

## Ervaringen met experimenteel lesmateriaal voor het vak Algemene Natuurwetenschappen

H.M.C. Eijkelhof, R.J. Genseberger, O. de Jong & A. Teekens-Veldkamp  
CD- $\beta$ , Universiteit Utrecht

### Summary

*From 1999 onwards all students in Dutch senior general secondary education (havo- and vwo-streams) have to study the new science subject Algemene Natuurwetenschappen (ANW) which has a strong Science-Technology-Society (STS) flavour. The implementation of this subject has been prepared by a curriculum development project. This paper reports about two activities in this project: (a) a survey of STS-curriculum materials for senior secondary education, and (b) trials with the first version of newly written curriculum materials. The available curriculum materials appear to be a source of ideas but they are, for various reasons, not immediately suitable for the ANW-course. The main conclusion of the trials is that the identity of the new subject remains unclear for a majority of the students, due to differences in goals, contents and teaching methods compared with the common science subjects. Developing and clarifying the nature of ANW appears to be an important condition for a successful implementation.*

### 1. Inleiding

Het nieuwe schoolvak Algemene Natuurwetenschappen (ANW) zal een plaats krijgen in het algemene deel van de profielen voor de tweede fase van het voortgezet onderwijs. Daarmee wordt het vak verplicht voor alle leerlingen in de bovenbouw van havo en vwo. ANW heeft een algemeen vormend doel en is niet bestemd als voorbereiding op één van de natuurprofielen (Natuur & Techniek en Natuur & Gezondheid).

Met een dergelijk natuurwetenschappelijk vak in de bovenbouw van havo en vwo is in Nederland (en elders) weinig ervaring opgedaan. Het leek daarom verstandig alvorens ANW in te voeren voorbereidende werkzaamheden te verrichten, gericht op de ontwikkeling van de identiteit van het vak ANW, zowel inhoudelijk als vakdidactisch. Daartoe is op voorstel van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen (Cd $\beta$ ) van de Universiteit Utrecht en het Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO) te Enschede een projectgroep ingesteld, bestaande uit zeven, part-time beschikbare medewerkers van die twee instellingen en twee additioneel aangestelde medewerkers, die beiden voltijd beschikbaar waren. De project-

groep had gedurende drie jaar als voornaamste activiteiten:

- . het uitvoeren van een voorstudie naar de inhoud van en de ervaringen met een vak als ANW in binnen- en buitenland;
- . het schrijven en in de praktijk beproeven van lesmateriaal;
- . het adviseren van auteurs van educatieve uitgeverijen;
- . het schrijven van een leerplan;
- . het doen van een voorstel voor de nascholing van docenten.

In dit themanummer wordt elders aandacht besteed aan de twee laatste activiteiten (Pieters, 1997; Kapteijn, 1997). Dit artikel betreft de ervaringen met beide eerste activiteiten. Achtereenvolgens beschrijven wij de resultaten van een studie naar ervaringen met een soortgelijk vak in binnen- en buitenland, de inhoud van het ANW-lesmateriaal en de ervaringen in de proefscholen. Wij eindigen met een aantal conclusies met betrekking tot de verdere ontwikkeling van het vak ANW.

## **2. Een inventarisatie van ANW-ervaringen elders**

De Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs (SPTFVO), die het vak ANW heeft voorgesteld, wees in haar eerste Scharniernota (1994, pp 28-29) op het belang van algemene vorming 'om enig inzicht te verwerven in de wijze waarop natuurwetenschappelijke kennis tot stand is gekomen'. Vervolgens stelde zij dat in ANW ook technologische aspecten aan de orde zouden moeten komen en dat de vakinhoud in een historische, filosofische, economische en maatschappelijke context zou moeten worden geplaatst.

Dit geluid was niet nieuw: dergelijk onderwijs werd al jaren bepleit door de 'Science-Technology-Society' (STS) aanhangers (Ziman, 1980; McConnell, 1982; Cheek, 1992; Solomon & Aikenhead, 1994; Yager, 1996). Overigens omvat de STS-stroming mensen die vanuit verschillende motieven en op uiteenlopende wijzen aandacht willen besteden aan de relatie tussen natuurwetenschap, technologie en samenleving (Aikenhead, 1994a; Layton, 1994; Ziman, 1994).

De vraag was in hoeverre buitenlands STS lesmateriaal als inspiratiebron zou kunnen dienen voor ANW-lesmateriaal. Die vraag was van belang voor de discussies in de, in december 1994 ingestelde vakontwikkelgroep Algemene Natuurwetenschappen, maar ook voor de gedachtenvorming over het te ontwikkelen lesmateriaal door de projectgroep.

Daartoe heeft de projectgroep ANW, na raadpleging van een aantal deskundigen, een viertal buitenlandse methodes geselecteerd die op het eerste gezicht geschikt leken, omdat ze meer beogen dan het louter aan de orde stellen van specifieke natuurwetenschappelijke vakkennis:

- . Science in a Social CONtext (SISCON) (Solomon, 1983)
- . Logical Reasoning in Science and Technology (LORST) (Aikenhead, 1991)

- . Science And Technology In Society (SATIS 16-19) (Hunt, 1990)
- . Studies in Awareness of Science (Hughes, 1993).

Elk van deze methodes is geanalyseerd aan de hand van een uitvoerige leidraad waarover in de projectgroep overeenstemming was bereikt. Deze leidraad omvatte enerzijds aandachtspunten bij de beschrijving van het onderwijsmateriaal ten aanzien van de opbouw van de methode, de thema's, de werkvormen, de vaardigheden en de verwantschap met bepaalde disciplines. Anderzijds bevatte hij een lijst met voorwaarden waaraan het materiaal zou moeten voldoen, op het gebied van de inhoud (bijv. relatie met de belevingswereld van leerlingen, bijdrage aan algemene vorming door de aandacht voor de contexten van wetenschap en techniek) en de didactiek (aansluiting op de basisvorming, leerbaarheid voor de leerlingen in 4-havo en 4-vwo, differentiatiemogelijkheden). Nu volgt per methode een samenvatting van de bevindingen.

De Engelse SISCON-methode (bestemd voor leerlingen van 16-18 jaar) bestaat uit een serie van acht boekjes en een docentenhandleiding, waarvan qua onderwerp de titels "How can we be sure?", "Technology, invention and industry", "Evolution and the human population", "Health, food and population" en "Space, cosmology and fiction" het meest aansluiten bij het Nederlandse ANW-examenprogramma. De boekjes zijn goed leesbaar en informatief, maar zijn naar onze mening door de geringe diepgang en het beperkte aantal leerlingactiviteiten niet zo voorbeeldig voor ANW als de onderwerpen doen vermoeden. Bovendien zijn de boekjes qua inhoud gedateerd, begrijpelijk op een terrein waarop de ontwikkelingen zo snel gaan. Dit houdt een waarschuwing in voor het schrijven van een methode die bij de actualiteit wil aansluiten maar toch zo'n vijf jaar gebruikt moet worden.

De Canadese LORST-methode is bestemd voor grade 10 (vergelijkbaar met klas 4 havo/vwo) en bestaat uit een leerlingenboek en een docentenhandleiding. Centraal staat besluitvorming rond het onderwerp 'alcohol in het verkeer' (Aikenhead, 1994b). Dit thema is vanuit verschillende invalshoeken (politieke, rechts- en natuurwetenschappen) uitgewerkt en omvat een aantal geschikte leerlingactiviteiten, maar het thema is toch te beperkt voor het Nederlandse ANW-curriculum, dat een veel breder scala aan onderwerpen omvat.

SATIS 16-19 is een project van de Britse Association for Science Education. In dit project zijn 100 korte thema's ontwikkeld bedoeld om gebruikt te worden naast het normale curriculum als verrijkingstof voor enkele lessen per thema. In de thema's worden vele relaties gelegd met maatschappelijke vraagstukken, met technologische ontwikkelingen en met de voortgang van de natuurwetenschappen. Bij het schrijven zijn zowel leraren

als vakspecifieke deskundigen van buiten het onderwijs (uit onderzoeksinstellingen of de industrie) betrokken geweest. Omdat het materiaal bestaat uit vele korte modules zijn er per ANW-onderwerp interessante ideeën aan te ontleen, maar het levert geen aanwijzingen voor een rode draad door het curriculum op.

De methode Studies in Awareness of Science is bedoeld voor een cursus Public Awareness of Science op AS-niveau (ongeveer 5vwo). Ze lijkt op het eerste gezicht te voldoen aan veel van de doelen die ook met ANW nagestreefd worden. Het materiaal is namelijk opgezet vanuit de gedachte dat de kloof tussen 'scientists' en 'non-scientists' verkleind moet worden. Het materiaal bestaat uit een leerlingenboek (met docentenhandleiding), waarin de natuurwetenschappelijke werkwijze centraal staat. Aan de orde komen waarnemingen, analyse van gegevens, experimenteren, communicatie en overige werkwijzen van natuurwetenschappers. Daarnaast worden twee boeken met in totaal 14 keuzeonderwerpen uitgegeven. De bedoeling is dat 135 lessen aan dit vak worden besteed waarin het gehele leerlingenboek en zes keuzeonderwerpen worden behandeld. Het leerlingenboek is heel compact en weinig toegankelijk voor leerlingen geschreven. Veel begrippen worden zonder toelichting geïntroduceerd, informatie wordt gegeven zonder dat duidelijk wordt waar en hoe die kennis tot stand is gekomen. Er komt nauwelijks aan de orde dat ontdekkingen gebaseerd zijn op het werk van voorgangers of dat de wetenschappelijke benadering beperkingen heeft. Het geeft evenmin inzicht in culturele, politieke en economische oorzaken en gevolgen van natuurwetenschap en technologie. Het boek bevat weinig leerlingactiviteiten, er is nergens sprake van een probleemstellende werkwijze. De keuzeonderwerpen zijn wel aansprekend en omvatten ANW-onderwerpen als experimenten op dieren, de uitdijing van het heelal, milieu-effecten van chemicaliën, broeikas-effect, het gebruik van pesticiden, genetische manipulatie en de relatie geloof/wetenschap.

Tot zover de resultaten van de buitenlandse inventarisatie. In aanvulling hierop zijn in Nederland gesprekken gevoerd met docenten die betrokken zijn (geweest) bij twee ontwikkelingen:

- . het vak Natuurhistorische Oriëntatie (NHO) op de OS Bijlmer te Amsterdam (Genseberger 1989a,b)
- . het vak Theory Of Knowledge (TOK) aan de internationale scholen die werken met het International Baccalaureate (IB, 1992).

Het vak NHO is van 1980 tot 1990 gegeven aan alle leerlingen van 4havo/vwo gedurende twee of drie lessen van 80 minuten per week. Dit vak was een integratie van natuurkunde, scheikunde en biologie, met sterke maatschappelijke en historische componenten. Het was enerzijds eindonderwijs voor

leerlingen die niet een exacte kant opgingen, anderzijds moest het een oriëntatie bieden voor die keuze. Het bestond uit drie componenten:

1. drie hoofdthema's: (a) de microscoop en de ontwikkeling van de ideeën over voortplanting en ziekte, (b) moleculen, atomen en kernenergie, en (c) erfelijkheid en experimenten met het leven;
2. ontwikkelingslijnen bij alle thema's: (a) van groot naar klein (afleiding "cellen", "moleculen", "atomen", "kernen" uit waarnemingen) en terug (verklaring macroscopische verschijnselen met de bijpassende "deeltjes"), (b) het ontwikkelen van een modelbegrip, en (c) een historische en maatschappelijke lijn;
3. een grote variatie aan werkvormen: zoals diverse vormen van practicum, klassikale en groeps-discussies, werkstukken en tekeningen maken, teksten lezen en schrijven, vragen beantwoorden, film en museumbezoek. (Er was geen boek beschikbaar, de leerlingen maakten in een schrift als het ware hun eigen boek.)

Ofschoon de onderwerpen niet alle overeenkomen met het ANW-curriculum lijken de ideeën en ervaringen met dit vak NHO bruikbaar, met name met betrekking tot de aard van de onderwerpen die leerlingen van deze leeftijd aanspreken, de ontwikkeling van het modelbegrip met leerlingen, de historische lijn en het gebruik van interactieve werkvormen.

TOK is een filosofisch georiënteerd vak dat verplicht is binnen het IB-curriculum. Het besteedt aandacht aan reflectie op kennis en methoden van wiskunde, natuurwetenschappen, talen, sociale wetenschappen en cultuur. Er is geen boek beschikbaar, wel een syllabus en een docentenhandleiding. Iedere docent stelt zijn of haar eigen methode samen. Die vrijheid wordt door de geïnterviewde docenten gewaardeerd omdat de lessen dan beter kunnen worden aangepast aan het niveau en de interesse van de leerlingen. Er wordt doorgaans veel gebruik gemaakt van krantenberichten en reflectieve opdrachten, waarvan een aantal bruikbaar lijkt voor ANW-lessen. De eindtoetsing vindt plaats middels twee essays die worden beoordeeld aan de hand van door het IB voorgeschreven criteria. De geïnterviewde docenten vinden dat TOK qua voorbereiding en motivatie meer van hen vraagt dan een 'regulier' vak. Minder begaafde leerlingen zijn in het algemeen minder gemotiveerd voor TOK. Volgens de docenten kan het vak echter op verschillende niveaus gegeven worden, zodat het toch de meeste leerlingen kan aanspreken.

Samengevat kunnen we stellen dat het bestuderen van de zes methoden beter zicht heeft gegeven op mogelijkheden om het curriculum van ANW in te vullen voor de leeftijdscategorie van 16-jarigen. De discussies hierover in de projectgroep hebben bijgedragen aan de gedachtenvorming over de identiteit van het vak. De resultaten van deze studie zijn gerapporteerd aan de VOG

ANW. Daarnaast heeft de analyse ideeën opgeleverd voor het ontwikkelen van de ANW-lessenseries, zowel qua inhoud als werkvormen. Geen van de methoden bevatte echter een bruikbare blauwdruk voor het ANW-lesmateriaal.

### **3. Het lesmateriaal voor de eerste ronde**

In het voorjaar van 1995 werd begonnen met de voorbereidingen voor het schrijven van lesmateriaal en het selecteren van docenten die met het lesmateriaal wilden werken. Daartoe zijn ca 25 docenten aangeschreven die uit eigen beweging hadden laten weten op een of andere manier aan de ontwikkeling van ANW te willen meewerken, bij voorbeeld na afloop van lezingen of workshops of naar aanleiding van artikelen over ANW. Na selectie, op basis van vakachtergrond, motivatie, deelname aan andere projecten en schrijfervaring, bleven zeven auteurs en vijf proefschooldocenten over. De auteurs werden verdeeld over vier schrijfgroepen, die onder leiding van een lid van de projectgroep en ondersteund door een van de medewerkers van het projectbureau materiaal dienden te ontwikkelen voor een thema. Elk thema omvatte een gedeelte van de eindtermen uit een van de vier inhoudsdoeinen van het examenprogramma ANW: Leven, Biosfeer, Materie, en Zonnestelsel & Heelal (Pieters, 1997). Bij deze keuze speelden de volgende overwegingen een rol:

- . de beperkte tijd (hoogstens 36 lessen) die per school beschikbaar was;
- . de wens om voorbeeldlesmateriaal voor elk van de domeinen beschikbaar te hebben.

Het samenstellen van lesmateriaal voor gebruik op de proefscholen geschiedde binnen een aantal randvoorwaarden. De eerste was dat pas in juni, toen de ideeën van de vakontwikkelgroep ANW een duidelijke vorm begonnen te krijgen (in nauwe samenspraak met de projectgroep), begonnen kon worden met het schrijven van blauwdrukken voor de vier thema's. Elke blauwdruk zou de volgende elementen moeten bevatten:

- . een titel en een korte karakteristiek van drie eindproducten: het lesmateriaal, een docentenhandleiding en een vakinhoudelijk essay voor de docent;
- . een omschrijving van de voornaamste doelen van het lesmateriaal, in relatie tot de eindtermen;
- . een lessenplan met de globale lesinhoud, de gehanteerde werkvormen, de activiteiten van de docent en de leerling, het huiswerk en de toetsvormen;
- . een verantwoording van de lessenserie op aspecten die voor het Studiehuis van belang zijn: zelfstandig leren, mogelijkheden voor differentiatie, aandacht voor vaardigheden, variatie in werkvormen, aansluiting op voorkennis, rekening houden met multiculturele aspecten;
- . de taakverdeling binnen het auteursteam en de tijdsplanning.

Onder invloed van een veldconsultatie begin september 1995 veranderde het

ontwerp-examenprogramma weer zodanig dat enkele forse wijzigingen in deze blauwdrukken noodzakelijk bleken.

Een tweede beperkende voorwaarde werd gevormd door het tijdstip van de start van de lessen. Met de proefscholen was afgesproken in januari 1996 met de lessen ANW te beginnen. Dit betekende dat voor twee thema's de werkelijke schrijftijd tot twee, resp. drie maanden was beperkt, omdat ook tijd nodig was voor opmaak en druk van het materiaal. Dat is weinig, gezien de vele discussies over vakinhoud en didactiek die noodzakelijk zijn om lesmateriaal vorm te geven voor een multidisciplinair vak zonder enige traditie dat moet worden gegeven door docenten met doorgaans een monodisciplinaire achtergrond. Die beperking drukte des te zwaarder op de docent-auteurs die het schrijfwerk naast een drukke lestaak dienden te verrichten.

Een eerste versie van de vier blauwdrukken is in de projectgroep besproken en becommentarieerd. Naast lovende opmerkingen werd ook kritiek geleverd op enkele blauwdrukken, bij voorbeeld op de punten overladenheid, gebrek aan reflectie-activiteiten, te globale omschrijving, gebrek aan diepgang, tekort aan samenhang en te sterk op vakinhoud gerichte invulling. Afgesproken werd dat drie van de vier blauwdrukken zouden worden herschreven op grond van het geleverde commentaar. Na definitieve goedkeuring van de blauwdrukken in oktober is het volgende lesmateriaal geproduceerd voor gebruik in de vijf proefscholen:

- A. *Startlessen*, waarin speciale opdrachten een indruk moesten geven van inhoud en werkwijze van het vak ANW.
- B. *Over-leven*, over ziekte en gezondheid (domein C), over de ontwikkeling van ideeën over ziekte en gezondheid, de toepassing van kennis en de ethische vraagstukken die dat kan opleveren. Daartoe wordt gebruik gemaakt van informatie over verschillende visies op ziekte en gezondheid, een historische paragraaf (in de vorm van een fictief dagboek van Semmelweis over zijn onderzoek naar kraamvrouwenkoorts), ontwerpended leren (op het gebied van het immuunsysteem van het menselijk lichaam) (Janssen & Voogt, 1995; 1996) en ethische dilemma's die het gevolg zijn van de mogelijkheid medische technieken te gebruiken.
- C. *Ontwikkeling van ideeën over het heelal* (domein F), over hoe vanuit waarnemingen kennis over het heelal ontwikkeld is. Leerlingen doen eerst waarnemingen aan de stand van zon, maan en sterren, vervolgens maken ze modellen om deze waarnemingen te kunnen verklaren. Dit mondt uit in een rollenspel in de vorm van een debat tussen aanhangers van een geo- en heliocentrisch model van het zonnestelsel. Het laatste deel van de lessenserie gaat in op de huidige inzichten over de bouw van het heelal, voornamelijk aan de hand van de rol van de zwaartekracht en de wijze van afstand bepalen.

- D. *Creatief met materie* (domein E), over het gebruiken, begrijpen en beheersen van materie, met aandacht voor het maken van twee soorten verf, de ontwikkeling van kunstmest en hormonen, een debat over de uitbreiding van een chloorfabriek, en keuze-onderwerpen over wegwerp-luiers, zoetstoffen en bestrijdingsmiddelen.
- E. *Zorgen voor de atmosfeer* (domein D), over de ontwikkeling en het gebruik van modellen om processen in kaart te brengen en scenario's voor de toekomst te ontwikkelen, waarin mogelijke effecten van menselijk handelen zichtbaar worden. Casus is de mogelijke versterking van het broeikaseffect.

Elk van de vier lessenseries (B t/m E) is geschreven voor 12 lessen.

#### **4. Ervaringen met het lesmateriaal in de eerste ronde**

Doel van de evaluatie van de praktijkervaringen met het lesmateriaal was conclusies te trekken voor verbetering van dit materiaal en relevante adviezen geven aan de zes educatieve uitgeverij die in 1996 volop bezig waren met het schrijven van ANW-methoden. Gezien het innovatieve karakter van het vak was te verwachten dat vele aspecten een rol zouden spelen bij het verloop van de lessen en de interpretatie van docenten en leerlingen. Daarom is in de eerste ronde gekozen voor een evaluatie in de breedte en niet voor een dieptestudie.

In deze evaluatiestudie werd antwoord gezocht op de volgende vragen:

- hoe verlopen de lessen ANW op de proefscholen?
- wat zijn de ervaringen van leerlingen en docenten met de lessen ANW?
- hoe functioneren het lesmateriaal, de docentenhandleiding en de essays?
- welk beeld hebben leerlingen van het vak ANW?
- welke factoren zouden mogelijk een rol kunnen spelen bij het antwoord op bovenstaande vragen?

Basis voor deze evaluatie vormden de ervaringen van leraren en leerlingen op de vijf proefscholen, aangevuld met observaties in de lessen.

Daartoe zijn de volgende middelen gebruikt:

- . logboeken van de docenten over het verloop van elke les;
- . klassenlogboeken over de ervaringen per les, om de beurt ingevuld door de leerlingen;
- . interviews na elke lessenserie met de docenten;
- . interviews met groepjes leerlingen na afloop van een lessenserie;
- . vragenlijsten ingevuld door leerlingen na afloop van een lessenserie;
- . lesobservaties, minstens twee keer per lessenserie per klas;
- . nabesprekingen met de groep docenten per lessenserie;
- . interviews met de schoolleiding over de schoolcultuur ten aanzien van de herziene Tweede Fase;



. door docenten geannoteerde versies van het lesmateriaal. Daarnaast zijn de ervaringen met één hoofdstuk uit *Creatief met materie* geëvalueerd door twee docenten-in-opleiding (Breure & Nomes, 1996).

### *Werkwijze*

De eerste versie van het lesmateriaal is uitgetoetst op vijf scholen in tien klassen door zeven docenten. De zes 4havo en vier 4vwo klassen waren erg divers: sommige bestonden uit leerlingen die voor een bèta-pakket hadden gekozen, andere uit leerlingen met een uitgesproken alfa- en gamma-interesse. Elke klas had ca 36 lessen beschikbaar: 18 lesweken van 2 uur per week. Na enkele startlessen ANW behandelde iedere school het thema *Over-leven*. Parallel daaraan werd een serie waarnemingen gedaan ter voorbereiding van het *Heelal*-thema. Na afloop van de lessenserie *Heelal* werd een keus gemaakt uit de *Materie*- en *Atmosfeer*-thema's. Door lesuitval en uitloop van de lessenseries bleek de tijd te kort om de laatste thema's volledig te behandelen: de helft van de klassen kwam daar niet aan toe, en de andere hebben er slechts een gedeelte van gedaan.

De docenten werd qua werkvormen en tijdsindeling veel vrijheid gelaten in de uitvoering van de lessen, deels omdat de projectgroep onvoldoende zeker wist of de gekozen opzet de beste was, anderzijds om de mogelijkheden van het lesmateriaal te verkennen voor diverse soorten klassen. Sommige docenten hielden zich strak aan het lesmateriaal en de lessenplanning: ze behandelden alle vragen en opdrachten. Anderen namen meer vrijheid en vulden de lessen naar eigen inzicht in met behulp van het lesmateriaal. Ook het huiswerkbeleid verschilde. In het algemeen werden de docenten in de loop van de experimenteerperiode vrijer in de keuze van een eigen aanpak en in het experimenteren met werkvormen die afweken van hun 'normale' repertoire.

### *Startlessen*

Volgens de docenten hebben de startlessen de leerlingen een indruk gegeven van de variëteit en de actualiteit van ANW-onderwerpen en hebben de leerlingen het belang gezien van de krant als informatiebron over natuurwetenschappelijke ontwikkelingen. De lessen hebben echter niet voldaan aan het doel een beeld te schetsen van het vak ANW met betrekking tot de aard van natuurwetenschappen en de identiteit van het vak: het verschil met de andere natuurwetenschappelijke vakken, de werkvormen en de toetsing. Enigszins verwarrend werkte ook de combinatie van startlessen, het begin van de lessen *Over-leven* en de tegelijkertijd verrichte waarnemingen aan het heelal.

### *Over-leven*

De meeste leerlingen vonden de onderwerpen in de lessenserie '*Overleven*'

"leuk" en "interessant". Sommige leerlingen hadden moeite met meningvragen gebaseerd op al dan niet wetenschappelijke argumenten, bijvoorbeeld over de verschillende visies op ziekte en gezondheid. Bij deze opdrachten lazen leerlingen visies uit een aantal culturen en tijdsperiodes en beantwoordden daarover vragen zoals: welke verklaringen worden genoemd; ben je het daarmee eens; waarom wel/niet; waar baseer je je antwoord op? In een van de klassen zegt een leerling daarover:

"onzinnige opdracht, na een paar regels weet je of je 't gelooft of niet... je hoeft er toch niet over na te denken?",

waarop een andere leerling zegt:

"je moet juist meer nadenken dan bij natuurkunde, dan is er maar één antwoord nodig en goed. Hier zijn meer antwoorden mogelijk, je kunt niet even zeggen goed of fout. Ik vond het een leuke opdracht, iedereen blijft anders te denken, dat weet je vantevoren niet".

Het dagboek van Semmelweis functioneerde goed volgens de docenten. In een paar opzichten was het voor sommige leerlingen een 'eyeopener', bijvoorbeeld het besef dat het wetenschappelijk denken over ziekte en gezondheid van recente datum is en dat nieuwe ideeën niet zo gemakkelijk worden geaccepteerd. Het leggen van een relatie met hedendaagse ontwikkelingen blijkt aan te bevelen, omdat enkele leerlingen anders het dagboek als een irrelevant stukje geschiedenis kunnen zien. In een van de activiteiten passen de leerlingen de experimentele werkwijze toe in een onderzoekje naar de aanwezigheid van micro-organismen op school. De hypothesen en aanpak bedenken ze daarbij zelf. Dit onderdeel werd door de meeste leerlingen zeer gewaardeerd.

Hoe het ontwikkelen van kennis in zijn werk gaat zonder dat er een experimentele toetsing mogelijk is, ondervinden de leerlingen met een werkvorm die gebaseerd is op het idee van 'ontwerpend leren'. Bij deze werkvorm bouwen de leerlingen stap voor stap een model van afweer voor het menselijk lichaam aan de hand van vragen. De docent heeft een coördinerende rol bij dit gedachtenexperiment en de bedoeling is dat leerlingen inzien hoe het ontwerpen van modellen in zijn werk kan gaan. Na elke stap in het ontwerpen kunnen leerlingen een historisch uitstapje maken; een leestekst met vragen laat zien welke toepassingen het gevolg zijn van een denkstap of gedachtensprong in het verleden. Daarbij werd een tekst over hygiënische maatregelen (riolering, waterzuivering) door veel leerlingen gewaardeerd omdat het over alledaagse dingen ging en het verband tussen de verschillende maatregelen duidelijk werd. Gezien de inhoud van het onderwerp was te verwachten dat biologie docenten met dit onderdeel beter uit de voeten zouden kunnen dan docenten met een andere vakinhoudelijke achtergrond. In het algemeen bleek echter dat de werkvorm 'ontwerpend leren' het beste functioneerde in klassen van

natuur- en scheikunde docenten: die bewaakten beter de rode lijn en lieten zich minder gemakkelijk verleiden tot biologische uiteenzettingen over 'hoe het werkelijk zit'.

De verdiepingsopdracht vormde voor veel docenten en leerlingen het hoogtepunt van de lessenserie. De opdracht houdt in dat leerlingen een voorlichtende poster of folder produceren over een medisch-ethische kwestie. Het aangeleverde materiaal bestaat uit een historisch overzicht, een video en diverse soorten artikelen (opiniërend, wetenschappelijk en overzicht gevend). Daarnaast moeten de leerlingen bij deze opdracht actuele berichten uit de media verzamelen. Leerlingen waardeerden de mogelijkheid tot eigen inbreng bij deze opdracht.

De lessenserie kostte gemiddeld 16 uur, vier meer dan gepland. Naast bovengenoemde punten verdient de lessenserie een meer samenhangende structuur, met name voor de leerlingen. Leerlingen waardeerden de 'vrijere' toetsvormen, zoals het ontwerpen van een vluchtelingenkamp ('Unugamata') of de genoemde verdiepingsopdracht. De docenten hadden behoefte aan heldere beoordelingscriteria bij deze toetsopdrachten.

#### *Ontwikkeling van ideeën over het heelal*

Het lesmateriaal 'Ontwikkeling van ideeën over het heelal' startte met een serie waarnemingen gedurende een maand, parallel aan de lessenserie Overleven. Het bezwaar daartegen is hierboven al aangegeven. Daarnaast was het de leerlingen vaak niet duidelijk waarom ze de waarnemingen moesten doen. Sommige leerlingen dachten dat ze zich net zo goed een beeld van alles konden vormen door naar een video te kijken of een planetarium of een sterrenwacht te bezoeken. Andere leerlingen vonden de waarnemingen juist interessant, omdat het "in het echt veel leuker is dan in een boek". Er speelden hierbij in ieder geval twee factoren een rol. Het scheelde veel of een docent zichzelf enigszins vertrouwd had gemaakt met dit soort waarnemingen en de zin daarvan en een zeker enthousiasme over kon brengen op de leerlingen. Bovendien kwam hier tot uiting dat veel leerlingen niet gewend zijn om de eigen waarnemingen als basis van "leren" te gebruiken.

De waarnemingen verliepen ook niet zo soepel als verwacht: leerlingen hadden moeite op tijd aan de waarnemingen te denken of stuitten op allerlei praktische bezwaren (bewolkte hemel, geen uitzicht vanuit het huis, 's avonds niet naar buiten mogen...).

Bij het waarnemen bleek hoeveel, ook voor de docenten, onverwachte problemen dit de leerlingen opleverde. Om een paar te noemen: het buiten bepalen van de windrichtingen, de overgang van de drie-dimensionale observatie naar weergave op het platte vlak, het vertrouwen in eigen waarnemingen ook

als die niet overeenkomen met de verwachting (bijv. bij het bepalen van het tijdstip met de kortste schaduw).

Het zelf modellen maken liep beter dan docenten vooraf inschatten. Hierbij moesten veel leerlingen wel vaak een aanvankelijke weerstand overwinnen om over een ander model na te denken dan "het officieel juiste". Wanneer de leraar er in slaagde te laten zien dat het hierbij niet ging om de juistheid van het model maar om het leren ontwerpen van modellen die passen bij waarnemingen, dan bleek dat leerlingen heel fantasievol goede verklaringen voor hun waarnemingen konden bedenken. De verrassing was vaak groot als bleek dat andere modellen ook konden kloppen of, wat ook geregeld voorkwam, dat ze het "juiste" model eigenlijk niet begrepen.

In het 'Heelal debat' is het de bedoeling dat twee teams van leerlingen met elkaar debatteren over de interpretatie van waarnemingen vanuit een heliocentrisch of een geocentrisch gezichtspunt, het gedachtengoed van resp. Copernicus en Ptolemaeus. Daarbij moeten ze bouwen op de inzichten die ze bij het zelf modellen maken hebben opgedaan. Daarnaast krijgen ze de beschikking over diverse argumenten die in de historie een rol hebben gespeeld. Tijdens het debat bleek duidelijk wat de leerlingen goed begrepen hadden. Meestal wonnen de geocentrische teams, tot verbazing van de klas want 'we weten toch dat het heliocentrische model het juiste is'. Dit kwam doordat de geocentrische teams zich vaak beter voorbereidden, ze hoopten zo minstens "gelijkspel" te halen. De heliocentristen vonden vaak hun standpunt zo vanzelfsprekend dat ze de voorbereiding verwaarloosden. In een kleine klas is het uiteraard eenvoudiger alle leerlingen bij de discussie te betrekken dan in een grotere. Om dan toch iedereen actief mee te kunnen laten doen, werden verschillende aanvullende rollen toebedeeld zoals die van journalist.

Een aantal leerlingen rapporteerden dat hun interesse in het heelal door deze lessenreeks is gegroeid, anderen hielden weinig belangstelling voor het heelal. Waarschijnlijk hangt dit samen met de mate waarin het gelukt is om het waarnemen maar vooral de eerste modelvormingslessen aan te laten slaan. Ook de sfeer in de klas leek een rol te spelen: in sommige klassen waren de leerlingen in de interviews veel positiever dan ze in de klas lieten blijken. Door tijdgebrek is slechts in één klas door leerlingen een verslag van het symposium gemaakt. Dit verslag was van redelijke kwaliteit, waarschijnlijk mede dankzij het feit dat de leerlingen wisten dat dit verslag werd beoordeeld.

De gegeven lesplanning bleek te krap: de meeste klassen kwamen niet verder dan het debat, terwijl het de bedoeling was ook nieuwere inzichten en manieren van afstandbepaling te behandelen.

Concluderend kan worden gesteld dat de docent zelf met het waarnemen van hemelverschijnselen vertrouwd moet zijn en het belang daarvan voor het ontwikkelen van inzicht door de leerlingen in moet zien. Daarnaast verdient

het aanbeveling de leerlingen in het begin te motiveren om waarnemingen te doen, de waarnemingsserie in te korten zodat zo min mogelijk overlap met andere lessenseries hoeft te ontstaan, en meer structuur te bieden in het leerlingmateriaal.

### *Creatief met materie*

De lessenserie 'Creatief met materie' is op drie scholen grotendeels uitgeprobeerd. Door tijdgebrek is met het laatste hoofdstuk (keuzeonderzoeken) geen ervaring opgedaan. Een meerderheid van de leerlingen en docenten vond de overige onderwerpen leuk en herkenbaar, al was er ook kritiek op het tekstuele karakter van het leerlingmateriaal en de kwaliteit van de gestelde vragen.

Na een inleidend hoofdstuk, waarin de bereiding en vergelijking van twee soorten verf centraal staan, krijgen de leerlingen twee leesteksten aangeboden: een over de ontwikkeling van natuurlijke mest naar kunstmest, een andere over ontwikkelingen in de productie van hormonen. Leerlingen moeten voor elk verhaal historisch/maatschappelijke lijnen aangeven en invloeden van kennisontwikkeling opsporen. Hoewel de leerlingen gestuurd werden door vragen en opdrachten, vonden ze in het algemeen de teksten erg lang en veel vragen moeilijk. Uit de ervaringen met de vragen bleek dat veel voorkennis van leerlingen is weggezaakt. Het analyseren van de overeenkomsten tussen beide verhalen bleek meestal te hoog gegrepen. Het advies om tijdens het lezen een historisch overzicht in tabelvorm te maken werd door de meeste leerlingen in de wind geslagen.

Het volgende hoofdstuk kreeg een veel beter onthaal, vooral vanwege het chloordebat. Daarbij is het de bedoeling dat de leerlingen middels een rollenspel discussiëren over de mogelijke gevolgen van de uitbreiding van een (fictieve) chloorfabriek. Het debat gaat tussen vier belangengroepen (fabrieksdirectie, gemeente, milieubeweging en buurtcomité) tijdens een hoorzitting voor een gemeenteraad. Deze raad dient uiteindelijk te stemmen over een vergunning voor uitbreiding. Elke groep beschikt over documentatiemateriaal maar mag dat ook zelf aanvullen met eigen argumenten. De debatten werden in het algemeen met enthousiasme voorbereid en gevoerd. De voorhanden zijnde informatie was goed bruikbaar, al bleek het soms teveel om door te lezen en samen te vatten, mede gezien de beperkte voorbereidings-tijd. Op een van de scholen is wegens tijdgebrek geen debat gevoerd maar hebben leerlingen brieven geschreven naar een (fictieve) burgemeester met daarin hun standpunt. Deze brieven werden als een 'open boek' toets beoordeeld.

De rode draad door het lesmateriaal, het 'gebruiken, begrijpen en beheersen van materie' is veel leerlingen niet duidelijk geworden, wellicht door een

combinatie van factoren, zoals het gebrek aan tijd, de verkorte behandeling van het thema en het gebrek aan samenhang in het lesmateriaal. Om die reden verdient het aanbeveling de rode draad te verhelderen bijvoorbeeld door meer aandacht voor het maken van keuzen door mensen in de rollen van consument, onderzoeker en producent.

### *Zorgen voor de atmosfeer*

De lessenserie 'Zorgen voor de atmosfeer' is op twee scholen voor de helft uitgeprobeerd. Het materiaal bevat meer dan de andere lespakketten leerling-activiteiten die uitdrukkelijk op studievaardigheden zijn gericht. Voorbeelden hiervan zijn oriëntatie op het lesmateriaal, het maken van een planning, het verdelen van taken in een groep, het vereenvoudigen van een schema en het maken van een samenvatting. Op een school werden die door de leerlingen als "flauwe invuloefeningen" beschouwd, volgens de docent omdat de leerlingen gewend zijn eerst veel informatie te krijgen en pas daarna vragen te moeten beantwoorden. Op de andere school vonden de leerlingen dit soort opdrachten niet vreemd maar twijfelden sommigen wel aan het rendement ervan. Vakinhoudelijk biedt het materiaal voldoende uitdaging. Naar de mening van de docenten vallen de eerste twee delen van het computerprogramma 'Een warme wereld' wat diepgang en accuratesse betreft nogal tegen. De opdracht om acht verschillende meningen over de versterking van het broeikas effect te analyseren op argumentatie, wordt door de docenten als zinnig beoordeeld. Een opdracht om in te schatten wat wetenschappers denken over stellingen met betrekking tot het broeikas effect blijkt te complex. Het lijkt beter te vragen naar de eigen inschattingen van leerlingen.

### **5. Wat vinden leerlingen van het vak ANW?**

Voordat de lessen begonnen waren, is aan de leerlingen gevraagd naar hun verwachtingen. De term 'Algemene natuurwetenschappen' riep veelal neutrale reacties op, maar ook negatieve, zoals 'heb je net al die vakken laten vallen, krijg je weer zoiets'. Na afloop van de lessenserie waren de meningen in het algemeen meer positief. Leerlingen vonden de lessen wel aardig en wijzen daarbij op 'een andere manier van werken', 'groepswork', 'veel vrijheid', 'je moet je creativiteit gebruiken', 'veel zelf doen', 'veel verschillende onderwerpen', 'veel huiswerk'. Anderen maken een vergelijking met de andere natuurwetenschappelijke vakken: 'natuurkunde zonder formules', 'een beetje natuurkunde, scheikunde en biologie maar dan leuker, meer zelf doen en zo', 'je moest het allemaal zelf verzinnen en bij biologie wordt het eigenlijk voorgekauwd en moet je het leren'. Ongeveer één derde van de geïnterviewde leerlingen maakt opmerkingen die aansluiten bij de bedoeling van de ontwerpers van het vak ANW: 'je leert hoe biologie, scheikunde en zo ontstaan

zijn', 'het gaat om de mensen achter de wetenschap: hoe ze werken, hoe ze erop komen, hoe anderen erop reageren', 'ik weet niet of de onderwerpen echt belangrijk zijn, ik denk dat meer de manier waarop belangrijk is, dat je dus een beetje op een wetenschappelijke manier leert denken', 'dingen die je vanzelfsprekend vindt ga je hierbij onderzoeken'. Het zijn juist deze leerlingen die ANW waarderen als zelfstandig vak naast de mono-vakken.

Voor een aantal leerlingen heeft het vak nog geen duidelijke identiteit. Zij begrijpen bijvoorbeeld niet waarom deze onderwerpen gekozen zijn en in deze volgorde, wat nu precies de bedoeling van het vak is, en waarom ze dit vak krijgen naast biologie, natuur- of scheikunde. Sommige andere leerlingen willen meer onderwerpen waar ze vaak over horen, zoals AIDS, kanker en astrologie.

Uit de analyses van klassenlogboeken, leerlinginterviews, vragenlijsten en lesobservaties komen geen opvallende verschillen tussen meisjes en jongens naar voren wat betreft interesse.

Hetzelfde kan worden gezegd over de verschillen in interesse tussen alfa-, bèta- en gamma-leerlingen. Wel meenden sommige docenten een zekere 'koudwatervrees' te bespeuren bij de niet-bèta leerlingen: angst dat het vak te moeilijk zou worden. In de loop van deze proefperiode is die vrees bij de meeste leerlingen verdwenen.

## 6. Reacties van de docenten

De docenten geven bij ANW les in onderwerpen die zij vakinhoudelijk lang niet allemaal onder de knie hebben. De docenten reageerden verschillend hierop: sommigen werden onzeker, anderen maakten gebruik van de expertise van collega's of relativeerden de natuurwetenschappelijke inhoud. In de loop van de lessenreeks bleek de onzekerheid over hiaten in de vakkennis af te nemen en de behoefte aan training in nieuwe werkvormen toe te nemen.

Gevraagd naar het doel van ANW, benadrukten de meeste docenten dat het vooral gaat om de manier waarop kennis tot stand komt en om de rol van modellen in de wetenschap. Overdracht van feitenkennis en vaktaal werd doorgaans als secundair gezien. Toch ervaaarden zij hierbij wel een spanningsveld. Natuurwetenschappelijke kennis werd als noodzakelijk gezien om het vak enig gewicht en houvast te geven. Vooral als het gaat om vakinhouden waarmee de docent vertrouwd is, gaat het al gauw niet diep genoeg. Anderzijds vroegen docenten zich af of meer nadruk op de natuurwetenschappelijke inhoud niet het zicht op de meer reflectieve aspecten van het vak zou verduisteren. Docenten vonden het beoordelen van toetsen, met name van werkstukken van leerlingen, een lastig karwei, ondanks de beschikbaarheid van (globale) beoordelingscriteria en waren geneigd de inspanningen van leerlingen zwaar mee te tellen. Sommige docenten hadden het idee dat ze met

een 'natte vinger' bezig waren met beoordelen en vonden dat een probleem. Andere docenten merkten op dat dezelfde soort onzekerheden een rol spelen bij de beoordeling van het open onderzoek in de natuurwetenschappelijke vakken.

## 7. Conclusies

Een van de voornaamste conclusies uit de eerste experimenteeronde is dat nog niet alle leerlingen een goed beeld hebben gekregen van de identiteit van het vak. Leerlingen beoordelen activiteiten vaak op zichzelf en kunnen deze opdrachten niet altijd in een groter kader van ANW-doelstellingen plaatsen. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat hierbij verschillende factoren een rol spelen, zoals onzekerheid bij docenten, beeldvorming van het onderwijs in natuurkunde, scheikunde en biologie, de beperkt beschikbare lestijd (25 à 30% van de uiteindelijk beschikbare tijd voor ANW) en inadequate opdrachten. De relatieve invloed van elk van deze factoren hebben we in deze experimenteeronde niet kunnen vaststellen. Wel is duidelijk geworden dat meer expliciet aandacht dient te worden besteed aan het kader waarin de onderwerpen en de diverse opdrachten staan. Dat kader heeft betrekking op de B-eindtermen, die elk een aspect beschrijven van reflectie op natuurwetenschap en techniek, en op de betekenis van dit soort eindtermen voor de algemene vorming van aanstaande studenten in het hoger onderwijs. Daarmee kan meer samenhang in de lessen ANW ontstaan, iets waar bij leerlingen en docenten veelal behoefte aan bestaat.

Een tweede conclusie betreft de toetsing van de leerresultaten. In de eerste ronde is toetsing nog weinig uitgewerkt, voornamelijk omdat er nog geen scherp beeld gevormd was van operationele doelstellingen voor het vak ANW. De ANW-eindtermen zijn daarvoor te globaal. In de tweede ronde zal dit aspect in een samenwerkingsverband met het CITO veel meer aandacht krijgen door de productie van toetsopdrachten met uitgewerkte beoordelingsschema's. Vooral toetsing van de B-eindtermen vraagt om voorbeelden omdat hiermee in de mono-vakken nauwelijks ervaring is opgedaan.

Een derde conclusie is dat het zeer zinvol is geweest lesmateriaal te ontwikkelen en uit te proberen op scholen. In zo'n jong vak zonder enige noemenswaardige traditie is het noodzakelijk ervaringen op te doen alvorens goed lesmateriaal kan worden geproduceerd of adequate omscholing kan worden verzorgd.

In het schooljaar 1996/97 is al het lesmateriaal herzien op basis van de ervaringen in de eerste proefronde en op 10 scholen uitgetoetst in 22 klassen, vooral om materiaal te verzamelen voor de omscholing, het leerplan en de begeleiding van de implementatie van ANW.



## 8. Literatuur

- Aikenhead, G.S. (1991). *Logical Reasoning in Science and Technology* (student text and teacher's guide). Toronto: John Wiley.
- Aikenhead, G.S. (1994a). What is STS science teaching? In: J. Solomon & G.S. Aikenhead (Eds), *STS Education. International Perspectives on Reform* (pp 47-59). New York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G.S. (1994b). Collaborative research and development to produce an STS course for school science. In: J. Solomon & G.S. Aikenhead (Eds), *STS Education. International Perspectives on Reform* (pp 216-227). New York: Teachers College Press.
- Breure, P. & M. Nomes (1996). *ANW: van idee tot werkelijkheid*. Utrecht: IVLOS.
- Cheek, D.W. (1992). *Thinking Constructively about Science, Technology and Society Education*. Albany: State University of New York Press.
- Genseberger, R.J. (1989a). Natuurhistorische oriëntatie, een gemeenschappelijk aanbod van scheikunde, biologie en natuurkunde voor 15-16 jarigen. *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -Wetenschappen*, 7, 138-153.
- Genseberger, R.J. (1989b). Het ontwikkelen van een model-begrip bij leerlingen van 15-16 jaar. *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -Wetenschappen*, 7, 192-208.
- Hughes, P. (1993). *Studies in Awareness of Science*. London: John Murray.
- Hunt, A. (1990). *SATIS 16-19*. Hatfield: Association for Science Education.
- IB (1992). *Theory of Knowledge Guide*. Geneva: International Baccalaureate.
- Janssen, F. & P. Voogt (1995). Ontwerpend leren in het immunologie-onderwijs. *NVOX*, 20, 9, 420-424.
- Janssen, F. & P. Voogt (1996). Ontwerpend leren in het biologie-onderwijs. *NVOX*, 21, 2, 42-47.
- Kapteijn, M. (1997). De experimentele omscholingscursus Algemene Natuurwetenschappen, *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen*, 14, 2, 157-176.
- Layton (1994). STS in the school curriculum: a movement overtaken by history? In: J. Solomon & G.S. Aikenhead (Eds), *STS Education. International Perspectives on Reform* (pp 32-44). New York: Teachers College Press.
- McConnell, M.C. (1982). Teaching about Science, Technology and Society at the secondary school level in the United States. An educational dilemma for the 1980s. *Studies in Science Education*, 9, 1-32.
- Pieters, M. (1997). De mens, materie, modellen, machten van tien: overwegingen bij een leerplan Algemene Natuurwetenschappen, *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen*, 14, 2, 128-148.

- SPTFVO (1994). *Tweede Fase. Scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs*. Een uitwerking op hoofdlijnen van de nota's profiel van de tweede fase van het voortgezet onderwijs. Den Haag: Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs.
- Solomon, J. (1983). *Science in a Social Context*. Oxford/Hatfield: Basil Blackwell/ASE.
- Solomon, J. & G.S. Aikenhead (Eds)(1994). *STS Education. International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- Yager, R. (Ed.) (1996). *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*. New York: SUNY Press.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and Learning about Science and Society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In: J. Solomon & G.S. Aikenhead (Eds), *STS Education. International Perspectives on Reform* (pp 21-31). New York: Teachers College Press.