkgroepen en een epiloog die werd uitgesproken door Prof.dr. F. van der Blij.

In het nu volgende deel van deze bundel vind u verslagen of korte beschouwingen naar aanleiding van deze werkgroepen.

MEISJES EN EXACTE VAKKEN

M. Man in 't Veld & M. Meeder

Vakgroep Natuurkunde-Didactiek/Vakgroep OW&OC

1. EEN TERUGBLIK

Het is altijd goed je te realiseren dat ruim honderd jaar geleden de eerste vrouw in Nederland speciale toestemming van de minister van onderwijs, Thorbecke, moest krijgen om aan een Nederlandse universiteit te kunnen studeren. In 1871 begon Aletta Jacobs haar medicijnenstudie in Groningen.

In de tijd van onze grootmoeders was studeren aan een universiteit nog maar voor weinigen weggelegd. Alleen meisjes van goede komaf met voldoende financiële middelen, die eerst al de drempel van een middelbare school opleiding hadden genomen, en die over een goede intelligentie en meer dan normaal doorzettingsvermogen beschikten en bovendien nog bereid waren de geldende normen ten aanzien van opleidingen voor meisjes te trotseren, waren in staat het bolwerk 'universiteit' te nemen. Pas vanaf 1906 is in ons land geen speciale toestemming meer nodig voor meisjes om naar HBS, gymnasium of universiteit te gaan.

Dat Aletta Jacobs (1924) het niet makkelijk heeft gehad, blijkt uit het volgende citaat uit haar 'Herinneringen':

"Het verdrietige van de zaak was, dat zelfs enkele van mijn naaste familieleden zich door de houding van de pers lieten beïnvloeden. Broeder Sam, de apotheker, die toen ik te Arnhem vertoefde ook nooit iets van mijn studie had willen weten, nam het vader zeer kwalijk, dat hij aan mijn grillen geen paal en perk had weten te stellen. Het gevolg was immers, dat de geheele familie nu werd betrokken in den smaad die mijn deel werd. 'Het gaat toch waarlijk niet aan', betoogde hij, 'dat in een gezin van elf kinderen één het recht krijgt al de anderen in hun loopbaan te benadeelen. Zet Uw dochter aan de waschtobbe in plaats van haar met een arm vol boeken naar de universiteit te laten gaan.'

En mijn broer Johan, toendertijd onderofficier aan de opleidingsschool te Kampen, schreef, dat hij sinds mijn onzinnige daad geen leven meer had. Zijn kameraden gaven mij allerlei min oirbare bijnamen, en hij, als broeder, werd met mij over één kam geschoren. Dat had hem er toe gebracht, mij, ten aanhoor van zijn geheele klas, voor dood te verklaren".

Aan het begin van deze eeuw waren in de strijd voor goed onderwijs voor meisjes grofweg twee stromingen te onderscheiden. Aan de ene kant een meer conservatieve stroming die ijverde voor onderwijs aan meisjes, waarin rekening werd gehouden met 'de specifieke aanleg en geaardheid van meisjes'; de opleidingen richtten zich vooral op een voorbereiding op de moederrol. Er kwamen speciale scholen voor meisjes, zoals de kook- en naaischolen, de Middelbare Meisjes School (MMS) en de opleidingen tot

verpleegster en onderwijzeres. Daarnaast was er een andere stroming, die meisjes ook op andere beroepen wilde voorbereiden en die ernaar streefde de HBS en het gymnasium voor meisjes open te breken.

Dat de rolverdeling tussen mannen en vrouwen ook in het lesmateriaal terug te vinden is, blijkt bijvoorbeeld uit het volgende voorwoord in een 'Rekenboek voor meisjes' (Douw & Lodewijks, 1962);

"Voorwoord voor de leerlingen

Wij denken dat de meesten van jullie die na de lagere school naar een school voor meisjesnijverheidsonderwijs zijn gegaan, niet zulke prettige herinneringen hebben aan het vak rekenen.

Wij begrijpen dat heel goed. Rekenen is nu eenmaal niet makkelijk. Om het goed te leren moet je je flink inspannen. En je spant je in voor dingen die je prettig vindt of die je nodig hebt. Prettig vonden de meesten van jullie het rekenen niet. En toen jullie nog naar de lagere school gingen waren jullie nog te jong om in te zien dat het nodig is dat je goed leert rekenen.

Wij hebben nu geprobeerd dit rekenboekje zo te maken dat jullie de sommen wel fijn vinden.

Bovendien hebben we ons best gedaan de sommen die in ons boekje staan zo te kiezen dat jullie direct zult begrijpen dat het noodzakelijk is dat je ze kunt maken. Want als jullie een goede huisvrouw wilt worden, zullen jullie goed moeten kunnen rekenen. Dat zul je wel zien als je dit boekje doorbladert en ziet waarover onze sommen gaan.

Je begrijpt het nog veel beter als je op de pagina hiernaast ziet hoeveel geld in Nederland door huisvrouwen wordt besteed.

Veel succes met jullie rekenarbeid!"

"In het jaar 1958

werd in Nederland verdiend: f 30.180.000.000,-
van dit bedrag

werd besteed door huisvrouwen: f 21.160.000.000,-"

Dit rekenboek maakt nu op ons een sterk verouderde indruk door de opvattingen over maatschappelijke verhoudingen die erin doorklinken. Het is een rekenboek, speciaal voor meisjes, voor een opleiding die meisjes in de eerste plaats wil vormen tot goede moeders en huisvrouwen. De voorbeelden in het boek zijn allemaal gekozen uit de huishoudelijke sfeer: inkopen doen, prijzen, maaltijden bereiden en kleding maken.

Nu, eind jaren tachtig, waarin voor de eerste fase van het voortgezet onderwijs de Basisvorming in discussie is, lijkt het erop dat er serieuze pogingen gedaan worden om meisjes en jongens dezelfde basisvorming mee te geven.

2. HOE IS HET NU?

Vrouwen en mannen nemen nog steeds verschillende posities in de samen-

leving in; de verdeling van rollen verloopt vaak nog volgens traditionele patronen. Hoewel veel vanzelfsprekendheden al ter discussie worden gesteld en hier en daar al tot veranderingen hebben geleid, bestaan er nog steeds grote maatschappelijke verschillen tussen vrouwen en mannen. Mannen hebben meer maatschappelijke macht, bekleden hogere posities, verdienen meer geld en hebben in grote lijn de touwtjes in handen van de technologische ontwikkeling. Vrouwen doen meer onzichtbaar werk binnenshuis, leveren een grotere bijdrage aan de verzorging en opvoeding van kinderen, werken vaker parttime en in andere sectoren van de samenleving. Meisjes volgen nog steeds minder onderwijs dan jongens en zij kiezen vakken en vervolgopleidingen die minder perspectief op werk bieden. Na tien jaar verplicht onderwijs voor iedereen, waar de leerplicht in ons land voor zorgt, hebben jongens een andere startpositie dan meisjes wat betreft mogelijkheden tot deelname aan de samenleving.

De verschillen tussen jongens en meisjes komen sterk naar voren bij het onderwijs in de exacte vakken. Vooral de eerste fase van het voortgezet onderwijs is zeer bepalend voor de mogelijkheden die een individuele leerling heeft of meent te hebben bij vakken als wiskunde, natuurkunde en scheikunde.

Voor meisjes en jongens op HAVO en VWO geldt dat ze wiskunde in ieder geval drie à vier jaar moeten volgen, natuurkunde twee à drie jaar en scheikunde één à twee jaar. Het percentage wiskunde-kiezers is nog steeds stijgend. Met name bij het vwo ligt, mede dankzij de invoering van wiskunde A, het percentage leerlingen met een wiskunde-vak in het pakket op sommige scholen al dicht bij de 100 %. Het percentage meisjes met wiskunde B in het pakket (30 %) is echter nog veel lager dan het percentage jongens met wiskunde B (61 %). Bij de vakken natuur- en scheikunde zien we eveneens grote verschillen tussen meisjes en jongens, zowel bij het MAVO, HAVO als vwo. We laten hier de cijfers volgen van 1987.

Tabel 1 Percentages jongens en meisjes met exacte vakken in hun pakket in 1987, bron: CBS.

	MAVO		HAVO		VWO	
	jongens	meisjes	jongens	meisjes	jongens	meisjes
wi	80	50	76	47	-	-
wi-A					62	52
wi-B					61	30
na	58	13	51	13	61	28
sk	56	35	44	27	52	33
bi	33	58	33	48	35	44

Van de bijna honderdduizend leerlingen die jaarlijks een LBO-diploma halen, valt de scheiding meisjes/jongens vrijwel samen met LHNO/LTO-richtingen. Bij LTO-richtingen volgen vrijwel alle leerlingen(jongens) wiskunde en natuurkunde, terwijl minder dan de helft van de LHNO-meisjes wiskunde in het pakket heeft. Natuurkunde komt als vak op het LHNO doorgaans niet voor. Voor deze leerlingen vindt de keuze voor een traditionele of roldoorbrekende richting in het onderwijs al op 12-13-jarige leeftijd plaats, in feite aan het eind van de basisschool.

3. LEERLINGEN BESTAAN NIET, MEISJES EN JONGENS WEL

Als je meisjes en jongens werkelijk (zoveel mogelijk) dezelfde basisvorming wilt geven, is het niet voldoende om te praten over goed onderwijs voor leerlingen. Ook op het symposium 'Didactiek in perspectief', georganiseerd ter gelegenheid van de start van het Centrum voor β -Didactiek, hebben alle inleiders en sprekers over de didactiek van de exacte vakken uitsluitend gesproken over 'leerlingen'. Het is van belang je steeds te realiseren dat leerlingen 'meisjes en jongens' zijn, want uitsluitend praten over leerlingen werkt versluisend. Het is nodig te erkennen dat er op 12-jarige leeftijd al grote verschillen bestaan tussen meisjes en jongens. Meisjes zijn al tot meisjes gemaakt en jongens tot jongens en zij komen daardoor met verschillende bagage het voortgezet onderwijs binnen. Meisjes zijn anders opgevoed, anders beïnvloed, zij hebben andere spelletjes gedaan, hebben andere ervaringen, kortom zij zijn anders gesocialiseerd. Hun belangstelling en interesse ontwikkelt zich anders of heeft zich al anders ontwikkeld.

Op 12-jarige leeftijd zijn er verschillen tussen meisjes en jongens ontstaan door buitenschoolse invloeden, bijvoorbeeld op het gebied van techniek (Streumer e.a., 1985) en door de schoolse kennis opgedaan op de basisschool, bijvoorbeeld op het gebied van rekenen. Uit de gegevens van de Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau (PPON) (Wijnstra, 1988) die in het najaar van 1988 bekend zijn geworden, blijken verontrustend hoge verschillen in rekenprestaties tussen meisjes en jongens te bestaan. Er wordt op dit moment onderzoek gedaan naar mogelijke achtergronden van deze verschillen. Zijn de verschillen in prestaties werkelijk zo groot tussen meisjes en jongens of zijn de uitkomsten mogelijk sterk vertekend door het design van het onderzoek? In hoeverre zijn de verschillen te verklaren uit het feit dat het speciaal onderwijs, dat door veel meer jongens dan meisjes wordt bezocht, buiten het onderzoek is gehouden?

Expliciteren dat leerlingen meisjes en jongens zijn is één ding, ook het geslacht van de docent speelt een rol. Het simpele gegeven dat leerlingen meisjes en jongens zijn en de docent een vrouw of een man, maakt dat leerling en docent ook in klassesituaties vanuit die rol reageren op elkaar.

Het RION (Kuyper & Meulenbelt, 1988) deed onderzoek naar de invloed van het gedrag van docenten op de keuze van wiskunde door meisjes. Vooral op MAVO- en HAVO-scholen vinden meisjes wiskunde meer een vak voor jongens als zij een mannelijke docent hebben. Meisjes vinden

dat vrouwelijke docenten op een meer open manier lesgeven. Meisjes vinden ook dat mannelijke docenten meer sexe-specifiek lesgeven, maar jongens vinden juist dat vrouwelijke docenten dat meer doen. Men vindt echter geen duidelijk verband tussen het man of vrouw zijn van de docent en het al of niet kiezen van exacte vakken door meisjes. Het is dan ook de vraag of de geringe populariteit van de exacte vakken bij meisjes niet meer wordt opgeroepen door de lessen zelf, de leerstof en door de toepassingen die ter sprake komen. Zo blijkt op MAVO's waar in de natuurkundelessen meer gelegenheid is om te oefenen met opgaven dat meisjes dit vak positiever waarderen. Dit is van belang voor hun prestaties en hun zelfvertrouwen en dus voor hun uiteindelijke keuze van een vakkenpakket (Jörg, 1989).

Voordat we in het onderwijs kunnen denken en handelen vanuit het idee 'dat we allemaal mensen zijn', moet de wereld flink in androgyne richting zijn opgeschoven. Voorlopig is het verstandiger de startpositie van 12-jarige meisjes en jongens goed in kaart te brengen, want op die leeftijd begint voor hen het onderwijs in de exacte vakken. Dat biedt een betere garantie voor gelijkwaardig onderwijs aan alle leerlingen, dan doen alsof er geen verschillen bestaan tussen meisjes/vrouwen en jongens/mannen. Voorwaarde is wel dat men oprecht achter emancipatiedoelstellingen staat.

4. ONDERZOEK

Hiervoor kwamen drie voorbeelden van onderzoek naar de verschillen tussen meisjes en jongens ter sprake. Als je zorgvuldig naar de resultaten van onderzoek kijkt, merk je dat je heel voorzichtig moet zijn met het trekken van conclusies. Dat heeft te maken met de aard van dergelijk onderzoek. Allereerst is het al een probleem om vast te stellen of er een eerlijke vergelijking is gemaakt tussen meisjes en jongens. Zijn de groep meisjes en de groep jongens, waar het onderzoek zich op richt, wel goed geselecteerd? Is het zeker dat die meisjes en jongens in de voorgaande periode echt hetzelfde onderwijs hebben gehad? Het is heel moeilijk om een groep meisjes en jongens te selecteren, waarbij de te onderzoeken variabelen wel verschillen, maar een groot aantal andere variabelen niet. Heel wat onderzoek heeft juist op deze punten nogal wat kritiek gehad.

Vervolgens zijn er veel verschillen tussen meisjes en jongens, die niets te maken hebben met hun verschillende deelname aan het onderwijs in de exacte vakken. Het is bijvoorbeeld heel verleidelijk om verschillen in de hersenstructuur in verband te brengen met verschil in ruimtelijk inzicht, maar onderzoek hiernaar heeft nooit een wetenschappelijk bewijs opgeleverd (Koremans, 1989). Bovendien is het effect van goed ruimtelijk inzicht op wiskundeprestaties in het algemeen niet bijzonder groot (Chipman & Wilson, 1985). Onderzoek naar de sociale werkelijkheid kan ons een aantal dingen opleveren. Het kan beschrijvende modellen opleveren die met een bepaalde nauwkeurigheid weergeven welke statistische samenhang er is tussen bijvoorbeeld: het halen van hoge cijfers voor wiskunde, het meisje-

zijn en het kiezen van wiskunde. Maar het is wel de vraag of samenhang, zoals bijvoorbeeld tussen het 'leuk vinden van wiskunde' en het 'kiezen van wiskunde' blijft bestaan als er ingrijpende veranderingen plaats vinden, zoals de komst van de economische onafhankelijkheid van vrouwen na 1990.

Onderzoek kan ook verklarende modellen opleveren op grond van theoretische inzichten; bijvoorbeeld inzichten in hoe motivatie of hoe socialisatie werkt bij 12-16-jarigen. Zo is er een model dat beschrijft hoe de keuzen die een individuele leerling in het onderwijs maakt, een al dan niet bewuste afweging is van de te verwachten kosten en baten; het gaat dan om de eigen interpretatie van wat kosten en baten zullen zijn. Daar komt nog bij dat zo'n individuele leerling in de voorgaande jaren een eigen kijk heeft ontwikkeld op wat voor hem of haar geschikte keuzemogelijkheden zijn. Met dit laatste model kunnen we de betekenis schetsen van de invloed, die het vooraf 'genoten' onderwijs in een vak als wiskunde of natuurkunde kan hebben op de pakketkeuze van meisjes. Meisjes van 15-16 jaar moeten een vakkenpakket kiezen en vragen zich bijvoorbeeld af of daar al dan niet natuurkunde in moet. 'Als je het kiest, loop je dan niet de kans te blijven zitten?' 'Heb je het eigenlijk wel nodig later?' 'Als je het niet kan of niet nodig hebt, dan kies je zo'n rot vak toch niet.' En als je het eigenlijk wel nodig hebt, maar er niet echt goed in bent en er ook nog wiskunde bij moet nemen, dan brengt iemand anders je wel op het idee, dat er toch nog zoveel andere leuke beroepen zijn voor meisjes, waar geen wis- en natuurkunde voor nodig is. 'En als die vakken je toch niet zo interesseren, nou dan'

Wat kan het onderwijs in de exacte vakken voorafgaand aan de keuze van het vakkenpakket de leerlingen meegeven om een goede keuze te maken? Wij geven een aantal suggesties. Meisjes vragen zich dikwijls af of ze wel goed genoeg zijn in de exacte vakken om deze te kunnen kiezen. Ze hebben het idee dat het onderwijs in de exacte vakken in latere jaren erg moeilijk zal zijn. Ze menen en horen van mensen in hun omgeving, dat ze deze vakken niet nodig hebben om later een opleiding voor een leuke baan te kunnen volgen. En veel meisjes zijn er rond hun vijftiende jaar van overtuigd geraakt, dat natuurwetenschappen en vooral techniek hun niet zo interesseert als het jongens interesseert. Daarom zal het onderwijs in de exacte vakken meisjes meer zelfvertrouwen moeten geven in hun capaciteiten en het zal het beeld moeten veranderen dat deze vakken in hogere leerjaren steeds moeilijker worden. Er moet zichtbaar worden gemaakt dat vakkennis toegepast wordt in zeer diverse gebieden van het leven, ook op terreinen en in beroepen die meisjes in het bijzonder aanspreken. Tenslotte moet er echt ingespeeld worden op de interesses van meisjes.

5. TOEKOMST

Sinds de jaren zeventig is er weer hernieuwde aandacht voor emancipatie; aandacht die heeft geresulteerd in opvattingen waarbij vrouwen en man-

nen recht hebben op een eigen identiteit, op eigen ontplooiing en ontwikkeling. Dat zou moeten leiden tot participatie van vrouwen in alle sectoren van de samenleving. Dat klinkt eenvoudig, maar in de praktijk blijkt het toch moeilijker uitvoerbaar dan we wellicht zouden willen. Degenen die deze nieuwe inzichten in de praktijk willen brengen, hebben hun opvoeding genoten in de jaren vijftig. Bovendien is er het probleem dat de acceptatie van dit soort ideeën bij vrouwen in 't algemeen sneller gaat dan bij mannen.

Nederland loopt internationaal gezien ook zeker niet voorop. Dat blijkt bijvoorbeeld uit:

- de lage participatie van vrouwen op de arbeidsmarkt;
- weinig voorzieningen om taken in huis en werk te combineren;
- de 40-urige werkweek geldt nog steeds als norm en de mogelijkheden om parttime te werken zijn beperkt;
- een laag percentage meisjes dat exacte vakken studeert.

Bij het vormgeven van onderwijs voor de komende generaties is het van belang welke visie we hebben op de toekomstige maatschappij. Scholen en onderwijs spelen immers naast de opvoeding thuis een belangrijke rol bij het voorbereiden van jonge mensen op hun toekomst. Wil je werkelijk toewerken naar een minder strikte scheiding tussen een 'mannenwereld' en een 'vrouwenwereld' dan heeft dat consequenties, zeker ook voor het onderwijs in de exacte vakken. Het is dan niet voldoende om 'Kies exact' te propageren en met name meisjes aan te moedigen om exacte vakken te kiezen.

Natuurlijk moeten meisjes en vrouwen aangemoedigd worden meer exacte vakken te kiezen en te studeren. Zij zouden zich niet langer moeten laten ontmoedigen bij die vakken, zij zouden zich niet moeten laten aanpraten dat 'wis- en natuurkunde toch niets voor een meisje is'. Vanaf 1990 wordt de maatregel van kracht, waarbij zowel meisjes als jongens economisch zelfstandig zijn. Dat betekent dat zowel van jongens als van meisjes wordt verwacht dat ze in principe in hun eigen onderhoud voorzien. De eerste generatie meisjes op wie deze maatregel van toepassing is, de 18-jarigen vanaf 1 januari 1990, zijn nauwelijks geïnformeerd of voorbereid op deze wijziging. Beseffen die meisjes voldoende dat ze in tegenstelling tot hun moeders echt in hun eigen onderhoud moeten voorzien? Realiseren de meisjes die nu voor de keuze staan, zich dat ze vakken en een opleiding moeten kiezen die ook op langere termijn nog perspectief biedt? En jongens? Zijn zij wel voldoende voorbereid op de veranderingen die zullen komen? Als meer vrouwen buitenshuis gaan werken, zullen de zorgende taken binnenshuis ook door mannen moeten worden verricht. Deze taken, zoals voeding, hygiëne, verzorging en consumentenkennis vragen misschien niet meer zo veel tijd als vroeger, maar zij zijn wel ingewikkelder geworden. Zolang echter alleen het kiezen van exacte vakken zoals ze nu zijn gestimuleerd wordt, zullen jongens een voorsprong blijven houden in het onderwijs. Hun sterke kanten worden positief gewaardeerd, terwijl de situatie van meisjes geproblematiseerd wordt. Pas als ook de nu nog door vrouwen beheerste terreinen van het leven in het exacte-vakken-onderwijs zichtbaar worden, zijn we evenwicht-

tiger met emancipatie bezig. Dan is niet alleen de verhouding van meisjes tot de exacte vakken als een probleem gedefinieerd, maar wordt ook de inhoud van de exacte vakken ter discussie gesteld.

6. EINDTERMEN VOOR DE BASISVORMING

Emancipatiedoelstellingen hebben vanaf het allereerste begin een rol gespeeld bij het denken over Basisvorming als mogelijke nieuwe wetgeving voor de eerste fase van het voortgezet onderwijs. De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR), die de eerste aanzetten heeft gegeven om het vastgelopen denken daarover weer op gang te krijgen, heeft uitgesproken dat:

- basisvorming een bijdrage moet leveren aan het bestrijden van ongelijke kansen tussen leerlingen;
- basisvorming een gelijkwaardige deelname van mannen en vrouwen aan het arbeidsproces moet bevorderen;
- meisjes en jongens dezelfde basisvorming moeten krijgen.

Emancipatiedoelstellingen zijn ook terug te vinden in de richtlijnen die het ministerie heeft gegeven aan de eindtermencommissies, zowel ten aanzien van de samenstelling van de commissies als ten aanzien van de eisen die aan de inhoud gesteld worden.

Hoe kun je deze emancipatiedoelstellingen vertalen in eindtermen voor de vakken wis-, natuur- en scheikunde? En hoe houd je rekening met wat we nu weten over de achtergrond van ongelijke deelname van meisjes aan exacte vakken? Eindtermen leggen de leerdoelen en soms ook de toepassingscontexten vast, waarbij een onderscheid gemaakt wordt in twee niveau's: het algemene en het hogere niveau. Ook bepalen eindtermen de omvang en de diepgang van de leerstof; kortom zij beschrijven wat leerlingen op school van een vak moeten leren.

Het huidige onderwijs in de exacte vakken komt aan de belangstelling van jongens veel meer tegemoet dan aan die van meisjes. Bovendien kunnen veel jongens terugvallen op hun buitenschoolse ervaringen. Jongens zien die ervaringen ook meer vanzelfsprekend als wiskundig, natuurwetenschappelijk of technisch. Het onderwijs, zoals dat nu is, laat het nog teveel aan meisjes en jongens zelf over om in te vullen wat voor hen de betekenis kan zijn van kennis van exacte vakken. En bij jongens past dat vaak meer vanzelfsprekend in hun toekomstperspectief.

Voor meisjes is het in het bijzonder van belang dat het onderwijs in de eerste fase van het voortgezet onderwijs:

- hen voldoende zelfvertrouwen geeft zodat ze qua kennis en praktische ervaring goed toegerust zijn om door te gaan met exacte vakken;
- zinvolle bagage verschafft voor hun verdere toekomst, of die nu traditioneel vrouwelijk of roldoorbrekend is;
- hen geïnformeerd heeft over waar en op welke manier de kennis van exacte vakken in beroepen en in verzorgende taken gebruikt wordt;
- hen de ervaring heeft gegeven dat het plezierig is met exacte vakken bezig te zijn;

- hen laat inzien hoeveel bezigheden buiten de school op vaak onverwachte wijze te maken hebben met een exacte manier van denken, zodat ze niet kunnen volhouden dat die alleen interessant zijn voor jongens.

Wij betwijfelen of emancipatiedoelstellingen, die meisjes én jongens betreffen, voldoende beschreven kunnen worden via concrete leerdoelen, zoals op dit moment wordt beoogd. Juist ook in de beschrijving van meer algemene leerdoelen, die nu geen plaats dreigen te krijgen in de tweede versies van de eindtermen, zullen naar ons idee emancipatie-aspecten tot uitdrukking moeten komen.

7. LITERATUUR

- Chipman, S.F. & Wilson, P.M. (1985). 'Understanding Mathematics Course Enrollment and Mathematics Achievement: A Synthesis of the Research'. In: Chipman, S.F., Bruce, L.R. and Wilson, P.M., *Women and Mathematics: Balancing the Equation*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Hall.
- Douw, D. & Lodewijks, E.J. (1962). *Rekenboek voor meisjes 1*. Groningen: J.B. Wolters.
- Jacobs, dr. Aletta H., (1924). *Herinneringen*. Amsterdam: Van Holkema & Warendorf.
- Jörg, T., Man in 't Veld, M., Wubbels, Th. & Verwey, P. (1989). *Oorzaken van de geringe populariteit van het vak natuurkunde als examen-vak bij meisjes in het MAVO en HAVO*. Utrecht: Vakgroep Natuurkunde-Didactiek.
- Koremans, G. (1989). Vrouwenverstand. In: *Intermediair* 25-19.
- Kuyper, H. & Meulenbelt, J. (1988). De invloed van het gedrag van docenten op de prestaties. In: *De keuze van en de attitude ten opzichte van wiskunde door meisjes in het AVO-vwo*. Groningen: RION.
- Streumer, J.N., Doornekamp, B.G. & Bommel, E. van (1985). *Beginsituatie-onderzoek Algemene technieken I, deel I t/m IV*. Technische Universiteit Twente.
- Wijnstra, J.M. (red.) (1988). *Balans van het rekenonderwijs in de basisschool*. PPON-reeks nr.1.

CONTEXTEN IN β -ONDERWIJS

H. Broekman & A.E. van der Valk
IVLOS/Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

1. INLEIDING: CONTEXT, BETEKENIS EN FUNCTIES

De term 'context' wordt in het denken over wiskunde en natuurwetenschappelijk onderwijs algemeen gebruikt, maar niet altijd in dezelfde betekenis.

Context in het onderwijs zou opgevat kunnen worden als alles wat met het leren samenhangt, de hele leeromgeving. Die leeromgeving heeft voor leerlingen en leraar een aantal gemeenschappelijke, maar ook een aantal verschillende elementen. In deze zin gebruikt is context erg algemeen. Wij zullen de term hier specifiek invullen en beperken tot de relatie tussen aan de orde gestelde vakinhoud en situaties van buiten de school, die voor die vakinhoud op de een of andere wijze relevant zijn.

Over deze relatie bestaan twee opvattingen, die essentieel van elkaar verschillen. Dit leidt tot verschillende betekenissen van de term 'context'. In de ene opvatting is context een deel van de buitenschoolse wereld, *waaraan vakinhoud onttrokken wordt*. De andere opvatting benadrukt, dat context een deel van de buitenwereld is, *gemodelleerd vanuit het vak* om er vakinhoud aan te leren. Beide opvattingen worden kort uitgewerkt om zo te komen tot een eerste verzoening tussen beide opvattingen, in het perspectief van de ontwikkeling van vakbegrippen bij leerlingen.

Context als deel van een buitenwereld vol vakinhoud

Voor degenen, die de nadruk leggen op de buitenschoolse wereld is context een deel van de buitenschoolse wereld, waaraan kennis en ervaringen ontleend worden, die in de les gebruikt worden. Deze opvatting stoelt op de gedachte dat de vakinhoud al in de buitenschoolse wereld verborgen ligt, maar daarin alleen nog zichtbaar gemaakt en geformaliseerd moet worden. Dat betekent dat vakbegrippen min of meer probleemloos vanuit een geschikt gekozen 'context' te ontwikkelen zijn en, voor zover ze reeds vanuit de context bekend zijn niet essentieel verschillen van de vakbegrippen. Bijvoorbeeld: de begrippen 'optellen', 'getal', 'percentage' in hun dagelijks-leven-betekenis zijn zonder meer bruikbaar in de reken- of wiskundeles. Datzelfde geldt voor de begrippen 'snelheid', 'geluid', 'elektrische stroom', 'druk' in de natuurkundeles; voor 'gas', 'stof', 'reactie' in de scheikundeles; voor 'bloed', 'plant', 'voeding' in de biologieles.

Teneinde leerlingen betekenisvolle en bruikbare vakkennis te onderwijzen is met name in de wiskunde (WISKOBAS, HEWET en HAWEX) en in de natuurkunde (PLON) over dit gebruik van context nagedacht. Er zijn talrijke lessenseries vanuit deze opvatting over context gemaakt.

In de wiskunde lessenseries van het IOWO en opvolgers wordt over het algemeen uitgegaan van contexten die 'rijk' zijn aan vakinhoud. Dat wil

zeggen dat er veel verschillende vakinhouden aan ontleend kunnen worden. Aan een rijke context wordt door 'verschraling' een bepaald stuk vakinhoud ontleend aan de hand waarvan vervolgens wiskundige technieken ontwikkeld worden (horizontaal gevolgd door verticaal mathematiseren). Doel van het verschralen is de verkregen inzichten en vaardigheden te kunnen toepassen in nieuwe contexten ('verschralen om te kunnen verrijken', Wijdeveld, 1980).

In de PLON-traditie worden begrippen als snelheid, afstand, kracht, energie aan de leefwereld ontleend. Vanuit een 'themavraag' (Eijkelhof, 1986) wordt de noodzaak opgeroepen deze begrippen te specificeren en meetbaar te maken. Ze kunnen met 'praktijkmiddelen' (snelheidsmeter, meetlint, kWh-meter, veerunster) gemeten worden, waardoor er fysische relaties aan het licht komen, die verder geformaliseerd kunnen worden.

Vanuit deze opvatting van 'context' is het nauwelijks nodig om te omschrijven wat met context bedoeld wordt. Goffree (1984) heeft er wel een poging toe gedaan: 'Wat nu niet in de tekst staat, maar wel bij lezing wordt opgeroepen, noemen we de context'. In deze omschrijving blijft de relatie met de vakinhoud heel impliciet omdat die min of meer vanzelfsprekend is. Voorbeelden van contextgebruik in het onderwijs zijn, vanuit deze opvatting, dan ook veelzeggender dan een expliciete definiëring.

Context als vakmatig gemodelleerd deel van de buitenwereld

In het natuurkundeonderwijs werd men zich sinds het begin van de jaren '80 steeds meer bewust van het verschil in betekenis van termen als kracht, energie, stroom in het dagelijkse leven en in de natuurkunde. Lijnse (1981) maakte het onderscheid 'schoolbeeld-straatbeeld' om dit verschil aan te geven. Van Genderen (1985) betreft dat onderscheid ook op contexten en spreekt van 'schoolcontext' als de situatie (het experiment, de geïdealiseerde situatie) die met een vakregel in verband gebracht wordt, en 'praktijkcontext' als situatie van buiten het vak, waarin dat het geval is. Daarmee is context een deel van het vak geworden:

'de contexten van een natuurkundige regel zijn situaties waarin deze regel wordt aangeleerd of toegepast' (Van Genderen 1985).

Voor het leren van een vakregel is een context noodzakelijk. Deze hoeft geen praktijkcontext te betreffen, maar kan ook een schoolcontext zijn. Praktijkcontexten, dus buitenschoolse situaties, brengen zelfs extra problemen met zich mee. Niet iedere buitenschoolse situatie, waarin de term 'kracht' relevant is, is een mogelijke context in natuurkundeonderwijs. Volgens de definitie van Van Genderen is dat pas het geval als deze term kracht de betekenis heeft, die hij aan een natuurkundige regel, zoals $F = m \cdot a$ of 'op elk voorwerp werkt een zwaartekracht', ontleent. Natuurkunde is niet 'overal', zodat het alleen maar zichtbaar gemaakt hoeft te worden. Het is daarentegen een andere manier van redeneren, een andere taal, een andere manier van kijken naar de wereld.

Niettemin is het duidelijk, dat de natuurkundige begrippen: kracht, energie, stroom etc. niet los van hun dagelijks-leven-betekenen ontwikkeld kunnen worden, en dat binnen het vak getrokken praktijksituaties (contexten) daarbij een belangrijke rol moeten spelen. Deze zullen echter

zeer zorgvuldig gekozen moeten worden teneinde te voorkomen, dat 'voor de hand liggende' aan leefwereldervaringen ontleende regels door leerlingen 'gefysiceerd' worden en voor hen, ongewenst, tot 'vakregels' worden ('misconcepties').

Begripsvorming en contextvorming

De vraag kan gesteld worden, of de problematiek die in de natuurkunde signaleerd wordt, alleen wat complexer is dan in de wiskunde. Daardoor zou de natuurkunde er alleen nog niet in geslaagd kunnen zijn de juiste contexten en de goede vraagstellingen te vinden. Of is het zo dat hier een wezenlijk probleem ligt dat de wiskunde (nog?) onvoldoende kent?

Deze twee vragen weerspiegelen een verschil in opvattingen over de begripsvormende functie (De Lange 1987) van contexten, dat ruwweg loopt tussen wiskunde enerzijds en natuurkunde, met wellicht de andere natuurwetenschappelijke vakken, anderzijds. Ten aanzien van de twee andere functies van contexten in het onderwijs (het motiverend gebruik en het begripstoepassend gebruik) lijkt geen verschil van mening te bestaan.

Een essentiële voorwaarde voor het begripsvormend gebruik van een context is dat leerlingen over voldoende contextkennis beschikken. Een leerling die niet weet hoe elektriciteit geproduceerd wordt, zal zeggen dat we op elektrische verwarming kunnen overschakelen als het aardgas op is. Bij de aanbevelingen die De Lange (1987, p.84) geeft voor contexten als bron van begripsvorming ontbreekt dit belangrijke punt.

De koppeling tussen 'context' en vakbegrip of vakregel, die voor de leraar of lesmateriaalontwikkelaar bestaat, bestaat voor de leerling (nog) niet. De context moet nog gevormd worden. De buitenschoolse realiteit en de 'schoolse regel' *moeten beide onderwerp van onderwijzen en leren zijn*. Dat heeft ook gevolgen voor het omgaan met de vakregels die in de definitie van contexten van Van Genderen genoemd worden. Het introduceren van deze regels vanuit het vak leidt onvermijdelijk tot een 'kloof van onverstaanbaarheid' tussen leraar en leerling. Er is een niveauverschil in de zin van Van Hiele (1973) en Ten Voorde (1977). De leerlingen wordt gevraagd meteen 'de juiste' betekenis te geven aan een vakregel. Maar vanwege het nog ontbreken van voldoende kennis van het vak en de context is dit onmogelijk. Er is bijna sprake van een vicieuze cirkel. Bijvoorbeeld: voor het leren van 'energiebehoud' moeten 'omzetten' en 'bewegingsenergie' in hun de fysische betekenis gekend worden. Maar deze begrippen ontleen hun fysische betekenis juist aan 'energiebehoud'.

Zo'n vicieuze cirkel kan alleen voorkomen worden door betekenisgeving niet vanuit het vak, maar vanuit de context te laten plaatsvinden en de begrippen in een later stadium te 'decontextualiseren'. In zo'n begripsopbouw kunnen begrippen bij leerlingen stapsgewijs dichter bij de vakbetekenis komen te liggen. Contexten moeten de betekenisgeving in een gewenste richting sturen en moeten dus zeer zorgvuldig gekozen worden.

Een voorbeeld van een goed begripsvormend contextgebruik betreft de introductie van het begrip 'zwaarte-energie' in de context van een waterkrachtcentrale. Voor leerlingen heeft 'vallen' niets met energie te maken

... behalve als je het water door een waterkrachtcentrale laat stromen (Van der Valk, 1989). Maar ook in deze context kan een te snelle introductie van dit begrip tot een misconceptie leiden, 'zwaarte-energie is de energie die met zwaartekracht opgewekt wordt'.

Een voorbeeld van een slecht begripsvormend contextgebruik is de introductie van kinetische energie in de context van elektriciteitsopwekking met een windmolen. Hoe is het in te zien dat lucht achter een windmolen langzamer stroomt dan ervoor? Kan een leerling dan inzien dat de molen bewegingsenergie van de lucht wegneemt en omzet in elektrische energie? Waarschijnlijker is dat de leerling met 'de molen zet bewegings-energie om in elektrische energie' zal bedoelen dat het draaien van de molen nodig is om elektriciteit op te wekken. Omzetten van kinetische energie zal dan met snelheid en niet met *verandering* van snelheid geassocieerd worden.

Voor de opvatting 'context als buitenwereld' en 'context als deel van het vak' is beide wat te zeggen. De eerste opvatting benadrukt het belang van de leefwereld als startpunt van begripsontwikkeling, de tweede benadrukt het verschil tussen leefwereld en vakwetenschap als eindpunt van de begripsontwikkeling. Daartussen ligt de 'kloof' tussen vak en leefwereld. In het kader van het Centrum voor β -Didactiek past het opstarten van de discussie over de vraag hoe deze kloof met voor leerlingen haalbare sprongen overbrugd moet worden. Het begrip 'context', of misschien beter 'contextvorming' zal daarin een belangrijke plaats moeten innemen.

2. DISCUSSIES TIJDENS DE WORKSHOP

Om de discussie tijdens de workshop op gang te brengen werden door ons een drietal discussiestellingen geformuleerd:

- * *contexten dienen niet alleen middel voor, maar ook doel van onderwijs te zijn*; deze stelling werd door beide inleiders ondersteund;
- * *de verschillende exacte vakken dienen dezelfde contexten te kiezen, die zij elk op hun vakspecifieke wijze moeten belichten*; deze stelling werd door Broekman verdedigd met Van der Valk als opponent;
- * *bij het aanleren van een begrip is het beter om gebruik te maken van één grote context dan van een samenraapsel van kleine contexten*; hier waren de rollen omgekeerd.

Reacties op deze stellingen - zowel van deelnemers aan de workshop als van onszelf - zijn ondergebracht onder de kopjes a) doelstellingen; b) het gemeenschappelijke; c) de mogelijke verschillen.

Doelstellingen

Voor de basisvorming wordt door Hooymayers, Lijnse & De Vos (1989), Treffers & Waarlo (1989), Broekman & Van Dormolen (1989) gekozen voor

een tweeledige doelstelling: 'mondig wereldburger zijn' en voorbereiding op verdere studie.

Voor de eerste doelstelling is onderwijs aan de hand van betekenisvolle, inleefbare situaties nodig. Voor de tweede moet de begripsvormende functie van contexten benadrukt worden.

Ook internationaal worden deze trends ondersteund. Driver (1988) zegt bijvoorbeeld: 'The contexts provided for learning may be important in maintaining attention, facilitating later applicability of the conceptions and hence breaking down the possible divide between school science and every day knowledge'.

In Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics (NTCM, 1989) bijvoorbeeld wordt aangegeven dat:

"Students should be encouraged to take everyday situations, translate them into mathematical representations (graphs, tables, diagrams, or mathematical expressions), process the mathematics, and interpret the results in light of the initial situation. They should be able to solve ratio, proportion, percent, direct-variation, and inverse variation problems. Not only should students see how mathematics is applied in the real world, but they should observe how mathematics grows from the world around them."

Contexten (betekenisvolle situaties) moeten drager zijn van informele toegangen tot wiskundige (natuurkundige enz.) ideeën. De eventueel ontwikkelde wiskunde, natuurkunde enzovoorts dient ook weer toegepast te worden. Het is echter meer dan een 'instappen' en 'toepassen'. Zoals reeds is aangegeven onder 'context vormen' is het mogelijk begripsvorming en contextvorming hand in hand te laten gaan.

In navolging van Treffers, hebben zowel De Lange (1987) als Streefland (1988) de volgende vijf gronddoelstellingen geformuleerd:

- de realiteit dient als *bron* voor begripsvorming en als *toepassingsgebied*;
- de leerlingen krijgen de gelegenheid tot *actieve* inbreng in hun eigen 'leerproces'; zij zullen de rol van *constructeurs* gaan vervullen;
- de aandacht zal zich in het bijzonder richten op het voortbrengen van *symbolisering*en, *schema's* en (*visuele*) *modellen*;
- leerlijnen worden *verstrengeld*;
- het onderwijs dient in hoge mate *interactief* te zijn.

Wij zouden dit willen aanvullen met:

- het verwerven van vakkennis en kennis van de praktijkcontext dienen hand in hand te gaan.

Onderzoek van Van den Brink, Streefland, De Lange en Van Streun wijzen erop dat het werken met contexten leidt tot wiskunde-onderwijs waarbij leerlingen niet alleen leren te mathematiseren, maar de in aanmerking komende wiskunde ook zelf voor een (groot) deel construeren. Dit geldt met name voor basisschoolleerlingen in de onderzoeken van Van den Brink en Streefland.

Op de bijeenkomst aanwezige leraren beaamden dat contextgebruik in de

wiskunde het beoogde effect heeft. Maar bij de natuurkunde kunnen leraren, met name in de bovenbouw, er minder goed mee uit de voeten.

De achtergrond daarvan kan zijn de kloof tussen natuurkunde en leefwereld en de daarachter liggende denkbeelden-problematiek. Deze problematiek komt naar voren in onderzoeken naar het functioneren van PLON-materiaal, zoals dat van Van Genderen over kracht en beweging, Eijkelhof over Ioniserende Straling en Van der Valk over energie. Uit die onderzoeken blijkt evenwel ook, dat het werken met contexten deze problemen weliswaar aan het licht brengt, maar niet zelf zondermeer ervoor verantwoordelijk te stellen is. Onderzocht wordt of een zorgvuldige keuze van contexten aan oplossingen voor deze problemen kan bijdragen. De bijdrage van Goedhart en Streefland (elders in deze bundel) geven dezelfde indicaties voor mogelijkheden voor het onderwijs in de natuurwetenschappen.

Het gemeenschappelijke

Dat in een centrum voor β -didactiek gezocht wordt naar het gemeenschappelijke in de didactiek van de wiskunde en natuurwetenschappen ligt voor de hand. Wat betreft het gebruik van contexten dient bediscussieerd én onderzocht te worden wat de mogelijkheden en het effect zijn van:

- het op dezelfde wijze gebruiken van contexten (bijvoorbeeld speciaal t.b.v. begripsvorming), en/of
- het gebruiken van dezelfde contexten.

Sommige aanwezigen argumenteerden dat het gebruiken van dezelfde contexten motivatie bevorderend werkt (leuk om eenzelfde situatie vanuit verschillende vraagstellingen te benaderen). Anderen betwijfelden dit (hé bah, alweer hetzelfde). Daarbij werd gewezen op de begripsvormende functie. Deze vereist een zeer zorgvuldige keuze van de te gebruiken context. Dient een context bij meerdere vakken gebruikt te worden dan zou het wel eens kunnen dat er weinig mogelijkheden zijn, anders dan voor een gebruik als toepassing.

Zo lijkt het wiskunde-voorbeeld over fietsen tegen de wind (Ten Hove, 1989) voor het bestuderen van *kracht* (natuurkunde), maar ook de werking van *spieren* (biologie) te ingewikkeld. Sommige aanwezigen vonden dat we bereid moeten zijn ons verlangen om snel door te stoten naar de vakwetenschap te beteugelen en er tevens voor te zorgen dat niet de vakstructuur alles overheersend is. Andere signaleerden het gevaar dat er dan te weinig begripsvorming overblijft.

De mogelijke verschillen

De verschillen tussen met name de wiskunde en de natuurwetenschappen lijken vooral te maken te hebben met de meer, respectievelijk minder, grote kloof die er bestaat tussen het leefwereld denken en redeneren en het denken en redeneren in de (huidige) vakwetenschappen. Het overbruggen van die kloof zou bij wiskunde meer een kwestie zijn van assimileren en bij de natuurwetenschappen van accommoderen. Vandaar dat in het onderwijs in de natuurwetenschappen modellen van begripsontwikkeling

uitgeprobeerd en gebruikt worden, waarin een *cognitief conflict* een rol speelt. Bij het onderwijs in de natuurwetenschappen speelt de eerdergenoemde contextvorming een grotere rol dan in het wiskunde-onderwijs.

Ook in het wiskunde-onderwijs wordt de leraar echter geconfronteerd met grote verschillen in de contextkennis van de leerlingen. Het wordt tijd dat de didactiek daar meer aandacht aan gaat besteden en niet primair gericht is op de gemeenschappelijke wiskunde in de diverse contexten. Er is door wiskunde-didactiek al wel aandacht besteed aan situatie afhankelijke voorstellingen van leerlingen (Dolmans e.a., 1984). In het realistisch reken-wiskunde onderwijs voor jonge kinderen maakt men gebruik van die grote variatie aan voorstellingen/noties van de kinderen (Van den Brink, 1989). In het voortgezet onderwijs probeert men ze veelal uit te zuiveren door gebruik te maken van vele kleine contexten. In de natuurwetenschappen is men op zoek naar enkele paradigmatische contexten.

3. TOT SLOT

Zoals aangekondigd, is in het voorgaande slechts een eerste aanzet gegeven tot een gezamenlijk doordenken van het begrip 'context'. Het verschil in opvatting, met nadruk op 'buitenschools' respectievelijk 'vakinhoudelijk', is aangeduid. Daarnaast hebben wij aangegeven dat het in een aantal gevallen mogelijk is door 'contextvorming' een relatie te leggen tussen context en vakinhoud.

De argumentatie - met name rondom de genoemde stellingen - is nog allesbehalve uitgebalanceerd en verdient verdere doordenking, zodat bijvoorbeeld ook de niveau-theorie van Van Hiele erbij betrokken kan worden. De algemene indruk van de workshop was dat er veel problemen zijn met betrekking tot het elkaar verstaan en dat die tijdens de bijeenkomst niet opgelost zijn. Algemeen was men van mening dat de medewerkers van het CD-8 de problematiek rond contextgebruik, middels studie, discussie en ontwikkelingsonderzoek, verder ter hand dienen te nemen.

4. LITERATUUR

- Brink, F.J. van den (1989). Is dat net zo? Overdracht van de ene naar de andere context. *Willem Bartjens* 8, 4, p. 221-228.
- Broekman, H.G.B. & Dormolen, J. van (1989). *Basisvorming Wiskunde*. Leiden: Stenfert Kroese/Martinus Nijhoff.
- Dolmans, F. e.a. (1984). *Situatiebeschrijvingen in wiskundeteksten*. Enschede: SLO.
- Dormolen, J. van & Zwaneveld, B. (1979). *Instappen en Toepassen*. Utrecht: IOWO.
- Driver, R. (1988). Changing conceptions. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6, 3, p. 161-198.

- Eijkelhof, H.M.C. (1986). Van losse thema's naar een samenhangend curriculum. In: Eijkelhof e.a. (red.), *Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde-onderwijs*. Den Haag: svo.
- Genderen, D. van (1985). Context als β -didactisch begrip. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3, 3, 183-194.
- Goffree, F. (1984). *Van redactiesom naar rijk probleem*. Enschede: SLO.
- Hiele, P.M. van (1973). *Begrip en inzicht*. Purmerend: Muusses.
- Hooymayers H.P., Lijnse, P.L & Vos, W. de (1989). *Basisvorming Natuurkunde/Scheikunde*. Leiden: Stenfert Kroese/Martinus Nijhoff.
- Hove, J. ten (1989). Wiskunde 12-16. *Euclides* 64, 7, p. 190.
- Lange, J. de (1987). *Mathematics, Insight and Meaning*. Utrecht: OW&OC.
- Lijnse, P.L. (1981). Schoolbeeld of straatbeeld. *Zoeklicht op mechanica*. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde-Didactiek.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation Standards for school mathematics*. Reston, Virginia, USA: N.C.T.M.
- Streefland, L. (1988). *Realistisch breukenonderwijs*. Utrecht: OW&OC.
- Streun, A. van (1989). *Heuristisch wiskunde-onderwijs*. Groningen: Proefschrift RU.
- Treffers, A.J. & Waarlo, J. (1989). *Basisvorming Biologie*. Leiden: Stenfert Kroese/Martinus Nijhoff.
- Valk, A.E. van der (1989). *Begripsontwikkeling bij leerlingen in realiteitsgericht natuurkunde-onderwijs. Interimverslag aan svo, deel B*. Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, RUU.
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en verstaan*. Den Haag: svo/Staatsuitgeverij.
- Wijdeveld, E. (1980). Mathematiseren, een didactisch werkmodel. *Wiskobas-bulletin*, 9, 6, 28-48.

METEN (EN MATEN)

M. Goedhart & L. Streefland
Vakgroep Chemie-Didactiek/Vakgroep OW&OC

1. VOORAF

De bekende lage-temperatuur-fysicus Kamerlingh Onnes aanvaardde destijds zijn ambt als hoogleraar in Leiden met een oratie, die als titel droeg "Betekenis van kwantitatief onderzoek in de natuurkunde". Onder 'kwantitatief onderzoek' verstond hij het opsporen van 'maatbetrekkingen' in de verschijnselen. Dit is wat de mathematiserende en fysicerende mens van oudsher gedaan heeft; eerst met persoonlijke of natuurlijke maten (duim, el, stap, voet,...). Omwille van de herhaalbaarheid, de uitwisselbaarheid van de resultaten van het meten, ging men over op standaardmaten. Op den duur ondergingen de definities hiervan nog weer verfijningen. Zo wordt 'de meter' nu gedefinieerd als 'de afstand die licht aflegt in vacuüm in $1/299792458$ seconden'.

Het beklemtonen van het belang van kwantitatief onderzoek kwam ook tot uitdrukking in Kamerlingh Onnes' adagium "door meten tot weten", dat hij aanbeval als zinspreuk boven elk fysisch laboratorium.

Dit is lang niet altijd een geschikt uitgangspunt gebleken om wetenschappelijke kennis te vergaren. Veelal geldt immers dat er pas gemeten kan worden wanneer men weet wat men meten wil. Dit betekent dat ongeacht het belang van het meten - de kwalitatieve waarneming en interpretatie voorop dienen te staan, dikwijls noodzakelijkerwijs berustend op intuïtie en creativiteit. Dan kan het vervolg zijn een zorgvuldige definiëring van de situatie en hoe daarin een opstelling voor het meten te kiezen. Overigens logenstrafte het eigen werk van Kamerlingh Onnes zijn vooropstelling van het meten. Zijn ontdekking van de supergeleiding getuigt hiervan. Ook in de sociale wetenschappen, met name in de onderwijskunde en psychologie, zijn de 'meters' die veelvuldig statistische methoden toepassen ruimschoots vertegenwoordigd. Daartegenover zijn er degenen die stellen: "Hoe meer je weet, des te beter je meet". (Nelissen, 1989).

Volgens Casimir (1983) staat al te nauwkeurig meten in industriële laboratoria niet erg in aanzien. Men spreekt dan soms zelfs enigszins geringschattend van "The physics of the next decimal place". Het is inderdaad zo dat de opvattingen van experimentele en theoretische fysici over meten verschillen. In het algemeen zullen de bedoelingen die men met meten heeft, en de probleemstelling waarvoor het wordt uitgevoerd, de mate van nauwkeurigheid bepalen (vooropgesteld dat de ruimte tot precisie die de gebruikte instrumenten bieden geen beperkingen opleggen).

De voorbeelden in dit artikel over meten en de plaats ervan in het hele proces van wiskundig of fysisch greep krijgen op een situatie, zijn geba-

seerd op de opvatting dat meten een constructief proces is. Wat daaronder precies wordt verstaan hopen we in het vervolg duidelijk te maken.

Deze voorbeelden betreffen achtereenvolgens het meten van oppervlakte in groep zeven van de basisschool, het meten van kookpunten in het universitaire chemieonderwijs en het ontwikkelen van een maat voor verandering in de wiskunde voor de bovenbouw van het HAVO.

Deze bijdrage wordt afgerond met een korte reflectie, waarin op enkele gemeenschappelijke elementen in de voorbeelden nader wordt ingegaan. Wellicht resulteert dit in een of enkele bouwstenen voor β -didactiek.

2. OPPERVLAKTE METEN EN DECIMALE BREUKEN

In de meetlijn die de kinderen van groep zeven van de basisschool tot dusver gevolgd hebben is veel aandacht besteed aan vergelijken, ordenen, samenstellen, meten met natuurlijke maten en vervolgens met standaardmaten. De kommabreuken kwamen al een keer tevoorschijn, toen bij het lengte meten de gekozen maat moest worden onderverdeeld in 10 kleinere stukken, en vervolgens nog een keer, omdat het steeds niet 'mooi' uitkwam. De komma in de getallen gaf aan dat daarna het meten met de kleinere maat was begonnen.

'Ralph de zeerover' is een thema over oppervlakte voor groep zeven van de basisschool. De schatkaart die Ralph erfde geeft het probleem: "Bepaal het kleinste eiland, want daar is de schat verborgen". Dit probleem wordt eerst open gepresenteerd.

De ervaring leert dat allerlei 'oplossingen' verwacht kunnen worden (Streefland, 1978). We geven er enkele:

- * de omtrekredenering: "Ralph vaart om de eilanden heen; om het kleinste eiland duurt het 't kortst";
- * de eilanden verdelen en omvormen tot handzamer figuren;
- * de eilanden onderverdelen in meetbare eenheden;
- * zand uitsmeren over de eilanden en het aantal theelepeltjes per eiland tellen;

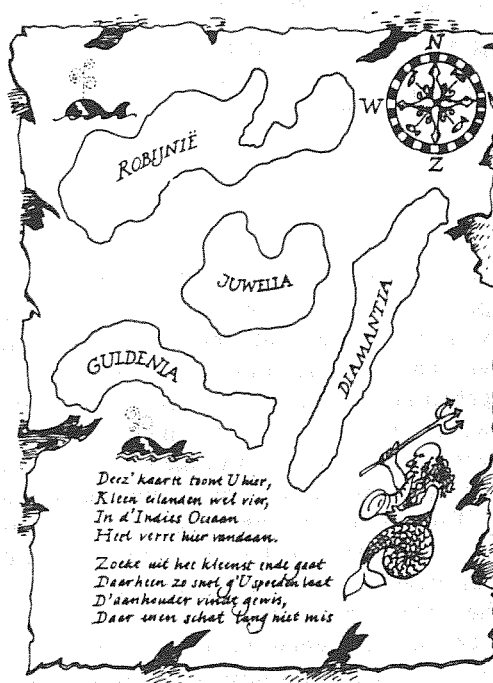


Fig. 1

- * de eilanden overnemen op triplex en met een figuurzaag uitzagen en vergelijken met een balans;
- * vanzelfsprekend wordt de foutieve omtrekredenering ontkracht, het liefst door een medeleerling. De andere suggesties worden eveneens besproken op bruikbaarheid en doelmatigheid. Tenslotte wordt de weg ingeslagen van het meten met een transparant meetrooster (vierkante centimeters).

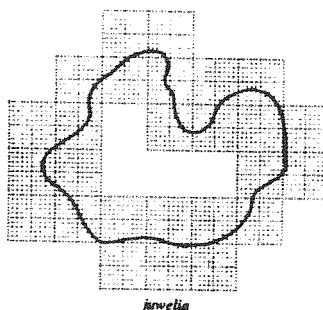
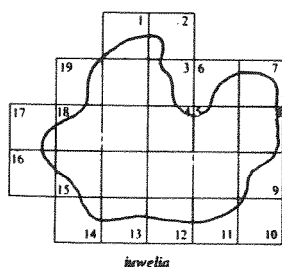


Fig. 2

Ook dit instrument blijkt nog geen antwoord op te leveren op het start-probleem. Nog steeds kan het kleinste eiland niet als zodanig ontmaskerd worden, hoewel al heel wat beslissingen genomen moeten worden in verband met de 'randhokjes' (Beschrijving met breuken, welke breuken gebruiken om niet in lastige bewerkingen te verzanden?). De oplossing wordt gezocht in nog fijner meten. Daartoe wordt de toegepaste maat verfijnd (vierkante millimeters). Ook hier geeft de komma in het meetgetal de overgang naar het fijnere meten aan.

Bij het meten van lengte wordt - zoals gezegd - de toegepaste maateenheid steeds in tien verdeeld en dus komen tijdens het meten in het resultaat de decimalen met één tegelijk tevoorschijn (bijv. de lengte van het lokaal meten met een meter - zeg 7 - vervolgens de toegepaste maat verdelen in tien en de rest meten met tienden van een meter - zeg 4 - enz. De meetuitkomst weerspiegelt dit proces, nl: 7,4... m. De komma geeft aan waar op een verfijnde maat werd overgegaan en de stippeltjes geven aan dat het proces van verfijnd meten nog kan worden voortgezet, desnoods als gedacht experiment, wanneer de praktische condities geen verdere verfijningen meer toelaten). In het geval van oppervlakte meten verschijnen de decimalen na elke verfijning niet met één maar met twee tegelijk in overeenstemming met het feit dat de toegepaste tweedimensionale maat in twee richtingen verfijnd wordt. Guldenia blijkt het kleinste eiland te zijn.

De noties van de leerlingen over (oppervlakte-)meten kunnen verscherpt zijn na deze activiteit. Het begrip oppervlakte heeft zich verder ontwikkeld en is ten nauwste gekoppeld aan een beschrijving met komma-breuken, waarin de decimalen met twee tegelijk achter de komma verschijnen, wat voldoende was om over het antwoord op het gestelde pro-

bleem te kunnen beslissen. Ook in dit geval had de procedure in gedachten kunnen worden voortgezet, waarbij opnieuw twee decimalen aan het resultaat zouden zijn toegevoegd. De feitelijke uitvoering zou op praktische bezwaren gestuit zijn, omdat meten met een rooster met vierkantjes van 0,1 mm nu eenmaal niet kan. Wel zouden nieuwe condities bedacht kunnen worden met bijv. de eis tot het beschikbaar hebben van fijnere apparatuur, bijvoorbeeld een planimeter, waarna het meten nog met een dergelijk apparaat vervolgd had kunnen worden. Met een experiment 'wegen en oppervlakte' kan ingehaakt worden op één van de suggesties van de leerlingen. De gewichten van een toenemend aantal oppervlakte-eenheden worden bepaald (is een brievenweger nauwkeurig genoeg?), gewicht wordt tegen oppervlakte uitgezet (hoe gaat de stippengrafiek eruit zien wanneer we de oppervlakte-eenheden almaar verkleinen?). Met behulp van de lineaire grafiek wordt de oppervlakte van het eiland uiteindelijk bepaald (wegen en oppervlakte met behulp van de grafiek aflezen).

3. HET METEN VAN KOOKPUNTEN EN DE WISKUNDIGE BESCHRIJVING VAN KOOKPUNTSVERHOOGING

Op practica in het hoger onderwijs, zoals die voor eerstejaars scheikundestudenten, worden door de studenten veelvuldig metingen verricht. Daarbij worden instrumenten gebruikt die een proces hebben ondergaan, waarbij gestreefd is naar steeds verdere verfijning, betere werking, hogere nauwkeurigheid, groter bedieningsgemak en verdergaande automatisering. De meetcondities zijn al in hoge mate verwerkt in de apparatuur.

Een apparaat als een ebulliometer om kookpunten en dampdrukken van vloeistoffen te meten blijkt door studenten als 'black box' te worden opgevat. Studenten zijn tevreden als ze weten hoe ze meetwaarden moeten verkrijgen; over de inrichting van het apparaat maken ze zich niet druk (Van Keulen, 1988).

In onze onderwijsaanpak op het practicum 'meten en maken 1' aan de RUU willen wij studenten laten zien hoe de ontwikkeling tot een dergelijk instrument kan verlopen door bij gebleken tekortkomingen van een instrument voor een nieuw te ontwerpen instrument meer condities te gaan regelen.

In het experiment 'kookpunt van oplossingen' (Goedhart, 1988) ontwerpen studenten eerst zelf een opstelling om het kookpunt van water en van een ureum-oplossing te bepalen. Bijna alle studenten kiezen een opstelling bestaande uit bekerglas, bunsenbrander of kookplaat en kwikthermometer. In een groepsgesprek met de docent na afloop van de uitgevoerde metingen wordt duidelijk dat verschillende kookpunten zijn gevonden. In het gesprek kan naar voren komen dat de volgende factoren van invloed kunnen zijn geweest op het verschil in de gevonden kookpunten:

- * de verschillen tussen thermometers;
- * de plaats van de thermometer in de vloeistof;
- * al dan niet roeren;
- * de onzuiverheid van het water of de ureum;

- * de aanwezigheid van kooksteentjes;
- * de luchtdruk.

Verder stellen studenten vast dat bij het koken van een ureum-oplossing een kookpuntsverandering in de tijd optreedt, zodat maatregelen dienen te worden genomen om verdamping van het water tegen te gaan wil men een constant kookpunt vinden.

Er vindt dus een proces plaats van explicitering en problematisering van meetcondities. Dit roept bij studenten de vraag op naar regeling van meetcondities.

In de refluxopstellingen die de studenten vervolgens gaan gebruiken zijn een aantal van dergelijke regelingen getroffen, o.a. het tegengaan van verdamping van het oplosmiddel. Uit de hiermee uitgevoerde metingen blijkt dat de resultaten nu beter reproduceerbaar zijn.

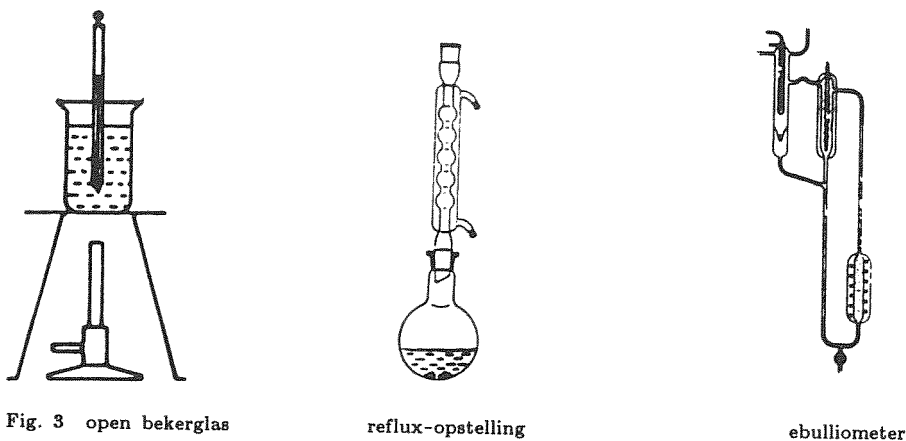


Fig. 3 open bekerglas

reflux-opstelling

ebulliometer

In deze opstelling proberen de studenten vervolgens een kwantitatief verband te formuleren tussen de kookpunten en de samenstelling van ureum-oplossingen. Zij meten de kookpunten van een aantal oplossingen die op een door henzelf bedachte wijze zijn gemaakt.

Kookpunten en samenstelling worden door de studenten in een grafiek uitgezet. Zij trekken een lijn door de meetpunten. Daarbij kunnen zich de volgende discussiepunten voordoen:

- * Moet er een kromme door de meetpunten getrokken worden of een rechte? De meeste studenten blijken vrijwel altijd direct voor een rechte te kiezen.
- * Moet de te trekken lijn de Y-as snijden bij het 'theoretisch kookpunt' van water van 100°C (lijn A) of bij het door de studenten gemeten kookpunt van water (lijn B) of trekken we de lijn die het 'beste' door de meetpunten gaat (lijn C)?
- * In hoeveel cijfers (studenten spreken van 'significanten') worden de helling en de asafsnode van de lijn opgegeven? Hier menen de studenten bijna altijd dat dit bepaald wordt door het aantal cijfers van de gemeten temperatuur, de massa van het ureum en het volume water.

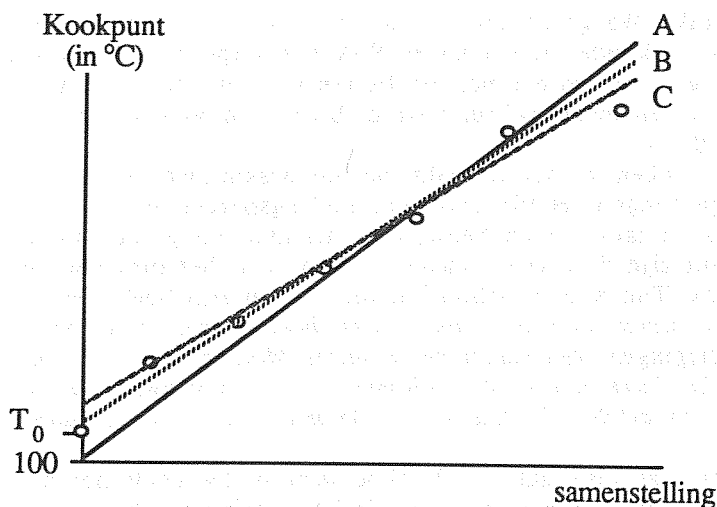


Fig. 4.

Wij gaan na in hoeverre de studenten aangesproken worden door het begrip 'spreiding van meetpunten' als kwaliteitscriterium voor de lijnparameters 'asafsnede' of 'helling', dus voor het verband. Een volgende stap kan dan bestaan uit het ontwikkelen van een kwantitatief criterium voor de spreiding van meetwaarden en dit te relateren aan het aantal cijfers waarin de lijnparameters worden opgegeven.

In een later practicumexperiment (Mulder, 1984) wordt de noodzaak getoond om lucht uit de opstelling te verwijderen en te streven naar gelijkheid van temperatuur van damp en vloeistof ('thermodynamisch evenwicht'). In een *ebullimeter* is de kookruimte afgesloten van de buitenlucht, is de druk instelbaar en wordt door menging van damp en vloeistof het beoogde evenwicht benaderd.

In deze opstelling zijn kookpuntwaarden en bijbehorende dampdrukken, zoals deze in de literatuur gegeven zijn, te reproduceren. Er treden in een dergelijke gesloten opstelling echter geen kookverschijnselen (dampbellen) meer op. Het begrip 'kookpunt' is daarmee van zijn leefwereld-betekenis geabstraheerd tot temperatuur bij thermodynamisch evenwicht tussen vloeistof en damp. De in de thermodynamica gebruikte basisbegrippen 'evenwicht' en 'gesloten systeem' worden aan de hand van de ebulliometer voor de studenten verduidelijkt. De regelingen die hebben geleid tot de inrichting van het meetinstrument zijn voor de studenten inzichtelijk geworden. Sterker nog, zij hebben deels aan de ontwikkeling van de meetcondities van het instrument kunnen bijdragen.

4. NAAR EEN MAAT VOOR VERANDERING

Bij de wiskundige beschrijving van kookpuntverandering werd lineariteit

als model gebruikt. We geven tot slot nog een voorbeeld, zij het heel beknopt, van de wiskunde uit het HAVO Wiskunde Experiment (HAWEX). In dit voorbeeld gaat het om het mathematiseren van verandering, waarbij lineariteit eveneens als model gebruikt wordt bij het ontwikkelen van een maat voor verandering.

De leerlingen hebben kennis gemaakt met de wiskundige beschrijving van echte berghellingen. Hellingshoeken, hellingspercentages in twee opzichten (sinus en tangens) en hellingscoëfficiënten op grond van het tangens-standpunt zijn de revue gepasseerd. Dan volgt het probleem van de Mont Ventoux. Tim Krabbé schreef er dit over in zijn boek 'De renner': *Ik heb de Ventoux zeven maal op de fiets beklommen. Je kan kiezen tussen twee bestijgingen: één vanuit het plaatsje Malaucène en de ander vanuit Bédoin. Ze duren allebei 21,5 kilometer, zijn even zwaar en even mooi en ze voeren allebei de laatste zes kilometer door het befaamde maanlandschap.*

De vraag is of deze uitspraak van Krabbé waar is. De beide hellingen worden profielsgewijze vergeleken en gemiddelde stijgingen bepaald. Er worden hellinggrafieken samengesteld waarin het hellingspercentage tegen de afstand is afgezet. De afwisseling van steile en minder steile gedeelten is nu goed zichtbaar geworden. Hellinggrafiek en bergprofiel worden met elkaar in verband gebracht (Hoe ziet een hellinggrafiek eruit voor een berg die overal even steil is?). Al mathematiserende blijkt, dat Krabbé zich wat genuanceerder had kunnen uitspreken over de twee 'gezichten' van de Ventoux. De meetkundige context duurt nog even voort wanneer het profiel van een skipiste beschouwd wordt. Er worden weer gemiddelde stijgingen bepaald, waarbij de intervallen waarover dit gebeurt verfijnd worden.

Bovendien wordt er met behulp van de computer ingezoomd op de helling om de hellingscoëfficiënt in de onmiddellijke omgeving van een 'lastig' (buig-)punt te kunnen bepalen. De computer dient daarbij ook als instrument om gemiddelde stijgingen bij toenemende verfijning van het interval te berekenen.

Ook andere contexten komen aan de orde, zoals het verhaal van een ramp met een olietanker, waarbij de autoriteiten van een badplaats maatregelen willen nemen om de prachtige baai van een drijvende afsluiting te voorzien. De vraag is dan of zij gegeven de snelheid waarmee de olievlek zich uitbreidt nog op tijd zullen zijn met hun maatregelen en de kosten daarvoor dus terecht zullen maken. Uit de groei van de straal van de olievlek wordt een toenamedigram afgeleid. Na enige oefening worden alle mogelijke gevallen van verandering in grafieken, van 'toenemende stijging' tot en met 'buigpunt met zwakste daling', beredeneerd gekoppeld aan de bijbehorende toenamedigrammen, in willekeurige volgorde gegeven. Aan speciale gevallen worden hellingfuncties berekend en al doende beginnen zich differentie en differentiequotiënt af te tekenen, waarbij het laatste staat voor de mate van stijging of daling in een grafisch weergegeven veranderend verschijnsel.

Het differentiëren doet zich dus voor als een manier om verandering bij te houden, als een manier waarin gemiddelde stijgingen benaderd worden,

waarbij afgeleiden als hellingfuncties hun intrede doen, de computer zowel ingezet wordt voor verfijnder kijken (inzoomen) als voor het uitvoeren van berekeningen bij het benaderend verfijnen van de deelintervallen waarover stijgingen berekend worden. Er vindt zagezegd ontwikkeling plaats van een maat voor verandering, waarvoor lineariteit als model wordt ingezet en - zeker niet onbelangrijk - de regels voor het differentiëren *in het denken over veranderingen* ontwikkeld worden. (Roodhardt, 1988; Kindt, 1988; Kindt, 1989)

5. BESLUIT

Bij wijze van reflectie willen we tenslotte ingaan op enkele gemeenschappelijke trekken in de benadering van het meten in realistisch wiskunde-onderwijs op de basisschool en in het voortgezet onderwijs en in het scheikundepracticum voor universitaire studenten, of, met andere woorden, op enkele gemeenschappelijke trekken van β -didactiek in de gepresenteerde stukjes onderwijs. Het betreft:

- * de kwestie van de begripsverandering of herdefiniëring van een begrip vanuit het standpunt van de lerende;
- * de kwestie van de nauwkeurigheid en de maatverfijning bij het meten, en tenslotte:
- * de onderwijsaanpak.

Begripsverandering

Allerlei natuurwetenschappelijke begrippen zoals kracht, energie e.d. hebben in de leefwereld een totaal andere betekenis dan in de natuurwetenschap zelf. Met deze discrepantie zou het onderwijs veel nadrukkelijker rekening moeten houden dan o.i. tot dusverre gebeurt. Hierop eenzijdig een theorie van misconcepties en cognitieve conflicten te grondvesten lijkt ons niet het juiste β -didactische antwoord. Het voorbeeld van 'kookpunt', waarvan de leefwereld-betekenis (het ontstaan van dampbellen, verdamping) helemaal naar de achtergrond verdwijnt en in plaats daarvan een thermodynamische invulling krijgt (ebulliometer), heeft - wat de kwestie van begripsverandering betreft - de betekenis van een paradigma. Naar dit voorbeeld zou ook in eerdere stadia van het leerproces - *op lokaal niveau in het programma* - gezocht moeten worden naar overeenkomstige voorbeelden om de leerlingen en studenten bewust te maken van de verandering in betekenis die begrippen in het leerproces (kunnen) ondergaan.

Zo was 'kleinste eiland' voor sommige leerlingen gekoppeld aan 'omtrek' en dit wordt voor hen 'oppervlakte', waarbij 'oppervlakte' verbonden wordt met het 'uitscheppen' met vierkantjes van verschillende grootte. De 'nieuwe' getallen die daarbij ontwikkeld worden weerspiegelen dit proces van meten met toenemende verfijning zoals we hebben laten zien. 'Helling' werd van berghelling tot helling van een lijnstuk en tenslotte tot helling in een punt.

Nauwkeurigheid en verfijning

De meetactiviteiten waren gericht op het uitspreken van verwachtingen over uitkomsten en op het ontwerpen van, of het meedenken in het vinden van, geschikte opstellingen. Bij het meten zelf viel het toepassen van hulpgrootheden op, of wel de indirectheid van het meten. Leerlingen en studenten bleken hiertoe van nature geneigd te zijn, een habitus die ook in de historische ontwikkeling van het meten weerspiegeld wordt (een voorbeeld was het wegen van de eilanden).

Wat de begripsontwikkeling aangaat valt de inbreng op die leerlingen en studenten (kunnen) hebben bij het ontwikkelen van maten en bij het nauwkeuriger gaan meten. Daartoe worden verfijningen toegepast, die niet alleen de kwaliteit van de uitkomsten moeten verhogen maar tevens bijdragen aan de begripsontwikkeling zelf (kommagetallen om een meetproces met toenemende verfijning te beschrijven).

Ook is er sprake van modelgebruik (hellingen, helling als model, lineariteit als model).

Onderwijsaanpak

In het algemeen zou men kunnen stellen, dat in de voorbeelden het onderwijs ontwerpgericht is, dat een belangrijke plaats is ingeruimd voor interactie, om in gesprek de ervaringen opgedaan tijdens een bepaald experiment te kunnen structureren *met het oog op het voortgaande mathematiseren en fysiceren*. Een en ander betekent dat op deze manier reflectie op het eigen handelen wordt uitgelokt.

Reflectie op het eigen leren (c.q. handelen) kan ook ontstaan wanneer argumentaties van leerlingen en studenten niet overeenkomen met de opgedane ervaringen (bijv. de omtrekredenering bij de eilanden en de spreiding in de uitkomsten bij de kookpuntmeting).

Kortom uit het vergelijken van allerlei vakdidactische aspecten komen meer algemene β -didactische aspecten naar voren en kan zich op den duur een β -didactiek ontwikkelen. In dit opzicht was wat ons betreft dit experiment 'meten' op zulke uiteenlopende niveaus van onderwijs zeker de moeite waard.

6. LITERATUUR

- Casimir, H.B.G.(1983). *Het toeval van de werkelijkheid*. Amsterdam.
- Goedhart, M.J. (1988). Kookpunt van oplossingen; Hoofdstuk 5A uit: *Praktikumhandleiding Meten en Maken I*. Faculteit Scheikunde RUU.
- Keulen, H. van (1988). *Dampdruk en evenwicht*. Bijvakverslag chemiedidactiek RUU.
- Kindt, M. (1989). *Hellingen*. Utrecht: OW&OC (HAWEX, Wiskunde B).
- Kindt, M. (1988). *Differentiëren. Een manier om veranderingen bij te houden*. Utrecht: OW&OC (HAWEX, Wiskunde B).
- Mulder, Th.M. & Derissen, J.L. (1984). Dampdruk boven een vloeistof bij verschillende temperaturen. Hoofdstuk 19 uit: *Praktikumhandleiding Meten en Maken I*. Faculteit Scheikunde, RUU.

- Nelissen, J.M.C.(1989). Realistisch Breukenonderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 7 (1), 73-78.
- Roodhardt, A. (1989). *Tabellen Grafieken Formules 2*. Utrecht: ow&oc (HAWEX, Wiskunde A).
- Streefland, L. (1978). Ralph de zeerover. *Wiskobas Bulletin Leerplandeel 9 'Oppervlakte 2'*. Utrecht: iowo.

BEGRIPSONTWIKKELING

W. de Vos & P.L. Lijnse

Vakgroep Chemie-Didactiek/Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

1. INLEIDING

Onderzoek naar begripsontwikkeling wordt binnen het Centrum op verschillende manieren opgezet en uitgevoerd. Bij al die manieren hebben uitingen van leerlingen en studenten een belangrijke functie. De bedoeling van de werkgroep Begripsontwikkeling was de deelnemers te informeren over onderzoeksactiviteiten binnen het β -centrum op het gebied van de begripsontwikkeling en met de deelnemers over dit onderzoek te discussiëren. De situatie wordt gecompliceerd doordat binnen het Centrum op verschillende manieren en op verschillende gebieden onderzoek wordt gedaan naar begripsontwikkeling. Het was niet mogelijk alle onderzoeksmethoden, en varianten daarop, die in het Centrum voorkomen, te bespreken. De geboden informatie had betrekking op onderzoek naar begripsontwikkeling in practicumsituaties in elementair scheikunde-onderwijs. Het onderzoek dat in de werkgroep besproken werd, is gericht op de relatie tussen het practicumexperiment (als onderwijsmiddel, dus inclusief bijbehorende toelichting, instructie en vragen) en de ontwikkeling van bepaalde chemische begrippen.

Door de informatie toe te spitsen op één type onderzoek werd het mogelijk concrete aspecten van onderzoek naar begripsontwikkeling in korte tijd bespreekbaar te maken. De bedoeling was op basis van twee voorbeelden tot een discussie in meer algemene termen over dit en andere typen onderzoek naar begripsontwikkeling te komen. In die discussie zou een positiebepaling, zowel wat onderzoeksmethoden als wat onderzoeksterreinen betreft, aan de orde kunnen komen. Verder zou kunnen worden gesproken over de relatie met onderwijsontwikkeling en met wetenschapsbeoefening.

De voorbeelden die we aanboden waren afkomstig uit onderwijs in elementaire scheikunde (derde klassen MAVO/HAVO). Omdat waarschijnlijk niet alle deelnemers aan de werkgroep dit onderwijs voldoende kenden, zouden de betreffende practicumproeven worden gedemonstreerd en kort toegelicht. Het eigenlijke onderzoeksmateriaal in de voorbeelden werd gevormd door twee protocollen van gesprekken van leerlingen onderling en met hun docent. Fragmenten van protocollen werden tijdens de werkgroep aan de deelnemers beschikbaar gesteld. Door met de deelnemers samen naar interpretatiemogelijkheden van protocoluitspraken te zoeken, wilden we een indruk geven van een belangrijke fase van dit type onderzoek.

Tijdens de werkgroep bleek de bespreking van het eerste van de twee protocollen zoveel tijd te vragen dat het tweede niet meer kon worden besproken. Het tweede protocol blijft in dit verslag buiten beschouwing.

2. INFORMATIE

Het protocol dat in de werkgroep werd besproken, was afkomstig van een onderzoek dat gedurende de periode 1987-89 in de vakgroep Chemie-Didactiek door een deeltijdstudent in het kader van een onderzoeksjaar werd verricht en dat inmiddels is afgesloten. Het onderzoek had betrekking op de vraag of leerlingen in MAVO-3 tijdens hun scheikundelessen een begrip chemische reactie ontwikkelen, dat voorbereidt op het chemisch elementbegrip. Dit elementbegrip komt in een volgend hoofdstuk aan de orde.

Het begrip chemische reactie (voorgesteld als een proces waarbij een of meer stoffen verdwijnen en een of meer andere stoffen ontstaan) wordt onderwezen aan de hand van een serie practicum- en demonstratieproeven. Bij deze proeven worden vragen en opdrachten aangeboden die bedoeld zijn om de aandacht van leerlingen te vragen voor relevante aspecten van de proef. Er wordt gewerkt in groepjes van maximaal vier leerlingen. Tot de relevante aspecten van een proef behoort vooral de vaststelling welke stoffen tijdens die proef zijn verdwenen en welke nieuwe zijn ontstaan. Dit vraagt van de leerlingen dat zij stoffen op grond van hun eigenschappen kunnen identificeren.

Vier leerlingen (A, C, J en S) hebben één van de voorgeschreven proeven uitgevoerd. De proef is getiteld "Reactie tussen koolstof en zuurstof". Bij deze proef hebben zij een met zuurstof gevulde erlenmeyer over een stukje gloeiend houtskool (koolstof) geplaatst. Ze hebben gezien hoe het stukje houtskool daarop gedurende enkele seconden feller ging gloeien en vervolgens langzaam uitdoofde. Vervolgens hebben de leerlingen de erlenmeyer weer rechtop gezet en er wat kalkwater in gegoten. Na schudden werd dit kalkwater troebel. Tijdens de werkgroep werd deze proef voor de aanwezigen gedemonstreerd.

Enige weken eerder hebben deze leerlingen kalkwater leren kennen door er twee proeven mee te doen. In de ene proef werd het gas koolstofdioxide door kalkwater geleid, waarna een troebeling ontstond. In de andere proef werd het gas zuurstof door kalkwater geleid; daarbij ontstond geen troebeling. Ook deze twee proeven werden tijdens de werkgroep gedemonstreerd. De bedoeling van de docent L (tevens onderzoeker en ontwerper van het onderwijsmateriaal) was dat de leerlingen nu het branden van houtskool zouden zien als een proces waarbij koolstof en zuurstof verdwijnen en tegelijkertijd koolstofdioxide ontstaat. Eén van de opdrachten aan de leerlingen luidt: "Noteer je waarneming(en)".

Bovendien werden de volgende vragen gesteld.

1. Welke stof is tijdens de reactie gevormd? Licht jullie antwoord toe.
2. Waardoor zou de reactie gestopt zijn?
3. Bedenk een manier om te onderzoeken of er nog zuurstof in de kolf zit.
4. Welke stof of stoffen zijn tijdens de reactie geheel of gedeeltelijk verdwenen? Licht jullie antwoord toe.

5. Denken jullie dat je de verdwenen stof of stoffen nog ooit terug kunt krijgen? Licht jullie antwoord toe.
6. Geef een reactieschema van deze reactie.

Hieronder wordt een deel van het gesprek dat de leerlingen bij de beantwoording van de vragen voeren, in de vorm van een protocol weergegeven.

- 1 J Wat schrijf je nou op van het kalkwater?
- 2 C Eehhh ... het kalkwater wordt troebel en wat nog meer?
- 3 J Niks.
(...)
- 4 J Koolstof plus zuurstof, wat wordt dat?
- 5 C Ehh ...Dat gaat gloeien maar dat is geen ... eh ... reactieschema want je houdt geen andere stof over.
- 6 J Dan hoef je dat niet op te schrijven want dat is geen chemische reactie.
- 7 A Hoho eens, maar waar is de zuurstof dan gebleven?
- 8 C Ja h, die is opgebrand.
(...)
- 9 A Meneer, er is hier een reactieschema gebeurd, omdat ... eh ... dat zuurstof eruit is.
- 10 J+S Als je hier koolstof plus zuurstof zet, dan ...
- 11 J ... komt er dan alleen koolstof? Verbrande koolstof?
- 12 L Dat moet je kunnen beredeneren ... bedenken met dat kalkwater. Dat zit er niet voor niets bij eigenlijk.
- 13 C Ik weet niet meer wat er dan gebeurt, als je dat er bij doet.
- 14 J Het wordt alleen troebel.
- 15 L Dat hebben we toch ooit gehad?
- 16 A Ja, iets met zuurstof.
- 17 L We hebben ooit in hoofdstuk 2 iets van reagentia gehad. Dat was een hulpstof om een andere stof aan te tonen.
- 18 S Zuurstof kun je aantonen, dat als je er kalkwater bij doet dan...
(...)
- 19 C (Gezocht en gevonden) "Aantonen van koolstofdioxide", hier, met kalkwater erbij. Als er zuurstof in zit, blijft kalkwater helder.
- 20 J Dus zit er geen zuurstof in.
- 21 C Hier staat het: we doen kalkwater bij een kolf met zuurstof: het kalkwater blijft helder.
- 22 S H, toen wij dat ding met zuurstof erover gingen zetten, toen ging het harder branden, he?
- 23 A Ja, dan gaat de zuurstof weg.
- 24 C H, er zit geen zuurstof meer in.
- 25 J Er zit geen zuurstof meer in omdat kalkwater troebel werd.
- 26 A Wij kunnen aantonen met kalkwater dat er geen zuurstof meer in zit.

Als richtlijn bij de analyse van dit protocolfragment werden de volgende vragen aan de deelnemers voorgelegd:

1. Is voor alle leerlingen vanzelfsprekend dat het verdwijnen van stoffen gepaard moet gaan met het ontstaan van andere stoffen?
2. Wat kan J bedoelen met "Verbrande koolstof" (uitspraak 11)?
3. Welke functie kennen de leerlingen toe aan kalkwater?

3. DISCUSSIE

Enkele punten die in de discussie een rol hebben gespeeld worden hieronder kort vermeld.

Er is gesproken over de relatie tussen onderwijsontwikkeling en onderzoek. Daarbij werd erop gewezen dat in het besproken onderzoek het ontwikkelde onderwijsmateriaal twee doelen moet dienen: enerzijds moet het voor de leerlingen een leermiddel zijn, dat hen in staat stelt de betreffende chemische begrippen op efficiënte en prettige wijze te leren, en anderzijds moet het de onderzoeker een mogelijkheid bieden mondelinge en schriftelijke uitingen van leerlingen (en van de docent) te verzamelen die onderzoek naar het leer- (en onderwijs-)proces mogelijk maken. Om beide doelen bereikbaar te maken wordt in veel gevallen gekozen voor groepswerk als werkvorm.

In het onderzoek zijn ontwikkeling van onderwijsmateriaal en analyse van protocollen op elkaar betrokken in een cyclisch proces. Na een eerste uitvoering van experimenteel onderwijs in de klas kan de onderzoeker, op basis van een analyse van het verzamelde onderzoeksmateriaal, aangeven welke wijzigingen in het onderwijsmateriaal kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van begrippen in een tweede ronde. Deze wijzigingen kunnen bijvoorbeeld betrekking hebben op de uitvoering van een proef of op de formulering van gestelde vragen. Zo komt een tweede versie van het onderwijsmateriaal tot stand, die op haar beurt weer mogelijkheden tot onderzoek biedt. In het voortgezet onderwijs heeft deze cyclus van onderzoek en onderwijsontwikkeling meestal een periode van één jaar.

Er werd gevraagd hoeveel van dergelijke cycli doorlopen moeten worden alvorens het onderzoek kan worden afgesloten. Hierop werd geantwoord dat de onderzoeksmethode niet een ingebouwd moment van voltooiing kent. Er komt in principe steeds weer nieuw materiaal beschikbaar dat vorderingen in het onderzoek en in de ontwikkeling van onderwijsmateriaal mogelijk maakt. In de praktijk wordt het einde van het onderzoek dikwijls bepaald door externe randvoorwaarden.

De rol van de docent kwam ter sprake in verband met de opvatting dat diens invloed zeer dominerend is en dat de kwaliteit van het onderwijsmateriaal slechts van bijkomstig belang kan zijn. Het inzicht dat de invloed van de docent van essentieel belang is voor het leerproces van de leerlingen heeft ertoe geleid dat in onderzoek naar begripsontwikkeling ook de docent als onderzoeksobject wordt gekozen. Bovendien wordt het onderzoek waar mogelijk gecombineerd met nascholing van docenten.

Dat niet alleen bij docenten maar ook bij onderzoekers wel degelijk een verder leerproces op het gebied van schijnbaar eenvoudige chemische begrippen mogelijk is, bleek bij de gezamenlijke analyse van het hierbo-

ven weergegeven protocol. De opvatting van enkele leerlingen dat troebelheid in kalkwater op de afwezigheid van zuurstof wijst, is chemisch gezien weliswaar onjuist, maar didactisch van belang als een legitieme interpretatie van waarnemingen die de leerlingen bij de gekozen uitvoering van de proeven hadden gedaan. Men kan hier spreken van een voorbeeld van begripsverrijking voor docent en onderzoeker. Het belang van protocolanalyse is dat dergelijke opvattingen van leerlingen eigenlijk alleen langs die weg systematisch opgespoord en zichtbaar gemaakt kunnen worden.

Een ander punt dat aan de orde werd gesteld betrof de mogelijkheid om vanuit een protocol van 'n groepje leerlingen te generaliseren naar conclusies met een meer algemene strekking. Wordt een gesprek van vier leerlingen over een bepaald onderwerp niet zo sterk bepaald door toevalligheden dat generaliseren een uiterst riskante en, wetenschappelijk gezien, onverantwoorde bezigheid is? In de discussie werd duidelijk dat er over twee vormen van generaliseren kon worden gesproken: vanuit één groepje leerlingen naar "alle" leerlingen en vanuit een (chemisch) onderwerp naar chemie leren in het algemeen. Beide vormen van generalisatie kunnen hooguit leiden tot uitspraken met het karakter van hypothesen.

Voor onderwijsontwikkeling is het zeker van belang om te weten of een bepaalde opvatting uniek is of bij een aanzienlijk aantal leerlingen voorkomt. Combinatie van protocolanalyse met onderzoek van meer kwantitatieve aard kan daarbij een rol spelen. Toch kan in bepaalde gevallen ook op grond van een analyse van een protocol worden gesteld dat er sprake is van een zo wezenlijk aspect van het betreffende begrip, dat hieraan in ieder geval aandacht zal moeten worden geschonken.

Wat het generaliseren over meerdere onderwerpen betreft, biedt het hierboven afgedrukte protocol een aanknopingspunt. Uitspraken van alle vier leerlingen kunnen worden geïnterpreteerd als uitingen van de opvatting dat het helder blijven van kalkwater wijst op de aanwezigheid van zuurstof. In de gangbare opvatting is het troebel worden van kalkwater een verschijnsel en wordt het helder blijven gezien als het uitblijven van een verschijnsel: er "gebeurt niets". De leerlingen laten zien dat men het verschijnsel en het uitblijven ervan ook kan omkeren: het helder blijven is een verschijnsel dat door zuurstof wordt veroorzaakt. Deze omkering kan voor de onderzoeker beschikbaar komen als interpretatiemogelijkheid bij de analyse van protocollen waarin leerlingen over heel andere onderwerpen spreken.

Tenslotte werd opgemerkt dat protocolanalyse wel iets kan zeggen over hoe bepaalde begrippen kunnen worden onderwezen, maar niet over de selectie van die begrippen. Deze opmerking heeft niet zozeer betrekking op begrippen met een interne maar vooral op begrippen met een externe leerwaarde. (Met interne leerwaarde wordt bedoeld dat een begrip alleen voorbereidt op een ander begrip binnen het curriculum.) Vooral bij de keuze van begrippen met externe leerwaarde zullen ook anderen dan onderzoekers moeten worden betrokken.

PROJECT NATUUR- EN MILIEU-EDUCATIE

A. Brunsting, F. van der Loo & O. de Vries
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

1. INLEIDING

De druk op het onderwijs om aandacht te schenken aan het milieu wordt steeds groter. Het recente Nationale Milieubeleidsplan (1989) formuleert het als volgt: "Van onderwijsinstellingen wordt verwacht dat zij meer invulling gaan geven aan milieuonderwijs. Dit gebeurt onder meer door de inbreng van natuur- en milieu-aspecten in de eindtermen van de verschillende schooltypen". Het Milieubeleidsplan staat daarin niet alleen. Zie bijvoorbeeld ook de commentaren in de NRC (fig. 1) op de eindexamens biologie, natuurkunde en scheikunde, mei 1989. "Zorgen voor morgen" gaat het onderwijs niet (meer) voorbij.

Dit verslag geeft een indruk het verloop van de werkgroep over natuur- en milieu-educatie. De werkgroep hield zich voornamelijk bezig met de relatie tussen NME en de didactiek van natuurwetenschappelijke vakken in de bovenbouw HAVO/VWO.

In totaal 15 belangstellenden namen aan de werkgroep deel. De begeleiding was in handen van de drie bovengenoemde medewerkers aan het project NME-VO (Natuur- en Milieu-educatie in het Voortgezet Onderwijs).

2. HET PROJECT NME-VO

De werkgroep begon met een korte uiteenzetting over het project NME-vo. Tegen de achtergrond van de groeiende belangstelling voor milieu en milieu-onderwijs ging dit project in 1986 van start. Het was een samenwerkingsproject van een groot aantal (o.a. milieu-educatieve) instellingen, ondergebracht bij het CD-β (vakgroep natuurkunde-didactiek) en gefinancierd door de ministeries van O&W, VROM en Landbouw en Visserij. Hoofddoel van het project was het integreren van natuur- en milieu-educatie in de schoolvakken aardrijkskunde, biologie, natuurkunde en scheikunde, vooral in de eerste drie leerjaren van de schooltypen LBO, MAVO, HAVO en VWO. Daartoe werd lesmateriaal vervaardigd en uitgeprobeerd op negen proefscholen. Na de eerste versies werden definitieve versies van het lesmateriaal vervaardigd. Het project liep tot 1 augustus 1989, maar er is een vervolg in een samenspel van diverse andere projecten over NME in het VO.

Welke kenmerken heeft het lesmateriaal? In het korte bestek van de werkgroep kon niet op alle kenmerken van het lesmateriaal uitvoerig worden ingegaan, maar enkele punten springen eruit.

Scheikunde niet abstract

Door N. GINJAAR-MAAS

Het is alweer 17 jaar geleden dat ik als lerares scheikunde aan de Rijswijkse Openbare Scholengemeenschap leerlingen voorbereidde op het eindexamen scheikunde. Mij stond bij het geven van de lessen voor ogen dat leerlingen te laten zien dat chemie logisch in elkaar zit en dat dit geen vak is om uit je hoofd te leren. Als je eenmaal de

systemen
nieuwe
spellen.

Scheikunde
vak van
veel meer
kelijk.

bevestiging
scholen
den geven
de' is in
roepsui
verdwijnt
consequen
moeten
quentie
mijn op
de voor
aantrek
quentie
het scholier
beeld
en het
in de p

Het
voor H
om ha
vraagt
inzicht
laat zi
od-sch

Wat later
radar zou
blijft

Nacht vol
vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf

Voordien zouden som
nacht vol vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf

Voordien zouden som
nacht vol vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf

Voordien zouden som
nacht vol vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf

Voordien zouden som
nacht vol vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf

Voordien zouden som
nacht vol vliegtuiggebr
nonvuur, de velden bez
met gemetalliseerde str
pier, maar alleen de sch
zelf met radio had g
zou uit hun lengte afle
ke frequentie werd ge
wat later radar zou blijf



de volgende pagina verder moet lezen en waar het examen eindigt. Op de voorpagina staat bovendien vermeld hoeveel vragen het examen heeft. De zo noodzakelijke instructies hoe de opgaven beantwoord dienen te worden, staan klip en klaar op deze pagina aangegeven.

Eén kanttekening: enkele vragen zijn voorzien van een sterretje. Een beetje verstopt in de tekst is aangegeven dat deze vragen, bij goede beantwoording,

Natuurkunde voor burgerij

Door J.A. GOEDKOOP

Als ik nog eens de opgaven bekijk die vijftig jaar geleden

me hoe abstract ze waren mechanica (toen een armenvak) was het niet een auto, maar een 'stoffeli

dat zich over een helle voortbewoog en de werk waarover het eindexamen

tuurkunde ging, was die proeven in de les. Kwas daar nog niet bij en de pas ontdekte kernsplij

jaar later de oorlog, die breken stond, doen eindig

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str

pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Voordien zouden som nacht vol vliegtuiggebr nonvuur, de velden bez met gemetalliseerde str pier, maar alleen de sch zelf met radio had g zou uit hun lengte afle ke frequentie werd ge wat later radar zou blijf

Biologie: gemiste kans

Door PIET STELTMAN

Help! Moeder aarde sterft, las ik vandaag op een viaduct over een autosnelweg. Het leven op onze planeet is in gevaar. Je kunt je afvragen of wij de generatie vanmorgen voldoende meegeven om te overleven. Biologie zou zich moeten richten op de kennis en van het overleven. Dit overdacht ik bij het lezen van de eindexamenopgaven biologie 1989 voor het MAVO.

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

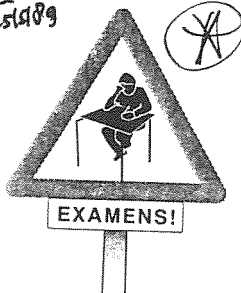
Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van

Natuurlijk mag men van mensen met een MAVO-diploma verwachten dat ze iets van



HBS. Toen werden de getalwaarden zo gekozen dat de som „mooi” uitkwam, want afronden werd je niet geacht te doen.

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

De rustigste werksaamheden nu de in daar

Fig. 1 Kranteknipfels over eindexamens mei 1989 (bron NRC).

Om te beginnen past het lesmateriaal in een ontwerp-deelleerplan natuur- en milieu-educatie, waarvan de globale doelstelling luidt: "Leerlingen worden in staat gesteld in hun doen en denken weloverwogen rekening te houden met een duurzame ontwikkeling van de relatie mens-milieu". In dit leerplan wordt aangegeven hoe over de eerste drie leerjaren van het VO NME een plaats kan krijgen in verschillende vakken. Dat is meteen een volgend kenmerk van het lesmateriaal: inpasbaarheid in de bestaande schoolvakken. De milieu-aspecten worden ondergebracht in verschillende contexten. De contexten waren zo gekozen dat zij zoveel mogelijk aansluiting boden bij gangbare leerstof in de vakken aardrijkskunde, biologie, natuurkunde en scheikunde. De lijst van titels van de lespakketten zoals ze bij de SDU worden uitgegeven geeft enige indicatie over de gekozen contexten (zie fig. 2). Vakkensamenwerking is binnen deze lespakketten gewenst, om de eenvoudige reden dat milieu-vragen vaak een

multidisciplinair karakter hebben. Tot slot is van belang dat de NME niet uitloopt op een vrijblijvende gedachtenwisseling. Het lesmateriaal is besluitvormingsgericht. Leerlingen leren in uiteenlopende concrete situaties een standpunt bepalen over wat het beste gedaan kan worden met het oog op milieu.

lespakket	leerjaar/schooltype	vakken
waterland	1 LBO-VWO	ak/bi
vlees	2 LBO-VWO	ak/bi
brandstof	3 HAVO/VWO	sk/na/ak
verkeerslawaaï	3/4 LBO/MAVO	bi/ak/na
bestrijdingsmiddelen	3/4 LBO/MAVO	bi/ak

Fig. 2 Lespakketten onderbouw.

Niet alleen voor de lagere klassen van het vo is door het project NME-vo lesmateriaal vervaardigd, ook voor de bovenbouw HAVO/VWO. Het kader waarbinnen werd gewerkt was globaal hetzelfde als dat van de onderbouw. "Weloverwogen rekening houden met" en een "duurzame relatie mens-milieu" stonden hoog op de prioriteitenlijst. Maar, meer dan in de onderbouw, werd geprobeerd de specifieke invalshoeken van de afzonderlijke vakken extra gestalte te geven. In de bovenbouw is het accent op een vakmatige benadering van leerstof immers (nog) sterker dan in de eerste leerjaren van het vo. De bovenbouw-activiteiten mondden uit in het lespakket Afvalverwerking. Dit lespakket is uitgetoetst in vier proefscholen. Binnen het kader van het project NME-vo (dat is: vóór 1 augustus 1989) kon een definitieve versie van het materiaal niet meer worden gerealiseerd, maar de eerste ervaringen met het lesmateriaal spelen wel een rol in vervolg-activiteiten van het project.

3. HET LESPAKKET AFVALVERWERKING

In de werkgroep werd vervolgens uitvoerig aandacht besteed aan het lespakket Afvalverwerking. Dit lespakket behandelt een milieu-effect-rapportage over de verwerking van huishoudelijk afval in de denkbeeldige provincie Merland. Voor de verwerking van het afval worden vier verwerkingsalternatieven naast elkaar gezet. Allereerst wordt achtergrond-informatie gegeven in de vakken aardrijkskunde, biologie, natuurkunde en scheikunde. Daarna beoordelen leerlingen de milieugevolgen van elk van de alternatieven aan de hand van een milieu-effect-rapport. Tot slot wordt in een simulatie van een hoorzitting de problematiek in een context van maatschappelijke besluitvorming geplaatst. Bij de uiteindelijke voorkeursbepalingen (op basis van zowel milieu-overwegingen als sociaal-economische aspecten) is niet zozeer de uitkomst van belang, als wel de weg waarlangs leerlingen tot hun keuzes komen. Ook bezinning op de besluitvormings-procedure als zodanig komt aan bod (wat zijn de moge-

lijkheden en beperkingen van een milieu-effect-rapportage? wat zijn de sterke en zwakke punten?). Om dit alles gestalte te geven is een thema-structuur ontworpen zoals weergegeven in fig. 3.

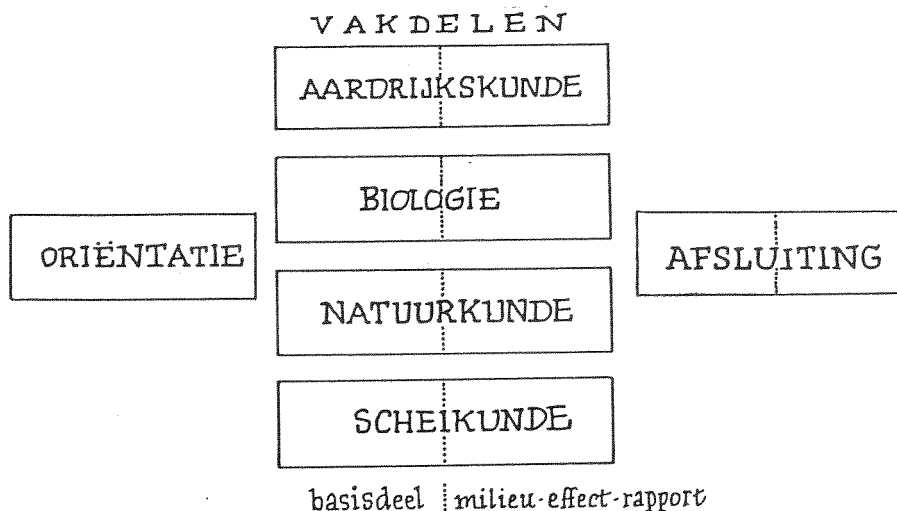


Fig. 3 Structuur lespakket Afvalverwerking.

De rol van de aan het lespakket deelnemende vakken verdient nog enige nadere toelichting. Deze bijdrage valt te onderscheiden in een basisdeel vakkennis en een analysedeel milieu-effect-rapport. In het basisvakdeel aardrijkskunde ligt de nadruk op de relatie tussen de inrichting van een gebied en afvalverwerking. Bij biologie gaat het over afbraakprocessen in afval, de vervuiling van het milieu door en de giftigheid van zware metalen. Natuurkunde behandelt het energie-aspect van afvalverwerking. De hele levensloop van voorwerpen en materialen wordt in de vergelijking betrokken. Scheikunde gaat over grondstoffen en hergebruik van afval en de vervuiling door afval. In de analysedelen bestuderen leerlingen de alternatieven uit het milieu-effect-rapport aan de hand van steeds dezelfde criteria (uitputting, vervuiling, aantasting van het milieu). De basisinformatie uit de vakdelen speelt hierbij een belangrijke rol. Maar hoe moet dat in de praktijk, als niet alle leerlingen alle vier vakken in hun pakket hebben? Of als op een school niet alle vakken meedoen aan het lespakket? In het lespakket is daarvoor een voorziening getroffen in de vorm van antwoordbladen die kunnen worden doorgegeven aan leerlingen die een bepaald vak niet hebben gevolgd. Zo zijn zij toch op de hoogte van alle bevindingen voordat het afsluitende simulatiespel begint.

Vanaf januari 1989 hebben vier scholen hun tanden gezet in het lespakket Afvalverwerking. Opvallend is dat elk van de scholen zijn eigen uitvoeringsvariant heeft gekozen. In één van de scholen kon een groepje van 11

leerlingen alle vakken doen in een tamelijk geconcentreerde periode. In andere scholen deden niet alle vakken mee, of hadden leerlingen niet alle vier vakken en moesten de antwoordbladen er aan te pas te komen. Ondanks de verschillen in behandeling is gebleken dat leerlingen behoorlijk wat hebben opgestoken over afval en afvalverwerking. Bovendien leren ze de problematiek ook zien in de tijd (10, 20, 50 jaar). T.a.v. de procedure van de milieu-effectrapportage is de leerwinst onduidelijker, maar zeker minder naarmate leerlingen minder vakken volgen. Het "eigen karakter van de vakken" kwam in de verschillende uitvoeringsvarianten nauwelijks uit de verf, misschien ook omdat de natuurwetenschappelijke vakken en aardrijkskunde niet zo ver uit elkaar liggen (bijv. vergeleken met maatschappijleer of economie). De vakinhouden van de afzonderlijke vakdelen werden zeer wisselend beoordeeld (van "heel interessant" tot "een grote flop"). Het rollenspel liep in twee van de vier scholen heel goed, in een derde school slecht. De vierde school begon er niet aan. Alle scholen willen op een of andere manier met het thema aan de slag blijven, maar ook hier zullen in de komende jaren ongetwijfeld heel verschillende uitwerkingen ontstaan.

4. DISCUSSIE IN DE WERKGROEP

Na de uiteenzetting over het Project NME-VO en het lespakket Afvalverwerking spitste de discussie in de werkgroep zich aanvankelijk vooral toe op de uitgangsdienstelling van NME-VO ("weloverwogen rekening houden met het milieu"). Is dit niet wat te eenzijdig cognitief? Gaat het niet veel meer om een andere houding t.o.v. het milieu, meer betrokkenheid, zorg e.d.? De repliek van de kant van NME-VO was, dat "betrokkenheid" en "zorg" inderdaad nastrevenswaardige doelen zijn (die in feite ieder ook wel voor ogen heeft), maar dat realisatie ervan in de schoolpraktijk nog niet zo eenvoudig is. Bovendien zijn deze doelen niet strikt het domein van leerplan-ontwikkelaars, maar ook dat van schoolleidingen, docenten, ouders en leerlingen zelf. Daar werd tegenin gebracht dat veranderingen in houdingen belangrijk én toetsbaar zijn. Houdingsdoelen t.a.v. milieu dienen dus onderdeel van NME te zijn. In de werkgroep was uiteindelijk toch wel enige reserve aanwezig betreffende houdingsdoelen, mede gezien de situatie in het voortgezet onderwijs zelf. Die is immers nogal cognitief (examens!) georiënteerd en de ervaring met affectieve doelen is nog niet zo groot.

Vervolgens ging de discussie over een drietal stellingen (zie fig. 4). De achtergrond van deze stellingen was aan te geven dat natuur- en milieu-educatie vaak vakoverstijgend is. Begrippen zoals "uitputting", "vervuiling", "aantasting" e.d. vinden in elk van de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde wel een plaats (b.v. uitputting van grondstoffen, energie, bodemvruchtbaarheid). Een gemeenschappelijke didactiek is dan ook gewenst. Dat neemt echter niet weg dat ook elk van de vakken afzonderlijk een specifieke bijdrage kan leveren. Aan de hand van een video-opname

over het rollenspel bij Afvalverwerking werd dit aannemelijk gemaakt. In deze opname levert één rollenspeler een scherpe, natuurkundige analyse van energie-winst en -verlies bij verbranding van afval. Zijn tegenspeler kan daartegen geen zakelijke argumenten aandragen en zwicht voor het natuurkundig overwicht. Binnen een enkel vak kan dus ook al veel inzicht in milieu-zaken worden overgedragen. Voorbeelden uit andere vakken zijn niet ver te zoeken en het verdient dus aanbeveling deze nader uit te diepen in het kader van een meer omvattende didactiek voor elk van de vakken.

1. Een gemeenschappelijke, op NME afgestemde didactiek van natuurwetenschappelijke vakken is voorwaarde voor verantwoorde begripsmatige onderbouwing van NME.
2. Al is een gemeenschappelijke aanpak van groot belang, ook elk van de vakdidactieken biologie, natuurkunde en scheikunde afzonderlijk kan een belangrijke bijdrage leveren aan NME.
3. Onderzoek en ontwikkeling van didactische werkvormen voor NME, zoals werkvormen t.b.v. besluitvorming en veldwerk, is van groot belang; vakdidactiek moet zich ook daarop richten.

Fig. 4 Drie stellingen over NME in het voortgezet onderwijs

De stellingen zelf leveren niet veel weerstand of commentaar op. In de ogen van verschillende werkgroep-leden lijken ze allemaal nogal vanzelfsprekend, al zijn de consequenties (t.a.v. samenwerking van vakdidactieken) best verstrekkend. De meeste discussie ontstaat nog over de video van het rollenspel, met name de verschillen in opvattingen van leerlingen vooraf en na afloop van het spel. Moet je aan dit type meningsvorming nu wel zoveel betekenis hechten? Meer onderzoek is zeker op zijn plaats. De discussie eindigt met de constatering dat het prettig is dat er binnen het CD- β op systematische wijze aandacht wordt besteed aan natuur-en milieu-educatie. Niet dat daarbij alle antwoorden al gevonden zijn, maar helemaal in zijn of haar eentje hoeft een docent voor de klas het NME-wiel ook niet uit te vinden. Ook vanuit de didactiek worden helpende handen geboden. En dat is dan toch één zorg minder voor de dag van morgen.

SIMULATIES & MODELLEN IN HET B-ONDERWIJS

V. Jonker

Vakgroep OW & OC

1. INLEIDING

Tijdens deze werkgroep zijn drie simulaties behandeld. Achter elke simulatie staan de namen vermeld van de werkgroepleiders.

- | | | |
|----------------------|-------------|-------------------------------|
| - Life | Wiskunde | Michiel Doorman/Marcel Simons |
| - Bloedsuikerspiegel | Biologie | Peter v.d. Hoek |
| - Lekkende emmer | Natuurkunde | Albert Moes/Marcel Galema |

Hieronder volgt een korte beschrijving van elk van de drie programma's.

Life

Life is een programma, dat is ontwikkeld door de vakgroep OW&OC. In dit programma wordt gesimuleerd hoe een verzameling cellen zich voortplant gedurende een in te stellen hoeveelheid generaties. De voortplanting geschiedt volgens een aantal vaste regels, die de voortplanting en het doodgaan van de cellen regelen. Zo ontstaan voortdurend wisselende patronen van cellen met eigenschappen als stabiliteit en periodiciteit (Doorman & Verhage, 1989).

Simulatie van de bloedsuikerspiegel in het menselijk lichaam

Deze simulatie is uitgewerkt met behulp van het Dynamic Modelling System (DMS), een veel gebruikt programma in het voortgezet onderwijs (DMS, 1985). Dit programma geeft de mogelijkheid een model op te bouwen door middel van het definiëren van regels, waarin wordt vastgelegd hoe variabelen afhankelijk zijn van andere variabelen en constanten. De resultaten kunnen in de vorm van een grafiek of een tabel weergegeven worden.

In het specifieke probleem van de bloedsuikerspiegel wordt de leerling gevraagd te onderzoeken welke variabelen verantwoordelijk zijn voor het in stand houden van het evenwicht in het bloed als het gaat om de hoeveelheid suiker. De omzetting van de verschillende stoffen die daarbij een rol spelen, zijn opgenomen in een (vereenvoudigd) model. Met behulp van enkele werkbladen wordt de leerling uitgenodigd de principes van de bloedsuikerspiegel te ontdekken.

Simulatie van het probleem van de lekkende emmer

Deze simulatie is uitgewerkt met behulp van het Enhanced Modelling System (EMS), een variant van DMS (1989). Met behulp van enkele werkbladen wordt de leerling gevraagd een model op te bouwen van een situatie waarin een volle emmer leegloopt als gevolg van een gat in de

bodem. Verschillende variabelen worden onderscheiden en kunnen in grafieken en tabellen zichtbaar gemaakt worden. Het model wordt in principe vanuit het niets opgebouwd door de leerling zelf.

2. PRACTICUM

Het practicum geeft de mogelijkheid kennis te nemen van elk programma gedurende een half uur. Na afloop is er een kleine discussie over de ervaringen die men heeft opgedaan. De werkgroepeliders zorgen voor de nodige ondersteuning.

3. DISCUSSIE

Na afloop van de drie sessies is er een korte discussie over de rol van simulaties en modellen in het onderwijs. De volgende discussiepunten dienen als uitgangspunt.

- Wat is de rol van dynamiek bij computer-presentaties van simulaties en modellen?
- Wat is het karakter van de leersituatie?
 - * Bevorderen de simulaties onderzoekend leren?
 - * Bevorderen ze diepgang van het leren?
- Welke invloed hebben vak-specifieke eisen op simulaties en modellen? (denk b.v. aan waarheidsgetrouw, realistisch etc.)
- Welke werkvormen zijn gewenst bij het werken met simulaties en modellen?

Hieronder volgt een samenvatting van de opmerkingen die werden geplaatst naar aanleiding van het practicum en de daarbij horende discussiepunten.

Wat is uiteindelijk het verschil tussen een animatie en een simulatie?

Een belangrijk probleem bij simulaties met behulp van computers is dat leerlingen snel geneigd zijn de simulatie als 'animatie' aan zich voorbij te laten trekken. Hoe kun je leerlingen zo ver krijgen dat ze zelf de ontdekkingen doen aan het model? Ontdekkingen die nog verband houden met het oorspronkelijke probleem. Het gevaar schuilt in simulaties van het onbepaald proberen en wijzigen van het model om zodoende telkens andere uitvoer te krijgen (andere tabel of grafiek). Men kan dan gemakkelijk uit het oog verliezen wat het oorspronkelijke probleem is, welk stukje realiteit wordt verbeeld. Werkbladen en instructie moeten dit gevaar indammen en de nadruk leggen op de relatie tussen werkelijkheid en model.

Wat is het verschil tussen een simulatie en een model?

Begripsverwarring bestaat tussen de twee termen simulatie en model. Ze

worden gebruikt als synoniemen van elkaar en de discussie geeft hierover ook geen uitkomst. De simulatie is eerder de praktische vertaling (in een computerprogramma en een verzameling regels) van een (theoretisch) model dat achter de simulatie schuilgaat.

Voor individuele lessen ziet men wel mogelijkheden voor gebruik van simulaties met behulp van computers. Bijvoorbeeld het uitvoeren van een titratie bij een scheikunde-les. Onderzocht kan worden hoe een evenwicht wordt verkregen met behulp van het wijzigen van concentraties. Je kunt een proef één keer 'echt' doen en daarna verschillende malen simuleren. Dit onderwijs gaat pas werken als alle leerlingen een computer thuis hebben.

Als je dit zelf-ontdekkend leren wilt bevorderen, is het haast onvermijdelijk dat leerlingen in staat worden gesteld ook thuis aan dergelijke problemen te werken. Toekomstmuziek? Is het onderzoekend leren? Of wordt het uitproberen van de mogelijkheden van het programma?

Een probleem met simulaties is dat de simulatie zelf modelvorming oproept. In plaats van te werken met een model van de werkelijkheid begint de leerling een model te vormen van de mogelijkheden van het programma. Hij of zij vertaalt het probleem naar welke handelingen gepleegd moeten worden om een grafiek te verkrijgen e.d.. Dit probleem houdt verband met wat al eerder genoemd is bij de vraag over het verschil tussen simulatie en animatie. In plaats van het verklaren van een stukje werkelijkheid wordt er als het ware een nieuw stukje werkelijkheid gecreeërd (de simulatie op de computer) met zijn eigen regels en modelvorming. Dit kan het leren zeer in de weg staan.

Spelen is iets wat het leren in de weg staat.

Voor al het programma Life zet aan tot spelen. Is dit nu zo slecht? Het speeffect wat uitgaat van simulaties, kan ook positief zijn, je probeert mogelijkheden uit waar je normaal niet aan toe komt. Zo kom je tot onverwachte ontdekkingen, ontdekkingen die je zonder een dergelijke simulatie waarschijnlijk nooit zou doen. Nadeel van spelen is dat het geen terugkoppeling kent, je wordt niet werkelijk geconfronteerd met de gevolgen van een experiment en opgedane ervaringen kunnen gemakkelijk verloren gaan als leerervaring. Als docent ben je niet tot nauwelijks in staat om alle opgedane ervaringen nog eens te evalueren (met de hele klas). Zo blijft er mogelijkserwijs veel liggen aan mogelijkheden die simulaties bieden in een klassesituatie.

Als contrast zou je een 'onwerkelijke' simulatie moeten laten uitvoeren om leerlingen erop attent te maken dat je met een simulatie ook dingen kunt naspelen die in werkelijkheid absoluut niet kunnen.

Een belangrijke leerervaring kan zijn dat je met behulp van een simulatie totaal kunt afdwalen van de werkelijkheid. Simulaties kunnen de werkelijkheid weergeven, maar ook door het ongelimiteerd wijzigen van variabelen onmogelijke situaties opleveren. Onmogelijk in de werkelijkheid, wel te verstaan en dat is nu juist een belangrijke leerervaring. Het moet duidelijk zijn dat simulaties een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn bij het

verklaren en voorspellen van de werkelijkheid, maar dat je evengoed onmogelijke situaties kunt bouwen met dezelfde regels.

Een goed voorbeeld van een dergelijke onmogelijke situaties is de afkoeling van een kopje koffie (ontleend aan het programma VU-Dynamo¹). De afkoeling kan met het volgende model beschreven worden:

$$\begin{aligned} \text{koffie}_{\text{nieuw}} &= \text{koffie}_{\text{oud}} - dt * \text{koelsnelheid} \\ \text{koelsnelheid} &= \text{constante} * (\text{koffie}_{\text{oud}} - \text{kamer}) \end{aligned}$$

Als je nu maar 'nette' waarden neemt voor de temperatuur in de kamer (20°C) en voor de koffie (90°C) en voor de constante 0,2 per minuut, dan krijg je een vrij realistisch verloop van de temperatuur van de koffie. Het model stelt je echter in staat om bijvoorbeeld een kamertemperatuur van 150°C in te stellen. Het vreemde doet zich nu voor dat de koffie warmer wordt. Dergelijk gebruik van een simulatie is essentieel bij het werken met modellen.

Bovenstaande is een korte impressie van de ervaringen in de werkgroep. Voor een uitgebreidere beschrijving van de programma's wordt verwezen naar de literatuur.

4. LITERATUUR

- Doorman, L.M. & Verhage, H.B. (1989). Dat is LIFE. *Nieuwe Wiskrant*, februari 1989, 13-19.
- Moes, A. (1989). EMS. Vakgroep Natuurkunde-Didactiek.
- Ogborn, J. (1985). DMS. NIAM.

¹ Bovenstaand voorbeeld is ontleend aan "Dynamische simulatie", een lessenserie voor het VWO (experimentele versie december 1988), geschreven door Piet van Blokland en Douwe Kok. Bij deze lessen wordt gebruik gemaakt van VU-Dynamo, een programma ontwikkeld door Piet van Blokland aan de VU Amsterdam, Faculteit Wiskunde en Informatica.

NIEUWE MEDIA IN NASCHOLING

M. Dolk & F. van Galen
Vakgroep OW & OC

1. INLEIDING

Onder de naam 'Nieuwe media in nascholing rekenen wiskunde' is begin 1988 een project van start gegaan dat adviezen dient op te leveren over de gebruiksmogelijkheden van beeldplaat en courseware bij nascholing. Binnen het project wordt een nascholingscursus voor leraren basisonderwijs ontwikkeld, die gericht is op het gebied van rekenen-wiskunde en die past binnen het kader van de zorgverbreding. In deze nascholing zal intensief gebruik worden gemaakt van beeldplaat, computer en video. Verwacht wordt dat interactieve video mogelijkheden biedt nascholing zo vorm te geven dat een hoger rendement bereikt wordt

2. NASCHOLING

De opzet van een nascholing rekenen-wiskunde bestaat traditioneel uit wiskundig-didactische opdrachten, korte voordrachten en groepsdiscussies. In deze opzet ligt een grote verantwoordelijkheid bij de nascholer. Hij zal de dagelijkse praktijk van het onderwijs helder moeten schetsen, zodat de cursist bereid is om opnieuw naar de praktijk te kijken.

Bij de nascholing krijgen de cursisten ook huiswerk mee. Dit betreft meestal het lezen van een artikel of het uitvoeren van een schriftelijke of praktische opdracht. Maar net als hun eigen leerlingen maken cursisten hun huiswerk minder grondig dan men zou willen. Artikelen worden wel gelezen maar niet echt bestudeerd. Enerzijds ontbreekt het de cursisten vaak aan tijd om artikelen te bestuderen, anderzijds zijn artikelen afstandelijk en abstract. Het zijn beschrijvingen van de werkelijkheid, het is moeilijk om daar echte kinderen en echt onderwijs in te herkennen. De cursisten hebben snel het idee dat ze een artikel al kennen, lezen oppervlakkig, zonder aantekeningen te maken en zonder voorbeelden uit eigen hun situatie te zoeken.

3. BEELDPLAAT

In de cursus zoals die nu ontwikkeld wordt, gaan beeldplaat en courseware het grootste deel van het leeswerk vervangen. Een beeldplaat is een schijf ter grootte van een lp die, net als een compactdisc, door een laserstraal afgelezen wordt en waarop foto's, tekeningen en stukjes video staan. Voor de aansturing van de speler wordt meestal een computer gebruikt. Ieder beeldje van de beeldplaat is binnen twee seconden aan te

roepen. Dit laatste is één van de belangrijke voordelen van beeldplaat boven gewone video.

Op een beeldplaat kan per kant 35 minuten lopende video. Dit is niet zoveel, maar bij interactief gebruik zijn slechts korte fragmenten nodig. Immers de introductie op en de verbinding tussen verschillende fragmenten (activiteiten die in lineaire video veel tijd in beslag nemen) gebeurt nu via de courseware.

De inhoud van de beeldplaat die binnen het project ontwikkeld is, ziet er als volgt uit:

- interviews met kinderen uit groep één en twee, over tellen en getalbegrip;
- interviews met kinderen uit groep drie en vier, over optellen en aftrekken onder de twintig;
- beelden van kinderen uit groep drie, die werken met ondersteunend materiaal;
- opnamen van een les in groep vijf over het leren van tafels;
- interview met een leerling uit groep vijf over tafelkennis;
- opnamen van een les in groep zes over een delingsprobleem onder de honderd.

4. COURSEWARE

De courseware bepaalt het gebruik van het beeldmateriaal. In het project is gekozen voor een vorm van courseware waarbij de cursist zelfstandig, in eigen tempo, werkt. De cursist bepaalt binnen de marges van de courseware zijn eigen weg. Hij kan bijvoorbeeld beelden overslaan, vaker bekijken, terug'bladeren' en dergelijke. Hierbij worden hem niet voortdurend controle vragen gesteld. Door achteraf gerichte vragen te stellen en de cursist daarbij in staat te stellen naar gegeven informatie terug te gaan, wordt voorkomen dat hij de informatie te globaal doorneemt.

Om dit terugzoeken van informatie mogelijk te maken moet de cursist een goed overzicht over de structuur van de courseware hebben en tijdens het werken bij kunnen houden waar hij precies zit. De courseware moet dus overzichtelijk zijn.

Overzichtelijkheid wordt echter bemoeilijkt door de grote hoeveelheid toegankelijke informatie. De cursist kan zich vrijelijk door de informatie bewegen en vergeet gemakkelijk waar hij zich bevindt en hoe hij daar gekomen is. Ook door het gebrek aan fysieke terugkoppeling is het moeilijk goed overzicht te houden. In een boek weet je iets terug te vinden omdat het op een linker bladzijde halverwege het boek staat. In courseware ontbreekt dit soort informatie.

Mogelijk zullen cursisten, als ze met dit soort courseware ervaring opdoen, er gemakkelijker in thuis raken en sneller de structuur van de courseware doorzien. Belangrijker is de juiste keuze van een 'interface'. De schermen moeten overzichtelijk zijn, en de onderlinge verbindingen tussen de schermen moeten direct duidelijk zijn. Ook moet in één oogopslag duidelijk zijn hoe video fragmenten opgeroepen kunnen worden.

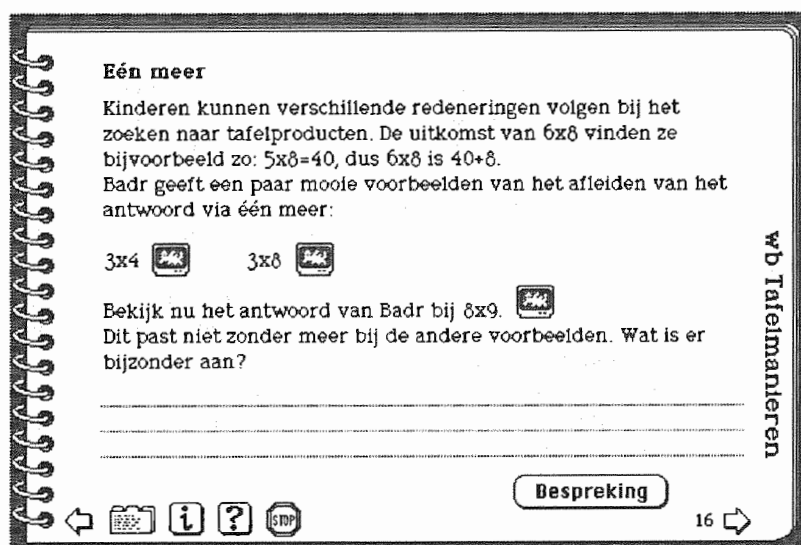


Fig. 1 Scherm lay-out.

Wij hebben gekozen voor het hanteren van de metafoor van het lezen in 'boekjes'. In fig. 1 is een voorbeeld van zo'n boekje te zien. Het scherm toont steeds een pagina uit zo'n boekje. Er zijn twee typen boekjes, te weten 'opdrachtenboekjes' met vragen en opdrachten voor de cursist, en 'informatieboekjes' waarin een hoeveelheid samenhangende informatie wordt gepresenteerd.

Besturing gebeurt met de muis, via het klikken op kleine tekeningen (zie fig. 2). Zo wordt door een klik op het televisie-toestel de beeldplaatspeler gestart. De pijl rechts onderaan (zie fig. 1) staat voor door gaan naar de volgende bladzijde. Springen naar een ander hoofdstuk in het boekje gaat via de inhoudsopgave, deze is te bereiken door op de inhoud-knop te klikken. Springen naar een ander boekje gaat via de overzichtskaart. De courseware wordt ontwikkeld in 'Hypercard', een pakket voor de Apple Macintosh.

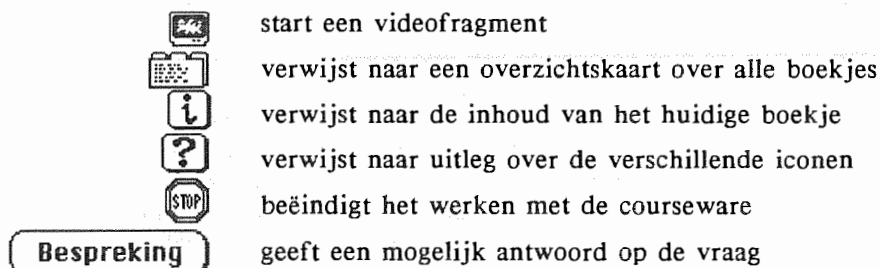


Fig. 2 Enkele iconen

5. INTERACTIVITEIT

De opstelling van computer en beeldplaat integreert in één systeem een omgeving waarbinnen gelezen, geschreven, gekeken en geluisterd kan worden. Voorheen waren hiervoor meerdere systemen nodig. Lezen en kijken, tekst en video worden met een klik op een knop verbonden. De videobeelden worden binnen twee seconden getoond. Door de verbondenheid van deze acties in één systeem kan het materiaal sneller en intensiever bestudeerd worden.

Via de courseware kan bijvoorbeeld een lineaire openvolging van gebeurtenissen uiteengerafeld worden in een aantal deelgebeurtenissen die ieder op zich bekeken kunnen worden. Via het programma kan ook de betekenis van een bepaalde handeling verduidelijkt worden door deze te plaatsen tegenover een andere gebeurtenis. We verduidelijken deze vormen van interactie aan de hand van twee voorbeelden.

6. HET LEREN VAN TAFELS

Op beeldplaat staat een opname van een les over het leren van tafels. In deze les maken kinderen via een serie problemen in een bakkerij, (nogmaals) kennis met het idee van herhaald optellen en enkele handige strategieën om met behulp van een bekend tafelprodukt een nieuw produkt te vinden. Dit gebeurt zonder dat de vermenigvuldigtafel gehanteerd wordt. De introductie en de nabespreking van de diverse problemen staan op de beeldplaat, het zelfstandig werken echter niet. Deze les wordt in diverse onderdelen uiteengelegd. Daarbij kan de aandacht op de rol van de docent gericht worden, door te bekijken hoe de docent reageert op de verschillende leerlingen en dit te vergelijken met het schriftelijke werk van de leerlingen. Hierbij kan aan de orde komen of in de les in voldoende mate gereageerd wordt op belangrijke opmerkingen van leerlingen, of de wiskundige ideeën en de verschillende aanpakken van de leerlingen genoeg ondersteund worden en of de leerlingen in deze les geholpen worden een hoger niveau te bereiken.

Bij al deze vragen moet er voor gewaakt worden dat niet de docent op de videoband bekritiseerd wordt. Het gaat hier niet over die docent, maar over de cursisten. Aan de hand van de opnamen kan besproken worden waarom een cursist het zo moeilijk of juist zeer makkelijk vindt om bovenstaande punten in een les te verwezenlijken, of waarom bepaalde punten in een les niet voldoende aan bod komen.

In de courseware bij een les kan de aandacht ook op leerlingen gericht worden. Ieder antwoord van een leerling op de centrale vraag van de docent kan apart beluisterd worden en vergeleken worden met het schriftelijke werk van deze leerling en met reacties op andere momenten van de les. De verschillende niveau's waarop de leerlingen werken, kunnen benoemd worden en direct daarop volgt de vraag hoe bepaalde leerlingen te helpen zijn. Aan de hand van de verschillen tussen leerlingen komt ook de didactiek aan de orde. Is het bij het behandelde onderwerp noodzake-

lijk een éénsporige of een meersporige behandeling te volgen. Kan een leraar toestaan dat iedere leerling zijn eigen aanpak volgt, of is het bij dit onderwerp nodig dat iedereen dezelfde, door de leraar voorgeschreven, weg volgt.

7. BADR

Badr, een leerling uit groep 5, vertelt in een interview over zijn aanpak bij verschillende tafelprodukten. Dit interview maakt deel uit van een serie opnamen over het leren van tafelprodukten. Deze opnamen zijn gemaakt ter visualisering van belangrijke aspecten van de tafeldidactiek. De hoofdgedachte van onze tafeldidactiek is dat kinderen tafelprodukten niet zomaar uit het hoofd leren; bij het memoriseren maken zij gebruik van allerlei strategieën. Een tweede punt van de tafeldidactiek is dat contexten de kinderen daarbij helpen. Belangrijk is dat éénsporigheid bij leren van tafels vermeden moet worden; kinderen hebben veel baat bij een meersporige aanpak.

In het interview vertelt Badr over de verschillende strategieën die hij hanteert om diverse tafelprodukten op te lossen. Hij kent enkele produkten uit het hoofd en kan andere oplossen door gebruik te maken van die beperkte groep gememoriseerde produkten. Zo lost hij bijvoorbeeld 5×6 op via 5×5 , en lost hij 9×7 op met behulp 10×7 . Het hele interview is door de courseware aan te sturen. De courseware is zo ontworpen dat de cursisten wordt gevraagd verschillende aanpakken te noemen die bij een bepaalde som van kinderen te verwachten zijn en de specifieke manier die ze van Badr verwachten. Hiermee wordt het idee van verschillende aanpakken geïntroduceerd en wordt de cursist gericht op de aanpak van het kind in plaats van de eigen aanpak. Vervolgens kunnen de cursisten zien hoe Badr die som oplost. In het vervolg van het 'boekje' krijgen de cursisten een deel van het interview te zien en wordt gevraagd alle getoonde produkten te bespreken. Hierbij bestaat de mogelijkheid om opnieuw de aanpak van Badr te bekijken en om commentaar op te vragen. Te zijner tijd kunnen hier ook opmerkingen van vorige cursisten bekeken worden. Hiermee komen de diverse aanpakken van Badr naast elkaar te staan en wordt het mogelijk deze met elkaar in verbinding te brengen. Consistentie en inconsistentie in zijn aanpak worden zo zichtbaar. Uiteindelijk krijgt de cursist de opdracht om bij enkele eigen leerlingen naar dezelfde tafelprodukten te vragen en door te vragen naar de gebruikte strategieën.

8. VIDEOGEBRUIK

In de cursus wordt veel gebruik gemaakt van video. Video biedt de mogelijkheid om op overtuigende wijze voorbeelden te geven van ideeën, opmerkingen en aanpak van kinderen. Het biedt cursisten de gelegenheid rustig naar kinderen te kijken.

In een cursus zonder video zullen veel voorbeelden door de nascholer aangedragen worden. Deze voorbeelden en verhalen zijn gekleurd door zijn intenties en zijn wijze van waarnemen. Video is genuanceerder, het bevat meer ruis en laat zien dat iets in de werkelijkheid nooit zo mooi is als de literatuur suggereert. De videobeelden tonen de praktijk van alledag en de leerkrachten herkennen problemen van hun eigen leerlingen. Cursisten vergelijken de getoonde beelden met hun eigen klaspraktijk en brengen gemakkelijk overeenkomsten en verschillen naar voren. Daardoor wordt het eenvoudiger over de dagelijkse klaspraktijk te spreken.

Het gebruik van videobeelden in een nascholing wordt door de cursisten als stimulerend ervaren en maakt de nascholing in het algemeen specifiek. Door de overtuigingskracht van de videobeelden wordt de nascholing in mindere mate afhankelijk van de kredietwaardigheid van de nascholer. Cursisten hoeven minder blind te varen op de deskundigheid van de nascholer.

Er is een verschil tussen het gebruik van video in een bijeenkomst en het gebruik van de beeldplaat bij het huiswerk. Op de bijeenkomsten dient de video als aanzet tot discussie, als oefening in het observeren. Video wordt een keer getoond en niet herhaald. Wel kan de band tussendoor gestopt worden en kan er gesproken worden over het tot dan toe getoonde. Deze besprekingen zullen echter een algemeen karakter hebben. De videofragmenten op de beeldplaat zullen tot in detail bestudeerd worden, nieuwe ideeën worden uitgediept, nieuwe begrippen worden geïntroduceerd en met veel verschillende voorbeelden ondersteund.

9. BIJEENKOMST EN COURSEWARE

Interactieve videoprogramma's kunnen de cursusbijeenkomsten niet totaal vervangen. Op dit gebied gelden eigenlijk dezelfde argumenten als waarom de computer de docent niet kan vervangen. Zeer belangrijk is dat klassikale instructie en interactieve videoprogramma's elkaar aanvullen. Een interactief programma biedt een individuele cursist of een tweetal cursisten de gelegenheid zich diepgaand in een klein onderdeel van de inhoud te verdiepen. Door het uitwisselen van de bevindingen en door het bespreken van opvallende punten uit het programmaonderdeel, worden de discussies in de cursusbijeenkomsten doelgericht en productief. Anderzijds kan de docent in de cursusbijeenkomst een nieuw programmaonderdeel inleiden, zodat de cursisten zich daarin, buiten de bijeenkomsten, met behulp van de interactieve videoprogramma kunnen verdiepen.

10. VOORDELEN EN NADELEN

De verwachting met het gebruik van deze vorm van interactieve beeldplaat en video is dat het huiswerk door de cursisten intensiever bestudeerd wordt en dat de discussies tijdens de bijeenkomsten doelgerichter en productiever zijn. Daarnaast zal mogelijk in een kleiner aantal bijeen-

komsten een gelijk rendement behaald worden als in de oude nascholings-opzet.

De courseware maakt het mogelijk te differentiëren naar interesse en behoefte van de cursisten. Enerzijds is het mogelijk dat extra onderdelen geschreven worden voor de direct betrokken groepen, dus bijvoorbeeld: een basisboek 'kleuters' dat alle cursisten volgen, en een vervolgboek dat in principe voor de kleuterleidsters bedoeld is. Hierdoor wordt ook de tijdsinvestering per cursist beperkt zonder het niveau van de cursus aan te tasten.

Doordat interactieve video geen vervanger van de bijeenkomsten kan zijn, blijft een belangrijk deel van de nascholing plaats- en tijdgebonden, met alle bekende nadelen van dien. Daarnaast is ook het doorwerken van de courseware aan plaats gebonden, want een computer en een beeldplaat-speler moeten ergens neergezet worden. Ons inziens wordt het gebruik van interactieve beeldplaat pas effectief als de apparaten voor de cursisten direct toegankelijk zijn. Dat betekent dat de gehele opstelling gedurende de cursus op de basisschool gestationeerd moet zijn. Het is te verwachten dat weinig cursisten de moeite zullen nemen eens per week naar een PABO of een begeleidingsdienst te gaan, in de hoop dat de apparaten vrij zijn, en daar het 'huiswerk' zullen maken. Juist de stationering op een school biedt de cursist de gelegenheid om op een verloren moment 'even' een onderdeel van de courseware te bestuderen.

Samenvattend kan gesteld worden dat met interactieve video het niveau van de nascholing toeneemt, dat er beter naar interesse en niveau van de cursisten gedifferentieerd kan worden en dat de overtuigingskracht van video motiverend werkt. Interactieve video creeert ook nieuwe problemen. De beschikbaarheid van de apparatuur is daarvan de belangrijkste.

OPLEIDING EN OPLEIDINGSONDERZOEK

A. Holvast & C. van Driel

IVLOS/Vakgroep Natuurkunde-Didactiek/Vakgroep Biologie-Didactiek

1. DE TWEEDE FASE OPLEIDING

We beschrijven in het kort het 12-maands β -programma van het PDI zoals het in januari 1988 van start is gegaan en nu voor de vierde keer wordt gegeven. We zullen hier de structuur van de opleiding en enkele uitgangspunten toelichten.

Belangrijk in de structuur is de afwisseling tussen schoolperioden en instituutperioden. Die afwisseling zorgt voor een cyclische opbouw, waarbij steeds de voorbereiding op de school, de uitvoering op de school, het uitwisselen van de opgedane ervaringen, de analyse hiervan ondersteund met relevante theorie- of oefensituaties en de nieuwe voorbereiding op schoolactiviteiten elkaar opvolgen. De schoolperioden zijn van toenemende lengte en toenemende complexiteit. Deze toenemende complexiteit komt het duidelijkst tot uiting in de Individuele Eindstage (de IES). Dit is een stage waarin de DIO (docent in opleiding) in principe volledig zelfstandig les geeft op een andere school dan waar hij/zij de triostage heeft doorgebracht.

Enkele rode lijnen in het programma

Wanneer je de stelling hanteert dat onderwijs iets is dat tussen mensen gebeurt: "Onderwijs is communicatie" dan zal je veel aandacht moeten besteden aan interactie/communicatie en omgaan met leerlingen. Deze rode draad loopt door de hele opleiding.

Wanneer we willen streven naar een leraar met een onderzoekende houding, dan zal die onderzoekende houding ontwikkeld, respectievelijk uitgebouwd moeten worden. Het doen van een kleinschalig, praktijk-nabij leeronderzoek door de student is vanaf het begin van de opleiding als een essentieel onderdeel opgenomen.

Een aantal keuzen die gemaakt zijn, worden hieronder geëxpliciteerd.

A. Heterogene groepen

Een aantal inhouden en oefensituaties worden aangeboden aan heterogene (β -)groepen. Dit zijn groepen studenten uit alle β -schoolvakken en soms heterogene groepen met alle schoolvakken. Dit geldt voor de volgende onderwerpen:

- Communicatie/Interactie/Omgaan met leerlingen. Dit is het complex van zaken die een rol spelen bij het omgaan met jongeren, met collega's, met structuren in de school, inclusief jeugdkunde, ontwikkelingspsychologie, enz.
- Inleiding in Computer Ondersteund Onderwijs (coo). In de clusters

van vakken, respectievelijk in de afdelingen, kan dit verder uitgebouwd worden. De Beginsituatie blijkt heel sterk te verschillen.

- Meso en Macro: Er is een vrij grote ruimte ingebouwd om de studenten zich te laten oriënteren op mesotaken in de school en op het onderwijsbeleid in Nederland.
- Een groot deel van de oriëntatie op en het trainen van onderzoeksvaardigheden.

Wanneer, waarbij en hoe in breed heterogene groepen gewerkt kan worden is nog een punt van onderzoek.

B. De keuze voor twee scholen tijdens de opleiding.

We vinden dat het opleiden van een student binnen de context van één school een zeker risico inhoudt. Binnen één school immers zijn bepaalde opvattingen (onderwijskundig en/of levensbeschouwelijk) en communicatiepatronen aanwezig. Deze bepalen voor een groot deel welke aspecten van het functioneren van de student zichtbaar of communiceerbaar zijn. Een stage op een tweede school biedt hem/haar de mogelijkheid om andere facetten van zijn/haar functioneren zichtbaar te maken (en om andere dingen te leren).

De invloed van de SPD (schoolpracticumdocent) op de klassen tijdens de IES, wanneer deze aan het begin van het schooljaar plaatsvindt, is zeer sterk gereduceerd. Dat willen we ook. Bij de start van een IES in het voorjaar is de invloed van de SPD gigantisch groot. Dit levert een aantal extra problemen op. Opleidingsdidactisch bestaat er een grote voorkeur voor een start van de opleiding in januari; zodat de IES in augustus/september samenvalt met het begin van het nieuwe schooljaar.

C. We kiezen voor een duidelijke caesuur tussen de triostage en de IES.

De triostage wordt afgesloten met een tussentijdse evaluatie die uitmondt in een beoordeling en een profiel. Op grond daarvan wordt beslist of de student tijdens de IES volledig zelfstandig kan gaan functioneren. De ontvangende school heeft dus een zekere garantie met betrekking tot de kwaliteit van de betreffende DIO.

D. Exploreren

Er ligt een vrij continue nadruk op exploreren tijdens de hele opleiding. Hieronder verstaan we het steeds weer opnieuw formuleren van leervragen, het plannen van activiteiten om daar antwoord op te krijgen en vervolgens de reflectie daarop. Wanneer de student in de IES alleen voor de klas staat, zal hij/zij bijzonder goed in staat moeten zijn om te reflecteren op zijn/haar lessen. De SPD is voor zijn/haar informatie tijdens de begeleiding aangewezen op dat wat de student onder woorden kan brengen. Hoe beter de student kan reflecteren hoe gedifferentieerder het beeld is dat hij/zij de SPD kan geven.

E. We kiezen voor verschillende soorten begeleiding in de opleiding.

1. Tijdens de triostage vindt begeleiding plaats door de SPD en de instituutbegeleider (IB) zoals we die uit het verleden kennen.

2. Tijdens de IES vindt *werkbegeleiding* plaats door de SPD en *supervisie* door de IB.

Werkbegeleiding is een werkvorm, waardoor binnen de school de uitvoering van het werk tijdens de stage geregeld wordt. Het doel is kwaliteitsverbetering van het werk van de student en beleidsrealisering. (Dit is de uitvoering van het school- en sectiebeleid). Inhoudelijk omvat werkbegeleiding zowel organisatorische zaken als de werkinhoud. Hierover worden afspraken gemaakt tussen student en SPD (sectie).

Supervisie is een didactische werkvorm die toegepast wordt om de student te leren het leraarsberoep op een zelfstandige wijze uit te oefenen. Dit houdt in dat binnen de supervisie de student geholpen wordt om te functioneren vanuit de samenhang van (integratie) denken, voelen, waarderen en handelen ten opzichte van leerlingen, werksituatie, schoolcontext, leraarsberoep en bredere maatschappelijke context.

Met deze vormen van begeleiding hebben we nu via twee experimenten van de Afdeling Biologie in 1986 en 1987 en via twee experimenten van het hele PDI de nodige ervaring opgedaan. Deze ervaring is voor wat de Afdeling Biologie betreft positief. (De experimenten worden binnen het promotieonderzoek van Drs. C. Koetsier grondig geëvalueerd. De gegevens zijn beschikbaar bij de vakgroep).

Er zijn in de loop van de afgelopen jaren natuurlijk duizenden keuzen gemaakt, en er worden nog dagelijks keuzen gemaakt. Door intensief overleg met collega's van andere vakken worden ook weer nieuwe impulsen verkregen voor verbeteringen. Er is nog nooit zo veel tijd en energie gaan zitten in de voorbereiding van een opleiding voor, althans voorlopig, zo weinig studenten, vooral bij de tekortvakken als wiskunde, natuurkunde en scheikunde. Het aantal studenten in de tekortvakken voor de cursus 89/90 is toegenomen. Als gevolg van de voorgenomen maatregelen van de minister ten aanzien van de tekortvakken bestaat de hoop dat deze trend blijvend is.

Wat is nu het specifieke β -karakter van deze opleiding?

Gezien de reeds in 1974 gehanteerde integratiegedachte op het PDI is er een integratie tussen:

- Instituutsparticum en schoolparticum;
- Algemene didactiek en vakdidactiek;
- Theorie en praktijk.

Hierdoor zijn de instituutsbijeenkomsten vaak als volgt gestructureerd:

- inleiding op een onderwerp; accent op algemene didactische inhoud, met voorbeelden uit de vier vakken;
- opdrachten binnen dit algemeen didactisch kader, maar voor ieder vak herkenbaar en zinvol;
- differentiatie naar meer vakdidactische toepassingen, via: werkbijeenkomsten met vakdidactici en/of (meer) vakdidactische opdrachten tijdens de vakdidactische weken.

Hierbij steeds gebruikmakend van de ervaringen uit het SP en in dienst van de voorbereiding van het volgend SP.

Een aantal essentiële onderdelen van de 12-maands opleiding kunnen heel goed in heterogene groepen: Leerlingbegeleiding, Communicatieve vaardigheden, Meso-Macro-aspecten. Een aantal onderwerpen zijn essentieel voor de β -opleiding:

- Practicum als werkvorm voor Natuurkunde, Scheikunde, Biologie.
Er blijken heel verschillende concepten te bestaan bij de studenten ten opzichte van de andere β -vakken. Dit geldt ook voor leerlingen.
- Natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen in de β -vakken: met vragen als: in welke klassen; voordelen/nadelen; relatie met leerpsychologie, bijv. Piaget.

Samenvattend:

- veel is gemeenschappelijk, maar niet specifiek voor de β -opleiding
- een deel is vakspecifiek en kan het beste via de vakdidactiek uitgewerkt worden;
- een deel is karakteristiek voor de β -vakken en kan specifiek met een β -groep worden uitgewerkt.

Wij hopen u zo een beeld van de β -Universitaire Lerarenopleiding aan de RUU gegeven te hebben.

2. HET MODEL VOOR INTERACTIONEEL LERAARSGEDRAG

Vanaf 1977 wordt aan de RUU door de Vakgroep Natuurkunde-Didactiek in samenwerking met de afdeling Algemene Vakken van het Pedagogisch Didactisch Instituut voor de Leraaropleiding onderzoek gedaan naar het onderwijsgedrag van leraren in het voortgezet onderwijs. Voor dit onderzoeksprogramma is onder meer kenmerkend dat bij de bestudering van de onderwijsleersituatie de leraar-leerling relatie, zoals die tot uiting komt in het gedrag van de onderwijsgevende, een centrale positie inneemt.

Door Créton en Wubbels (1984) is het leraarsgedrag onderzocht bij beginnende leraren. Zij kiezen bij de bestudering van het relationele leraarsgedrag in de klassesituatie voor een systeembenadering en bestuderen het leraarsgedrag vanuit de kenmerken van de interactie tussen de leraar en zijn leerlingen. Zij spreken derhalve van het interactionele aspect van het leraarsgedrag, kortweg interactioneel leraarsgedrag.

Om dit gedrag te kunnen beschrijven is door Créton en Wubbels een model ontwikkeld. Zij baseren zich daarbij op een door Leary (1957) ontwikkelde theorie over interpersoonlijk gedrag.

Overeenkomstig het model van Leary wordt het interactionele leraarsgedrag geordend met behulp van 2 dimensies, macht en nabijheid. Deze dimensies kunnen worden weergegeven in een assenstelsel. In dit assenstelsel kan worden aangegeven in hoeverre iemand richting geeft aan het interactieproces (in termen van boven-onder; de machtsdimensie) en hoe groot de emotionele afstand is tussen de betrokkenen (in termen van samen-tegen; de nabijheidsdimensie). Daardoor ontstaat inzicht in de onderlinge posities van personen in een interactieproces. Een nadere verfijning van het model kan worden aangebracht m.b.v. 2 diagonalen,

waardoor 8 sectoren ontstaan, die circulair geordend zijn. Alle leraarsgedragingen kunnen in één van deze sectoren worden ingedeeld. De validiteit van deze circulaire ordening van 8 sectoren is empirisch ondersteund (Wubbels, e.a., 1985).

In figuur 1 worden de 8 sectoren en een korte aanduiding van het type leraarsgedrag dat bij elke sector hoort, weergegeven. Tot de BS-sector van het model behoort bijvoorbeeld gedrag met een sterk boven-karakter (B) en een licht samen-karakter (s), aangeduid als leidend gedrag.

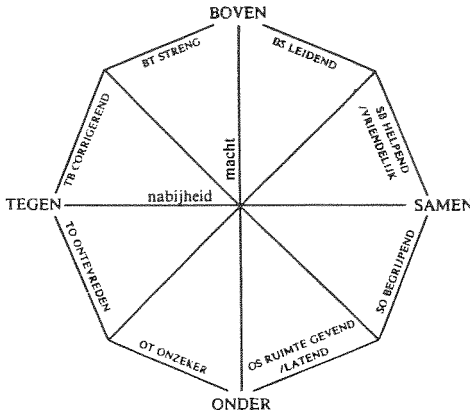


Fig. 1 Het model voor interactioneel leraarsgedrag

Daartoe wordt gedrag gerekend als: zien wat er gebeurt, zelfverzekerd optreden, structureren, boeiend en enthousiast vertellen. Het naastliggende gebied (SB) omvat gedrag dat een minder sterk boven- en een sterker samen-karakter heeft, aangeduid als vriendelijk/helpend gedrag. Daartoe wordt gedrag gerekend als belangstelling tonen, vertrouwen bieden, helpen, zich redelijk opstellen, tegen een grapje kunnen enz. Zo kunnen alle 8 sectoren van het model beschreven worden.

3. RESULTATEN

Het interactionele aspect van het leraarsgedrag kan geoperationaliseerd worden m.b.v. de Vragenlijst voor Interactioneel Leraarsgedrag (de VIL), die door Créton en Wubbels (1984) is ontwikkeld. Met deze vragenlijst kunnen relatief stabiele patronen in het interactionele gedrag van een leraar in kaart worden gebracht.

De vragenlijst omvat 72 vragen verdeeld over de 8 subschalen die de sectoren uit het model voor interactioneel leraarsgedrag representeren. De vragenlijst kan zowel door leerlingen als door leraren worden ingevuld. Met de genoemde vragenlijst (VIL) is onderzoek gedaan naar de wijze waarop door (a.s.) leraren met leerlingen wordt omgegaan. Het betrof o.a. onderzoek naar de volgende vragen:

1. Hoe gaan "goede" leraren met hun leerlingen om?
2. Welk gedrag bevordert de leerprestaties van leerlingen en hun plezier in het vak en de lessen?
3. Welk gedrag vertonen studenten? Is er verschil tussen wat leerlingen vinden van het gedrag van studenten en wat zij zelf vinden?

Het volgende geeft een summiere samenvatting van enkele resultaten.

Mochten ze (daardoor) triviaal lijken, dan kan dat misschien worden weggenomen bij het lezen van uitgebreidere publikaties.

Wanneer leerlingen wordt gevraagd hun beste docent in gedachten te nemen en dan de VIL in te vullen, dan levert dit gemiddeld het volgende beeld op:

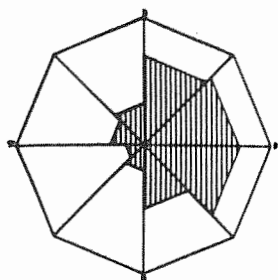


Fig. 2 Leerlingenbeeld van de beste leraar

Hoe groter het gearceerde gebied des te sterker iemand gedrag in de betreffende sector vertoont.

Docenten die door leerlingen als "goed" gekwalificeerd worden, vertonen dus veel BS-, SB- en SO-gedrag, in mindere mate OS-, BT- en TB-gedrag en nog minder TO- en OT-gedrag. Onder de beste leraren vinden we 2 typen: de duidelijkheid biedende en de ruimte gevende leraar.

Ter vergelijking: wanneer je leerlingen vraagt de slechtste docent in gedachten te nemen dan levert dit gemiddeld het volgende beeld:

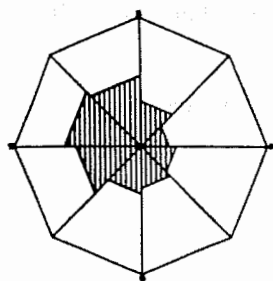


Fig. 3 Leerlingenbeeld van de slechtste leraar.

Omgaan met leerlingen en onderwijseffecten:

Dit onderzoek is uitgevoerd bij natuurkundeleraren en hun derde klas leerlingen (MAVO, HAVO, VWO). Er werden vrij sterke verbanden aangetroffen tussen "omgaan met leerlingen" en waardering van de leerlingen voor de lessen en de motivatie voor het vak natuurkunde (affectieve opbrengst). Deze opbrengst is groter naarmate leraren volgens hun leerlingen meer leiding geven (BS) en zich meer helpend, vriendelijk (SB) en

begrijpend (so) opstellen. Daarentegen leidt vooral een meer corrigerende (TB) of ontevreden (TO) opstelling van leraren ertoe dat leerlingen de lessen minder plezierig en interessant vinden. Ter illustratie worden de leerlingen percepties van het interactionele gedrag van een MAVO-leraar met een hoge affectieve opbrengst en een MAVO-leraar met een lage opbrengst gegeven.

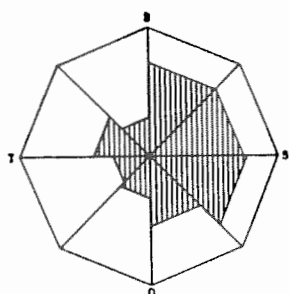
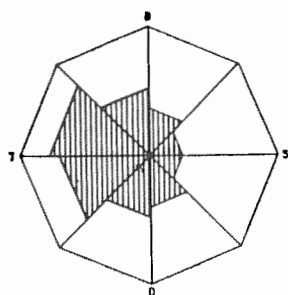


Fig. 4 Leraar bij wie het leuk is.



Leraar bij wie het niet leuk is.

Met de leerprestaties van leerlingen (cognitieve opbrengst) liggen de verbanden iets anders. Bij natuurkundeleraren in de derde klas HAVO en MAVO blijken leerlingen hogere cognitieve prestaties te leveren naarmate leraren volgens leerlingen meer leidend (BS) en streng (BT) en minder onzeker (OT) gedrag vertonen. Bij leraren die in 3-vwo lesgeven werd echter vrijwel geen verband gevonden. Het is goed voorstelbaar dat leerlingen die in het vwo terecht komen voor hun leren minder afhankelijk zijn van het interactionele gedrag van hun leraren dan hun leeftijdsgenoten op MAVO en HAVO.

In onderstaande figuur worden de leerlingpercepties van een MAVO-leraar met een hoge en een lage cognitieve opbrengst weergegeven.

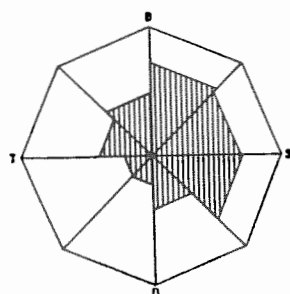
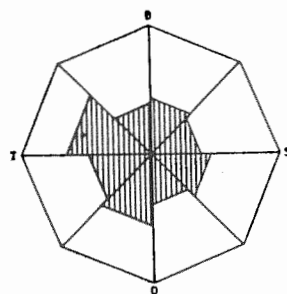


Fig. 5 Leraar van wie je veel leert.



Leraar van wie je weinig leert.

Bij MAVO-leraren werd t.a.v. streng en ruimtegevend gedrag een dilemma aangetroffen: Voor het verkrijgen van hogere cognitieve prestaties is een strengere en minder ruimtegevende opstelling gunstig. Om meer waardering voor de lessen en een hogere motivatie voor het vak te krijgen moet de opstelling van de leraar juist in tegenovergestelde richting wijzen. Voor alle drie schooltypen geldt dat, gezien vanuit de leraar, leidend en onzeker gedrag de breedste invloed hebben.

Omgaan met leerlingen door studenten

In onderstaande figuur worden de gemiddelde leerlingenpercepties van leraren en van studenten vergeleken.

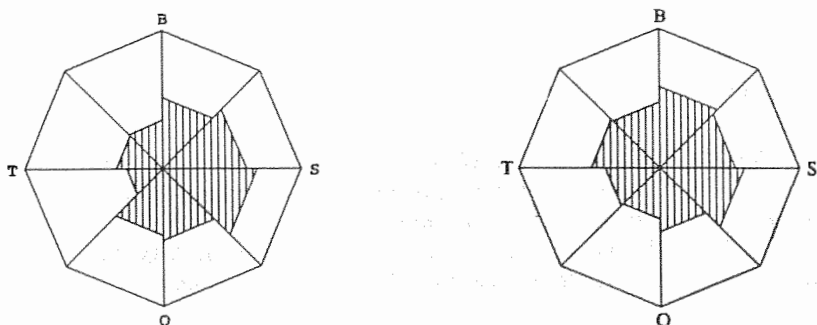


Fig. 6 studenten

leraren

Het gemiddelde plaatje van studenten vertoont gelijkenis met het beeld dat verkregen wordt bij leraren, waarbij de werksfeer gekarakteriseerd kan worden met "vriendelijke wanorde". Door studenten wordt gemiddeld veel meer onzeker en minder leidend, streng en corrigerend gedrag vertoont dan door leraren.

Wanneer studenten zelf gevraagd wordt de vragenlijst in te vullen over hun eigen gedrag dan vinden de meeste studenten in vergelijking met leerlingen dat zij meer BT-, BS-, SB- en SO-gedrag vertonen en minder OT-, TO- en TB-gedrag. In de "gunstige" sectoren denken ze dus dat ze meer gedrag vertonen en in de "ongunstige" minder. De meeste studenten zien hun gedrag dus "roos"kleuriger dan leerlingen.

Hoe zou de opleiding bij kunnen dragen aan het verwerven van een meer adequaat interactioneel gedragsrepertoire.

Zijn er b.v. oefensituaties te bedenken (en vorm te geven), waarin toekomstige leraren zich kunnen toerusten met het voor een bepaalde situatie meest geëigende gedrag? In ons onderzoek zijn we voorzichtig begonnen met het vertalen van verworvenheden uit andere opleidingen naar de lerarenopleiding. In een aantal beroepsopleidingen zijn gedrags-trainingen niet meer uit het curriculum weg te denken. Zo wordt een politiefunctionaris getraind in het optreden in bekeuringssituaties (waarbij beroepsacteurs de rol van de bekeurde spelen), huisartsen oefenen "op" klagende patiënten, managers leren omgaan met klachten van cliënten enz.

Bij a.s. leraren is gedragstraining een nog nauwelijks ontgonnen gebied. Een trainingsprogramma op dit specifieke terrein stelt wel bepaalde eisen aan de begeleiding.

- De instituutsbegeleider moet allereerst over diagnostische bekwaamheden beschikken om te kunnen beoordelen welk interactioneel gedragstype ontbreekt of versterkt moet worden;
- hij/zij moet over bekwaamheden beschikken om een goed gestructureerd leerplan voor elke individuele student te kunnen opstellen;
- hij/zij moet over begeleidingsvaardigheden beschikken om de student te kunnen helpen bij het doorlopen van zijn/haar leerweg. Zo zal hij/zij leerweerstanden moeten kunnen onderkennen en daar professioneel mee omgaan.

4. LITERATUUR

- ARCULO (1985). *Advies met betrekking tot de lerarenopleiding in de tweede fase van het Wetenschappelijke Onderwijs. 'Bouwstenen voor het curriculum van de universitaire lerarenopleiding'*.
- Brekelmans, J.M.G., Wubbels, Th. & Créton, H.A. (1989). Een typologie van leerlingenpercepties van leraarsgedrag. *Pedagogische Studieën*, 66, 315-326.
- Hooymayers, H.P., Wubbels, Th., Créton, H.A. & Holvast, A.J.C.D. (1982). Een model voor interactioneel leraarsgedrag in het bijzonder gericht op de sfeer in de klas. *Pedagogisch Tijdschrift*, 7, 108-121.
- Hooymayers, H.P., Hermans, J.J. & Koetsier, C.P. (1985). Naar een verdere professionalisering van de universitaire lerarenopleiding. Een raamplan voor een 12-maandscurriculum. *Pedagogisch Tijdschrift*, 10, 226-238.
- Koetsier, C.P. & Janzen, R.W. (1986). *Programmaschets van de toekomstige 12-maandslerarenopleiding van de Afdeling Didactiek van de Biologie*. Didactiek van de Biologie. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Koetsier, C.P. & Veder, J. (1987). Schoolpracticum en individuele eindstage. In: P. van den Broek, T.E. Dolle-Willemsse, A.M. van der Bussen, H.J. van Helden & J. Vedder (red.), *Leren in praktijk. Naar een opleidingsdidactiek met de onderwijspraktijk als toetssteen*. 's-Gravenhage: SVO/VULON, 41-54.

DEEL C: HET CENTRUM VAN BINNENUIT

Op verzoek van de redactie filosoferen een aantal "spraakmakende" medewerkers over het werk in het Centrum. Ieder doet dit vanuit zijn eigen specifieke invalshoek en op zijn eigen specifieke wijze. Hun is gevraagd om niet alleen te beschrijven wat zoal waarom gebeurt, maar vooral wat de β -didactische samenwerking in de toekomst kan gaan inhouden.

BIOLOGIE-DIDACTIEK OP EEN KEERPUNT

A.J. Waarlo & P. Voogt

Vakgroep Didactiek van de Biologie

1. INLEIDING

In deze bijdrage zal de schijnwerper op de vakgroep Didactiek van de Biologie worden gericht. Eerst worden de verschillende activiteiten van de vakgroep beschreven en daarna geplaatst in het perspectief van schoolvakontwikkeling. Op diverse plaatsen wordt ingegaan op samenwerking met de andere vakgroepen van het Centrum, maar op het eind gebeurt dat wat uitgebreider.

Onderwijs heeft in de vakgroep Didactiek van de Biologie vanouds een centrale - zo niet alles overheersende - plaats ingenomen. Voorheen werden per jaar ongeveer 100 onderwijsbevoegdheden uitgereikt aan studenten die als onderdeel van hun doctoraalstudie een viermaands cursus Didactiek van de Biologie hadden gevolgd. Het merendeel van de biologiestudenten (circa 60%) verwierf daarmee een extra maatschappelijke zekerheid, omdat zij het perspectief op een onderzoekscarrière nog open hielden. De medewerkers van de vakgroep besteedden bijna al hun tijd aan onderwijs. Omdat de opleiding plaats vond onder verantwoordelijkheid van het PDI en een hoogleraar vakdidactiek ontbrak, heeft Didactiek van Biologie langer dan Natuurkunde- en Chemie-Didactiek de status van afdeling van het PDI behouden.

Toen het voortbestaan van de universitaire lerarenopleidingen onzeker werd, leidde dit tot vertrek van medewerkers. Daardoor ontstond een 'stuwmeer' van op te leiden biologiestudenten en extra belasting van de overgebleven opleiders.

De universitaire lerarenopleiding is weliswaar blijven bestaan, maar de vraag naar onderwijs is drastisch teruggevallen. Dit heeft geleid tot een herbezinning op taken. Dit proces heeft nog niet geheel z'n beslag gekregen en zal binnen Centrum-verband worden voortgezet.

Een eerste gevolg is geweest een sterke uitwaaiering van onderwijstaken. Een tweede gevolg was het beschikbaar komen van tijd, die op uitdrukkelijke wens van de Faculteit der Biologie gebruikt wordt voor vakdidactisch onderzoek. Om deze ombuiging te stimuleren is een hoogleraar in de vakdidactiek benoemd en is aan de afdeling de vakgroepstatus toegekend.

2. ONDERWIJS

Lerarenopleiding

De vorm van de lerarenopleiding is met ingang van het kalenderjaar 1988 ingrijpend gewijzigd. Vanaf die tijd kan de onderwijsbevoegdheid - op

grond van de twee-fasen structuur van het wetenschappelijk onderwijs-uitsluitend in de tweede fase, dus postdoctoraal, in een twaalf maanden durende opleiding worden verkregen. De meest ingrijpende inhoudelijke verandering is de aanwezigheid in deze tweede-fase opleiding van een individuele eindstage. De docent-in-opleiding wordt daarin direct verantwoordelijk gesteld voor het biologieonderwijs in een aantal klassen. De schoolpracticumdocent is wel beschikbaar, maar woont de lessen niet bij. De begeleiding vanuit de vakgroep vindt tijdens deze stage plaats volgens het supervisie-model. In de vakgroep is uitgebreid geëxperimenteerd met de individuele eindstage en wordt de ontwikkeling hiervan met opleidingsdidactisch promotieonderzoek begeleid en ondersteund.

De vernieuwde lerarenopleiding is vanaf het begin opgezet als een gezamenlijke activiteit van de Centrum-partners. Voor biologie participeert daarin ook de Landbouwwuniversiteit Wageningen. Het aantal biologiëstudenten in de opleiding is relatief groot en er zijn meer biologiëstudenten die deze opleiding willen volgen dan er op grond van de landelijke toewijzing mogen worden toegelaten. De selectie en daarmee ook de afwijzing van kandidaten is een moeilijke taak. Die zal pas verantwoord kunnen plaatsvinden als op grond van de wettelijk voorgeschreven twee maanden durende cursus 'Oriëntatie op het beroep van leraar' met een te ontwikkelen deugdelijk toetsinstrument betrouwbare prognoses kunnen worden gegeven voor de ontwikkeling van een student in de tweede fase.

NME-opleiding

Tot de wijziging van de lerarenopleiding bleven veel studenten na het behalen van de onderwijsbevoegdheid nog een aantal maanden binnen de vakgroep om een doctoraalonderwerp te bewerken. Deze onderwerpen lagen voor een groot deel op het gebied van natuur- en milieu-educatie (NME). In 1987 is op verzoek van de Faculteit der Biologie - die dit verzoek baseerde op een voorafgaand onderzoek van de arbeidsmarkt- een curriculum ontwikkeld voor een opleiding op academisch niveau tot NME-beleidsmedewerker. Daarbij stond het volgende profiel voor ogen:

- ontwikkelt beleid;
- zet educatieve plannen op;
- bevordert deskundigheid van uitvoerenden;
- verricht begeleidend onderzoek, dat wil zeggen:
 - maakt literatuur toegankelijk;
 - verricht doelgroepenonderzoek;
 - voert analyses van educatie-thema's uit;
 - evalueert educatieve activiteiten;
 - ontwikkelt promotie-strategieën.

De opleiding duurt zes maanden. Gedurende de laatste drie maanden loopt de student stage bij een instantie, werkzaam op het terrein van NME. De eerste drie maanden vormen een theoretische en praktische voorbereiding daarop. Daarbij wordt aandacht besteed aan kennismaking met het werkveld en doelgroepen, communicatie, onderzoek en een concreet thema.

De cursus wordt sinds 1987 éénmaal per jaar gegeven voor maximaal 15 studenten. Bij 'voldoende' beoordeling wordt een certificaat afgegeven.

Daar het om een beroepsvoorbereiding gaat, wordt steeds gesproken van een opleiding. Overwogen wordt om op termijn ook de nascholing van praktizerende, door ons opgeleide NME-beleidsmedewerkers ter hand te nemen.

Gezondheidseducatie

Sinds 1982 verzorgt de vakgroep nascholingscursussen op het terrein van gezondheidseducatie. Deze cursussen zijn bestemd voor biologiedocenten, van wie meer en meer verwacht wordt dat zij leerlingen ook toerusten tot gezond leven. In een nascholingscursus staat telkens één gezondheids-thema centraal, bijvoorbeeld Stress, Erfelijkheid, Sport, en AIDS. Ook voor gezondheidseducatie was er steeds grote belangstelling van studenten. Op dit moment wordt gewerkt aan de opzet van een cursus Gezondheidseducatie voor medisch-biologisch georiënteerde studenten, die een educatieve functie binnen de gezondheidszorg ambiëren. Deze cursus zal qua opzet sterk lijken op de NME-opleiding. Waar mogelijk zullen onderdelen voor beide opleidingen gezamenlijk worden gegeven. Natuur-, milieu- en gezondheidseducatie zijn nauw verwant; het gaat immers om 'een gezonde geest in een gezond lichaam in een gezonde omgeving' (Waarlo, 1989, p. 31), waaraan een bepaalde leefstijl veel kan bijdragen.

De cursus zal aan studenten worden aangeboden als een doctoraalonderwerp dat voorbereidt op een latere beroepsuitoefening, maar waaraan voorlopig (tot aan ratificatie door de Faculteit der Biologie) nog geen certificaat zal zijn verbonden.

Onderwijs aan AIO's

In 1988 heeft de vakgroep, in samenwerking met de Afdeling Beeldprocessing en Vormgeving van de Faculteit der Biologie, voor het eerst een cursus 'Mondeling Rapporteren' verzorgd voor AIO's werkzaam binnen deze faculteit. In deze cursus, die in totaal vijf dagen duurt, wordt de nadruk gelegd op zelf voordrachten houden. Na anderhalve dag instructie over spreektechniek en gebruik van audiovisuele middelen krijgt de cursist een halve dag om zijn eigen presentatie - met toepassing van het geleerde - voor te bereiden. De presentaties worden door alle cursisten bijgewoond, geobserveerd en becommentarieerd. In de nabespreking wordt ook ondersteunende theorie aangereikt. De vijfde cursusdag is een zogeheten terugkomdag en wordt vijf maanden later gehouden. Cursisten krijgen de opdracht om in de tussenliggende periode één of meerdere voordrachten binnen hun vakgroep te houden en op de terugkomdag hun ervaringen, c.q. ondervonden moeilijkheden, te rapporteren. Het ligt in de bedoeling deze cursus ook aan te bieden aan OIO's. Daar mondeling presenteren natuurlijk ook speelt voor AIO's uit andere faculteiten zou het nuttig zijn om de binnen het Centrum aanwezig expertise te bundelen en gezamenlijk een cursus te ontwikkelen en aan te bieden aan alle AIO's en OIO's werkzaam binnen de in het Centrum participerende faculteiten.

Didactische voorbereiding van practicum-assistenten

In het universitaire biologieonderwijs vormen practica een vast onderdeel, waarbij student-assistenten worden ingeschakeld. Op verzoek van verschillende vakgroepen uit de Faculteit der Biologie verzorgt de vakgroep Didactiek van de Biologie de didactische voorbereiding van deze student-assistenten. Zij zijn overigens vrij om hieraan deel te nemen. Deelnemende studenten krijgen studiepunten en moeten in verband daarmee na afloop van het practicum een didactische reflectie schrijven, die plenair wordt nabesproken in aanwezigheid van de practicumleiders.

3. ONDERZOEK

Biologiedidactisch onderzoek tot nu toe

Zoals al eerder werd opgemerkt, heeft in de vakgroep Didactiek van de Biologie de opleiding van biologie leraren lange tijd centraal gestaan en in het verlengde daarvan ook opleidingsdidactisch onderzoek. Dit onderzoek kreeg aan het eind van de jaren zeventig en het begin van de jaren tachtig een belangrijke impuls doordat de vakgroep twee tijdelijke onderwijskundige onderzoekers kreeg toegewezen. (Eén van hen is onlangs gepromoveerd op onderzoek, waarvoor de basis werd gelegd binnen de vakgroep (Brouwer, 1989).) Enkele medewerkers van de vakgroep participeerden in dit onderzoek, zij het met een geringe tijdsinvestering vanwege de hoge onderwijslast. Op dit moment houdt één van de medewerkers zich nog bezig met opleidingsdidactisch (promotie)onderzoek, dat zich richt op de individuele eindstage als onderdeel van de nieuwe tweede-fase lerarenopleiding. Dit onderzoek is opgenomen in het voorwaardelijk gefinancierd onderzoeksprogramma 'Scholing van onderwijsgeven'.

Vakdidactisch onderzoek werd in de jaren zeventig voornamelijk verricht door studenten in het kader van hun doctoraalstudie. Medewerkers die de begeleiding van deze studenten op zich namen, beschouwden dat meer als een onderwijs- dan als een onderzoekstaak. Zelf kwamen ze niet toe aan het doen van onderzoek. Door het ontbreken van een vakdidactisch onderzoeksprogramma was er sprake van een grote verscheidenheid aan onderzoeksthema's. De thema's werden vaak door studenten zelf aangedragen en sloten aan bij hun ervaringen opgedaan in het schoolpracticum of hadden te maken met hun beroepsperspectief: ze wilden zich voorbereiden op een functie binnen de natuur- en milieu-educatie. In veel doctoraalonderwerpen lag het accent op ontwikkelingsonderzoek en het 'maken van onderwijs', soms op verzoek van leraren of naar aanleiding van vragen die bij de Biologiewinkel binnenkwamen.

In de jaren tachtig zijn verschillende pogingen ondernomen om een vakdidactisch onderzoeksprogramma te formuleren, zowel voor de eigen vakgroep als ten behoeve van landelijke samenwerking van biologiedidactici, werkzaam aan de Rijksuniversiteit Groningen, de Vrije Universiteit in Amsterdam en de Rijksuniversiteit Utrecht. Uitgangspunt was steeds dat dit onderzoek diende aan te sluiten bij de interesse van individuele vakdidactici en tevens onderlinge samenwerking mogelijk diende te maken.

Allerlei omstandigheden, waaronder personele mutaties, frustreerden keer op keer de effectuering van voornemens. Toch slaagde de vakgroep er in om in de jaren tachtig vakdidactisch doctoraalonderzoek van studenten meer en meer te sturen. Dit hing onder andere samen met het starten van nascholingsactiviteiten op het terrein van gezondheidseducatie. Studenten werden steeds vaker ingeschakeld bij de voorbereiding en uitvoering hiervan en één van de betrokken medewerkers vatte in het verlengde hiervan het plan op om de verzamelde gegevens uit te werken in een promotieonderzoek. Dit heeft in 1989 geleid tot een proefschrift met de titel 'Biologieonderwijs en Gezondheidseducatie. Nascholing van biologie-docenten als aanzet tot onderwijsvernieuwing' (Waarlo, 1989). Behalve het onderzoek van studenten heeft ook de opname van het promotieonderzoek in het voorwaardelijk gefinancierd onderzoeksprogramma 'Begripsontwikkeling en curriculumonderzoek in de wiskunde en natuurwetenschappen' in positieve zin bijgedragen aan het tot ontwikkeling komen van vakdidactisch onderzoek in de vakgroep.

Het studentenonderzoek werd ook gekanaliseerd doordat doctoraal onderwerpen op het terrein van natuur- en milieu-educatie, waarvoor altijd al veel belangstelling was, organisatorisch werden ondergebracht in een zesmaandscursus Natuur- en Milieu-educatie. Dit heeft in de vakgroep geleid tot het verwerven van externe ontwikkelingsopdrachten van beperkte omvang op het gebied van NME. Voor de uitvoering daarvan worden tijdelijk extra mensen aangetrokken, onder wie een gewetensbezwaarde. Voor een verdere uitbouw van natuur- en milieu-educatie ontbreekt het de vakgroep aan menskracht. Bovendien heerst in de vakgroep de opvatting dat voor deze uitbouw, bijvoorbeeld door het starten van onderzoek en van nascholingsactiviteiten ten behoeve van het werkveld natuur- en milieu-educatie, een breder draagvlak gewenst is. Natuur- en milieu-educatie is immers multidisciplinair van aard. Het Centrum zou dan ook een belangrijke functie kunnen vervullen bij de verdere ontwikkeling van (een didactiek voor) natuur- en milieu- (en gezondheids)educatie in samenwerking met de interfacultaire vakgroep Milieukunde. Daarmee zou tevens een structurele basis kunnen worden gelegd onder vervolgprojecten van het project NME-VO. Omdat bij educatie veel waarde wordt gehecht aan interpersoonlijk leraarsgedrag zou ook vanuit het onderzoeksprogramma 'Scholing van onderwijsgeveenden' ondersteuning kunnen worden geboden bij deze didactiekontwikkeling.

Uit het voorafgaande zal duidelijk geworden zijn dat in het laatste decennium de aandacht vooral is uitgegaan naar belangrijke contexten voor biologieonderwijs, i.c. gezondheid en milieu, en naar meer persoonsgericht onderwijs, i.c. educatie. Dus biologieonderwijs waarin er ruimte is voor vragen die leerlingen zichzelf (leren) stellen en waarin wordt ingespeeld op bij leerlingen al aanwezige kennis, waarden en houdingen. Dit alles in de verwachting dat zij dan de zaken die in het onderwijs aan de orde worden gesteld meer op zich zelf zullen betrekken en daarmee in hun gedrag rekening zullen houden.

Toekomstig biologiedidactisch onderzoek

Enkele gebeurtenissen hebben gemaakt dat er een herbezinning op deze niet sterk vakspecifieke belangstelling binnen de vakgroep op gang is gekomen. Allereerst heeft de vakgroep een vakinhoudelijk thema gekozen voor nieuw te starten biologiedidactisch onderzoek, te weten 'Stabiliteit en verandering in organismen'. Dit onderzoek zou qua didactische vraagstellingen en onderzoeksmethoden moeten aansluiten bij het voorwaardelijk gefinancierd programma 'Begripsontwikkeling en curriculumonderzoek in de wiskunde en natuurwetenschappen'. De herziening van de examenprogramma's biologie voor HAVO en VWO heeft geleid tot een landelijke en inmiddels gehonoreerde aanvraag van een onderwijsontwikkelingsproject ter ondersteuning van de invoering ervan, het Project Bovenbouw Biologie (PBB). De vakgroep zal het thema 'Stabiliteit en verandering in organismen' voor haar rekening nemen en in dat kader lesmateriaal ontwikkelen voor genetica en homeostase.

Binnen de vakgroep zijn nu twee projectgroepen actief, waarin didactisch onderzoek en ontwikkelingswerk nauw met elkaar verweven zijn. Deze projectgroepen, respectievelijk Homeostase en Genetica, beperken zich elk tot een specifiek biologisch onderwerp. Voor het ontwikkelingswerk zijn twee part-time medewerkers aangetrokken. De vakgroep heeft zich contractueel verplicht evenveel tijd in PBB te investeren als deze medewerkers. Een half-time analiste houdt zich in dit kader bezig met de ontwikkeling van practica. Aangezien practica een wezenlijk onderdeel vormen van natuurwetenschappelijk onderwijs ligt hier een belangrijke mogelijkheid voor samenwerking binnen het Centrum.

Ter versterking van het onderzoek is voor beide projectgroepen een AIO/OIO aangevraagd. Eén aanvraag is inmiddels gehonoreerd. Het betreft een onderzoek over begripsontwikkeling en risico-beoordeling met betrekking tot gift binnen de projectgroep Homeostase. De aanvraag voor de projectgroep Genetica gaat over het onderwijzen en leren van 'Mendelse genetica' en spitst zich toe op begripsontwikkeling in relatie tot probleemoplossen.

De hierboven geschetste koerswijziging brengt voor de betrokken medewerkers een aantal nieuwe taken met zich mee. De vakgroep hoopt dan ook te kunnen profiteren van ervaringen van andere vakgroepen binnen het Centrum, voor zover deze daarover al beschikken. Het AIO-onderzoek over gift vertoont bijvoorbeeld grote verwantschap met het onderzoek dat bij natuurkunde-didactiek wordt verricht op het terrein van ioniserende straling, terwijl bij chemie-didactiek veel ervaring is opgedaan met methoden voor onderzoek van concrete onderwijsleerprocessen. Discussies in het VF-programma tenderen in de richting van een constructivistische visie op begripsontwikkeling, waarin ook de biologiedidactici zich kunnen vinden.

De vakgroep Didactiek van de Biologie is zich als gevolg van de samenwerking in Centrum-verband meer en meer bewust geworden van het belang van internationale activiteiten en streeft bewust naar uitbreiding hiervan. De contacten tot nu toe betroffen vooral het Duitse taalgebied, waarin weliswaar een flink aantal vakdidactici werkzaam is, maar waarin

weinig biologiedidactisch onderzoek wordt verricht. Voor onderzoek valt van Angelsaksische contacten en publiceren in Engelstalige tijdschriften waarschijnlijk meer te verwachten. Waarschijnlijk, omdat bij de voorbereiding van het internationale seminar met als titel 'Relating macroscopic phenomena to microscopic particles; a central problem in secondary science education' - de eerste internationale Centrum-activiteit - bleek dat er over biologie veel minder didactisch onderzoek is gepubliceerd dan over natuur- en scheikunde.

4. SAMENWERKING EN SCHOOLVAKONTWIKKELING

In het voorafgaande zijn al verschillende mogelijkheden genoemd om samenwerking in Centrum-verband verder gestalte te geven. Deze mogelijkheden hangen uiteraard sterk samen met het referentiekader van de vakgroep. Omdat er tot op zekere hoogte gesproken kan worden van een breuk met het verleden, is de vakgroep nog bezig zich te heroriënteren in het kader van samenwerking binnen het Centrum. Daarom is helderheid over de samenbindende waarden van de nieuwe organisatie van vitaal belang. Het zoeken en vinden van gemeenschappelijkheid met behoud van de eigen identiteit van de vakgroepen verdient dan ook de hoogste prioriteit.

Samenwerking met de didactieken van wiskunde en van natuur- en scheikunde was voor biologiedidactici overigens geen vanzelfsprekende zaak. Andere serieuze opties waren landelijke concentratie van de biologiedidactiek en samenwerking met de didactieken van natuurkunde, scheikunde en aardrijkskunde. De aantrekkelijkheid van deze alternatieven hangt samen met het eigene van de biologiebeoefening en met het verleden van de vakgroep. Wat het laatstgenoemde punt betreft, de traditie van veldbiologie en van natuur- en milieu-educatie in de vakgroep maakte samenwerking met geografie aantrekkelijk. Wat betreft het eerstgenoemde punt, het eigene van de biologiebeoefening: er lijkt een nogal fundamenteel verschil te bestaan tussen enerzijds de biologie en anderzijds de overige natuurwetenschappen. De levenswetenschappen hebben weliswaar in sterke mate de analytisch-sommatieve benadering van de natuurwetenschappen geadopteerd, maar biologen beseffen tegelijkertijd dat 'het geheel meer is dan de som der delen'. Het systeemdenken vindt zijn oorsprong voor een belangrijk deel in de biologie. Biologen hebben het eerder dan fysici en chemici over de schoonheid van hun studieobject. In de algemene doelstellingen voor biologieonderwijs wordt nog steeds gesproken over eerbied voor het leven(de), ondanks het feit dat de levenswetenschappen steeds meer ten dienste lijken te staan van biomanipulatie. Een en ander betekent dat in biologieonderwijs morele waarden expliciet aandacht dienen te krijgen (bio-ethiek).

Nu de beslissing om samen te werken in CD-6 is genomen, is ten minste een aantal gevolgen voor de biologiedidactiek voorspelbaar.

Samenwerking in Centrum-verband zal zeker leiden tot academisering van de biologiedidactiek. Daarmee wordt gedoeld op verschijnselen als leerstoel, proefschriften, voorwaardelijk gefinancierd onderzoek, AIO's/OIO's en internationalisering. Dit kan echter ook het gevaar inhouden dat het vakdidactisch onderzoek losser komt te staan van de onderwijspraktijk. Moet vakdidactisch onderzoek zich richten op fundamentele vragen en theorievorming of, waar mogelijk, op het zo adequaat mogelijk begeleiden van het veranderende onderwijs? Funderen en vernieuwen van het Nederlandse biologieonderwijs was en dient naar onze mening de belangrijkste taak van de biologiedidactiek te zijn. De twee projectgroepen stellen zich ten doel om door middel van vakdidactisch onderzoek, ontwikkeling van voorbeeld-lesmateriaal en nascholing - en dat alles in onderlinge samenhang - een bijdrage te leveren aan de verbetering van het biologieonderwijs in bovenbouw HAVO/VWO. Biologiedidactiek wordt dus beschouwd als dienstbaar aan schoolvakontwikkeling. Anders gezegd: de universitaire biologie-didactiek dient te fungeren als innovatiecentrum en coördinatiepunt voor biologieonderwijs, omdat iets dergelijks binnen de onderwijsverzorging ontbreekt. In het algemeen maken onderwijsonderzoek, onderwijsvernieuwing en scholing van onderwijsgeevenden nog gescheiden ontwikkelingen door. Ze beïnvloeden elkaar nauwelijks. Daarom zouden vakdidactici juist naar integratie hiervan moeten streven. Zij vormen immers de intermediairen tussen onderwijswetenschappen en onderwijspraktijk. Maar ook dichterbij kan er nog meer geïntegreerd worden door in de initiële lerarenopleiding onder de noemer 'vakdidactiek' verworvenheden van nascholingsactiviteiten en van vakdidactisch ontwikkelingswerk en onderzoek aan de orde te stellen.

Het biologiedidactisch onderzoek zal in ieder geval anders van karakter worden, doordat het meer dan voorheen wordt gesitueerd in concrete onderwijsleersituaties. Het zal zich vooral richten op bestudering van geplande en theoretisch gefundeerde onderwijsleerprocessen in onderwijs-experimenten. Door docenten theoretisch-didactisch bij te scholen en te betrekken bij de inrichting van deze onderwijsexperimenten, lijkt de relatie tussen onderzoek en praktijk van biologieonderwijs voldoende gegarandeerd. In dat kader is het ook gewenst dat de nascholingsdidactiek verder wordt ontwikkeld. Voor het Centrum, in het bijzonder voor het onderzoeksprogramma 'Scholing van onderwijsgeevenden', zou hier een belangrijke nieuwe taak kunnen liggen. De initiële lerarenopleiding is immers een bescheiden taak geworden, terwijl er allerlei onderwijsvernieuwingen ondersteund moeten worden en de invoering van het markt-principe bij de nascholing betekent dat het leveren van kwaliteit meer dan ooit noodzaak is.

Samenwerking in het Centrum heeft er mede toe geleid dat het schoolvak centraler is komen te staan in de biologiedidactiek en meer dan voorheen in een natuurwetenschappelijke context wordt geplaatst. Ook daarover een aantal opmerkingen. Samenwerking van de didactieken van wiskunde en natuurwetenschappen in een β -didactisch centrum lijkt vooral gestoeld op de traditionele indeling der vakwetenschappen. Gemeenschappelijke didac-

tische problematieken zouden de basis voor samenwerking moeten zijn. Deze kunnen enerzijds samenhangen met de specifieke aard van en verwantschap tussen de onderscheiden vakinhouden en werkwijzen, anderzijds met de specifieke aard van en verwantschap tussen nagestreefde doelstellingen.

We zijn gewend te spreken over vakdidactieken, dat wil zeggen dat de didactieken worden gekoppeld aan schoolvakken, die in geval van wiskunde en natuurwetenschappen zijn afgeleid van academische disciplines. Wanneer niet primair vanuit vakinhouden wordt gedacht, maar meer vanuit doelstellingen van onderwijs, zou in plaats van vakdidactiek gesproken kunnen worden van doeldidactiek. Het is wel zeker dat het uitgaan van doeldidactieken niet geleid zou hebben tot de huidige naam van het nieuwe samenwerkingsverband. De in het Centrum participerende vakgroepen zullen zich alsnog nader moeten bezinnen op de eigen aard van wiskunde- en natuurwetenschappelijk onderwijs en van daarmee samenhangende didactische problematieken.

5. BESLUIT

We hopen in deze bijdrage een indruk te hebben gegeven van de veranderende werkzaamheden van de vakgroep Didactiek van de Biologie en van de achtergronden daarvan. De vakgroep is bezig om te schakelen van een opleidingsinstituut naar een ontwikkelings- en onderzoeksinstituut, terwijl het door haar verzorgde onderwijs gediversifieerd is. Ook het karakter van het vakdidactisch onderzoek zal veranderen. Alles duidt er op dat de vakgroep min of meer bezig is een nieuwe start te maken en maar zeer gedeeltelijk kan voortbouwen op in het verleden opgebouwde expertise. Een expertise waaraan de vakgroep haar goede naam in onderwijsland heeft te danken.

We hebben ook geprobeerd aan te geven hoe wij aankijken tegen samenwerking in het Centrum. Het moge duidelijk zijn geworden dat de vakgroep bij haar heroriëntatie reeds de nodige steun heeft ondervonden van het opgenomen zijn in het Centrum.

6. LITERATUUR

- Brouwer, C.N. (1989). *Geïntegreerde lerarenopleiding, principes en effecten*. Proefschrift RUU.
- Waarlo, A.J. (1989). *Biologieonderwijs en gezondheidseducatie. Nascholing van biologiedocenten als aanzet tot onderwijsvernieuwing*. Proefschrift RUU.

CHEMIE-DIDACTIEK VANUIT β -DIDACTISCH PERSPECTIEF

A.H. Verdonk & W. de Vos
Vakgroep Chemie-Didactiek

1. INLEIDING

De redactie van deze bundel heeft ons verzocht een bijdrage te leveren onder bovenstaande titel. Hierbij wordt β -didactiek bekend verondersteld en chemie-didactiek vanuit β -didactisch perspectief beschouwd. De vraag is echter of β -didactiek wel bekend verondersteld mag worden. Onzes inziens is zelfs chemie-didactiek nog niet, en zeker niet eenduidig, te formuleren.

Daarom waren wij verheugd met de aanwijzing die de redactie gaf, namelijk eerst te beschrijven wat er momenteel in de vakgroep chemie-didactiek gebeurt en aan te geven wat de rationale hierachter is (2). Vervolgens wordt gevraagd in te gaan op te voorziene en gewenste ontwikkelingen in de toekomst (3) en tenslotte wat β -didactische samenwerking daaraan kan bijdragen (4).

2. ACTIVITEITEN VAN DE VAKGROEP CHEMIE-DIDACTIEK

De vakgroep heeft als ieder andere de taken onderzoek (2.1), onderwijs (2.2) en eventueel maatschappelijke dienstverlening. Dit alles wordt uiteraard ondersteund door bestuur en beheer (2.3). Op de drie laatstgenoemde aspecten zal hier slechts beperkt worden in gegaan.

Onderzoek

De leerstoel Algemene Chemie, ingesteld in 1979, omvatte onderzoek aan en mede uitvoeren van universitair chemie-onderwijs. Dit betrof met name het voor alle studenten uniforme deel van het curriculum

Een aanvankelijke taak om dit onderwijs ook inhoudelijk en met mandaat van het faculteitsbestuur bestuurlijk te coördineren werd later 'opgeheven'. De matrix-organisatie waarin de facultaire onderzoeksstructuur en onderwijsstructuur op elkaar werden betrokken bleek niet productief doordat zij wettelijk onvoldoende gefundeerd was. Er zijn o.i. twee belangrijke redenen waarom dit mislukt is.

1. Er treedt een spanningsveld op tussen het faculteitsbestuur, de politieke instantie voor middelenverdeling, en de hoogleraren die individueel verantwoordelijk zijn voor inhoud en vorm van onderzoek en onderwijs. Curriculumprogrammering vindt daarbij plaats op basis van mening en ervaring van personen die niet alleen probleemgericht rationeel inhoud en structuur van hun onderwijs bepalen, maar ook in belangrij-

ke mate door subdiscipline-specifieke inzichten en belangen en sociaal-psychologische factoren worden gestuurd.

2. Een rationele curriculumplanning is nog niet goed mogelijk doordat chemie-didactiek als wetenschap die een relatie kan leggen tussen chemie-onderwijs en chemisch onderzoek, nog niet voldoende is ontwikkeld.

In 1982 werd de vakgroep Chemie-Didactiek opgericht waaraan, i.v.m. herstructurering van het instituut voor de leraarsopleiding van deze universiteit (het Pedagogisch Didactisch Instituut), ook de taak werd toegevoegd onderzoek van secundair chemie-onderwijs te verrichten. Tevens kreeg de vakgroep nu in samenwerking met dit instituut de opleiding van eerstegraadschemieleraars te verzorgen. De leerstoelen Algemene Chemie en Algemene Didactiek delen de verantwoordelijkheid voor deze opleiding. Hiermede was vakdidactisch onderzoek wel de taak van de vakgroep geworden, echter zonder dat daarmee dat onderzoek al samenhang vertoonde. Dit kon ook moeilijk omdat de activiteiten t.a.v. secundair en tertiair chemie-onderwijs voornamelijk uitgevoerd werden door chemici, die weliswaar geen vrede hadden met het bestaande onderwijs en dat wilden verbeteren, maar daarbij niet veel meer ter beschikking hadden dan hun eigen chemische kennis en onderwijservaring.

Voor ontwikkeling van zowel chemie-onderwijs als onderwijs aan aankomende docenten werd dan ook gebruik gemaakt van een bonte verzameling van expertise: bij structurering van curricula van bestuurs- en organisatiedeskundigen, bij produktie van onderwijsmateriaal van auteurs en uitgevers (schoolboeken) en artistiek opgeleide personen (videofilm), van chemici (practicumexperimenten) en sociale wetenschappers zoals leerpsychologen, agogen, onderwijskundigen (onderwijswerkvorm, doelstellingen). Ook reflectie op de chemie zelf (historisch en wetenschapsfilosofisch) werd niet geschuwd. En, last but not least, ook werd het gezichtspunt gekozen dat chemisch onderzoek en chemie-onderwijs te beschouwen zijn als leerprocessen die gepaard gaan met vaktaalontwikkeling.

Kortom, er was sprake van een verzameling chemici, opgeleid vanuit verschillende chemische subdisciplines, met verschillende visies op chemie-onderwijs en de verbetering ervan, met een zekere zelf verworven niet-chemische expertise en met een nauwelijks samenhangende visie op vakdidactiek.

Om toch een groepsproces met taakverdeling binnen een overeengekomen kader te realiseren lag het achteraf gezien dan ook voor de hand om allereerst te proberen of overeenstemming over een zeker chemisch thema te bereiken was. Hierbij werd gemikt op een zodanig overkoepelende formulering, dat ieder de mogelijkheid werd geboden zijn eigen know-how produktief te maken en tevens meer samenhang en focusering in het werk als groep te krijgen.

De keuze van het thema 'de chemische reactie' (Verdonk 1980) (materieverandering gepaard gaande met energie-uitwisseling) biedt nog brede overkoepeling. Voor het secundair onderwijs konden de volgende aandachtsgebieden worden samengebracht: de ontwikkeling van de begrippen

stof, reactie en element, a) in samenhang met corpusculaire voorstellingen daarvoor (De Vos, 1985) en b) zonder nog gebruik te maken van corpusculaire voorstellingen (Vogelezang, 1990). Ook het begrip "hoeveelheid stof" en zijn eenheid mol in de relatie tot stoichiometrisch chemisch rekenen vallen hier onder (De Jong, 1990; Van Sprang, Ten Voorde, 1986).

Voor het tertiair onderwijs werd in eerste instantie aangesloten bij de oorspronkelijke chemische onderzoeks- en onderwijsexpertise van de hoogleraar (A.H. Verdonk) te weten thermochemie resp. analytische en anorganische chemie en fasenleer. Door Mulder (1984) werd op het laatste gebied onderwijs ontwikkeld over de scheidingsmethoden: herkristallisatie en destillatie, op het practicum voor eerstejaars studenten.

De Jager (1986) bestudeerde op het derdejaars practicum het leren synthetiseren (organisch en anorganisch chemisch). Het leren meten (analytisch en fysisch-chemisch) werd door Goedhart (1990) bestudeerd op het eerstejaars practicum.

Al vrij snel bleek dat voor chemie-onderwijsontwikkeling chemische kennis op het betreffende terrein een zeer belangrijke voorwaarde was. Dit betekende voor promovendi die onderzoek deden aan het tertiair onderwijs een zeer sterke inbreng van de vaste staf, en voor die op het secundair onderwijs zo mogelijk een tertiaire onderwijstaak in hetzelfde chemische thema. Zo werd het werk van De Vos over ontwikkeling van een reactiebegrip (De Vos, 1985a, 1985b, 1986, 1987a, 1987b) voortgezet in werk van Van Driel over het (dynamisch) evenwichtsbegrip (Van Driel, 1988) dat ook werd gekoppeld aan het inleidende college evenwichtsleer (klassieke thermodynamica) en reactiekinetiek. Op de overgang vwo/wo is daarbij inmiddels ook een onderzoek gestart naar de begrippen in de eerste hoofdwet van de thermodynamica (Van Roon, 1988). Chemisch gezien leek het geheel nog op een vlekkenplan. We noemen dit het beschrijven, verklaren en beheersen van chemische reacties waarbij beschrijvende en verklarende kennis tot beheersingsinstrument kan dienen. Bijvoorbeeld: het werk van De Vos benadrukte de voorlopigheid van modellen als verklaringsmiddel, het werk van De Jager de rol van operationalisering van theoretische kennis bij het uitvoeren van voorgeschreven praktische handelingen. Beider werk bracht ook binnen de vakgroep meer aandacht voor de onderwijsvorm. Uitleggend onderwijs met ordeproblematiek werd meer verlaten ten gunste van groepswork met onderwijs gestructureerd in opdrachten (De Vos). Voorschriftgeleide synthese werd vervangen door een onderwijsstructuur waarin studenten zelf via gerichte opdrachten (delen van) een synthese ontwerpen en het ontwerp daarna uitvoeren. Vaktaal-ontwikkeling kreeg steeds meer aandacht (Ten Voorde, Van Sprang). Vanuit ervaringen met het bestaande onderwijs werd de achter de vergadertafel verkregen macrostructuur van het onderwijs (leerplan, curriculumraamwerk) ter discussie gesteld, evenals de nadere invulling daarvan achter het bureau in leerboeken en onderwijsteksten. Zij bleken een op grond van argumentatie vanuit onderzoek bij te stellen randvoorwaarde (De Vos, 1984a, 1984b en 1986). Hiermede werd ervoor gekozen onderzoek te starten binnen een bestaande onderwijssituatie. De

microsituatie kon in gesprek met de voor het onderwijs verantwoordelijke docent worden bijgesteld. De voor meso- en macrosituatie verantwoorde-lijken werden adviserend benaderd. Daarmede resteerde het probleem van de grootschalige onderwijsverandering: implementatie van ontwikkeld onderwijsmateriaal gekoppeld aan scholing van docenten.

Naast de bruikbaarheid van onderwijsverandering, "bewezen" in een afwisseling van onderwijsontwikkeling en vakdidactisch onderzoek in een zg. cyclus van onderwijsvernieuwing, bleef de implementatie liggen. Dit is mede een gevolg van het feit dat grootschalige onderwijsvernieuwing zijn eigen dynamiek kent. Voorgaande pogingen, in het secundair onderwijs de experimenten van CMLS, WEI en TUE, in het tertiair onderwijs de zoge-heten geïntegreerde curricula (Hammond, 1971) versus de subdisciplinege-wijs opgebouwde curricula, lieten grote visieverschillen m.b.t. chemie-onderwijs zien. Deze visies bleken in belangrijke mate te stoelen op visies op chemie en maatschappij en de relatie daartussen. Daarbij kwam dat noch vakdidactiek noch toegepaste onderwijskunde voldoende direct bruik-baar onderwijsmateriaal genereerde. Deze beperkte bruikbaarheid zou ook wel eens het gevolg kunnen zijn van onvoldoende aandacht voor de docentleerprocessen bij onderwijsvernieuwing. Deelname van docenten aan onderwijsontwikkeling op grotere schaal bleek zeker al een grotere be-trokkenheid te geven (CMLS experiment).

Bij het onderzoek aan bestaand onderwijsmateriaal werd de vraag naar de relatie tussen de oorspronkelijke gegenereerde wetenschap en dit onderwijsmateriaal helder. De Jager (1985) maakte het verschil zichtbaar tussen de oorspronkelijke onderzoekspublikatie betreffende een synthese en de wijze waarop deze in een voorschriftgeleid practicumboek voor studenten wordt beschreven. Joling (UvA), collega in het onderzoekspro-gramma, heeft het proces van genese van die kennis tot aan het leren van chemische kennis in een gebruikelijke onderwijssituatie nog scherper aan de orde gesteld (Joling 1990).

Van Driel (1988) en De Jong (1990) lieten zien dat het voorschrijven in een leerplan vakinhoudelijk gezien tot fragmentarisatie en verbreken van samenhang leidt. Nadat in de leerplannen en schoolboeken de kineti-sche basis (terecht) aan de massawerkingswet is ontnomen, is geen alter-natief geboden om in kwantitatieve zin tot deze wet te komen. De Jong bracht aan het licht dat uitleg gevolgd door toets- en oefenopgaven, het sommen maken los koppelt van rekenen in chemische experimentcontexten. Theorie en praktijk worden door het onderwijs gescheiden, niet alleen in het leerboek, maar ook bij hoorcollege en practicum. De Jager (1985) constateerde dit bij uitgesplitste syntheses technieken en karakteriserings-methoden, Goedhart (1989) bij uitsplitsing van foutenleer. Deze constate-ring maakte een integratiebehoefte zichtbaar. De vraag naar de legitime-ring van onderwijsinhoud en -structuur in samenhang met onderwijswerk-vorm en tekst werd expliciet. Tevens werd eindelijk zichtbaar dat de oorspronkelijk aangegeven expertisegebieden (bestuurlijke en sociale wetenschappen, reflectie op chemie etc) maar een beperkte hulp konden bieden. Zo bracht b.v. reflectie op chemie in historische en wetenschaps-filosofische zin wel verheldering met betrekking tot begripsmoeilijkheden

en contextwijzigingen, maar geen recept voor structuur voor onderwijs dat leerbaarheid bevordert. Ook cognitieve psychologie kon nog niet met dit chemie leren en zeker niet met onderwijzen verbonden worden.

Mede door de in 1983 gestarte samenwerking in het kader van het voorwaardelijk gefinancierd onderzoeksprogramma: "Begripsontwikkeling en Curriculumonderzoek in Wiskunde en Natuurwetenschappen" werden een aantal toespitsingen gemaakt en traden aanzienlijke verhelderingen op.

Dit betreft allereerst het onderscheiden van enerzijds curriculumonderzoek, onderzoek t.b.v. ontwikkeling en implementatie van nieuw onderwijsmateriaal, en anderzijds begripsontwikkeling, onderzoek naar de wijze waarop leerlingen een begrip ontwikkelen en docenten dat bij hen pogen te doen ontwikkelen. Begripsontwikkeling werd in de vakgroep Chemie-Didactiek hoofdaandachtspunt, mede omdat grootschalig curriculumonderzoek externe geldgevers en participanten vereiste waarvoor de begeleidingscapaciteit van de vakgroep niet adequaat was qua omvang en ervaring.

Het constructivistisch (ervarings)leren werd daarbij uitgangspunt. De eis werd gesteld dat onderwijs samenhang dient te vertonen en opdrachten op elkaar voorbereiden en door elkaar moeten worden voorbereid (Ten Voorde, 1977).

Wat betreft de relatie tussen begripsontwikkeling en curriculumonderzoek werd gesteld dat grootschalige implementatie van onderwijsmateriaal na toetsing op leerbaarheid op kleinere schaal (bruikbaarheidstoetsing) een probleem is dat vakdidactiek te boven gaat (implementatieprobleem). Daarvoor zijn sociaal-politieke mechanismen in de besluitvorming en verandering van grote groepen docenten nodig. Wat de bruikbaarheid betreft kan de constructie van vakdidactiekonderwijs op grond van vakdidactisch onderzoek en onderzoek van vakdidactiekonderwijs een arbeidsintensieve oplossing bieden. De implementatieproblematiek vereist echter veel meer dan alleen vakdidactische expertise.

Hierbij wordt wel als een nadeel gevoeld dat niet op grootschalig verspreiden van onderwijsontwikkelingsresultaten werd gemikt, waardoor de "naamsbekendheid" van de vakgroep in het veld van onderwijsgeven-den onvoldoende werd vergroot.

T.a.v. de eigenlijke toespitsing van het begripsontwikkelingsonderzoek is de vakgroep in sterke mate beïnvloed door de samenwerking in het onderzoeksprogramma met de afdeling Didactiek der Scheikunde (Universiteit van Amsterdam).

Ten Voorde (1977) en De Vos (1985) hebben aandacht gevraagd voor de studie van verbale uitingen, te gebruiken om beter bij leerlingen aansluitend onderwijs te bereiken. Daarbij werd er door Ten Voorde voor gekozen langs empirische weg een eigen didactische theorie te ontwikkelen (met Van Hiele en De Miranda). Problemen daarbij betreffen niet alleen de terminologie maar ook de begrijpelijkheid voor collega-onderzoekers in andere theoretische, vak- en onderwijskaders.

Tevens werd aandacht gevraagd voor de vrijheid van gezichtspuntkeuze bij leren en voor contextwisseling bij ontwikkeling van begrippen. Met name een van ons (A.H.V) bepleit de bestudering van meer dan alleen gespreksstructuren. Ook voor gezichtspuntkeuze en verandering in han-

delingsstructuur kan het zijns inziens zinvol zijn langs empirische weg theorie te ontwikkelen.

Momenteel lijkt een model van zogeheten gekoppelde leerprocessen produktief te worden, d.w.z. de leerling leert chemie in een onderwijs-context; de docent onderwijst daarin chemie, maar in zijn bezinning op zijn onderwijs leert hij opnieuw chemie en anders dan tijdens zijn opleiding. Bij de beschrijving van onderwijsproblematiek kan dat voor de docent tevens chemiedidactiek leren worden. Deze drie processen worden als samenhangend beschouwd. Bij onderwijsontwikkeling kan ook het leerproces van de onderzoeker daaraan gekoppeld zijn. Samenvattend kunnen we stellen: de vakgroep probeert in haar didactisch onderzoek de relatie tussen chemie en chemie-onderwijs te bestuderen. Daar zij zich bewust is van het feit dat de structuur van begrippen en werkwijzen na afloop van de genese ervan een andere is dan tijdens de genese, wil zij de genese van chemie bestuderen in de onderzoeks- en onderwijssituatie zelf. Voor de bestaande begripsstructuur van chemie omvat dit dus reflectie op chemiebeoefening, voor de nieuwe structuur zou dit zelfs kunnen betekenen om een chemisch onderzoeksproces tot object van onderzoek te nemen om daarmee chemie-didactische theorie te kunnen creëren. Voorlopig gebruiken we daar echter zelf gecreerde onderwijssituaties voor. In die onderwijssituaties streven we de genese van chemische theorie in samenhang met empirie na. In de bestudering van die onderwijssituaties pogen we te komen tot beschrijving van genese van vakdidactische theorie. Deze theorie dient voorlopig ter beschrijving maar zal in de verre toekomst uiteraard hopelijk ook ter verklaring van het desbetreffende vakonderwijsleerproces kunnen functioneren. Door deze keuze is de verwijdering van de onderwijsmiddelenproduktie van iedere dag niet denkbeeldig en ook gevaarlijk.

Onderwijs

Chemie-didactiekonderwijs werd in de aanvang alleen gegeven in het kader van de leraarsopleiding. De inhoud is misschien het beste te beschrijven als verzamelnaam voor zaken betreffende het geven van chemie-onderwijs. Er was nog geen sprake van onderwijs waarin specifieke didactische begrippen werden ontwikkeld. Wanneer we echter menen dat chemiedidactiek een wetenschap is met eigen begrippen en werkwijzen, zal chemiedidactiek-onderwijs dan ook de ontwikkeling van die begrippen en werkwijzen moeten inhouden. De structuur van dat chemiedidactiek-onderwijs zullen we dan ook moeten ontleen aan een beschrijving van de genese van begrippen. Dit is nu nog een ver verwijderd doel. Momenteel zijn er vijf situaties waarin onderwijs in chemie-didactiek wordt gegeven.

1. Het keuzepakket chemie-onderwijs (3 maanden) waarin de predocitoriale chemielerarsopleiding als optie is opgenomen;
2. De afstudeerrichting chemie-didactiek (12 maanden);
3. De postdoctorale chemielerarsopleiding (12 maanden);
4. Onderwijs aan assistenten-in-opleiding;
5. Nascholing van leraren.

ad. 1. Dit keuzepakket snijdt enerzijds toe op de postdoctorale leraarsopleiding voor welke optie vrijwel alle deelnemende studenten kiezen. Anderzijds wordt in de aanvang het eigen leren van chemie geproblematiseerd. Hierbij wordt de studenten gelegenheid geboden zich bewust te worden van modeltermen uit het vak door tekstanalyse, door chemie-onderwijs te geven aan elkaar en ook door stukjes chemie-onderwijs voor niet-ingewijden te ontwerpen. Reflectie op chemie leren, microteaching en verslaggeving van eigen leerervaringen aan de hand van een persoonlijk dagboek zijn hoofdactiviteiten.

ad. 2. In de afstudeerrichting chemie-didactiek krijgt de student allereerst de opdracht een stukje bestaand onderwijs van de grootte-orde van 10 lessen/practicummiddagen te bestuderen. Vervolgens wordt hem of haar gevraagd nieuw onderwijs te ontwerpen, dat de goedkeuring van de verantwoordelijke docent draagt. Gepoogd wordt een vakdidactische vraagstelling te ontwikkelen in het kader van dat nieuwe onderwijs. Het eigen leerproces t.a.v. chemie, chemie-onderwijzen en chemie-onderwijsontwikkeling domineert hierbij echter nog sterk. Voor de predocorale chemiedidactiek-opleiding is een grote behoefte aan een didactische structuur om dit onderwijs op te baseren.

ad. 3. Voor de postdoctorale leraarsopleiding wordt verwezen naar de bijdrage van Holvast en Van Driel over dit onderwerp in deze bundel.

ad. 4. In de opleiding van assistenten-in-opleiding zijn twee kanten te onderscheiden: betreft het promotieterrein chemie-didactiek dan wel chemie.

In het eerste geval blijft ervaring met onderwijs momenteel beperkt tot literatuurbesprekingen, bijwonen van voordrachten/colloquia en deelnemen aan werkbesprekingen van collega's uit de vakgroep of het onderzoeksprogramma. Er is hier behoefte aan methodologische scholing o.a. wat dataverzameling en -verwerking, protocolanalyse etc. betreft. Tevens is er belangstelling voor wetenschapsdynamica en -filosofie, voor cognitieve psychologie en geschiedenis van natuurwetenschappen en voor verwante vakdidactieken. Nadere vormgeving van promotiebegeleiding voorzover het niet de structuur van het onderzoek zelf betreft, is zeker nog nodig.

Voor assistenten-in-opleiding met onderzoeksterrein chemie is nog geen opleiding van de grond gekomen. Incidenteel zijn trainingen verzorgd voor AIO's die als practicumassistent fungeerden. Anderzijds heeft de faculteit de vakgroep verzocht training in algemene vaardigheden t.b.v. presentatie van wetenschap in woord en geschrift te verzorgen. Gezien de hierbij gehanteerde scheiding tussen inhoud en vorm, en de grote verschillen tussen de opleidingen die in de andere vakgroepen worden verzorgd, is hier nog geen voor alle AIO's verplichte opleiding gerealiseerd. In veel vakgroepen vindt deze opleiding in algemene vaardigheden immers nu al inhoudsgebonden plaats.

ad. 5. De keuze voor een constructivistische opvatting van leren maakt groepswork ook bij nascholing van docenten de meest acceptabele onderwijsvorm. Dit vereist een hoge voorinvestering in cursusmateriaal en dus worden per cursus tenminste 20 deelnemers verwacht en wordt een landelijke frequentie van tenminste 5 als minimum beschouwd. Wanneer deze

aantallen niet verwacht mogen worden wordt alleen nascholing gegeven in de onderwerpen die deel (gaan) uitmaken van het onderzoeksprogramma van de vakgroep. Op die manier kunnen uitingen van cursisten bruikbaar worden in onderzoek aan begripsontwikkeling bij docenten en voor onderwijsontwikkeling waarvoor ook zij ideeën leveren c.q. waarin zij participeren. Een aanvankelijk met veel inspanning opgericht informatiecentrum voor docenten functioneert nog slechts incidenteel.

Samenvattend:

Didactiekonderwijs is nog vooral onderwijs in zaken het chemie-onderwijs betreffende. Er is vanuit de vakgroep een wens om chemiedidactiek-onderwijs te ontwikkelen en daarmee is er de behoefte aan een didactische structuur van chemie-didactiek.

Deze beide lijnen sporen (nog) niet en blijven gezien de wisselende aantallen deelnemers in min of meer grotere mate van vrijblijvendheid steken. Dit zal een nadere, met name strategische doordenking vragen.

Dienstverlening, bestuur en beheer

Dienstverlening in verschillende vormen is regelmatig als gesprekspunt aan de orde, maar wordt maar beperkt en dan nog voornamelijk in een intern onderwijscircuit gepraktiseerd. Ter illustratie noemen we hier de advisering t.b.v. het VWO-examen scheikunde en t.b.v. de meest gebruikte scheikundeleergang in het secundair onderwijs. Onderwijs t.b.v. niet-onderwijsinstituten zoals bedrijven en organisaties en onderwijsontwikkeling t.b.v. het buitenland blijven nu nog buiten beschouwing. De bestuurlijke wegen in het overheidsircuit ervaren we soms als helaas steeds langer en meer doodlopend, de beheersondersteuning is daarbij helaas meer op vermindering van kwantiteit zonder toename van kwaliteit gericht. Een steeds groter deel van de vaste staf dreigt, zeker waar een vakgroep als de onze op een tripelpunt tussen chemie, sociale wetenschappen en onderwijsveld wil opereren, opgeslokt te worden in vergader- en positieverwervingscircuits.

Het verwerven van fundamenteel inzicht in ontwikkeling van begrippen en werkwijzen m.b.t. een vakinhoud, dat zijn toepassing vindt in kwalitatief beter onderwijs door verbetering van de inhoud, structuur en de uitvoering daarvan, kan steeds verder weg komen. "Overleven nu" in termen van middelen krijgt in dat geval ten onrechte de overhand over werken voor de chemiebeoefening en voor gebruik ervan in de toekomst. Projektverwerving gaat moeizaam vanwege het kortetermijn- en vaak niet vakinhoudelijke gerichte karakter van de projecten van SVO. In dit verband moet ook genoemd worden de grote mate van inefficiëntie die de taakstelling op grond van de Wet op de Onderwijsverzorging heeft opgeleverd: leerplan- en voorbeeld-materiaalontwikkeling (SLO), toetsontwikkeling (CITO), leraarsopleiding (universiteiten en NLO's), didactisch onderzoek (enkele universiteiten) en leermateriaalontwikkeling vinden gescheiden plaats.

Anderzijds neemt de chemie zelf (beroepsverenigingen, laboratorium en industrie, stichting van wetenschappelijk onderzoek) nog geen geïnsti-

tutionaliseerde verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van haar onderwijs. Chemie-didactiek zal in haar maatschappelijke dienstverlening initiatieven moeten ontplooien om deze relatie te gaan leggen.

3. TE VOORZIENE EN GEWENSTE ONTWIKKELINGEN

Wat betreft de te voorziene ontwikkelingen willen wij aandacht vragen voor het chemisch onderzoek, de maatschappelijke implicaties daarvan, chemie-onderwijs en chemie-didactiek.

Chemisch onderzoek staat in belangrijke mate in de context van de maatschappelijke vraag naar materie en energie, die is te vinden in alle sectoren van economische bedrijvigheid: recreatie, communicatie, verkeer, gezondheidszorg, metaal- en bouwnijverheid, voedingsindustrie, openbare nutsbedrijven etc. Steeds zijn daarbij twee hoofdvragen aan de orde: in de eerste plaats de vraag naar het ontwerpen van materie en het realiseren van systemen met gebruikersvriendelijke eigenschappen voor burger en maatschappij binnen ecologische en economische randvoorwaarden (Kon. Ned. Chem. Ver. 1987). Daartoe wordt binnen het vak gevraagd naar nieuwe experimentele en theoretische methoden ter beheersing van die materie en processen: de vraag aan het chemisch onderzoek.

In de tweede plaats kan iets gezegd worden over vragen gesteld aan chemie-onderwijs. Hierbij komt dan in het vizier bewust "materie- en energievriendelijk" handelen van alle burgers en onder hen dat van de beroepsbeoefenaars waarvoor chemie dienstig kan zijn (Verdonk, 1985).

In onderwijs voor alle burgers zal een verband gelegd moeten worden tussen democratische (collectieve) besluitvorming m.b.t. produktie en verbruik van goederen enerzijds en de persoonlijke bijdrage daarin anderzijds. De consequenties van persoonlijk "chemisch" handelen voor de burgers zelf, voor de maatschappij en voor het milieu zullen door hem of haar herkend moeten kunnen worden. Het gaat hier o.i. om ontwikkeling van andere dan gebruikelijke chemische begrippen, b.v. kringloop i.p.v. reactie, grondstof i.p.v. stof etc. Functionarissen in beroepen waarvoor chemie-onderwijs dienstig is, zullen, naast de burgeropleiding, bovendien op hun beroep toegespitste vaardigheden moeten krijgen. Hierbij behoeven de benodigde chemische begrippen en werkwijzen niet gefundeerd te worden vanuit de chemie maar ze moeten adequaat kunnen worden toegepast op het beroep. Bijvoorbeeld: berekeningen m.b.t. stofhoeveelheden behoeven niet via het getal van Avogadro te lopen maar kunnen in rekenprocedures met een database met karakteristieke massagetallen zonder meer worden uitgevoerd. Energieberekeningen behoeven niet de relatie mechanica/thermodynamica te raken om toch te kunnen worden uitgevoerd. Een zeker accent op een burger- en beroepsgericht chemie-onderwijs valt hier dus te beluisteren.

Wat betreft de voorbereiding op wetenschappelijk chemie-onderwijs moet geconstateerd worden dat slechts een zeer klein gedeelte van de abiturienten van het vwo ook feitelijk dit onderwijs gaat volgen. Voor diegenen, waarvan overigens ook nog maar weer een klein gedeelte daarna

wetenschappelijk werkzaam zal zijn, is onderwijs dat genese van begrippen en werkwijzen bevordert, gelegitimeerd. Immers zowel de kwaliteit van het gebruik van bestaande begrippen en werkwijzen als het ontwikkelen van nieuwe kan bevorderd zijn wanneer er enerzijds oog is verkregen voor functie en reikwijdte van begrippen en werkwijzen, anderzijds voor de wijze van ontwikkeling ervan.

Toch zou het op grond van dit argument niet gerechtvaardigd zijn voor een dergelijk kleine groep studerenden te investeren in begripsontwikkelingsonderzoek en van daaruit gelegitimeerd onderwijs. Wel is het vanuit maatschappelijk oogpunt zeer verdedigbaar dat alle onderwijsontwikkeling van begrippen en werkwijzen zal moeten inhouden. Echter er komt voor chemie-onderwijs nog iets bij: in het algemeen vormend onderwijs en in het beroepsonderwijs op het niveau van LBO tot HBO is duidelijk aan de onderwijsprogramma's te zien, dat zij afgeleid zijn uit een chemisch programma en wel voor het AVO door vereenvoudiging en voor het beroepsonderwijs door selectie en vereenvoudiging. Voor de MAVO-leerling, op te leiden tot "burger", zijn echter enkele voorbeelden van elementbehoud (koolstof- en stikstofkringloop in de natuur enz.) voldoende, zonder dat een theoretisch principe element behoeft te worden ontwikkeld. Eveneens is voor een vliegtuigbouwkundig ingenieur de corpusculaire verklaring van legeringseigenschappen irrelevant, als hij deze eigenschappen maar kan beoordelen aan de hand van vereiste specificaties. Corpusculaire noties behoeven hier namelijk niet de verklaringsfunctie te hebben die ze in de chemie zelf wel bezitten. Kortom, begripsontwikkelingsonderzoek heeft niet alleen tot taak structuren van begrippen en werkwijzen (een zo te noemen didactische structuur) te genereren, maar ook na te gaan welke bestaande begrippen en werkwijzen in welke accenten zullen moeten worden onderwezen en misschien nog wel vooral welke nieuwe begrippen.

Dit betekent dat begripsontwikkelingsonderzoek enerzijds fundamenteel van karakter moet zijn in die zin dat het vakdidactische theorie genereert, anderzijds toegepast van karakter moet zijn omdat het vanuit anticipatie op toekomstige beroepsuitoefening en burgerschap ontwikkeling van (gedeeltelijk nieuwe) begrippen en werkwijzen zal moeten stimuleren. Daarmee willen wij aansluiten bij Lijnse, (zie deze bundel) wanneer hij een koppeling van begripsontwikkelingsonderzoek (a) met curriculumonderzoek (b) en veldonderzoek (c) bepleit. De combinatie a/b leidt ook voor nieuwe begrippen tot genese van adequate didactische structuren, de combinatie b/c creëert maatschappelijk adequaat onderwijs.

Een zaak die m.b.t. begripsontwikkelingsonderzoek in het centrum aan de orde zal moeten komen is de relatie tussen de begrippen en de werkwijzen in de verschillende β -vakken, b.v. het eventuele accent op een axiomatische werkwijze in de wiskunde en op empirische werkwijzen in de natuurwetenschappen. Vanuit de scheikunde geformuleerd: het gaat er niet alleen om dat de functie van de begrippen en werkwijzen in de chemie verschilt van die in de andere vakken, het gaat ook om de contextwisseling bij de overgang van het ene vak naar het andere met de daarbij samenhangende onderwijsproblematiek. Allereerst enkele voorbeel-

den vanuit de chemie m.b.t. de fysica. In de klassieke fysische calorimetrie is sprake van een warmtebehoudsgedachte, in de chemische thermodynamica niet van een warmte- maar van een energiebehoudsgedachte. Het fysische stofbegrip verschilt van het chemische stofbegrip dat in de context van chemische reactie staat. Een elektrisch potentiaalverschil binnen de context Wet van Ohm verschilt van dat binnen de context Gibbsenergie in de thermodynamica. Het kinetische gasmodel met botsingen verschilt van statistische thermodynamica m.b.t. reacties, etc. Zo kunnen ook m.b.t. de wiskunde duidelijk verschillen worden geformuleerd. Ontwikkeling van begrippen als functie en variabele heeft in de wiskunde een ander doel dan in de fysica en chemie. De experimenteel gekozen grootheid wordt in deze laatste niet alleen onafhankelijk genoemd maar is ook een grootheid en niet een getal. Partiële differentiatie of integratie houdt niet alleen verband met meten (de grootheid waarover geïntegreerd wordt) maar ook met regelen (de grootheid die constant gehouden wordt). Bij de variabelen is b.v. bij meting in de wiskunde ook gegeneraliseerd over de eenheid: een vierkant van twee bij twee kan zowel op mm^2 als km^2 betrekking hebben. Zelfs optellen van getallen is te onderscheiden van additiviteit van grootheden. Met de fysicalisering en mathematisering ondervindt het chemie-onderwijs vele begripsmoeilijkheden. Maar ook ten aanzien van biologie zijn dergelijke voorbeelden te geven b.v. evenwicht in fysisch-chemische zin omvat de thermodynamische evenwichtstoestand, in biochemische en biologische zin omvat het de toestand die thermodynamisch als stationair wordt beschreven. Vanuit didactisch oogpunt is dus niet alleen het belang van contextwisseling bij begripsontwikkeling vanuit de leefwereld beschreven, maar ook en misschien wel juist daar waar niet de leefwereld aan de orde is. Immers juist onverstaanbaarheid tussen twee specialisten is vaak nog hardnekkiger dan tussen specialisten en leken.

De 'exacte vakken' gezamenlijk tenslotte hebben een dusdanig grote invloed gekregen in het westelijk denken (wetenschap als "berekening", technologie als "manipulatie", economie als "exploitatie") dat juist vanuit de vakdidactiek als bezinning op de relatie tussen vak en vakonderwijs binnen de maatschappij, de mogelijkheid maar ook de beperkingen kunnen worden aangegeven. In die zin kan chemiedidactiek de schoonheid van chemie en haar toepassing maar ook de beperkingen laten zien. Ook t.a.v. haar eigen uitgangspunten kan zij vragen en methoden tot kritische zelfreflectie kiezen, zeker daar waar een spanningsveld tussen wetenschap, onderwijs en een meer maatschappelijk klimaat optreedt.

4. BIJDRAGE VAN β -DIDACTISCHE SAMENWERKING

Op de vraag hoe we chemie-didactiek zien vanuit β -didactisch perspectief kunnen we geen antwoord geven. Zelfs op de vraag of er sprake kan zijn van een te ontwikkelen β -didactiek wordt hier niet verder ingegaan; β -didactiek zien we niet als een soort tussenniveau tussen chemie-didactiek en een nog algemener didactiek.

De vakgroep Chemie-Didactiek wil wel van harte op weg gaan naar verdere samenwerking waarbij ze aandacht zou willen vragen voor

1. een werkmodel voor het centrum als geheel;
2. daarbinnen ruimte voor een fundamentele en een toegepaste onderzoeksgroep.

Iedere vakgroep heeft gezien vanuit het verleden zijn eigen profilering gehad b.v. begripsontwikkelingsonderzoek van secundair en tertiair onderwijs bij chemie-didactiek, grootschalige onderwijsontwikkeling in het basis- en voortgezet onderwijs (ow&oc), leraarsopleiding en curriculumonderzoek (natuurkunde-didactiek) en leraarsopleiding en onderzoek daarvoor (biologie-didactiek). Hierbij wil ik ook nadrukkelijk vermelden het aansluiten bij maatschappelijke trends zoals in het project Natuur en Milieu-educatie en goede veldcontacten (Nieuwe Wiskrant, Woudschotenconferentie).

Vanuit de chemie-didactiek gezien verwachten we veel van een verschuiving in de richting van toepassing van didactisch onderzoek in meer grootschalige onderwijsvernieuwing. Er kan een brug geslagen worden zowel naar de verzorgingsstructuur, naar mogelijke contractscholen, naar het instituut voor onderzoek van onderwijs, als naar het onderzoek naar scholing van onderwijsgeevenden.

M.b.t. chemie-onderwijsonderzoek zouden we gaarne samen met de andere vakgroepen op elkaar betrokken kernthema's vaststellen, tenminste van wiskundige en natuurwetenschappelijke aard. "Meten" zou bijvoorbeeld zo'n kernthema kunnen zijn. Daarmede zouden we bij onderwijsvernieuwing contextwisselingen en coördinatieproblemen in kaart kunnen brengen. Deze problemen worden nu nog geheel op de leerling en eventueel op de leraar afgewenteld. Een belangrijk tweede motief is de vraag in hoeverre accenten m.b.t. begrips- en werkwijzeformulering kunnen worden gelegd t.a.v. β -onderwijs met verschillende functies: burger, beroeps- en wetenschapsgerichtheid, en tevens hoe de overgang van de leefwereld naar vakinhoudelijke beschrijving kan plaatsvinden. Ook voor mogelijke combinaties van leergebieden b.v. science, natuur- en milieu-educatie, meten en regelen, corpusculaire modelvorming etc. lijkt dit van groot belang. We zullen dan ook niet moeten schromen om zelf onderwijs-situaties op grond van nieuwe voorlopig geformuleerde raamwerken te creëren en daaraan empirisch didactisch onderzoek te doen. De relatie met de betreffende vakken zal gestimuleerd kunnen worden door onderzoek gefinancierd vanuit de tweede geldstroom (NWO) en vanuit de derde geldstroom (maatschappelijke organisaties, industrie etc.).

De leraarsopleiding en nascholing kan dan tenslotte gegrond worden op onderzoeksresultaten van vakdidactiek, curriculum- en veldonderzoek, scholing van onderwijsgeevenden en op overige zaken het onderwijs betreffende.

Wat betreft de meer fundamentele onderzoeksgroep zouden we willen pleiten voor een taakstelling waarin wordt uitgegaan van een model van tussen leerling, docent en onderzoeker gekoppelde leerprocessen.

Tevens zouden wij hierbij willen bepleiten dat genese van begrippen en werkwijzen niet alleen in begin- maar ook in geavanceerd onderwijs en zelfs in (leren in) onderzoekssituaties wordt onderzocht. Daarbij zal er voor gekozen moeten worden om ook didactische en niet alleen mathematische of natuurwetenschappelijke thema's vast te stellen, b.v. de bestudering van de relatie tussen vak en vakonderwijs, ter genese van een didactische structuur van begrippen en werkwijzen in vak en vakdidactiek.

Drie belangrijke produkten willen wij hierbij onderscheiden.

- a) Het verkrijgen van vakdidactische theorie langs de weg van cycli van onderwijsvernieuwing.
- b) De didactische structuur van een vak t.b.v. vakonderwijs.
- c) De didactische structuur van vakdidactiek t.b.v. vakdidactiekonderwijs.

Dat dit fundamenteel onderzoek onderdeel moet zijn van het geschetste model heeft een inhoudelijke en een pragmatische reden.

Inhoudelijk staan we voor taken om inhoud te geven aan vakdidactiek-onderwijs t.b.v. AIO's (promotiebegeleiding), docenten in opleiding en docenten in nascholing terwijl we hun leerprocessen en de onze niet voldoende hebben onderzocht.

Pragmatisch gezien hebben we in tijd en aantal gezien met een steeds wisselend aantal onderwijsvragers te maken. Door veel onderwijs en onderwijsontwikkeling in het centrum samen te doen binnen een focusserend kader kan hier efficiëntie en flexibiliteit bereikt worden.

Het maatschappelijk functioneren van ons centrum vraagt niet alleen om die reden prioriteitstelling in activiteiten, b.v. curriculum ontwikkeling voor derde-wereldlanden of fundamenteel onderzoek naar de overgang klassieke/kwantummechanica. Het vraagt ook kritische bezinning op de eigen wetenschapsbeoefening en op de relatie daarvan met wiskunde en natuurwetenschappen. O.i. kan dit zelfs tot maatschappijkritiek vanuit dit wetenschapsgebied leiden.

Internationaal gezien zullen we tot verdergaande samenwerking moeten komen met instituten op hetzelfde terrein. Niet alleen wetenschappelijke artikelen maar ook dissertaties en ontwikkeld onderwijsmateriaal zullen een bredere verspreiding moeten krijgen dan alleen het Nederlandse taalgebied.

4. LITERATUUR

- Driel, J.H. van, Vos, W. de & Verdonk, A.H. (1988). Op zoek naar een didactische structuur voor de introductie van chemisch evenwicht. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 6, 1, 24-52.
- Goedhart, M.J. & Verdonk, A.H. (1989). Significante cijfers bij rekenen en meten. *NVON-maandblad* 14, 9, 397-399.
- Goedhart, M.J. (1990). *Metten: Normen en Waarden*. Utrecht: Dissertatie.
- Jager, H. de (1985). *Leren synthetiseren. Symbiose van ambacht en wetenschap*. Utrecht: Dissertatie.

- Jager, H. de & Verdonk, A.H. (1986). Synthetiseren: Imiteren of experimenteren? In: J.S. ten Brinke e.a. (red.). *"Vakdidactiek en informatietechnologie in curriculumontwikkeling"*. Lisse: Swets en Zeitlinger, 89-100.
- Joling, E., Voorde, H.H. ten & Verdonk, A.H. (1990). Verstudieboeking: de tot- standkoming van feiten beschouwd vanuit een didactische optiek. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* (nog te verschijnen).
- Jong, O de, 1990. *Rekenen aan reacties*. Utrecht: Dissertatie.
- Hammond, G.S. & Nyholm, R. (1971). The structure of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 48, 6-13.
- Keuzen en kansen in de chemie (1987). *Een uitwerking van het rapport toekomstig chemisch onderzoek*. Kon.Ned.Chem.Ver./Kon.Ned.Akad. Wetensch.
- Mulder, Th. & Verdonk, A.H. (1984). Why and how we made a problem oriented AV-teaching unit for students in chemistry. *Journal of Educational Television* 10, 1, 35-38.
- Sprang, H.F. van & Voorde, H.H. ten (1986). Stoffmenge, Anzahl und Erfahrungskontext, *Chimica Didactica*, 12, 149-165.
- Sprang, H.F. van, Roon, P.H. van & Verdonk, A.H. (1988). Enthalpie in vwo-chemie? *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6, 3, 220-230.
- Verdonk, A.H. (1982). *Projecten vakgroep Chemiedidactiek*. Voorstel voor onderzoek en beoordeling ervan gedaan aan de faculteit Scheikunde.
- Verdonk, A.H. & Jong, W.M. de (1985). *Werkdocumenten basisvorming in het onderwijs*. WB 14: scheikunde. Wetenschappelijke raad voor het overheidsbeleid, 's-Gravenhage.
- Vogelezang, M.J. (1990). *Een onverdeelbare eenheid*. Utrecht: Dissertatie (nog te verschijnen).
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en verstaan*. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
- Vos, W. de (1985). *Corpusculum delicti*. Utrecht: Dissertatie.
- Vos, W. de (1986). Het belang van vakdidactisch onderzoek voor een samenhangend overheidsbeleid. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4, 3, 186-196.
- Vos, W. de & Verdonk, A.H. (1984a). 's Rijkswegen naar een leerplan I, *NVON-maandblad*, 9, 2, 35-37.
- Vos, W. de & Verdonk, A.H. (1984b). 's Rijkswegen naar een leerplan II, *NVON-maandblad*, 9, 6/7, 5-8.
- Vos, W. de & Verdonk, A.H. (1985a). *A New Road To Reactions. Part 1*, 62, 3, 238-240.
- (1985b). *A New Road To Reactions Part 2*, 62, 8, 648-650
- (1986). *A New Road To Reactions Part 3*, 63, 11, 972-974
- (1987a). *A New Road To Reactions Part 4*, 64, 8, 692-694
- (1987b). *A New Road To Reactions Part 5*, 64, 12, 1010-1013

NATUURKUNDE-DIDACTIEK VANUIT β -DIDACTISCH PERSPECTIEF

P.L. Lijnse

Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

1. INLEIDING

De centrale vraag die de redactie van deze bundel een aantal auteurs gesteld heeft, namelijk in hoeverre samenwerking in een β -didactisch centrum ook een duidelijke meerwaarde kan hebben voor de inhoudelijke ontwikkeling van de afzonderlijke exacte vakdidactieken, of zelfs kan leiden tot een gemeenschappelijke β -didactiek, zal in dit artikel benaderd worden vanuit het blikveld van de natuurkunde-didactiek. In deze vraagstelling zitten vele voetangels en klemmen verborgen die in de komende jaren van naar elkaar toegroeien en samenwerken, verwijderd zullen moeten worden. Dat vraagt verheldering van standpunten en discussie daarover, waartoe deze bundel, naar het mij lijkt, een goede aanzet kan leveren.

In mijn bijdrage wil ik me daarom eerst buigen over de vraag wat we onder een natuurkunde-didactiek, en in het bijzonder onder een wetenschappelijke beoefening daarvan, kunnen verstaan. In hoeverre kan reeds van een ontwikkelde wetenschappelijke didactiek gesproken worden; in welke richting zou deze ontwikkeling zich verder moeten voltrekken en, tenslotte, in hoeverre kan de samenwerking met andere exacte vakdidactieken deze ontwikkeling stimuleren. Daarbij ontkomen we, voor de sceptici onder ons, niet aan de vraag of vakdidactiek überhaupt wel een wetenschapsgebied is waarin vooruitgang mogelijk is. Deze nadruk op wetenschappelijkheid wordt niet gelegd omdat dit zonder meer het meest belangrijke is om naar te streven, maar wel omdat hierin de specifieke vraag voor een universitair centrum gelegen is.

2. EEN PRAGMATISCHE OPVATTING

De vraag wat we onder vakdidactiek als wetenschappelijke (inter-)discipline moeten verstaan is belangrijk omdat hiermee tevens een afbakening wordt gegeven van de werkzaamheden die in een vakgroep natuurkunde-didactiek, en natuurlijk ook in het centrum, kunnen worden, of zouden moeten worden, verricht. In eerdere publikaties (Hooymeyers en Lijnse, 1981; Lijnse en Hooymeyers, 1987) hebben wij gepoogd deze vraag te beantwoorden. Dat bleek geen gemakkelijke opgave en we zijn er dan ook niet in geslaagd een eenduidig antwoord te vinden. Belangrijk daarbij is of we vanuit een pragmatische dan wel vanuit een principiële benadering naar een antwoord zoeken. Als wetenschappelijke plaatsbepaling van de

vakdidactiek vonden we meningen die variëren van subdiscipline van de onderwijskunde tot subdiscipline van de vakwetenschap, met alle mogelijke varianten daar tussenin. Ook binnen CD-B zijn een scala aan meningen dienaangaande vertegenwoordigd. Het is, denk ik, geen toeval dat, terwijl de andere groepen dat wel doen, één van de vakgroepen binnen dit centrum niet het woord didactiek in haar naam draagt, maar onderzoek van het vak-, in casu, het wiskunde-onderwijs. Deze laatste omschrijving komt het dichtst bij onze pragmatische opvatting over vakdidactiek en vakdidactisch onderzoek, die in het werk van de vakgroep natuurkunde-didactiek sinds jaren overheerst. Dat betekent dat we enerzijds een "breed spectrum" opvatting over vakdidactisch onderzoek hanteren, waarin plaats is voor een scala aan onderzoeksactiviteiten. Eerder hebben we dit getypeerd (Lijnse & Hooymayers, 1987) als bestaande uit: toegepast-*onderwijskundig* onderzoek, *vakonderwijs* specifiek onderzoek, *vakinhouds* specifiek onderzoek en onderwijsspecifieke *vakreflectie*. Anderzijds beperken we dit onderzoek wel tot gerichtheid op geïnstitutionaliseerd vakonderwijs, alhoewel ook dit niet principiëel is.

Naast onderzoek zijn er natuurlijk nog andere geïnstitutionaliseerde activiteiten die onder vakdidactische vlag varen, zoals: ontwikkeling van (vak)onderwijs, curricula, leerplannen en toetsen, vakdidactische initiële, na- en bij-scholing van leraren, alsmede verdere "serviceverlening" aan het onderwijsveld. En natuurlijk is er het praktisch vakdidactisch handelen van de leraren zelf. Al deze activiteiten zijn echter te onderscheiden van een wetenschappelijke didactiekbeoefening. Pas als ze op enigerlei wijze verbonden zijn met systematische reflectie en/of empirisch onderzoek, waarover ook in open literatuur gepubliceerd wordt, kan van disciplinaire vakdidactiekbeoefening gesproken worden. Zonder reflectie en empirisch onderzoek en publieke discussie daarover, kan zich immers in wetenschapsfilosofische zin geen vermeerdering van "publieke kennis" voordoen, en daarmee geen ontwikkeling van vakdidactiek als wetenschapsgebied. De genoemde praktijk-activiteiten hebben voor deze ontwikkeling overigens wel degelijk een belangrijke functie, namelijk enerzijds als bron van inspiratie en problemen ter bestudering, anderzijds als gebied van toepassing en innovatie. Ik denk zelfs dat, wil in een vakgroep een gunstig klimaat heersen voor disciplinaire didactiekontwikkeling, al deze activiteiten daarin, op elkaar betrokken, aanwezig moeten zijn. Onderzoek dient daarin echter steeds een centrale rol te spelen.

Dat dit geen triviale opmerking is blijkt, mijns inziens, uit de stand van de natuurkunde-didactiek in ons land. Deze stand is niet rooskleurig. De didactische discussie is nog vooral een discussie over meningen op grond van onsystematisch bereflecteerde praktijkervaringen. Natuurkunde-didactici, als "theoretici", onderscheiden zich daarin slechts in geringe mate van natuurkunde leraren als "practici", hetgeen betekent dat de "vak-didascalie en didaxis" nog nauwelijks zijn uitgegroeid tot een "vak-didaxologie", om in termen van Roest (1980) te spreken. In feite is er geen sprake van een geaccepteerd en vastgelegd "publiek" kennisbestand op natuurkunde-didactisch gebied, bijvoorbeeld vorm gegeven in een natuurkunde-didactisch handboek voor de onderwijspraktijk. Ook in de

leraarsopleidingen is weinig duidelijkheid over en eenduidigheid in de vakdidactische component, o.a. blijkend uit geringe aandacht voor vakdidactische theorie en overheersing van aandacht voor algemeen didactische principes. In feite gaat het hierin, theoretisch gezien, meestal meer om een soort toegepaste onderwijskunde dan om onderwijs in vakdidactiek. Ook de nieuwe "geprofessionaliseerde" eerste graads leraarsopleidingen hebben dit probleem nog niet opgelost, alhoewel er wel aan gewerkt wordt, waarbij de input vanuit onderzoek ongetwijfeld stimulerend werkt. Ondanks hun langere bestaan geldt ditzelfde probleem, voorzover mij bekend, net zo voor de tweede graads opleidingen. De toch teleurstellend geringe publieke natuurkunde-didactische output van deze laatste instituten roept bij mij de gedachte op dat voor een vooruitgang in vakdidactiekontwikkeling in ieder geval een drijfveer vanuit vakdidactisch onderzoek aanwezig moet zijn.

Moge bovenstaande wellicht een wat negatieve indruk wekken, dan is dat toch niet als zodanig bedoeld. Deze beschrijving pretendeert niet een pessimistische maar een realistische te zijn, die historisch begrijpelijk is gezien de beperkte aandacht die natuurkunde-didactisch onderzoek tot nu toe heeft gehad. Voorzover ik dat kan beoordelen lijkt me de situatie voor de ontwikkeling van bijvoorbeeld de wiskunde didactiek gunstiger te zijn, terwijl ook in de chemie-didactiek vanuit onderzoek perspectiefrijke ideeën zijn ontwikkeld. Op grond hiervan dringt zich dan ook de gedachte op dat, inhoudelijk gezien, afstemming en samenwerking gunstige perspectieven kan bieden.

3. HISTORISCH PERSPECTIEF

Om de inbreng van de natuurkunde-didactiek in CD-B beter te kunnen plaatsen, lijkt het nuttig een korte historische beschrijving te geven van de ontwikkelingen in deze vakgroep. Daarmee wordt, mijns inziens, dan tegelijkertijd een ontwikkeling beschreven in het (nederlandse) natuurkunde-didactisch denken zelf.

De natuurkunde-didactiek heeft in de zestiger jaren nog voornamelijk een "traditioneel" karakter, waarmee ik bedoel dat het merendeel van de bijdragen gaat over al of niet gewenste behandelingsvolgorden voor het onderwijzen van bepaalde begrippen en relaties, de mogelijkheid en wenselijkheid om nieuwe onderwerpen te onderwijzen en de beschrijving van nieuwe experimenten en andere hulpmiddelen. Dit alles echter voornamelijk binnen het kader van het vigerende onderwijs. Met name de vernieuwingen die nagestreefd zijn in Engelse en Amerikaanse curriculumontwikkelingsprojecten moeten hier als bron van inspiratie genoemd worden. Belangrijke elementen uit deze "curriculum wave" zijn:

- "de structuur van de discipline" als uitgangspunt voor leerstofselectie, d.w.z. de fundamentele basisconcepten en relaties worden uitgangspunt voor een inhoudelijke vernieuwing, waarbij bijzondere aandacht wordt gegeven aan moderne natuurkunde;

- deze theoretische vaklogische structuur staat via een proces van elementarisering ook model voor de didactische structuur;
- aandacht voor historische, filosofische en culturele aspecten wordt gezien als een middel om het vak aantrekkelijker te maken voor een groter aantal leerlingen;
- leerlingen worden geacht een "scientist for the day" te kunnen zijn, wat resulteert in aandacht voor leerlingexperimenten (opkomst van het practicum) en pogingen tot onderzoekend leren;
- er wordt ook ruime aandacht besteed aan de ontwikkeling van demonstratie-experimenten en media-hulpmiddelen ter ondersteuning van het instructieproces;
- vanuit de onderwijspsychologie wordt aandacht gevraagd voor doelstellingspecificatie en -classificatie, zowel ten aanzien van de te leren vakinhoud, als ten aanzien van vaardigheden gerelateerd aan "de wetenschappelijke methode";
- daarnaast wordt ook het idee van "discovery learning", al of niet "guided", gezien als een psychologische onderbouwing van het leerproces.

Als centraal kenmerk van deze periode zou genoemd kunnen worden dat het didactische denken toch vooral vanuit het vak plaatsvindt, het gaat om inhoudelijke doordenking en vernieuwing in termen van fundamentele begrippen, onderwerpen en experimenten, en vaklogisch gestructureerd.

Dit alles verandert in de zeventiger jaren. Als gevolg van de buitenlandse curriculumgolf (en het IOWO) wordt het PLON opgericht. Dit gebeurt in een tijd waarin het pedagogische klimaat verandert van aandacht voor puur vakinhoudelijke vernieuwing, naar aandacht voor een veel bredere onderwijsvernieuwing. "Spreiding van kennis, macht en welvaart", gaat gepaard met de vraag om "mondige" en persoonlijk breed "ontplooiende" leerlingen. Mede doordat het PLON van begin af aan de opdracht krijgt een volledig curriculum te ontwikkelen, te beginnen bij onderbouw MAVO, wordt van meet af aansluiting gezocht bij deze brede pedagogische vernieuwing. Aansluiten bij de leefwereld van leerlingen, keuzevrijheid voor leraren en leerlingen, leren van en met elkaar, zelfontdekkend en sociaal leren, zijn een aantal belangrijke en brede pedagogische uitgangspunten die deze doelverbreding weerspiegelen. Pogend aan te sluiten bij de ideeën van Piaget wordt in "volgend onderwijs", met veel ruimte voor eigen inbreng van leerlingen en zelfontdekkende leeractiviteiten, gewaakt voor cognitieve forcering. Omdat het PLON een totaal curriculum ontwikkelt, ligt er een zeer sterke nadruk op het produceren en uittesten van lesmateriaal. Onderzoek moet deze ontwikkelactiviteiten direct ondersteunen, in de zin van evaluatie van de haalbaarheid van ontwikkelideeën en van de onderliggende onderwijsvisie(s). We moeten het PLON dan ook vooral zien als een vernieuwingsbeweging, gericht op het bereikbaar maken van een ander soort natuurkunde-onderwijs (Eijkelhof e.a., 1986). Vakdidactisch onderzoek naar leer- en onderwijsprocessen speelde hierin een uiterst bescheiden rol. Daarmee onderscheidde het PLON werk zich, naar het mij lijkt, sterk van het werk van het toenmalige IOWO.

In de zeventiger jaren komt er, startend vanuit de gedachte van een kritische universiteit, geleidelijk ook meer aandacht voor de maatschappelijke rol van natuurkunde en techniek, ofwel voor de vraag naar de maatschappelijke relevantie van wetenschap en techniek. Deze vraag vertaalt zich ook naar het secundair natuurkunde onderwijs. In het PLON-project wordt dit vooral in de bovenbouw tot een van de belangrijkste invalshoeken voor vernieuwing. Daarbij is het wel zo dat wat nu internationaal Science-Technology-Society onderwijs heet, een andere invulling krijgt dan in de begintijd. Toen lag de nadruk vooral op de kritische reflectie ten aanzien van de relatie natuurkunde-maatschappij, als iets wat toegevoegd moest worden aan het onderwijs. Later is deze nadruk meer verschoven naar onderwijs dat uitgaat van voor leerlingen betekenisvolle persoonlijke en maatschappelijke contexten, waardoor het op school geleerde ook buitenschools moet kunnen functioneren. Ook wordt wel gesproken van 'realistisch natuurkunde-onderwijs'. Hier komen dus voor het eerst de woorden 'context' en 'realistisch onderwijs' aan de orde, die inmiddels binnen de β -didactiek tot belangrijke begrippen zijn uitgegroeid. Uit de beschrijving volgt echter dat deze begrippen in de natuurkunde-didactiek vooral vanuit een veranderde visie op onderwijs zijn ingevoerd, en niet zozeer vanuit een visie op leerprocessen. Ook hier ligt, denk ik, dus zowel een overeenkomst als een verschil met de gang van zaken in de wiskunde-didactiek, terwijl het denken over onderwijs in termen van doelverbreding ook duidelijk raakvlakken heeft met de biologie-didactiek.

De onderwijsontwikkeling in het PLON-project heeft gedurende vele jaren het natuurkunde-didactisch werk in de vakgroep bepaald. Er is dan ook een belangrijke expertise opgebouwd ten aanzien van lesmateriaal en leerplanontwikkeling, maar vanwege de taakverdeling in de verzorgingsstructuur, was het duidelijk dat onderwijsontwikkeling niet het zwaartepunt van de vakdidactische activiteiten kon blijven. Gelukkig blijkt het wel mogelijk deze ontwikkelingsexpertise vruchtbaar te gebruiken in het NME-VO project en het VNL project, die na afsluiting van het PLON zijn gestart.

Een tweede hoofdactiviteit in de jaren zeventig, die hier toch kort vermeld dient te worden, is de bijdrage van de vakgroep, tesamen met het PDI, aan de ontwikkeling van een professionelere leraarsopleiding. Deze opleiding moest in feite van bijna niets worden opgebouwd. Hierin wordt al snel aangesloten bij het pionierswerk van de biologie-didactiek. Passend in de geest van die tijd ligt het accent sterk op de ontwikkeling van sociale en algemeen didactische vaardigheden, zodanig dat de student gedurende de opleiding zicht kan krijgen op zijn eigen mogelijkheden ten aanzien van het beroep en in het bijzonder ten aanzien van de omgang met leerlingen. Deze activiteit resulteert, naast uiteraard in de huidige leraarsopleiding, in een onderzoeksprogramma naar scholing van onderwijsgeven. Het accent ligt hierin nog steeds op de algemene aspecten van het leraarsvak, alhoewel er zeker mogelijkheden zijn tot verbreding in vakdidactische richting.

Daarmee zou dan aangesloten worden bij de voor de vakgroep belang-

rijkste ontwikkeling in de jaren tachtig, d.w.z. de steeds grotere nadruk op natuurkunde-didactisch onderzoek.

Deze ontwikkeling naar vakdidactisch onderzoek heeft verschillende oorzaken.

- In een ontwikkelproject als het PLON wordt zoveel materiaal ontwikkeld dat de vraag naar het effect van het materiaal steeds nadrukkelijker naar voren komt.
- Tijdens het PLON vindt er ook een zekere didactische scholing plaats van ontwikkelaars en andere betrokkenen, waardoor nieuwe vragen kunnen worden gesteld en onderzoek ook van de grond kan komen.
- Deze overgang van curriculumontwikkeling naar meer onderzoek voltrekt zich ook internationaal. Omdat de grote ontwikkelprojecten in het buitenland echter eerder aflopen, vindt ook deze overgang daar eerder plaats. Met name de teleurstellende resultaten van veel projecten roept de vraag op naar "verklarend" onderzoek. Naast evaluatie-onderzoek op curriculumniveau, resulteert dit vooral in onderzoek naar leerprocessen. De laatste jaren krijgt met name de "alternative framework movement" veel aandacht door de inhoudelijk aansprekende onderzoeksresultaten. Hieruit ontstaan ook voor ons werk veel contacten en vragen ten aanzien van het PLON-curriculum, die nader onderzocht moeten worden.
- De ontwikkeling in de onderwijskunde en de onderwijspsychologie naar het bestuderen van cognitieve leerprocessen vraagt niet alleen om toepassing, maar stimuleert ook het idee dat vakdidactisch onderzoek een eigen bijdrage heeft te leveren.
- Zijn de voorgaande oorzaken nog sterk inhoudelijk van aard, de belangrijkste oorzaak van de sterke aandachtsverschuiving naar vakdidactisch onderzoek is misschien nog wel van organisatorisch-structurele aard. Naast de eerdere oprichting van de onderwijsverzorgingsstructuur, wordt aan de universiteiten een systeem van voorwaardelijke onderzoeksfinanciering (passend in het "plaatsen-geld-model") en een AIO-stelsel ingevoerd. Onderzoek, als speciaal taakgebied van de universiteit, kan niet langer in een sfeer van hobbyisme van enkelingen plaatsvinden, maar moet in grotere eenheden, programma's, georganiseerd worden, gekoppeld aan een systeem van externe kwaliteitsbewaking.

Gegeven de marginale rol die vakdidactisch onderzoek gewoonlijk binnen de faculteiten wordt toebedeeld, past deze structuur niet zonder meer op de praktijk van het natuurkunde-didactisch onderzoek. Vandaar dat gezocht wordt naar een zinvol samenwerkingsverband om te komen tot een voorwaardelijk gefinancierd onderzoeksprogramma. Deze samenwerking is gevonden in het onderzoeksprogramma: "Begripsontwikkeling en Curriculumonderzoek in de Wiskunde en Natuurwetenschappen". Hierin werken de vakgroepen Natuurkunde-Didactiek, Chemie-Didactiek en Biologie-Didactiek, alsmede het IVLOS/PDI samen (tesamen met enkele onderzoekers van de VUA en de UvA). Het programma is inmiddels reeds tweemaal door externe deskundigen positief beoordeeld, zodat nu van een gevestigde situatie gesproken kan worden. In de programmatitel zien we zowel de historie van de natuurkunde-didactiek als van de chemie-didactiek weer-

spiegeld. Vanuit de geschetste PLON-ontwikkeling is de aandacht voor curriculumonderzoek te begrijpen, de chemie-didactiek houdt zich echter reeds langer bezig met het gedetailleerd bestuderen van begripsontwikkeling in leer-en onderwijsprocessen. Op grond van de eerder beschreven overwegingen, doet zich dus inderdaad de mogelijkheid voor van een produktieve samenwerking, waarin beide achtergronden tot hun recht kunnen komen.

Daarmee is dit korte historische overzicht tot een eind gekomen. Samengevat kunnen we stellen dat er zich t.a.v. de wetenschappelijke beoefening van de natuurkunde-didactiek een driedelig emancipatieproces heeft voltrokken.

Ten aanzien van de *praktijk*: natuurkunde-didactiek beoefening is meer dan op de directe onderwijspraktijk gerichte, ondersteunende werkzaamheden als experimenten ontwerpen, apparatuur ontwikkelen, leerboeken schrijven, examenprogramma's vaststellen;

Ten aanzien van de *leraaropleiding*: natuurkunde-didactiek beoefening is niet langer identiek met "datgene wat opleiders van natuurkunde leraren doen", in feite staat het hier los van;

Ten aanzien van *curriculumontwikkeling*: natuurkunde-didactiek is meer dan het ontwikkelen van curricula, ook daaraan is het ontgroeid.

Hiermee wil niet gezegd zijn dat deze drie werkgebieden niet uiterst belangrijk zijn voor de didactiekbeoefening, maar dan, zoals eerder gezegd, als toepassings- en inspiratiegebieden, en niet zoals in het verleden omdat er niets anders zou zijn.

Wellicht zou men deze ontwikkeling als vooruitgang kunnen kenschetsen, de ontwikkeling van natuurkunde-didactisch werk tot natuurkunde-didactiek als wetenschappelijk werkgebied. Immers, daarmee zou gegarandeerd moeten zijn dat er nu wel kennisvermeerdering plaats vindt, zodat didactische discussies het meningsniveau kunnen gaan overstijgen en mede gebaseerd raken op empirische bevindingen. Maar dan moet dit werkgebied nog wel eerst inhoudelijk worden ingevuld tot een produktief onderzoeksprogramma, dat vanuit praktijkrelevantie gericht is op theorieontwikkeling.

4. ELEMENTEN VOOR EEN ONDERZOEKSPROGRAMMA

In een onderzoeksprogramma dat uitgaat van een breed spectrum opvatting ten aanzien van vakdidactiek, passen meerdere typen onderzoek. Deze typen staan uiteraard niet los van elkaar, maar bouwen in een goede planning op elkaar voort. Mijn hieronder volgende typering is niet gebaseerd op gebruikelijke criteria als: toepassings- versus theoriegericht, methodologisch kwalitatief versus kwantitatief, korte versus lange termijn, constaterend versus construerend, etc. Mijn belangrijkste criterium is "toenemende natuurkunde-didactische specificiteit". Op grond daarvan onderscheid ik drie onderzoeksgebieden die, ieder op zich een, in potentie, samenhangende problematiek beschrijven, maar verschillen ten aanzien

van de mate van detaillering waarmee naar didactische problemen wordt gekeken.

a. Onderzoek van het natuurkunde-onderwijsveld

Hieronder versta ik onderzoek dat tot doel heeft "het veld in kaart te brengen, alsmede de ontwikkelingen daarin". Eigenlijk weten we niet zoveel af van de "werkelijkheid van het natuurkunde-onderwijs". Deze werkelijkheid bestaat uit leraren, leermiddelen/examens en leerlingen in hun onderlinge relaties. Maar, hoe zien die relaties eruit en wat voor ontwikkelingen vinden daarin waardoor plaats? Natuurlijk zijn er allerlei informele bronnen, zoals conferenties, vaktijdschriften, e.d., waaruit informatie over dit veld wordt opgebouwd, maar onderzoeksmatig is er weinig van bekend.

Wat voor leermethoden worden eigenlijk waarom door welke leraren gebruikt? Wat zijn zoal de onderwijsopvattingen van leraren, op welke manier geven zij les, wat voor behoefte aan (na)scholing en ondersteuning leeft bij hen, etc. Hoe wordt hun onderwijs door leerlingen ervaren, welke verwachtingen en wensen leven er bij leerlingen t.a.v. een vak als natuurkunde en het natuurkunde-onderwijs en hoe ontwikkelen die zich tijdens het onderwijs? Wat zijn de kenmerken van gangbare onderwijsmethoden en waarom worden ze wel of niet gebruikt? Hoe worden die eigenlijk door leerlingen gewaardeerd en in hoeverre leiden ze tot verschillen in onderwijsresultaten?

Hier ligt een groot scala aan vragen, zeker als we die betrekken op alle schooltypen, waarop het goed zou zijn een antwoord te weten. Als een startpunt voor verdere didactische activiteiten en om ontwikkelingen in het onderwijs te kunnen volgen.

Dit type onderzoek vindt tot nu toe slechts incidenteel plaats (Vakgroep Natuurkunde-didactiek, 1978; Pelgrum en Bruggencate, 1986), het wordt te weinig gedaan zodat er ook geen samenhangend beeld voorhanden is van het veld. Elementen zijn weliswaar te vinden in onderzoeken als van Jörg (1990), Brekelmans (1989) en Wierstra (1990), maar niet meer dan dat. Een ander interessant element is aanwezig in het onderzoek van De Jong (1986) naar de verspreiding van WISKOBAS ideeën in reken-onderwijsmethoden. Het zou goed zijn als de belangrijkste hiaten in het "veld-beeld" konden worden opgevuld. Indien deze gedachte breder zou worden ondersteund, kan samenwerking binnen het β -centrum hiervoor zeker productief zijn.

b. Onderzoek van het natuurkunde-curriculum

Ondanks dat de wensen van "het veld" niet in kaart zijn gebracht, vinden er toch voortdurend vernieuwingen plaats in het natuurkunde-onderwijs. Deze vernieuwingen zijn dan niet zozeer het resultaat van vakdidactische vooruitgang, als wel het gevolg van algemeen maatschappelijke, onderwijskundige of vakwetenschappelijke ontwikkelingen. De vakdidactiek heeft dan als taak deze ontwikkelingen naar het vakonderwijs te vertalen. Een belangrijk voorbeeld is natuurlijk de door het PLON geïnduceerde vernieuwing (Eijkelhof e.a., 1986; Eijkelhof, 1990; Van Genderen, 1989), maar

ook de invoering van het leerlingpracticum en het praktisch schoolonderzoek, de invoering van een onderwerp als Fysische Informatica, de invoering van computer ondersteund onderwijs, vallen hieronder. En niet te vergeten de gevolgen van onderwijsstructurele maatregelen als de mammoetwet of de basisvorming (Hooymayers, e.a., 1989). Kortom, een curriculum up-to-date houden vraagt om voortdurende aandacht en aanpassing. Deze vernieuwingen gaan gepaard met de ontwikkeling van al of niet grote hoeveelheden (voorbeeld-)curriculummateriaal, inclusief geschikte toets- en examenvormen, die uitgetest, gereviseerd en geëvalueerd moeten worden. Daarvoor is een nauwe koppeling van ontwikkelingswerk en onderzoek gewenst. Ook vergelijkend onderzoek hoort hierbij, al past hier de waarschuwing dat zulk onderzoek niet te snel mag plaatsvinden (Wierstra, 1990), want vernieuwingen zijn niet altijd direct ook verbeteringen. (En soms worden ze dat ook niet).

Inhoudelijke vernieuwingen worden te vaak vooral geïmplementeerd door veranderingen door te voeren in eindexamenprogramma's, al of niet na langdurige discussies. Het zou daarom goed zijn als ook ten aanzien van de relatie tussen onderzoek en curriculumontwikkeling een systematischer aanpak van onderwijsvernieuwing zou kunnen gaan plaatsvinden. Samenwerking en afspraken tussen overheid, veldorganisaties, verzorgingsstructuur en vakdidactische onderzoekers zijn hiervoor noodzakelijk. Het β -centrum zou hierin, vanwege de aanwezige brede expertise op dit gebied, blijkend uit beide vakdidactische VF-onderzoeksprogramma's, een centrale rol kunnen spelen. In het bijzonder wanneer het gaat om het exploreren van nieuwe interdisciplinaire curriculummogelijkheden, zoals op het gebied van natuur en milieu onderwijs.

c. Onderzoek van de natuurkundige onderwijssituatie.

Hieronder versta ik onderzoek dat zich richt op bestudering van het inhoudsspecifieke leer- en onderwijsproces, de laatste tijd vooral ook bekend onder de naam begripsontwikkelingsonderzoek. Zulk onderzoek vindt veelal plaats in de micro-onderwijssituatie, waardoor onderwijzen en leren voortdurend in relatie tot elkaar worden gezien, alhoewel ook onderzoek buiten de onderwijssituatie hieraan een bijdrage kan leveren. Het vakdidactische karakter komt tot uiting in het feit dat de inhoudelijke problematiek wordt bestudeerd, ten aanzien van het leren en onderwijzen van specifieke begrippen, structuren, onderwerpen en werkwijzen. In de vakgroep Natuurkunde-Didactiek wordt momenteel, bijvoorbeeld, onderzoek verricht naar het energiebegrip (Van der Valk e.a., 1990), het krachtbegrip (Van Genderen, 1989), het onderwerp radioactiviteit (Eijkelhof, 1990) en naar de introductie van deeltjesmodellen (Klaassen e.a., 1990). Resultaat van zulk onderzoek is in eerste instantie een didactische theorie ten aanzien van het onderzochte begrip, die tevens geconcretiseerd is in onderwijsmateriaal. Generalisatie kan leiden tot een didactische theorie (van deelgebieden) van het natuurkunde-onderwijs of, na analyse van de overeenkomsten in vakdidactische problematiek, zelfs tot een vakoverschrijdende didactische theorie. Uitgangspunt voor deze theorievorming is niet zozeer dat algemene leer- en onderwijstheorieën

niet toepasbaar zouden zijn, alswel dat ze niet specifiek genoeg zijn om op vakspecifieke leerproblemen een antwoord te geven. Juist de inhoudelijke problematiek lijkt immers veelal bepalend voor het succes van een leerproces. Desalniettemin dient dit onderzoek niet geïsoleerd van onderwijskundig onderzoek plaats te vinden, maar in afstemming daarop.

Een van de perspectiefvolle mogelijkheden van het Centrum voor β -didactiek is nu juist om te komen tot zo'n β -didactische theorie. Dit perspectief komt voort uit het feit dat soortgelijk onderzoek plaatsvindt in alle vier de vakgroepen van het Centrum. Ik noem hier, als voorbeelden, naast de hierboven genoemde, het onderzoek van het breukenonderwijs (Streefland, 1988), het onderzoek naar de introductie van deeltjesmodellen in het chemie-onderwijs (De Vos, 1985), en het elders in deze bundel genoemde onderzoek naar het voor het biologie-onderwijs centrale homeostase-begrip. De uit de vier vakken genoemde voorbeelden geven wellicht juist de indruk van grote verschillen; waarin zit nu de overeenkomst? Naar mijn idee in het volgende:

vakinhoudelijk: de begrippenkaders en werkwijzen in de betrokken schoolvakken vertonen naast belangrijke verschillen, ook grote overeenkomsten, waardoor afstemming en coördinatie nodig en mogelijk is;

vakdidactisch: de didactische problematiek, mits vanuit een overeenstemmende optiek bestudeerd (zie verder), vertoont eveneens een grote mate van overeenkomst;

methodologisch: doordat ontwikkelingsonderzoek, als nog weinig geaccepteerde onderzoeksmethode, een aangewezen vorm lijkt voor het hier bedoelde onderzoek, ligt ook hier een gemeenschappelijke problematiek in het ontwikkelen van een wetenschappelijk verantwoorde methodologie.

d. Relatie tussen de drie onderzoeksgebieden

De laatste beschreven categorie zou ik vanuit leertheoretisch perspectief fundamenteel vakdidactisch onderzoek willen noemen. Het is onderzoek dat op lange termijn resultaten kan opleveren, die vervolgens via leraarsopleiding, nascholing en curriculumontwikkeling geïmplementeerd moeten worden. Als vakdidactiek als wetenschappelijke activiteit bestaansrecht heeft, dan zal theorievorming moeten plaatsvinden zodanig dat deze theorie ook in de concrete onderwijssituatie bruikbaar is. Alleen fundamenteel, daarop gericht onderzoek kan deze theoretische impulsen leveren. (Dit type onderzoek zal daarom uit eerste en tweede geldstroommiddelen gefinancierd moeten worden).

De tweede categorie is vanuit de vakspecifieke leertheorie gezien veel meer toegepast onderzoek. Voorzover mogelijk zal de "stand van de theorie" verwerkt worden in curriculumconstructie, maar veelal spelen curriculumontwikkeling en (vakdidactisch) leertheoretisch onderzoek zich af op verschillende tijdschalen. Curriculumonderzoek is dus pragmatischer van aard en levert theoretisch gezien, globalere bijdragen tot de ontwikkeling van de vakdidactiek. Gezien vanuit de onderwijspraktijk is het echter een belangrijke categorie omdat hierin directer wordt aangesloten en meegewerkt aan de oplossing van problemen die daar leven. (Financie-

ring uit derde geldstroommiddelen moet daarom tot de mogelijkheden behoren).

Het veldonderzoek, als derde categorie, staat in zekere zin gelijk aan het in kaart brengen van de (begin-)situatie van de doelgroep en, opgevat als een periodieke peiling, van de ontwikkelingen daarin. Het is dus constaterend onderzoek, waarin gezocht kan worden naar beschrijvende en verklarende relaties, dat wel heel belangrijk kan zijn voor de ontwikkeling van de vakdidactiek. Enerzijds kan het leiden tot het opsporen van problemen in het onderwijs, die om een oplossing vragen. (Ook hier moet dus financiering uit de derde geldstroom mogelijk zijn.) Anderzijds maakt het zichtbaar of en in hoeverre didactische theorieën en curriculumvernieuwingen ook werkelijk de onderwijspraktijk bereiken en beïnvloeden (en waarom niet). Daaruit moge ook blijken dat de beïnvloeding en afstemming tussen de beschreven categorieën in twee richtingen dienen te verlopen.

5. AANZET TOT EEN β -DIDACTISCHE ONDERWIJSLEERTHEORIE

In het voorgaande is gezegd dat er, gezien het werk binnen het centrum, goede mogelijkheden zijn om tot een β -didactische onderwijsleertheorie te komen, die richtinggevend zou kunnen zijn voor verdere onderzoeksontwikkeling. Zonder deze theorie hier te kunnen schetsen, lijkt het me wel mogelijk een aantal elementen op te noemen die er in ieder geval in verwerkt zouden moeten worden. Onder theorie versta ik hier dan een theoretisch kader, dat voor de β -vakken gezamenlijk zou kunnen gelden, en dat in detail uiteraard per vak, en per onderdeel daarvan zou moeten worden ingevuld. Om een aanzet te geven in deze richting ga ik hier uit van het door Treffers (1987) beschreven "Framework for Instruction Theory", ontwikkeld als kader voor realistisch wiskunde-onderwijs. Ik wil dit bespreken in het licht van een mogelijke extrapolatie naar het natuurkunde-onderwijs, als eerste stap in de vorming van een β -didactisch kader.

a. Treffers' framework

In een discussie met Knoers (1986) beschrijft Treffers (1986) het fundamentele belang van een visie (of basisconceptie) op het vak en op vakonderwijs voor de constructie van onderwijs in dat vak. Als voorbeeld noemt hij de basisconceptie waarin wiskunde gezien wordt als "een menselijke activiteit", in plaats van de basisconceptie die uitgaat van wiskunde als een uit de vakwetenschap afgeleide, afgeronde formele structuur, die vervolgens in het onderwijs moet worden overgedragen. De eerste basisconceptie ligt ten grondslag aan de ontwikkeling van "realistisch wiskunde-onderwijs". Als kernpunten voor de constructie van realistisch onderwijs noemt Treffers (1987) verder:

- *paying much attention to 're-invention', that is recreating mathematical concepts and structures on the basis of intuitive notions in the making or made ('active');*

- *carrying on at various levels of concreteness and abstraction ('differentiated');*
- *the programming of the instruction is guided by the historical-genetic rather than the subject matter systematic method ('vertically planned');*
- *reality bound, meaningful ('and mathematically rich') instruction.*

Deze kernpunten liggen niet alleen in de doelstellings sfeer, namelijk dat onderwijs betekenisvol moet zijn, maar weerspiegelen vooral een visie op het leer- en onderwijsproces. Dit proces moet, startend in de realiteit van de leerlingen, hen als het ware analoog aan de historische gang van de wiskunde, de te leren handelingen en concepten laten her-uitvinden. De veronderstelling is dat dit dan ook kan, en Freudenthal (1983) benadrukt daarom telkens weer dat wiskunde op vele plaatsen en tijden is 'uitgevonden', zodat er als het ware sprake lijkt van een welhaast natuurlijke ontwikkeling. Juist deze ontwikkeling kan en dient in het onderwijs tot uitgangspunt genomen te worden, o.a. door doordacht aan te sluiten bij de "eigen produkties en constructies" van leerlingen.

De Van Hiele niveau's worden daarbij gebruikt voor de macro-uitlijning van het curriculum. De door Van Hiele voorgestelde onderwijsfasen worden echter als onvoldoende didactisch uitgewerkt beschouwd om richtinggevend te kunnen zijn voor het bewerkstelligen van niveauverhogingen. Deze worden daarom vervangen (of genuanceerd?) door het principe van (horizontale en verticale) progressieve mathematisering, volgens vijf instructie principes.

1. *"phenomenological exploration"*

Deze uitgebreide exploratie, gebaseerd op Freudenthal's Didactische Fenomenologie, dient ter invulling van het eerste niveau. *"The aim is to acquire a rich collection of intuitive notions in which the essential aspects of concepts and structures are preformed (mijn onderstreping). This, then, is laying the basis for concept formation".*

2. *"bridging by vertical instruments"*

"From the very start, in elementary problem situations, a variety of 'vertical' instruments such as models, schemas, diagrams and symbols are offered, explored and developed. This is done with the intention of helping to bridge the level difference between the intuitive, informal, context bound operating at the first level and the reflective formal systematic one on the third". Hier verfijnt hij het drie niveau model door aan te geven dat de overgang tussen twee niveau's niet een kwestie is van één grote stap, maar veeleer van vele kleintjes.

3. *"selfreliance: pupils' own constructions and productions"*

Hier beschrijft Treffers zijn constructivistische uitgangspunt, *"which means that a decisive influence comes from the pupils' own constructions and productions in the learning process".*

4. *"interactivity"*

Hiermee wordt het belang benadrukt van een interactief leerproces tussen zowel leerlingen onderling als met de docent. In discussies moet ruimte zijn voor de inbreng van verschillende eigen constructies,

zodat als het ware onderhandeld kan worden over hun voor- en nadelen, om van daaruit te komen tot een voortgang in begripsvorming.

5. *"intertwining"*

Vanwege de rijke inbedding van concepten en structuren op het fenomenologische niveau, leidt progressief mathematiseren onvermijdelijk tot vervlechting. *"When outlining a course one should be fully aware of the global connection of the various domains, the intertwining of learning strands"*.

Daarmee zijn kort de hoofdlijnen beschreven van Treffers' "framework for instruction theory". Een raamwerk dat in het kader van wiskobas verder is ingevuld, bijvoorbeeld tot een instructietheorie voor het breukenonderwijs (Streefland, 1988).

b. Het framework en realistisch natuurkunde-onderwijs.

In hoeverre is dit raamwerk nu ook toepasbaar voor het natuurkunde-onderwijs? Naar mijn idee ligt hier een grote mate van overeenstemming in vakdidactische problematiek en visies. Zo onderschrijf ik van harte de bewering van Treffers ten aanzien van het fundamentele belang van een uitgewerkte visie op het vakonderwijs en het vak. Maar betekent dit nu ook dat zijn visie op wiskunde "als menselijke activiteit" zonder meer vertaalbaar is naar een vak als natuurkunde? Ik meen dit te moeten betwijfelen. Weliswaar kan ook PLON onderwijs qua doelstelling "realistisch" genoemd worden, bijvoorbeeld vanwege de aandacht voor "contexten", waarmee het cruciale belang van een visie op vakonderwijs, als uitgangspunt voor onderwijsconstructie, wordt onderschreven, maar bij nadere beschouwing zie ik ook belangrijke verschillen.

Bijvoorbeeld ten aanzien van het uitgangspunt: "natuurkunde als menselijke activiteit". Het is ongetwijfeld waar dat natuurkunde als wetenschappelijke activiteit tevens een menselijke activiteit is, maar in hoeverre kan deze omschrijving ook reeds van toepassing zijn op de intuïtieve activiteiten van leerlingen? Het antwoord op deze vraag hangt samen met de geldigheid van het principe van "re-invention". Zoals Freudenthal beschrijft mag wiskundig denken dan op vele plaatsen en tijden zijn uitgevonden, hij wijst er ook op dat er maar één Newton is geweest. Ofwel, het moderne natuurkundige denken is veeleer het resultaat van een heroriëntatie ten aanzien van het "natuurlijke denken", dan een continue voortzetting daarvan. Dan kan dus ook niet verwacht worden dat de "eigen intuïtieve produkties en constructies" van leerlingen in het natuurkunde-onderwijs zonder meer dezelfde rol kunnen spelen als beschreven door Treffers voor het wiskunde-onderwijs. En dat betekent tevens dat de rol van "rijke contexten", als bron van conceptvorming een andere wordt.

Deze problematiek van het "natuurlijke denken" voor het leren van natuurkunde is momenteel internationaal een centraal aandachtspunt van natuurkunde-didactisch onderzoek. Alom zijn er pogingen om dit natuurlijke denken in kaart te brengen, waarbij de vraag onontkoombaar is hoe dit ontwikkeld kan worden in natuurkundige richting. Daarbij richt de aandacht zich zowel op het inhoudelijk in kaart brengen van dit leef-

werelddenken, als op het beschrijven van "basic reasoning patterns". Ten aanzien van de mate van continuïteit dan wel discontinuïteit van de mogelijke ontwikkeling van dit denken in een leerproces, lopen de opvattingen uiteen. In hoeverre "Umlernen" dan wel "Dazulernen" het aangewezen ontwikkelingsproces is moet trouwens waarschijnlijk per begrip of inhoudsgebied bekeken worden en niet voor de natuurkunde als geheel. In ieder geval kan niet zonder meer worden aangenomen dat de intuïtieve concepties, in directe zin, "preformations" zijn van de fysische concepten.

Velen propageren ook hier een constructivistische opvatting over leren en onderwijzen, waarin ruime aandacht voor de eigen opvattingen en "natuurlijke" concepties van leerlingen, die in een interactief proces onderwerp van onderhandeling moeten zijn. We zien hier dus ook een duidelijke verwantschap met Freudenthal's didactische fenomenologie, alhoewel het vormgeven van onderwijs vanuit "rijke contexten" nog weinig ingang heeft gevonden. Hierin is het PLON-onderwijs nog vrij uniek. In PLON zijn deze contexten echter voornamelijk gekozen vanuit een motivationele en doelstellingsgerichte aansluiting bij de persoonlijke en maatschappelijke leefwereld van leerlingen, en veel minder vanuit een conceptuele aansluiting. Hierin ligt dan ook een noodzaak van verdere doordiening en onderzoek ten aanzien van de conceptuele uitlijning. Dat deze verschillende gezichtspunten tot verschillende contextkeuzen zou kunnen leiden, kan bijvoorbeeld geïllustreerd worden met de veronderstelling dat voor het leren van mechanica een contextgebied als "Ruimtevaart" wel eens beter geschikt zou kunnen zijn als een contextgebied "Verkeer". Hoe dit ook zij, de Van Hiele niveau's lijken ook voor een macro-uitlijning in het natuurkunde-onderwijs goede perspectieven te bieden, ook al is nog niet zonder meer duidelijk hoe deze niveau's voor verschillende inhoudsgebieden te beschrijven zijn. In dit verband dient ook het werk van Ten Voorde (1977), voor het chemie-onderwijs, genoemd te worden. In ieder geval heeft zijn werk ons reeds duidelijk gemaakt hoe belangrijk een niveaugewijze doordachte begripsopbouw volgens Van Hiele zou kunnen zijn. Met name omdat het twee-niveau schema, van empirie en theorie, hiermee als inadequaar wordt aangemerkt. Een leefwereld en grondniveau dienen hier inderdaad aan vooraf te gaan, terwijl het er voor de natuurkunde naar uit ziet dat een hieruit te ontwikkelen beschrijvend niveau, nog niet het natuurkundige empirische niveau kan zijn. Dit empirische niveau, dat vaak gezien wordt als een beschrijving van de "directe" waarneming, blijkt hiermee niet alleen wetenschapstheoretisch, maar ook leerpsychologisch een theoretisch niveau te zijn. Gegeven dat een niveaugewijze uitlijning dus een waardevol gezichtspunt lijkt, dan kunnen we ons ook aansluiten bij de door Treffers genoemde mogelijkheden tot het ontwikkelen van overgangen. Ook het principe van progressieve (horizontale en verticale) fysicatisering lijkt een overdraagbaar gezichtspunt, waarbij we als middel tot "bridging" nog in het bijzonder de mogelijkheden van het experimenteren willen noemen. Toch lopen we hier opnieuw aan tegen de noodzakelijke discontinuïteiten in het natuurkundige leerproces, wat tot uiting kan komen in een andere rol dan in het wiskundige

leerproces, voor bijvoorbeeld een cognitief conflict dan wel "Aporetische Situation". Ook kunnen we ons aansluiten bij het belang van een inter-actief leer- en onderwijsproces, met name ten aanzien van de rol van de sociale constructie van kennis en van het proces van taalvorming in een productief gesprek. Ten Voorde wijst hierbij terecht op de mogelijkheden van het gesprek als model voor de onderwijssituatie en op het belang van vrije gezichtspuntkeuzen daarin voor leerlingen. Tenslotte wil ik nog de betekenis noemen van reflecties en metacognities voor het verloop van zo'n gesprek, dan wel leerproces.

Samenvattend kan, mijns inziens, gesteld worden dat Treffers' "framework" ook een goed uitgangspunt biedt voor "realistisch natuurkunde-onderwijs", alhoewel zich bij de nadere invulling van dit framework verschillen zullen voordoen. Dat betekent echter dat hiermee tevens een interessante basis aanwezig is voor een vruchtbare didactische discussie en ontwikkeling.

c. Onderzoek naar didactische structuren.

Als we dit "framework" verder willen invullen tot natuurkunde-didactische theorieën ten aanzien van het leren en onderwijzen van bepaalde begrippen, werkwijzen en onderwerpen uit de natuurkunde, dan is daarvoor nog veel onderzoek en ontwikkelingswerk nodig. Zo'n theorie zouden we, met een term van Ten Voorde, een "didactische structuur" voor het betreffende onderwerp kunnen noemen.

Zo'n didactische structuur dient in ieder geval uit te gaan van een geëxpliciteerde visie op het vakonderwijs, en van een expliciete visie ten aanzien van onderwijzen en leren. Daarvan uitgaand zou gedetailleerd een mogelijke longitudinale opbouw van onderwijsactiviteiten moeten worden beschreven, tesamen met een beschrijving van de daarmee te verwachten begripsontwikkeling bij leerlingen, gedifferentieerd naar verschillende schooltypen. Deze structuur zou het resultaat moeten zijn van empirisch onderzoek, of op zijn minst gebaseerd zijn op een degelijke empirische onderbouwing.

Welke natuurkundige onderwerpen zijn nu het belangrijkste om tot zo'n didactische structuur te worden uitgewerkt? Deze vraag is niet zonder meer eenvoudig te beantwoorden. In het natuurkunde-onderwijs komen vele begrippen en relaties aan de orde. De vakstructuur heeft weliswaar een zekere hiërarchische opbouw, maar deze is niet eenvoudig lineair. Er lijken bovendien meerdere elkaar aanvullende benaderingen mogelijk om tot een afbakening te komen.

Een eerste ordening kan gebaseerd zijn op de "traditionele" gebieden van de vakstructuur, zoals: mechanica, optica, elektriciteit en magnetisme, warmteleer, trillingen en golven, atoom-, kern- en hoge energie fysica, etc. Een beschrijving volgens deze indeling zou als een soort basisniveau kunnen worden opgevat.

Op een volgend niveau kunnen hiertussen koppelingen worden gelegd door juist te concentreren op de ontwikkeling van die kernbegrippen die

een rol spelen door deze deelgebieden heen, zoals: kracht (wisselwerking), energie, materie, deeltjesmodel, systeem, etc.

Deze koppeling dient eveneens te worden gelegd vanuit een derde invalshoek waarin aandacht wordt geschonken aan "inhoudsoverschrijdende vaardigheden" als: meten, kwantificeren en experimenteren; modelleren en mathematiseren; problemen aanpakken en oplossen.

Tenslotte is er een vierde, dieperliggende optiek waarin de aandacht gericht is op de ontwikkeling van meer generale basispatronen in het algemeen menselijk dan wel fysisch denken en redeneren, zoals: manieren van causaal redeneren en verklaren; behouds- en continuïteitsdenken; idealiseren, reflecteren en logisch redeneren.

Welke benadering ook als vertrekpunt gekozen wordt, steeds zullen de andere gezichtspunten daarbij betrokken moeten worden, evenals een zo goed mogelijke inbedding in algemenere leer- en onderwijstheorieën. In het eindresultaat moet ook de coördinatie tussen de verschillende vakken worden uitgewerkt, alsmede een uitsplitsing naar verschillende schooltypen. Onnodig te zeggen dat dit eindresultaat nog ver weg is. β -didactische samenwerking binnen het centrum kan echter een belangrijke stimulans zijn voor het werken in die richting.

6. AFRONDING

In het voorgaande heb ik beschreven hoe de ontwikkeling van een wetenschappelijke natuurkunde didactiek nog slechts aan het begin staat. Historisch gezien is dat vanuit het werk in de gelijknamige vakgroep begrijpelijk. De tijd is echter rijp om op een beter doordachte en geplande manier aan deze ontwikkeling te gaan werken. Samenwerking binnen het Centrum biedt daarvoor goede perspectieven. Deze wetenschapsontwikkeling moet echter niet geïsoleerd van de onderwijspraktijk plaatsvinden. Vandaar dat drie gebieden van onderzoek zijn geschetst die op elkaar voortbouwen. Progressie moet echter vooral verwacht worden van meer fundamenteel, theoriegericht onderzoek. Vandaar dat gezocht is naar een theoretisch raamwerk dat niet alleen perspectief biedt voor deze progressie, maar ook voor het structureren van β -didactische samenwerking. Dit raamwerk is gevonden in de theorie voor "realistisch wiskunde-onderwijs". Beargumenteerd is dat dit inderdaad ook goede mogelijkheden biedt voor een beschrijving van "realistisch natuurkunde-onderwijs", waardoor het raamwerk inderdaad een vruchtbaar kader lijkt te kunnen zijn voor het structureren van β -didactische discussies. Onderzoek moet verder leiden tot nadere invulling van binnen dit kader uitgewerkte didactische structuren. Een verdere prioritering van de uit te werken didactische structuren moet voor de natuurkunde-didactiek echter nog plaatsvinden. Hierin zou coördinatie en samenwerking met de andere didactieken binnen het Centrum een belangrijk argument moeten zijn. Mijn eindconclusie is dan ook dat voor een verdere wetenschappelijke ontwikkeling van de natuurkunde-didactiek, samenwerking in een β -didactisch centrum inhoudelijk gezien uiterst stimulerend kan zijn, mits we er in slagen het proces van samen-

werking ook op produktieve wijze vorm te geven. Dit laatste zal echter nog de nodige zorg vragen.

7. LITERATUUR

- Brekelmans, J.M.G. (1989). *Interpersoonlijk gedrag van docenten in de klas*. Utrecht: wcc.
- Eijkelhof, H.M.C. (1990). *Radiation and Risk in Physics Education*. Utrecht (nog te verschijnen).
- Eijkelhof, H.M.C., Holl, E., Pelupessy, B., van der Valk, A.E., Verhagen, P.A.J. & Wierstra, R.F.A. (1986). *Op weg naar vernieuwing van het natuurkundeonderwijs*. Den Haag: svo.
- Freudenthal, H., (1983). *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Dordrecht: Reidel.
- Genderen, D. van (1989). *Mechanica-onderwijs in beweging*. Utrecht: wcc.
- Hooymayers, H.P. & Lijnse, P.L. (1981). Vakdidactiek als onmisbare interdiscipline. *Pedagogische Studieën*, 58, 134-140.
- Hooymayers, H.P., Lijnse, P.L. & de Vos W. (1989). *Basisvorming natuur/scheikunde*. Leiden: Martinus Nijhoff.
- Jong, R.A. de (1986). *Wiskobas in Methoden*. Utrecht: RUU.
- Jörg, T. (1990). *Oorzaken van de geringe populariteit van het vak natuurkunde bij meisjes in het MAVO en HAVO*. CD-B, (te verschijnen).
- Klaassen, C.W.J.M., Eijkelhof, H.M.C. & Lijnse, P.L. (1990). *Considering an alternative approach to teaching radioactivity*. CD-B: (nog te verschijnen).
- Knoers, A.M.P. (1986). Curriculumtheorie en leertheorie. *Pedagogische Studieën*, 63, 195-204.
- Lijnse, P.L. & Hooymayers, H.P. (1987). Natuurkunde-didactiek: een interdiscipline in ontwikkeling? In: *Vakdidactisch beraat*. Mottier, I. & Vries, M.J. de (red.). Zoetermeer: ALM, 101-127.
- Pelgrum, W.J., & Bruggencate, G.C. ten, (1986). *Second international Science Study. Beschrijving van Uitkomsten en Analyses*. Enschede: T.H. Twente.
- Roest, P.(1980). Vakdidactiek als onmisbare interdiscipline. *Mededelingenblad NVO*, 15-22.
- Streefland, L. (1988). *Realistisch Breukenonderwijs*. Utrecht: ow&oc.
- Treffers, A. (1986). Analyseren en ontwikkelen van reken/wiskundeonderwijs vanuit twee verschillende basisconcepties. *Pedagogische Studieën*, 63, 14-26.
- Treffers, A. (1987). *Three Dimensions*. Dordrecht: Reidel.
- Vakgroep Natuurkunde-Didactiek (1987). *Beginnende Natuurkunde Leraren in het HAVO en VWO*. Utrecht: RUU.
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en Verstaan*. Den Haag: svo.
- Vos, W. de (1985). *Corpusculum Delicti*. Utrecht: RUU.
- Wierstra, R.F.A. (1990). *Natuurkunde onderwijs: tussen vakstructuur en ervaringswerkelijkheid*. Utrecht: CD-B (nog te verschijnen).

OW & OC: EEN MOMENTOPNAME

J. de Lange Jzn
Vakgroep OW & OC

INLEIDING

Een beeld geven van de Vakgroep OW & OC is geen eenvoudige zaak door de gecompliceerde structuur en de veelheid aan ontwikkelings- en onderzoeksprojecten. In dit artikel is gekozen voor een rondgang door de burelen van de vakgroep. Een fictieve rondgang, dat wel, maar de inhoudelijke kant van de geschetste verhalen is zo zuiver mogelijk. Subjectief, dat spreekt, en geschilderd met een persoonlijke kwast. En niet compleet. Veel projecten komen niet aan bod. Maar de activiteiten die wel aan bod komen zijn redelijk representatief voor het totale scala van activiteiten.

KAMER 1

Een geroezemoes van jewelste. Vier man op een klein kamertje. De discussie is nogal verhit. Het onderwerp: het nieuwe eindexamenprogramma voor het HAVO. Zoals met bijna alle nieuwe programma's is na enkele jaren van experimenteren op een drietal scholen nu wel duidelijk dat het aanvankelijk als ideaal voorgestelde programma echt niet kan. Er moet dus gesneden worden. Dat vinden alle betrokkenen: docenten van de scholen, de groep die het HAWEX-team (die het experiment uitvoert) begeleidt, de deskundigen (en dat zijn er heel wat) en de HAWEX-groep zelf ook. Het probleem is dus terug te brengen tot: wat en waar moet gesneden worden?

Het experiment HAWEX startte in 1985. Het doel: in navolging van de vernieuwingen op het VWO ook op het HAVO te komen tot nieuwe examenprogramma's voor de wiskunde. Geen eenvoudige zaak omdat er in plaats van één programma nu twee moeten komen: voor de exact georiënteerde leerlingen het B-programma en voor de anderen het A-programma. Zoals gebruikelijk wordt er dan eerst een werkgroep ingesteld die vervolgens na alle partijen gehoord te hebben met een rapport komt. Met aanbevelingen en een concept programma.

Vervolgens kost het weer enige moeite om het ministerie ervan te overtuigen dat er toch echt experimenten moeten komen om vast te kunnen stellen of en hoe het voorgestelde programma haalbaar is. Het ministerie redeneert dat er sprake is van een weinig risicovolle aanpassingsmanoeuvre in dezelfde richting als het HEWET-programma- bovendien staat er druk op de ketel in verband met allerlei politiek belangrijke zaken: wiskunde verplicht, uitbreiding naar zeven vakken. Op OW & OC wordt volgehouden dat een invoering zonder goede experimenten niet kan, hierin gesteund door de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren. De experi-

menten beginnen in 1987, op drie scholen. Het HAWEX-team bestaat deze keer niet uitsluitend uit OW & OC'ers zoals bij de HEWET, maar ook uit twee docenten. Materialen ontwerpen, lessen observeren, toetsen maken, docenten voorlichten, artikelen schrijven, proefexamens maken, attitude-onderzoek verrichten zijn, net als in veel andere projecten, de belangrijkste activiteiten van de teamleden.

De resonansgroep resoneert: de groep bestaat voornamelijk uit auteurs van wiskundeboeken die op tijd hun methode klaar moeten hebben maar zich zeker niet beperken tot alleen maar aandachtig luisteren. Ook de resonansgroep spreekt zich uit over het examenprogramma: matrices eruit? Toch maar niet vanwege de prachtige mogelijkheden tot modelvorming. Exponentiële groei dan misschien? Dat kan toch eigenlijk niet meer sinds de rapporten van de club van Rome. Dan maar schrappen in de statistiek? Er is in de resonansgroep geen overeenstemming te krijgen. De bal ligt weer even bij het team. De discussie is hevig, de tijdsdruk groot.

KAMER 2

Drie fauteuils, een dame met twee heren. Er wordt gewichtig gekeken, en terecht: men is in overleg over het programma dat een honderdtal Amerikanen zal worden voorgeschoteld op een belangrijke conferentie. Een eervolle zaak: op de slechts drie dagen durende conferentie is meer dan een hele ochtend ingeruimd voor een deel-symposium, te verzorgen door drie medewerkers van de vakgroep OW & OC. Allerlei zaken komen ter sprake: wat voor Amerikanen zijn het (voornamelijk mathematics education researchers), wat willen ze weten (alles, en vooral concrete voorbeelden), hoe diep zullen we op de theoretische grondslagen ingaan (niet te diep), waarin onderscheiden we ons van de Amerikanen (in veel meer zaken dan de Amerikanen denken), maar ook de heel praktische zaken zoals de reis en de extra contacten die deze reis mogelijk maakt. Zo zal een van de drie tevens naar een brainstorm in Princeton gaan, samen met een andere collega, om te kijken hoe je nu eigenlijk 'higher order thinking skills' kunt toetsen. Een opmerkelijk initiatief voor hen die de Amerikaanse toetspraktijken kennen. Multiple Choice is daar nog steeds het credo, en ook voor het toetsen van deze 'higher order thinking skills' wordt door sommigen in eerste instantie weer aan deze vermaledijde toetsvorm gedacht. Anderen, ook in de USA, gruwen van deze gedachte: laten ze eerst maar eens nadenken over het 'teachen' van deze skills. De zojuist verschenen 'Standards voor Mathematics Education' laten er geen twijfel over bestaan dat het Amerikaanse wiskundeonderwijs in die richting moet worden bijgesteld. Men spiegelt zich daarbij ook aan de nieuwe wiskundeprogramma's in o.a. Nederland. Een eindexamen zoals voor VWO-A of HAVO-A (experimenteel), veroorzaakt in de VS grote opwinding: dat zoiets mogelijk is.

De drie komen er wel uit voor dit symposium: de theorie aan de hand van het voorbeeld 'breuken', iets over het MORE-project, waar methoden voor rekenonderwijs worden vergeleken en nieuwe toetsen worden ontwik-

keld, en iets over een in Amerika zeer populair onderwerp: het gebruik van manipulatieve materialen. Tevreden kijken ze elkaar aan. Het voorbeelden van de diverse onderdelen kan beginnen. Nu eerst wat koffie.

KAMER 3

Enigszins zorgelijk kijkt de middelbare heer door zijn, in een rood montuur gevatte, brilleglazen. Hij mompelt dat het hem niet meer duidelijk is hoe het nu verder moet met het PANAMA-project. De nog tamelijk jonge dame tegenover hem weet het ook niet zo precies. Een gesprek op het ministerie had wel duidelijkheid maar geen helderheid verschaft, een gevoel dat ministeriebezoekers bekend moet voorkomen. Voor volgend jaar ziet het er financieel allemaal nog goed uit. Maar de bemensing vormt dan al wel een probleem. De oudere heer treedt vervroegd uit, de jongere dame houdt, door andere activiteiten in de Vakgroep, maar tweetiende over voor het PANAMA-project.

Het project startte vrijwel gelijk met de vakgroep in 1981. Officieel valt het onder nascholing want PANAMA staat voor Pabo Nascholing Wiskundige Activiteiten. Vanaf het aarzelende begin was het een samenwerkingsproject tussen HMN/SOL en de vakgroep. Een schamel bezette staf: aanvankelijk een heer met ondersteuning van OW & OC. Later kwam daar nog een formatieplaats bij. Dat weinige handen ook veel werk kunnen verrichten is eenvoudig aan te tonen door dit project wat nader te beschouwen. Een nieuwsbrief ontaardde in een toonaangevend tijdschrift voor onderzoek en nascholing van het reken- en wiskundeonderwijs. De PANAMA-conferenties en -dagen zijn immer overtekend en hebben een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkelingen die op dit moment gaande zijn; we noemen hier de totstandkoming van de proeve voor een nationaal programma voor het reken- en wiskundeonderwijs op de basisschool. De conferenties en Het Tijdschrift zijn niet meer weg te denken uit de praktijk van diegenen die zich bezig houden met het reken- en wiskundeonderwijs. De vakgroep hecht er zeer aan dat het PANAMA-project wordt gecontinueerd, en eenzelfde gevoel leeft bij de directie van de samenwerkingspartner HMN/SOL.

De middelbare heer weet dat, gelukkig. Maar er blijft nog veel te regelen en de zaken zijn zeer complex. En het geld is schaars. Het ministerie kan niet veel meer doen, de gelden dienen langzaam afgebouwd te worden; de HMN/SOL zit midden in een reorganisatie en kan nog geen beloften doen, wel intentieverklaringen; de vakgroep zoekt naar mogelijkheden en geld. De Wet op de Verzorgingsstructuur maakt het er allemaal nog ingewikkelder op, maar dat schijnt ook een van de doelen van deze wet geweest te zijn.

Het hoofdschudden maakt plaats voor een zorgelijke frons op het voorhoofd. Met levenslustig schitterende ogen begint hij weer te mopperen: de komende PANAMA-conferentie is weer zwaar overtekend.

KAMER 4

Een lege kamer. Het Nieuwe Media Team, dat hier volgens een ietwat aan verval lijdend etiket moet huizen, is op stap. Het hele team, inclusief de docent die ingeschakeld is voor de lessen, zit op het ministerie in Zoetermeer.

De kamer op het ministerie is niet al te groot en wordt voor het grootste gedeelte in beslag genomen door een hagelwitte cirkelvormige tafel. In de hoek tegenover de ingang staat een stellage die duidelijk maakt dat we hier te maken hebben met 'Nieuwe Media'. Rond de zegeningen van de huidige techniek zijn ogenschijnlijk ontspannen de medewerkers van het team gezeten. Aan de overige driekwartcirkel zitten ambtenaren van het ministerie en andere deskundigen.

Het doel van het project wordt nog eens kort geschetst: het maken van een beeldplaat en het onderzoeken van de mogelijkheden daarvan bij de nascholing van docenten voor het basisonderwijs. De financier van het project, de stuurgroep Nieuwe Media van het Ministerie, is uiteraard ook vertegenwoordigd. Het is dan ook niet verbazend dat er rond deze bijeenkomst een examen-sfeer hangt. Zou het ministerie tevreden zijn met deze eerste resultaten?

De ontwikkelde courseware bestaat uit een (tweezijdige) beeldplaat, software en boekjes, allemaal over de basisvaardigheden van het rekenonderwijs. Deze materialen worden gebruikt om een team van een school uit Marken na te scholen: 16 uur cursus en 16 uur huiswerk. Het huiswerk wordt gemaakt achter computer- en beeldplaatapparatuur. Het computerscherm toont een bladzijde van een boekje waarop opdrachten staan. Vaak betreft deze opdracht een fragment van de beeldplaat. De docent wordt dan bijvoorbeeld gevraagd welke methode de leerling gebruikt of welke fouten hij maakt. Maar behalve de individuele leerlingen worden ook hele klassen getoond. Hier blijkt de beeldplaat samen met de software grote mogelijkheden te bieden: met behulp van de plattegrond van de klas kunnen alle leerlingen op afroep in beeld komen en kan ook naar de resultaten van hun inspanningen gekeken worden. Een vergelijking tussen de verschillende leerlingen toont dat er duidelijke verschillen in de aanpakmethode zijn. Waarbij sommigen heel dicht bij het probleem blijven en sterk visualiseren en anderen direct gaan rekenen.

De aanwezigen in het kleine zaaltje kijken gespannen. Af en toe is er een instemmend knikje te bespeuren, soms zelfs een instemmende glimlach. Heel interessant, zegt de klaarblijkelijk belangrijkste man van het driekwart-gedeelte van de tafel. Stipt op tijd wordt de sessie beëindigd, de volgende vergadering wacht. Een ambtenaar blijft wat napraten over de inhoud van de beeldplaat en de software. Anderen beginnen met het opruimen van de apparatuur. Nieuwe media zijn niet om te tillen. Op iedere school dan maar een set? Mogelijkheden voor vervolgprojecten (implementatie) zijn er genoeg; enkele daarvan zijn al tijdens de presentatie geschetst. Even afwachten maar, eerst snel naar Marken voor de nascholing van het team. Met nieuwe media.

KAMER 5

Vier heren, in leeftijd variërend van verschillende gradaties middelbaar tot duidelijk zeer oud. De oude man onderscheidt zich onmiskenbaar van de andere drie. Hij draagt een vlinderdasje en is in alle opzichten een professor. Welhaast vanzelfsprekend vormt hij het middelpunt van de kring. Ter discussie ligt een door hem geschreven artikel, dat een bewering vormt van zijn nieuwe boek (weer het laatste, net als het vorige) dat de werktitel 'China-lectures' draagt. De discussie spitst zich toe op twee kernpunten: wat is gezond verstand (common sense) en in welk opzicht is de wiskunde 'anders' dan bijvoorbeeld natuurkunde.

IJzer is kouder dan hout. De aarde is plat. Is dat gezond verstand? De zon gaat op en onder. Gezond verstand, of de werkelijkheid gezien vanuit het perspectief van de waarnemer? Volgens het voorliggende artikel dient het wiskundeonderwijs te bouwen op het gezonde verstand, terwijl bij de natuur- en scheikunde dat gezonde verstand juist bestreden moet worden omdat het vaak de groei van wetenschappelijke begrippen belemmert. En hoe zit dat dan bij de kansrekening? Dat is toch wiskunde van het zuiverste water, wiskunde echter die steeds maar weer botst met het gezonde verstand. Alhoewel, wat is eigenlijk de definitie van gezond verstand?

Is gezond verstand een set van algemeen geaccepteerde afspraken en vanzelfsprekendheden, waarover verdere argumentatie niet nodig is? Als dat zo is, dan geldt dit natuurlijk binnen een bepaalde groep en op een bepaald moment. Of komt er toch wat meer bij kijken? Zit er bijvoorbeeld een redeneercomponent in het gezond verstand? Je zegt dat de zon onder gaat, maar je gezonde verstand weet wel beter. Hoe zat dat toen je nog veel jonger was? Toen zei je ook dat de zon onder ging en dat was ook zo, en is nog steeds zo: hij 'verdwijnt' onder de horizon, punt uit.

Wiskunde is geworteld in het gezonde verstand, dat is de stelling van de professor. Als voorbeeld noemt hij het natuurlijk getal: kinderen verwerven het getal binnen een brede stroom van hun fysische en mentale activiteiten. Wiskunde: eventjes wat gezond verstand, iets georganiseerd, en zo gaat de ontwikkeling voort, met als resultaat steeds beter georganiseerd gezond verstand. Zo redenerend zegt je gezond verstand dat $2 + 3$ gelijk aan 5 is en dat de oppervlakte van de rechthoek lengte maal breedte is. Wiskunde, zonder natuur, biedt zekerheid: je kunt vertrouwen op je gezonde verstand.

De discussie over het gezonde verstand woedt voort: is $2 + 3 = 5$ gezond verstand? En $\text{Opp.} = L * B$ gezond verstand? Is de stelling van Pythagoras gezond verstand? Is je ruimtelijk kunnen oriënteren gezond verstand? Hoe je het ook wendt of keert: gezond verstand is lokaal, zowel in tijd als plaats, en er zit een redeneercomponent in. Dat althans vindt de minst middelbare van de vier aanwezigen.

De professor mompelt iets onbestemds. Hij zal een nieuwe versie maken van het artikel. Het schemert buiten, het is alweer na vijven. Gezond verstand zegt dat de vergadering moet worden opgeheven. Daarover bestaat geen meningsverschil.

KAMER 6

Dit is geen kamer, dit is een zaaltje. Meer dan tien mensen zijn hier verzameld, vrouwen en mannen, oud en jong, vanuit het hele land. De voorzitter ziet er gebruind uit met de typische kop van iemand die veel zee-uren achter de rug heeft. Het is vooralsnog onduidelijk of de lijnen op het voorhoofd te wijten zijn aan de overmatige blootstelling aan de elementen zon, zout en zee, dan wel aan de perikelen van het project. Het project geeft dan ook wel aanleiding tot zorg: het project 12-16 heeft tot taak om met nieuwe examenprogramma's te komen voor de MAVO/LBO en nieuwe programma's te ontwerpen voor het hele leergebied voor 12-16 jarigen. Een buitengewoon zware opgave door de enorme breedte van het veld. Daarbij vergeleken zijn de HEWET- (bovenbouw VWO) en HAWEX (bovenbouw HAVO) projecten kinderspel.

Maar de zaken liggen ook in andere opzichten gecompliceerd. Door de zegeningen van de Wet op de Verzorgingsstructuur (de wov) werd de toenmalige staatssecretaris min of meer gedwongen tot het construeren van een tweekoppig monster: het project 12-16 moest een samenwerkingsproject worden tussen de SLO (Instituut voor Leerplanontwikkeling) en de vakgroep OW & OC. Het was, gezien vanuit historisch perspectief, niet te verwachten dat deze samenwerking zonder meer soepel zou verlopen. En niet alleen vanuit historisch perspectief: de organisatie binnen de SLO, en het (ogenschijnlijk) gebrek aan organisatie binnen OW & OC, alsmede de geografische spreiding, stonden borg voor een niet al te voortvarende start van het project. Na enkele jaren waarbij de schipper ruim gebruik kon en moest maken van al zijn op zee opgedane ervaringen, lijkt het 12-16 schip steeds meer op koers te liggen en in rustiger vaarwater te komen. De problemen op inhoudelijk gebied zijn er intussen niet minder op geworden.

Een van de knellende problemen is de omvang en diepte van het algebra gedeelte in de nieuwe programma's. Waar heb je algebra eigenlijk nodig? En hoeveel? Het blijkt al snel dat daar echt verschillende visies over zijn. Waarom geef je wiskunde? Om kinderen te laten zien dat wiskunde overal om hen heen is en bovendien nog leuk ook? Of omdat ze het later in hun beroep of studie nodig hebben? Of omdat wiskunde zelf nuttig en zinvol is? Uiteraard hangt dit af van de groep leerlingen die je op het oog hebt. Als het eindonderwijs is voor de 'laagste' groep heb je meer vrijheden.

Moeten de leerlingen het 'kanon' kennen dat ze de oplossingen geeft voor vierkantsvergelijkingen, of moeten ze kwadraat kunnen afsplitsen? Of moet het rekenmachientje alles maar uitrekenen? Haakjes verdrijven lijkt een activiteit die onontkoombaar is, maar hoe zit het met die merkwaardige produkten?

Moet wiskunde leren altijd leuk zijn? Het lijkt er de laatste jaren wel een beetje op dat dat het eerste uitgangspunt is. Leren moet altijd leuk zijn lijkt een niet houdbare stelling. Wat je leert moet nuttig, bruikbaar zijn lijkt een redelijker uitgangspunt, zeker voor wiskunde. Maar dat maakt de discussie over de algebra niet makkelijker. Want zoveel algebra

is helemaal niet bruikbaar buiten de algebra. Basistechnieken moeten beheerst worden, maar welke basistechnieken zijn dat?

Een interessante argumentatie over de aantrekkelijkheid van het wiskundeonderwijs werd onlangs gegeven in een Amerikaans tijdschrift, waarin een artikel stond dat een reactie was op de publikatie van de 'Standards for Mathematics Education'. Een filosofisch getint artikel waarover nagedacht was. Het leven is niet altijd even prettig en opwindend, was de constatering van de auteur, dat is ook niet erg. Men dient er alleen zorg voor te dragen dat men op deze saaie en vervelende momenten op adequate wijze wordt voorbereid. En er is een vak op school dat zich daarvoor bij uitstek leent: de wiskunde. Wiskunde, een saai, vervelend en ogenschijnlijk doelloos vak, bereidt de mens op voortreffelijke wijze voor op alle saaie, vervelende en doelloze momenten waaraan het leven zo rijk is.

Het dient gezegd, de uitgangspunten van de Commissie Ontwikkeling Wiskundeonderwijs (COW) waaronder het team 12-16 valt, zijn niet geheel in lijn met de argumentatie van bovenstaande auteur. Dat neemt niet weg dat een heldere eenduidig bepaalde koers nog niet duidelijk is. Het schip ligt op koers, de zee is redelijk vlak, maar de weersvoorspellingen blijven onbetrouwbaar.

KAMER 7

Een druk gebarende, met een warm zuidelijk accent pratende vrouw, probeert haar geduldig en enigszins flegmatiek ogende collega te overtuigen van haar gelijk. Niet dat de verschillen hoog opgelopen zijn, maar de zaken moeten wel even precies op een rijtje gezet worden. Morgen wacht er een presentatie op de zwaar overtekende en belangrijke najaars-conferentie van PANAMA, en dan dient het MORE-project wel goed gebracht te worden.

MORE betekent Methoden-Onderzoek REkenen en wiskunde. Een samenwerkingsproject met de vakgroep Onderwijskunde uit Utrecht. Maar het project heeft zich aanzienlijk in zijn doelstellingen uitgebreid. Bijzonder waren bijvoorbeeld de resultaten van een onderzoek naar wat de docenten denken dat leerlingen kunnen, en wat de leerlingen werkelijk kunnen. De verwachtingen van de leraren basisschool waren niet al te hoog gesteld. De mogelijkheden van de leerlingen overtreffen de verwachtingen ruimschoots. Dat feit heeft natuurlijk belangrijke consequenties. Het is duidelijk dat we meer moeten aansluiten bij wat de leerlingen al weten en niet moeten doen alsof ze nog niets weten en dus op nul starten.

Een tweede zijspoor van het MORE-project is het noodzakelijke ontwikkelen van geschikte toetsen. De voorhanden zijnde toetsen bleken absoluut onbruikbaar. De binnen MORE ontwikkelde toetsen onderscheiden zich op vele manieren van de gebruikelijke. Zo wordt er in principe vanuit gegaan dat leerlingen de gelegenheid moet worden geboden om te laten zien wat ze kunnen en niet de nadruk leggen op wat ze niet kunnen. Verder onderscheiden de toetsen zich omdat er vaak meerdere ant-

woorden mogelijk zijn en op verschillende niveaus. De nadruk op het op eigen niveau presteren komt ook heel duidelijk tot uiting bij het maken van eigen en vrije produkties. Op deze wijze worden leerlingen gedwongen tot reflecteren en krijgt de leraar een schat aan informatie over de gevolgde werkwijze.

De nog immer druk gesticulerende dame maakt zich zorgen over haar onderdeel in de presentatie Zal ze zich de tijd gunnen om het allemaal helder en duidelijk uit te leggen? De heer maakt zich wat minder zorgen De sheets zijn ook zo mooi en overtuigend. Maar de onrust blijft. Vanavond nog maar eens goed alles op een rijtje zetten.

KAMER 8

De mensen zitten met de rug naar elkaar toe. Er wordt druk gepraat. Door de mensen, maar niet met elkaar. Iedereen is in een drukke conversatie gewikkeld met een computerscherm. De een uit niet mis te verstane krachttermen tegen het scherm, zonder dat de computer daar zichtbaar heet of koud van wordt. Een ander spreekt het scherm wat zachtaardiger toe en maant het tot wat meer speed, onderwijl ongedurig met de hand op het tafelblad tikkend. De derde zit gespannen naar het scherm te turen, rammelt wat op het toetsenbord en springt als door een wesp gestoken van zijn stoel op. De daarbij uitgeslaakte kreet laat weinig te raden over: 'Hij doet het'. De anderen stoppen onmiddellijk de conversatie met hun scherm en draaien de stoel om naar het scherm dat 'het' doet. Belangstellenden uit aangrenzende kamers snellen toe, want het is duidelijk dat hier iets belangwekkends wordt verricht.

Het team dat zich bezighoudt met het ontwikkelen van software die aansluit bij de diverse ontwikkelingsprojecten (cowo) heeft weer toege-slagen. Er is weer een nieuwe fase bereikt in de ontwikkeling van het pakket 'Ruimfig' dat ontwikkeld wordt in het kader van het PRINT-project. Een aantal jonge medewerkers vormt hier, samen met een aantal wat oudere rotten, een team dat zowel bij 12-16 als bij de HAWEX software ontwikkelt. Geen eenvoudige zaak omdat de filosofie die geldt voor alle projecten (Realistisch Reken-en Wiskundeonderwijs), ook dient te gelden voor de software. De software moet dus inzichtbevorderend werken en een duidelijke meerwaarde bieden boven het gebruik van boek en schrift. Nu is het in het geval van Ruimtelijke Meetkunde natuurlijk niet zo moeilijk een meerwaarde te bieden boven boek en schrift: door de ruimtelijke figuren te laten ronddraaien op het scherm wordt de drie-dimensionaliteit een stuk helderder, ook voor diegenen die daar in het algemeen grote problemen mee hebben. Hetzelfde geldt voor het Pakket 'Berg-Dal', waarbij de grafieken van functies van twee variabelen centraal staan. Prachtige ruimtelijke grafieken met bergen, dalen en zadelpunten verschijnen in no time op het scherm.

Heel wat problematischer liggen de zaken bij de variabelen. Hoe voer je variabelen in in de onderbouw van het voortgezet onderwijs? De brainstorming en gedachtenvorming in het Team 12-16 is nog lang niet afgeslo-

ten: binnenkort wordt een conferentie gehouden met 'deskundigen' om het draagvlak wat te verbreden, zoals dat zo mooi heet. Dat heeft voor het COWO-team natuurlijk ook grote gevolgen: moeten er machientjes gemaakt worden op het scherm waar je wat ingooit (input) en aan de andere kant wat uit komt (output) en de leerling moet raden volgens welk mechanisme het machientje heeft gewerkt? Of moet er iets heel anders komen?

Twee lijnen lijken nu duidelijk: algebra moet voortbouwen op rekenen en algebra moet worden ontwikkeld vanuit het oplossen van echte problemen. Hoe integreer je die twee lijnen optimaal en wat voor gevolgen heeft dat voor de software? Lastige problemen en des te nijpender omdat het PRINT-management alweer zit te wachten op een tussenrapportage. En daarin kun je niet altijd gewoon zeggen dat je er nog niet uit bent en dat er nog verder onderzoek nodig is. Dat kan niet want de 'randvoorwaardelijke kaders' van het PRINT-project leren dat men daar produktgeoriënteerd is, en dus snel concrete resultaten wil zien. Er wordt ter plekke besloten weer persoonlijk contact te zoeken met het PRINT-management en de gerezen problemen door te spreken. Het gezamenlijke doel blijft tenslotte de verbetering van het wiskundeonderwijs.

De zaken worden nog extra gecompliceerd omdat er nog meer mogelijkheden voor het ondersteunen van het algebra-onderwijs zijn. Binnen de vakgroep is een programmeeromgeving ontwikkeld, die aanvankelijk gebukt ging onder de naam SIMPLO, maar nu luistert naar de naam ALCOR. De bedoeling is om via eenvoudig programmeren binnen deze omgeving wat te leren over variabelen en algebra.

Vijf mensen staan gebiologeerd naar een scherm te kijken. Een uit felgroene lijnen bestaande platte figuur begint langzaam tot leven te komen en begint bij de toeschouwers de illusie te wekken dat ze naar een driedimensionale figuur staan te kijken die zich op hun bevel rondwentelt. Op dit moment schijnt niets anders te toeschouwers te kunnen bekoren. Er klinkt een kreet uit de gang: 'koffie met gebak'. Twijfel maakt zich meester van de aanwezigen. Aarzelend loopt de eerste toeschouwer weg. Als laatste blijft de ontwerper eenzaam over. Tevreden kijkt hij naar het scherm. 'Hij doet het'.

KAMER 9

De telefoon rinkelt. De kamerbewoner, net in gepeins verzonken met de benen op het volkomen met paperassen bedekte bureau, schrikt op en grijpt de hoorn. Bolivia aan de lijn. De benen zwaaien van tafel, daarmee gelijk het bureau wat ontruimend. Bolivia, dat betekent even concentreren, want het Engels dat daar gesproken wordt is niet altijd even duidelijk. Het is de Universiteit van Cochabamba die graag nog wat wensen door wil geven betreffende een samenwerkingsverband in het kader van Ontwikkelingssamenwerking. Het doel: verbeteren van het wiskunde- en informaticaonderwijs zowel op de universiteit als op middel-

baar niveau. Een groot en moeilijk project voor minstens drie jaar en met een miljoenenbudget. De wensen uit Bolivia zijn duidelijk: men wil wat meer computers. Zo gaat het vaak zoals de collega van de Landbouw Universiteit al zei: bij zijn projecten moeten er altijd nog wat jeeps in de aanvraag bij.

Inmiddels staan er wat mensen ongeduldig te wachten op de gang. Vragend kijken ze naar binnen. Een knikje achter de telefoon is voldoende en het volgende moment is de kamer vol. Dit bevordert zonder twijfel dat het telefoongesprek snel wordt afgerond.

De redenen van het bezoek zijn velerlei. 'De Baas' levert problemen. Deze ene zin is voldoende. In het kader van het INSP-project was de 'Baas' ontwikkeld. Het INSP was het Informatica Stimuleringsplan, een gezamenlijke opzet van de Ministeries van o & w, Landbouw en Visserij en Economische Zaken dat liep van '84 tot '88. Het NIVO-project was een onderdeel van het INSP. Het PRINT-project kan als een vervolg op het NIVO-project beschouwd worden.

'De Baas over de computer' is een door ow & oc ontwikkelde cursus en het daaraan verbonden onderzoek, die informatica betreft voor LBO/MAVO. De 'Baas' is een praktijkcursus, er wordt vooral gewerkt aan de computer en er wordt geen informatie gegeven over de computer. 'De Baas' is een groot succes geworden. Zo groot dat het de vakgroep in problemen kan brengen. Want wat het NIVO niet voorzien had, maar wel had moeten verwachten, is de grote hoeveelheid nazorg en onderhoud die de materialen vergen. Ook deze keer zijn er problemen met nazorg en met het verzenden van de grote hoeveelheid bestellingen.

Maar er zijn meer problemen. Het MINF-project (Middenbouw Informatica) wordt waarschijnlijk met een halfjaar verlengd. Uiteraard is er op dit moment, twee maanden voor de ingang van de verlenging, nog geen zekerheid, maar men is er zo langzamerhand aan gewend dat projecten met terugwerkende kracht worden goedgekeurd. Dat leert je dan vanzelf flexibel management, maar men zou soms wensen dat dat elders ook werd toegepast. Het MINF-project is een gezamenlijk project van Amsterdam en Utrecht. Het doel van het project is te onderzoeken binnen welke randvoorwaarden informatica als verplicht vak gegeven kan worden in klas drie of vier van HAVO en vwo. Het project heeft geresulteerd in een serie leerlingmaterialen die afronding behoeven. Vandaar de verlenging. Maar de mensen die het project uitvoeren zijn alweer toegedacht aan nieuwe projecten. Een veelbelovend project lijkt b.v. het ontwikkelen van ITS'en.

Deze Intelligent Tutoring Systems zouden ontwikkeld moeten worden voor breuken en algebra. Een avontuurlijk en ambitieus project waar ze op het ministerie al enkele maanden over aan het nadenken zijn. Het doel van het project is prima, de gevolgde strategie lijkt ook goed, maar welke garanties kunnen wij bieden dat de ontwikkelde producten ook inderdaad zullen functioneren zoals gewenst? Die garantie is nooit te geven en in dit geval zeker niet. Expertsystemen leken enkele jaren geleden een veelbelovende toekomst tegemoet te gaan, maar hebben inmiddels een teleurstellend verleden. Waarop is het optimisme van de projectmedewer-

kers in dit geval gebaseerd? Voor een gedeelte kan die vraag beantwoord worden: het optimisme is gebaseerd op een halfprodukt dat 'Eerlijk Verdelen' heet en ontwikkeld is in het kader van het NIVO-project. 'Eerlijk verdelen' gaat over breuken en verhoudingen en vormt een goed uitgangspunt voor een ITS breuken.

De telefoon rinkelt. Het Ministerie van o & w aan de lijn. Of we nog een keer kunnen komen praten over de projectaanvraag ITS.

KAMER 10

Een diepe zucht. Het plafond wordt aan een preciese bestudering onderworpen. β -didactiek, de rol van β -didactiek voor de wiskunde-didactiek. Een prachtige gedachte: het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, een centrum waar al de deskundigheid, onderzoek en nascholing van de exacte vakken in gebundeld wordt. Het briefpapier is er, er wordt regelmatig vergaderd, er is een openingsconferentie geweest en nu wordt er ook nog een bundel uitgegeven, waarin onder andere moet worden uiteengezet wat de meerwaarde van de β -didactiek is voor het werk bij ow & oc.

Het PLON-project schiet te binnen. In de tijd van het IOWO (instituut voor de ontwikkeling van het wiskundeonderwijs) werd regelmatig het PLON-project genoemd als een voorbeeld van een project waarvan de filosofie in het verlengde lag van die van het IOWO. Leek ook logisch: wiskunde en natuurkunde worden vaak in één adem genoemd. En bij oppervlakkige beschouwing leek het leerlingmateriaal ook wel overeenkomsten te hebben. Dus misschien bestaat er naast realistisch wiskundeonderwijs ook wel realistisch natuurkundeonderwijs. Of is er sprake van realistisch exacte vakken onderwijs? Maar hoe zit het dan met de zojuist benoemde hoogleraar domeinspecifieke onderwijstheorieën, in het bijzonder voor het reken- en wiskundeonderwijs?

Een drielaags-theorie lijkt voor de hand te liggen. Er is een algemene didactiek, er is een 'science'-didactiek en er is een wiskunde-didactiek. Bij de science is wiskunde inbegrepen.

Over de verschillen tussen de natuurwetenschappen en de wiskunde werd onlangs nog hevig gediscussieerd naar aanleiding van een artikel. Wiskunde is als enige van de sciences geworteld in het gezonde verstand. Bij de natuurwetenschappen ligt dat heel anders. Daar verstoort het gezonde verstand juist een goede conceptie van wetenschappelijke begrippen. De vraag doet zich voor of dit juist is. Het antwoord zal waarschijnlijk mede afhangen van de definitie van gezond verstand. In ieder geval een probleem dat binnen het Centrum nader onderzocht moet worden. Als de wiskunde zich inderdaad op dit vlak onderscheidt, zitten we dus op het 'wiskunde'-niveau, maar volgens andere vooraanstaande geleerden is wiskunde in dit opzicht juist niet van de natuurwetenschappen te onderscheiden en zitten we hier op het science-niveau. De consequenties van de uitkomst van deze discussie kunnen vergaand zijn: een consequentie zou kunnen zijn dat realistisch natuurkundeonderwijs dus niet mogelijk is.

In dat geval zou nog eens goed gekeken moeten worden naar de PLON-materialen.

Een andere consequentie zou de nieuw ingestelde leerstoel domeinspecifieke onderwijstheorieën kunnen betreffen. Hoe groot is het specifieke domein? Maar er zijn ook nog andere vragen te stellen.

De rol van de context bijvoorbeeld. De grote kracht van de wiskunde ligt onder andere in haar enorm brede toepassingsbereik. Dat heeft ondermeer tot gevolg dat een grote spreiding aan 'real worlds' mogelijk is om in te starten. Juist de spreiding van de diverse 'real worlds' maakt het vaak zo makkelijk om wiskundige concepten door de leerlingen te laten recreëren. Zelfs fantasie-werelden kunnen als real world worden ervaren, vooral door en voor jonge kinderen.

Hoe zit dat bij de natuurwetenschappen? Hebben die net zoveel vrijheidsgraden als de wiskunde? Een eerste opwelling doet je vermoeden van niet. En als dit vermoeden juist is, wat heeft dit dan voor gevolgen voor het onderwijs? Het is duidelijk dat het louter oprichten van het Centrum al gevolgen heeft voor de gedachtenspinsels van de medewerkers. Er liggen al direct interessante onderzoeksvragen voor het oprapen. Vragen die misschien al veel eerder gesteld hadden moeten worden.

De bestudering van het plafond wordt onderbroken. Een pen wordt ter hand genomen, de schrijver mompelt dat dit misschien gedachten zijn die waard zijn aan het papier toevertrouwd te worden. De telefoon rinkelt maar wordt niet opgenomen. Eerst dat artikel.

11. OVERIGE KAMERS

Uiteraard is het ondoenlijk (alhoewel) en in ieder geval ongewenst om alle kamers langs te gaan. De individuele zwoegers, de noeste schrijvers, de organiseerders, de drukkers en kopieerders, de tekstverwerkende mooimakers, de uithuizigen: op school, op conferenties, op spreekbeurten, op het ministerie, in het buitenland, of gewoon de thuiswerkers.

Een kamer die, ver na vijven, in halfduister gehuld is, met uitzondering van een kegel van licht die op een met de hand beschreven A-4-tje valt. De krassende pen is het enige geluid, af en toe vergezeld van wat onduidelijk instemmend gemompel. Soms echter een grom, gevolgd door een vervaarlijk gekras van dezelfde pen die al zijn vorige inspanningen weer ongedaan maakt.

Een kamer waar nog snel een nietje geslagen wordt door een stapel leerlingmaterialen die in het kader van het PWN-project gemaakt zijn. Bij het Proefstation West-Nederland wordt onderzoek gedaan naar het effect van het plaatsen van veel computers op school, samen met de Vrije Universiteit.

Een kamer waar in hoog tempo etiketjes op enveloppen geplakt worden met de uitnodigingen voor de promotie. Net als de laatste fase van het gereedkomen van het proefschrift, vindt ook dit organisatorisch gedeelte onder hoge tijdsdruk plaats.

Een kamer waar de laatste hand wordt gelegd aan de lay-out van artikelen voor het Tijdschrift voor het Nederlands Wiskundeonderwijs, een blad dat vroeger alleen de naam de Nieuwe Wiskrant droeg.

Een kamer waar de glazen worden geheven: de jonge jenever, de rode wijn, en voor de afgekicken de jus d'orange, vloeien rijkelijk. De sfeer is buitengewoon opgewekt en de sterke verhalen volgen elkaar in rap tempo op. De grappen blijven natuurlijk niet uit. Het peil in de flessen lijkt te wedijveren met het peil van de discussie. Buiten giert de wind en de regen slaat tegen de ramen. Het is vrijdag, half zeven.

WISKUNDE-ONDERWIJSTHEORIE OF B-ONDERWIJSTHEORIE?

A. Treffers
Vakgroep OW & OC

1. INLEIDING

Eind 1968 kwam in de eerste rekenpeiling einde basisonderwijs naar voren dat het onderwerp 'verhoudingen in procenten' uiterst magere resultaten opleverde (Wijnstra, 1988).

De concrete vraag die in dit artikel wordt gesteld is dan ook hoe het onderwijs op die gebieden moet worden ingericht willen leerlingen bijvoorbeeld een opgave, zoals weergegeven in figuur 1, inzichtelijk kunnen oplossen (De Moor, 1989).

ONTVANGEN VAN FA / HEER MEVR. J. MEJ.

langelaan
visitekaartjes

vijftien gulden

FL. 13,- B.T.W. 3,- (20%)

f 15,-

~~15,-~~

AMSTERDAM. 5-11-88

Fig. 1 BTW-bon?

Of misschien mogen we nog wat verder gaan en de lezer er zelf bij betrekken. Hoe moet de leergang verhoudingen en procenten worden opgezet willen we in staat zijn de fout in de NRC-nieuwjaarsgrap (1989) op te sporen, te corrigeren en de vraag te beantwoorden: er had niet 1 % maar ..% van 1989 afgetrokken moeten worden (fig. 2)¹.

Welke onderwijstheorie ligt aan het zogenoemde concept van het realistische wiskundeonderwijs ten grondslag?

1 NRC-Handelsblad, maandag 2 januari 1989



Fig. 2 BTW verlaging 1½% - twee grappen?

Dit is de kernvraag die we in deze bijdrage zo concreet mogelijk proberen te beantwoorden. We doen dit om te beginnen aan de hand van de staartdeling. En daarna met 'verhoudingen en procenten'.

Als min of meer contrasterende achtergrond van de realistische onderwijstheorie wordt de structuralistische onderwijsaanpak opgevoerd. Deze onderwijstheorie is mede als een specificatie van algemene onderwijstheorieën op te vatten. Wat tot gevolg heeft dat we zicht kunnen krijgen op de verschillen tussen een typisch vakdidactische theorie enerzijds, en cognitief psychologische en handelingspsychologische theorieën anderzijds. Tenslotte tippen we nog even de kwestie van het vakspecifieke karakter aan. Is het beschreven onderwijstheoretische kader specifiek voor het reken-wiskundeonderwijs?

2. VOORBEELD VAN EEN REALISTISCHE LEERGANG

Een realistische leergang 'staartdelen' zou met het volgende probleem kunnen starten².

'Op een ouderavond van de school komen 81 ouders. Aan één tafel kunnen zes ouders zitten. (fig. 3)

Hoeveel tafels moeten er worden geplaatst?'

2. De les werd gegeven door de PABO-docent W. Uittenboogaard in het kader van het project 'Nieuwe Media' (vakgroep OW & OC).

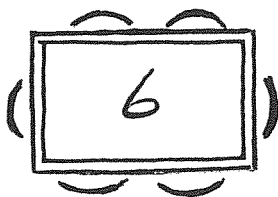


Fig. 3

De oplossingsmethoden uit één klas van zeventien leerlingen uit groep vijf blijken de volgende.

- Zeven leerlingen tellen herhaald op ' $6 + 6 + 6 + 6 \dots$ ' of ' $6, 12, 18, \dots$ ' of lopen de tafelij af: ' $1 \times 6; 2 \times 6; 3 \times 6; \dots$ '
- Zes leerlingen rekenen verkort; ze nemen eerst 10×6 en rekenen vanaf zestig verder, soms via optellen, soms via vermenigvuldigen.
- Eén leerling weet $6 \times 6 = 36$, verdubbelt, $12 \times 6 = 72$ en plaatst dan nog twee tafels bij.
- Van drie leerlingen is niet te achterhalen hoe ze hebben gerekend.

In de nabespreking brengt de onderwijsgevende de drie genoemde oplossingen naar voren. De kinderen stellen daarbij zelf vast dat de tien-keermethode heel handig is.

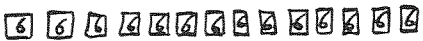
Het tweede deel van de les is aan een soortgelijk probleem gewijd.

'Hoeveel potten koffie moeten er voor de ouders worden gezet? In één koffiepot zitten zeven kopjes koffie, en iedere ouder krijgt één kopje.'

Wat hebben de kinderen in het eerste deel van de les opgestoken; gaan ze handig rekenen? Dat blijkt inderdaad het geval te zijn.

- De stap-voor-stap manier wordt nog maar door één leerling gevolgd (eerst waren er zeven).
- Dertien leerlingen rekenen nu met een hap van tien, $10 \times 7 = 70$ (eerder waren dat er zes).
- Geen leerling gaat uit van 7×7 (was er één).
- En ook nu kan van drie leerlingen niet worden achterhaald hoe ze werkten.

De aanzienlijke verschuiving naar de tien-strategie komt onder meer in het werk van Linda tot uitdrukking (fig.4).

81 mensen 6 mensen aan één tafel

 14 tafels

7 kopjes in een koffiepot
 $10 \times 7 = 70 + 7 = 77 = 12$ koffiepotten

Fig. 4 Werk van Linda

In een volgende fase, wordt het staartdelingsschema geïntroduceerd.

6/81\	
60	10 tafels
21	
18	3 tafels
3	
3	1 tafel
0	
	14 tafels

Dit schema is uiteraard niet alleen bruikbaar voor opdelen maar ook voor verdelen. Bijvoorbeeld voor het eerlijk verdelen van 81 objecten over zes personen. Alleen staat dan in plaats van 'tafels' de aanduiding 'per persoon'. En ... het antwoord is nu anders. Afhankelijk van de context kan het 13 of $13\frac{1}{2}$ zijn, of nog iets anders.

In een wat latere fase wordt met grotere getallen gewerkt.

'Er worden 1128 soldaten vervoerd in bussen met 36 zitplaatsen. Hoeveel bussen zijn nodig?''³

Differentiatie in de oplossingsmethoden treedt nu op (fig.5).

36/1128\		35/1128\		36/1128\	
<u>360</u>	10 bussen	<u>720</u>	20	<u>1080</u>	30
768		408		48	
<u>360</u>	10 bussen	<u>360</u>	10	<u>36</u>	1
408		48		12	
<u>360</u>	10 bussen	<u>36</u>	1		
48		12			
<u>36</u>	1 bus				
12					
(a)		(b)		(c)	

Fig. 5 Oplossingsniveaus bij 1128 : 36

3. Dit probleem werd aan 45.000 dertienjarigen in de Verenigde Staten voorgelegd in het kader van het derde 'National Assessment of Educational Progress' (NAEP). Globaal zijn de resultaten:

- 30% voerde de berekening verkeerd uit;
- 30% gaf als antwoord 31 rest 12;
- 15% antwoordde 31;
- 25% krijgt 32, het juiste antwoord.

In het Nederlandse PPON-onderzoek ligt de goedscore einde basisschool bij een vergelijkbaar probleem ($326 : 12$ in een context ingekleed) wat hoger, ongeveer 35% (Carpenter, 1983; Bokhove, 1989).

In deze oplossingen tekent zich het abc van de hele leergang af. Weliswaar is het de bedoeling dat alle leerlingen niveau c bereiken. Alleen komt de ene leerling sneller tot de verkorte rekenwijze dan de andere.

Maar zelfs als een kind op niveau b of a blijft steken kan het per saldo een staartdeling maken. Uiteraard wordt in deze leergang ook met kale delingsopgaven geoefend. Maar zo'n bussenprobleem blijft dan nog wel voortdurend op de achtergrond staan. Al rekenend kunnen kinderen zich een dergelijke vervoerssituatie voor ogen stellen. Daarmee verkrijgen de procedurehandelingen als het ware een concrete ondergrond, en controle op en sturing van het rekenwerk blijft mogelijk. Ook worden kinderen in de gelegenheid gesteld zelf opgaven te bedenken: kale sommen maar ook toepassingsopgaven.

Op het allerhoogste niveau kan tenslotte de structuur van de staartdeling zelf tot onderwerp van onderzoek worden gemaakt. Een voorbeeld:

'Bereken $1128 : 36$ met behulp van de rekenmachine en vervolgens het restgetal van de staart.'

Om een dergelijke opdracht te kunnen oplossen moet de structuur van het staartdelingsschema worden ontleed, hetgeen niet voor alle leerlingen haalbaar zal zijn. Wat echter wel haalbaar blijkt, is het leren uitvoeren van de staartdelingsprocedure in één of andere vorm van verkorting, en daar gaat het allereerst om.

3. ONDERWIJSTHEORETISCH KADER GEVORMD DOOR '5 X 5' ONDERWIJSLEERPRINCIPES

Aan de hand van de zojuist geschetste leergang van de staartdeling zullen de vijf voornaamste leer- en onderwijsprincipes worden beschreven die aan dergelijke 'realistische' leergangen ten grondslag liggen (Treffers, 1989). De aanduiding 'realistisch' wil zeggen dat in dergelijk soort onderwijs toepassingssituaties een belangrijke functie vervullen - we komen daarop later nog terug.

Bij ieder van de vijf beschreven principe-paren zal eerst het leerbeginsel worden besproken en dan het onderwijsprincipe.

L.O. 1: Construeren en concretiseren

Het eerste leerbeginsel is de stelregel dat wiskunde leren eerst en vooral construeren is. Wat in tegenstelling staat tot de opvatting van leren als absorberen van kennis die wordt aangedragen of overgedragen. Dit constructie-kenmerk is in de geschetste leergang duidelijk waarneembaar: de leerlingen vinden de delingsprocedure zelf uit.

Dat is mogelijk doordat er bij de start van de leergang een concrete oriënteringsbasis voor de te leren vaardigheid wordt gelegd - het eerste onderwijsprincipe. Door de introductie van het bussenprobleem realiseren de kinderen zich waar de rekenoperaties werkelijk naar verwijzen.

L.O. 2: Niveaus en modellen

Het tweede leerbeginsel luidt: leren van een reken-wiskundig begrip of een vaardigheid is een proces dat zich vaak over lange termijn uitstrekt en zich op verschillende abstractieniveaus beweegt. Dit niveau-kenmerk zien we in de oplossingswijzen a, b en c van figuur 5. Eerst verwijzen de notaties naar de delingssituatie met de bussen: het concrete rekenen is dan nog contextgebonden. Later op het schematische niveau kan die concrete verwijzing nog wel worden opgeroepen maar refereert de wijze van noteren er al niet meer aan - zie de oplossingen b en c van figuur 5. Terwijl op het derde, abstracte niveau de procedure-handelingen volledig binnen het formele getallensysteem worden begrepen. Daar kan de structuur van het algoritme worden doorzien en is de toepasbaarheid van het delen sterk verruimd.

Om echter die niveauverhoging te kunnen bewerkstelligen moeten de leerlingen wel over hulpmiddelen beschikken om de kloof tussen het concrete en het abstracte te helpen overbruggen. Materialen, visuele modellen, modelsituaties, schema's, diagrammen en symbolen fungeren als zodanig.

Bij de termen 'concreet' en 'abstract' moet trouwens niet zozeer aan absolute niveau-indicaties gedacht worden. Het zijn veeleer relatieve termen: wat namelijk in het aanvangsonderwijs nog abstract is, een kaal getal bijvoorbeeld, kan in de bovenbouw van de basisschool volledig concreet zijn. Waarmee tevens gezegd is dat een concrete oriënteringsbasis (zie het eerste onderwijsbeginsel) niet perse in de materiaalsfeer of in realistische contextsituaties hoeft te liggen. Ook schematiseringen, modellen of het vaksysteem zelf kunnen op een gegeven moment een concrete grondslag vormen voor het leerproces, zoals bijvoorbeeld het rekensysteem als basis voor algebra.

L.O. 3: Reflectie en bijzondere opgaven

Het leren van rekenen-wiskunde en in het bijzonder de niveauverhoging van het leerproces wordt bevorderd door reflecteren, dus door na te denken over het eigen denken en dat van anderen - dit is het derde leerbeginsel. Een voorbeeld daarvan is het genoemde bussenprobleem met 'rest'. Maar ook de opgave om die staartrest met behulp van de rekenmachine te vinden, waarbij de relatie tussen het restgetal en het komma-deel van het quotiënt gelegd moet worden. De belangrijkste categorie is echter de opdracht om zelf opgaven te produceren.

Dit brengt ons bij het derde onderwijsprincipe dat luidt: de leerlingen dienen voortdurend de gelegenheid te krijgen en gestimuleerd te worden om op belangrijke knooppunten in de leergangen terug te blikken op de reeds afgelegde leergang en te anticiperen op wat nog komt.

Belangrijke opgaven waarmee één en ander kan worden nagestreefd zijn de zojuist genoemde vrije produkties en de conflict-problemen.

In het geval van de staartdeling leveren die vrije produkties informatie over (a) de grootte van de getallen waarmee de kinderen kunnen of durven te werken, (b) het niveau van schematisering en verkorting waarop ze rekenen, (c) mogelijke systematische fouten en (d) de toepassingsopga-

ven, in casu de soorten delingen (opdelen, verdelen, inverse vermenigvuldigen).

Voorbeeld van een conflict-probleem is het volgende: 'Als van ieder van twee delingen de uitkomst '31 rest 12' is, zijn de oorspronkelijke delingen dan noodzakelijkerwijs gelijk of gelijkwaardig?'

Op grond van de gangbare wijze van redeneren en noteren zijn we geneigd om deze vraag bevestigend te beantwoorden. Maar bij nader proberen en analyseren ontdekken we dat dit toch niet juist is. Want met een deler van 36 is de uitkomst '31 rest 12' in feite $31\frac{1}{3}$, maar is de deler 24 dan krijgen we $31\frac{1}{2}$! Via de conflictsituatie komen we na reflectie tot een nadere doordenking van de structuur van de staartdeling.

L.O. 4: Sociale context en interactie

Leren is niet louter een solo-activiteit maar speelt zich af in een gemeenschap en wordt door die sociaal-culturele context gericht en gestimuleerd - het vierde leerbeginsel.

Bij het leren van de staartdeling vindt van meet af aan een levendige uitwisseling van ideeën plaats. De eerste vondst die wordt besproken is de regel om maar direct tien tafels te plaatsen of tien bussen te laten rijden, een oplossing die al gauw door iedere medeleerling wordt begrepen en overgenomen. Verdergaande verkortingen worden besproken, gewogen en (vaak) nagevolgd. Ook de vrije produkties van kale opgaven en aangeklede probleemsituaties (denk aan '1128 : 36' in wisselende contexten met gevarieerde uitkomsten, 31 of 32. Of 31, 33 of $31\frac{1}{3}$...) worden in de groep gebracht en kunnen aanzetten tot handige of minder handige oplossingsmethoden. Naast het individuele werken fungeert dus het groepswerk mede als aanjager voor leren.

Het vierde onderwijsprincipe luidt dan ook, dat het reken-wiskundeonderwijs interactief van aard dient te zijn. Dat wil zeggen, dat het naast de ruimte voor individueel werken ook gelegenheid moet bieden tot uitwisseling van ideeën, weerleggen van argumenten, en zo meer.

L.O. 5: Structureren en verstrengelen

Tenslotte maken we de principe-kring af door aan te sluiten op het eerste beginsel. Wiskunde leren bestaat niet uit het absorberen van een verzameling losse kennis- en vaardigheidselementen, maar is het construeren van kennis en vaardigheden tot een gestructureerd geheel. Nieuwe begrippen en mentale objecten worden in het bestaande kennisbestand ingepast of zorgen ervoor dat die kennisstructuur in mindere of meerdere mate wordt aangepast.

Zo kan de deling met de drie andere basisoperaties worden verbonden via het bussenprobleem. Aanvankelijk wordt dat namelijk via herhaald optellen, herhaald aftrekken of aanvullend vermenigvuldigen opgelost. Later wordt delen steeds meer verzelfstandigd, tot een operatie met een geheel eigen signatuur. Maar de verbinding met de andere operaties blijft bestaan. Cijferen, hoofdrekenen, lange en korte rekenprocedures, en het maken van toepassingen bij het delen vormen zodoende een gestructureerd geheel.

Voor het vijfde onderwijsprincipe houdt dit in dat leergangen zoveel mogelijk met elkaar verstrengeld dienen te worden.

En tevens dat het pure rekenen en het maken van toepassingen van meet af aan met elkaar verbonden moeten zijn. De realiteit is derhalve zowel bron als toepassingsgebied van wiskundige begrippen en structuren, vandaar de term realistisch wiskundeonderwijs.

De structuur van de onderwijsleerprincipes

In het voorgaande werden de volgende leerbeginselen en onderwijsprincipes gekoppeld:

- de opvatting van leren als construeren (L.1) met het leggen van een concrete oriënteringsbasis (O.1);
- het niveau-karakter van het leren bezien over lange termijn (L.2) met het verschaffen van modellen, schema's en symbolen (O.2);
- het reflectieve aspect van het leren (L.3) met het laten maken van bijzondere opdrachten, met als belangrijkste categorieën de vrije productie-opgaven en de conflictproblemen (O.3);
- leren als sociale activiteit (L.4) via interactief onderwijs (O.4);
- en het structuur- of schemakarakter van het leren (L.5) met het vervlechten van leergangen zowel onderling als per leergang met de realiteit (O.5).

De bovengenoemde koppelingen zijn echter arbitrair, want elk leerbeginsel kan in principe met ieder onderwijsbeginsel worden verbonden. Een willekeurig voorbeeld L.2-O.4. Aan de hand van de staartdeling is duidelijk dat in interactief onderwijs de verschillende niveaus in het leerproces naar voren komen in de min of meer verkorte oplossingen en notatiewijzen, plus de contextgebondenheid van het uitvoeren van de mentale rekenprocedures. Of neem L.3 en O.5.:

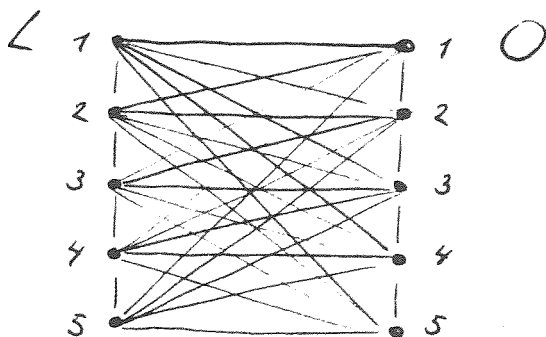


Fig. 6

door de vervlechting van de leergang van het delen met andere leergangen is reflectie op verschillende oplossingsmethoden mogelijk.

De onderwijsleerprincipes vormen een structuur waarin alle fundamentele aspecten van onderwijs- en leertheorieën besloten liggen (fig.6). Het specifieke van deze 5x5-structuur kan echter pas duidelijk naar voren

komen indien ze in verbinding met een concrete onderwijsinhoud wordt gebracht, zoals bijvoorbeeld de staartdeling. Het is geen formeel maar een inhoudelijk bepaalde structuur. Toch kreeg de inhoudelijke typering nog wat weinig reliëf omdat er geen enkel alternatief voor de realistische leergang werd beschreven: de contrasterende achtergrond kwam nog niet in beeld. Dat zal dan ook in het volgende gebeuren, waar we een 'structuralistische' leergang staartdelen beschrijven zoals die met name ook in algemeen onderwijsleertheoretisch onderzoek vaak wordt uitgezet.

4. VERDERE INHOUDELIJKE UITWERKING VAN DE REALISTISCHE '5X5'-STRUCTUUR

Zowel in cognitief psychologisch als in handelingstheoretisch onderzoek komt bij het aanleren van de cijferprocedures, waaronder de staartdeling, de nadruk sterk op het positie-systeem te liggen. De getallen worden uiteengelegd in eenheden gepresenteerd door kubusjes, in tientallen met staven van tien, in honderdtallen via vierkante plakken met tien staven enzovoort. In het geval van de staartdeling wordt dit positiemateriaal eerlijk verdeeld, en de opbrengst ervan later genoteerd in een vorm die naar die materiaalverdeling verwijst (voorbeeld: Borghouts-Van Erp, 1978). (fig.7)

						
3		7	8		2	6
		6				
		1	8			
		1	8			
			0			

Figuur 7: Staartdeling met materiaal

Van meet af aan wordt op de meest verkorte rekenwijze, het standaard-algoritme, aangestuurd. Geleidelijk aan worden de deeltallen vergroot, raakt het manipuleren met blokken steeds meer op de achtergrond en verdwijnt allengs zelfs de verwijzing naar die blokken in het notatieschema. Zowel bij de trapsgewijze vorming van mentale handelingen (Gal'perin) als in de 'mapping theory' (Resnick) wordt zo'n leergang globaal als volgt opgebouwd⁴:

4 Zie voor interpretatie Gal'perins werk met betrekking tot de staartdeling noot 7. Zie voor de 'mapping theory': Resnick, 1982; Resnick & Omanson, 1987.

- eerst positie-blokken verdelen;
- dit daarna koppelen aan het noteren van de verdeling in een schema;
- dan de deling uitvoeren en noteren zonder manipuleren, maar via kijken en verwoorden van de verdelingshandelingen;
- en tenslotte het louter mentale rekenen en het noteren van de staartdeling zonder voorbedrukt schema.

Kort gezegd heeft een dergelijke structuralistische opbouw de volgende bezwaren.

De methode is sterk voorschrijvend en in zekere zin onnatuurlijk. Natuurlijk is dat kinderen in ons voorbeeld van $78 : 3$ eerst tot een verdeling van twee staven en twee kuben komen, en pas dan de resterende twaalf (één staaf, twee kuben) gaan verdelen. Maar aangezien direct op de meest verkorte rekenwijze van het standaardalgoritme wordt aangestuurd, is er vrijwel geen ruimte voor dergelijke informele strategieën.

Wellicht is nog zwaarwegender dat het maken van toepassingsproblemen door deze structuralistische methode bemoeilijkt wordt. Neem de eerdergenoemde problemen ' $81 : 6$ ' van de ouderavond en ' $1128 : 36$ ' van de bussen. Bij ' $81 : 6$ ' krijgen we eerst één staaf in het delingsschema. Wat we dan doen is echter in de betreffende context volstrekt onduidelijk. Blijkbaar hebben we de ouders eerst verdeeld in acht groepen van tien.

Verdeling over of door zes zou één groep van tien mensen moeten opleveren. Maar nee, het zijn nu ineens tien tafels! Kortom, de procedurehandelingen met de blokken passen niet bij het betreffende toepassingsprobleem. En dat geldt evenzeer bij het bussenprobleem. Natuurlijk kan men voor beide gevallen blokken gebruiken - bijvoorbeeld om blokken op een tafel te plaatsen of in een bus te zetten - maar de handelingen die men dan uitvoert komen in dat geval overeen met die van de eerder geschetste realistische aanpak en niet met de zojuist genoemde structuralistische opzet. Gevolg is dat in de allereerste fase van het structuralistische onderwijs of geen toepassingen worden gegeven of slechts eenzijdige problemen worden gesteld.

Kortom, het probleem met de structuralistische opzet van de leergang staartdelen is dat het algoritme voornamelijk op het derde, abstracte niveau wordt aangeleerd. Deze rekenprocedure vertoont echter slechts eenzijdige overeenkomsten met de rekenmanieren die kinderen bij het oplossen van contextproblemen op het eerste, concrete niveau hanteren.

En dit heeft weer tot gevolg dat men moet proberen de kloof tussen puur rekenen en toegepast rekenen te overbruggen door kinderen allerlei (delings-)schema's te leren die erop gericht zijn delen in toepassings situaties te herkennen. Men moet, zoals gezegd, deze onderwijsstrategie wel volgen omdat het contextgebonden rekenen en het vaksystematische rekenen (in casu het algoritme) niet op elkaar aansluiten.

In de realistische opzet daarentegen wordt het vaksystematische eindalgoritme niet op directe wijze nagestreefd, doch geleidelijk aan via het maken van contextproblemen en het contextgebonden rekenen. Puur rekenen en toepassen gaan daarbij hand in hand en zijn dus niet, zoals in de structuralistische aanpak van meet af aan gescheiden. Bij het maken

van toepassingsopgaven gaat het dan niet primair om het herkennen van de operatie. Het is eerder omgekeerd: door de toepassingen wordt de operatie aangeleerd en de berekeningswijze betekenis verleend.

In de structuralistische methodiek komt de *5x5-onderwijsleerstructuur* dus niet tot z'n recht. Het constructie-beginsel kan beperkt worden toegepast, omdat er geen hechte concrete oriënteringsbasis wordt gelegd. De blokbenadering is in feite even abstract als het werken met symbolen.

Dat komt, zoals we zagen, omdat de materiële handelingen niet op een natuurlijke wijze aansluiten op de mentale operaties met de symbolen in de staartdelingsprocedure. En sterker nog, soms zelfs strijdig zijn met de informele methoden die bij het oplossen van contextproblemen worden gebruikt.

Dit houdt tevens in dat de niveaus in het leerproces over langere termijn niet opeenvolgend doorlopen kunnen worden. Het contextgebonden rekenen op het concrete niveau wordt niet als basis gebruikt voor het vaksystematisch bepaalde pure rekenen en de brede toepassingen ervan op het abstracte niveau. In plaats daarvan wordt een niveau-indicatie van materieel naar mentaal handelen gesteld die noch op het pure rekenen noch op het maken van toepassingen is toegesneden. Anders gezegd: noch voor het pure rekenen noch voor het maken van toepassingen worden adequate hulpmiddelen in de vorm van materialen, modellen, schema's en symbolen verschaft. Dit alles heeft weer tot gevolg dat het reflecteren en het sociale element van het leren onvoldoende tot gelding kunnen komen. De kinderen krijgen immers eenvoudigweg te weinig speelruimte om hun eigen methoden te ontwikkelen. De leergangen voor het staartdelen, hoofdrekenen en het maken van toepassingen zijn niet verstrengeld, maar van elkaar geïsoleerd. De kennisstructuur die ontstaat is dan ook in beginsel betrekkelijk arm.

Ziehier, scherp gesteld, de contrasterende achtergrond van de realistische *5x5-onderwijsleerstructuur*, waarmee we de genoemde principes wat meer reliëf geven. We deden dit weliswaar met de staartdeling als voorbeeld, maar hadden even goed het optellen en aftrekken onder de honderd als paradigma kunnen noemen. Of het rekenen met procenten, of breuken, of oppervlakte.

Bij al deze leergangen zien we namelijk dat in de structuralistische opzet direct op de definitieve rekenprocedures wordt aangestuurd met behulp van concretisering die rekenhandelingen uitlokken welke niet geheel of geheel niet isomorf zijn met de beoogde eindhandelingen. Plus dat deze eindhandelingen aanvankelijk niet overeenkomen met de informele rekenwijzen die kinderen bij het maken van toepassingsproblemen gebruiken. En dat de kloof tussen één en ander wordt gedicht door de kinderen schema's te leren om de passende operaties in contextproblemen te leren herkennen. Maar tevens constateren we dat die schema's niet (kunnen) worden benut om de betreffende rekenprocedures (bij procenten, breuken etc.) aan te leren - dus steeds hetzelfde didactische patroon als bij de staartdeling. Deze structuralistische methode wordt echter frequent in zowel onderzoek van de cognitieve psychologie als de handelingspsy-

chologie gehanteerd. Maar omdat dergelijk onderzoek te geïsoleerd is opgezet, wat immers inherent is aan de structuralistische aanpak, zijn de uitkomsten ervan vaak van beperkte waarde.

Men kan stellen dat het structuralisme te weinig recht doet aan het domeinspecifieke karakter van de wiskunde. Typerend voor de wiskundige activiteit is namelijk, volgens realistische visie, dat de opbouw van de elementaire vaardigheden via een proces van heruitvinding of zelfstandige constructie kan plaatsvinden, ja zelfs moet plaatsvinden willen de wiskundige regels en structuren ruim toepasbaar zijn. Of preciezer gezegd, dat het wiskundige leren in het 5x5-kader past van de progressieve mathemativering. De vuistregel voor het ontwikkelen van wiskundeonderwijs is dan ook dat de ontwikkelaar aanvankelijk vooral naar die toepassingsproblemen zoekt welke modelkarakter bezitten, dus problemen die model kunnen staan voor het formele werken op het vaksystematische, abstracte niveau. Puur rekenen en het maken van toepassingen zijn van meet af aan verbonden. Deze realistische ontwikkelingsstrategie wordt ook bij andere onderwerpen zoals bij evenredigheden en procentrekenen gevolgd.

5. TOEPASSING VAN HET ONDERWIJSTHEORETISCHE KADER OP VERHOUDINGEN EN PROCENTEN

Vanuit vaksystematisch en structuralistisch standpunt bezien kan men zich terecht afvragen waartoe verhoudingen eigenlijk dienen. Immers, wat in de taal van verhoudingen wordt gesteld - 3 op 4, of 3 staat tot 4, of 3 : 4 - kan ook met de breuk $\frac{3}{4}$ worden beschreven. Waarom zouden we het ingewikkeld maken als het makkelijk kan? Verhoudingen dienen dus puur wiskundig gezien nergens toe en kunnen derhalve worden afgeschaft. Dat wil zeggen dat het werken met verhoudingen vervangen kan worden door het rekenen met breuken. En dat is wat er in het structuralistische onderwijs gebeurt.

Vanuit realistische optiek is deze didactische unificatie onterecht. Want van jongs af aan opereren kinderen met verhoudingen zonder iets van breuken af te weten. En bij deze mentale vaardigheden moeten we aanknopen - aldus de realisten. Aanknopen bij verhoudingen in de kijkwereld bij vergroten, verkleinen, bij verhoudingsgetrouw afbeelden, bij modellen, foto's en kaarten, waar het gaat om het vergelijken van situaties - eerst louter visueel later meer numeriek. Aanknopen bij ervaringen met eerlijk verdelen, mengen, inwisselen, omzetten. Aanknopen ook bij grootheden als prijs-gewicht, aantal-prijs, tijd-weg die hecht met elkaar verbonden zijn. En tenslotte aanknopen bij procenten.

Bij de numerieke benadering van (gelijkwaardige) verhoudingen - waartoe we ons hier beperken - heeft de lege, tweezijdige getallenlijn een belangrijke modelfunctie. Ze biedt namelijk een passende schematisering voor alle genoemde verhoudingsproblemen en fungeert tegelijkertijd als denkmodel (bij het oplossen van toepassingsproblemen) en als rekenmodel (als hulpmiddel bij het pure rekenen). Dus eenzelfde brugfunctie als de

enkelzijdige, lege getallenlijn vervult voor het aanvankelijke optellen en aftrekken (fig. 8).

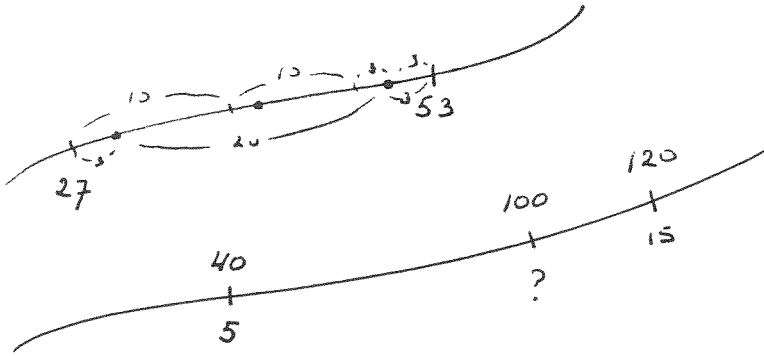


Fig. 8 Twee lege soorten getallenlijnen

De gewone 'lege' getallenlijn kan bijvoorbeeld dienen om een aftrekprobleem op te lossen zonder dat de leerlingen daarin een aftrekking herkennen. Dus zonder dat ze in staat zijn het aftrekalgoritme toe te passen (het enige rekenmodel dat hen in structuralistisch onderwijs meestal wordt aangeleerd) kunnen ze, bijvoorbeeld via (verkort) bijtellen, de volgende opgave met zo'n model toch oplossen:

'Het boek bevat 53 bladzijden. Ik heb er 27 gelezen. Hoeveel moet ik er nog lezen voor het boek uit is?'

Ze kiezen daarbij zelf hun ankerpunten (bijvoorbeeld bij 30, 40, 50 of bij 37, 47, 50 etc.).

En precies zo kan de dubbelzijdige 'lege' getallenlijn helpen om evenredigheidsopgaven op te lossen zonder dat de leerlingen het algoritme van 'de regel van drie' kennen om de onbekende, vierde evenredige te bepalen ($120 : 15 = 100 : x$; $120x = 1500$; $x = 12,50$).

'Een wandelaar loopt in twee uur vijftien kilometer. Hoeveel kilometer heeft hij, bij constante snelheid, in honderd minuten afgelegd?'

Men kan deze situatie visualiseren als in figuur 8. In feite gaat het echter precies omgekeerd. Het realistische wiskundeonderwijs start met zo'n contextprobleem en bouwt daarmee het schema van de dubbele getallenlijn op.

Ook hier weer wordt vervolgens niet direct op het eindalgoritme aangestuurd - de regel van drie - maar ontwikkelen de kinderen dit algoritme geleidelijk aan via schematisering en verkorting. Daarbij komt op een gegeven ogenblik ook de omzetting van de dubbelzijdige getallenlijn in de verhoudingstabel aan de orde (fig.9).

40	100	120
3	?	15

Fig. 9 Verhoudingstabel

Zowel de tweezijdige getallenlijn als de daaruit voortkomende verhoudingstabel hebben belangrijke denk- en rekenfuncties:

- ze komen voort uit contextopgaven, zijn schematiseringen ervan;
- ze ondersteunen de begripsverwerving in casu de equivalentierelatie van verhouding;
- ze helpen de leerlingen los te komen van het contextgebonden rekenen op het eerste, concrete niveau;
- ze dragen bij tot het ontdekken van alle mogelijke eigenschappen van verhoudingen al dan niet in toepassingssituaties gesteld;
- en ze bevorderen het algoritmiseringsproces omdat ze zich lenen voor verdere verkorting (Streefland, 1986).

Neem bijvoorbeeld het BTW-bonprobleem uit de inleiding. Dit kan worden gevisualiseerd op de tweezijdige 'lege' getallenlijn, bijna precies dezelfde als die van straks (fig. 10).

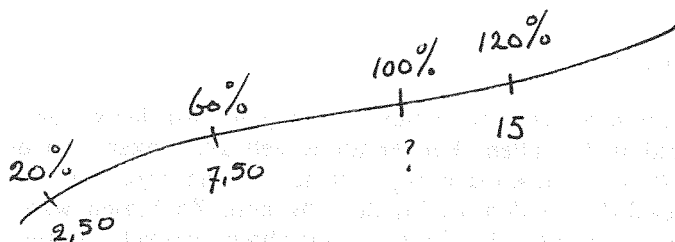


Fig. 10 Tweezijdige lege getallenlijn

Er zijn vele manieren om het vraagstuk op te lossen:

- terugstappen naar 60% en fl. 7,50 en dan naar 20% en fl. 2,50;
- vervolgens liggen dan twee vervolgwegen open: we stappen 20% terug vanaf 120% en komen zo bij fl. 15,- - fl. 2,50 = fl. 12,50, of nemen 5 x 20% en derhalve ook 5 x fl. 2,50;
- natuurlijk kan ook de lange weg worden gekozen, namelijk terug van 120% naar 1%, dan naar 100%;
- ook kunnen de relaties in of tussen de verhoudingen worden gebruikt: de verhouding 12 : 15, dus van 4 : 5 overdragen op die van 100 : ?, of die van 120 : 100 = 6 : 5 op 15 : ? of omgekeerd.

-

Door veel met dergelijke getallenlijnen en tabellen te werken, ontdekken de kinderen via interactief en geleid onderwijs steeds meer relaties en leren die toepassen. Er vindt dan een verdere schematisering en verkort-

ting van de rekenhandelingen plaats die vergelijkbaar is met die van de staartdeling.

Anders gezegd: achter een dergelijke opzet van evenredigheden steekt de realistische 5x5-onderwijsleerstructuur als eerder beschreven.

Men kan zich echter afvragen of zo'n uitgebreide exploratie van die twee modellen wel nodig is. Het antwoord daarop hangt uiteraard af van de doelen die er in het onderwijs worden gesteld. Maar stel dat daarin probleem-oplossen hoog in het vaandel staat, dan is het antwoord zonder reserve 'ja'.

Neem het probleem van de BTW-grap die in de inleiding werd gegeven, een lastige opgave. Wie ziet snel dat er geen $1\frac{1}{2}$ procent van 1989 bij benadering $1\frac{1}{2} \times 20 = 30$ jaar mag worden afgehaald. We mochten immers ook geen 20 procent van fl. 15,- afhalen. En wie ziet vlug dat het $1\frac{1}{4}$ procent moet zijn (bij benadering $1\frac{1}{4} \times 20 = 25$ jaar)? Toch zou ook hier de lege, tweezijdige getallenlijn snel inzicht hebben verschaft. Het gaat immers om een verlaging van $1\frac{1}{2}$ op 120, dat is ... op de 100, dus ... procent (fig.11).

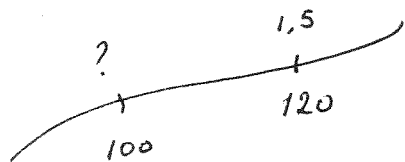


Fig. 11 Tweezijdige lege getallenlijn

Om ? te berekenen kunnen weer verschillende strategieën worden gevolgd, we dreigen in herhaling te vallen. Eén ervan is gebruik maken van de verhouding $100 : 120 = 5 : 6$, en dan $\frac{5}{6}$ deel nemen van $1\frac{1}{2}$. Het zijn trouwens vrijwel dezelfde getallen als bij de BTW-bon. Zo bezien waren de fouten in beide problemen dus in twee opzichten vrijwel identiek, namelijk zowel wat denken als wat (globaal) rekenen betreft.

Hoe het zij, volgens de realistische onderwijstheorie kan niet aan de basisbeginselen van eigen constructie, geleidelijke niveauverhoging en zo meer worden voorbij gegaan, of nog sterker, zonder het specifieke karakter van de wiskunde geweld aan te doen - zeker ook niet bij verhoudingen en procenten. Dit brengt ons bij het laatste punt.

6. WISKUNDEONDERWIJS: A-SPECIFIEK OF B-SPECIFIEK?

Het 5x5-schema berust op de grondgedachte dat het elementaire rekenen een 'common-sense' vak is dat zich bij uitstek leent voor 're-invention', voor geleide reconstructie. Is dit onderwijs-maxime ook geldig voor de natuurwetenschappen? Deze vraag wordt verschillend beantwoord.

Freudenthal bijvoorbeeld vindt het niet juist om wiskunde en natuurwetenschappen, vanuit onderwijsstandpunt bezien, gelijk te schakelen. Elementaire wiskunde werd op vele plaatsen in de wereld op onafhankelijke

wijze uitgevonden, maar er was maar één Newton. Primitieve wiskundige noties of 'preconcepts' behouden hun waarde, hetgeen bij natuurwetenschappelijke intuïties vaak niet het geval is, zo ongeveer redeneert Freudenthal (1989).

Fischbein daarentegen ziet vanuit zijn onderwijstheoretische invalshoek geen principieel verschil tussen wiskunde en 'science'. Als voorbeeld noemt hij de begrippen negatief getal en kracht. De regel voor het vermenigvuldigen van negatieve getallen en de traagheidswet liggen op hetzelfde theoretische niveau. Ze zijn geen van beide intuïtief, voorwetenschappelijk met ervaringskennis verankerd, aldus Fischbein. En voor beide dient een vergelijkbare onderwijsstrategie ontwikkeld te worden om inzichtelijke kennis aan te brengen (Fishbein, 1987).

Doet men het specifieke karakter van de natuurwetenschappelijke benaderingswijze geweld aan indien men de leef- en denkwereld van het kind tot radicaal startpunt van het onderwijs neemt, zo vraagt Lijnse zich af, daarbij het antwoord vooralsnog open latend (Lijnse, 1988).

Gemeenschappelijk in de didactische bedrijvigheid van de β -vakken in Utrecht is, zo lijkt het, dat bij het ontwikkelen van onderwijs van dezelfde basisprincipes wordt uitgegaan. Men sluit aan op de denkwereld van de leerling en hecht grote waarde aan de toepasbaarheid van vak kennis. Niet de vakstructuur maar de denkstructuur staat voorop.

Nu kan een dergelijke didactische positie sterk ideologisch bepaald zijn. In dat geval meent men dat op grond van zekere waarde-oordelen en normen het onderwijs zo en niet anders moet worden ingericht. Daarbij zijn overwegingen over (leer-)doelmatigheid van afgeleide betekenis.

Conform de kindgerichte ideologie van een dergelijke 'Progressive Education Movement' zijn het immers allereerst de hogere onderwijsdoelen van de persoonlijke en de maatschappelijke waarden die een dergelijke onderwijsopzet rechtvaardigen en niet de lagere leerdoelgerichte oogmerken.

Maar daarmee maakt men zich ongrijpbaar voor onderwijstheoretische bezinning en voor oordelen die op feiten uit empirisch onderzoek gebaseerd zijn.

Het zijn in Utrecht echter niet uitsluitend en wellicht zelfs niet primair ideologische overtuigingen die aan de genoemde uitgangspunten ten grondslag liggen, maar veeleer onderwijstheoretische overwegingen. Hetgeen inhoudt dat de β -didactici van oordeel zijn dat onderwijs wat op basis van die didactische grondregels van kindgerichtheid en toepasbaarheid ontwikkeld is, ook werkelijk doelmatiger (lees: beter) is, of zou moeten zijn, dan vakstructureel bepaald onderwijs, in zoverre dit dezelfde doelen nastreeft.

Dat oordeel dient volgens de wetenschappelijke mores zowel onderwijstheoretisch als empirisch onderbouwd te worden. De onderwijsproblematiek van het 'vakspecifieke' speelt daarbij een cruciale rol. Het zou dan ook in de komende tijd een belangrijk onderwerp van beschouwing en discussie tussen de verschillende β -vakken kunnen vormen. Wij hebben vanuit de wiskunde laten zien hoezeer de visie op het vakspecifieke bepalend is

voor het theoretische kader waarin onderwijsontwikkeling en -onderzoek plaatsvindt⁵. Maar dat was uiteraard een beperkte beschouwing: de β -Toegevoegde Waarde ontbrak.

7. LITERATUUR

- Bokhove, J. & Janssen, J. (1989). Periodiek peilingsonderzoek in het basisonderwijs (5). *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 7(3/4), 3-14.
- Borghouts-van Erp, J.W.M. (1978). *Rekenproblemen: opsporen en oplossen*. Groningen: Wolters Noordhoff, 188.
- Carpenter, T.P., Lindquist, M.M., Matthews, W. & Silver, E.A. (1983). Results of the third NAEP mathematics assessment: Secondary School, *Mathematics Teacher*, 76(9), 652-659.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in Science and Mathematics. An Educational Approach*. Dordrecht: Reidel.
- Freudenthal, H. (1989). *Revisiting Mathematics Education. China Lectures*, (manuscript 1989).
- Lijnse, P.L. (1988). Onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek in en na het PLON. Gravemeijer, K. & Koster, K. (eds.), *Onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek*. Utrecht: OW & OC, 68-76.
- Moor, E. de (1989). Panama Praktijktip nummer 21. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 7(3/4), 72.
- Resnick, L.B. (1982). Syntax and Semantics in Learning to Subtract. Carpenter, T.P., Moser, J.M. & Romberg, T.A. (eds.). *Addition and Subtraction: A Cognitive Perspective*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 136-156.
- Resnick, L.B. & Omanson, S.F. (1987). Learning to Understand Arithmetic. R. Glaser ed., *Advances in Instructional Psychology*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 41-97.
- Streefland, L. (1986). Verhouding in onderzoek (2). *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 4(3), 11-21.
- Treffers, A., Moor, E. de & Feijs, E. (1989). *Proeve van een Nationaal Programma voor het Reken-wiskundeonderwijs*. Tilburg: Zwijzen.
- Wijnstra, J.H. (red.) (1988). *Balans van het rekenonderwijs in de basisschool. Uitkomsten van de eerste rekenpeiling medio en einde basisonderwijs*. PPON-reeks nummer 1. Arnhem: CITO.

5. K. Gravemeijer wijst erop dat het re-inventionprincipe niet zonder meer overgeplant moet worden, maar dat gezocht moet worden naar de vakspecifieke benaderingswijze. Het re-inventionprincipe kan niet los worden gezien van wiskunde als activiteit - aldus Gravemeijer (die ook natuurkundige is) in een intern briefje aan ondergetekende.

DE OPLEIDING VOOR LERAREN IN DE β -VAKKEN

Th. Wubbels¹

Vakgroep Natuurkunde-Didactiek/IVLOS.

1. INLEIDING

Mij is gevraagd om voor deze bundel een bijdrage te leveren over onderzoek en de opleiding van leraren in de wiskunde en natuurwetenschappen. Blijkbaar veronderstellen de redacteurs dat een lerarenopleiding voor het voortgezet onderwijs vakspecifiek hoort te zijn. Aandacht voor vakspecifieke componenten in de opleiding van leraren past goed in het tijdsbeeld. Was in de Verenigde Staten aan het einde van de negentiende eeuw de onderwijzersopleiding geheel een kwestie van het leren van vakinhouden, omstreeks 1980 omvatten lijsten met eindtermen van lerarenopleidingen vrijwel alleen algemene vaardigheden en houdingen, zoals "kunnen evalueren", "cultureel bewustzijn hebben", "begrip voor jongeren hebben" etc. (zie Shulman, 1986). In Nederland zal dat waarschijnlijk niet anders zijn (geweest). Sinds enige jaren is er echter een reveil van de vakinhoud, die wel met de term *back to the basics* wordt gekarakteriseerd. Aandacht voor vakspecifieke aspecten in de lerarenopleiding sluit daar goed bij aan.

In dit artikel zal ik eerst enkele onderzoeksresultaten beschrijven die de opleiding van β -leraren betreffen. Op grond daarvan lijkt de aandacht voor vakspecifieke bekwaamheden in de professionele beroepsvoorbereiding van β -leraren niet zo groot. Wellicht dat daar wat verandering in komt nu er steeds meer wordt geschreven over opleidingsactiviteiten die leraren willen voorbereiden op het rekening houden met de resultaten van onderzoek naar leerlingdenkbeelden. Ik bespreek die activiteiten en ga naar aanleiding daarvan in op de vaak geconstateerde kloof tussen theorie en praktijk. Het slagen van deze activiteiten staat of valt namelijk met de overbrugging van die kloof. Tenslotte zal ik trachten resultaten van opleidingsonderzoek en β -didactisch onderzoek bijeen te brengen en consequenties daarvan voor de opleiding te schetsen.

Ik schrijf in het voorgaande "opleiding van β -leraren" en niet leraren natuurkunde, biologie etc. Het is in het onderzoek naar de opleiding van leraren in de natuurwetenschappen in het angelsaksische gebied niet erg gebruikelijk om daarbij onderscheid tussen de verschillende vakken te maken. Aan wiskunde wordt vaak wel een aparte plaats toegekend. Voorlopig gebruik ik de term β -leraren echter om hen te onderscheiden van andere leraren en als verkorte schrijfwijze van "leraren in de wiskunde en natuurwetenschappen". Ik doe dat dus niet zozeer om te benadrukken dat er veel overeenkomst zou bestaan tussen leraren in de wiskunde en de

1. Ik dank Anne Holvast en Herman Hooymayers voor hun commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

verschillende natuurwetenschappen. In de laatste paragraaf van dit artikel kom ik daar nog op terug.

Tenslotte, moet ik opmerken, dat de samenwerking en integratie in CD- β nog niet zo ver is gevorderd dat ik niet behoef te vermelden dat mijn beschouwing gekleurd zal zijn door mijn eigen ervaringen in het gebied van de opleiding van natuurkundeleraren.

2. ONDERZOEK AAN DE OPLEIDING VAN (β -)LERAREN

Het tijdschrift *Science Education* publiceert elk jaar een overzicht van (in het Engels gepubliceerd) onderzoek op het gebied van het onderwijs in de natuurwetenschappen en één van de onderdelen daarvan is meestal de lerarenopleiding (b.v. Shymansky en Kyle, 1988). Het betreffende onderzoek² kan veelal tot één van de volgende twee onderwerpen worden gerekend: kennis, vaardigheden en attitudes van (aanstaande) leraren en beschrijvingen en evaluaties van opleidingsmethoden en programma's³. We bespreken deze categorieën achtereenvolgens en plaatsen daarin ook enkele Nederlandse onderzoeken, hoofdzakelijk uitgevoerd aan de universitaire lerarenopleidingen. Daarnaast bestaat er in Nederland nog een ander, bloeiend, geheel van opleidingsonderzoek dat minder goed in deze indeling past (b.v. Corporaal 1988; Peters, 1986; Kieviet, 1985; Tillema en Veenman 1987; Coonen, 1987). Op de bijdrage daarvan kom ik in paragraaf 4 terug. Ook de probleemgerichte onderzoeken die een belangrijke bijdrage leveren tot het funderen van opleidingscurricula vallen buiten deze indeling (b.v. Vonk, 1982; V. Peters, 1985; Knoers, 1987).

Kennis, vaardigheden en attitudes van (aanstaande) leraren

Bij dit type studies gaat het om vragen als: "Welke vaardigheden van leraren zijn effectief?" en "Welke attitudes hebben (aanstaande) leraren?" Er vallen ook onderzoeken onder naar de (bijvoorbeeld door het onderwijsveld) gewenste vaardigheden, attitudes en overige kenmerken van

2 Veel van deze onderzoeken betreffen de opleidingen voor het basisonderwijs, maar er lijkt niet veel verschil in de aard van het onderzoek betreffende de opleidingen voor het basisonderwijs en het voortgezet onderwijs. Er is methodisch nogal wat op het onderzoek aan te merken. Over het onderzoek van 1978 bijvoorbeeld concluderen Gabel, Kagan en Sherwood (1980) dat de studies over het algemeen vraagstellingen betreffen die hoofdzakelijk voor de betreffende instituten van belang zijn. Wanneer ze door hun vraagstelling een algemenere betekenis zouden kunnen hebben, blijkt de relevantie vaak gering doordat van kleine aantallen respondenten gebruik is gemaakt, of doordat ze op andere wijze methodisch niet zo sterk zijn uitgevoerd.

3 Het opleidingsonderzoek bij de wiskunde kan in dezelfde categorieën worden ingedeeld. Het karakter daarvan verschilt in het engelstalige gebied ook niet van dat bij de natuurwetenschappen. In publikaties zoals Panamapost en Nieuwe Wiskrant komt wel een andere, veel meer vakgerichte, sfeer naar voren.

leraren in de β -vakken. Ik bekijk deze studies hier met het oogmerk na te gaan of er sprake is van kennis, vaardigheden en attitudes die specifiek zijn voor β -leraren.

Wat de effectiviteit van vaardigheden betreft valt op dat de betreffende onderzoeken die in *Science Education* worden aangehaald weliswaar zijn uitgevoerd bij leraren in de natuurwetenschappen, maar dat ze vrijwel steeds het gebruik van een algemene onderwijsvaardigheid betreffen. De resultaten suggereren dat voor het bereiken van sommige onderwijsdoelstellingen bekend is welk gedrag van leraren daarvoor nodig is (bijvoorbeeld de manier van vragen stellen, het gebruik van pauzes na een vraag en dergelijke; zie b.v. Brophy en Good, 1986). Echter op andere gebieden is nog behoorlijk onduidelijk wat goede onderwijsstrategieën zijn.

Een inspectie van onderzoek naar gewenste bekwaamheden van β -leraren en van enkele programma's van universitaire lerarenopleidingen, geeft mij de indruk dat de gewenste en beoogde bekwaamheden nogal wat algemene onderwijsvaardigheden omvatten. Zo zijn de meeste van de door Tulloch (1986) onderscheiden bekwaamheden niet β -specifiek (bijvoorbeeld professionele rijpheid, het plannen van onderwijs en het openstaan voor ideeën van leerlingen). Wel specifiek voor de β -vakken zijn bij hem: het bevorderen van *scientific literacy*, goede bekendheid met de natuurwetenschappen en dergelijke. Wellicht is er wat dit betreft een verschil met de wiskunde: Ernest (1989) beschrijft de kennis, opvattingen en attitudes van wiskundeleraren namelijk veel sterker vakspecifiek.

Volgens een advies van een ARCULO-werkgroep (1985) dienen leraren handelingsbekwaamheden, reflectieve bekwaamheden en onderzoeksbekwaamheden te bezitten⁴. In een uitwerking van Koetsier, Van Driel en Janzen (1987), worden zes categorieën onderscheiden. Binnen de meeste categorieën gaat het om vrij vakonafhankelijke aspecten: interpersoonlijk functioneren, pedagogische bekwaamheden, onderzoeksbekwaamheden en professionele ontwikkeling. Alleen in de categorie didactische bekwaamheden komen we enkele vakspecifieke elementen tegen: bijvoorbeeld beheersing van het schoolvak en elementen als het beseffen van vakdoelstellingen. In de omschrijving van het programma van de tweedegraads natuurkundeopleiding van één van de hogescholen lijkt ik een andere invalshoek aan te treffen. Er worden vier groepen doelen onderscheiden, waarvan er drie sterk door het vak gekleurd zijn: vakkennis, achtergron-

4 De eerste categorie is op grond van het kernadvies van de ARCULO (1980) opgedeeld in vakwetenschappelijke, didactische, diagnostisch-evaluatieve, pedagogische en organisatorische bekwaamheden. Deze opsomming van de noodzakelijke leraarsbekwaamheden is redelijk in overeenstemming met wat daarover in andere opleidingsdidactische literatuur is geschreven (zie bijvoorbeeld het ITS-rapport, 1973; Coonen, 1987; De Jong, Tillema en Wolfgram, 1985). Maar soms legt men toch wel een ander nadruk: bijvoorbeeld ligt in het door Zeichner (1983) gepropageerde op onderzoek gerichte opleidingsparadigma veel sterker de nadruk op het verwerven van vaardigheden die nodig zijn om in de praktijk van alledag met steeds nieuwe problemen om te gaan (verg. Knoers, 1987).

den en toepassing (b.v. leerstof kunnen selecteren voor een schooltype) en specifieke vaardigheden (demonstratieproeven uitvoeren etc.). Alleen een vierde groep omvat algemene vaardigheden (zoals leerstof structureren en werkvormen gebruiken) maar daarbij wordt nog vermeld "toegesplitst op de natuurkunde". Verder wordt nog aangegeven "wat een leraar moet zijn" (in tegenstelling tot kunnen) en daarbij worden nog algemene kenmerken zoals flexibiliteit en dergelijke genoemd.

Het bovenstaande is natuurlijk maar een globale verkenning zonder de pretentie van representativiteit voor de Nederlandse lerarenopleiding in de β -vakken. Deze verkenning wijst erop dat het vakspecifieke van β -leraren uiteraard hun vakkennis en vakdidactische bekwaamheden zijn. In de universitaire lerarenopleiding lijken op papier de algemene onderwijsvaardigheden veel nadruk te krijgen. Eén van de redenen daarvoor is natuurlijk dat de vakkennis in deze opleidingen als gegeven beschouwd moet worden. In de opleiding waarin de vakopleiding en de beroepsvoorbereidende scholing naast elkaar worden uitgevoerd zien we in ieder geval op papier veel meer nadruk op vakspecifieke scholing. Geringe vakspecificiteit van de te verwerven vaardigheden betekent overigens niet, zoals hierna zal blijken, dat de activiteiten in de lerarenopleiding geen vakspecifieke punten kennen.

Opleidingsprogramma's en trainingsmethoden

Het onderzoek uit deze categorie dat in *Science Education* wordt samengevat, bevat zowel surveys naar de situatie op lerarenopleidingsinstituten als programmabeschrijvingen en evaluatiestudies⁵. In het kader van dit artikel ga ik op dit onderzoek in, vanuit de vraag of ze voor de inrichting van de opleiding (vakspecifieke) aanwijzingen geven. Er is in Nederland nogal wat opleidingsonderzoek gedaan dat haar oorsprong vindt in de opleiding van β -leraren en mede onder deze categorie valt (b.v. Vonk, 1982; Korthagen 1982; Vedder, 1984; Créton en Wubbels, 1984; Van der Cingel, 1987; Jansen en Wildschut, 1984; Brouwer, 1987; Koetsier en Ten Brinke, 1987).

Naar mijn indruk bestaat er een sterke samenhang tussen de huidige opleidingspraktijk en onderzoek waarin programmabeschrijvingen worden gepresenteerd (zie bv. Penick en Yager, 1988). Wat Nederland betreft, lijkt één-één begeleiding een veel gebruikt opleidingselement geworden (Vedder, 1984). Reflecteren en exploreren zijn begrippen die uit het jargon van lerarenopleiders niet meer zijn weg te denken (Korthagen, 1982; De Jong, 1987). Supervisie is een element dat zeker in de universitaire lerarenopleiding veel wordt gebruikt (Griffioen, 1980) en de roos van Leary schijnt regelmatig gebruikt te worden als gereedschap om gedrag in de klas bespreekbaar te maken (Créton en Wubbels, 1984). In het alge-

⁵ Als effectmaten worden in de evaluatiestudies vaak kennis van de natuurwetenschappen, vaardigheden op het gebied van onderzoeksprocessen en houdingen of angst tegenover de natuurwetenschappen gebruikt. In Nederland is dergelijk onderzoek bij mijn weten zelden uitgevoerd.

meen is het voorgaande onderzoek ten aanzien van programmabeschrijvingen en evaluaties niet erg vakspecifiek. Toch blijkt uit sommige concrete programmabeschrijvingen (b.v. Korthagen, 1982; Vedder 1984) dat deze een (sterk) vakspecifieke aanpak kennen; het schoolvak of het onderwijzen van het schoolvak wordt dan als vertrekpunt voor de opleidingsactiviteiten gekozen.

Naast de genoemde Nederlandse onderzoeken die hun oorsprong vinden in de β -vakken, maar toch een vrij algemeen karakter hebben, zijn er echter ook enkele studies die wel activiteiten beschrijven die sterk specifiek zijn voor de β -lerarenopleiding, zoals het werk van Boschhuizen (1987) over leerstofordening in het biologieonderwijs en ook het proefschrift van Goffree (1979) over het leren onderwijzen met het Wiskobas materiaal.

Ten aanzien van vaardigheidstrainingen is redelijk goed bekend welke elementen daarin moeten worden opgenomen. Bijvoorbeeld is effectiviteit van methoden om gedragsanalysesystemen te gebruiken in de lerarenopleiding samengevat door Yeany en Padilla (1986). De resultaten suggereren dat voor een optimaal trainingseffect nodig zijn: bestuderen van het systeem, het observeren en analyseren van voorbeelden van goede en slechte lessen, het zelf uitvoeren van lessen waarin de te trainen vaardigheden vertoond moeten worden en het analyseren van dat gedrag middels zelf-analyse en feedback van anderen. Deze resultaten sluiten goed aan bij de resultaten van eerdere meta-analyses over trainingsstudies (b.v. Joyce en Showers, 1987). Zowel voor het trainen van bepaalde deeltaarigheden (zoals het juist hanteren van pauzes bij het stellen van vragen) als bij het trainen van complexere bekwaamheden (zoals het hanteren van een lesgeefmodel bijvoorbeeld gebaseerd op het werk van Bruner) blijkt dat veelal een combinatie van presentatie van theorie, demonstratie van de vaardigheid, oefening met feedback en coaching door collega's effectief is. Joyce (1988) meldt dat per onderwijsstrategie wel zo'n 20 demonstraties en ± 20 oefenperioden nodig zijn.

Een aantal auteurs bepleit grote nadruk voor de eerste twee onderdelen van deze strategie. Zij baseren zich (indirect) op studies van Wagner (1973). Hij toonde aan dat training met behulp van cognitieve discriminatie (nadruk op het leren onderscheiden van verschillende betekenissen van gedragingen) leidde tot het hanteren van de beoogde vraagtechnieken. In vervolg daarop is een stroom van onderzoeken gepubliceerd waaruit blijkt dat (voor bepaalde vaardigheden) conceptuele training veel effect heeft. In deze trainingen ligt de nadruk op een goed begrip bij de studenten of leraren van de te beheersen vaardigheden, bijvoorbeeld aan de hand van gefilmde onderwijssituaties. Bijvoorbeeld blijkt uit het werk van Verloop (1989) dat training middels het presenteren van theorie ondersteund door videobanden met goede modellen tot goede resultaten kan leiden (verg. Gliessmann en Pugh, 1987). Uit een onderzoek van Tillema e.a. (1988) blijkt echter dat oefening in combinatie met feedback de effectiviteit van conceptuele training verhoogt. In de volgende paragraaf zal aan de orde komen, dat ook op theoretische gronden te verwachten valt dat oefening

in de praktijk, mits goed aangepakt, een essentiële bijdrage in een proces van vaardigheidsverwerving levert.

Conclusie

In een artikel van Ost en Baird (1989) vinden we twee klachten over de verhouding tussen lerarenopleiding en onderzoek: de ene is dat de onderzoekers van opleidingen veel te weinig aandacht zouden hebben voor vakspecifieke aspecten van het opleiden en de andere dat opleiders van leraren in de natuurwetenschappen te weinig aandacht zouden hebben voor algemene aspecten van het lesgeven. Ik meen dat het voorgaande laat zien dat hoogstens de eerste klacht terecht is. Er is echter een trend te constateren in het onderzoek waarover in *Science Education* wordt gerapporteerd, waarbij de aandacht voor althans één vakspecifiek aspect naar voren komt: de consequenties van onderzoek naar leerlingdenkbeelden voor de opleiding van β -leraren. In de volgende paragraaf bespreek ik onderzoek naar dergelijke opleidingsactiviteiten in verband met leerlingdenkbeelden, enerzijds omdat er consequenties voor de lerarenopleiding uit zijn te trekken en anderzijds omdat op grond van resultaten van het trainingsonderzoek verbeteringen van deze opleidingsactiviteiten kunnen worden voorgesteld.

3. OPLEIDINGSACTIVITEITEN IN VERBAND MET LEERLINGDENKBEELDEN

Binnen het didactiekonderzoek in de β -wetenschappen is er een verschuiving geweest van aandacht voor instructie en onderwijsvormen naar aandacht voor het denken van leerlingen (Gunstone, White en Fensham, 1988). Sinds 1978 verschijnen er in de literatuur ook steeds meer aanwijzingen over hoe leraren met die leerlingdenkbeelden in de les zouden moeten omgaan (b.v. Hewson en Hewson, 1988; Osborne en Freyberg, 1985). Wanneer de bestaande leerlingdenkbeelden in tegenspraak zijn met wetenschappelijke denkbeelden zullen ze ontwikkeld moeten worden tot die wetenschappelijke denkbeelden, of ze moeten daardoor worden vervangen (Vosniadou en Brewer, 1987). In het laatste geval spreken we van *conceptual change*⁶. Er zijn verschillende strategieën voorgesteld om *conceptual change* te induceren. Voor overzichten van dit onderzoek, dat zich overigens niet tot de β -vakken beperkt, verwijs ik naar Vosniadou en Brewer (1987) en Eylon en Linn (1988). Een model van Posner, Strike, Hewson en Gerzog (1982) maakt voorwaarden voor het wijzigen van begrippen door leerlingen inzichtelijk. Wanneer een nieuw begrip zowel begrijpelijk, aannemelijk als vruchtbaar is zal het gemakkelijk worden geaccepteerd. Wanneer een nieuw begrip echter conflicteert met een bestaand begrip zullen leerlingen eerst ontevreden moeten worden over

6 Het gaat daarbij om domeinspecifieke veranderingen, in tegenstelling tot meer globale herstructurering zoals die in de theorie van Piaget wordt verondersteld.

het concept dat ze al hebben. Dat houdt in dat de door de leerling ervaren begripelijkheid, aannemelijkheid en vruchtbaarheid van dat bestaande begrip verlaagd moet worden.

In het verlengde van de suggesties voor onderwijsstrategieën zijn ook suggesties voor de lerarenopleiding gedaan. Deze variëren, bijvoorbeeld in de mate van directiviteit van de scholingsactiviteiten, van zeer gestructureerde pogingen tot kennisoverdracht tot het uitvoeren van onderzoek door opleiders en studenten samen (Wubbels, 1988). Licht, Eijkelhof, Boschhuizen en Bouma (1988) hebben geïnventariseerd welke opleidingsactiviteiten in dit kader zoal worden gehanteerd aan Europese instituten voor de opleiding van leraren voor het voortgezet onderwijs. Zij onderscheiden drie soorten doelstellingen van deze activiteiten: bewustwording en kennis van preconcepten van leerlingen, toepassing van diagnostische strategieën en onderwijsstrategieën, en bewustwording van persoonlijke ideeën over de natuurwetenschappen en het leren van die vakken. De gehanteerde activiteiten zijn: discussie over produkten van onderzoek, het invullen van vragenlijsten en het voorspellen van antwoorden van leerlingen, het doen van onderzoek naar leerlingdenkbeelden, bespreken van onderzoeksresultaten en discussie over mogelijke onderwijsvormen. Teneinde de gebruikte methoden te illustreren beschrijf ik twee mogelijkheden wat gedetailleerder.

Hewson en Hewson (1987) schetsen een strategie gebaseerd op een eerder ontwerp van Gilbert en Osborne (1981) bestaande uit de volgende onderdelen:

- beantwoorden van vragen over een onderwerp en vergelijking van die antwoorden met leerlingantwoorden;
- lezen van een artikel waarin leerlingantwoorden worden geïnterpreteerd;
- bestuderen van methoden om leerlingdenkbeelden te onderzoeken en het ontwerpen van een instrument voor één inhoudsgebied;
- bespreking van resultaten van onderwijs dat geen rekening hield met het bestaan van leerlingdenkbeelden;
- bestudering van één manier om in het onderwijs met leerlingdenkbeelden rekening te houden en het ontwerpen van een stukje onderwijs op basis daarvan.

Hewson en Hewson (1987) voegden daar de volgende onderdelen aan toe:

- een introductie waarin het geheel geplaatst wordt in het kader van de cognitieve psychologie⁷;
- bestuderen van een essay over leerlingdenkbeelden, waarin onder meer de begrippen begripelijkheid, aannemelijkheid en vruchtbaarheid worden geïntroduceerd;

⁷ Besproken aspecten daarvan waren onder meer: mensen gebruiken hun bestaande kennis om nieuwe informatie te verwerken, mensen proberen betekenis te verlenen aan hun ervaringen, verschillende mensen kunnen dezelfde informatie verschillend interpreteren en er verschillende denkbeelden uit construeren.

- een interpretatie van de onderwijsuitkomsten met behulp van de hiervoor genoemde begrippen;
- een schets van de algemene onderwijsstrategieën integratie, differentiatie, uitwisseling en overbruggen (Hewson en Hewson, 1983).

Een tweede voorbeeld betreft het gebruik van actieonderzoek door aanstaande leraren. Voortbouwend op een door hen ontwikkeld reflectiepracticum stellen Zeichner e.a. (1989) voor actieonderzoek op te nemen als opleidingselement om leraren te leren rekening te houden met leerlingdenkbeelden. Ze baseren zich op Kemmis en McTaggart (1988) die beschrijven hoe leraren hun eigen praktijk kunnen onderzoeken teneinde deze beter te begrijpen en te verbeteren. Centraal staat daarbij dat studenten leren om strategieën te ontwikkelen en weloverwogen uit te voeren teneinde een geplande verandering tot stand te brengen. Op het instituut worden studenten in een 10-uur durende cursus bekend gemaakt met de principes en werkwijzen van dit actie-onderzoek, waarna ze in een schoolpracticumperiode dit gebruiken, bijvoorbeeld om eerst leerlingdenkbeelden in kaart te brengen, vervolgens daarop afgestemde onderwijsactiviteiten te plannen en tenslotte het resultaat daarvan te evalueren.

Evaluatiestudies betreffende dergelijke programma's zijn schaars en vaak zeer exploratief van karakter. Hewson en Hewson (1987) vonden, bijvoorbeeld dat sommige van de deelnemers aan hun workshop weliswaar onderwijsactiviteiten die *conceptual change* beoogden als belangrijk waren gaan zien, maar dat ze deze desondanks niet in hun lesvoorbereiding opnamen. Voor het geval dat leerlingen iets niet begrepen bleef blijkbaar een zeer belangrijke strategie: opnieuw uitleggen. Dit (gebrek aan) resultaat van de workshop kan worden geïnterpreteerd als het optreden van een theorie-praktijk kloof. Teneinde na te gaan of er verbetering mogelijk is in de opleidingsactiviteiten die beogen dat (aanstaande) leraren meer rekening gaan houden met leerlingdenkbeelden, bespreek ik nu eerst opleidings-onderzoek uit een andere richting, waarin de koppeling tussen theorie en praktijk centraal staat. Ik doe dat niet alleen met het oog op deze specifieke opleidingsactiviteit, maar ook met het oog op een doordenking van de gehele opleiding van β -leraren.

4. DE KLOOF TUSSEN THEORIE EN PRAKTIJK IN DE LERARENOPLEIDING

Volgens Sanders en McPeck (1976) praten veel studenten in de lerarenopleiding negatief over wat er op het opleidingsinstituut wordt geleerd. De studenten benoemen dat als theorie en zien het als het tegenovergestelde van waar het echt om gaat: de praktijk die je in de stage tegenkomt. Theorie wordt dan dus opgevat in de zin van schone woorden en praktijk is de (harde) realiteit (verg. Lasley, 1980). Globaal versta ik echter in het volgende onder theorie het geheel aan noties en kennis dat de opleiding wil overdragen. Met praktijk verwijs ik naar het handelen van leraren en studenten in lessen (verg. Corporaal, 1988).

De verhouding tussen theoretische en praktische componenten in de lerarenopleiding is in de loop der jaren aan verandering onderhevig geweest, waarbij nu eens het primaat bij de theorie, dan weer bij de praktijk lag (Corporaal, 1988). Binnen de universitaire lerarenopleiding is vanaf het moment waarop meer omvangrijke programma's ontstonden, de integratie van theorie en praktijk een belangrijk aandachtspunt geweest. Hooymayers, Hermans en Koetsier (1985) zien deze integratie als een aspect van een proces van geïntegreerde bekwaamheidsverwerving (Coonen en Fransen, 1981). De aandacht hiervoor moet als een reactie gezien worden op het geïsoleerd oefenen van vaardigheden dat veelal niet tot het gebruiken van die vaardigheden in de praktijk leidde. Integratie van theorie en praktijk wordt door Geensen (1983) als noodzakelijk gezien voor het verwerven van geïntegreerde bekwaamheden. De redenen daarvoor zoekt zij in leerpsychologische theorieën over het toepassen van geleerde kennis in nieuwe situaties. Op basis van begrippen als *compartmentalization* en systeemscheiding concludeert ze dat van studenten slechts verwacht mag worden dat ze het geleerde in de praktijk toepassen wanneer de theorie gekoppeld aan de praktijk is aangebracht. Als tweede argument noemt zij dat attitudeverwerving een belangrijk doel is in de lerarenopleiding en dat is aangetoond dat attitudes het beste worden verworven door te doen. Door Hooymayers e.a. (1985) worden deze noties uitgewerkt in verschillende programmeringsprincipes: het toetsen van theoretische zaken aan de schoolpraktijk en omgekeerd, en een thematische opbouw van het curriculum (zie voor meer suggesties ook Geensen, 1983).

De laatste jaren is, door onder meer Peters (1986), Kieviet (1985) en Corporaal (1988), integratie van theorie en praktijk uitgewerkt vanuit handelingstheoretisch perspectief. Daarbij wordt een kloof tussen theorie en praktijk veel minder gezien als een toepassingsprobleem en meer als een probleem van integratie van nieuwe kennis in bestaande cognitieve structuren van de studenten. Het geheel aan kennis en noties dat de opleiding wil overdragen wordt dan "objectieve theorie" genoemd. Ik spreek in het volgende liever over "opleiderstheorie". Immers het is de vraag in hoeverre het geheel aan wetenschappelijke kennis als objectieve theorie kan worden aangemerkt gezien de huidige stand van de wetenschap⁸. Bovendien kan wetenschappelijke theorie in het algemeen niet zomaar in de praktijk worden toegepast (verg. Fenstermacher, 1986) en dient ze daarom in de opleiding te worden gemodificeerd (Feiman-Nemser & Ball, 1984).

Naast deze opleiderstheorie staat het geheel aan kennis, opvattingen en attitudes waarmee de studenten in de opleiding komen. Dit geheel wordt "subjectieve theorie" genoemd. Het woord theorie ontleend zijn oorsprong dan aan de opvatting van de mens als naïeve wetenschapper, die actief betekenis verleent aan zijn of haar ervaringen (Groeben en

8 Met wetenschapsfilosofische debatten over de vraag in hoeverre objectiviteit überhaupt een zinvol begrip is wil ik mij hier maar niet inlaten.

Scheele, 1977). Ik spreek in het volgende, om soortgelijke redenen als hiervoor genoemd liever van "studenttheorie". Deze theorie ontwikkelt zich onder invloed van onder meer ervaringen in het dagelijks leven, onderwijs etc.⁹. Ze is een vanzelfsprekende bron voor het handelen en blijkt veelal sterk domeinspecifiek en intern niet erg consistent (Wahl e.a. 1984). Bovendien kunnen de theorieën van student tot student behoorlijk verschillen (b.v. Hacker, 1984). Deze opvattingen blijken moeilijk te veranderen. De kennis die het handelen stuurt is vooral van procedurele aard. Ze betreft het "weten hoe" en een deel ervan wordt onbewust (bijvoorbeeld door als leerling 15 jaar lang onderwijs te observeren) geleerd. Met name dat deel is moeilijk veranderbaar (Corporaal, 1988). Het eerder genoemde gebrek aan resultaat van de workshop van Hewson en Hewson (1987) is een aanwijzing voor de stabiliteit van studenttheorieën en ook de constatering van Zeichner (1986) dat onderzoeksgegevens aantonen dat de opleiding minder invloed heeft op de attitudes en het handelen van aanstaande onderwijsgeveenden dan zou mogen worden verwacht, wijst in die richting. De betreffende attitudes zijn blijikbaar zeer stabiel, onder meer doordat ze diep geworteld zijn in ervaringen in het eigen onderwijs (Lortie, 1975), en wellicht ook door het stereotiepe beeld dat van onderwijs gegeven wordt in film en in televisieprogramma's (Lasley, 1980).

Integratie van theorie en praktijk in de opleiding van leraren betekent nu volgens Corporaal (1988) integratie van de opleiderstheorie in de studenttheorie, dat wil zeggen op het niveau van het handelen. Daarmee wordt bedoeld dat het handelen plaats vindt overeenkomstig de opleiderstheorie voorzover die in de studenttheorie is opgenomen. Corporaal stelt dat handelingstheoretische uitgangspunten opleidingsdidactisch kunnen worden gerealiseerd door middel van het principe van de uitwisseling van opleiders- en studenttheorie in wisselwerking met oefening en training. Ze levert bouwstenen voor een opleidingsdidactiek door verbindingen te leggen met de informatieverwerkingstheorie en komt dan tot de volgende condities waaronder opleiderstheorie studenttheorieën kan beïnvloeden:

- de opleiderstheorie moet gespreid worden aangeboden, in bescheiden mate incongruent zijn aan de studenttheorie, niet redundant en niet ambigu zijn;
- bij oefening en training moeten ervaringen persoonlijk relevant en direct zijn;
- er moet niet teveel tijdsdruk zijn en teveel cognitieve activiteit tegelijkertijd worden gevraagd;
- de onderwijsgevende moet beschikken over goed georganiseerde en toegankelijke schema's en gemotiveerd zijn om accurate schema's te ontwikkelen.

9 Broekman en Weterings (1987) geven enkele aardige voorbeelden van dergelijke theorieën zoals: de stof in het lesgeven is niet het probleem, het gaat erom orde te kunnen houden; als een leraar op een antwoord van leerlingen anders dan bevestigend reageert is dat antwoord meestal fout.

We merken hierbij op dat oefening en training elders in haar proefschrift (blz. 38-40) als noodzakelijk onderdeel van een strategie voor het veranderen van studenttheorieën wordt gezien. Oefening is echter alleen zinvol, wanneer feedback over het vertoonde gedrag wordt geïncorporeerd in een nieuwe ronde van instructie.

Op basis van deze criteria kan verondersteld worden dat de besproken opleidingsinterventies, die beogen dat leraren meer rekening gaan houden met bestaande leerlingdenkbeelden, verbeterd kunnen worden. In het programma van Hewson en Hewson (1987) is geen sprake van gespreid aanbieden van de opleiderstheorie, geen oefening en training met feedback en weinig aandacht voor de organisatie vooraf van het kennisbestand en voor de motivatie van de deelnemers. Directe ervaring met de interactie tussen leraar en leerling in het onderwijs ontbreekt. In het actieonderzoekprogramma van Zeichner e.a. (1989) lijkt weinig aandacht voor het aanbieden van de opleiderstheorie, de organisatie van het kennisbestand vooraf en de motivatie van de studenten. Ook systematische training lijkt niet erg aanwezig. Terzijde merk ik op dat er in de opleidingsactiviteiten weinig aandacht lijkt te zijn voor de wijzigingen in interpersoonlijk gedrag van leraren die een *conceptual change* benadering mijns inziens vereist. De rol waarbij de leraar vooral regulerende en presenterende vaardigheden tentoonspreidt dient te veranderen in één waarbij een luisterende rol veel meer op de voorgrond treedt.

5. CONCEPTUAL CHANGE IN DE OPLEIDING VAN LERAREN

In de vorige paragraaf heb ik een voorbeeld gegeven van de aanwijzingen die aan resultaten van opleidingsonderzoek kunnen worden ontleend, teneinde opleidingsactiviteiten te verbeteren die in de toekomst in de opleiding van β -leraren waarschijnlijk vrij veel aandacht zullen krijgen. In deze paragraaf wil ik trachten de lijnen vanuit β -didactisch onderzoek en opleidingsonderzoek nog wat meer naar elkaar toe te brengen in het licht van de gehele beroepsvoorbereidende component van de opleiding van leraren.

Theoretische achtergronden en resultaten van het onderzoek naar studenttheorieën en leerlingdenkbeelden in de natuurwetenschappen vertonen veel overeenkomst. Resultaten van onderzoek naar leerlingdenkbeelden worden veelal geïnterpreteerd vanuit een constructivistisch perspectief (Magoon, 1977). Vanuit dit perspectief wordt aangenomen, dat mensen actief betekenis verlenen aan hun ervaringen; ze construeren hun eigen kennis gebruik makend van de kennis waarover ze al beschikken. Op basis daarvan komen ze tot relatief stabiele constructies (Resnick, 1983). Deze constructies zijn vaak behoorlijk specifiek van karakter, ze verschillen soms van in de natuurwetenschappen gebruikelijke opvattingen en zijn uiterst resistent tegen "gewoon" onderwijs (Champagne e.a. 1982). Deze theoretische invalshoek en de resultaten van onderzoek naar leerlingdenkbeelden in de β -vakken vertonen grote overeenkomst met het eerder genoemde onderzoek betreffende studenttheorieën.

Wanneer leerlingen op school geen verbindingen leren leggen tussen mechanica-inhouden en praktijksituaties gebruiken ze die kennis niet in praktijksituaties (Van Genderen, 1989). Evenzo "vergeten" studenten van de lerarenopleidingen wat ze geleerd hebben wanneer ze voor de klas komen. Wat op de opleiding geleerd is wordt beschouwd als "Feiertags-didaktik" (Meyer, 1980) die niet in de praktijk wordt gebruikt en bovendien vaak als tegenstrijdig wordt gezien met de "vuistregeldidactiek" (J.Peters, 1985) van de practici.

Vanuit constructivistisch standpunt wordt er voor gepleit leerlingdenkbeelden serieus te nemen en niet louter als misconcepties te bestempelen. Vanuit de leerlingen gezien gaat het om interpretaties van de werkelijkheid die veelal meer aan de leerlingen te bieden hebben dan de wetenschappelijke alternatieven. Evenzo moeten de studenttheorieën mijns inziens niet als naïeve opvattingen worden afgedaan maar moet worden erkend dat ze veelal een basis vinden in hun ervaringen, een basis, die ze voor hen aannemelijk en vruchtbaar maakt. Hoe in de opleiding rekening gehouden kan worden met deze denkbeelden over allerlei aspecten van leren en onderwijzen, maar ook over de structuur van het schoolvak, leerlingen, de didactiek, toetsen etc. is in het voorgaande aangegeven met behulp van Corporaal's criteria. Vanuit het onderzoek naar het tot stand brengen van *conceptual change* kan hier nog wel iets aan worden toegevoegd.

Als voorbeeld ga ik in op de eerder genoemde strategie van Posner e.a. (1982). Teneinde *conceptual change* te induceren moet van bestaande concepten in iemands studenttheorie de aannemelijkheid, begrijpelijkheid en vruchtbaarheid¹⁰ worden verminderd en die van de nieuwe concepten worden verhoogd. Ik werk dit uit aan een voorbeeld. Aanstaande leraren komen veelal in de opleiding met de (impliciete) overtuiging dat lesgeven uitleggen is (verg. Broekman en Weterings, 1987). Ze hebben dat onder meer geleerd door zelf jarenlang onderwezen te worden door uitleg te krijgen. Impliciet zitten minstens twee gedachten achter deze opvatting. De eerste is de overtuiging dat geleerd wordt wanneer de leraar iets helder en zonder fouten verteld heeft ("als ik het verteld heb zullen ze het van me aannemen omdat ik immers de leraar ben"). De tweede achterliggende gedachte is dat de kwaliteit van een les bepaald wordt door de mate waarin er een ordelijke classesfeer is, waarin gewerkt (lijkt) te worden. Dit laatste blijkt namelijk een belangrijk criterium voor leraren voor de kwaliteit van hun lessen (zie Brekelmans, 1989). Opleiders willen daarvoor vaak een andere opvatting in de plaats laten komen: een opvatting dat lesgeven in dienst staat van het leren van leerlingen, dat uitleg daarvoor maar één middel is en dat andere middelen in vele situaties geschikter zijn. Immers wat leraren vertellen wordt door leerlingen vaak niet in hun bestaande cognitieve structuren opgenomen en als het wel wordt opgenomen gebeurt dat vaak op onvoorspelbare (en dus onbedoelde)

10 Gunstone en Northfield (1987) voegen daar nog aan toe: uitvoerbaarheid. Naar mijn mening kan dit goed onder vruchtbaarheid worden meegenomen.

manieren (Osborne en Freyberg, 1985). Ten Voorde (1977) spreekt wat dit betreft van een kloof van onverstaanbaarheid.

De aannemelijkheid, begrijpelijkheid en vruchtbaarheid van de oude opvatting moet verminderd worden, terwijl die van de nieuwe juist verhoogd moet worden. Het is niet zo moeilijk om begrijpelijk te maken dat uitleggen niet altijd de beste manier van lesgeven is. Bij de aannemelijkheid van die uitspraak wordt het al wat moeilijker doordat studenten zoveel ervaringen hebben waaruit blijkt dat uitleggen wel de meest voorkomende lesvorm is, terwijl ze bovendien vaak het duidelijkste gevoel hebben gekregen iets te leren toen hen iets verteld werd. Verder zijn ze tot nu toe zelden of nooit geconfronteerd met de verschillen tussen hetgeen leraren getracht hebben over te brengen en datgene wat er is overgekomen. Het grootste probleem zit hem echter in de vruchtbaarheid van de oude gedachte. De oude opvatting is, gezien het ordelijkheidscriterium, zeer vruchtbaar zoals de studenten zullen merken wanneer ze in de school les geven: goed uitleggen blijkt dan een prima manier om leerlingen geboeid in de les te laten zitten. Vermindering van de aannemelijkheid en vruchtbaarheid van die opvatting zal dus niet gemakkelijk zijn, maar is wel voorwaarde voor een geslaagd proces van *conceptual change*. Zonder die vermindering zal een alternatieve opvatting, als die al zou worden geaccepteerd, niet lang stand houden.

Verder moet de begrijpelijkheid, aannemelijkheid en vruchtbaarheid van de nieuwe opvatting worden duidelijk gemaakt. Ook hier zit het grootste probleem bij de vruchtbaarheid van de nieuwe opvatting. Bijvoorbeeld blijken andere strategieën dan uitleggen veelal niet op korte termijn tot een goed resultaat te leiden. Ook in het licht van het ordelijkheidscriterium zal de vruchtbaarheid niet altijd duidelijk zijn. Wanneer je consequenties probeert te trekken uit de gedachte dat lesgeven ten dienste staat van het leren van leerlingen betekent dat op sommige momenten namelijk andere werkvormen, waarbij de leraar minder en de leerlingen meer actief zijn. Dergelijke werkvormen zullen zeker in het begin vaak een verslechtering van de werksfeer teweeg brengen, door een gebrek aan vaardigheden van de studenten waarvan het ongunstige effect nog wordt versterkt doordat leerlingen niet gewend zijn aan die werkvormen. Overigens hebben de opleiders soms ook te weinig concrete aanwijzingen voor de inrichting van lessen zodat ook daardoor de nieuwe gedachte vergeleken bij de oude opvatting niet zo erg aannemelijk en vruchtbaar lijkt.

Uit dit voorbeeld zal duidelijk zijn dat training een belangrijk onderdeel van de *conceptual-change*-benadering in de lerarenopleiding moet zijn. Teneinde de nieuwe opvatting vruchtbaar te kunnen laten zijn voor de studenten moeten ze ervaren dat deze werkt en daarvoor is nodig dat ze een aantal vaardigheden hebben getraind. Dit vereist voor allerlei vaardigheden een gepland en vrij langdurig proces van het opbouwen van bekwaamheid waarbij zeker ook van gereduceerde situaties gebruik gemaakt moet worden. Immers dan is de kans op succes groter en dat bevordert weer de beleving dat de opvatting waarmee de vaardigheden verbonden zijn vruchtbaar is. Het proces van *conceptual change* hoeft

overigens zeker niet altijd via het cognitieve kanaal geïnduceerd te worden. Ook gerichte oefening¹¹ kan een goede basis voor duurzame verandering van opvattingen zijn (Gueskey, 1985; Resnick, 1983; Fiske en Taylor, 1984).

Voldoende concrete aanwijzingen voor praktisch uitvoerbare alternatieve werkwijzen of gedragingen zijn een essentiële voorwaarde om studenten gedachten die strijdig zijn met bestaande opvattingen, als vruchtbaar te laten ervaren. Aan die voorwaarde wordt vaak niet voldaan bij de (soms impliciet) door opleiders uitgedragen opvatting dat een goede leraar het leerboek alleen als hulpmiddel gebruikt en de tekst en opbouw niet precies volgt. Hulpmiddelen om deze werkwijze goed uit te voeren kunnen vaak onvoldoende gegeven worden (Borko, 1989) en daarom wordt wel aangeraden om studenten juist met behulp van het leerboek te leren lesgeven (Wubbels e.a. 1986, Vonk, 1982).

De opvatting van het opleiden van leraren als een proces van *conceptual change* heeft uiteraard consequenties voor de opleiders. Hewson en Hewson (1988) geven aan wat leraren zouden moeten weten en kunnen teneinde *conceptual change* bij hun leerlingen te induceren. Naar analogie daarvan kunnen ook uitspraken over lerarenopleiders worden gedaan, die ik nog aanvul op basis van de door Corporaal (1988) geschetste bouwstenen voor een handelingstheoretische opleidingsdidactiek.

- Opleiders moeten door en door bekend zijn met het leraarsberoep: de verschijningsvormen van goed lesgeven, de door leraren gehanteerde werkwijzen, de begrippen, principes en theorieën die onderdeel uitmaken van de professionele bagage van leraren, etc.
- Opleiders moeten de opvattingen van hun studenten kennen over de onderwerpen waarover ze de studenten iets willen leren en tevens moeten ze kunnen beoordelen in hoeverre die opvattingen, kennis etc. houdbaar zijn in het licht van wetenschappelijke kennis over lesgeven; ze moeten dus methoden kunnen hanteren om die denkbeelden te weten te komen.
- Opleiders moeten overtuigd zijn van de noodzaak om *conceptual change*-strategieën te gebruiken, vooral wanneer de bestaande opvattingen strijdig zijn met wat ze studenten willen leren.
- Opleiders moeten de condities kennen waaronder integratie van opleiderstheorie in bestaande studenttheorie kan optreden. Te denken valt met name aan:
 - het belang van geringe ambiguïteit, afwezigheid van redundantie en het spreiden van opleiderstheorie;
 - de rol van motivatie en van de bestaande kennisstructuur;
 - de rol van oefening en training.
- Opleiders moeten in staat zijn de strategieën voor *conceptual change* te plannen en uit te voeren; ze moeten bijvoorbeeld kunnen achterhalen wat bij opvattingen de vruchtbaarheid ervan bepaalt en ontevredenheid

11 Gerichte oefening staat tegenover "doen zonder geplande feedback". Van dit laatste is aangetoond dat het als opleidingsstrategie weinig oplevert (Watts, 1987).

over die opvatting kunnen induceren; tevens moeten ze leerervaringen kunnen ontwerpen waarin de vruchtbaarheid van een nieuwe opvatting blijkt.

Als afsluiting van deze paragraaf wil ik opmerken dat ik wel enige twijfel heb of er op dit moment voldoende concrete aanwijzingen beschikbaar zijn voor het vormgeven in de les (en dus in de opleiding) van strategieën voor het induceren van *conceptual change*. De door Vosniadou en Brewer (1987) als meest kansrijke genoemde strategieën (de socratische dialoog en het gebruik van analogieën, metaforen en modellen) lijken me als gereedschap nogal mager. Dit instrumentarium behoeft zeker uitbreiding, waarbij ook strategieën zoals de eerder genoemde conceptuele training en het gebruik van actie-onderzoek in aanmerking komen. Hier ligt nog een terrein braak voor curriculumontwikkeling en opleidingsonderzoek.

6. MEERWAARDE VAN EEN OPLEIDING VOOR β -LERAREN?

In CD-B worden aanstaande leraren in de wiskunde en natuurwetenschappen, gedwongen door de geringe instroom in de postdoctorale fase, opgeleid in naar vak heterogene groepen. Is nu te verwachten, wanneer we het voorgaande overzien, dat deze uit nood geboren maatregel ook positieve kanten heeft? Mijn indruk is van wel, omdat confrontatie met collega's van andere vakken aansluit bij twee aspecten die in het voorgaande aan de orde zijn geweest.

Dit betreft in de eerste plaats de strategie gericht op het veranderen van studenttheorieën, die in paragraaf 5 is besproken. Deze heeft naar mijn schatting in een wat heterogenere groep meer kans van slagen. Veel van de opvattingen die studenten hebben over onderwijzen en hun vak zijn gekleurd door het vak dat ze zelf gestudeerd hebben. Binnen een groep studenten van één schoolvak wordt het ter discussie stellen van die opvattingen bemoeilijkt doordat studenten van hetzelfde vak enigszins blind kunnen zijn voor die door hun vak gekleurde opvattingen. Wanneer nu studenten van verschillende vakken bij elkaar zitten zal het eenvoudiger zijn de vakgebonden opvattingen te onderkennen en bespreekbaar te maken. Studenten van een ander vak zijn minder thuis in het betreffende vak en kunnen daardoor heel natuurlijk, bijvoorbeeld in de rol van leerling, informatie verschaffen over hetgeen hun collega-studenten denken of doen. Dit geldt zeker voor de belangrijkste verandering die in het denken over het eigen vak moet optreden: de overgang naar een instelling waarbij de vertaling van het vak naar de leerling centraal komt te staan (Borko, 1989).

Ook het verwerven van algemene leraarsbekwaamheden, met name betreffende het omgangsaspect van het lesgeven, kan gebaat zijn bij het werken met heterogene groepen. Onder de voor β -leraren belangrijk geachte vaardigheden vinden we immers (paragraaf 2) veel algemene bekwaamheden. Het zou wel eens zo kunnen zijn dat juist voor studenten in de β -vakken veel nadruk nodig is op algemene omgangsaspecten. Lijnse

(1985) heeft op grond van een literatuuranalyse laten zien dat er reden is te veronderstellen dat natuurkundigen een groep uit de bevolking vormen die zich onderscheidt van anderen. Ze onderscheiden zich op kenmerken die nuttig zijn om succes in het vak te bereiken: creativiteit, rationaliteit etc. en ze onderscheiden zich op het gebied van sociale relaties en emotionaaliteit. Op de laatste dimensie functioneren ze minder goed dan anderen en de wortels daarvan lijken al in de vroege jeugd te liggen, terwijl ze tijdens de schoolperiode bevestigd en versterkt lijken te worden. Deze eigenschappen maken dat de afstand tot enkele gewenste leraarskenmerken relatief groot zijn voor natuurkundigen: leraren moeten immers in staat zijn om goede relaties met leerlingen te scheppen en er worden hoge eisen aan hun omgangsvaardigheden gesteld. Hoewel het geschetste beeld voor andere β -vakken wellicht wat minder somber is, lijkt dit een goede reden om in de universitaire β -lerarenopleiding nogal veel nadruk te geven aan de omgangsvaardigheden. Een groep die heterogener is van samenstelling doordat er leraren van verschillende vakken aan meedoen geeft op het opleidingsinstituut een betere gelegenheid te oefenen.

Beide genoemde aspecten zouden overigens aanleiding geven te pleiten voor nog verdergaand bij elkaar voegen van studenten dan alleen van de β -vakken. Er zijn natuurlijk andere argumenten waarom een dergelijke groepering bezwaarlijk is, wanneer deze voor grote delen van de opleiding zou worden toegepast. In paragraaf 2 is bijvoorbeeld geconstateerd dat een belangrijk deel van de opleiding juist vanuit de vakinhoud vorm krijgt. Er bestaan daarvoor goede redenen (zie Korthagen, 1982; Broekman en Weterings, 1987). Bijvoorbeeld geeft uitgaan van de vakinhoud de mogelijkheid om onderwijs over de didactiek te koppelen aan onderwijs over de inhoud van het schoolvak (zie bijvoorbeeld (voor het basisonderwijs) Goffree, 1982, 1983, 1985 en voor het tweedegraads natuurkundegebied: Schoolnatuurkunde en didactiek). Dit is nuttig omdat we moeten constateren dat vele doctorandi ondanks hun vakstudie niet in staat zijn de schoolnatuurkunde adequaat te presenteren omdat ze zelf fouten maken op het gebied van de vakinhoud (b.v. Viennot, 1979). Wat dit punt betreft is het zelfs al een nadeel om leraren in de vier β -vakken gezamenlijk op te leiden.

7. SLOTOPMERKING

In het voorgaande is nogal wat aandacht besteed aan één aspect van de opleiding van β -leraren, namelijk hen voorbereiden op het induceren van *conceptual change* bij leerlingen. Dat is natuurlijk maar één aspect van de lerarenopleiding in de β -vakken naast vele andere. Bovendien is het een aspect dat slecht aansluit bij de belangstelling van studenten in de lerarenopleiding. Immers, zoals uit het onderzoek naar *concerns* van (aanstaande) onderwijsgeveenden blijkt, zijn deze in de opleiding veel meer bekommerd om hun eigen overleven dan om het leren van leerlingen. Hopelijk sluit dat niet uit dat in de opleiding getracht kan worden te werken aan het ontstaan van de belangstelling voor het verbeteren van

dat leren van leerlingen. Een belangrijke opleidingsdidactische vraag lijkt mij daarom hoe studenten gemotiveerd kunnen worden om met activiteiten bezig te zijn waarin niet het eigen overleven centraal staat. Immers om *conceptual change* bij studenten te induceren is de motivatie een belangrijke conditie.

Vooralsnog moeten we echter constateren dat nascholing over het induceren van *conceptual change* wellicht nuttiger is dan activiteiten in de initiële opleiding. Leren voor later is nu eenmaal niet gemakkelijk op te brengen, weten we uit de ervaring in het voortgezet onderwijs!

8. LITERATUUR

- ARCULO (1985). *Advies m.b.t. de lerarenopleiding en de tweede fase van het WO*, Bouwstenen voor het curriculum van de universitaire lerarenopleiding.
- ARCULO (1980). *De implementatie van de Universitaire Lerarenopleiding*. Kernadvies.
- Borko, H. (1989). Research on learning to teach. In: A.E. Woolfolk (Ed.). *Research perspectives on the Graduate preparation of teachers*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 69-87.
- Boschhuizen, R. (1987). *Van vakinhouden naar leerinhouden*. Amsterdam: VU-uitgeverij.
- Brekelmans, M. (1989). *Interpersoonlijk gedrag van docenten in de klas*. Dissertatie. Utrecht: wcc.
- Broekman, H.G.B., & Weterings, J.M.J. (1987). The prehistory of teacher trainees and the consequences for teacher education. *Journal of Mathematical Behavior*, 6, 201-216.
- Brophy, J.E., & Good, T.C. (1986). Teacher behavior and student achievement. In: M.C. Wittrock (Ed.). *Handbook of Research on Teaching*, 3rd edition. New York: MacMillan.
- Brouwer, N. (1987). *Cooperation structures in preservice teacher education programmes and their effects on beginning teachers' classroom performance*. Paper presented at the Annual Meeting of the AERA. Washington DC.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E., & Gunstone, R.F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17, 31-53.
- Cingel, N.A. van der (1987). Innovation Projects: some notes on the evaluation of criteria. In: J.T. Voorbach & L.G.M. Prick (Eds.). *Teacher Education 3*. Den Haag: svo. 153-162.
- Coonen, H.W.A.M., & Franssen, H.A.M. (1981). Geïntegreerde bekwaamheidsverwervingsprocessen in de lerarenopleiding basisonderwijs. *Pedagogische Studiën*, 58 (7/8), 319-334.
- Coonen, H. W. A. M. (1987). *De opleiding van leraren basisonderwijs*. Dissertatie. Den Bosch/Utrecht: KPC.
- Corporaal, A. H. (1988). *Bouwstenen voor een opleidingsdidactiek*. Dissertatie. De Lier: ABC.

- Créton, H.A., & Wubbels, Th. (1984). *Ordeproblemen bij beginnende leraren*. Utrecht: WCC.
- Ernest, P. (1989). The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: a model. *Journal of Education for Teaching*, 15 (1), 13-33.
- Eylon, B., & Linn, M.C. (1988). Learning and Instruction: An Examination of Four Research Perspectives in Science Education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251-302.
- Feiman-Nemser, S., & Ball, D. (1984). *Views of knowledge in preservice curriculum*. Paper presented at the conference of the AERA. New Orleans.
- Fenstermacher, G. D. (1986). Philosophy of research on teaching: three aspects. In M.C. Wittrock (Ed.). *Handbook of research on teaching*. (third edition). New York: MacMillan. 37-49
- Fiske, S. T., & Taylor, S.E. (1984). *Social Cognition*. New York: Random House.
- Gabel, D.L., Kagan, M.H., & Sherwood, R.D. (1980). A summary of research in science education 1978. *Science Education*, 64 (4), 429-568.
- Geensen, M. (1983). Integratie in de lerarenopleiding en consequenties daarvan. *Tijdschrift voor opleiding en onderwijs*, 2 (2), 15-31.
- Genderen, D. van (1989). *Mechanica-onderwijs in beweging*. Dissertatie. Utrecht.
- Gilbert, J.K., & Osborne, R.J. (1981). *From Children's Science to Scientist's Science: A Workshop*. University of Surrey.
- Gliessman, D.H., & Pugh, R.C. (1987). Conceptual instruction and intervention as methods of acquiring teaching skills. *International Journal of Educational Research*, 11, 555-564.
- Goffree, F. (1982, 1983, 1985). *Wiskunde en Didactiek*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Goffree, F. (1979). *Leren onderwijzen met Wiskobas*. Dissertatie. Utrecht: IOWO.
- Griffioen, J. (1980). *Supervisie van beginnende leraren*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Groeben, N., & Scheele, B. (1977). *Argumente fur eine Psychologie des reflexiven Subjekts*. Darmstadt: Steinkopff.
- Gunstone, R.F., White, R.T., & Fensham, P.J. (1988). Developments in style and purpose of research on the learning of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 513-530.
- Gunstone, R.F., & Northfield, J.R. (1987). Learners-teachers-researchers: consistency in implementing conceptual change. *Tijdschrift voor Didactiek der β -Wetenschappen*, 5 (1), 60-74.
- Guskey, T.R. (1986). The staff development and the process of teacher change. *Educational Researcher*, 15 (5), 5-12.
- Hacker, R.G. (1984). A typology of approaches to science teaching in schools. *European Journal of Science Education*, 6, 153-167.
- Hewson, M.G., & Hewson, P.W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.

- Hewson, P.W., & Hewson, M.G.A'B. (1988). An appropriate conception of teaching science. *Science Education*, 72 (5), 597-614.
- Hewson, P.W., & Hewson, M.G.A'B. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9 (4), 425-440.
- Hooymayers, H.P., Hermans, J.J., & Koetsier, C.P. (1985). Naar een verdere professionalisering van de universitaire lerarenopleiding. *Pedagogisch Tijdschrift*, 10 (5), 226-238.
- ITS (1973). *Onderzoek naar de taak van de leraar in het voortgezet onderwijs*. Den Haag: Staatsuitgeverij.
- Jansen, B., & Wildschut, P. (1984). Enkele biologieleraren over hun opleiding didactiek. *Tijdschrift voor Opleiding en Onderwijs*, 3 (4), 27-43.
- Jong, R. de, Tillema, H.H., & Wolfgram, H.P. (1985). *Professionele bekwaamheden van leerkrachten basisonderwijs*. Groningen: SVO-RION.
- Jong, J.A. de (1988). *Je wordt aan het denken gezet; ontwikkeling en evaluatie van een model voor de schoolstage van de PABO*. Dissertatie. Utrecht: ISOR.
- Joyce, B., & Showers, B. (1987). *Student achievement through staff development*. New York: Longman.
- Joyce, B.R. (1988). Training Research and Preservice Teacher Education: a reconsideration. *Journal of Teacher Education*, 39 (5), 32-36.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (Eds.) (1988). *The action research planner* (3rd edition). Geelong: Deakin University Press.
- Kieviet, F. K. (1985). Naar verdere professionalisering. In: J.J. Peters (Ed.). *Scholing*. Haren: Sassenheim. 31-51.
- Knoers, A.M.P. (1987). *Leraarschap: Amb(ach)t of Professie*. Afscheidscollege. Assen/Maastricht: Van Gorcum.
- Koetsier, C.P., & Brinke, J.S. ten (1987). Het ontwerpen van een opleidingsonderzoek vanuit een uitgebreide lijst van veldrelevante onderzoeksvragen. In: L.G.M. Prick, H. Beks, J.S. ten Brinke & B.J.M. Schut (Eds.). *Lopend onderzoek in de lerarenopleiding in artikelen en kronieken*. Jaarboek 1986 VULON. De Lier: ABC, 51-64.
- Koetsier, C.P., Driel, C.van, & Janzen, R.W. (1987). *Gebleken leraarsbekwaamheid*. Utrecht: RUU, Didactiek van de Biologie.
- Korthagen, F. (1982). *Leren reflecteren als basis van de lerarenopleiding*. Harlingen: Flevodruk.
- Lasley, T.J. (1980). Preservice teacher beliefs about teaching. *Journal of Teacher Education*, 31, 38-41.
- Licht, P., Eijkelhof, H.M.C., Boschhuizen, R., & Bouma, J. (1988). *Results of an international inventory of experiences with preservice and inservice education on pupils' preconceptions*. Paper prepared for the XIIIth ATEE conference in Barcelona.
- Lortie, S. (1975). *Schoolteacher: a sociological study*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lijnse, P.L. (1985). Zijn natuurkundigen anders? *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3 (1), 3-24.
- Magoon, A.J. (1977). Constructivist approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47, 651-693.

- Meyer, H. (1980). *Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung*. Königstein: Scriptor.
- Osborne, R.J., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Ost, D.H., & Baird, W.E. (1989). Sources of experienced secondary teachers' skills and knowledge. *Science Education*, 73 (1), 71-86.
- Penick, J.E., & Yager, R.E. (1988). Science Teacher Education: a program with a theoretical and pragmatic rationale. *Journal of Teacher Education*, 39 (6), 59-64.
- Peters, V.A.M. (1985). *Docenten en hun probleemsituaties*. Dissertatie. Nijmegen.
- Peters, J.J. (1985). Bouwstenen voor een opleidingsdidactiek. In: J.J.Peters (Ed.). *Opleidings- en nascholingsdidactiek*. Amsterdam: Elsevier, 1-35.
- Peters, J.J. (1986). Leren onderwijzen en subjectieve theorieën van aanstaande leraren. In: J.S. ten Brinke, J.C. Rodenburg-Smit, J.H.J. Stakenborg & Th. Wubbels (Red.). *Nieuwe trends in opleiding, onderwijs en beleid*. Verslag van het VULON-congres 1985. Den Haag: SVO/VULON. 90-96.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Resnick, L.B. (1983). Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.
- Sanders, J.T., & McPeck, J.E. (1976). Theory into practice or vice versa? Comments on an educational antinomy. *The Journal of Educational Thought*, 10, 188-193.
- Shulman, L. S., (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Shymansky, J.A., & Kyle, W.C. (1988). A summary of research in science teaching. *Science Education*, 72 (3), 249-402.
- Tillema, H.H., & Veenman, S.A.M. (1987). Conceptualizing training methods in teacher education. *International Journal of Educational Research*, 11 (5), 519-531.
- Tillema, H., Jong, R. de, & Matthijsen, Ch. (1988). *Effectiviteit van nascholingsactiviteiten voor leerkrachten*. Groningen: RION.
- Tulloch, B.R. (1986). A factor analytic study of secondary science teacher competencies within which growth is perceived as important by science teachers, supervisors, and teacher educators. *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (6), 543-556.
- Vedder, J. (1984). *Oriëntatie op het beroep van leraar*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Vonk, J.H.C. (1982). *Opleiden en praktijk*. Amsterdam: VU Boekhandel/Uitgeverij.
- Verloop, N. (1989). *Interactive cognitions of student-teachers*. Dissertatie. Arnhem: CITO.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.

- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en Verstaan*. Den Haag: Staatsuitgeverij.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57 (1), 51-67.
- Wagner, A.C. (1973). Changing teaching behavior: A comparison of micro-teaching and cognitive discrimination training. *Journal of Educational Psychology*, 64, 299-305.
- Wahl, D., Weinert, F.E., & Huber, G.L. (1984). *Psychologie für die Schulpaxis. Ein handlungsorientiertes Lehrbuch für Lehrer*. München: Kösel Verlag.
- Watts, D. (1987). Student teaching. In: M. Huberman, & J.M. Backus (Eds.). *Advances in teacher education*, (vol.3). Norwood: Ablex Publishing Company.
- Wubbels, Th. (1988). Verslag van het congres van de American Educational Research Association. *Tijdschrift voor Didactiek der β -Wetenschappen*, 6 (3), 231-235.
- Wubbels, Th., Créton, H.A., & Holvast, A.J.C.D. (1986). Rendementsverhoging van de opleiding van leraren in het licht van ordeproblemen bij beginnende leraren. In: J.S. ten Brinke e.a. (Red.). *Nieuwe trends in opleiding, onderwijs en beleid*. Verslag van het VULON-congres 1985. Den Haag: SVO/VULON. 96-102.
- Yeany, R.H., & Padilla, M.J. (1986). Training science teachers to utilize better teaching strategies: a research synthesis. *Journal of research in Science Teaching*, 23 (2), 85-95.
- Zeichner, K.M. et al (1989). *Developing appropriate conceptions of teaching science during preservice teacher education*. Wisconsin: University of Wisconsin.
- Zeichner, K.M. (1986). Lehrersozialisation und Lehrerausbildung. *Bildung und Forschung*, 39, 263-278.

DEEL D: HET CENTRUM VAN BUITENAF

Op verzoek van de redactie heeft ook een aantal voor het Centrum "Belangrijke Anderen", uit de onderwijsverzorgingsstructuur en van de NVON, zich gebogen over "het verschijnsel β -didactiek". We zijn hun dankbaar voor de uitvoerigheid en nauwkeurigheid waarmee ze zich van hun taak gekweten hebben. Het Centrum zou er goed aan doen hun adviezen ter harte te nemen.

β-DIDACTISCH ONDERZOEK EN SVO

P. Vedder & J.G.L.C. Lodewijks

Instituut voor Onderzoek van het Onderwijs (SVO), 's-Gravenhage

1. SVO IN HET KORT

Vanaf de oprichting in 1965 is svo een beheerder en verdeler geweest van gelden die jaarlijks beschikbaar worden gesteld door het ministerie van onderwijs en wetenschappen. De functie van svo is die van een bemiddelaar tussen de vragers van onderzoek en de onderzoekers. Daarbij dient svo de onafhankelijkheid van onderzoek t.o.v. politieke belangen van aanvragers te waarborgen. De aanvragers bij svo zijn voornamelijk het ministerie van onderwijs en organisaties in het onderwijsveld. Bij veldorganisaties gaat het vooral om de vertegenwoordigende lichamen van de rooms-katholieke, de protestants christelijke en de openbare schoolbesturen. Juist omdat het hier om belangen vertegenwoordigende organisaties gaat die bestaand onderwijsbeleid willen continueren of juist willen wijzigen en daarvoor mede steun kunnen zoeken in onderzoek, is het waarborgen van de onafhankelijkheid van onderzoek onverminderd van groot belang.

De overheid en de koepelorganisaties zijn niet de enige aanvragers van onderzoek. Elke landelijke organisatie die het tot haar taak rekent aan de ontwikkeling en verbetering van het onderwijs een bijdrage te leveren, kan een beroep doen op svo. Ook deze organisaties worden veldorganisaties genoemd. Er komen jaarlijks vele vragen binnen bij svo en svo zelf doet er ook het nodige toe om via probleemverkenner problemen te genereren en te verwoorden. Niet al die vragen worden in behandeling genomen en niet alle vragen worden uiteindelijk in de oorspronkelijke vorm onderzocht. svo komt op basis van analyse van ingediende wensen, via vergelijking met reeds uitgevoerd onderzoek en in overleg met aanvragers en onderzoekers vaak tot herformulering, inperking of uitbreiding van een vraag.

Naast onderzoek op aanvraag van het onderwijsveld of het departement bestaat een beperkte mogelijkheid voor onderzoek op aanvraag van onderzoekers zelf. Deze zogenaamde vrije ruimte betreft maximaal 20% van svo's onderzoeksbudget. Circa 2/3 deel van dit volume zal in de toekomst zijn gereserveerd voor het zogenaamd fundamenteel-strategische onderzoek. svo stelt de thema's voor deze programma's vast en stelt onderzoekers in de gelegenheid voorstellen voor de invulling hiervan in te dienen.

Het werken met onderzoeksthema's heeft tot consequentie dat het niet zinvol is dat onderzoekers op eigen houtje willekeurige vragen, bijvoorbeeld op het gebied van β-didactiek, indienen. Voor het resterende deel van de vrije ruimte bestaat de mogelijkheid dat onderzoekers meedingen naar onderzoeksbeurzen. Een beperking is dat het gaat om beurzen voor

naar onderzoeksbeurzen. Een beperking is dat het gaat om beurzen voor gespecificeerde soorten onderzoek. Het gaat om beurzen bestemd voor de afronding van dissertatie-onderzoek, om oriënterende/voorbereidende studies, om onderzoek met een fundamenteel karakter in de zin dat evaluatie van theorieën of theorie-ontwikkeling het primaire doel is en om onderzoek dat controlerend of integrerend van aard is zoals replicatiestudies of secundaire analyses.

Tot zover een algemene karakteristiek van de context waarbinnen het landelijke onderwijsonderzoek via svo tot stand komt. In de rest van deze bijdrage zullen we de aandacht richten op de plaats van het β -didactisch onderzoek in dit kader.

2. SVO EN β -DIDACTISCH ONDERZOEK TOT NOG TOE

Nagegaan is welke projecten op het gebied van de β -didactiek sinds 1985 bij svo zijn afgerond dan wel in uitvoering zijn. Als uitgangspunt voor de selectie is genomen de omschrijving van het gebied van β -didactisch onderzoek, die is gegeven in de CD- β brochure van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen. Op bladzijde 5 van deze brochure staat te lezen " β -didactisch onderzoek heeft betrekking op het leren en onderwijzen van begrippen en werkwijzen uit de β -vakken. Hierbij ligt de nadruk op de vraag hoe begrippen in een leerproces voor iemand betekenis krijgen of van betekenis veranderen. Ook de invloeden van het onderwijzen door de docent, het onderwijsmateriaal en medeleerlingen of -studenten op dit leerproces wordt daarbij betrokken." Dit is een wel zeer brede omschrijving. Ten opzichte van de meer algemene aanduiding "onderwijspsychologisch onderzoek" wordt slechts een beperking aangebracht door het onderzoek te richten op β -vakken. Hiertoe behoren de vakken rekenen, wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie, kennis der natuur, gezondheidsleer en het "integratievak" science. Verder hebben we ons, mede gelet op de reikwijdte van svo's activiteiten, beperkt tot projecten met betrekking tot het basisonderwijs en het voortgezet onderwijs.

De titels van de betreffende projecten met vermelding van de uitvoerende instituten en het type onderwijs waarop projecten betrekking hebben zijn in tabel 1 afgedrukt.

In totaal gaat het om 31 projecten. Het overgrote deel van de projecten (21) betreft de vakken rekenen of wiskunde. Er zijn vier projecten op het gebied van de natuurkunde en drie op het gebied van biologie en kennis der natuur. De vakken scheikunde, gezondheidsleer en science zijn elk in één project aan de orde gekomen. Wat betreft de natuurkunde blijkt dat de vakgroep Didactiek van de Natuurkunde een sterk aanspreekpunt was voor svo. Alle onderzoeken met betrekking tot de natuurkunde zijn door dit instituut uitgevoerd. Het meeste onderzoek op het gebied van rekenen en wiskunde is uitgevoerd door het RION (negen projecten).

Tabel 1: Overzicht van β -didactisch onderzoek dat vanaf 1985 bij svo is afgerond of in uitvoering is.

onderwijssector/ uitvoerend inst.	titel
b.o. RION	Zakrekenmachines in het basisonderwijs.
v.o. OCTO	Second international science study.
b.o. ISOR	Het verwerken van informatie door hoogbegaafde kinderen gedurende het oplossen van wiskunde problemen.
v.o. RION	De invloed van het gedrag van docenten op de prestaties in, keuze van en attituden t.o.v. wiskunde door meisjes in het AVO/VWO.
b.o. CITO	Balans van het rekenonderwijs in de basisschool: uitkomsten van de eerste rekenpeiling medio en einde basisschool.
b.o. SCO	Het leren oplossen van wiskundige problemen.
b.o. OCTO	Implementatie van natuuronderwijs.
v.o. OCTO	Interne differentiatie wiskunde onderwijs 12-16 jarigen
b.o. RION	Vergelijking reken- wiskundemethoden in het basisonderwijs.
b.o. RION	Evaluatie van curriculumprodukten in en rond projecten basisonderwijs.
b.o. RION	Didactische werkvormen in computer ondersteund rekenonderwijs.
v.o. OCTO	Leeromgevingsonderzoek.
b.o. ISOR	Inbouw van computers in bestaande leergangen.
b.o. RION	Strategisch handelen bij het oplossen van rekenopgaven.
b.o. EUR	Kwantiwijzer voor leerkrachten.
v.o. SCO	Vooronderzoek ontwikkeling wiskunde voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs.
b.o. RION	Betrouwbaarheid en validiteit van instrumenten voor het meten van het onderwijsaanbod bij rekenen en taal.
b.o. OCTO	Evaluatie, implementatie en effectiviteit lesvoorstellen voor natuuronderwijs in de basisschool.
b.o. RION	Remediële rekenprogramma's voor de basisschool.
b.o. ISOR/OWOC	Moderne reken- en wiskundemethoden.
v.o. SCO	Leren oplossen van wiskundige problemen in het voortgezet onderwijs.
v.o. CD- β	Risico-afweging in het onderwijs aan de hand van het onderwerp ioniserende straling.
v.o. CD- β	Begripsontwikkeling bij leerlingen in realiteitsgericht natuurkunde onderwijs.

vervolg overzicht β -didactische projecten

b.o. EUR	Implementatie-onderzoek Kwantiwijzer.
v.o. SCO	Natuuronderwijs 12-16 jarigen.
v.o. SCO	Onderzoek SLO-project MAVO-scheikunde.
b.o. RION	Gezondheidseducatie in het basisonderwijs.
v.o. VUA	De constructie en validering van een transfertest voor wiskunde onderwijs.
v.o. RION	Meisjes en wiskunde: het HEWET-project.
v.o. CD- β	Leefwereld en participatiegericht leren.
v.o. CD- β	Oorzaken van de geringe populariteit van natuurkunde als examenvak bij meisjes in het AVO.

Hoewel het onderwijsonderzoeksinstituut in Twente (OCTO) en dat in Amsterdam (SCO) niet zijn gespecialiseerd in een van de β -vakken, kunnen zij goed concurreren met de vakgroepen die nu samenwerken in het centrum voor β -didactiek.

3. β -DIDACTISCH ONDERZOEK IN DE TOEKOMST

Ook in de toekomst zal er β -didactisch onderzoek plaatsvinden. Wil het Centrum van Didactiek van Wiskunde en Natuurkunde daarbij enige rol van betekenis spelen, dan is een evaluatie van de navolgende vier overwegingen naar onze mening van belang.

Voor de eerste overweging sluiten we aan bij het hiervoor gepresenteerde overzicht van de uitgevoerde en in uitvoering zijnde projecten. Dit overzicht suggereert dat er nog de nodige profilering als specialistisch onderzoeksinstituut nodig is. Die profilering zal aan de ene kant betrekking moeten hebben op het belang van een specifieke vakdidactische benadering en aan de andere kant op het belang van algemene didactische, onderwijs- en leerpsychologische overwegingen. De vak-didactische benadering mag niet ten koste gaan van die algemene overwegingen.

Wat de vakdidactische benadering betreft is het enigszins opvallend dat de hiervoor aangehaalde omschrijving van het onderzoeksgebied zo algemeen is. Bij vakdidactiek gaat het om het leren dat via onderwijs in een betreffend vak tot stand komt. Voor zover het om bestaande programma's gaat kan dit leren en de voorwaarden waaronder het op een bedoelde wijze plaatsvindt ongetwijfeld ook door onderwijspsychologen worden onderzocht. Bij didactiek gaat het bovendien om vernieuwing of verbetering van het onderwijs. Ook dit vernieuwingsaspect kan door onderwijspsychologen benadrukt worden. Wat de vakdidacticus tot een vakdidacticus maakt is zijn relatie met het wetenschapsgebied dat correspondeert met

het vak waarop de vakdidacticus zich richt. De wijze waarop het leren wordt onderzocht en de ontwikkelingsprodukten en andere voorwaarden voor het leren die worden onderzocht, dienen te getuigen van wiskundige, natuurkundige, biologische of scheikundige reflectie.

Wellicht is het de vakdidactici niet voldoende gelukt om degenen die onderzoeksplannen beoordelen te overtuigen van de meerwaarde van een vakdidactische benadering.

Uitdrukkelijk spreken we hier over meerwaarde. Het gaat daarmee impliciet ook over de aandacht voor algemeen didactische, onderwijs- en leerpsychologische overwegingen. Van meerwaarde is slechts sprake als deze meer algemene overwegingen voldoende aandacht krijgen. Wat dit betreft hebben beoordelingscommissies in het verleden bij ingediende voorstellen weleens twijfels geuit met betrekking tot de aandacht van vakdidactici voor de meer algemene didactische, onderwijs- en leerpsychologische overwegingen.

In de toekomst zal svo steeds meer themagericht gaan werken. Hier gaat het over bij onze tweede overweging. In plaats van afzonderlijke onderzoeksvragen zullen in de toekomst samenhangende clusters van onderzoeksvragen worden uitgezet binnen een onderzoeksthema. Het doel is te komen tot bundeling van onderzoeks-aandacht van deskundigen en tot het versterken van de samenhang tussen onderzoeken, zodat er sprake is van onderlinge bevruchting die tot uiting komt in een hoogwaardig onderzoeksprodukt. Inmiddels heeft svo een begin gemaakt met de thematische aanpak binnen de vrije ruimte. Het is te voorzien dat binnen een aantal jaren ook bij het overheidsonderzoek en het veldgebonden onderzoek ruimte wordt gemaakt voor een dergelijke thematische aanpak.

Uitdrukkelijker dan bij het onderzoek binnen de eigen (vrije) ruimte van svo zal bij het thematische onderzoek in de overheids- en veldsector de praktische relevantie van het onderzoek in termen van beoogde onderwijsverbetering en innovatie uitgangspunt zijn. Onderzoek in dit kader zal zich richten op verschijnselen die uitdrukking zijn van problemen en tekorten in het onderwijs die een kennelijk persistent karakter hebben en op maatregelen die de kwaliteit van het onderwijs duidelijk beïnvloeden. Steeds moet het daarbij gaan om verschijnselen en maatregelen die niet sterk gebonden zijn aan de actuele politieke context of aan specifieke programma's in het kader van onderwijsbeleid.

Het intekenen op thematisch onderzoek is in zekere zin aantrekkelijk voor instituten, omdat daarmee de mogelijkheid bestaat dat ze een reeks van samenhangende meerjarige onderzoeken kunnen gaan uitvoeren. Anderzijds doet zich natuurlijk aan de kant van de onderzoeksorganisaties een zekere terughoudendheid gevoelen. Deze aarzeling is begrijpelijk, omdat bij een geringer succes bij het binnenhalen van zulke onderzoeksprogramma's veel geld aan de neus van een instituut voorbij gaat, terwijl andere instituten die met de eer gaan strijken voor een reeks van jaren hun belangen veilig zien gesteld. Onderzoeksinstituten kunnen hier slechts regulerend in op treden als ze erin slagen om op basis van gezamenlijke inspanning te komen tot beargumenteerde thema voorstellen en tot onder-

linge afstemming over eventuele taakuitvoering of taakverdeling. Uitdrukkelijk wordt hier gesteld dat het moet gaan om gezamenlijke inspanning en onderlinge afstemming. Onderlinge concurrentie tussen instituten en onderzoekers op dit gebied zaait bij degenen die de themakeuze bepalen nu eenmaal twijfel over het belang van thema's die worden voorgesteld. Degenen die uiteindelijk de beslissing nemen over het te onderzoeken thema zullen in zo'n geval zelf de weg vinden om een themakeuze te beargumenteren en zich weinig aantrekken van gedane voorstellen.

svo is in deze niet uit op een verdeel-en-heers-politiek. Integendeel, in verband met de start van de thematische programma's voor fundamenteel strategisch onderzoek binnen de vrije ruimte heeft svo het initiatief genomen tot de oprichting van een werkverband voor onderwijsonderzoekers. svo heeft zich tevens bereid verklaard een dergelijk werkverband financieel te ondersteunen en als aanspreekpunt te erkennen.

Een derde overweging betreft ontwikkelingsonderzoek.

svo heeft de afgelopen jaren binnen de vrije ruimte een paar ontwikkelingsonderzoeken gesubsidieerd, maar over het algemeen is svo terughoudend bij verzoeken tot financiering van dergelijk onderzoek. De reden is dat svo primair een instituut is dat onderzoek subsidieert en geen ontwikkelingswerk. Het ontwikkelingswerk bij ontwikkelingsonderzoek vraagt vaak veel geld, terwijl niet altijd de meerwaarde van de ontwikkeling van nieuwe programma's duidelijk is in vergelijking tot een gerichte selectie van bestaande programma's of programma-onderdelen. Een goed, reeds beproefd, alternatief is dat via een andere organisatie, bijvoorbeeld de slo, financiering van het ontwikkelingsdeel wordt geregeld, terwijl svo het onderzoeksdeel financiert. Een dergelijke constructie heeft het voordeel dat het instituut dat het ontwikkelingswerk betaalt kan optreden als

opdrachtgever van het ontwikkelingswerk en tegelijkertijd als aanvrager van het onderzoeksdeel bij svo. Dit verruimt de mogelijkheid van financiering van het onderzoeksdeel via svo.

Alhoewel het aantal vier in de volkswijsheid op sommige Caraïbische eilanden niets dan rampspoed met zich meebrengt, wagen wij het er hier toch op om tot slot een vierde overweging onder de aandacht te brengen. Het is een kort advies: Werk bij het voorbereiden van relevante onderzoeksactiviteiten flink samen met organisaties die als aanvragers van onderzoek kunnen optreden. Soms kan het voordelig zijn als die organisaties bovendien maatschappelijke groeperingen representeren. Dit laatste kan meewegen bij het bepalen van het belang van vragen.

Kortom, of het centrum voor β -didactisch onderzoek in de toekomst flink zal meeroeren in, en scheppen uit de pot van de onderzoeksgelden is afhankelijk van de inspanning van svo en aanvragers maar uiteraard vooral van het centrum zelf. Wij wensen het Centrum en het onderzoek dat er binnen gestalte zal krijgen, een vruchtbare toekomst.

DE BETEKENIS VAN β -DIDACTISCH ONDERZOEK VOOR LEERPLANONTWIKKELING

K.Th. Boersma & F. Goffree
Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO)

1. INLEIDING

Leerkrachten in de β -vakken ontplooiën een grote verscheidenheid aan activiteiten gericht op het stimuleren van het leerproces van hun leerlingen: ze leggen uit, ze trachten leerlingen te overtuigen, ze helpen problemen op te lossen, ze laten voorbeelden zien, ze begeleiden leerlingen bij het uitvoeren van processen, enzovoort, enzovoort. Ze zijn er veelal van overtuigd dat ze daarmee daadwerkelijk het leerproces van hun leerlingen stimuleren. Bij de voorbereiding en uitvoering maken zij en hun leerlingen meestal gebruik van lesmateriaal. Een deel van hun activiteiten en die van leerlingen is vaak in grote lijnen gestuurd door dit lesmateriaal. Dit lesmateriaal bedoelt dus, net als wat de leerkrachten doen, het bedoelde leerproces mogelijk te maken en te stimuleren of zelfs te optimaliseren.

Zowel in β -didactisch onderzoek als in leerplanontwikkeling voor de β -vakken wordt veel belang aan de ontwikkeling of het ontwerpen van lesmateriaal gehecht. In β -didactisch onderzoek worden vaak onderwijsleerstrategieën ontworpen en beproefd met behulp van daartoe ontwikkeld lesmateriaal. Het lesmateriaal wordt dan gezien als de neerslag van de onderzochte onderwijsleerstrategie. Beproeving van lesmateriaal geeft dan ook informatie over de bruikbaarheid van de onderwijsleerstrategie. De ontwikkeling van lesmateriaal is in dit geval geen doel op zich, maar een middel om de gestelde onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden.

In leerplanontwikkeling voor de β -vakken zoals die binnen de SLO bedreven wordt, vervult lesmateriaal twee functies. In de eerste plaats dient het voor empirische fundering van wat in leerplanpublicaties is opgenomen en in de tweede plaats heeft lesmateriaal de functie van voorbeeld hoe bepaalde delen van een leerplanpublicatie kunnen worden uitgewerkt. Gezien het belang dat zowel β -didactisch onderzoek als leerplanontwikkeling in de β -vakken hechten aan de ontwikkeling van lesmateriaal, is het vanzelfsprekend dat gebruik gemaakt wordt van elkaars ervaringen en publicaties (met name lesmateriaal) en dat gezocht wordt naar mogelijkheden waarop het rendement van de samenwerking kan worden vergroot.

In dit artikel wordt ingegaan op het belang van β -didactisch onderzoek voor leerplanontwikkeling; het belang van leerplanontwikkeling in de β -vakken voor vakdidactisch onderzoek komt niet expliciet aan de orde. In leerplanontwikkelprojecten in een of meer van de β -vakken zal steeds de vraag beantwoord moeten worden hoe onderzoeksresultaten en in het

kader van onderzoek ontwikkeld lesmateriaal kunnen worden benut. Kunnen ontwikkelde lespakketten of delen daarvan worden "opgenomen" als voorbeelden van uitwerking? En wat betekenen de resultaten van onderzoek voor de ontwikkeling van nieuw voorbeeld-lesmateriaal? Deze vragen kunnen niet ontlopen worden. Leerplanontwikkelaars zitten bij beantwoording van deze vragen met een aantal voor hen specifieke problemen, die te maken hebben met de relatie tussen het niveau van het lesmateriaal en het niveau van het leerplan. Hoe kunnen of moeten lespakketten worden afgebakend op grond van beschikbare (concept-)leerplanvoorstellen? En hoe kunnen of moeten voorbeelduitwerkingen worden terug- of doorvertaald in leerplanpublicaties?

Aan de hand van enkele voorbeelden zal nu worden geconcretiseerd wat de betekenis van β -didactisch onderzoek is voor leerplanontwikkeling in de β -vakken. Deze onderzoeken worden achtereenvolgens in paragraaf 2 en paragraaf 3 beschreven; daarna zal in paragraaf 4 worden geconcretiseerd wat de bijdrage van deze onderzoeken is voor leerplanontwikkeling in de β -vakken. Tot slot zullen in paragraaf 5 enkele aanbevelingen worden geformuleerd. Alvorens de onderzoeken te beschrijven is het nuttig eerst enkele opmerkingen te maken over de context waarin in Nederland β -didactisch onderzoek plaatsvindt.

β -didactisch onderzoek vindt plaats in twee contexten, de context van de lerarenopleiding en de context van onderwijsontwikkeling. De sporen van deze twee contexten zijn terug te vinden in tijdschriften voor de didactiek van de verschillende schoolvakken, zoals TD- β , Willem Bartjens en Euclides. Onderzoek in het kader van de lerarenopleiding heeft slechts betrekking op de opleiding van eerste- en tweedegraads leraren en niet op de opleiding van leerkrachten voor het basisonderwijs. Het onderzoek is veelal gericht op verbetering van de eigen opleiding (bijvoorbeeld Korthagen, 1983; Créton & Wubbels, 1984; Vedder, 1984). Daarnaast zijn echter wel degelijk onderzoeken verricht waarin de vakinhoud of vakdidactiek een nadrukkelijker plaats krijgt (bijvoorbeeld Broekman, 1984; Van Dormolen, 1982; Krammer, 1984; Waarlo, 1989) ook al zijn ze geheel of gedeeltelijk binnen de context van de lerarenopleiding uitgevoerd. Daarnaast valt de belangstelling op voor algemeen didactische theorieën en modellen en de directe gerichtheid daarvan op toepasbaarheid (Boschhuizen, 1987; Broekman & Weterings, 1988).

In de context van onderwijsontwikkeling is gedurende de laatste 20 jaar veel aan de didactiek van de β -vakken bijgedragen, alhoewel alleen voor wiskunde deze bijdrage zich niet alleen op het voortgezet onderwijs, maar ook op het basisonderwijs richtte. Bijdragen aan de vakdidactiek werden voor wiskunde aanvankelijk vooral geleverd vanuit het IOWO, voor natuurkunde vanuit het PLON-project. Voor de scheikunde vond ontwikkeling van de didactiek plaats in het kielzog van de CMLS-projecten en binnen de Werkgroep Empirische Inleiding. Enkele voorbeelden van vakdidactisch onderzoek dat binnen de context van onderwijsontwikkeling werd uitgevoerd zijn voor wiskunde de onderzoeken van Treffers (1978), Goffree (1979), Nelissen (1987), Streefland (1988) en Van Streun (1989). Voorbeelden voor scheikunde zijn Ten Voorde (1977) en De Vos (1986) en

voor het natuurkundeonderwijs de onderzoeken van Licht (1987), Van Genderen (1983), Eijkelhof (1988) en Van der Valk e.a. (1988). Voor biologie is tot op heden nauwelijks onderzoek binnen een ontwikkelingscontext verricht. Voor natuurkunde is tevens onderzoek in de ontwikkelingscontext verricht dat niet primair vakdidactisch van aard is, maar gericht is op de ontwikkeling van DBK-modellen in natuurkunde (Licht, 1982; Ellermeijer, 1987). Tot slot moeten zeker nog een aantal onderzoeken vermeld worden die in opdracht van svo werden uitgevoerd, gericht op evaluatie van ontwikkeld lesmateriaal, namelijk Terwel e.a. (1987) voor wiskunde en Mellink e.a. (1988) voor scheikunde. In beide onderzoeken werd nadrukkelijk door vakdidactici geparticipeerd.

Welke van deze onderzoeken kunnen nu illustratief zijn voor de betekenis van β -didactisch onderzoek voor leerplanontwikkeling? Gezien de context waarin leerplanontwikkeling plaatsvindt, zijn enkele onderzoeken gezocht in de context van onderwijsontwikkeling. Gekozen is voor het onderzoek van Licht uit de natuurkundendidactiek en de onderzoeken van Streefland en Van Streun uit de wiskundendidactiek.

2. HET ONDERZOEK VAN LICHT NAAR BEGRIPSONTWIKKELING BINNEN HET ONDERWERP ELEKTRICITEIT

Sinds het begin van de 80-er jaren is bekend dat leerlingen ten aanzien van elektriciteit voorstellingen hanteren die sterk afwijken van de wetenschappelijke opvattingen. Zo onderscheidde Osborne (in Licht, 1986) een aantal opvattingen die leerlingen van 8 tot 13 jaar hanteren in situaties met een lampje en een batterij. Sommige leerlingen bleken bijvoorbeeld een unipolaire opvatting te hanteren, waarbij slechts één van de draden naar de lamp stroomdragend is. Andere leerlingen bleken bijvoorbeeld een opvatting te hanteren waarbij de stroom van twee kanten in het lampje komt en tegen elkaar botst. Veel leerlingen hanteren ook opvattingen waarbij de stroom verbruikt wordt. In latere publikaties (onder meer in Von Rhöneck (1986)) worden nog andere opvattingen beschreven. In Nederland is door Licht onderzoek gedaan naar voorstellingen van leerlingen met betrekking tot elektriciteit (Licht en Snoek, 1986; Licht, 1986; 1988). Het onderzoek naar opvattingen (alternatieve frameworks, intuïtieve ideeën, preconcepten) van leerlingen maakt deel uit van het onderzoek naar begripsontwikkeling, de hoofdstroom van vakdidactisch onderzoek binnen de natuurwetenschappen.

Het interessante van het onderzoek van Licht is dat het niet alleen gericht is op het in kaart brengen van leerlingopvattingen, maar dat het expliciteren van leerlingopvattingen gebeurt binnen het kader van een ontwikkelde onderwijsstrategie. Deze onderwijsstrategie houdt rekening met onderzoeksresultaten rond begrips- en redeneerproblemen op het gebied van elektriciteit, in het bijzonder met betrekking tot stroom en spanning (Licht, 1987). De door Licht ontwikkelde onderwijsstrategie wordt weergegeven in een matrix van begripsniveaus en contexten (onder-

scheiden in school- en praktijkcontexten). Licht (1988b, p. 2) omschrijft de niveaus als volgt:

"Op het *intuïtieve niveau* komt de leerling tot uitspraken over een object, verschijnsel of proces op grond van bepaalde intuïties, preconcepten of algemeen taalgebruik".

"Op het *operationele niveau* komt de leerling tot uitspraken over een object, verschijnsel of proces op grond van directe waarneming of meting van functionele relaties tussen gekwantificeerde eigenschappen".

"Op het *theoretisch niveau* komt de leerling tot uitspraken over de op operationeel niveau gevonden relaties. Deze uitspraken zijn onderworpen aan logisch-mathematische regels voor argumenteren en verklaren".

In deze strategie zijn door hem 10 stappen onderscheiden. De 10 stappen worden door hem als volgt omschreven (p. 3, 4):

1. een oriëntatie op de praktijkcontext. Het gaat hier om een eerste globale kennismaking met de context en de aspecten die nader zullen worden bekeken in de daarop volgende lessen;
2. een verheldering en uitwisseling van intuïtieve leerlingideeën binnen zogenaamde schoolcontexten;
3. een expliciete confrontatie tussen intuïtieve ideeën en verschijnselen, uitgelokt via demonstraties, leerlingpractica en discussies in kleine groepen of in de totale klas;
4. een herstructurering van de aanwezige begrippen door een langs empirische weg introduceren van operationele relaties. Deze relaties worden beproefd in de tot dan toe aangereikte schoolcontexten;
5. in de toepassingsfase worden deze relaties gebruikt in de bekende en in nieuwe praktijkcontexten. In deze fase komen mogelijk ook de beperkingen van de nieuwe begrippen aan het licht;
6. in een soort terugblik worden leerlingen bewust gemaakt van het doorlopen proces door middel van reflectie op de begripsverandering die heeft plaatsgevonden;
7. ook hier eerst een oriëntatie op de gekozen praktijkcontext en een nadere aanduiding van het verloop van de lessenreeks. Het moet een context zijn die de ontwikkeling van de theoretische begrippen noodzakelijk maakt, omdat die niet beschreven of verklaard kan worden met behulp van de relaties uit het operationele niveau;
8. in de generalisatiefase wordt het merendeel van de nieuw te leren begrippen *préscriptief* gedefinieerd en in een consistent model met elkaar in verband gebracht;
9. in de toepassingsfase worden de nieuw geleerde theoretische begrippen toegepast in de bekende en in nieuwe praktijkcontexten;
10. in de integratiefase geven de relaties uit het theoretisch niveau, ingebed in een consistent model, een verklaring voor de gevonden relaties uit het operationele niveau.

Deze onderwijsstrategie wordt nu in drie lespakketten van ieder ongeveer 15 lesuren uitgewerkt en beproefd. In het eerste lespakket voor 4-vwo worden leerlingen ten aanzien van de begrippen spanning, stroomsterkte en elektrische energie tot het operationele niveau gebracht. In dit eerste

lespakket worden de eerste 6 stappen van de leerstrategie uitgewerkt (Licht, 1988b). Na een oriëntatie op de praktijkcontext 'het gebruik van elektrische voorzieningen thuis', wordt in les 2 een diagnostische toets afgenomen. In deze diagnostische toets zijn gestandaardiseerde vragen opgenomen met betrekking tot enkele veel voorkomende intuïtieve ideeën van leerlingen, namelijk (Licht, 1988a):

- het idee van stroomverbruik in een lamp of weerstand;
- het idee dat een batterij of stopcontact altijd dezelfde hoeveelheid stroom levert;
- het probleem van lokaal en sequentieel rekenen, in plaats van het bezien van de schakeling als een geheel;
- het probleem dat leerlingen geen of een onjuist verschil maken tussen stroom en spanning.

Met behulp van deze diagnostische toets worden leerlingen verwezen naar een of meer van de op grond van deze intuïtieve ideeën ontwikkelde remediërende lessen. Een voorlopige conclusie over de bruikbaarheid van de gehanteerde onderwijsstrategie is dat het toepassen van de onderwijsstrategie ertoe leidt dat meer dan $3/4$ van de leerlingen de ontwikkelde relaties op het operationele niveau kan hanteren in bekende contexten uit de aanleersituatie en ongeveer $2/3$ van de leerlingen in nieuwe contexten (Licht, 1988b, p. 10).

Inmiddels is de diagnostische toets afgenomen bij leerlingen van de 1e klas tot en met 5-vwo. Daaruit blijkt onder meer dat de ideeën van constante stroombron en lokaal en sequentieel redeneren over de leerjaren heen betrekkelijk stabiel zijn. Alleen het idee van stroomverbruik blijkt aanzienlijk af te nemen zodra in het derde leerjaar elektriciteit-onderwijs is gevolgd (Licht, 1989). Gezien dit teleurstellende resultaat is de vraag gerechtvaardigd of het beginnend elektriciteitsonderwijs niet een andere inhoud en/of een andere structurering zou moeten hebben. Licht (1989) stelt voor om een centrale rol toe te kennen aan het begrip elektrische energie en om de begrippen stroom(sterkte) en spanning minder te benadrukken. Hij werkt daarvoor een aantal argumenten uit die gebouwd zijn op:

- het vak en het streven naar samenhang met andere vakken;
- zijn vakdidactisch onderzoek naar de ontwikkeling van begrippen in de elektriciteitsleer;
- zijn vakdidactisch onderzoek naar intuïtieve ideeën;
- de binnen het eindtermenontwerp natuur- en scheikunde gekozen context "elektrische energie in huis".

Om te onderzoeken of de hierboven vermelde resultaten even teleurstellend zouden zijn als meer nadruk wordt gelegd op het energiebegrip werd een nieuwe vragenlijst geconstrueerd. Deze vragenlijst is afgenomen bij 1e en 2e klas leerlingen, leerlingen die nog geen elektriciteitsonderwijs hebben gehad. In deze vragenlijst zijn enkele vragen opgenomen waarin leerlingen gevraagd wordt een schakeling, bestaand uit een batterij en een lampje, te vergelijken met een schakeling bestaand uit een batterij en twee parallel geschakelde lampjes. Als nu gevraagd wordt of de eerste

batterij meer, even veel of minder energie levert, antwoordt 75% van de leerlingen dat minder energie wordt gebruikt. Dit resultaat is verrassend omdat verwacht had mogen worden dat, gezien het idee van de constante stroombron, ongeveer 70% van de leerlingen zou antwoorden dat beide batterijen even veel energie leveren (Licht, 1989). Kennelijk hanteren leerlingen de redenering dat de energiegever zich aanpast aan de vraag naar energie en kunnen zij de relatieve felheid van de lampjes interpreteren in termen van gebruikte energie.

Mede doordat Licht de eindtermencommissie natuur- en scheikunde adviseerde, is inderdaad het contextgebied "elektrische energie in huis" opgenomen. Daarin staan drie aspecten centraal: het kringloopkarakter van een schakeling; het energie-begrip in termen van energie-omzetting en eenvoudiger toepassingen (O & W, 1989). De verwachtingen zijn hoog gespannen en vooruitlopend daarop is aan de Vrije Universiteit onder leiding van Licht reeds begonnen met de uitwerking van dit idee in voorbeeldlesmateriaal.

3. HET ONDERZOEK VAN STREEFLAND OVER BREUKENONDERWIJS EN VAN VAN STREUN NAAR HEURISTIEKEN

In "Realistisch Breukenonderwijs" presenteert Streefland (1988) het resultaat van onderwijsontwikkelingsonderzoek, waarvan de oorsprong in het WISKOBAS Project (1971-1980) ligt. Dit resultaat bestaat globaal gezien uit een breukenleergang voor het basisonderwijs en een bijdrage aan de theorievorming over reken-wiskunde-onderwijs. Voor de probleemstelling van deze studie werd de volgende formulering gekozen: "het ontwikkelen en beproeven, in een daartoe op te zetten ontwikkelingsonderzoek, van een nieuwe leergang voor de breuken in het basisonderwijs". Met het ontwikkelen van een dergelijke leergang zou zeker in een behoefte voorzien worden. Het onderwerp breuken is immers op school en daarbuiten "sinds mensenheugenis" aanleiding geweest voor allerlei tragedies. Voor het ontwikkelen waren aan het begin van Streeflands promotiestudie diverse bouwstenen (praktisch lesmateriaal, onderzoeksopbrengsten en theoretische kaders) beschikbaar.

De leergang, als resultaat van ontwikkelingsonderzoek, begint met het "maken van breuken" via allerlei toegangswegen: meten, eerlijk verdelen, het vergelijken van verdeelsituaties, het samenstellen van recepten en mengsels, vergroten en verkleinen in meetkundige zin en dergelijke. Steeds wordt een toegangsweg ingebed in een context of realiteit. Door-slaggevend bij deze oriëntatie op allerlei breek-fenomenen is de aard van de vraagstelling. Hierdoor kunnen leerlingen er toe komen rekenmateriaal voor bewerking in volgende fasen zelf te construeren. Deze periode is van essentieel belang voor het leerproces omdat hier het concrete niveau rijk gevuld wordt.

In de volgende fase worden de "gemaakte" breuken als ordeningsmiddel gebruikt. Met breuken kun je namelijk het breken wiskundig beschrijven. Men is dan ook niet ver meer van het rekenen met de breuken. Het blijft

echter informeel, dat wil zeggen dat er geen rekenregels aan te pas komen. Essentieel is hier dat de begripsvorming en het inzichtelijk rekenen van meet af samen gaan. Inzicht in de bewerkingen met breuken is een onderdeel van het breukbegrip. Al werkend gaat men geleidelijk af op een formalisering van het breukrekenen. Dit gebeurt via 5 "clusters van activiteiten": het zijn "bakens" in de leergang:

1. opdienen en verdelen in verdeelsituaties, waar de horizontale mathematisering centraal staat;
2. tafelschikken en verdelen in verdeelsituaties, waarin schematiseringen en verkortingen de aangrijpingspunten scheppen voor een volgende verticale mathematisering;
3. rekenen met een bemiddelende grootheid, een indirecte wijze om met breuken te rekenen, waarin de breuk als operator gaat functioneren;
4. eigen produkties op symbolisch niveau waardoor de leerlingen gaan reflecteren op hetgeen eerder gedaan is. Voorgaande situaties, visualisering en schema's krijgen de potentie van denkmodellen, een notie van bewerkingen wordt aangescherpt;
5. op weg naar rekenregels, in een speciaal daartoe geschapen wereldje, "Het Land van Samen". Hierin reflecteren de kinderen op de eigen informele rekenwijzen met breuken en leggen verband met rekenregels die in het systeem van de gehele getallen (veelal onbewust) worden gehanteerd.

Tot zover de verkorte weergave van de leergang. Nu nog korter enkele opmerkingen over de achtergronden.

Vijf onderwijskundige grondstellingen (Treffers, 1987) richten de aandacht van de ontwikkelaar-onderzoeker en bepalen de accenten. Centraal in het geheel staat het "constructiebeginsel": Streefland laat (exemplarisch) zien dat zich bij uitwerking drie niveaus aftekenen: lokaal (van de les), globaal (van de leergang en het hele programma) en theoretisch (organisatie van en reflectie op wat zich op beide voorgaande niveaus afspeelde). Hier komt mooi naar voren wat boven werd bedoeld met vakdidactisch (lokaal) onderzoek in "een groter kader van leerplanontwikkeling" (globaal en theoretisch). Wat lokaal en globaal ontwikkeld, beproefd en bereflecteerd is, valt op zijn plaats in "de niveautheorie". Deze is ontstaan in het brein van Van Hiele, maar heeft bij Streefland, in navolging van Treffers, een gedegen restauratie ondergaan. Freudenthals fenomenologische analyse blijkt praktische aanwijzingen te bevatten voor het "stofferen" van het eerste niveau en het voortschrijdend mathematiseren geeft aan hoe leerlingen te stimuleren van een lager naar een hoger niveau te geraken.

Ziehier een voorbeeld van ontwikkelingsonderzoek dat op onderdelen, naar aspecten, maar ook naar de totaliteit, voorbeeldmatig kan zijn voor vakdidactisch onderzoek, dat op kleinere schaal plaatsvindt.

Het tweede onderwijsontwikkelingsproject in het gebied van de wiskundedidactiek is dan van Van Streun over heuristisch wiskunde-onderwijs (Van Streun, 1989). Ook dit werk draagt elementen in zich die de bijdrage van

vakdidactici aan de leerplanontwikkeling kunnen verduidelijken. Het feit dat op basis van het ontwikkelingsonderzoek (en een Engelse leerboeken-serie) leerboeken voor wiskunde in het voortgezet onderwijs (Wiskunde Lijn) zijn ontwikkeld, moet op zichzelf daarvoor al garant staan, temeer omdat dit voor een deel gebeurd is in het moeilijke gebied van een recente innovatieve inspanning (HEWET).

Van Streun maakte een studie van probleemoplossen binnen de wiskunde en ging na waar leerlingen in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs op dit gebied de meeste problemen ontmoetten. De opgedane kennis en het inspirerende werk van Polya leverden voldoende ideeën om nieuw lesmateriaal te ontwikkelen. Dit gebeurde overigens via een fase waarin bestaand lesmateriaal aan de nieuwe ideeën werd aangepast; onderwijsontwikkeling voor beginners, zou men kunnen opmerken. Het kernbegrip in dit project is "transfer", althans volgens de onderzoeker.

Transfer is een heet hangijzer in het wiskunde-onderwijs. Van oudsher hebben leerlingen de grootste moeite de geleerde wiskunde toe te passen in concrete situaties. Van Streun tracht transfer ten behoeve van het wiskundig probleemoplossen te bevorderen door het bewust aanleren van "heuristieken". Dit zijn aanwijzingen voor het gericht zoeken, zonder dat de garantie bestaat ook werkelijk een oplossing te vinden. Hij is van mening dat leerlingen met de wiskundige kennis ook de heuristieken moeten leren. Om dit tot stand te brengen worden leergangen ontworpen van een zeer bepaalde architectuur. Kort getypeerd komt die neer op de achtereenvolgende stappen: INSTAP - KERN - TOETS - OEFENINGEN - A-PROBLEMEN - B-PROBLEMEN. De INSTAP komt overeen met een oriëntatieperiode; hier proberen de leerlingen een aantal toegepaste en "kale" wiskunde problemen op te lossen. In KERN-TOETS-OEFENINGEN worden de wiskundige kennis en oplossingsmethoden expliciet aangeleerd. Ook besteedt men expliciet aandacht aan de reflectie op het eerdere probleemoplossen en de succesvolle heuristieken. (Zoals doel-middelenanalyse, systematisch numeriek benaderen, het maken van een grafiek, het "aan de andere kant" beginnen en het voortzetten van een geconstateerde regelmaat.) In feite krijgen de leerlingen hier dus instructie in het "abstraheren" en "concretiseren". Dat onderscheidt Van Streuns didactiek van HEWET, waar de "eigen constructies" van de leerlingen een belangrijke plaats innemen.

In zijn dissertatie bespreekt Van Streun hoofdzakelijk het tweede deel van zijn onderzoek, het vergelijkend onderwijsexperiment. Dit soort vergelijkend onderzoek, op basis van "aangepast" lesmateriaal, lijkt uitermate geschikt voor vakdidactische aandacht. Het heeft een ontwerp- en theoriecomponent en kan bijdragen aan voortgaande leerplanontwikkeling. Van Streun verrichtte zijn studie in de context van onderwijsontwikkeling en noemt zich, evenals Streefland, terecht educatief ontwerper. Tussen beide studies is evenwel een wezenlijk verschil. Streefland deed zijn ontwikkelingsonderzoek in het kader van innovatie. Zijn realistische breukenleergang mag beschouwd worden als een nieuwe schepping (en wel een van formaat). Aan deze creatie zijn minstens tien jaar van studeren, uitvinden, experimenteren, onderwijzen, discussiëren en onderzoeken

vooraf gegaan. Van Streun daarentegen baseerde zijn studie op reeds in lesmateriaal uitgewerkte nieuwe inzichten (A-wiskunde). Hij creëerde ook iets nieuws, maar van geringere omvang en ingrijpendheid. Hij schiep een nieuwe architectuur van leergangen op basis van een bepaalde onderwijsstrategie. Een onderwijsstrategie die dicht bij de opvattingen en wensen van zijn "gebruikers" ligt. Wie het onderscheid tussen de leergangen van Streefland en Van Streun fundamenteel wil aangeven, komt met het "constructiebeginsel" een flink eind op weg.

4. DE BETEKENIS VAN HET ONDERZOEK VOOR LEERPLANONTWIKKELING

Uit de beschrijvingen van de onderzoeken van Licht, Streefland en Van Streun zal duidelijk geworden zijn dat er op een aantal punten een rechtstreekse verbinding met leerplanontwikkeling is, of mogelijk is. Bovendien kan men opmerken dat die verbinding hechter is naarmate onderzoek in het kader van onderwijsontwikkeling plaatsvindt. Zo zullen de door de groep van Licht te ontwikkelen lespakketten bijna zeker illustratief leerplanmateriaal opleveren. Van Streuns heuristieken en daarmee samenhangend de "episoden" zijn al opgenomen in een leerboek-serie en de breukenleergang van Streefland staat reeds model voor schoolboekauteurs.

Door Licht is de ontworpen onderwijsstrategie inmiddels uitgewerkt in 3 *lespakketten*: Elektrische voorzieningen in huis (4 vwo), Onweer (5 vwo) en Elektrische energie: opwekken, transport en gebruik (5 vwo). Deze lespakketten zijn ontwikkeld binnen het kader van het Project Bovenbouw Natuurkunde (PBN) en wel binnen het deelproject Systematische Natuurkunde in Konteksten (SNIK). Tot op heden zijn door PBN nog geen integrale leerplanvoorstellen geformuleerd. Het idee is dat de samenhang in binnen PBN ontwikkelde lespakketten wordt uitgewerkt in zogenaamde curriculumlijnen. Op die wijze moet duidelijk worden hoe begrippen (of met elkaar samenhangende begrippen) in een aantal leerjaren moeten kunnen worden opgebouwd. Onduidelijk is nog hoe die curriculumlijnen vervolgens moeten worden uitgewerkt in een leerplan voor de bovenbouw natuurkunde. Geconcludeerd kan worden dat het onderzoek van Licht nauw verbonden is met een (leerplan)ontwikkelproject. In feite moet het project getypeerd worden als een ontwikkelingsonderzoekproject, waarin ontwikkelingswerk en onderzoek direct aan elkaar gekoppeld plaatsvinden; daarbij staat (in ieder geval in de ogen van de onderzoekers) het ontwikkelde lesmateriaal ten dienste van het onderzoek (Lijnse, 1989a).

Ook het onderzoek van Streefland gaf aanwijzingen voor een ontwerpstrategie: wie materiaal ontwikkelt in een innovatieve setting, doet er goed aan de verschillende ingangen van "historie", "fenomenologie" en "interviews met kinderen" te benutten. Streeflands prototype van een leergang breuken legt voor leerplanontwikkelaars een essentiële architectuur bloot, waarvan niveautheorie, fenomenologische oriëntatie en voortschrijdende

mathematisering belangrijke episoden vormen. En tenslotte verrijkte Streefland het repertoire van de ontwerper met zaken als "vrije producties", "reflectieve momenten", "symbolische representaties als tafelschikkingen" en "schuilnamen". Maar de belangrijkste bijdrage van dit onderzoek was die natuurlijk aan de leerplanontwikkeling zelf. In eindtermen voor het basisonderwijs, periodieke peilingen van het onderwijsniveau en in nieuwe reken-wiskundemethoden zijn nu al sporen ervan te vinden.

Ook wat Van Streun ontwikkelde en onderzocht geeft leerplanontwikkelaars mogelijkheden. Verrijkingen van bestaand materiaal met heuristieken, kunnen uitgewerkt en indien dit perspectieven biedt, aanbevolen worden. Binnen het ontwikkelwerk dat thans in het kader van de volwasseneneducatie wordt verricht, kan in principe bewust aandacht besteed worden aan werkwijzen bij het oplossen van problemen. Het is te verwachten dat opbrengsten van het onderzoeksproject over "gefaseerde hulp" bij het maken van een transfertest daarvoor ook aanwijzingen bevat (Perrenet, 1985).

De door Licht ontwikkelde *onderwijsstrategie* kan van groot belang zijn voor structurering van andere lessenreeksen en voor (delen van) leerplannen voor verschillende β -vakken. Opvallend is in ieder geval dat de door hem beproefde strategie niet specifiek lijkt voor elektriciteitsonderwijs en zelfs niet voor natuurkunde-onderwijs. De strategie lijkt sterk geïnspireerd door de voor Van Hiele voor het meetkunde-onderwijs ontwikkelde en nadien door Ten Voorde voor het scheikunde-onderwijs uitgewerkte niveautheorie (Ten Voorde, 1977). In zijn laatste hier geciteerde publikatie (Licht, 1989) voegt Licht overigens nog een beschrijvend niveau toe tussen het intuïtieve en het operationele niveau. De vergelijkbaarheid met de in de niveautheorie van Van Hiele onderscheiden niveaus is daardoor nog toegenomen.

Zeer belangwekkend is de manier waarop Licht, binnen zijn onderwijsstrategie omgaat met voorstellingen (preconcepten, intuïtieve ideeën) van leerlingen. Het zou zeer de moeite waard kunnen zijn als ook voor andere delen van de natuurwetenschappelijke vakken diagnostische instrumenten ontwikkeld zouden kunnen worden, waarna in aansluiting daarop remediërende programma's ontwikkeld zouden kunnen worden. De ontwikkeling van dergelijke diagnostische instrumenten kan, gezien de daarvoor vereiste deskundigheid en tijdsinvestering, niet zonder meer door leerplanontwikkelaars ter hand worden genomen. Een van de voordelen van een dergelijke werkwijze zou kunnen zijn dat daardoor redelijk goed hanteerbaar lesmateriaal ontwikkeld kan worden zonder dat leerkrachten al te sterk van de hen vertrouwde didactiek behoeven af te wijken. Licht werkt in ieder geval een bruikbare weg voor "conceptual change" uit (Driver, 1988).

De resultaten van een deel van het onderzoek van Licht leiden er uiteindelijk toe dat binnen het elektriciteitsonderwijs een *andere afbakening en sequentie van begrippen* wordt voorgesteld. Nadere uitwerking daarvan zou er toe kunnen leiden dat een nieuwe curriculumlijn voor het elektriciteitsonderwijs wordt ontwikkeld. Het is de moeite waard deze nieuwe curriculumlijn verder uit te werken binnen de kaders van het project Natuur- en Scheikunde VO-I. Het denken in "lijnen" door het

curriculum is ook ontwikkelaars voor wiskunde niet vreemd. Vrij recent is de aandacht voor een "rekenlijn", die van het basisonderwijs tot in het voortgezet onderwijs voert. Het werk van Streefland zal bij de uitwerking daarvan in de Commissie Ontwikkeling Wiskunde-onderwijs (de commissie Van der Blij) zeker de nodige aandacht krijgen. Ten gevolge van de op voortschrijdende mathematisering berustende architectuur van de leergang is het goed mogelijk dit "rekenwerk" te zien in het licht van wiskundige ontwikkeling. Vandaar ook dat "voortgezet rekenen" in het programma voor de basisvorming een goede kans maakt.

De betekenis die de beschreven onderzoeken hebben of kunnen hebben, voor leerplanontwikkeling suggereert wellicht dat zich met wat goede wil geen problemen hoeven voor te doen bij het benutten van β -didactisch onderzoek, afgezien van de reeds genoemde vertaalproblemen van de leerplanontwikkelaars. Die conclusie mag niet worden getrokken. Tenminste de volgende drie problemen kunnen in meer of mindere mate een bewerking van resultaten van β -didactisch onderwijs bemoeilijken.

In de eerste plaats is veel β -didactisch onderzoek, zeker het onderzoek naar begripsontwikkeling, zeer specifiek. Onderzoekers benadrukken niet voor niets dat ze nog maar zo weinig weten. Dit betekent veelal dat onderzoeksresultaten niet zonder meer bruikbaar zijn voor andere begrippen, in niet onderzochte situaties, binnen niet onderzochte schooltypen. Onderwijsleerstrategieën die goed hanteerbaar zijn voor vwo-leerlingen en veel β -didactisch onderzoek is gericht op HAVO/VWO- zouden wel eens onbruikbaar kunnen zijn voor LBO-leerlingen. Wat bijvoorbeeld heuristieken zijn voor vwo-ers, kan door HAVO-leerlingen opgevat worden als algoritmen.

In de tweede plaats valt op dat de implementeerbaarheid van de gekozen onderwijsleerstrategieën nooit deel uitmaakt van de vakdidactische vraagstellingen, de implementeerbaarheid wordt tot op heden vooral door onderwijskundigen onderzocht. Het β -didactisch onderzoek richt zich hoofdzakelijk op de ontwikkeling van een effectieve didactiek, niet op de ontwikkeling van een implementeerbare didactiek. Een open vraag daarbij is overigens in hoeverre effectiviteit en implementeerbaarheid elkaar uitsluiten. Onderzoek van Van den Akker (1988) geeft aan dat met name procedurele specificaties voor leerkrachten voorwaarde zouden kunnen zijn voor het implementeren van grote didactische vernieuwingen.

In de derde plaats moet niet vergeten worden dat aan ieder β -didactisch onderzoek (en aan leerplanontwikkeling) paradigmatische keuzen ten aanzien van de beïnvloedbaarheid van het leerproces vooraf gaan. Met name in het natuurwetenschappelijk onderwijs worden thans constructivistische opvattingen over leren aangehangen, in het wiskunde-onderwijs is de positie daarvan thans minder duidelijk. In constructivistische opvattingen over leren wordt benadrukt dat wat leerlingen aan voor henzelf bruikbare kennis verwerven niet kan worden afgedwongen. De hardnekkigheid van de alternatieve frameworks of preconcepten illustreert dat. In onderwijs kan men aanbieden wat men wil, maar daarmee is nog allerm minst gegarandeerd dat leerlingen de bedoelde opvattingen werkelijk leren

hanteren. Recentelijk hebben zowel Ten Voorde (1989) als Lijnse (1989b) erop gewezen dat onderwijs waarvan het eindniveau *a priori* vast ligt (zoals in eindtermen en examens) wel eens onverenigbaar zou kunnen zijn met onderwijs waarin serieus met alternatieve frameworks of preconcepten wordt omgegaan. Zo staat in de eindtermen natuur- en scheikunde (O & W, 1989, p. 11) dat leerlingen zich de beginselen van de specifieke vaktaal van natuur- en scheikunde eigen moeten maken en deze leren hanteren in schoolse en buitenschoolse situaties. Het lijkt zeer de vraag of dat werkelijk voor alle leerlingen haalbaar is. Als een ontwikkelproject zich baseert op vastliggende eindniveaus -en het project natuur- en scheikunde VO-I zal zich (mede) baseren op de eindtermen- is het de vraag of resultaten van vakdidactisch onderzoek naar preconcepten wel benut mogen worden.

5. AANBEVELINGEN

De gesignaleerde problemen bij de benutting van resultaten van β -didactisch onderzoek kunnen teruggevoerd worden op de verschillende contexten waarin β -onderzoekers en -leerplanontwikkelaars werken. Ook al werken β -onderzoekers in een ontwikkelingscontext, dan nog zijn de hindernissen niet zonder meer te nemen. De gesignaleerde problemen kunnen aangegeven worden in enkele uitersten:

- de lokale aanpak van de vakdidacticus tegenover de globale van de leerplanontwikkelaar;
- de aandacht voor 'weten' van de vakdidacticus tegenover het 'gebruiken' van de leerplanontwikkelaar;
- de aandacht voor het 'theoretisch zuivere' van de vakdidacticus tegenover de zorg voor het 'praktisch effectieve' van de leerplanontwikkelaar.

Nogmaals, het zijn uitersten en gelukkig kan bij veel β -didactische onderzoekers aandacht geconstateerd worden voor de globaliteit, het 'gebruiken' en het 'praktisch effectieve'. In toenemende mate kan ook bij leerplanontwikkelaars voor de β -vakken aandacht geconstateerd worden voor het 'lokale', het 'weten' en het 'theoretisch zuivere'. Gezien de gesignaleerde problemen is optimalisering van de informatieuitwisseling, samenwerking en dienstverlening voor leerplanontwikkelaars van groot belang.

Dit artikel wordt dan ook afgerond met een aantal aanbevelingen die onderzoekers en leerplanontwikkelaars dichter tot elkaar kunnen brengen.

1. Het is van belang dat β -didactische onderzoekers in sterkere mate dan thans het geval is samenwerken. Interessant is bijvoorbeeld na te gaan waarin de onderwijsstrategieën van Licht, Van Dormolen, Van Streun en Streefland en anderen fundamenteel verschillen en overeenkomen. Men komt er dan vast niet alleen toe in te zien dat een intuïtieve notie in de natuurkunde (bijvoorbeeld "elektrische stroom") van een ander karakter is dan die in de wiskunde (bijvoorbeeld "breuk"), maar dat ook natuurkundige kennis een ander karakter heeft

dan wiskundige. Een onderwerp van didactisch onderzoek kan zijn hoe die epistemologische verschillen dienen uit te werken in de onderwijsstrategie en hoe één en dezelfde leerling de beide kennisbestanden opvat. Voor natuurkunde- en wiskunde-didactici lijkt het van belang om na te gaan hoe de wiskundige beschrijving van natuurkundige verschijnselen op het operationele niveau van Licht, inzicht in de verschijnselen beïnvloedt. En tevens hoe het beoefenen van de wiskunde in natuurkundige situaties het inzicht in de wiskunde beïnvloedt. Kan de natuurkunde "context" zijn voor wiskunde-onderwijs? Leerplanontwikkelaars zouden hier graag wat meer over weten.

Een versterking van de samenwerking tussen β -didactische onderzoekers kan, sneller dan thans het geval is, leiden tot meer consistente β -didactische theorievorming. Deze theorie zou van groot praktisch nut kunnen zijn voor leerplanontwikkelaars. De kans dat een dergelijke theorie van werkelijk nut is, wordt uiteraard vergroot als het β -didactisch onderzoek in nog toenemende mate in een ontwikkelcontext zou kunnen worden verricht.

2. Het is gewenst dat leerplanontwikkelaars en β -didactische onderzoekers gezamenlijk discussiëren over de mogelijkheden resultaten van onderzoek te benutten en gezamenlijk ideeën te genereren. Het in 1989 op initiatief van de SLO georganiseerde seminar Begripsontwikkeling Natuur- en Scheikunde in de Basisvorming was een begin van een dergelijke discussie (Boersma e.a., 1989). Voor wiskunde was "Zo rekent Nederland" (Goffree, 1986) het resultaat van een gezamenlijk ondernomen activiteit. Met name als het gaat om de inbedding van nieuwe didactische aspecten is een dergelijke discussie van groot belang.
3. Het is noodzakelijk dat ontwikkeld voorbeeldesmateriaal zorgvuldig wordt geëvalueerd, met name op de belangrijkste vernieuwingskenmerken en ook als de keuzen ontleend zijn aan resultaten van β -didactisch onderzoek. Onder meer het door SCO uitgevoerde onderzoek naar scheikunde MAVO (Mellink e.a., 1988) laat zien wat een rijkdom aan voor verdere ontwikkeling relevante gegevens op deze wijze beschikbaar komt. Juist dit evaluatie-onderzoek laat zien hoe nuttig het is als observaties worden verricht door daarin ervaren β -didactische onderzoekers. Voor leerplanontwikkeling voor de β -vakken betekent dat dat de ontwikkeling van voorbeeldesmateriaal vorm zou moeten krijgen in ontwikkelingsonderzoek, zoals thans onder meer in het Project Bovenbouw Natuurkunde het geval is. Dit ontwikkelingsonderzoek zou daarvan echter in zoverre af moeten wijken, dat het wél primair om het voorbeeldesmateriaal gaat. Een specificatie van het voorbeeldkarakter en met name het vakdidactische deel daarvan, moet het mogelijk maken dat lesmateriaal een dubbelfunctie vervult: middel voor de onderzoekers en doel van de ontwikkelaars.
4. Het is voor leerplanontwikkeling in de β -vakken van groot belang dat wordt gezien of niet in grotere mate dan thans het geval is een afstemming van werkprogrammering tussen onderzoekers en ontwikkelaars mogelijk is. Daarbij zal uiteraard het probleem van het verschil in fasering tussen onderzoek en leerplanontwikkeling aan de orde

komen (Van Bruggen, 1985). β -didactisch onderzoek is voor de natuurwetenschappelijke vakken sterk op HAVO en VWO gericht. Leerplanontwikkelprojecten voor die vakken gericht op het basisonderwijs en LBO kunnen slechts incidenteel gebruik maken van de opbrengst van β -didactisch onderzoek. Daarnaast lijkt het zeker mogelijk om voor die schooltypen en vakdidactische problematieken waar wel onderzoek op plaatsvindt, leerplanontwikkeling nadrukkelijker te verbinden met ontwikkelwerk. Zeker als leerplanontwikkeling betrekking heeft op terreinen waaraan door meer vakdidactieken kan worden bijgedragen (wiskunde in het natuurwetenschappelijk onderwijs, natuur- en milieu-educatie) is gemeenschappelijke programmering belangrijk.

5. Het is dringend gewenst dat de leerplanontwikkelaars zich nader bezinnen op de consequenties van constructivistische opvattingen over leren voor de typering van leerplanpublicaties (lesmateriaal, leerplannen etc.) en de wijze waarop leerplanontwikkeling kan worden aangepakt.

6. LITERATUUR

- Akker, J.J.H. van den (1988). *Ontwerp en implementatie van natuuronderwijs*. Amsterdam/Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Boersma, K.Th., Licht, P. Lijnse, P.L. & Vos, W. de (1989). *Begripsontwikkeling natuur- en scheikunde in de basisvorming*. Enschede: SLO (in druk).
- Boschhuizen, R. (1987). *Van vakinhouden naar leerinhouden*. Amsterdam: VU Uitgeverij.
- Broekman, H. (1984). Leerstijlaspecten; veld(on)afhankelijkheid I, II en rigiditeit versus flexibiliteit, in: *Euclides*, 59, nr. 10, 60, nr. 2 en 3.
- Broekman, H.G.B. & Weterings, J.M.J. (red.) (1988). *Leerstofordening. Over de grenzen van een begrip. Vakdidactische visies op een omstreden onderwerp*. Den Haag: svo.
- Bruggen, J.C. van (1985). De relatie tussen leerplanontwikkelaars en leerplanonderzoekers: een te reguleren LAT-relatie? *Onderwijskundige notities*, 5, Special, 3-14.
- Créton, H. & Wubbels, Th. (1984). *Ordeproblemen bij beginnende leraren*. Utrecht: wcc.
- Dormolen, J. van (1982). *Aandachtspunten. De a priori analyse van leerteksten voor wiskunde bij het voortgezet onderwijs*. Utrecht.
- Driver, R. (1988). Changing conceptions. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6 (3), 161-198.
- Eijkkelhof, H.M.C., Klaassen, C.W.J.M., Lijnse, P.L. & Scholte, R.L.J. (1988). Leerlingen over Tsjernobyl. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6, 3, 199-219.
- Ellermeijer, T. (1987). *Differentiatie binnen klasverband voor natuurkunde in klas 2 havo-vwo*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Genderen, D. van (1983). Kracht en tegenkracht, actie en reactie. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 1, 48-61.

- Goffree, F. (1979). *Leren onderwijzen met wiskobas. Onderwijsontwikkelingsonderzoek voor wiskunde en didactiek op de pedagogische academie*. Utrecht: iowo.
- Goffree, F. & Heuvel-Panhuizen, M. van den (1986). *Zo rekent Nederland*. Enschede: SLO.
- Korthagen, F. (1983). *Leren reflecteren als basis van de lerarenopleiding. Een model voor de opleiding van leraren, in het bijzonder wiskunde-leraren*. Den Haag: svo.
- Krammer, H.P.M. (1984). *Leerboek en leraar*. Den Haag: svo.
- Licht, P. (1982). *Differentiatie binnen klasverband voor natuurkunde. Een onderzoek in de leerjaren 3 havo-vwo en 2 mavo-havo-vwo*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Licht, P. (1986). Begrips- en redeneerproblemen in beginnend elektriciteitsonderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4 (2), 88-106.
- Licht, P. (1987). *De ontwikkeling van een onderwijsstrategie om begrips- en redeneerproblemen in het elektriciteitsonderwijs te verminderen*. Paper ORD 1987 te Groningen.
- Licht, P. (1988a). De ontwikkeling van een diagnostisch instrument voor de vaststelling van specifieke intuïtieve ideeën over stroom en spanning. *Tijdschrift Didactiek der β -wetenschappen*, 6 (2), 99-114.
- Licht, P. (1988b). *De beproeving van een onderwijsstrategie voor de ontwikkeling van natuurkundige begrippen*. Paper ORD 1988 te Leuven.
- Licht, P. (1989). Elektrische energie als centraal begrip in de elektriciteitsleer binnen de basisvorming. In: Boersma, K.Th., Licht, P., Lijnse, P.L. & Vos, W. de (red.). *Begripsontwikkeling natuur- en scheikunde in de basisvorming*. Enschede: SLO (in druk).
- Licht, P. & Snoek, M. (1986). Elektriciteit in de onderbouw. Een inventarisatie van begrips- en redeneerproblemen bij leerlingen. *NVON-Maandblad*, 11 (11), 32-36.
- Lijnse, P.L. (1989a). Blikken in de toekomst. In: *verslag conferentie Project Bovenbouw Natuurkunde* 30 sept./1 okt. 1988: Enschede: SLO.
- Lijnse, P.L. (1989b). Preconcepten, begripsontwikkeling en basisvorming natuur- en scheikunde. In: K.Th. Boersma e.a. (red.). *Begripsontwikkeling natuur- en scheikunde in de Basisvorming*. Enschede: SLO (in druk).
- Mellink, E., Snel, B. & Timmer, J. (red.) (1988). *Chemie mavo. Onderzoek naar het functioneren van een leergang scheikunde*. Amsterdam: sco.
- Nelissen, J.M.C. (1987). *Kinderen leren wiskunde. Een studie over constructie en reflectie in het basisonderwijs*. Gorinchem: De Ruiter.
- O & W (1989). *Advies over de voorlopige eindtermen basisvorming in het voortgezet onderwijs. 12 Natuur- en Scheikunde*, 's-Gravenhage.
- Perrenet, J. (1985). Transfertest voor wiskunde. *Euclides*, 61 (4), 137-144.
- Rhöneck, Chr. von (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 34, Heft 13, 10-14.
- Streefland, L. (1988). *Realistisch breukenonderwijs. Onderzoek en ontwikkeling van een nieuwe leergang*. Utrecht: ow&oc.

- Streun, A. van (1989). *Heuristisch wiskunde-onderwijs. Verslag van een onderwijsexperiment*. Groningen: Rijksuniversiteit.
- Terwel, J., Herfs, P., Dekker, R. e.a. (1987). *Effecten van interne differentiatie; een empirisch, vergelijkend onderzoek naar de effecten van interne differentiatie in heterogene groepen in de eerste fase voortgezet onderwijs bij wiskunde*. Utrecht: Rijksuniversiteit.
- Treffers, A. (1978). *Wiskobas Doelgericht. Een methode van doelbeschrijving van het wiskundeonderwijs volgens wiskobas*. Utrecht: IOWO.
- Treffers, A. (1987). *Three Dimensions. A model of goal and theory description in mathematics education-the wiskobas project*. Dordrecht: Reidel.
- Valk, A.E. van der, Bruijns, H.M.J., Taconis, R. & Lijnse, P.L. (1988). *Begripsontwikkeling bij leerlingen in realiteitsgericht natuurkundeonderwijs. Eerste ronde*. Rijksuniversiteit Utrecht/Den Haag: svo.
- Vedder, J. (1984). *Oriëntatie op het beroep van leraar. Praktische vorming en reflecteren aan het begin van de lerarenopleiding*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en Verstaan*. Den Haag: svo.
- Voorde, H.H. ten (1989). Komen tot kennis van en inzicht in eigenschappen van materialen en stoffen. In: K.Th. Boersma e.a. (red.). *Begripsontwikkeling natuur- en scheikunde in de Basisvorming*. Enschede: SLO (in druk).
- Vos, W. de (1985). *Corpusculum delicti*. Utrecht: Rijksuniversiteit.
- Waarlo, A.J. (1989). *Biologieonderwijs en Gezondheidseducatie*. Utrecht: Rijksuniversiteit.

Thema's \	Vaardig- heden	verwerken van in- formatie	standpunt onder- bouwen	werkplan opstellen	context bepalen	overdracht van kennis/ communicatie
menselijk lich. gezondheid huis, tuin, keuk. voedsel recreatie sport kunst media verkeer milieu energievoorz. industrie veiligheid weer gesch. nat.w.						

1. Verwerken van informatie

Vakinhoudelijke kennis en vaardigheden kunnen gebruiken om verschillende vormen van tekstuele informatie (kranteartikelen, produktinformatie op etiketten en dergelijke) te kunnen verwerken.

2. Standpunten onderbouwen

Onder deze categorie vallen vragen die toetsen of een gegeven standpunt onderbouwd kan worden met aan de vakdiscipline ontleende argumenten, c.q. of gegeven onderbouwingen voor een standpunt valide zijn.

3. Werkplan opstellen

Het toepassen van vakinhoudelijke kennis om praktische problemen op te lossen, bijvoorbeeld: 'Hoe kom ik er achter of mijn tuinaarde niet te zuur is?', of: 'Op welke manier kan ik die kalkvlek van de plavuiten af krijgen?'

4. Context bepalen

Bij deze categorie van vragen wordt naar het noemen of beschrijven van een alledaagse situatie/maatschappelijke context gevraagd, waarbinnen een gegeven vakinhoud functioneert.

5. Overdracht van kennis/communicatie

Het kunnen communiceren over informatie die met behulp van vakinhoudelijke kennis in een bepaalde context is verworven, bijvoorbeeld: een ingezonden brief schrijven of een spreekbeurt houden, maar ook natuurwetenschappelijke aspecten van een probleem aan anderen overdragen.

Vragen

Na het opstellen van een structurele beschrijving, overigens in samenwerking met de eerste pogingen tot vraagconstructie, is begonnen met het opzetten van een serie voorbeeldvragen voor de verschillende categorieën. Twee daarvan zijn als voorbeeld in deze bijdrage opgenomen.

Tuingrond

thema	vaardigheid	leerstof	gedrag	niveau
huis, tuin, keuken	werkplan	zuren/pH	productie van mavo informatie	

Chantal van der Akker belt dr. Dijkgraaf, de directeur van het Laboratorium voor Bodem- en Gewasonderzoek:

"Met Dijkgraaf, Laboratorium voor Bodem- en Gewasonderzoek"

"Dag meneer Dijkgraaf, met Chantal van der Akker spreekt u. Voor een project van mijn school wil ik de pH van de grond in de schooltuin bepalen. Hoe doet u dat eigenlijk op uw laboratorium, kunt u mij dat vertellen?"

"Ja hoor, dat wil ik wel. Dat gaat als volgt. Wij nemen wat grond en drogen die eerst heel goed. Dan doen we er een 1 molair KCl oplossing bij. Hebben ze dat bij jullie op school?"

"Volgens mij niet, maar wel vast KCl, dus dan kan ik 'm zelf wel maken"

"Goed, dan gaan we roeren en schudden, twee uur lang. Aan de suspensie die je dan krijgt meten we de pH."

"Maakt het nog wat uit hoeveel oplossing en hoeveel grond je bij elkaar doet?"

"Wel zeker! Je moet grond en oplossing in een volumeverhouding 1:5 bij elkaar doen. Dat hoeft niet zo erg nauwkeurig hoor. Een paar milliliter op de honderd te veel of te weinig is niet erg. Heb ik je vraag zo beantwoord?"

"Nou en of, ik denk dat ik meteen aan de slag kan met het maken van een werkplan! Dank u wel hoor!"

"Dag Chantal, en succes!"

"Dag meneer Dijkgraaf"

- 1 Maak een werkplan volgens welk Chantal op de door Dijkgraaf beschreven wijze de pH van de grond in de schooltuin kan bepalen. Geef aan welke materialen ze nodig heeft, welke stoffen in welke hoeveelheden, welke handelingen ze moet verrichten en welke waarnemingen daarbij van belang zijn

Waterverontreiniging in het nieuws

thema	vaardigheid	leerstof	gedrag	niveau
milieu	standpunt	opl./conc	productie van informatie	mavo

Nieuwsbericht

Tijdens een bijeenkomst van de Vereniging van Nederlandse Drinkwaterbedrijven is forse kritiek geuit op de kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland.

Een aanwezige, de heer Groen, voorzitter van de Vereniging voor Milieudefensie, hield de gewoonte van een aantal bedrijven om hun giftige afvalwater te verdunnen alvorens het te lozen.

"Zo voldoen ze misschien wel aan de normen die de overheid stelt aan afvalwater, maar het milieuprobleem wordt er niet door opgelost," aldus Groen. Groen lichtte zijn standpunt als volgt toe:

....

- 2 Geef een toelichting bij het standpunt van Groen, waaruit duidelijk wordt waarom door verdunnen wel aan de overheidsnormen wordt voldaan, maar niet wordt bijgedragen aan de oplossing van het milieuprobleem

Het project is nu in de fase aangeland waarin met docenten als externe medewerkers per vak en per niveau het aantal vragen in elke categorie wordt uitgebreid. Daarbij wordt veel aandacht geschonken aan het thema 'milieu' vanwege de grote belangstelling voor dit thema. Opdrachten tot formuleren van nieuwe examenprogramma's vermelden opname ervan expliciet. Op dit terrein is bovendien samengewerkt met de Stichting Milieu-Educatie. Deze stichting heeft examenprogramma's geanalyseerd naar de

mogelijkheden om natuur- en milieu-educatieve inhoud centraal te examineren (Bax & Van Ipenburg, 1989).

Na deze fase breekt het moment aan waarop de spiegel wordt voorgehouden: herkent men het gegeven onderwijs in deze vragen, is dit de intentie van de 'vermaatschappelijking' van de examenprogramma's? Reacties op deze vragen en gegevens van proefafnames op leerlingen zullen leiden tot bijstellingen, waarna op zeker moment voorstellen zullen worden geformuleerd om dergelijke vragen in examens op te gaan nemen. Voor sommige soorten vragen zal dat moment eerder zijn aangebroken dan voor andere. Vragen waarbij bijvoorbeeld krante-artikelen moeten worden geïnterpreteerd (de categorie 'verwerken van informatie' uit de context-matrijs) komen nu al voor, zij het mondjesmaat, en worden in de praktijk goed onthaald.

Onderzoek

Anders ligt het met vragen uit de 'standpunt'-categorie, of met vragen waarin overdracht van kennis/communicatie aan de orde is. Bij de eerstgenoemde soort kan de gevoeligheid en het normatieve karakter van bepaalde standpunten mee gaan spelen en dat is bij centrale schriftelijke examens niet gewenst. Toetsing van de vaardigheid om in communicatieve zin met natuurwetenschappelijke kennis om te gaan roept bij centraal schriftelijke examens weer andere problemen op. Zo is bij voorbaat duidelijk dat niet met ongestructureerde opdrachten, als "Schrijf een ingezonden brief", zal kunnen worden volstaan, met name gezien de beoordeelbaarheid van de reacties op een dergelijke opdracht. En ook de tijd die kandidaten moeten investeren in de uitvoering er van kan op bezwaren stuiten.

Aan dergelijke vragen zal zeker nog het nodige onderzoek verricht moeten worden. Enerzijds onderzoek op toetstechnisch terrein, bijvoorbeeld wat betreft de beoordeling van leerling-antwoorden en het opstellen van richtlijnen daarvoor. Anderzijds zeker ook vakdidactisch onderzoek. Examenprogramma's stellen dat leerlingen vakspecifieke kennis in het dagelijks leven moeten kunnen toepassen, ook in situaties waar ze al niet vanuit de lessen mee vertrouwd zijn. Maar waar liggen de grenzen? Slagen de huidige methodes erin om 'transfer' aan te kweken? In hoeverre is het mogelijk om dergelijke vaardigheden bij leerlingen tot ontwikkeling te brengen? Hoe hangen niveau-grenzen hiermee samen? Deze vragen zijn niet nieuw maar leiden steeds weer tot forse discussies. De produkten van het NACO-project zouden bruikbaar uitgangsmateriaal kunnen zijn voor (vak)didactisch onderzoek dat ten doel heeft deze discussie naar een concreter niveau te tillen.

3. TOEPASSINGSGERICHTE WISKUNDE

Ontwikkelingen in het Nederlandse wiskunde-onderwijs
(De Lange, 1987; Van Streun, 1989)

In onze steeds complexer wordende maatschappij wordt van iedereen steeds vaker een redelijke beheersing van wiskundige kennis en vaardigheden vereist. Dat is niet alleen nodig voor vervolgstudies of beroepsuitoefening, maar ook om in ons land de krant of andere algemene publicaties te kunnen lezen en begrijpen. Het belang dat hierdoor aan het vak wiskunde wordt gehecht, heeft in Nederland zelfs geleid tot de vraag of het wenselijk is dat wiskunde een voor allen verplicht examenvak wordt.

Het dagelijks leven, het bedrijfsleven en sommige vervolgstudies vereisen een wiskunde die op praktische toepassingen gericht is, zonder veel formeel-abstracte achtergronden. Daarentegen zijn er ook vervolgstudies die wel relatief veel formele wiskunde vereisen. Deze moet gebruikt kunnen worden in abstractere of ingewikkelder toepassingssituaties.

De plaats van wiskunde in onze maatschappij verandert snel. Het schoolvak wiskunde volgt deze veranderingen op de voet. Dit komt onder andere naar voren in de verandering van de examenprogramma's voor de diverse schooltypen. In het vwo zijn door een zogeheten "herverkaveling" van de vroegere vakken wiskunde 1 en 2 de nieuwe vakken wiskunde A en B ontstaan. In het havo is men momenteel bezig het vak wiskunde door twee vakken wiskunde A en wiskunde B te vervangen. En voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs werkt de Commissie Ontwikkeling Wiskunde-onderwijs eveneens aan een geheel nieuw leerplan voor de nog in te voeren Basisvorming. Daarbij wordt steeds behalve aan de formele wiskunde (wiskunde B), een ruime plaats gegeven aan toepassingsgerichte wiskunde (wiskunde A). Dit gebeurt met name om leerlingen een goede voorbereiding te geven op het gebruik van wiskunde in vervolgstudies en in diverse maatschappelijke situaties.

Problemen voor de docent

Het lesgeven in toepassingsgerichte wiskunde vereist van de wiskunde-docent niet zozeer dat hij zich bepaalde andere onderdelen van de formele wiskunde eigen maakt, maar veel meer een heroriëntatie op de doelen die met het aanleren van toepassingsgerichte wiskunde in het onderwijs nagestreefd dienen te worden. De toetsing van deze wiskunde levert de docent aparte problemen op. Een van de oorzaken voor deze problemen is dat er geen duidelijke terminologie voor handen is om aan te geven wat men precies in het onderwijs wil nastreven. Een eerste vereiste is daarom in te gaan op de aard van toepassingsgerichte wiskunde.

Vanuit de taak die het CITO heeft, namelijk om een adequate evaluatie in Nederland te helpen bevorderen, is er in 1986 een project, "CITO-HEWET", opgezet dat tot doel had:

- de doelen van het vak Wiskunde A voor het vwo te beschrijven;
- de bij deze doelen behorende vraag- en toetsvormen te inventariseren;
- voorbeeldopgaven te maken om te laten zien hoe de weer te geven ideeën gestalte kunnen krijgen.

In het voorjaar van 1988 is dit project afgerond met een publikatie "Wiskunde A: doelgericht toetsen", (CITO, 1988). Deze publikatie bevat naast theoretische achtergronden ook voorbeeldopgaven. In een vervolg-

project wordt de produktie van wiskunde A-opgaven en -toetsen voortgezet. Voor verdere verduidelijking en bespreking van wat men zich bij opgaven over toepassingsgerichte wiskunde moet voorstellen, is het volgende voorbeeld uit de genoemde opgavenbundel gekozen.

Een voorbeeld: het methaangehalte in de atmosfeer

Concentratie N₂O en methaan neemt toe in atmosfeer

De concentratie van methaan en N₂O (di-stikstofmonoxide) in de atmosfeer is sinds de zeventiende eeuw aanzienlijk toegenomen. Dit blijkt uit de analyse van luchtbelletjes uit de diepte van de Antarctische ijskap. Methaan en N₂O spelen een belangrijke rol bij het broeikaseffect.

Een groep Australische onderzoekers heeft ijsmonsters genomen tot op een diepte van 473 meter en de daarin aangetroffen luchtbelletjes geanalyseerd. De oudste lucht dateerde van rond 1600. Zij vonden dat het gehalte aan methaan sindsdien is toegenomen met 90 percent. Het N₂O-gehalte is toegenomen met 8 percent, aldus de onderzoekers.

Methaan komt onder meer uit natte rijstvelden en herkauwende runderen in de atmosfeer terecht. Beide processen nemen in omvang toe onder invloed van menselijk ingrijpen. N₂O is net als kool-dioxide een afvalprodukt van verbrandingsprocessen. (*Nature* 20 mrt 86)

Een artikel uit NRC Handelsblad van april 1986.

Het methaan- en N₂O-gehalte in de lucht spelen een belangrijke rol bij het broeikaseffect op aarde. Daarmee wordt bedoeld dat door de steeds groter wordende concentratie van o.a. deze twee stoffen (en ook kool-dioxide (CO₂)) in de lucht de atmosfeer steeds warmer wordt, hetgeen van grote invloed is voor het milieu.

We kunnen voor het methaangehalte onder andere twee modellen kiezen:

- het exponentiële groeimodel;
- het lineaire groeimodel.

- a. Er zijn redenen die het exponentiële groeimodel aannemelijk maken. Kun je zo'n reden noemen?
- b. Geef een formule van het methaangehalte voor elk van de groeimodellen. Kies daarbij zelf een (verstandige) tijdseenheid. Beargumenteer je keuze.
- c. Over hoeveel jaren is het methaangehalte van 1985 verdubbeld? Geef een berekening en antwoord voor elk groeimodel.
- d. Veronderstel dat er voor het toegestane methaangehalte in de lucht een norm bestaat van 180 µg/m³. Is met deze gegevens na te gaan of die norm al overschreden is?
- e. Teken de grafiek van elk model in één figuur. Kies de eenheden zodanig dat het verschil tussen beide grafieken goed zichtbaar is. Je kunt aflezen wanneer tussen 1600 en 1985 het verschil tussen het methaangehalte volgens de twee modellen het grootst is.

Hoe kun je door middel van een berekening laten zien dat dat jaar juist is? Geef de berekening erbij.

Oplossingsproces

Deze opgave bestaat uit een vraagstelling binnen een realistische context. Een inhoudelijke analyse van wat men moet doen om het vraagstuk op te lossen kan leiden tot de volgende globale beschrijving van het oplossingsproces.

De relevante gegevens voor de vraagstelling van dit probleem worden met behulp van een schema of met abstracte verbanden in onderlinge samenhang gebracht. Dit schema of die verbanden fungeren als een overzicht voor het herformuleren van de vraagstelling en voor het vinden van een oplossingsplan. Concrete begrippen worden vervangen door variabelen en meer of minder concrete relaties door functies, vergelijkingen of ongelijkheden. Daarmee wordt de opgave herleid tot een zuiver wiskundig probleem. Kortom: de vraagstelling, geformuleerd binnen een realistische context, wordt vervangen door een vraagstelling, geformuleerd binnen een zuiver wiskundige context van abstracte begrippen en relaties. Beide problemen, het realistische en het zuiver wiskundige, zijn door een "structuurbehoudende relatie" met elkaar verbonden. Deze relatie is de transfer, die tot stand gebracht wordt.

De transfer wordt tot stand gebracht door gebruik te maken van vaardigheden voor het opzetten, uitvoeren en bijsturen van een wiskundig verantwoord oplossingsplan. Met name het methodisch kunnen opsporen en/of construeren van relevante wiskundige structuren en verbanden, en het nadenken over de betekenis van gegevens en van verkregen (tussen)-resultaten om tot een goede beoordeling te komen hoe men bij het oplossen verder moet gaan, zijn zeer belangrijk.

Kenmerken van opgaven

Voor het oplossen van een toegepast wiskundig probleem zijn de volgende aspecten in meer of mindere mate van belang:

- de context (realistisch);
- de beschikbare gegevens voor de beantwoording van de vraagstelling (te weinig, precies genoeg, overbodige gegevens);
- het aanvullen van de gegevens via extra of verborgen vooronderstellingen;
- de betekenis en de keuze van afronding bij de te gebruiken, te berekenen en te interpreteren getallen;
- de idealisering van de feitelijke situatie: de wiskundige verbanden die men uit de tekst heeft gehaald;
- de interpretatie van de resultaten.

Het toepassen van wiskunde gebeurt in het algemeen binnen een realistische context. Deze context als zodanig is wiskundig gezien slechts van belang voorzover deze de mogelijkheden voor het toepassen van wiskunde opent of begrenst. Hierbij gaat het vooral om het kunnen demonstreren van twee vaardigheden:

- de vaardigheid om een context te zien als verpakking van een bekend (aangeleerd) zuiver wiskundig model.

Het oorspronkelijke probleem kan men dan vertalen in een probleem dat binnen dit model geformuleerd kan worden. Dit vertalen van een vraagstuk wordt ook wel de transfer van wiskundige kennis en vaardigheden genoemd.

- de vaardigheid methodisch-systematisch te kunnen werken.

Hiermee geeft men het begrip "wiskundig verantwoord werken" inhoud.

Men moet wiskundig verantwoord werken aan de oplossing. Hierdoor is de manier waarop men bij een realistisch probleem tot de keuze en het gebruik van een wiskundig model komt, zelf weer wiskundig van aard. De oplossingsmethode moet verkregen worden volgens een plan dat bij een brede klasse van problemen bruikbaar is. Deze eis van algemeenheid geeft aan dat "wiskundig verantwoord werken" een methodische systematiek en argumentatie impliceert. Een hierbij passende definitie van wiskunde is daarom: Wiskunde is denktechniek.

In veel situaties waar men wiskunde toepast, is de selectie van relevante informatie en het gebruik maken van een informele logica een noodzakelijke voorwaarde voor het oplossen van het probleem. De selectie is soms subjectief of normatief van aard. Daarbij worden zogeheten "toevallige" afwijkingen "weggeabstraheerd" of wordt een verband benaderd door een eenvoudiger verband, dat door een exacte formule weergegeven kan worden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen informatie van de eerste en informatie van de tweede orde. Het maken van dit onderscheid duidt men soms aan met de term idealiseren. Bij deze benaderingen van getallen en verbanden wordt in feite informatie als meer of minder van toepassing verklaard: men koppelt prioriteiten aan de gegevens. Bij een tekort aan gegevens worden deze vaak aangevuld met "verborgen" vooronderstellingen: vergelijk het extra vooronderstellen van de vorm van het groeimodel. De manier waarop men de keuze van deze extra vooronderstellingen beargumenteert, berust op een informele logica.

Bij een toegepast wiskundig probleem moet men de verkregen uitkomsten interpreteren. Daarbij moet men juist wel rekening houden met de informatie die men "weggeïdealiseerd" heeft. Naast een te verwachten meest juiste uitkomst moet er aandacht zijn voor de grootte van de mogelijke afwijking of onnauwkeurigheid.

Tenslotte

Zoals hiervoor is aangegeven is het toepassen van wiskunde in de eerste plaats verbonden met een oplossingsproces, dat gekenmerkt wordt door transfer. Daardoor kan het onderwerp zijn van studie in het kader van denkpsychologie en didactiek. Als CD-B zou besluiten tot de opzet van een dergelijk onderzoek, dan zou een interessant raakvlak van toetsing en onderzoek de aandacht krijgen die het verdient.

4. OPEN ONDERZOEK: ONDERWIJS EN EXAMEN

Practicum en examen

In 1973 stelde de overheid voor het vak scheikunde voor HAVO en VWO een praktisch schoolonderzoek verplicht. In 1986 en 1987 verschenen voor dit vak en deze niveaus nieuwe examenprogramma's. In deze documenten is echter nauwelijks iets concreets te lezen over het toetsdomein waarop het praktisch schoolonderzoek betrekking moet hebben². De formulering van de vaardigheden, die met schoolpractica ontwikkeld zouden moeten worden, is al vele jaren niet veel verder gekomen dan het hoofdstuk 'Algemene Doelen'. En omdat de afsluitende toetsing van het onderwijs in practicumvaardigheden in het kader van het schoolonderzoek valt, is 'de spiegel van dit onderwijs' grotendeels in handen van de onderwijsgevende. Een blik in die spiegel is dan nauwelijks een confrontatie, en van een proces waarin onderwijs en toetsing zich aan elkaar ontwikkelen is vrijwel geen sprake.

De geschetste situatie geldt voor het vak scheikunde. In de vakken natuurkunde en biologie heeft de practicumtrend zich wat later en wat langzamer ontwikkeld. Waarschijnlijk doet zich daarom de 'wet van de remmende voorsprong' gelden. Want zowel in de advies-examenprogramma's HAVO en VWO voor natuurkunde (WEN, 1988) als in die voor biologie (WEB, 1988) worden een aantal practicumvaardigheden beschreven. Alleen zijn deze beschrijvingen nog zo algemeen van aard, dat men kan zeggen dat voor alle drie natuurwetenschappen geldt dat een duidelijke en bindende beschrijving van de doelen van het onderwijs in practicumvaardigheden ontbreekt. De onderwijsgevende mag zijn gang gaan of staat er alleen voor, net wat u wilt. De didacticus en leerstofontwikkelaar hebben tot nu toe weinig uitgericht of kunnen uitrichten³. De toetsontwikkelaar heeft nauwelijks houvast in zijn poging de algemene doelen in toetsen te operationaliseren. Toch is op het CITO deze poging ondernomen.

Practicumvaardigheden

Eind jaren zeventig werd op het CITO het project Practicumtoetsen gestart. Eén van de eerste taken die dit project zich stelde, was het ontwerpen van een goede beschrijving van het (toets-)domein van het onderwijs in practicumvaardigheden. Daartoe werd een literatuurstudie en doelstellingsonderzoek opgezet. Bovendien oriënteerden projectteamleden zich in het buitenland, met name in Engeland (Hellingman, 1982). En last but not least werd een enquête gehouden onder docenten HAVO en VWO in ieder van de drie natuurwetenschappen (Theunissen, 1982). Deze ac-

-
2. In 1989 is een advies-examenprogramma Scheikunde C/D aan de staatssecretaris aangeboden. Hierin komt wel een gedetailleerde opsomming van practicumvaardigheden voor.
 3. Er zijn wel enkele publikaties te melden: G. Verkerk, Het practicum in het schoolonderzoek Natuurkunde, Van Walraven, Apeldoorn (1983); A.P. van Alderwegen-de Vries e.a., Practicum Biologie, Wolters-Noordhoff, Groningen (1988). Een soortgelijke publikatie voor scheikunde is ons niet bekend.

tiviteiten resulteerden in de zogenaamde 'lijst van practicumvaardigheden', die - met de nodige bijstellingen onderweg - tot op heden door het project als domeinbeschrijving wordt gehanteerd⁴. Hiermee lijkt een heel stuk werk geklaard. Maar de lijst van practicumvaardigheden heeft tot nu toe nog geen enkele officiële status. Bovendien moeten er, uitgaande van de lijst, nog heel wat keuzes gemaakt worden alvorens er sprake is van een concreet toetsmodel. Keuzes betreffende bijvoorbeeld toetsduur, niveau-onderscheid, vraagvorm en dergelijke. Het project Practicumtoetsen heeft een aantal keuzes gemaakt⁵ en op basis daarvan een serie practicumtoetsen voor ieder van de drie vakken aan het onderwijs aangeboden. Vele onderwijsgevendenden gebruiken deze toetsen, maar niet iedereen ziet zijn onderwijs in practicumvaardigheden door deze 'spiegel' naar tevredenheid gereflecteerd. Bij een in 1988 gehouden behoeftenonderzoek⁶ bleek 60% van de respondenten geheel te kunnen instemmen met de hoofduitgangspunten van de CITO-practicumtoetsen. Velen bleken behoeften te hebben waaraan de toetsen niet tegemoet kwamen. Tot deze niet vervulde wensen behoorde, zo bleek uit het onderzoek, ook het 'open onderzoek'.

Open onderzoek

De wens om practicumvaardigheden te toetsen in de vorm van een open onderzoek is niet nieuw. Reeds vele jaren passen docenten deze 'toetsvorm' toe, met name op het vwo. Binnenkort krijgt deze wijze van toetsen waarschijnlijk ook officiële erkenning. In het advies-examenprogramma natuurkunde voor vwo (WEN, 1988) is sprake van de mogelijkheid van een onderzoeksopdracht naast of in plaats van een afsluitende practicumproef. In het advies-examenprogramma biologie voor vwo (WEB, 1988) is in het handelingsgedeelte van het schoolonderzoek sprake van een onderzoek waarvoor een beoordelingscijfer kan worden gegeven.

Alvorens in te gaan op wat met deze wijze van toetsen wordt bedoeld, wordt eerst een poging ondernomen om spraakverwarring te vermijden. Natuurkunde spreekt van 'onderzoeksopdracht', biologie tout court van 'onderzoek'. Daarnaast zijn ook termen als 'bijzondere opdracht', 'vrij onderzoek', 'zelfstandig onderzoek', en andere combinaties van deze woorden te beluisteren. Misschien betekenen al deze begrippen ieder net iets anders, maar het lijkt vooralsnog niet zinvol eventuele subtiele onderscheidingen in aanmerking te nemen. In het vervolg van het artikel wordt alleen de term open onderzoek gebruikt.

Wat wordt bedoeld met open onderzoek? Een korte kenschets zou kunnen luiden: het van a tot en met z doorlopen van een natuurwetenschappelijk onderzoek. Daarbij zou a iets moeten zijn als het formuleren

4. De 'lijst van practicumvaardigheden' is niet als afzonderlijk document gepubliceerd, maar is in iedere CITO-practicumtoets als bijlage opgenomen.

5. In najaar 1989 verschijnt een CITO-publikatie over de verantwoording van practicumtoetsen.

6. Van dit behoeftenonderzoek verschijnt binnenkort (1989) een verslag.

van een hypothese, en z staat voor het verantwoorden van hoe de hypothese experimenteel is getoetst.

Nu het open onderzoek een officiële status lijkt te krijgen (de algemene vaardigheden in het examenprogramma scheikunde VWO en HAVO staan ook expliciet ontwikkelingen in deze richting toe) is het wenselijk deze toetsvorm nader te bekijken. Het eerste wat dan opvalt is dat het bij open onderzoek (vaak) niet alleen om toetsen gaat, maar dat er sprake is van een verstrengeling van onderwijs en toetsen.

Verstrengeling van onderwijs en toetsen

De 'onderzoeksopdracht' waarvan bij natuurkunde sprake is, wordt beschreven als een proces dat ongeveer 15 lesuren omvat en waarin zelfstandig, individueel of in kleine groepjes, opdrachten worden uitgevoerd. Dit proces moet leiden tot een cijfer in het kader van de schoolbeoordeling. Deze beschrijving wekt de indruk dat er meer sprake is van een onderwijsgebeuren dan van een toets. Dit verschijnsel van verstrengeling van onderwijs en toets (er moet een cijfer komen) doet zich herhaaldelijk voor bij open onderzoek. In een recent artikel in het NVON-maandblad⁷ werd het als volgt onder woorden gebracht: "Wij benadrukken dat het weliswaar praktisch schoolonderzoek heet, maar dat het ook onderwijs is en dat dit laatste het belangrijkste is".

Deze verstrengeling is begrijpelijk. Bij het open onderzoek is vaak sprake van een uitdagende probleemstelling. Leerlingen zijn er vaak met enthousiasme mee bezig, ook buiten de lesuren. Er wordt een beroep gedaan op inventiviteit, creativiteit en doorzettingsvermogen. Ook de leraar is trots op wat er gebeurt en geniet ervan. Een mooi cijfer is dan de kroon op het werk. Hoe begrijpelijk de verstrengeling ook is, het verschijnsel moet toch worden afgewezen. Een toets, die een cijfer moet opleveren voor het schoolonderzoek, stelt voorwaarden. Zoals:

- de vaardigheden die worden getoetst moeten vooraf zijn onderwezen;
- de beoordeling dient een individuele prestatie te betreffen;
- het proces dat tot de prestatie leidt, moet waarneembaar zijn.

Bij het verstrengelde open onderzoek is meestal aan geen van deze voorwaarden voldaan. Daarenboven wordt ook vaak het zozeer gewenste onderwijsproces geschaad door het gelijktijdige toetsgebeuren: tijdens onderwijs mag je fouten maken.....

Als het open onderzoek officieel een mogelijk onderdeel van het schoolonderzoek wordt, dienen onderwijs en toets te worden gescheiden. Om dat te kunnen doen is een duidelijke doelformulering van het open onderzoek noodzakelijk.

7. NVON-maandblad, 14e jaargang, nr. 2 (februari 1989), pag. 66 en 67.

Een reactie op dit artikel vanuit het CITO-project Practicumtoetsen verschijnt in één van de volgende nummers (november 1989).

Doelen van het open onderzoek

Uit de kenschets van het open onderzoek, 'het van a tot z doorlopen van een natuurwetenschappelijk onderzoek', zijn direct practicumvaardigheden af te leiden die in het open onderzoek aan de orde kunnen komen. Met voorbijgaan aan de vaardigheden die samenhangen met de uitvoering van het experiment, kunnen worden genoemd:

- een probleemstelling formuleren en uitwerken;
- hypothese(n) formuleren;
- een werkplan maken;
- randvoorwaarden vaststellen;
- suggesties doen voor vervolgonderzoek;
- rapporteren.

Bovenstaande vaardigheden komen voor in de reeds genoemde 'lijst van practicumvaardigheden' van het CITO-project. Ook in de CITO-practicumtoetsen komen ze in meer of mindere mate aan de orde. Maar bij open onderzoek lijkt het toch ook om iets anders, beter gezegd, om iets meer te gaan. De één-dimensionaliteit van de lijst lijkt niet voldoende om het domein in kaart te brengen.

Voor een tweede dimensie kan misschien het begrip transfer te hulp worden geroepen: het kunnen toepassen van geleerde kennis en vaardigheden in nieuwe situaties. Deze nieuwe situaties moeten dan nader beschreven worden. Componenten zouden kunnen zijn: de omvang van het onderzoek; het aanwezig zijn van meerdere oploswegen; het meer of minder ingeoeft zijn van de aanpak en soortgelijke zaken. Een andere mogelijkheid voor het aanbrengen van een extra dimensie kan gevonden worden in het kennisrepertoiremodel (De Jong, 1986). Volgens dit model zou het in de gewone practicumtoetsen vooral gaan om procedurele kennis, terwijl bij het open onderzoek de nadruk meer zou liggen op situationele en strategische kennis.

Welke tweede dimensie gekozen moet worden voor een doelbeschrijving van het open onderzoek zal vooral bepaald dienen te worden door operationele kenmerken. Pas bij een goede operationalisatie van de doelen kunnen onderwijs en toetsing ieder hun eigen plaats innemen.

Uitnodiging aan didactici

In het voorgaande werd geconstateerd dat:

- er een toenemende aandacht (ook officieel) is voor open onderzoek;
- bij open onderzoek sprake kan zijn van een ongewenste verstrengeling van onderwijs en toetsen;
- de beschrijving van de doelen van het open onderzoek nog verre van volledig is.

De toetsontwikkelaar die daar aan het woord was, waagde enkele suggesties om te komen tot een vollediger beschrijving van toetsdoelen. Hij voelt zich bij deze poging niet op volslagen vreemd terrein, maar heeft wel behoefte aan gidsen en mede-verkenneren. Vandaar dat dit onderdeel eindigt met een uitnodiging aan didactici. En dan vooral aan didactici die ervaring hebben in leerstofontwikkeling. De uitnodiging heeft betrekking

op een gezamenlijke aanpak van het open-onderzoek-probleem om uiteindelijk te komen tot:

- het beschrijven van het domein van onderwijs- c.q. toetsdoelen;
- het aanwijzen van de onderwijsdoelen;
- het op basis hiervan ontwikkelen van een curriculumlijn;
- het aanwijzen van de toetsdoelen;
- het ontwikkelen van toetsen voor het schoolonderzoek.

'Onderwijsvernieuwing verloopt niet altijd even planmatig' is een citaat in de inleiding. Hoe juist deze typering ook is, zij is geen vrijbrief om bij een bepaalde onderwijsvernieuwing niet te doen wat er te doen staat. Open onderzoek kan een onderwijsvernieuwing zijn die planmatig wordt ontwikkeld en begeleid door vakdidacticus, leerstofontwikkelaar en toetsontwikkelaar.

5. SLOTOPMERKINGEN

In de inleiding is geattendeerd op de gemeenschappelijke achtergrond van de drie CITO-projecten: inhaken op didactische ontwikkelingen gericht op het bevorderen van "transfer van cognitieve vaardigheden". Er is ook een ander gemeenschappelijk kenmerk in de drie projecten aan te wijzen. Dit kenmerk komt tot uiting aan het slot van ieder van de drie bijdragen: een verzoek aan (vak)didactici om mee te denken en mee te helpen.

Elk van de drie projecten staat voor de taak toetsmateriaal te ontwikkelen voor onderwijs dat nog volop in ontwikkeling is. En de toetsontwikkelaar beseft terdege dat in een dergelijke situatie het maken van toetsmateriaal onderwijsontwikkeling inhoudt. Vandaar dat hij zich wendt tot diegene die zich expliciet met onderwijsontwikkeling bezig houdt. Met de vraag om gezamenlijk te werken aan een operationele beschrijving van de betrokken onderwijsdomeinen en aan een verkenning van de oplosprocessen die zich afspelen in transfersituaties.

De opvatting dat toetsing eerst begint wanneer onderwijs ophoudt, is een misvatting. Ieder van de drie projecten geeft daarvan, gezien vanuit de toetsontwikkeling, een duidelijk bewijs. Maar vanuit onderwijsontwikkeling gezien geldt hetzelfde. In de inleiding is reeds gezegd dat het operationaliseren van onderwijsdoelen in toetsvragen als spiegel kan fungeren voor de didacticus en leerstofontwikkelaar. In een onderwijsexperiment is het wenselijk om deze spiegel reeds vroegtijdig ter hand te nemen, dan is men zeker van een realistisch zelfbeeld van het experiment.

Om tot slot de inleiding te parafraseren: het is goed dat er een proces op gang komt waarin onderwijs en toetsing zich aan elkaar ontwikkelen.

6. LITERATUUR

- Bax, W. & Ipenburg, P. van (1989), *Meer NME in het CSE*. Utrecht: Stichting Milieu-Educatie.
- CITO-werkgroep (1988). *Wiskunde A: doelgericht toetsen*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Dekker, A.J. & Krieken, R. van (1986). Algemene richtlijnen voor centrale eindexamenprogramma's. *A.P. 44*. Arnhem: CITO.
- DES (1985a). *Science 5-16: A statement of policy*. London: HMSO.
- DES (1985b). *General Certificate of Secondary Education, National Criteria*. London: HMSO.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *European Journal of Science Education*, vol 4, nr. 1.
- Hofstein, A. (1988). Discussions over STS at the fourth IOSTE Symposium, *International Journal of Science Education*, 10 (4). 357-366.
- Jong, A.J.M. de (1986). *Kennis en het oplossen van vakinhoudelijke problemen*. Helmond: WIBRO.
- Kok, J. e.a. (1986). Het construeren van open vragen: *A.P. 45*. Arnhem: CITO.
- Kortland, J. & Loo, F.A. van der (1986). Natuurkunde als gereedschap bij besluitvorming. In: Eijkelhof e.a. (red.). *'Op Weg naar Vernieuwing van het Natuurkunde Onderwijs'*. 's-Gravenhage: svo, 66-102.
- Lange Jzn, J. de (1987). *Mathematics, Insight and Meaning*. Utrecht: OW&OC.
- Ministerie van o & w (1987). *C- en D-programma's voor eindexamens LBO/MAVO in het vak natuurkunde*, Circulaire DGVO 14.136 d.d. 25 maart 1987.
- Ministerie van o & w (1989a), *Advies over de voorlopige eindtermen basisvorming in het voortgezet onderwijs*, nr 12, Natuur-en scheikunde.
- Ministerie van o & w (1989b). *Advies over de voorlopige eindtermen basisvorming in het voortgezet onderwijs*, nr. 11, Biologie.
- Streun, A. van (1989). *Heuristisch Wiskunde-onderwijs*. Groningen: Rijks-universiteit.
- Theunissen, T.J.J.M. (1982). Practicum, een inventarisatie van vaardigheden, *A.P. 23*. Arnhem: CITO.
- Uitleg (1988) nr. 18, *C- en D-examenprogramma's biologie voor MAVO en LBO*.
- WEB (1988). *Advies Examenprogramma's Biologie, VWO resp. HAVO*.
- WEN (1988). *Advies Examenprogramma Natuurkunde VWO en HAVO*.
- WES (1989). *Advies C- en D-examenprogramma voor LBO en MAVO*.

ZOU U DAT VOOR ONS EVEN KUNNEN UITZOEKEN?

VRAGEN VAN DE NVON

E. Jongejan & S. Stekelenburg
NVON

1. INLEIDING

De leraren in het veld lopen vaak aan tegen vraagtekens bij hun onderwijs. Zij zoeken die vragen voor een deel ook zelf op. Immers wie probeert niet om bij de leerlingen zoveel mogelijk kennis en vaardigheden in de weinige beschikbare tijd aan te brengen? Rusteloos ga je als docent op zoek naar nieuwe methoden als de oude enige tekenen van slijtage aan de kaft beginnen te vertonen. Welke onderwerpen kunnen de leerlingen boeien? Wat is echt nodig om een goede ondergrond te krijgen? Waar hebben ze later ook iets aan? Hoe snel kun je door de stof gaan terwijl een aanvaardbaar deel van de klas er voldoende van opsteekt?

Op zich zouden dit ook mooie vragen voor de onderzoekers zijn, omvangrijk en belangrijk genoeg voor alle beschikbare onderzoekstijd. Alleen zijn de vragen zo te vaag, te algemeen en niet voor onderzoek toegankelijk.

Hier komt weer een nieuwe vraag te voorschijn. Hoe leg je een brug over de kloof tussen de docenten en de onderzoekers? Hoe kunnen de beide groepen op elkaars vragen antwoord geven? Hoe voorkom je dat nieuwe, op zich goede ideeën toch niet leiden tot beter onderwijs, omdat zij ook nieuwe problemen oproepen voor degenen in het veld die de ideeën ten uitvoer moeten brengen?

Veel docenten zijn niet geschoold in het nauwkeurig analyseren van de problemen die zij ervaren in de klas. Door de druk(te) van het lesgeven blijven de problemen liggen. Toch moeten ze voortdurend worden bestreden om als docent professioneel en soepel te kunnen functioneren. Blijven de problemen een tijdje liggen, dan hopen ze in een hoog tempo op, met het risico dat ze verworden tot bron van aversie en apathie. De onderwijsomgeving verandert, er komt steeds een nieuw type leerlingen, de examenprogramma's volgen elkaar op, de maatschappelijke eisen en waardering veranderen.

Een vereniging als de NVON moet haar leden vertegenwoordigen als spreekbuis naar allerlei instanties toe. Zij is de eerst aangewezen om op dit terrein te helpen. Zij kan spreken namens het veld en met het veld. Zij moet haar leden helpen bij het formuleren van onderzoeksvragen en namens het veld onderzoek aanvragen, bijvoorbeeld in het kader van de Wet op de Onderwijsverzorging.

Er lopen op verschillende plaatsen al onderzoeken waarbij de NVON minstens een van de aanvragers is, of is geweest. Maar er blijft voor haar nog veel te vragen over. Hoe leren leerlingen en hoe gaan ze met de

aangeboden informatie om? Wat moeten docenten doen om op professionele manier met hun vak en hun beroep om te gaan? Hoe moeten zij de onderwijsprocessen managen? Welke nieuwe informatie uit de natuurwetenschappen is relevant voor de lessen? Hoe kan die nieuwe informatie worden omgevormd tot bruikbare onderdelen van de lessen? Hoe beïnvloedt die nieuwe kennis het belang en de omvang van de oude leerstof? Hoe kunnen de nieuwe inzichten worden geïmplementeerd?

De NVON heeft dus behoefte aan veel antwoorden op evenzovele vragen. Er zijn wel gemeenschappelijke kenmerken in de vragen te onderscheiden. Het onderzoek moet zich vooral richten op de vragen uit de gebieden van de onderwijskunde en de didactiek van de natuurwetenschappen. Er is ook meer behoefte aan toegepast onderzoek dan aan fundamenteel wetenschappelijk onderzoek.

De natuurwetenschap heeft zich in de loop van haar bestaan eindeloos weten te delen. Voor elk van de beide nakomelingen was er een goede voedingsbodem om snel tot een volwaardige nieuwe wetenschap uit te groeien. Er is nog steeds iets gemeenschappelijks gebleven. Daardoor zijn alle afsplitsingen nog samen te vatten onder de noemer 'natuurwetenschappen'. Bij het voortgezet onderwijs ging het opsplitsen niet zo snel. Het gemeenschappelijke bleef de boventoon voeren. Het ging niet om het aanleren van specifieke details maar meer om het laten zien van de grote lijnen en het aanreiken van instrumenten om de wetenschappen te bestuderen. Dat leidde in Nederland tot drie schoolvakken: natuurkunde, biologie en scheikunde.

Voor velen is deze opsplitsing te ver gegaan en men wil aan de leerlingen weer het oervak, de natuurwetenschap, onderwijzen. Bij de NVON leidde dat naast de drie oude secties tot de vorming van een nieuwe sectie: Natuuronderwijs/Kennis der Natuur. De stroming die ijvert voor integratie van de natuurwetenschappen is minder omvangrijk geworden dan men enige jaren geleden wel dacht. Veel docenten erkennen wel de gemeenschappelijkheid binnen de natuurwetenschappen en zij worden, gezien de steeds krappere lestijd die ter beschikking staat, ook gedwongen programma's op elkaar af te stemmen. Toch is de meerderheid zozeer in de opsplitsende traditie gevormd, dat zij meer bezwaren dan voordelen ziet in het invoeren van het geïntegreerde vak natuurwetenschappen. Rondom dit thema zijn ook vragen te formuleren. Integratie lijkt veel voordelen te hebben, maar er zijn veel organisatorische en vakinhoudelijke problemen die om een oplossing vragen.

Een ander probleem van het onderwijs in de natuurwetenschappen vindt zijn oorsprong in de ontwikkelingen van de wetenschappen en de maatschappij in het algemeen. Welke inhoud is nog relevant om aan te leren? Wat is tegen de tijd dat de leerlingen produktief moeten worden nog bruikbare kennis, die niet achterhaald is door enkele algemene beschrijvende wetten, of die gemakkelijk toegankelijk is met de digitale technieken? Is de maatschappelijke relevantie van kennis belangrijker aan het worden dan het heilige, maar schijnbaar achterhaalde, huisje van een

zuiver wetenschappelijke signatuur? Wetenschap heeft de neiging steeds abstracter te worden. Ook het onderwijs gaat hierin mee. Wat de leerling leert, lijkt steeds minder belangrijk ten opzichte van het kunnen omgaan en verzamelen van op dat moment relevante kennis. En hierbij loopt het onderwijs op tegen de grenzen van de mogelijkheden van de leerlingen.

Veel leerlingen in het voortgezet onderwijs (met name in het LBO en MAVO, maar ook in het HAVO en VWO) bezitten onvoldoende abstractievermogen voor een inhoud die past bij deze tendens. Zij voelen zich veiliger bij het inoefenen van een beperkt scala van regels en namen binnen een enge context. Het onderwijs en dus ook het onderzoek van het onderwijs zullen veel moeite moeten doen wegen te vinden waarop ook leerlingen met een beperkter abstractieniveau, nu en later, relevante natuurwetenschappelijke kennis kunnen verwerven en gebruiken.

De bovenstaande situatiebeschrijving heeft tot doel het scheppen van een kader waarbinnen de onderzoeksvragen vanuit de NVON kunnen worden geplaatst. Het zijn vragen

- van algemeen (vak)didactische aard, geldend voor het onderwijs in de natuurwetenschappen in het algemeen;
- van specifiek vakdidactische aard: voor natuurkunde, biologie, scheikunde en natuuronderwijs/kennis der natuur;
- die betrekking hebben op de relatie tussen de wetenschap en de schoolvakken.

Voor elke vraag afzonderlijk is het vaak ondoenlijk precies aan te geven in welk kader de vraag past. Er zijn zoveel verschillende aspecten aan te onderkennen. Vaak ook geeft pas het antwoord op de vraag het juiste kader voor de vraag aan. Vandaar dat in dit vervolg wel verschillende kaders worden gehanteerd, maar dat het irrelevant lijkt te bekijken of de vragen wel precies binnen de aangegeven kaders functioneren.

2. VRAGEN VAN ALGEMEEN (VAK)DIDACTISCHE AARD

Eindtermen en integratie

Eindtermen voor de Basisvorming en eindexamenprogramma's voor de verschillende niveau's zijn vastgesteld door uiteenlopende commissies. De werkwijze van deze commissies ging mank aan een aantal essentiële zaken. Er was nauwelijks overeenstemming over de manier waarop de relevante onderwerpen en inhouden moesten worden verzameld en geordend. Elke commissie hanteerde daarvoor vooral de eigen inzichten, die op persoonlijke ervaringen waren gestoeld. In sommige gevallen waren er wel voorliggende leerplannen, methodes en dergelijke, maar was de manier waarop daarmee moest worden omgegaan in relatie tot het gewenste toekomstige onderwijs vrijblijvend.

Voor de onderzoekers ligt hier een werkterrein. Op welke manier is het mogelijk voor meerdere vakken gelijkkluidende uitgangspunten en procedures te ontwerpen waarmee leerstof, bedoeld voor eindtermenlijsten, kan worden geselecteerd en gerubriceerd? Op welke manier is het mogelijk de eindtermenlijsten bij de verschillende natuurwetenschappelijke vakken op

elkaar af te stemmen?

Hieraan kan de vraag gekoppeld worden of de leerlingen in de gewenste mate in staat zijn zich de voorgestelde termen en begrippen eigen te maken.

Een aantal vragen rondom de integratie van vakken zijn nog onopgelost. Een keuze hieruit. Op welke manier kan vakkenintegratie binnen het Nederlandse onderwijs überhaupt nog tot stand worden gebracht? Welke voordelen heeft vakkenintegratie voor leerlingen met een beperkter abstractievermogen? Op welke manier moet het onderwijs worden ingericht zodat de wettelijk opgelegde integratie tussen natuurkunde en scheikunde in de basisvorming daadwerkelijk een positief effect heeft voor de leerlingen?

Pakketkeuze

De keuze van de natuurwetenschappelijke vakken is erg onevenwichtig verdeeld. Bij de kiezers van biologie overwegen de vrouwelijke leerlingen, bij de kiezers van natuurkunde de mannelijke. De keuzepercentages voor biologie en scheikunde vertonen de laatste jaren een dalende tendens, die voor natuurkunde een stijgende. In het algemeen kan worden gesteld dat het keuzepercentage voor de natuurwetenschappelijke vakken best hoger kan zijn, gezien de maatschappelijke perspectieven die met een keuze van die vakken geboden worden.

Naast de algemeen maatschappelijke teneur van no-nonsense lijkt er nauwelijks goed inzicht te zijn bij de onderzoekers en de leerlingen op grond waarvan de keuzes worden gemaakt. Ondanks talrijke onderzoeken liggen er nog veel vragen op dit terrein. Wat maakt natuurkunde zo onaantrekkelijk voor meisjes? Of omgekeerd, wat maakt biologie voor meisjes zo aantrekkelijk? Wat is de invloed van de kans op een voldoende eindcijfer bij het centraal examen op de keuze van de leerlingen? Welke invloed heeft het gebruik van een min of meer abstracte vaktaal in de onderbouw op de ideeën over de inhoud van een vak in de bovenbouw? Is door een veelvuldiger gebruik van maatschappelijke contexten de aantrekkelijkheid en de begrijpelijkheid van de natuurwetenschappen voor een grotere groep leerlingen te verwezenlijken? Zijn de natuurwetenschappen in staat een bijdrage te leveren aan de algemene maatschappelijke tendens tot het doorbreken van rolpatronen van mannen en vrouwen? En hoe moet de bijdrage er precies uit komen te zien?

Diepgang en differentiatie

Een met de keuzeproblematiek samenhangende vraag is: moet bij de keuze van de leerstof en de leerweg meer rekening worden gehouden met de leerlingen die een vak volgen met een doorloop in een vervolgopleiding, of moet er meer rekening worden gehouden met de leerlingen voor wie het eindonderwijs in dat vak is?

Door de basisvorming zal deze vraag zich in steeds omvangrijker mate gaan opdringen in de onderbouw. Bij verschillende projecten, zoals bijvoorbeeld het SLO-project NO 12-16 (rondom vakkenintegratie), bleek het zeer moeilijk te zijn voor grote groepen leerlingen relevant, begrijpelijk

en interessant lesmateriaal te maken. Daar waar de leerling actief met lesteksten bezig moet zijn tijdens de les, moet de leerling snel een duidelijk beeld hebben van de bedoelingen van de tekst. Bij later vwo kiezende leerlingen blijkt de tekst dan heel anders te moeten zijn opgebouwd dan bij leerlingen van het individueel onderwijs en latere LBO-leerlingen. Er zal nog veel onderzoek nodig zijn met betrekking tot differentiatie binnen klasverband voor elk van de drie natuurwetenschappen. Voor IBO-leerlingen is nog nauwelijks geschikt lesmateriaal beschikbaar.

Toetsen

De centrale examens hebben een grote invloed op de inrichting van het onderwijs in de bovenbouw. Er zou meer onderzoek moeten komen naar de mate waarin deze examens ongewenste of verschralende invloeden hebben op het onderwijs. Docenten zouden meer, gemakkelijk toegankelijke, instrumenten moeten krijgen om schoolonderzoeken een vorm te geven die aansluit bij het door hen gewenste onderwijs. Voor biologie is het de vraag in hoeverre de centrale examens met meerkeuze-vragen andere zaken toetsen dan de gewenste biologische kennis. Is het wel mogelijk om met de huidige biologie-examens voldoende aandacht te geven aan milieu-educatie en gezondheidsonderwijs? Welk type vragen is in staat attitudes en andere niet-cognitieve vaardigheden te meten bij leerlingen?

3. VAKDIDACTISCHE VRAGEN

Preconcepties

Welke invloed gaat er uit van de vaktaal van de leraren in de natuurwetenschappen? Op welke manier kan de leefwereldtaal van de leerlingen in de onderbouw worden omgevormd tot de academische vaktaal van de docenten? Bij de verschillende vakken zijn al onderzoeken gaande waarbij de verschillende elementen van de leefwereldtaal en de vaktaal worden geïnventariseerd en gecategoriseerd. Toch moeten de wegen waarlangs de misverstanden tussen docenten en leerlingen ontstaan en verholpen kunnen worden, nog duidelijker zichtbaar worden voor de docenten. Op welke manier kunnen foutieve preconcepties bij de individuele leerlingen worden opgespoord en omgevormd? Welke volgorde van de leerstof is het meest ideaal met betrekking tot het ontwikkelen van de vaktaal? Welke invloed moeten de mogelijkheden van de individuele leerlingen hebben op de weg die hen wordt aangeboden?

Abstractieniveau's

Voor elk van de natuurwetenschappen zijn er vakspecifieke vragen te formuleren rondom de te bereiken abstractieniveau's binnen de afzonderlijke vakken en schooltypen. Op welk moment zijn leerlingen in staat om bepaalde vakspecifieke en abstracte begrippen en principes inhoudsvol te gebruiken?

Bijvoorbeeld: in het nieuwe C/D-examenprogramma worden begrip van elektriciteit (spanning en stroom), van warmte-evenwicht en van kracht

genoemd. Is het wel mogelijk aan leerlingen met bij dit niveau passend abstractievermogen die betreffende begrippen zodanig bij te brengen dat zij op een later moment ook kunnen functioneren? En als het wel mogelijk is, op welke manier moet het dan gebeuren? Op welk moment zijn leerlingen in staat om de materialen om hen heen te zien in termen als stoffen, atomen en moleculen? Zijn alle leerlingen hiertoe op enig moment in staat en op welke manier kan de ontwikkeling van bijvoorbeeld het stofbegrip in de basisvorming het beste gestalte krijgen?

Bij biologie komen veel vragen voort uit het dilemma dat de levende wezens vaak concreet zijn en interessant voor jonge leerlingen, maar dat de relevante en vaak bruikbare kennis een hoge abstractiegraad heeft. Groene bladeren zijn te verzamelen, te tekenen, te benoemen. Maar voor inzicht in de fotosynthese is veel chemische kennis noodzakelijk. Kenmerken van organismen zijn wel te beschrijven, maar de regels van de erfelijkheid zijn voor veel LBO-leerlingen niet te bevatten door hun abstractie. Op welke manier moet men in de eindtermen een goed evenwicht bereiken bij de verdeling van abstracte en concrete termen?

Op welke manier kan de leerling zich de biologische kennis zo eigen maken en zo op zichzelf gaan toepassen, dat deze kan bijdragen aan gezond gedrag? Op welke manier kan de abstracte kennis worden omgezet in een positieve attitude ten aanzien van milieubewust handelen?

Practicum

Hierop aansluitend moet er nog veel onderzoek komen naar de rol en de mogelijkheden van practicum in het natuurwetenschappelijk onderwijs. Bijna iedereen is het erover eens dat practicum noodzakelijk is. Maar er is nog weinig inzicht in de manier hoe practicum optimaal binnen het leerproces kan worden ingezet. Hoe relevant zijn de psychomotorische practicumvaardigheden binnen een maatschappij die snel geautomatiseerd raakt? Wat is het leereffect van bijvoorbeeld het omgaan met chemicaliën en glaswerk, het meten van de lengtetoeename van een kiemplantje? Hoe kan practicum zo worden ingericht dat het ook door de leerlingen in de meeste gevallen als zinvol wordt ervaren? Hoe kan het practicum zo worden ingericht dat het optimaal bijdraagt aan het aanschouwelijk maken van de abstracte inhoud van de natuurwetenschappen? Hoe moeten de vaardigheden die te maken hebben met practicum worden getoetst?

Veldwerk

Er ligt een spanningsveld tussen de bron van de natuurwetenschappen en het onderwijs daarin. De onderwerpen van de natuurwetenschappen zijn ontleend aan de gebeurtenissen in het veld, maar de randvoorwaarden van het onderwijssysteem maken het nauwelijks mogelijk het veld als uitgangspunt voor het onderwijs te nemen. Veel docenten willen graag veldwerk verrichten, maar zij weten niet hoe. Hoe kan voorkomen worden dat veldwerk ook voor de leerlingen het karakter krijgt van een day-off? Op welke manier kan het veldwerk bijdragen tot het meer aanschouwelijk maken van het natuurwetenschappelijk onderwijs? Welke onderwerpen lenen zich voor veldwerk? Zijn er niet meer onderwerpen bij de natuur-

en scheikunde te benaderen vanuit ervaringen van leerlingen in het veld? Welke relatie moet er zijn tussen veldwerk en werk in de klas? Op welke manieren kan een veelvuldig gebruik maken van veldwerk bijdragen aan het oplossen van een aantal elders gesignaleerde problemen: overgang van de leefwereldtaal naar de vaktaal, hoge abstractiegraad van de stof, lage aantrekkelijkheid van bepaalde onderdelen (in het algemeen en voor meisjes in het bijzonder), terugkoppeling van de leerstof naar het leven van alle dag.

Bij het opnemen van veldwerk in het rooster ontstaan op dit moment ook specifieke problemen met de toetsing. De huidige toetsinstrumenten zijn bijna allemaal gebaseerd op het laten maken van opgaven over eerder behandelde stof. In de antwoorden geeft de leerling er blijk van de aangedragen begrippen te kunnen reproduceren dan wel toe te passen. De cognitieve aspecten van de inhoud hebben sterk de overhand. Bij veldwerk spelen die cognitieve aspecten wel een rol, maar zij zijn minder dominant. Daarom moeten er aangepaste toetsinstrumenten komen, die meer informatie geven over vaardigheden en andere persoonskenmerken als improvisatievermogen in het veld, (zorgvuldig) omgaan met elkaar en met de natuur, praktische vaardigheden, mogelijkheden tot plannen, attitudes, actiebereidheid.

Computers

Op dit moment staat het onderwijs aan de vooravond van het op grote schaal invoeren van computers als didactisch hulpmiddel. Er zijn nog vele vragen bij de invoering van de computer. Welke programma's kunnen daadwerkelijk het onderwijs ondersteunen op een door de docenten gewenste manier? Welke invloed mag er van de computers uitgaan bij het kiezen van de specifieke leerinhoud en leerwegen? Zal door de invoering van de computer de taak van de docent volledig moeten veranderen? Moet de docent organisator worden van leerprocessen bij individuele leerlingen, of moet de computer een hulpmiddel blijven bij een aantal klassikale lessen? Hoe kan worden voorkomen dat door de invoering van de computer het onderwijs in de natuurwetenschappen weer terug gaat op de weg van de abstractie, waarbinnen geen plaats is voor maatschappelijke context? Hoe kan de computer worden gebruikt voor het vormgeven van specifieke lessen met practicum, veldwerk, simulaties van excursies e.d.?

4. RELATIE TUSSEN WETENSCHAP EN ONDERWIJS

De ontwikkelingen in de natuurwetenschappen gaan snel. Hele kennisgebieden verouderen en verdwijnen in musea. Grote hoeveelheden informatie komen ervoor in de plaats terug. Er ontstaan door deze versnelling veel problemen bij het voortgezet onderwijs, dat traditiegetrouw de academische wetenschap op grote afstand volgt. De keuze van de leerstof en de voorkennis bij de docenten behoeven grote en systematische aandacht. Bijvoorbeeld: in de examenprogramma's voor HAVO en VWO zijn nieuwe elementen opgenomen, zoals de fysische informatica. Welke relevante

leerstofinhouden horen daarbij? Op welke manier moeten zij de leerlingen worden aangeboden? Op welke manier kunnen die nieuwe elementen en het bijpassende onderwijs het beste worden geïmplementeerd?

Is het mogelijk een kanaal te maken waardoor nieuwe inhouden uit de wetenschappen snel ter beschikking komen van het onderwijs, op een manier die voor de docenten goed toegankelijk is? Op dit moment kan het soms erg lang duren voor nieuwe ontwikkelingen ook worden overgenomen door docenten bij het MAVO en het LBO. Hoe kan deze informatie hen bereiken zonder dat zij (die vaak meerdere vakken geven) uitgebreide vakliteratuur moeten bijhouden?

Een ander samenhangend probleem vormt de voorkennis die de leerlingen moeten hebben, willen zij met succes een bepaalde vervolgopleiding kunnen afsluiten. De meeste docenten hebben een beeld van de vervolgopleiding gebaseerd op de traditionele invulling van het vak. Er ontstaat zo een frictie tussen de afsluitingseisen van het voortgezet onderwijs en de instapeisen van het natuurwetenschappelijk hoger beroepsonderwijs en wetenschappelijk onderwijs.