

De mens, materie, modellen, machten van tien: overwegingen bij een leerplan Algemene Natuurwetenschappen

M. Pieters
Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO)
Enschede

Summary

General Sciences (Dutch acronym: ANW) was designed according to criteria formulated by the National Steering Committee for Upper Secondary Education, namely:

- . *ANW must be smoothly connected to lower secondary education;*
- . *ANW must have a general educational character, as opposed to pre-vocational or pre-university subjects;*
- . *ANW must give an image of the dynamic development of science;*
- . *ANW has to make students experience that science is work of humans;*
- . *ANW must pay attention to the cultural and social context of science.*

A framework for standards was then sought in two phenomenon-based approaches and in a science transcending approach. The former two were: the Earth as a source of inspiration – its inhabitants, the material and energetic base, the possibility and sustainability of life, Earth's place in universe; and the Human as a starting point, with attachments to similar areas as in the Earth-approach. The more historical-philosophical approach offers a backbone of methodological, ethical and hermeneutical questions to ANW, which can be summarized at students' level by the following questions:

- . *From what source do you acquire your knowledge?*
- . *How do you use knowledge?*
- . *How do you know if something is true?*
- . *Is everything possible allowed?*

Experimental lessons series were carried out around four themes, first approximations of the many design criteria, including these backbones, that had to be met at the same time. A major conclusion is that students still have difficulties in recognizing the integrating identity of ANW. Methodological problems arise for teachers who have to work with contents and activities that are new in their profession.

Recommendations for future curriculum development and research work are based on further exploration and elaboration of both phenomena based and historical-philosophical approaches.

1. Waar gaat het om bij ANW

"Van quark tot kosmos" was een van de suggesties die de Stuurgroep Profiel Tweede Fase de vakontwikkelgroep ANW destijds deed, in haar tweede "Scharniernota", (SPTFVO 1994, 113-114), om een idee van het nieuwe vak te geven. De eerste brainstorm van de vakontwikkelgroep zelf leverde weer een andere leerlijn op: "van kosmos tot quark". Van klein naar groot, van groot naar klein, van abstract naar concreet, van de ene actualiteit naar de andere? Hoe structureer je een schoolvak dat in 160 resp. 200 uren een goed gebalanceerd beeld van de natuurwetenschap, haar kennistheoretische en historische achtergronden en haar technische en maatschappelijke implicaties moet geven? Keuze en formulering van domeinen, subdomeinen en eindtermen bieden al veel van die structuur. Maar je vraagt je natuurlijk toch af of er nog een ideale opbouw in de tijd denkbaar is, of desnoods een mooie opbouw. Deze bijdrage levert een aantal overwegingen bij twee vragen rond het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW): waar gaat het om en hoe structureer je dat?

"We hebben verf gemaakt, schimmels gekweekt, een discussie over de bouw van het zonnestelsel en over de bouw van een chloorfabriek gevoerd. Het was leuk om te doen, maar het is me nog niet duidelijk waar ANW nou over gaat." In zulke termen verwoordden leerlingen van enkele proefscholen hun gevoelens over het nieuwe vak, ANW, in 1996 tijdens een gesprek over het werken met het experimentele lesmateriaal. De opmerking legt een sterke en een zwakke kant van ANW bloot. De sterke kant is dat veel onderwerpen uit natuurwetenschap en techniek zich voor nadere studie in ANW lenen, waardoor aansluiting bij actualiteit en bij interesse van leerlingen vergemakkelijkt wordt — al perken de eindtermen het aantal onderwerpen behoorlijk is, getuige de conceptversies die de vakontwikkelgroep in de tien maanden van zijn bestaan heeft geproduceerd. De zwakke kant is dat de objecten en verschijnselen die aan de basis van het vak staan, slechts op een hoger abstractieniveau met elkaar verbonden zijn. Je ziet het verband pas als je op dat abstractieniveau bent. Maar leerlingen helpen op dat niveau te komen, dat is nou juist een belangrijk doel van ANW.

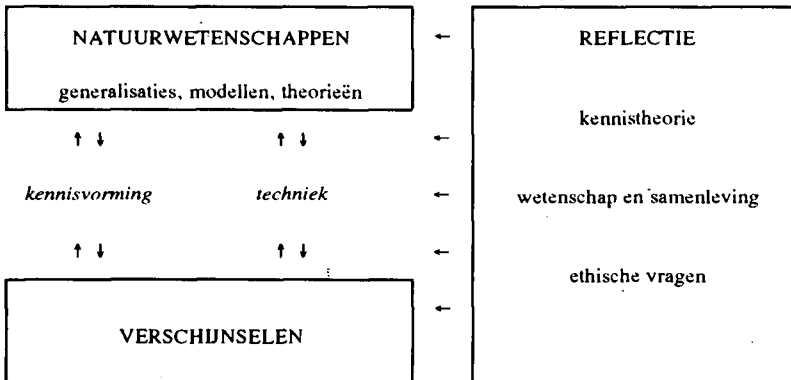
De verlanglijstjes

De opdrachtgever, de Stuurgroep Tweede Fase, gaf als kern voor het nieuwe vak ANW aan: "De ontwikkeling van de grote natuurwetenschappelijke ideeën binnen een historisch filosofische en economisch maatschappelijke context." (SPTFVO 1994, 113). Dit werd nader uitgewerkt in en uitgebreid tot de volgende criteria:

1. ANW moet aansluiten bij de basisvorming,
2. ANW moet algemeen vormend zijn,

3. ANW moet een beeld schetsen van de dynamische ontwikkeling van de natuurwetenschap,
4. ANW moet leerlingen exemplarisch laten ervaren dat natuurwetenschap mensenwerk is,
5. ANW moet ruime aandacht besteden aan de culturele en maatschappelijke context.

De Stuurgroep plaatste ANW daarmee in de positie van vak *waarin op natuurwetenschap gereflecteerd wordt*. In die context moet, volgens het vierde criterium, en kennelijk vanuit een didactisch motief, ruimte zijn voor natuurwetenschappelijke activiteit zelf. Alles bij elkaar omvat ANW dus elementen van een β -vak (verschijnselen, natuurwetenschappelijke theorieën daarover, aspecten van techniek) en van een α - en γ -vak (zoals de kennis-theoretische, ethische, historische, en economische aspecten). Deze basis is in de verantwoording van het advies-examenprogramma weergegeven in de structuur zoals geschetst in figuur 1 (SPTFVO, 1995, 34), en is bijv. in het geheel van het experimentele lesmateriaal ook terug te vinden.



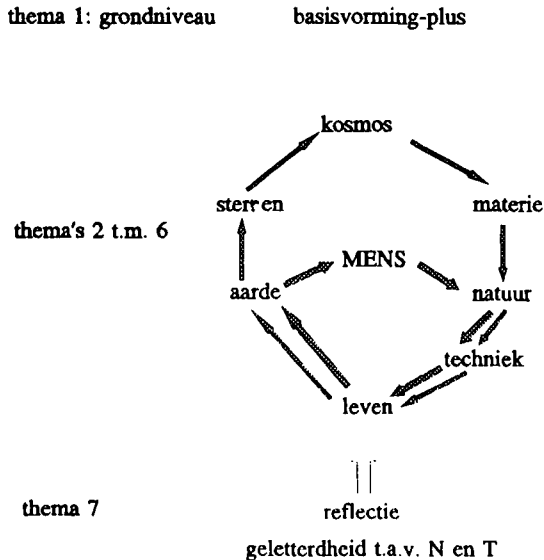
Figuur 1: Bouwstenen van het vak Algemene Natuurwetenschappen. Uit de toelichting bij het advies-examenprogramma (SPTFVO, 1995).

Als voorbeelden voor thema's suggereerde de Stuurgroep *Van quark tot kosmos*, *Stoffen op maat*, *Mens en natuur*, *Kennis is macht*, *Global change*. De vakontwikkelgroep zocht naar een inhoudelijke kapstok, naar een idee dat als kiem voor thema's kon fungeren. Twee belangrijke bijdragen daarin kwamen resp. van R. van Dam (hoogleraar Natuurwetenschap aan de Open Universiteit) en P.L. Lijnse (hoogleraar Natuurkundedidactiek aan de Universiteit Utrecht), beiden lid van de vakontwikkelgroep.

Van Dam stelde voor, de aarde als inspiratiebron voor een ANW-

programma te nemen (Van Dam, 1995). Als centrale vraag voor het hele vak kun je dan bijv. nemen, hoe het systeem aarde functioneert en behouden kan worden als basis voor het leven, en voor de kwaliteit daarvan. Zo'n "duurzame ontwikkeling" is mogelijk dankzij de uitwisseling van stoffen tussen levende en niet levende natuur, en dankzij de energiestroom die de aarde vanaf de zon bereikt — inzichten die de basis van allerlei onderzoek op micro- en op macroniveau kunnen vormen, van moleculen via organismen en biosfeer tot zonnestelsel en heelal. Ook de maatschappelijke component, de relatie met techniek en met economie, kan binnen deze vraagstelling gelegd worden. De ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek kan gevolgd worden via de opkomst van de landbouw, de neolithische en de industriële revoluties en hun betekenis voor de groei van de wereldbevolking, de grenzen aan die groei en het zoeken naar een duurzame ontwikkeling.

Lijnse (1994) suggereerde als belangrijkste doel van ANW: geletterdheid ten aanzien van het verschijnsel natuurwetenschap en techniek — meer dus dan *scientific literacy* die zich tot beheersing van de natuurwetenschap zelf beperkt. Denkend in een planning in zeven thema's komt hij uit bij een thema 'reflectie', waarin de leerlingen terugblikken op een aantal thema's rond de mens (de leerling) zelf, bekeken op diverse schaalniveaus en vanuit verschillende vakperspectieven. Figuur 2 geeft de planning weer.



Figuur 2: Een mogelijke opzet van een vak 'Algemene Natuurwetenschappen', voorgesteld door Lijnse (1994). Basis is de basisvorming plus iets extra's (zeg maar 3 havo/vwo), doel is geletterdheid ten aanzien van het verschijnsel natuurwetenschap en techniek (N en T).

In zo'n opzet kan ANW leerlingen motiveren door te cirkelen rond een vraag waarvan we kunnen verwachten dat die hen kan boeien: wat weten we van het (menselijk) leven? In de banen waarin om die vraag gecirkeld wordt, komen leerlingen dan ook veel van de "machten van tien" van Kees Boeke tegen, van het hele kleine naar het hele grote.

In termen van het schema van figuur 1 wordt het skelet (de kapstok, in haar eigen woorden) van een ANW-programma zoals Van Dam dat voorstelde dus vooral gevormd door het systeem aarde, op verschillende systeemniveaus, als "verschijnsel", en van daaruit onderneem je steeds uitstapjes maar de blokken "theorieën" en "reflectie".

Het skelet zoals Lijnse het ontwierp lijkt daar op, al neemt het verschijnsel mens de centrale positie in, en niet primair het systeem aarde. Het doel van ANW ligt hier echter duidelijker in het rechter blok in figuur 1, dat van de reflectie: daarin moet ANW uiteindelijk oogsten.

Een beetje gechargeerd zou je in beide benaderingen nog een versmaling aan kunnen brengen tot een soort koolstofskelet, omdat de wisselwerking tussen levende en niet-levende aarde er zo'n centrale plaats in heeft, en die wisselwerking berust grotendeels op de koolstofcyclus. Zo bezien vormt de bewerking van een verhaal van Primo Levi die projectgroep-medewerkster Alice Veldkamp schreef voor het lespakket *Zorgen voor de biosfeer*, het ANW-verhaal in een notendop. Het reisverslag van een koolstofatoom, genaamd C, verhaalt waar het atoom zoal belandt, hoeveel seconden, jaren, eeuwen het daar verblijft, en op welke systeemniveaus wij zijn verblijfplaats beschrijven, variërend van koolstofdioxide-moleculen, aminozuur, zenuwcel, (gekke) koe en schoolboekauteur tot woudreus, rots, oceaan en atmosfeer.

Voor de benadering van Lijnse laat nog een ander kandidaat-skelet zien: dat van de reflectie op het verschijnsel wetenschap en techniek. Het "vraagteken-skelet", onder de verzamelvragen die Lijnse bij zijn afsluitend thema stelt: "Hoe zeker weten we dit allemaal, en wat heeft het voor nut?"

Op deze plaats kunnen we ook het pleidooi van Matthews (1994) noemen om zowel de geschiedenis als de filosofie van de natuurwetenschap een plaats te geven in *science education*. De basis van zijn betoog is dezelfde als die van Lijnse, namelijk dat het zin heeft, leerlingen kennis te laten nemen van het *verschijnsel* natuurwetenschap en techniek. De motieven verschillen, maar vullen elkaar ook aan: Matthews vindt zo'n oriëntatie belangrijk voor de kwaliteit van het natuurwetenschappelijk onderwijs en voor de motiverende werking op het leerproces, Lijnse wil primair de kloof tussen mensen met veel en mensen met weinig vorming in de natuurwetenschap kleiner maken.

Het idee van een vraagtekenskelet vinden we in het examenprogramma terug in de *algemene eindtermen*, domein B in de actuele nummering. Die — onvermijdelijk nogal stroef geformuleerde — eindtermen kunnen we samenvatten in de volgende categorieën van vragen:

Over de vorming van kennis

1. Hoe komt natuurwetenschappelijke kennis tot stand?
2. Wat is de invloed van steeds geavanceerdere methoden en technieken op de ontwikkeling van wetenschap?
3. Waarin onderscheiden verschillende natuurwetenschappelijke benaderingen zich van elkaar bij het beschrijven en verklaren van de werkelijkheid?
4. Waarom is het gebruik van kennis uit verschillende benaderingen tegelijk (een interdisciplinaire aanpak) vaak nodig bij het oplossen van persoonlijke of maatschappelijke problemen?

Over de toepassing van kennis

5. Hoe gebruiken mensen kennis uit de natuurwetenschappen bij het ontwerpen van producten en het ontwikkelen van technieken?
6. In welke mate voldoet een gegeven ontwerp aan functionele, sociaal-economische en ethische eisen?

Reflectie en analyse

7. Hoe kun je de betrouwbaarheid toetsen van een bewering waarin gebruik wordt gemaakt van natuurwetenschappelijke kennis?
8. Wat is de invloed van de samenleving op de ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek?
9. Wat is de invloed van natuurwetenschap en techniek op de samenleving?
10. Wat is de rol van natuurwetenschappelijke kennis bij het bepalen van een, c.q. jouw standpunt over een maatschappelijk vraagstuk?

Deze vragen gaan over de methodologische kant van de natuurwetenschappen, maar ook over de ethische aspecten: mag een bepaalde toepassing van de natuurwetenschap wel? De vraag naar de invloed van natuurwetenschap op de samenleving biedt bovendien nog ruimte aan wat we de hermeneutische¹ kant kunnen noemen: als we de wereld interpreteren volgens de beelden die de natuurwetenschap aanreikt, beleven we de wereld dan nog op een manier die ons bevalt (zie bijv. Kockelkoren, 1990)? Is een bos bloemen nog iets anders dan een verzameling geslachtsorganen, is de mens nog iets anders dan materie, of zelfs meer dan een zoogdier (Drees, 1997)? Zo verschijnen er drie categorieën vragen rond natuurwetenschappelijke onder-

werpen: methodologische (hoe ontstaat kennis?), ethische (mag deze toepassing?) en hermeneutische (hoe beïnvloeden theorieën en het zoeken ernaar mijn beleving van de wereld?). Het vraagtekenskelet, afgeleid van de algemene eindtermen van ANW, stelt de interpretatieve kant (wat betekent een theorie?) niet aan de orde, daarvoor moeten we bij de inhoudelijke eindtermen zijn.

Het vraagtekenskelet kan nog bondiger, en zo komen we bijvoorbeeld tot de richtvragen die bij de tweede generatie lessenseries aan de leerlingen zijn gepresenteerd:

- . Waar haal je kennis vandaan?
- . Hoe gebruik je kennis?
- . Hoe weet je dat iets waar is?
- . Mag alles wat kan?

Deze vragen zijn voor leerlingen geformuleerd, om ze een soort rugzakje mee te geven op weg door de domeinen. Als we ze kritisch vergelijken met de algemene eindtermen, is duidelijk dat sommige van die eindtermen niet vanzelf goed tot hun recht komen in die vier vragen. Een kleine exercitie biedt de tabel in figuur 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A Waar haal je kennis vandaan?	x	o	x		x			o		
B Hoe gebruik je kennis?			o	x	x	x			o	x
C Hoe weet je dat iets waar is?	x		x	x			x	o		
D Mag alles wat kan?						x				o

Figuur 3: De tien algemene eindtermen (voor nummering: zie tekst) uitgezet tegen de vier leidraad-vragen. Een o betekent dat de relatie makkelijk gelegd kan worden. Een x betekent dat de relatie wel bedoeld is, maar minder vanzelf duidelijk is.

Figuur 3 laat zien dat eindtermen 2, 8 en 9, die vooral de wetenschapsdynamische kant betreffen, in het gedrang komen als de leidraad-vragen A t.m. D sterk individueel worden opgevat. Maar door 'je' in de A-D-vragen

als 'men' te lezen, komen ook die drie eindtermen tot hun recht.² Hulpvragen zijn natuurlijk niet verboden. Die zouden kunnen zijn: Hoe dachten de mensen daar vroeger over? Welke invloed hebben technische en maatschappelijke ontwikkelingen erop gehad?

Die methodologische, ethische en hermeneutische vragen gaan dan over de studie van objecten en verschijnselen, verzameld onder de domeintitels *Leven*, *Biosfeer*, *Materie* en *Zonnestelsel en heelal*. Juist daarin komt de interpretatie aan de orde die de natuurwetenschap aan de wereld geeft. De tien vragen hierboven bieden in principe een samenhang tussen die gebieden in het vak ANW. We komen hieronder nog terug op de vraag hoe die samenhang gebruikt kan worden bij het plannen van ANW-inhouden. Samenhang tussen de domeinen ligt echter ook in het feit dat levende en niet-levende natuur, op alle schaalniveaus — machten van tien —, in het heersende natuurwetenschappelijk wereldbeeld gezien worden als verschijningsvormen van een en dezelfde materiële basis.³

De beperking in de presentatie tot enerzijds "samenhang in de natuurwetenschap rond het systeem aarde-en-mens" en anderzijds "het stellen van vragen over natuurwetenschap en techniek" doet niet geheel recht aan de veelheid van ideeën die naar voren kwam in de vakontwikkelgroep. Zo werd er gepleit voor een ontmythologisering van wetenschap en van onderzoekers, om niet alles te geloven wat mensen in witte jassen beweren — over hondenbrokken bijvoorbeeld, of middelen tegen jeugdpuistjes. Een ander stelde voor, natuurwetenschap te presenteren als een grote verzameling theorieën over een nog grotere verzameling verschijnselen, waarbinnen verschillende mensen elk hun eigen fascinaties kunnen hebben, net als kunstenaars hun eigen stijl en thema. Of natuurwetenschap te tonen als een variëteit aan theorieën die elk hun eigen sterke kanten in bepaalde toepassingsgebieden hebben: er is geen sprake van één koningin der wetenschappen, met daarvan afgeleide mindere soorten. Dit soort overwegingen zijn na twee jaar toch goed geabsorbeerd in inhoudelijke uitwerkingen en in didactische vragen die opdoemen bij het selecteren en schrijven van lesmateriaal. Het ontmaskeren van de witte jas valt onder de vragen "Hoe gebruik je kennis?" en "Hoe weet je dat iets waar is?". Het beeld van de verschillen tussen en het lokale nut van allerlei disciplines kan gevormd worden door de vraag "Waar haal je kennis vandaan?".

Sommige suggesties die vanuit de vakontwikkelgroep of uit de commentaren kwamen, zijn niet gehonoreerd. Een voorstel uit de legitimeringsronde

om relevantie voor persoonlijke of maatschappelijke besluitvorming als algemeen criterium te hanteren, zou betekenen dat het onderwerp "Heelal" geen genade zou vinden. Daarmee zou in de ogen van de vakontwikkelgroep een belangrijke mogelijkheid voor een oriëntatie op het fenomeen modelvorming vervallen, en voor onderzoek naar de relatie tussen ontwikkelingen in de natuurwetenschap en de ontwikkeling van mens- en wereldbeelden. Een invulling van ANW die ook door commentatoren is voorgesteld, nl. met uitsluitend natuur- en milieu-educatie, zou dit bezwaar nog sterker hebben, omdat dan ook bijv. visies op ziekte en gezondheid buiten de boot zouden vallen.

Ook een benadering van ANW die men voorstelde, als een proces waarbij leerlingen zelf, door stukje bij beetje te experimenteren en technische ontwerpen te maken en uit te voeren, kennis en vaardigheden ontwikkelen op natuurwetenschappelijk en technisch vlak, is te beperkt. Daarmee zouden een aantal belangrijke ideeën uit historische en actuele natuurwetenschap gemakkelijk buiten beeld kunnen blijven. En de notie dat kennis onder andere gezien kan worden als een collectief goed, dat zich ontwikkelt in en onder invloed van maatschappelijke contexten zou dan geen enkele kans krijgen.

Interessant voor een kritische reflectie op de ANW-ontwerpen is ook de lans die Monk en Osborne (1997) breken voor *History and Philosophy of Science (HPS)* als bestanddeel van natuurwetenschappelijk onderwijs. Zij waarschuwen tegen een vorm waarin HPS uitsluitend in de vorm van verhaaltjes tussendoor verschijnt, om wat *human interest* in de formele wetenschap te brengen, en zo de leerlingen te motiveren. Zij waarschuwen ook tegen een eenzijdig kennistheoretische benadering van HPS, die vooral dreigt wanneer het historische aspect buiten beschouwing blijft: dan gaat het teveel over de spelregels van wetenschap, te weinig over de inhoud. Wetenschap is niet alleen methodologie, het is ook interpretatie; niet alleen syntaxis, maar ook semantiek. Aandacht voor de geschiedenis kan laten zien wat mensen bezig houdt, wat zij willen verklaren en welke invloed zij zouden willen hebben. Onderwijs in de geschiedenis van de natuurwetenschap kan ook laten zien dat de ontwikkeling van kennis allerlei routes doorging waarvan we pas achteraf kunnen vaststellen welke de zijpaden en doodlopende stegen waren en welke afkoersen op de beelden die we vandaag de dag hanteren. Dit besef, plus het inzicht dat grote namen uit het verleden soms dezelfde opvattingen hanteerden als wat we tegenwoordig in "preconcepten" van leerlingen herkennen, kunnen de leerlingen een hart onder de riem steken, en zo bijdragen tot hun motivatie. Dit argument voor HPS vinden we zowel bij Monk en Osborne als bij Matthews.

Tot nu toe hebben we bijna uitsluitend over inhoudelijke vragen rond ANW gesproken. Toch staat of valt het succes van ANW ook met het vinden van

een goede didactische aanpak. Voorschriften daarin geeft het examenprogramma niet, behalve dat het Studiehuis-kader niet zonder gevolgen voor de didactiek kan blijven. Uiteraard levert de inhoud zelf enkele didactische vragen op, waarbij vooral opvalt dat natuurwetenschappelijk geschoolde docenten nu ook meer alfa- en gamma-achtige werkvormen onder de knie moeten krijgen. Verder zullen uiteraard ook bèta-didactische vernieuwingen hun weg naar ANW moeten vinden, zoals dat bijv. bij *ontwerpend leren* (Janssen en Voogt, 1996) al is gebeurd, in de lessenserie *Over—leven*. De projectactiviteiten tot nu toe boden geen ruimte voor ander ANW-didactisch onderzoek dan in het kader van het uitproberen van lessenseries. Daarin bleef de didactiek niet meer en niet minder dan een van de aspecten.

We vatten deze eerste paragraaf samen. De overwegingen draaiden steeds om de vraag wat nu het kader, of het skelet, van het vak Algemene Natuurwetenschappen is. Geen academische vraag, zoals ook blijkt uit reacties van leerlingen van de proefscholen. We hebben beargumenteerd dat er twee mogelijkheden naar voren komen, die elkaar niet hoeven uit te sluiten, maar waarvan ontwerpers van ANW-onderwijs zich bewust moeten zijn:

- a. samenhang *binnen* de natuurwetenschap, in theorieën of andere beelden rond het systeem aarde-en-mens
- b. samenhang in het stellen van vragen *over* natuurwetenschap en techniek. Hoe kunnen zulke samenhangen, waarvan we het belang al beargumenteerden voor de leerlingen, nu ook auteurs en docenten helpen, het vak ANW enerzijds een eigen plaats te geven naast de afzonderlijke natuurwetenschappelijke vakken, anderzijds te plannen langs lijnen van leerstofopbouw en vaardigheden? Op de planning gaan we in de volgende paragraaf in, op de relatie met de vakken in paragraaf 3.

2. Planning en didactiek

De vraag die rijst nadat nieuwe eindtermen zijn vastgesteld is: wat voor leerplan moet er nu komen? In welke volgorde moet je welke begrippen aan de leerlingen aanbieden, en — de didactische vraag — met welke activiteiten moet je dat aanbod per begrip omkleden opdat de leerlingen ze optimaal verwerven?

Het ANW-programma laat zich niet zo makkelijk in die zin verspijkeren, omdat er geen gedetailleerd begrippenstelsel in wordt aangeboden, maar eerder ruimte wordt geboden om vanuit een aantal vraagstellingen naar een aantal gebieden te kijken.

Deze flexibiliteit in het onderwijsaanbod ligt niet zozeer specifiek in de inhoud van het vak ANW besloten, als wel in het uitgangspunt van het hele studiehuis, al wordt dat vermoedelijk door een nieuw vak als ANW wel

sterker uitgewerkt dan in bestaande vakken, die veel van hun geschiedenis in de nieuwe vormen moeten meenemen. Dat uitgangspunt wordt gevormd door de erkenning dat het de leerlingen zijn die leren, door ervaringen en reflectie daarop. In die visie past geen in detail voorgeprogrammeerd begrippenstelsel dat de leerlingen zich dankzij stuk voor stuk op hun effectiviteit getoetste aanleerstrategieën eigen maken.

Uiteraard is ANW meer dan "leren leren" alleen, omdat het wel degelijk een aantal vragen op de agenda van de leerlingen zet. Een categorie betreft ruwweg de vragen die hierboven in het kadertje gesteld zijn. Die algemene vragen keren terug in een tweede categorie vragen, in contexten die met de domeinen worden aangeduid: Leven, Biosfeer, Materie en Zonnestelsel/Heelal. De combinatie van die twee categorieën is van groot belang. Met een verwijzing naar de terminologie van Monk en Osborne (1997) noemden we hierboven al de vragen aan de verschijnselen, de *inhoudsvragen*, en de vragen over wetenschap en techniek, de *methodologische*, *ethische* en *hermeneutische* vragen. Het verslag over de aanwijzingen van de Stuurgroep en over de ontwikkelingen in de vakontwikkelgroep hierboven liet al zien dat de discussie zich steeds op het vlak van beide categorieën bewoog. In figuur 1 vertegenwoordigt de linker helft vooral de inhoudsvragen — *Wat weten we van de natuur?* — en de rechter helft vooral de andere vragen — *Hoe weten we dat van de natuur, en wat gebeurt er met die kennis?*

Voor de volgorde waarin de inhoudsdomeinen aan de orde komen bestaat geen voorschrift, noch een leerpsychologische lijn. Je zou kunnen denken dat het adagium "van concreet naar abstract" een begin met het eigen lichaam aanbeveelt, om vervolgens via de biosfeer, het zonnestelsel, en het heelal, terug te keren tot het integrerende besef dat lichamen, de aarde en het heelal alle dezelfde materiële basis hebben. De eindtermen in het domein "Materie" verwijzen echter behalve naar die materiële basis ook naar de productie van stoffen en materialen, vaak heel concreet, en dus ook geschikt om een programma "van concreet naar abstract" mee te beginnen. En wie de vraag "hoe weet je dat iets waar is?" concreet aan de orde wil stellen, kan ook heel goed beginnen met waarnemingen aan de sterrenhemel, en dan de vraag stellen wat nu het ruimtelijk model is dat die waarnemingen het beste beschrijft.

De komende jaren zal ANW in de praktijk beproefd worden, en nu is er behoefte aan een overtuigend idee voor een planning en een didactiek. Die praktisch zal dan moeten leren of het overtuigende idee ook een goed idee was. Als basiscriterium voor een volgorde kan de regel gelden dat zij gestuurd kan worden door vragen die bij leerlingen opkomen, dat levert ook een bijdrage aan de samenhang die de onderwerpen voor de leerlingen hebben. We noemen enkele suggesties die daarop anticiperen.

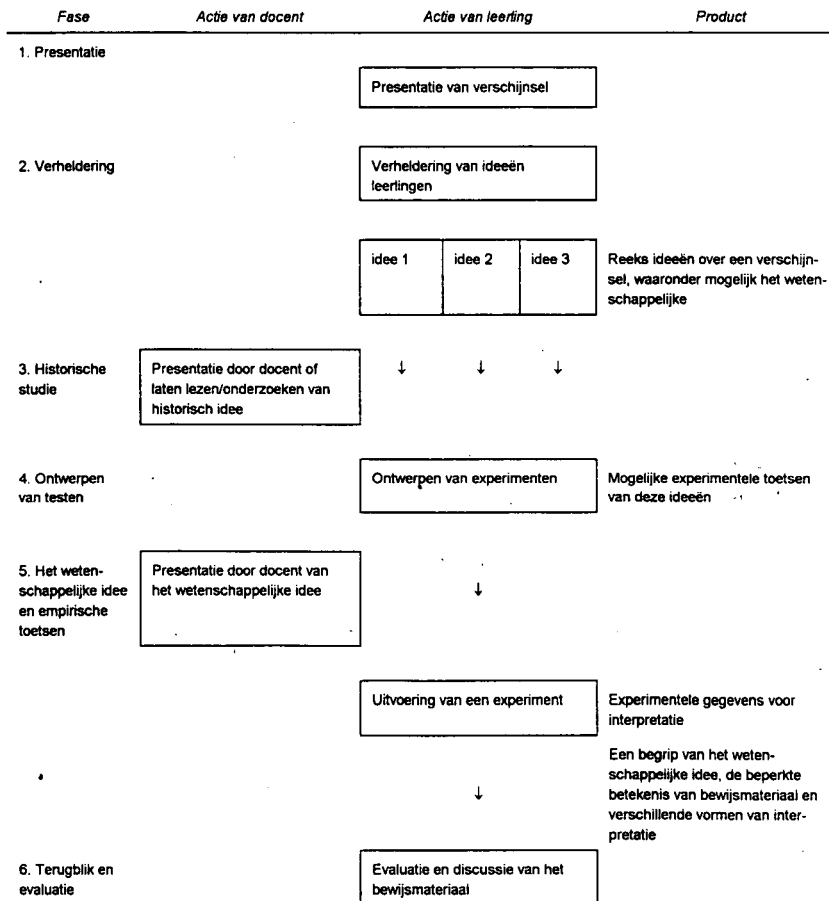
Een suggestie is al genoemd, nl. die van Lijnse (1994, zie ook figuur 2), om na een pas op de plaats (Natuurwetenschap en technologie, waar gaat dat over? Een samenvatting van de onderbouw) eerst een aantal inhoudelijke thema's te behandelen, en tot slot een terugblik te werpen op het verschijnsel natuurwetenschappelijke kennis. Om een indruk van die thema's te geven, die wat Lijnse betreft ook best andere zouden kunnen zijn: Wat weten we van het menselijk leven? Op wat voor planeet leven wij? In wat voor kosmos leven wij? Enzovoort. Als we Lijnses idee in figuur 1 projecteren, wordt een groot deel van het ANW-programma in de linker helft doorgebracht, pendelend tussen verschijnselen en hun natuurwetenschappelijke theorieën, en sluit het programma af met een stap naar rechts, naar het blok waarin gereflecteerd wordt op al die kennis.

Een tweede suggestie komt van Monk en Osborne (1997), een van oorsprong constructivistische planning waarin historische en wetenschapsfilosofische vragen een uitdrukkelijker plaats krijgen. Deze planning komt in zijn ambitie tegemoet aan het soort activiteiten dat ANW wil bieden, namelijk het waarnemen van verschijnselen, al dan niet in experimentele setting, het verzinnen en vervolgens vergelijken van ideeën ter verklaring, inclusief ideeën vanuit de geschiedenis van de natuurwetenschap, zo mogelijk een empirische toetsing en een terugblik. We geven de planning van Monk en Osborne weer in figuur 3.

Dit model beschrijft niet een compleet programma, bijv. voor ANW, maar de opzet van een lessenreeks, of "thema". Waar Lijnse de reflectie voor een belangrijk deel opspaat voor een slot-thema, brengen Monk en Osborne ze in elk thema opnieuw in, nadrukkelijk aangevuld met elementen uit de geschiedenis van de natuurwetenschap. De startvragen die zij per thema voorstellen, en waar zij op dit moment in hun praktijk als leraarsopleiders kennelijk mee aan het experimenteren zijn, lijken bescheidener dan het soort vragen dat bij ANW aan de orde zou moeten komen: "Welke steen zal het eerst de grond raken, de grote of de kleine?", "Zal een stuk metaal meer of minder wegen als het in de lucht is verbrand?", "Wat zal er gebeuren met het gewicht van een plant die in kraanwater groeit, zonder aarde?". Niet alleen snijdt ANW met zijn vier domeinen meer omvattende vragen van natuurwetenschappelijke beeldvorming aan, maar ook biedt ANW meer ruimte om producten van techniek als startpunt van onderzoek en reflectie te nemen.

Met nadruk noemen we nog het idee voor de vorm van een ANW-curriculum, zoals dat in de vakontwikkelgroep bij velen bleek te leven zodra over de inhoud van het programma werd nagedacht, en dat ook goed de ambitie van de Studiehuis-gedachte weergeeft. Het idee was om elk domein steeds te starten vanuit een bescheiden aantal van buiten af gestelde vragen, en docenten en leerlingen vervolgens de ruimte te geven, om naar hun eigen

voorkeur in te zoomen op achterliggende of verwante vragen. Heel grof gesproken zou dan ruim de helft van de onderzoeksvragen moeten volgen uit de inhoudelijke eindtermen, en zou de rest van de tijd kunnen worden besteed naar de voorkeuren van leerlingen, in overleg met de docenten. We kunnen dit idee koppelen aan de studiehuis-ambitie, die inhoudt dat de school een *leeromgeving* biedt aan leerlingen. Die leeromgeving schrijft op zichzelf geen vraagstellingen voor, maar staat de leerlingen tot hun beschikking bij het uitwerken van hun eigen vragen, dan wel van buitenaf aangereikte vragen.



Figuur 4: Model van een onderwijsproces dat inhoudelijk natuurwetenschappelijk onderwijs combineert met historische en kennistheoretische reflectie. Naar Monk & Osborne (1997), waarbij hun "experiment"-voorstellen voor ANW op zijn minst nog kunnen worden aangevuld met "veldwaarneming".

Docent en TOA zijn natuurlijk belangrijke onderdelen van die leeromgeving, maar ook boeken, knipsels, externe deskundigen, leerlingen elders (bijv. via e-mail), audiovisuele en elektronische bronnen, het practicumlokaal en het "vrije veld" zijn er deel van.

De vier lespakketten die de projectgroep ANW tot nu ontwikkelde, hebben zeker niet de pretentie, didactische modellen dan wel curriculumplanningen te toetsen op hun effectiviteit, maar leveren wel voorbeelden van hoe het bijvoorbeeld zou kunnen (zie ook de bijdrage van Eijkelhof e.a. in dit nummer). De series *Over-leven* en al helemaal *Ideeën over de ontwikkeling van het heelal* blijken in hun opbouw het dichtst bij de opbouw te staan zoals Monk en Osborne die voorstaan. In *Over-leven* komen verschillende verschijnselen die met ziektepreventie en -bestrijding te maken hebben achtereenvolgens aan bod, zodat de stappen van figuur 4 ruwweg tweemaal doorlopen worden. *Creatief met materie* nodigt leerlingen al snel uit om een keuze uit een grote reeks onderwerpen te maken, en concentreert zich daarbij sterk op producten van de techniek, van vroeger en van nu. *Zorgen voor de biosfeer* vraagt de leerlingen, na een (niet onproblematische) recapitulatie van basisvormingsstof, een model van duurzame ontwikkeling op zijn bruikbaarheid te toetsen aan de hand van een aantal casussen; hier gaat het bij verschijnselen dus veel meer om maatschappelijke situaties waarin natuurwetenschappelijke modellen een deel van de interpretatie leveren. Ook het tweede deel van dit lesmateriaal, waar de bruikbaarheid van klimaatmodellen wordt onderzocht, stelt een behoorlijk complex verschijnsel centraal: opwarming van de aarde. Het slaat de meest constructivistische van de stappen uit figuur 3, stap 2, de verheldering van ideeën van leerlingen, over.

Elk van de lessenseries besteedt aandacht aan zowel de linker- als de rechter helft van de ANW-ingrediënten, zoals gepresenteerd in figuur 1.

De projectgroep produceerde ook enkele *Kaderlessen*, die meer geënt zijn op het idee van Lijnse, dat je na enkele inhoudelijke delen een filosofische pas op de plaats maakt. Die kaderlessen komen echter niet alleen op het eind, maar kunnen ook aan het begin en tussendoor als reflectie en oriëntatie plaatsvinden. Overigens zie je in zo'n kaderles toch ook weer de vertrouwde ingrediënten verschijnen: een verschijnsel, over het algemeen schriftelijk gepresenteerd, en recapitulatie van al eerder waargenomen verschijnselen, en dan wat kennistheoretische of ethische vragen daarover. Een enkele docent gebruikte stukjes uit lesmateriaal waar hij/zij niet mee zou werken (de proefscholen hadden veel minder tijd dan het echte ANW-programma straks zal hebben) als kaderles.

Ons voorstel is, om zowel een ANW-curriculum als een didactiek per onderwerp de komende jaren te typeren en zo mogelijk te evalueren aan de

hand van categorieën die hierboven genoemd zijn. Samengevat in de vorm van een set van kandidaat-criteria zijn dat de volgende.

1. Een ANW-programma als geheel moet bijdragen tot verheldering van het beeld dat zowel de leerling zelf als de vigerende natuurwetenschap heeft van mens, leven in het algemeen, aarde, heelal en materie. De vraagstellingen die hiermee samenhangen noemen we *inhoudsvragen*, die verwijzen naar verschijnselen en natuurwetenschappelijke theorieën, zoals geschetst in het linker deel van figuur 1.
2. Een ANW-programma als geheel moet bijdragen tot de vaardigheid, de volgende vier vragen — met de kanttekingen hierboven, zie figuur 3 — systematisch te kunnen toepassen op de onderzochte verschijnselen en theorieën:
 - . Waar haal je kennis vandaan?
 - . Hoe gebruik je kennis?
 - . Hoe weet je dat iets waar is?
 - . Mag alles wat kan?

De eerste drie vragen noemen we *methodologische vragen*, de vierde een *ethische vraag*. Hermeneutische vragen naar de invloed van natuurwetenschappelijke activiteit op onze beleving van de wereld komen in de tweede en de vierde ook wel naar voren. Laten we de vier vragen samenvatten met de term *procesvragen*. Ze verwijzen naar reflectie op verschijnselen, natuurwetenschappelijke theorieën en hun toepassingen, zoals geschetst in het rechter deel van figuur 1.

3. De procesvragen moeten niet alleen in een programma als geheel aan de orde komen, maar moeten bij elk inhoudelijk onderwerp waar zij relevant zijn gesteld worden. De structuur van programma-eenheden (bijv. in de vorm van lessenreeksen) kan geïdentificeerd worden tegen de achtergrond van het model van Monk en Osborne zoals geschetst in figuur 3.
4. Bij inhoudsvragen en procesvragen moet waar mogelijk materiaal voorhanden zijn dat laat zien hoe daarover in het verleden, en ook in hedendaagse andere culturen mee werd c.q. wordt omgegaan.
5. Een ANW-programma moet de leerlingen een aantal vragen aanbieden die gerelateerd zijn aan de inhoudelijke domeinen en waarbinnen zij toetsbare doelstellingen kunnen herkennen. Die doelstellingen moeten in elk geval de inhoudelijke eindtermen omvatten. Voor de realisering van die doelstellingen moeten zij maar een deel van de beschikbare tijd nodig hebben (ca. 60%). Het programma moet hun verder de tijd gunnen, naar eigen voorkeur extra diep op een of meer van de onderwerpen in te gaan. Ook daarin moeten zij geëxpliciteerde toetsbare doelstellingen realiseren, waarmee zij kunnen voldoen aan de eisen m.b.t. vaardigheden (domein A) en aan de algemene eindtermen (domein B).

Deze punten kunnen tevens fungeren als criteria bij de evaluatie en herziening van eindtermen en uitwerkingen in programma's voor ANW. De uitwerking in leerplannen is al begonnen met het schrijfwerk van de zes auteursgroepen, en zal vanaf 1998 door de praktijk gevolgd worden. Het is van belang dat de praktijkervaringen, zowel als de leerplankeuzes van de auteurs, gemonitord en gedocumenteerd worden. Alleen dan worden we over vijf jaar niet overvallen bij de vraag, hoe de eindtermen en onderwijsprogramma's te herzien. Het spreekt voor zichzelf dat daarbij ook de resultaten van de toetsing van leerlingen betrokken moeten worden.

3. Reflectie op de identiteit van ANW

Tijdens de proefperiode hebben leerlingen dikwijls hun wenkbrauwen gefronsd bij ANW. We kunnen dat best relativeren, omdat ze het er als extra werk bij kregen, omdat het cijfer niet meetelde, of juist omdat het wel meetelde, omdat hun docenten er voor het eerst mee werkten. Maar een paar vragen moeten we toch heel serieus nemen:

1. Waar gaat dit vak over?
2. (Sommigen:) Hoef ik niet zo diep op de dingen in te gaan dat ik het niet meer interessant vind? (Anderen:) Mag ik net zo diep op iets in gaan dat ik het interessant vind worden?
3. Hoe weet ik of ik het goed gedaan heb?

De oplossingen voor dit soort vragen zijn voor een deel gezocht in de positieve meldingen van leerlingen. Wat mijzelf frappeerde was dat verschillende malen leerlingen hebben gerapporteerd, hoe leuk zij debatten vonden, "omdat je dan ziet dat niet iedereen het erover eens hoeft te zijn". Dat is een bemoediging voor degenen die proberen, het natuurwetenschappelijk onderwijs te ontkalken door te laten zien dat je geen leerling hoeft te zijn, om met de vraag naar waarheid en juistheid te worstelen – ook Grote Mannen en Vrouwen uit de wereld van wetenschap en techniek doen dat. Daar moeten we duidelijker dan in de proefperiode de vraag aan toe leren voegen waar het vak inhoudelijk over gaat. Misschien de basiselementen die voor het vak Techniek bepleit zijn (Projektgroep T15+, 1994): de rol van de begrippen materie, energie en informatie in het interpreteren van de wereld? Zij vormen weliswaar een overzichtelijke basis, maar zijn teveel een abstractie om inspirerend te kunnen zijn bij het uitwerken en kiezen van inhoud voor ANW, en om voor leerlingen een steun in termen van de identiteit van het vak te kunnen zijn. Een dat is in feite een veel algemener probleem bij "basisideeën van de natuurwetenschap" als ruggengraat van een onderwijsprogramma, waarover ook in de vakontwikkelgroep wel is gebrainstormd: zodra het om natuurwetenschappelijke basisbegrippen gaat, zijn dat meteen weer abstracties die pas achteraf, als er veel overzicht is, een

structureerende rol kunnen spelen — terwijl bovendien de keuze van de "basisbegrippen" zelf steeds zeer discutabel bleek. De basisideeën opvatten als een paar grote verhalen uit de natuurwetenschap leek beter te werken, en bracht de vakontwikkelgroep tot de vier natuurwetenschappelijke domeinen zoals die momenteel in het ANW-programma staan.

Zo komt de suggestie van Van Dam om een inspiratiebron te kiezen tot haar recht en combineren we daarvoor haar suggestie en die van Lijnse: ANW gaat over de mens en zijn woonplaats, en over de manieren waarop de mens over zichzelf en haar woonplaats nadenkt⁴.

De vraag naar de identiteit van ANW roept ook de vraag op wat de zaken verbindt die binnen de gewone natuurwetenschappelijke vakken aan de orde komen. Waardoor komen die vakken zo samenhangend over (hoewel: toen het in een interview met een leerling over het verschil in samenhang tussen ANW en natuurkunde ging, realiseerde de leerling zich dat natuurkunde voor haar ook geen samenhang heeft)? Wat kunnen we daaruit leren?

Biologie kan het makkelijkst getypeerd worden als het vak dat gaat over alles wat leeft, en 'leven' is een begrip dat in de leefwereld-taal van leerlingen ook voorkomt. Met 'materie en energie' is dat al anders. Natuurkunde en scheikunde worden misschien nog het meest getypeerd door een methode, of een manier van kijken. Bij natuurkunde is dat dan vooral het formaliserende, mathematiserende aspect. En de scheikunde kenmerkt zich vooral door het voortdurend pendelen tussen macroscopische en microscopische beelden van stoffen en materialen.

Toch typeert ook de biologie zich door een bepaald uitgangspunt in de aanpak van allerlei verschijnselen, waarin gezocht wordt naar de functie van systemen in het grotere geheel waarvan zij deel uitmaken. De eerder genoemde methode van ontwerpend leren is op die karakteristiek gebaseerd (Janssen en Voogt, 1996). Die op functionaliteit gerichte benadering onderscheidt de biologie ook van de andere twee natuurwetenschappelijke vakken. Dat geeft al een potentiële bron van versnippering aan binnen ANW, als dat vak zich ertoe zou beperken een optelsom van natuurwetenschappelijke vakken te zijn.

Op het gebied van onderzoeksvaardigheden vertonen de natuurwetenschappelijke vakken grote overeenkomsten, al dringen alleen de verschillen in verschijnselen al methodologische verschillen op — we denken bijv. aan verschillen in reproduceerbaarheid van verschijnselen en dus in typen onderzoeksopzet en statistische analyses.

Wat de drie vakken weer verbindt, is de mogelijkheid om met de kennis van de betreffende verschijnselen de materie, of de levensvormen, te beïnvloeden. Daarin ligt dan weer de verbinding van elk der vakken met techniek.

Als we de identiteit van een schoolvak zoeken, komen we bij een combinatie van object en methode uit. *Als* we de identiteit van een vak zoeken. Waarom zouden we dat doen? Tenminste om de leerlingen die vragen als hierboven stellen, een antwoord te kunnen geven, maar toch zeker ook om ze een centrale vraagstelling te bieden waaraan ideeën, kennis en vaardigheden ontleend kunnen worden, die zich door oefening kunnen ontwikkelen. Het leren van een vak moet meer kunnen zijn dan het steeds voller maken van een zak met weetjes en ervaringen. Bij de ontwikkeling van een nieuw vak stel je de vraag naar de identiteit nadrukkelijker dan bij de herziening van een bestaand vak. Bij de herziening van de bestaande natuurwetenschappelijke vakken, de "monovakken", heeft op het inhoudelijke vlak vooral de structurele introductie van vaardigheden een rol gespeeld, en vanuit didactische motieven een stroomlijning in contexten (techniek, gezondheid, milieu). Bij ANW was een veel sterkere centrale vraagstelling gewenst, om überhaupt op ideeën te kunnen komen.

Het "vraagtekenskelet" is sterker aanwezig als rationale in het vak ANW dan in de afzonderlijke vakken. Dat maakt de *afgrenzing* naar die vakken gemakkelijk, omdat deze zich minder dan ANW bezig houden met vragen van historische, kennistheoretische en ethische aard. Er kan overlap optreden, vooral met het schoolvak biologie, dat zich immers ook met ethische vragen rond ziekte en gezondheid bezighoudt, en rond de relatie tussen mens en milieu. De leerlingen uit de proefscholen blijken de overlap zelden op te merken, en melden hem nooit als storend. Zij waarderen de mogelijkheid, op een andere manier dieper op dingen in te kunnen gaan dan ze dat in de "monovakken" doen — voorzover ze die vanaf klas vier überhaupt nog hebben natuurlijk. Vooral de mogelijkheid van een debat prijzen veel leerlingen, of het nu over kennistheoretische vragen gaat ("hoe weet je dat iets waar is?") of over ethische ("mag alles wat kan?").

Nu is *afgrenzing* nog iets anders dan *afstemming*. Veel van de onderwerpen die in ANW aan de orde komen, kunnen naar believen verder worden uitgediept door bijvoorbeeld verder op de scheikunde ervan in te gaan. Dat bleek bijvoorbeeld in het debat over de voorgenomen uitbreiding van een chloorfabriek. Op bepaalde momenten in de discussie rijst de behoefte aan kennis over stoffen en hun gezondheidseffecten. Het is dan aan docent en leerlingen om te beslissen of en hoe diep en met welke tijdsinvestering men daarop in gaat. En dan is het mogelijk dan men in een gebied terecht komt dat ook in het scheikunde-programma staat. De een zal dat een risico vinden, en om die reden die verdere verdieping naar de behandeling in het profielvak

verwijzen — voor wie dat vak heeft natuurlijk, want ongeveer de helft van de ANW-leerlingen volgt geen β -profiel. Een ander zal er een voordeel in zien, en leerlingen met het passende profiel de gelegenheid geven het alsnog op die wijze uit te diepen. In een heterogene klas kunnen de verschillende contexten worden uitgediept door leerlingen met verschillende pakketten. Hier zullen overigens de organisatorische vragen de inhoudelijke vaak overstemmen: wie registreert bijvoorbeeld dat leerling x in de vierde klas al iets aan onderwerp y uit de scheikunde heeft gedaan, dat eigenlijk voor de vijfde klas gepland was? Overigens hoeven we ons niet tot β -profielen te beperken: een leerling van een der proefscholen die een onderzoekje in het domein *Materie* naar de productie van kunstmest voor de Derde Wereld deed, wilde erop doorgaan door naar mondiale handelsrelaties in de landbouwsector te kijken, en naar het verband met de koloniale geschiedenis.

In de fase van de proefscholen was het uitgangspunt dat ANW vooral wordt uitgewerkt rond het "vraagtekenskelet", de B-eindtermen in de huidige ordening. De aarde, of de mens op de aarde, is hooguit impliciet als inspiratiebron gebruikt. Om dat sterker uit te werken, kunnen we bijvoorbeeld natuurwetenschappelijke benaderingswijzen aan leerlingen aanbieden van de thema's uit de cirkel die Lijnse schetst (zie figuur 2). De eindtermen uit de vier domeinen C tot en met F bieden daar het kader voor. De vraag is, hoeveel van de betreffende natuurwetenschap aan bod kan komen bij al die thema's, terwijl er dan toch tijd moet overblijven om het geheel nog eens te overzien.

De afstemming met de andere vakken is wat de natuurwetenschappelijke onderwerpen in het ANW-examenprogramma betreft gepland door zo veel mogelijk voort te bouwen op de basisvorming, en van daaruit andere routes te kiezen dan de "monovakken" doen, of door iets heel anders te doen, nl. in het domein *Zonnestelsel en Heelal*. Maar ook in dit opzicht is enige overlap niet te voorkomen, en ook weer het sterkst met de biologie.

We stelden al dat ANW als niet meer dan een optelsom van β -vakken intern verdeeld zal blijven. Een belangrijke vraag voor de komende jaren zal zijn, of ANW-docenten en -ontwikkelaars erin slagen, het kader van de vragen over de natuurwetenschap zo helder te krijgen, dat daarin voor leerlingen de identiteit van het vak vanzelfsprekend wordt. Dat vraagt ook van de docenten een behoorlijke omslag: hun vak-paradigma — "ik let op functionaliteit", "ik let op de relatie tussen macro en micro" etc. — zal moeten worden aangevuld met gevoel voor de karakteristieke benaderingen van de andere vakken, en voor vragen van methodologische, ethische en hermeneutische aard over die vakken.

Noten

1. 'Hermeneutisch' is een woord dat verwijst naar de 'beleving' van natuurwetenschappelijke ideeën. Omdat het in de wereld van de natuurwetenschap zelf nogal onbekend is, hebben we hier het woord 'esthetisch' voor overwogen. Die term wordt echter al gebruikt om te verwijzen naar het criterium van de elegantie van theorieën, zodat verwarring mogelijk zou zijn. Daarom dus toch maar 'hermeneutisch'.
2. Het verschil tussen een individueel 'je' en een algemeen 'men' verwijst naar het verschil tussen het ontstaan van individuele kennis en het ontstaan van collectieve kennis. In biologische termen: tussen de ontogenese en de fylogenese van kennis. Monk en Osborne (1997) snijden de verwantschap tussen die twee routes aan. Zij waarschuwen echter tegen deze verwantschap als *didactisch* argument voor het behandelen van *History and Philosophy of Science*: onderzoeken op diverse deelgebieden (warmte en temperatuur, fotosynthese, de vorm van de aarde) laten zien dat de ontwikkeling van concepten bij leerlingen anders loopt dan in de geschiedenis van de natuurwetenschap. Ook Matthews (1994) is kritisch over zo'n connectie, in een bespreking van *discovery learning*, aan het eind van zijn tweede hoofdstuk.
3. Deze samenhang vooronderstelt een wereldbeeld dat T.B. Jongeling (1997) met de term *fysicalisme* aanduidt, "de gedachte dat alles opgebouwd is uit de dingen die in de fysica beschreven worden: elementaire deeltjes, velden, straling, etc." (o.c., 51). Complexere systemen zijn in dat beeld opgebouwd uit eenvoudiger, zonder dat daarmee gezegd is dat de eigenschappen van complexere systemen dan ook begrepen of verklaard kunnen worden uit de eigenschappen van lagere (er zijn bijvoorbeeld gebieden in de biologie waaraan de natuurkunde niets te bieden heeft). Fysicalisme kan ook met *ontologisch reductionisme* aangeduid worden, in tegenstelling tot *epistemologisch reductionisme*, dat wél verklaarbaarheid van het hogere vanuit het lagere veronderstelt.
De vakontwikkelgroep heeft met de keuze om "vigerende" theorieën in elk inhoudelijk domein vooraan te zetten, per domein ook de fysicalistische lijn uitgewerkt, en daarmee impliciet als uitgangspunt geaccepteerd. Daar kan men over twisten, en het mag ook in het kader van ANW. Ik vind het overigens een plausibel uitgangspunt.
4. Is de mens mannelijk of vrouwelijk? In de laatste zin gebruikten we twee geslachten, in navolging van W.B. Drees in zijn *Taking science seriously* (Amsterdam: VU, 1994). Als de mens besproken wordt als onderzoeker, dan gebruikt hij de vrouwelijke vorm, tegenover de mannelijke waar de mens als object van onderzoek beschreven wordt. Willekeurig, maar eerlijker dan of-of. En: het laat zien dat de mens object én subject van natuurwetenschappelijk onderzoek is.

Literatuur

- Dam, R. van (1995). *Natuurwetenschappen; de aarde als inspiratiebron*. Interne notitie voor de vakontwikkelgroep ANW, mede gebaseerd op het werk van de auteur aan de cursus *Natuurwetenschappen* van de Open Universiteit.
- Drees, W.B. (1997). Mensen als mogelijkheid van materie. In: Drees, Willem B. (red.) *De mens: meer dan materie?*. Kampen: Kok.
- Janssen, F. & P. Voogt (1996). Ontwerpend leren in het biologie-onderwijs. *NVOX*, 21, 2, 42-47
- Jongeling, T.B. (1997). Wat is reductionisme? In: Drees, Willem B. (red.) *De mens: meer dan materie?*. Kampen: Kok.

- Kockelkoren, P. (1990). 'Grondhoudingen in de natuurbenadering: historisch en hedendaags.' In: P. Kockelkoren, R. Luijf en P. Tijmes. *Boven de groene zoden*. Utrecht: Jan van Arkel.
- Lijnse, P. (1994). *Overpeinzingen over het vak 'Algemene Natuurwetenschappen'*. Interne notitie voor de vakontwikkelgroep en de projectgroep ANW.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, Philosophy of Education Research Library
- Monk, M. & J. Osborne (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: a Model for the Development of Pedagogy. *Science Education* 81, 405-424.
- Projectgroep T15+ (1994). *Discussienota Techniek 15+: een voorstel rond voorbeeldmodulen Techniek in de Tweede Fase HAVO/VWO*. Amsterdam: UvA, vakgroep natuurkunde-didactiek.
- 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.
- SPTFVO (1995). *Advies Examenprogramma's havo en vwo: Algemene Natuurwetenschappen*. Den Haag: Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs.