

## Vakdidactiek: het vergeten fundament van het studiehuis?<sup>1</sup>

P.L. Lijnse  
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, CD- $\beta$   
Universiteit Utrecht

### Summary

*This paper reflects on the major innovations that are to be introduced in the upper level of Dutch secondary schools. It is argued that the introduction of new 'subject matter profiles', the emphasis to be placed on metacognition and general learning skills (learning to learn) and on new technologies are as such to be judged positively, but that as yet little is known about how to put these ideas into practice. It is argued that the success of such innovations depends strongly on the quality with which they become integrated in the teaching of subject matter. And thus with the development of new adequate pedagogical content knowledge. However, policy makers seem to strongly underestimate or to be even largely unaware of this necessity.*

### 1. Inleiding

De vernieuwing van de tweede fase is een grootscheepse onderneming. Veel scholen zijn al bezig met zich voor te bereiden op de invoering en nog vele zullen volgen. Als de (voormalige) Stuurgroep<sup>2</sup> zijn zin krijgt dan zal er een golf van vernieuwende activiteit door het onderwijsland gaan en dat is natuurlijk een verdienste op zich. Ongetwijfeld zullen er veel goede dingen bedacht worden. Immers, wie kan er nu tegen zijn om leerlingen tot grotere zelfstandigheid te brengen? Of om hen een betere voorbereiding te bieden op hun vervolgopleiding? Of om hen 'vaardigheden' te leren die toch boven iedere verdenking staan, zoals 'leren uitvoeren', 'leren leren', 'leren reflecteren' en 'leren communiceren'.

Zoals bekend vindt met name deze aandacht voor vaardigheden zijn uitwerking in het 'studiehuis'. Daarnaast zijn er de nieuwe profielen, waardoor ook een meer inhoudelijke invulling wordt gegeven aan de wensen van de Stuurgroep.

Maar, ondanks al dit goede, blijf ik toch zitten met een probleem<sup>3</sup>. Kortweg komt dat op het volgende neer: al die ideeën zijn prachtig, maar in hoeverre zullen ze ook leiden tot verbetering van het natuurkunde-onderwijs?<sup>4</sup>

Weliswaar zegt de Stuurgroep dat hun voorstellen mede zijn ingegeven door de wens om de uitkomsten van onderzoek nu eens echt van invloed

te laten zijn op de onderwijspraktijk, maar op welk onderzoek richten zij zich dan? Hebben zij daarbij ook gedacht aan wat de laatste jaren naar voren is gekomen uit het  $\beta$ -didactisch onderzoek? Niet alleen liet zulk onderzoek steeds zien dat natuurkunde een moeilijk en maar matig leuk vak wordt gevonden<sup>5</sup> (Wierstra, 1990; Jörg, 1995), maar ook dat onder de oppervlakte, veel leerlingen blijken te worstelen met allerlei onvermoede begripsproblemen, waarvoor het niet gemakkelijk is gebleken om oplossingen te vinden (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Van Genderen, 1989; Eijkelhof, 1990; Van der Valk, 1993; Dekker, 1993). Zou de Stuurgroep die oplossing dan nu wel gevonden hebben?

Laat ik mijn probleem eerst eens heel concreet maken, aan de hand van een simpel en inmiddels welbekend voorbeeld, genomen uit het onderzoek van Van Genderen (1989) naar de problemen met het leren van mechanica<sup>6</sup>.

- 1. Een auto trekt een caravan met constante snelheid. Is de trekkracht van de caravan groter dan de wrijvingskrachten op de caravan?  
Hierop antwoord eind derde klas 85% positief en na het mechanica-onderwijs in de vierde nog 80%, met als overwegende motivering: 'anders zou hij niet rijden'.*
- 2. Ik probeer een zware kist over een horizontale vloer te schuiven, maar ik krijg er geen beweging in.  
Eind derde klas zegt 65% van de leerlingen dat dit komt doordat de wrijvingskracht groter is dan de kracht van mij. Na het mechanica-onderwijs in de vierde geeft nog 62% dit antwoord, met als overwegende motivering: 'de kist is te zwaar'.*

Deze voorbeeldjes zijn karakteristiek voor talloze anderen<sup>7</sup>. Op de meest recente 'Woudschotenconferentie' voor natuurkunde heeft Mazur (1997) soortgelijke zaken verteld, maar dan niet over havo/vwo leerlingen maar over zijn elite-studenten aan Harvard. Op vele plaatsen is uit onderzoek naar voren gekomen dat de begripsontwikkeling zoals die plaats vindt in het natuurkunde-onderwijs onvermoed veel te wensen overlaat. Ik ga ervan uit dat we het er over eens zijn dat we hier te maken hebben met een probleem, omdat hier de didactische kwaliteit van het natuurkunde-onderwijs in het geding is. Het moge juist zijn dat ons eindexamen best van een goed niveau is, maar slechts 1 van de 7 leerlingen die ons vwo binnenkomen bereikt dit niveau op een behoorlijke wijze, en daarover klaagt dan nog het vervolgonderwijs. Naar mijn overtuiging ligt de harde kern van de vakspecifieke aansluitingsproblemen tussen secundair en tertiair onderwijs juist in deze begripsproblematiek. Om het simpel te zeggen: 'ze

hebben het wel gehad, maar ze kunnen er niets mee', zoals ook de Stuurgroep concludeerde.

Daaruit blijkt dat de Stuurgroep natuurlijk dit probleem in algemene zin onderkend heeft, bijvoorbeeld als hij juist wijst op deze gebrekkige aansluiting. Alleen is hun analyse daarvan, naar mijn idee, op zijn minst onvolledig. Immers, wat de Stuurgroep omschrijft als gebrek aan algemene vaardigheden, zoals probleem oplossen, informatie verwerken of onderzoeken, heeft naar mijn idee alles te maken met gebrek aan inzicht. Als het inzicht in de te hanteren kennis ontbreekt, dan kunnen we er ook onvoldoende vaardig mee handelen, bijvoorbeeld geen problemen mee oplossen. In de lezing van Mazur (1997) zie ik ondersteuning van deze stelling als hij zegt dat toen hij er beter in slaagde zijn studenten 'tot begrip te brengen', zij er ook vanzelf beter in slaagden problemen tot een goede oplossing te brengen.

Als de Stuurgroep zegt dat het nieuwe onderwijs zich niet alleen moet richten op kennis en inzicht maar bovendien ook op vaardigheden, dan gaat hij er aan voorbij dat dat nagestreefde inzicht, in ieder geval voor een vak als natuurkunde, vaak niet gehaald wordt. En dan kunnen die vaardigheden ook niet uit de verf komen (Lijnse, 1994). Wat ik daarom nu wil doen is me afvragen in hoeverre de door de Stuurgroep in gang gezette vernieuwingen ook een oplossing kunnen bieden voor deze door mij centraal gestelde 'problematiek van het inzicht'.

Nu kunt u zich afvragen, waar maak je je druk om. Immers, zoals in beleidskringen zo vaak gezegd wordt, voor het onderwijs van de toekomst gaat het toch veel minder om de kennis op zich, omdat deze toch snel veroudert, maar om de vaardigheid om zelfstandig kennis te verwerven?

Alhoewel ik begrip heb voor wat hiermee bedoeld wordt, is er in zekere zin toch ook sprake van een drogreden. Immers, in de eerste plaats zie ik niet welk substantieel deel van de schoolnatuurkunde over 50 jaar verouderd zal zijn. En in de tweede plaats maakt dit ons probleem alleen maar groter doordat onze leerlingen dan nu kennelijk moeten leren zelfstandig tot het gewenste inzicht te komen. In het licht van het voorgaande lijkt dat op zijn minst een enigszins naïef uitgangspunt.

Daarom blijft het nodig en zinvol om ons, om het populair te formuleren, af te vragen waar we in de tweede fase, vakdidactisch gezien, nu eigenlijk mee bezig zijn? Laten we daarom nog eens precieser kijken naar de belangrijkste voorgestelde veranderingen.

## **2. Herstructurering in profielen**

Wat kunnen we ten aanzien van het leren, bijvoorbeeld, verwachten van de herstructurering in profielen?<sup>8</sup> In principe biedt die zeker mogelijkhe-

den. Een belangrijk element hierin is het feit dat leerlingen nu moeten kiezen voor een profiel, zodat duidelijk is wat voor vakken ze precies gaan volgen. Dit biedt mogelijkheden om de coördinatie tussen deze vakken, en dan specifiek tussen de beta-vakken, te optimaliseren, voor wat betreft de te onderwijzen vakinhouden, vaardigheden en contexten; de daarin nagestreefde diepgang en de te volgen didactiek. Deze coördinatie is nu immers vaak zeer gebrekkig<sup>9</sup>.

De vakontwikkelgroepen hebben dit niet kunnen doen, en dat is op geen enkele manier als verwijt bedoeld. Hun opdracht en het tijdsbestek waarin die moest worden vervuld, lieten een diepere vorm van uitvoeren gewoon niet toe, en ik kan dit niet anders interpreteren dan dat op beleidsniveau de complexiteit van de vakdidactische problematiek schromelijk wordt onderschat.

Door verdere reductie van het programma had er misschien nog meer ruimte geschapen kunnen worden voor begripsvorming, zeker als ook het nagestreefde niveau op een of andere manier in de eindtermen had kunnen worden beschreven. Maar dat zou een veel diepgaander studie hebben gevergd, waarin dan ook de te volgen didactiek mede onderwerp van discussie moet zijn. Merkwaardig genoeg lijkt dat laatste in ons land niet te mogen. (In andere landen schijnen ze daar wat minder voorzichtig in te zijn.) In feite lopen we hier aan tegen de omstandigheid dat er in ons land eigenlijk geen professionele instantie is die vakdidactiekontwikkeling tot zijn taak mag rekenen<sup>10</sup>.

Alhoewel de vakontwikkelgroep haar best heeft gedaan om enige ruimte te scheppen, is het voorgestelde programma nog steeds zeer vol, o.a. vanwege de sterke externe druk op het belang van 'vaardigheden'. Daarmee komen we bij een kernvraag. In hoeverre gaan die vaardigheden nu echt over iets extra's, nieuwe zaken die toegevoegd worden aan de vakinhouden, en hoeveel extra tijd kost dat dan?

Of betekenen ze vooral dat je leerlingen weliswaar andere (denk)activiteiten moet laten uitvoeren, vanwege het 'actief leren', maar dat de daaraan bestede tijd grotendeels wordt terugverdiend vanwege het daaruit resulterende toegenomen inhoudelijke inzicht? Dat is op dit moment allemaal nog niet zo duidelijk.

Hoe dit ook zij, te vrezen valt dat de methodeschrijvers, opnieuw vanwege de grote tijdsdruk waaronder ze moeten werken, in deze niet tot radicale vernieuwing van de didactiek zullen kunnen komen, behalve dat de nieuwe eindtermen qua inhoud uiteraard wel in de boeken zullen worden opgenomen. Het kan bijna niet anders of het zal, in eerste instantie, daarbij grotendeels blijven.

### 3. Vaardigheden en studiehuis

De door de vakontwikkelgroep genoemde vaardigheden zijn te kenmerken als uitwerkingen van zaken als: leren communiceren, leren onderzoeken, leren ontwerpen, problemen leren oplossen, leren plannen, etc.. Kortom een meer of minder vakspecifieke uitwerking van de algemene vaardigheden van de Stuurgroep. Gekoppeld aan de term metacognitie, komen we dan ook uit bij 'leren leren' en uiteindelijk bij 'zelfstandig en zelfverantwoordelijk leren', zoals vorm te geven in het Studiehuis.

Als we nu kijken naar hoe dit Studiehuis momenteel wordt ingevoerd, dan zien we dit, globaal gezien, plaats vinden op drie 'niveaus', die, t.a.v. hun bijdrage aan de oplossing van de door mij bedoelde 'problematiek van het inzicht', goed moeten worden onderscheiden. Daarom wil ik daar nu achtereenvolgens aandacht aan besteden.

#### 3.1. Organisatieniveau

Didactisch gezien het meest globale, maar daarmee niet het minst belangrijke, is dat van de schoolorganisatie en inrichting. Zonder twijfel vergt het studiehuis ingrijpende organisatorische maatregelen, ook al zal niet elke school direct zover willen gaan om 50% van de lessen af te schaffen. De Stuurgroep wijst, in dit verband, vaak op de rol van voorloopscholen, zoals montessori en/of daltonscholen, waarin het studiehuis al tot op grote hoogte is ingevoerd. Zonder ook maar iets af te willen doen aan de waarde van deze schooltypen, zou ik toch de stelling willen plegen dat hiervoor geldt dat ze wellicht de leerling in sterkere mate tot een zekere zelfstandigheid brengen dan gewone scholen, maar zeker niet dat op deze scholen noodzakelijkerwijs ook beter natuurkunde geleerd zou worden. In ieder geval is dat bij mijn weten nooit ergens uit gebleken, bijvoorbeeld dat deze scholen significant betere eindexamenresultaten zouden halen.

Veel scholen zijn nu bezig met het 'verzelfstandigen van het leren', door klassikale lessen te verminderen en leerlingen aan de hand van studiewijzers te laten werken. Ook dat zou ik, in de eerste plaats, een maatregel op organisatieniveau willen noemen, ook al zijn er natuurlijk studiewijzers in allerlei soorten en maten. Ik hoor hier, vanuit het onderwijsveld, nogal wat enthousiaste verhalen over. Toch denk ik dat deze organisatievorm niet zal en kan leiden tot de oplossing van onze vakdidactische begripsproblematiek.

Natuurlijk bieden studiewijzers een hanteerbare vorm waarin het mogelijk wordt dat leerlingen zelfstandiger aan het werk zijn. En daarmee bieden ze docenten een eerste belangrijk organisatiemiddel om het studiehuis in te voeren. Ik denk echter dat de kans groot is dat de kwaliteit van het

inhoudelijke leerproces er niet zonder meer door verbeterd wordt, tenzij we de studiewijzer veel meer laten zijn dan een organisatiemiddel. Maar hoe dan?.

### 3.2. Algemeen didactisch niveau

Nu zal de Stuurgroep ongetwijfeld tegenwerpen dat zij ook meer bedoelen dan alleen een verandering in de school- en lessenorganisatie, hoe belangrijk die in hun ogen ook moge zijn. Ook de microdidactiek in de les zelf moet veranderen en wel schoolbreed, o.a. juist vanwege de nadruk op vaardigheden. Maar, hoe doe je dat, wat voor hulpmiddelen en/of technieken zijn daarvoor beschikbaar?

Het ligt dan ook voor de hand dat er op grote schaal nascholing op dit gebied verzorgd zal gaan worden. Een project als het APS-project 'Alle leerlingen bij de les' is een prima voorloper op dit gebied. Daarin worden docenten schoolbreed begeleid in het geleidelijk aan, en op gepaste wijze, toepassen van technieken waardoor meer sturing wordt overgelaten aan de leerling. Ebbens (1994) spreekt dan over zaken als: 'het belang van betekenisvolle leertaken', over 'samenwerkend leren' en 'het belang van een goed onderwijsleergesprek en rolwisselend onderwijzen', als vaardigheden die een docent helpen bij de ontwikkeling van het zelfstandig leervermogen van leerlingen.

In feite vraagt dit niet alleen om een verandering in doceer- en leerdrag, maar ook om het veranderen van onderliggende opvattingen over leren en onderwijzen bij zowel leerlingen als docenten. En hoe krijg je die verandering voor elkaar? Reflectie zal hier ongetwijfeld een belangrijk element in zijn, zoals bijvoorbeeld geprobeerd is in het PEEL-project<sup>11</sup> (Baird & Mitchell, 1986; Baird & Northfield, 1992), waar speciaal voor dit doel, in samenspraak met leerlingenchecklists zijn ontwikkeld waarmee zij hun 'bad and good learning behaviours' kunnen beoordelen. Feedback kan dan gericht worden gegeven en eventuele voortgang zichtbaar en bespreekbaar gemaakt. Het kunnen hanteren van dit soort 'algemene' technieken lijkt me zeer belangrijk en zal veel aandacht vragen van de docenten, maar mogen we daar dan ook de oplossing voor onze vakdidactische problematiek van verwachten?

Alvorens daar verder op in te gaan lijkt het me nuttig om bijvoorbeeld eerst eens te kijken naar wat we in dit verband nog kunnen leren van het voormalige PLON-project. In dit project is, naast aandacht voor contexten, vooral vormgegeven aan participatiegericht leren, zoals het later genoemd werd. En zelfs is er, via 'pas-op-de-plaats' lessen expliciete aandacht geweest voor metacognitieve vaardigheden en 'leren leren', ook al heette dat toen nog niet zo. Er werd geprobeerd aan te sluiten bij de inte-

ressen van leerlingen en hen door een diversiteit aan activerende werkvormen actief bij de les te betrekken. Echter, voorzover er evaluatie van het PLON-project heeft plaatsgevonden (Wierstra, 1990), kwam hieruit naar voren dat leerlingen over het algemeen dit actieve leerklimaat wel waardeerden, maar niet dat ze daardoor ook tot betere cognitieve prestaties kwamen. Ofwel, een actiever leerklimaat leidt wellicht wel tot een wat zelfstandiger lerende leerling, maar niet noodzakelijkerwijs tot een beter begrijpen. Daarvoor is, vakdidactisch gezien, meer nodig. Ik ben bang dat deze conclusie ook best wat algemener geformuleerd kan worden, in het licht van de door de Stuurgroep voorgestane veranderingen. In feite past de eerder gemaakte opmerking over de zogenaamde 'voorloop-scholen' hier ook bij. Evenals de negatieve uitkomst van een recent onderzoek naar de relatie tussen onderwijseffectiviteit en aandacht voor metacognitieve vaardigheden in de basisvorming (De Jager & Reezigt, 1996).

Eenzelfde 'overschattings'-probleem doet zich voor, naar mijn overtuiging, t.a.v. de inzet van ICT. Deze inzet wordt recentelijk door de Verkenningcommissie Onderwijsonderzoek tot een van de absolute prioriteiten voor de toekomst gebombardeerd. Daar kunnen we dus niet meer omheen, en het zou trouwens ook onverstandig zijn om dat te willen. Natuurlijk moeten leerlingen kennis maken met moderne informatie- en communicatiemiddelen. Zelfs zijn er mensen die beweren dat de invoering van het Studiehuis staat of valt met het gebruik van ICT. Dat lijkt me wat overdreven, ook al is het zeker zo dat ICT interessante extra mogelijkheden biedt om leerlingen zelfstandiger aan het werk te laten gaan.

Ook biedt ICT natuurlijk toegang tot tal van nieuwe informatiebronnen, voor zowel leerlingen als docenten, en kan het een belangrijke rol spelen in het onderlinge 'netwerken'. Of ICT, als zodanig, echter ook een zinvolle bijdrage zal gaan leveren aan de verhoging van de kwaliteit van het natuurkundige leerproces staat nog te bezien. In dit verband lijkt het me nuttig om de ICT-deskundige Pilot (1996) te citeren, die in een recent interview zei dat de onderwijskunde altijd veel te optimistisch is geweest in haar verwachtingen t.a.v. de computer als hulpmiddel in het onderwijsleerproces.

Het internet is natuurlijk prachtig en de moeite waard op zich, en je kunt daar leerlingen inderdaad heel zelfstandig mee laten werken, maar dat leidt absoluut niet noodzakelijkerwijs tot beter inzicht in de te leren natuurkunde. Hier ligt dus nog een vakdidactisch werkterrein braak.

Ik wil daarom concluderen dat dit algemene didactiek niveau op zich zeer belangrijk is voor de invoering van het studiehuis. In zekere zin is het net als het organisatieniveau voorwaardenscheppend, maar ook niet

meer dan dat. Het gaat immers steeds om 'inhoudsloze' werkwijzen, technieken en instrumenten. Op zijn best mogen we daar dus, door goede integratie in het vakonderwijs, een impliciete bijdrage aan de oplossing van de vakdidactische problematiek van verwachten. Maar ook niet meer.

### 3.3. Vakdidactisch niveau

Uit het voorgaande zal het u duidelijk zijn geworden dat de crux van de problematiek van de invoering van het Studiehuis, naar mijn oordeel, ligt op het niveau van de vakdidactiek. Slagen we erin om in het Studiehuis een onderwijsleerproces te ontwerpen dat inderdaad bij leerlingen niet alleen de gewenste nieuwe zaken, maar ook de kwaliteit van de oude doelen beter binnen handbereik brengt. Passen deze doelen trouwens wel bij elkaar, of zijn ze in zekere zin eerder strijdig? Bijvoorbeeld, staat, gegeven de aard van de begripsproblematiek bij het leren van natuurkunde, het bereiken van dieper inhoudelijk inzicht niet op gespannen voet met zaken als 'zelfstandig leren'? Alvorens daar verder op in te gaan, lijkt het me nuttig nog eerst wat verder te kijken naar wat er zoal uit het begripsontwikkelingsonderzoek naar voren is gekomen.

De laatste jaren hebben we, internationaal, meer inzicht gekregen in het waarom van de problemen met het leren van natuurkunde. Als belangrijke 'hoofdschuldigen' komen hier een tweetal zaken uit naar voren, die overigens sterk met elkaar samenhangen. Ik doel hier op de dominantie van een onderwijsopvatting waarin kennisoverdracht centraal staat en op de dominantie van het denken vanuit de vakstructuur op zowel curriculum- als lesniveau. In combinatie leiden beide tot een ernstige onderschatting van de vakdidactische problematiek bij het leren en onderwijzen van natuurkunde.

Dit is ook van toepassing op de situatie in ons land, bijvoorbeeld doordat het natuurkunde-onderwijs inderdaad, en zeker in de bovenbouw, grotendeels klassikaal wordt gegeven (Kuiper, 1993). Sterk docentgestuurd onderwijs dus met 'passieve' leerlingen, in algemene zin dus precies zoals de Stuurgroep beweert. Deze nadruk op kennisoverdracht, gecombineerd met de daaruit voortvloeiende programmatische tijdsdruk, leidt bij de meeste leerlingen onherroepelijk tot *begripsforcering*, en dus tot weinig of niet hanteerbare kennis.

Precieser kijkend zien we ook dat het er, over het algemeen, op lijkt dat begrippen 'van bovenaf', d.w.z. vanuit de structuur van het vak, door de docent aan de leerling worden overgedragen, zonder voldoende aan te sluiten bij de voorkennis en motivaties van leerlingen en, vooral, zonder hen voldoende gelegenheid te bieden hun begrippen van daaruit te ontwikkelen en zich eigen te maken<sup>12</sup>. Daarin ligt, naar mijn oordeel, de



hoofdoorzaak van de uit de 'Van-Genderen-vraagjes' naar voren komende problematiek, en daarin ligt ook een hoofdoorzaak voor het motivationele afhaken van veel leerlingen.

De grote meerderheid van onze kennisdidactiek heeft deze geforceerde 'top-down' structuur. De Stuurgroep voegt daar nu, als remedie, vaardigheden en zelfstandigheid aan toe, maar te vrezen valt dat deze zaken nu op dezelfde manier zullen worden toegevoegd aan wat al gebeurt<sup>13</sup>. Het gevaar is dan ook groot dat leerlingen in een soortgelijk forcerend leerproces nu ook problemen moeten gaan leren oplossen, gaan leren onderzoeken, gaan leren ontwerpen en communiceren, etc. Natuurlijk zal dit leiden tot een ander leerproces en zelfs tot verbetering, maar deze verbetering zal noodzakelijkerwijs beperkt zijn.

Hoe kunnen we dit gevaar verminderen? Naar mijn idee komen uit de literatuur ruwweg twee benaderingen naar voren. Enerzijds gaat het er vaak om om op meer pragmatische wijze onze 'top-down' benadering te verbeteren, anderzijds zijn er ook voorstellen voor een meer radicale 'bottom-up' benadering.

Het eerste komt er, zwart-wit geredeneerd, op neer dat we ons afvragen hoe we vanuit *ons natuurkundige denken* op een voor ons zinvol lijkende manier de leerling beter zouden kunnen bereiken; het tweede hoe we vanuit *het denken van leerlingen* op een voor hen zinvolle manier zouden kunnen komen tot de natuurkunde<sup>14</sup>.

Ik wil nu eerst deze twee benaderingen wat verder uitwerken door enkele in de literatuur genoemde maatregelen te beschrijven, en me vervolgens, zoals al aangekondigd, afvragen in hoeverre deze passen bij de voorgestane invoering van het Studiehuis.

### 3.3.1. Verbeterde 'top-down' benadering

Laat ik nu eerst aandacht besteden aan een verbeterde top-down benadering. Kenmerk hiervan is dat de gebruikelijke vakstructurele behandelingsvolgorde onaangetast blijft en dus ook de onderliggende nadruk op kennisoverdracht, maar dat we ons wel afvragen hoe we deze overdracht kunnen verbeteren, en het denkproces van de leerlingen kunnen activeren en intensiveren. Daarom sluit deze benadering nauw aan bij die van de onderwijspsychologie die immers ook zegt dat we onze leerlingen tot 'diepe verwerkingsprocessen' moeten aanzetten.

Vakdidactisch gezien moeten we dan op het productniveau, d.w.z. t.a.v. de te leren natuurkundige begrippen en relaties, meer aandacht besteden aan het dichten van de kloof tussen het nagestreefde 'expertgedrag' en dat van de beginnende leerling. Met name de Amerikaan Reif (1985, 1991) heeft er op gewezen dat we in onze vakdidactiek vaak veel te veel

zaken impliciet laten, omdat ze voor ons, als vakdeskundigen, vaak zo vanzelfsprekend zijn geworden dat we ons niet eens meer realiseren dat ze dat voor leerlingen nog niet zijn<sup>15</sup>. Zo wijst hij er bijvoorbeeld op dat we bij het behandelen van 'theorie' vaak te weinig aandacht besteden aan procedurele specificatie van begrippen en relaties (d.w.z. dat je niet alleen aangeeft wat een begrip betekent, maar ook hoe je er concreet mee werkt) en dat het goed zou zijn als we meer aandacht zouden besteden aan toepassingscondities, aan typische mogelijke waarden van grootheden, en aan typische fouten en verwarringen. Dat betekent uiteraard ook dat we langer moeten stilstaan bij een kwalitatief behandelingsniveau, waardoor begrippen dieper kunnen gaan leven voor leerlingen<sup>16</sup>. Daarnaast zouden we, door daarop gerichte toetsen, beter moeten nagaan welke voorkennis leerlingen al of niet hebben, om daar, bijvoorbeeld d.m.v. 'peer teaching' (om Mazur te citeren), op te kunnen aansluiten.

Een en ander betekent ook dat we niet langer alleen kennis moeten onderwijzen, maar ook aandacht moeten besteden aan het expliciteren van de *structuur* van die kennis en aan het *waarom* van die structuur.

Zo zou het, denk ik, ook helpen als we leerlingen niet alleen 'sommen zouden laten maken', maar als we met hen zouden kunnen komen tot een specificatie van typen probleemsituaties en probleemstellingen, met daarbij behorende inhoudelijke kenmerken van aanpak (of inhoudelijke heuristieken, zo u wilt). Daarmee zit je op de overgang naar wat je een procesniveau zou kunnen noemen, d.w.z. dat je ook weet wanneer, hoe en waarom met welke kennis te handelen. Ofwel het niveau van wat je (vakspecifieke) vaardigheden zou kunnen noemen. Vaardig zijn in het bewust en gericht handelen met kennis.

Daartoe moeten we niet alleen voortdurend zelf expliciet het goede voorbeeld geven, en dat ook bespreekbaar maken; we moeten ook oplossen onderzoekswijzen (laten) bespreken en vergelijken (Taconis, 1995); daarop gerichte beoordelingscriteria ontwikkelen; en leerlingen, bijvoorbeeld aan de hand van checklists, daarop hun eigen oplos- en onderzoeksgedrag laten beschrijven en op die manier ook meer algemene heuristieken ontwikkelen.

Al deze zaken zouden, denk ik, een aanzienlijke verbetering kunnen opleveren t.a.v. onze gebruikelijke didactiek, mits we zouden weten hoe we dit alles precies zouden moeten vormgeven en uitvoeren. Bijvoorbeeld in een samenspel van studiewijzers, die dan veel meer worden dan alleen organisatiemiddel, en kennisinformatiebronnen, die daarop dan ook zijn geselecteerd of gemaakt.

Daar zouden we onze handen al aan volhebben, denk ik. Het zou veel tijd kosten om zulk onderwijs te ontwerpen en te laten 'werken'. En toch zou het, voor onze vakdidactische problematiek, naar mijn overtuiging, niet genoeg blijken te zijn.

### 3.3.2. Een 'bottom-up' benadering

Ter verklaring van de problemen met geforceerde begripsvorming is men het er vrij algemeen over eens dat een opvatting waarbij we er van uitgaan dat lerenden begripsbetekenissen *construeren*, in plaats van d.m.v. overdracht kunnen *overnemen*, een productief uitgangspunt is, ook al volgt daar nog niet direct uit hoe je daar in het onderwijs dan rekening mee moet houden.

Naar mijn oordeel is de didactische konsekwentie hiervan echter dat inzichtelijke begrips- en vaardigheidsontwikkeling niet optimaal kan plaatsvinden in een forcerend 'top-down' overdrachtsproces vanuit de vakstructuur, maar alleen in een geleidelijk constructief en interactief proces van onderop, van geleide constructie en ontwikkeling, op basis van eigen ervaringen en voorkennis en van reflectie daarop. Daarbij is het belangrijk dat we het onderwijsproces zo inrichten dat leerlingen er ook de zin van kunnen inzien, d.w.z. dat ze weten waarom ze wat aan het doen zijn<sup>17</sup>, en daar ook een lijn en verband in kunnen zien. Dat roept de vraag op of we, uitgaande van een globaal op te roepen motivatie voor een onderwerp, het onderwijsleerproces zo vorm kunnen geven dat de bij leerlingen opkomende vragen inhoudelijke (locale) motieven gaan vormen voor de uitlijning van het leerproces<sup>18</sup>. Immers, lijkt dat niet een voorwaarde om te mogen verwachten dat leerlingen ook enige greep gaan krijgen op hun eigen inhoudelijke leerproces? En daarmee tevens een voorwaarde voor wat je onder zelfverantwoordelijk leren zou kunnen verstaan?<sup>19</sup>

Een ander kernpunt uit de literatuur is steeds dat wordt gewezen op de noodzaak van goede interactie en communicatie. Leerlingen moeten de gelegenheid krijgen om zowel in onderlinge gesprekken, als in gesprek met de docent, hun begrippen geleidelijk te 'vormen' door erover te praten en geleidelijk te wennen aan de er aan ten grondslag liggende 'normen'. Natuurkunde leren is immers ook de natuurkundige taal leren spreken, door je ervaringen te leren verwoorden in zich langzaam ontwikkelende vaktaal. De docent heeft hierin een cruciale sturende en begeleidende taak, waarbij hij vooral zeer goed moet leren luisteren naar wat leerlingen zeggen, en daar op adequate manier op reageren. Immers, zonder goede interactie kun je niet echt weten wat en waarom iemand denkt wat hij denkt (Klaassen, 1994).

Aandacht voor vaardigheden moet in dit proces geleidelijk worden ingebouwd, door uitbreiding van ervaring tot nieuwe situaties, en door reflectie en explicitering. Immers, is het niet zo dat, pas wanneer een behoorlijk inzicht in de basisbegrippen van een stukje natuurkunde is verworven, het gebruik daarvan in complexere problemen zinvol geproblematiseerd kan worden, zodanig dat leerlingen zich ook reflectief kunnen gaan afvragen hoe ze dat doen, en of ze dat niet beter wat systematisch kunnen aanpakken?

Dan wordt het ook zinvol om die ervaring te systematiseren in heuristieken, die in eerste instantie zo inhoudsspecifiek mogelijk moeten zijn, zodat ze tegelijkertijd het inhoudelijke inzicht versterken en dat ook uitbreiden.

Ook hierbij dient het uitgangspunt te zijn dat productief wordt voortgebouwd op wat leerlingen al kunnen. Immers, leerlingen kunnen al problemen oplossen, onderzoeken, ontwerpen en communiceren, maar nog niet met de nieuwe kennis en in de situaties die wij aan hen voorleggen.

En ze zijn zich veelal nog niet bewust van de wijze waarop ze dat doen, zodat ze ook nog niet beschikken over een expliciet kader van waaruit ze hun gedrag zo nodig kunnen bijsturen.

Op zich klinkt dit allemaal misschien nogal pretentiefus en theoretisch en u kunt zich afvragen of dat allemaal wel zo prachtig werkt in de praktijk. Trouwens, hoe ziet die praktijk er dan wel uit? Bestaat die eigenlijk al ergens? Nee, niet echt, alhoewel er misschien docenten zijn die vinden dat zij dit allang doen, zonder dat we dit weten. In het didactisch onderzoek wordt er op vele plaatsen gewerkt in deze richting en worden er gedachten en 'technieken' ontwikkeld die hiervoor dienstig zijn. In feite moeten we dan denken aan een lange termijn onderneming van daarop gericht ontwikkelingsonderzoek.

In Utrecht hebben we daarmee, op bescheiden schaal, een begin gemaakt. Klaassen (1995), bijvoorbeeld, heeft zo'n didactiek ontwikkeld voor het onderwerp 'radioactiviteit' op mavo-niveau. Dit onderzoek focuste zich op wat je, theoretisch-didactisch gezien, een overgang van leefwereldniveau naar beschrijvend niveau zou kunnen noemen voor wat betreft de te hanteren begrippen.

Vollebregt (1998) is bezig om deze didactiek uit te breiden voor het leren van (de waarde van) een deeltjesmodel in 4 vwo, d.w.z. dat het hierbij gaat om de overgang van een beschrijvend naar een theoretisch niveau.

Kortland (1998) voegt hieraan een uitbreiding toe doordat hij zich concentreert op de onderlinge afstemming van kennis en vaardigheidsontwikkeling, te beschrijven in een op elkaar afgestemd proces van niveau-

verhoging. Als opbrengst van deze onderzoeken hebben we concreet lesmateriaal dat zo goed mogelijk 'werkt', beschreven ervaring met het didactische leerproces van de deelnemende docenten, en een ontwikkelde 'didactische structuur voor het onderwerp waar het om gaat', waarin het 'leerproces van onderop' uitgebreid wordt beschreven en theoretisch verantwoord<sup>20</sup>.

Natuurlijk kunnen we voor de invoering van de tweede fase, die nu eenmaal op korte termijn moet plaatsvinden, niet op dezelfde manier aan didactiekontwikkeling doen als in deze en vele andere onderzoeken. Maar wel kunnen we, bij het pragmatisch invullen, proberen er zoveel mogelijk nuttige lessen uit te trekken. Deze lessen heb ik hier proberen te beschrijven.

#### **4. Een vergeten fundament?**

U kunt zich nu afvragen of dit alles eigenlijk niet precies is wat de Stuurgroep ook bedoeld heeft. En terecht. Het probleem zit hem dan ook niet zozeer in de beschrijving van waar we naar zouden moeten streven, als wel in de concretisering daarvan. Onze ervaring is dat het veel tijd en inspanning vergt om op deze manier concreet natuurkundeonderwijs te ontwerpen dat 'beter werkt'. En waarin zich niet langer, of althans niet meer in dezelfde mate, de problemen voordoen als die naar voren komen uit 'de-van-genderen-vraagjes', zodat ook toegekomen kan worden aan het inzichtelijk vaardig zijn, etc.. Daarvoor is het niet voldoende dat leerlingen alleen leren actief en zelfstandig bezig te zijn, hoe belangrijk dat ook moge zijn. Het gaat er nu juist ook, en misschien wel in de eerste plaats, om hoe we hen daarbij tegelijkertijd beter inhoudelijk kunnen voorbereiden en richten op de gewenste begripsvorming. Bij het vormgeven hiervan lopen we zowel aan tegen de grenzen van onze eigen vakdidactische kennis en ervaring, als tegen de harde randvoorwaarden van de huidige praktijk.

In het voorgaande heb ik betoogd dat hiervoor vakdidactiekontwikkeling nodig is omdat het gaat om zaken waarvoor we er tot nu toe juist onvoldoende in geslaagd zijn een oplossing te vinden. Tegelijk laten de randvoorwaarden van de praktijk dat nauwelijks toe, en deze randvoorwaarden worden in de voorstellen van de Stuurgroep eerder beperkender dan ruimer. Past de opdeling in deelvakken wel bij een goede begripsmatige uitlijning van het curriculum? Gaat de nadruk op 'zelfstandig leren' juist niet voorbij aan de noodzakelijke rol van de docent in het 'laten nemen' van begripsstappen? Gaat dit ook niet voorbij aan de noodzaak van 'geleidelijke taalvorming' in onderlinge geleide interactie? Zal deze nadruk op zelfstandigheid en leren leren in feite niet nog meer de nadruk

leggen op het feit dat de leerling vaak maar zelf de inhoudelijke kloven moet zien te dichten dan nu al het geval is, en daardoor de vakdidactische kwaliteit van het toekomstige natuurkundeonderwijs eerder zal verslechteren dan verbeteren?

Dat zijn vragen die in ieder geval het overdenken waard zijn en resulteren uit het feit dat, naar mijn oordeel, de Stuurgroep de vakdidactische problematiek in ernstige mate onderschat. In feite heeft ze geen oog gehad voor de noodzaak van vakdidactiekontwikkeling. Hun voorstellen komen neer op een geforceerde 'top-down' implementatie van algemeen onderwijskundige inzichten. En onze ervaring leert immers dat forcering niet echt goed werkt. Natuurlijk zijn zaken als 'leren leren', 'zelfstandigheid' en 'studiehuis' belangrijke richtinggevende uitgangspunten, maar ze worden nu teveel als onderwijskundige oplossingen van bovenaf gedropt. Of deze zaken al of niet tot de hun toegedachte kwaliteitsverhoging zullen leiden, staat of valt met de mate van de kwaliteit van hun invoering in het vakonderwijs, en dus met de mate waarin ook aandacht kan worden gegeven aan de inhoudelijke problematiek. Als het derde niveau niet goed gevuld wordt, vervalt de basis om van de andere niveaus van invoering de gewenste verbetering te verwachten. Vandaar dat ik wil spreken van het *vergeten fundament*.

De vormgeving van dit fundament vergt veel tijd van en ruimte voor docenten en methodeschrijvers, en daarvoor zijn ontwikkelingsonderzoeken en invoeringsprojecten nodig waar naar zo'n vakdidactiek kan worden gezocht<sup>21</sup>. Helaas heeft de Stuurgroep voor deze noodzaak geen oog gehad, net zo min als het grootste deel van de onderwijskundige wereld dat heeft, naar ik vrees. Dit moge bijvoorbeeld blijken uit de vele activiteiten die georganiseerd worden onder de noemer 'Studiehuis in de steigers'. Daarin komt van alles aan de orde, behalve het woord vakdidactiek. Als vakdidactici en docenten zullen we daarom dit vergeten fundament van het studiehuis zelf moeten construeren. Uiteindelijk zal de bewoonbaarheid van het hele huis bepaald worden door de mate waarin we daarin zullen slagen.

## Noten

1. In deze titel wordt gesproken van vakdidactiek. Strikt genomen kan ik alleen spreken voor de natuurkundedidactiek. Ik vermoed dat de door mij besproken problematiek echter breder is, al overzie ik niet hoe breed.
2. Van nu af aan zal ik korthedshalve over de Stuurgroep schrijven, ook al is deze inmiddels opgeheven. De term Stuurgroep staat dan tevens voor alle onderwijsbeleidsorganen die zich met de invoering van de Tweede Fase bezighouden.

3. Dit artikel is een bewerking van een door mij gehouden lezing op de Natuurkunde-Woudschotenconferentie 1996. De organisatie had mij daarbij gevraagd om een 'wat kritisch betoog'.
4. Ik realiseer me dat dit een uiterst beperkte blik inhoudt, maar dat is nu eenmaal de blik van de vakdidacticus, die in dit geval natuurkunde-didacticus is.
5. In feite gaat het hier om twee fundamentele problemen, die weliswaar niet onafhankelijk zijn, maar toch ook vragen om een eigen benadering. In dit verhaal ga ik vooral in op het 'moeilijkheidsaspect', d.w.z. op het leren en onderwijzen, en niet op de vraag of het te onderwijzen programma, en met name de onderliggende rationale, nog wel het meest geeigende is met het oog op de toekomst. In hoeverre prijzen we ons zelf door de inhoud en rationale van ons programma uit de leerlingenmarkt. Deze curriculumvraag moet zeker ook opnieuw gesteld worden in het licht van de tweede fase.
6. Het is overigens precies 15 jaar geleden dat ik, op de Woudschotenconferentie van 1981, de termen schoolbeeld-straatbeeld introduceerde om precies dezelfde soort begripsproblemen te beschrijven. Sindsdien is deze terminologie wel op een aantal plaatsen gebruikt, maar dat heeft niet geresulteerd in een bijbehorende zichtbare didactiekontwikkeling. Dit dwingt mij dus tot enige bescheidenheid in deze.
7. De hoeveelheid evidentie is hiervoor inmiddels overweldigend. In de literatuurlijst vindt u hiervan slechts enkele voorbeelden.
8. Opnieuw wil ik benadrukken dat mijn optiek nu beperkt is tot het conceptuele leren binnen reeds bestaande programma's. Juist met het oog op de keuzeproblematiek kan men echter ook beargumenteren dat deze profielen veel radicalere mogelijkheden bieden om te komen tot echt thematisch geïntegreerd profielonderwijs, waarmee ook zou kunnen worden aangesloten bij multidisciplinaire ontwikkelingen in de wetenschappen zelf.
9. Zo is het bekend dat het voor leerlingen zeer moeilijk is om uit zichzelf de conceptuele vakgrenzen te overschrijden. Zo klaagde een docent in de Utrechtse propedeuse er recentelijk nog over dat, toen hij in zijn formules de symbolen  $x$  en  $y$  gebruikte, in plaats van de op school gebruikelijke  $s$  en  $t$ , de meeste studenten hem niet meer bleken te kunnen volgen. En het mag toch niet meer zo zijn dat leerlingen in zekere zin drie energiebegrippen krijgen onderwezen, waarbij in de biologie vooral het energieverbruik van levende organismen benadrukt wordt, in de scheikunde het vrijkomen bij en nodig zijn voor reactieprocessen wordt benadrukt, terwijl in de natuurkunde het behoud voorop staat, zelfs bij levenloze objecten in statische toestanden. Zou het voor leerlingen altijd even duidelijk zijn dat het hier in feite steeds om hetzelfde conceptuele kader gaat? Voorzover hierover enig onderzoek beschikbaar is, dan wijst dit in ieder geval op het tegendeel.

Ook zou het toch niet langer zo mogen zijn dat het voor hen een verrassing blijkt te zijn om op een gegeven moment te ontdekken dat het in de natuurkunde onderwezen deeltjesmodel over dezelfde atomen gaat die eerder al gedetailleerder in de scheikunde aan de orde zijn geweest. Etc.

Of algemener geformuleerd, als we het erover eens zijn dat het in alle betavakken in feite steeds gaat om het maken van modellen, moeten we dan niet zowel deze modellen als het 'leren modelleren' tot een gemeenschappelijke rode draad maken in ons profielonderwijs? En moeten we bijvoorbeeld ook niet onze aandacht voor zaken als filosofie, geschiedenis, milieu en techniek veeleer per profiel gaan invullen, in plaats van per vak?

10. Het zal u niet verbazen dat ik dan ook een groot voorstander ben van het advies van de toenmalige ARO (adviesraad voor het onderwijs) om te komen tot de instelling van expertisecentra, die o.a. juist deze taak als opdracht zouden kunnen krijgen.
11. Deze afkoring staat voor: Project for Enhancing Effective Learning, een project dat is uitgevoerd aan Monash University, Melbourne. Dit project een voorloper geweest op het gebied van hoe je in de klassensituatie aandacht voor metacognitieve vaardigheden in concrete onderwijsactiviteiten kunt vormgeven. Het vond zijn oorsprong in onvrede met de didactische kwaliteit van het science-onderwijs. Inmiddels zijn soortgelijke ideeën ook op vele andere plaatsen ontwikkeld.
12. Wat bedoel ik hier met 'van bovenaf'? In feite dat we in de vormgeving van het onderwijs in de eerste plaats denken 'vanuit het vak', er daarmee aan voorbijgaand dat we deze optiek niet bij leerlingen mogen vooronderstellen, maar dat deze nog bij hen moet worden ontwikkeld. Inhoudelijk houdt dit een viertal zaken in: de keuze van domeinen (mechanica, optica, electriciteit en magnetisme, etc.), de conceptuele leestofordening binnen een domein (van fysisch elementair naar complex), een vooronderstelde fysische verklaringsbehoefte, en een vooronderstelde relevantie voor de leefwereld. Deze zaken maken duidelijk dat het natuurkundeonderwijs leerlingen gemakkelijk inhoudelijk van zich kan vervreemden. Dit gevaar wordt acuut als hierbij ook nog een overdrachtsopvatting bijkomt ten aanzien van het onderwijzen, die uitgaat van 'leerlingen als onbeschreven bladen'.
13. We herkennen dat bijvoorbeeld in de manier waarop het gebruik van SPA (systematische probleemaanpak) veelal wordt gepropageerd.
14. Of zoals mijn Engelse collega Ogborn het formuleerde, in het ene geval moet de leerling zich aanpassen aan de natuurkunde, in het tweede passen wij de natuurkunde aan aan de leerling.
15. Een voorbeeld hiervan is de introductie van een kinetisch gasmodel. Dit wordt veelal gedaan zonder dat aandacht besteed wordt aan het waarom en de aard van een model. Het kinetisch gasmodel pretendeert een zo eenvoudig moge-



lijk model te zijn, conform de eisen die (door fysische experts) aan een goed model gesteld worden. Maar deze eenvoudigheidseis blijft meestal onbesproken, evenals waarom bepaalde eigenschappen wel en andere niet aan de modeldeeltjes worden toegekend. Immers, het meest eenvoudig vanuit welk standpunt en voor wie? Is het niet veel eenvoudiger (en voor leerlingen is het antwoord hierop positief) om aan deeltjes een temperatuur toe te kennen, in plaats van deze temperatuur op een merkwaardige manier in verband te brengen met de snelheid van de deeltjes? (zie verder Vollebregt, 1998)

16. In het Australische PEEL-project zijn ook hiervoor een aantal creatieve en originele werkwijzen ontwikkeld, zoals het gebruik van 'conceptmaps', voor-spel-neem-waar-verklaar-activiteiten, leerlingen proefwerkopgaven laten ontwerpen, leerlingen problemen laten classificeren, hen meerdere oplossingen laten bedenken, hun reflectieve vragen belonen, hen fouten in redeneringen laten opsporen, etc..

17. Dat dit niet vanzelfsprekend bleek bijvoorbeeld uit een onderzoek waarin leerlingen werd gevraagd waarom ze wat aan het doen waren, en wat het verband tussen was tussen hun activiteiten in verschillende lessen. Hieruit kwam heel vaak naar voren dat leerlingen nauwelijks inhoudelijk verband zagen tussen hun activiteiten, maar het deden 'omdat het moest van de leraar'.

"In the following typical example, the student (P) has been saked by the interviewer (O) about the purpose of the activity they have just completed.

P: He talked about it .... That's about all....

O: What have you decided it (the activity) is all about?

P: I dunno, I never really thought about it..... just doing it - doing what it says ..... its 8,5 .... just got to do different numbers and the next one we have to do is this (points in text to 8,6)."

Ook zagen ze weinig verband tussen verschillende lessen, laat staan dat ze verband zagen tussen verschillende soorten activiteiten als demonstraties, practicum, theorie, oefeningen, etc. Kortom, voor de leerlingen was er nauwelijks een functionerende inhoudelijk motiverende lijn in wat ze geacht werden te doen.

Zo'n motief is ook noodzakelijk om leerlingen überhaupt bereid te laten zijn tot 'diepe verwerking'.

"Two students came to their science teacher after 8 months of PEEL: 'We see what this is all about now', one said, 'you are trying to get us think and learn for ourselves'. 'Yes, yes', replied the teacher, heartened by this long-delayed breakthrough, 'that's it exactly'. 'Well', said the student, 'we don't want to do that'."

18. Ter voorkoming van misverstand, hiermee bedoel ik niet dat we leerlingen eerst allerlei vragen moeten laten stellen om die dan vervolgens te gaan beantwoorden. Dat zou tot een weinig gestructureerd en succesvol onderwijs leer-

proces leiden. Het gaat erom dat we zodanig inzicht hebben in het denken van leerlingen dat we in de vormgeving van onze onderwijsactiviteiten grotendeels kunnen anticiperen op hun vragen, zoals die zullen resulteren uit voorgaande activiteiten en leiden tot volgende activiteiten.

19. Met inhoudelijke motieven van leerlingen wordt in de optiek van de Stuurgroep weinig rekening gehouden. Dit blijkt bijvoorbeeld uit hun omarming van het begrip leerstijl (Vermunt, 1993). Dit begrip geniet momenteel grote populariteit in de onderwijswetenschap, maar naar mijn oordeel op grotendeels onterechte gronden. Het lijkt niet te ontkennen dat er verschillen zijn tussen leerlingen in de wijze waarop zij hun onderwijs benaderen, maar de wijze waarop Vermunt dit beschrijft is al te ongenueanceerd. De door hem beschreven leerstijlen zijn veeleer het gevolg van door leerlingen gevolgd onderwijs, dan dat het leerlingkenmerken zouden zijn. Dat, mijns inziens, vanzelfsprekende inzicht begint nu ook uit zijn onderzoek naar voren te komen. Maar dat is een nog onvoldoende nuancering. Ik kan me namelijk niet voorstellen dat de mate waarin een leerling gemotiveerd is voor de vakinhoud, mede afhankelijk van de wijze waarop dat gegeven wordt, (en dat zal dus voor verschillende vakken zeer verschillend kunnen zijn) niet van groot belang is voor de wijze waarop een leerling het onderwijs in een vak benaderd. Het begrip leerstijl verliest daarmee, naar mijn overtuiging, vooralsnog een groot deel van de waarde die er nu aan wordt toegekend.
20. Hiermee wil ik niet zeggen dat de ervaring uit deze onderzoeken zonder meer toepasbaar is in de tweede fase, zeker niet.  
Maar wel dat hiermee een wijze van didactisch denken wordt ontwikkeld, die in principe perspectiefrijk is, ook al zullen we haar toepassing in de tweede fase in eerste instantie hooguit uiterst pragmatisch kunnen vormgeven.
21. Bij het Centrum voor Beta-didactiek van de Universiteit Utrecht is momenteel zo'n project in voorbereiding. Met financiële steun van het College van Bestuur willen we, in samenwerking met de vier beta-secties van enkele proefscholen, gaan werken aan de vakdidactische invulling van de tweede fase.

### Literatuur

- Arons, A.B.(1990). *A Guide to introductory physics teaching*. New York: Wiley.
- Baird, J.R. & I.J. Mitchell (1986). *Improving the quality of teaching and learning: an Australian case study - the PEEL project*. Melbourne: Monash University.
- Baird, J.R. & J.R.Northfield (1992). *Learning from the PEEL experience*. Melbourne: M.U.P.
- Boekaerts, M. en P.R.J.Simons (1993). *Leren en Instructie*. Assen: Dekker en Van der Vegt.

- Dekker, J. (1993). *Wendbaarheid in beweging*. Universiteit Amsterdam: Proefschrift.
- Driver, R., E. Guesne & A. Tiberghien (eds.) (1985). *Children's ideas in Science*, Milton Keynes: O.U.P.
- Ebbens, S.O. (1994). *Op weg naar zelfstandig leren, effecten van nascholing*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Eijkelfhof, H.M.C., e.a. (1986). *Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde-onderwijs*, Den Haag: SVO/PLON
- Eijkelfhof, H.M.C. (1990). *Radiation and Risk in Physics Education*. Utrecht: CD-B Press.
- Genderen, D. van (1989). *Mechanica-onderwijs in beweging*, Proefschrift, Utrecht: W.C.C..
- Genderen, D.van (1993). *Leerplandocument Mechanica*. Enschede: SLO.
- Gunstone, R. (1992) Constructivism and metacognition: theoretical issues and classroom studies. In R.Duit et al. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel: IPN.
- Jager, B.de, en G.J.Reezigt (1996). *Onderwijs-effectiviteit en metacognitieve vaardigheden*. Groningen: GION.
- Jörg, T. (1994). *De keuze van het vak natuurkunde als examenvak en de wijze waarop die tot stand komt bij leerlingen in het MAVO en HAVO*. Utrecht: proefschrift.
- Klaassen, C.W.J.M. (1995) *A problem posing approach to the teaching of radioactivity*. Ph.D.Thesis. Utrecht: CD-B Press.
- Klaassen, C.W.J.M.(1994), Knowledge acquisition as interpersonal understanding. In: P.L.Lijnse (ed.) *European Research in Science Education*, Utrecht: CDB-Press.
- Kortland, J., Proefschrift (in voorbereiding).
- Kuiper, W.A.J.M. (1993). *Curriculumvernieuwing en lespraktijk*. Twente: OCTO.
- Lijnse, P.L. (1992). *Natuurkunde leren begrijpen*. Oratie. Utrecht: CD-B.
- Lijnse, P.L. (1994). Probleemoplossen en algemene vaardigheden: een poging tot discussie. *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen*, 12, 248-260.
- Mazur, E. (1997). *Peer teaching*. In Verslag Woudschoten conferentie '97. In druk.
- Pilot, A. (1996). In: IVLOS-Vast, no. 5.
- Reif, F. (1985). Acquiring an effective understanding of scientific concepts. In *Cognitive Structure and Conceptual Change*, L.H.T. West, A.L. Pines (eds) Orlando (Flor.): Academic Press, 133-151.

- Reif, F. & J.H. Larkin (1991). Cognition in Scientific and Everyday Domains: Comparison and Learning Implications. *Journal of research in science teaching*, 28, 733-760.
- Stuurgroep Tweede Fase (1994). *Tweede Fase: scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs*.
- Sutton, C. (1992). *Words, Science and Learning*, Buckingham: Open University Press
- Taconis, R. (1995). *Understanding Based Problem Solving*. T.U Eindhoven: Proefschrift.
- Valk, A.E.van der (1992). *Ontwikkeling in Energieonderwijs*. Utrecht: CD-B Press.
- Vermunt, J.D.H.M. (1992). *Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Vollebregt, M.J., Proefschrift (in voorbereiding).
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en Verstaan*, Den Haag: SVO/SDU.
- White, R.T. (1988) *Learning Science*. Oxford: Blackwell.
- Wierstra, R.F.A. (1990). *Natuurkunde-onderwijs tussen leefwereld en vakstructuur*. Utrecht: CD-B Press.