

Het Natuurkunde-Curriculum onder Druk

Ch.G. van Weert

Woudschotenconferentie 13 december 1996

*We do not know what is happening,
and that is what is happening.*
José Ortega Y Gasset



Samenvatting

Het aantal studenten natuurkunde en sterrenkunde loopt terug, evenals het aantal scheikunde en wiskunde studenten. De universiteiten denken daaraan wat te kunnen doen door de opleidingen breder te maken dan alleen een onderzoekersopleiding. Dit betekent voor traditionele opleidingen zoals natuurkunde een moeizaam proces van heroriëntatie op vorm en inhoud van het onderwijs.

Er is een opvallende parallel met de inrichting van het studiehuis en de profielen in de tweede fase. De waarschuwing is dat de discussie over de vorm van het onderwijs en de didactiek in het studiehuis (het thema van deze conferentie) de discussie over de vakinhoud van de profielen geheel dreigt te overschaduwen. Voor een vitalisering van het vak natuurkunde in de tweede fase moet een vernieuwing van de inhoud in de context van de natuurwetenschap nu voorrang krijgen.

1. Drijvende krachten

Zeer specifiek voor natuurkunde is dat het een "onderzoeksvak" is, althans zo wordt het vak thans aan de universiteit onderwezen. En dat scheidt een probleem. Niet dat er iets mis is met het onderzoek, in tegendeel, nog onlangs concludeerde een internationale commissie die het natuurkundig onderzoek aan negen Nederlandse universiteiten heeft beoordeeld dat zeker tien procent van het natuurkundig onderzoek tot de wereldtop behoort. Al eerder had een andere internationale commissie het Nederlandse sterrenkundig onderzoek de hemel in geprezen.

Ondanks deze prestaties gaat het met het onderwijs in deze vakken minder goed. De drie belangrijkste oorzaken hiervoor zijn: 1) dalende instroom van studenten, 2) veranderingen op de arbeidsmarkt, 3) (studie)financiering.

(studie)Financiering

Om met het laatste te beginnen, natuurkunde is een moeilijke studie die veel van de studenten vraagt; na medische studenten werken natuurkundestudenten het hardst aan hun studie. Toch duurt het gemiddeld 5,5 jaar voordat een doctoraalexamen wordt behaald door diegenen die het tot het einde volhouden. Het propedeuse rendement ligt tussen de 60 -70% en vertoont een licht dalende tendens. Het doctoraal-rendement (de verhouding tussen het aantal doctoraal-behalers na zeven jaar en het netto aantal studenten dat aan de doctoraalfase begint) heeft al jaren een constante waarde van 90-100%. Het overgrote deel van de studenten doet langer tot veel langer over de studie dan de vier jaar die er voor staat, of haakt ergens af.

Sinds vorig jaar is de nominale cursusduur van de natuurkunde opleidingen aan de technische universiteiten opgerekt naar vijf jaar. De natuurkunde en sterrenkunde studenten aan de algemene universiteiten, daarentegen, moeten het nog steeds doen in vier jaar; een merkwaardige tweedeling waartegen de natuur- en sterrenkunde opleidingen zeer sterk protesteren, omdat er in zwaarte geen enkel verschil is tussen een opleiding technische natuurkunde en de opleidingen natuurkunde en sterrenkunde aan algemene universiteiten.

De overheid voert echter een beleid waarin weinig waardering blijkt voor zulke inspanningen. Er wordt bespaard op de studiefinanciering, hetgeen studenten noopt om meer bij te verdienen, en er wordt bespaard op de uitgaven van het universitair onderwijs door slechts vier jaar studie te financieren, ongeacht de feitelijk studieduur. De overheid hoopt hierdoor een besparing te bereiken van ongeveer 60.000 studentjaren na het jaar 2000. Er is dus een grote financiële druk op de faculteiten om een beter "studeerbaar" onderwijsprogramma aan te bieden, d.w.z. een minder zwaar onderwijsprogramma.

Veranderingen op de arbeidsmarkt

Ook aan de uitstroomkant is er veel in beweging. Net zoals voor afstudeerders van andere studies geldt dat het vinden van een baan niet vanzelf gaat. Een flink aantal jonge fysici is enige maanden op zoek naar een betrekking. Slechts 16% van de niet-gepromoveerden vindt werk dat is gerelateerd aan het vakgebied van afstuderen, de anderen vaak in de automatisering. Ongeveer 55% neemt een tijdelijke baan als AIO of OIO om te promoveren. Het probleem is om daarna een vaste baan te vinden. Ongeveer 50% van de gepromoveerden gaat naar het bedrijfsleven, ongeveer 20% naar het buitenland, vaak voor een tijdelijke post-doc positie. Minder dan 10% ziet kans een baan te vinden aan een academische instelling.

Als we dit afzetten tegen de arbeidsmarkt als geheel dan doen fysici het helemaal niet zo gek. Het is echter wel zo dat banen in het natuurkundig en sterrenkundig onderzoek schaars zijn, zowel aan de universiteiten als bij grote bedrijven. Ook worden andere eisen gesteld door de werkgevers, dan een paar jaar geleden. Men is erg op zoek naar jonge academici met aangepaste sociale omgangsvormen, die zich goed kunnen uitdrukken en presenteren. Werkgevers vinden wel eens dat natuurkundigen in dit soort zaken niet uitblinken en dat hieraan meer aandacht moet worden gegeven tijdens de studie. Het onderwijsprogramma moet dus niet alleen studeerbaarder worden maar ook socialer met meer groepswork, projecten etc.

Dalende instroom van studenten

Het meest zorgelijke aspect is echter de steeds dalende instroom. In de tabel staan de cijfers voor de laatste 3 jaar. Die cijfers zijn: ongeveer 300 eerstejaars bij de zes algemene universiteiten (universiteit van Amsterdam, de Vrije universiteit, en de universiteiten te Leiden, Utrecht, Groningen Nijmegen), en ongeveer evenveel bij de drie technische universiteiten (Delft, Eindhoven, Twente). Hoewel de daling voor een groot deel verklaard kan worden uit de demografische vermindering van het totaal aantal VWO-scholieren, een afname met 30% in de afgelopen 12 jaar, is er meer aan de hand. Dit blijkt b.v. uit het feit dat het afgelopen jaar de totale instroom aan alle universiteiten is gedaald met 2,3 %, maar de instroom natuurkunde en sterrenkunde met 10%. Het gevolg is een instroom die het laagste is sinds 1976.

De oorzaak is moeilijk exact aan te geven, maar het is wel duidelijk dat voor aspirant studenten die kosten en baten van een natuurkunde studie afwegen, de balans steeds vaker negatief is; hard werken en lang studeren, zonder een duidelijke voorsprong op de banenmarkt. Bovendien is het vakgebied nog steeds niet erg in trek bij meisjes. In dit opzicht blijven natuurkunde en sterrenkunde ver achter bij medische en biologische studierichtingen.

	1994	1995	1996
alg universiteiten	364	325	293
tech universiteiten	332	314	285
totaal	696	639	578

Tabel 1. Instroom eerstejaars natuurkunde en sterrenkunde.

Enquête

Kort geleden liet de faculteit WINS (Wiskunde, Informatica, Natuurkunde en Sterrenkunde van de Universiteit van Amsterdam) een uitvoerig onderzoek naar het keuzegedrag van scholieren uitvoeren. Enkele interessante conclusies zijn: de interesse in een vakgebied is in hoofdzaak bepalend voor de studiekeuze. Enkele andere factoren zijn: de arbeidsmarkt, en goede cijfers voor bètavakken. In de onderstaande tabel staat dit weergegeven.

	scholieren	studenten
interesse	89 %	88 %
arbeidsmarkt	47 %	41 %
goede cijfers	24 %	27 %
buitenland	14 %	4 %
keuzevrijheid	15 %	0 %

Tabel 2. Keuzemotieven van scholieren en eerstejaars studenten.

bron: onderzoek Stichting leerstoel marktbeleid en marktonderzoek 1996

In het onderzoek is ook gevraagd waarom scholieren geen bètastudie kiezen; de antwoorden zijn enigszins voorspelbaar, maar toch nog negatiever dan verwacht. Redenen die genoemd worden zijn: bètastudies zijn niet praktijkgericht en "nerderig", de arbeidsmarkt is slecht. Zeer verrassend komt uit het onderzoek naar voren dat volgens de ondervraagde scholieren schooldecanen zeer slecht op de hoogte zijn van de inhoud en beroepsmogelijkheden. Bovendien werken schooldecanen sterk rolbevestigend: "bètastudies zijn iets voor sociaal onhandig lieden".

2. Aanpassingen in het WO

Hoe hebben de universiteiten en faculteiten van de bedreigde studierichtingen natuurkunde en sterrenkunde de afgelopen jaren gereageerd op deze veranderingen? Eigenlijk net als een bedrijf dat dreigt in de rode cijfers te komen. Men probeert eerst met voorlichting, advertenties en andere vormen van reclame een positief beeld te schetsen van het product. Als dan blijkt dat het toch niet alleen aan de beeldvorming kan liggen, komt er een proces op gang waarbij men ook intern orde op zaken gaat stellen. Voor de natuurkunde- en sterrenkundefaculteiten verloopt dit proces in een aantal opeenvolgende stadia die ik zal aanduiden met voorlichting, werving, studeerbaarheid en curriculumherziening. Vooral de laatste twee stadia hebben veel gemeen met de herstructurering van de tweede fase van VWO/HAVO. De parallellen met het studiehuis en de inrichting van de profielen zijn zeer relevant voor de aansluiting VWO en WO.

Voorlichting

Omstreeks 1985 begon de dalende instroom zich te manifesteren bij de bètafaculteiten. De eerste reactie was dat er iets mis moest zijn met de beeldvorming van de scholieren. Om dit te corrigeren werd een flink budget voor voorlichting en reclame uitgetrokken. In Amsterdam ging de bèta-plus-campagne van start met paginagrote advertenties in de dagbladen. Voor de vormgeving mocht de faculteit een zilveren brief van de reclamewereld in ontvangst nemen. Ook op andere wijze werd de aandacht getrokken; door de organisatie van wetenschapsmarkten, open dagen, e.d. Allemaal initiatieven die over het algemeen zeer positief beoordeeld worden door de bezoekende scholieren en hun ouders. Toch is het resultaat tamelijk teleurstellend gemeten naar de instroom, want die bleef dalen.

Werving

Het geringe succes van de voorlichting, deed actievere vormen van werving ontstaan. Bekend zijn geworden de Masterclasses die de Universiteit van Amsterdam vanaf 1992 als eerste ging organiseren voor goede 4VWO scholieren. Onderwerpen als Relativiteitstheorie, Kosmologie, Zwarte gaten, bleken zeer in trek, en dienden als voorbeeld voor andere universiteiten. En niet alleen bij natuurkunde en sterrenkunde; de Masterclass-gids van de Universiteit van Amsterdam vermeldt inmiddels Masterclasses voor vrijwel iedere studierichting.

Er kwamen op vele plaatsen ook tal van aansluitingsprojecten tot stand, met als doelstelling een nauwer contact tussen scholen en universiteiten. Er is inmiddels een groot netwerk opgebouwd, er komen stafleden op school, samen met de leraren worden bezoeken van leerlingen aan de universiteit voorbereid. Na afloop is er vaak ook nog een nagesprek. Het verhaal over resultaten is gauw verteld; leerlingen zijn positief maar een meisje dat medicijnen wil studeren laat zich door zo'n bezoek niet verleiden toch voor natuurkunde te kiezen.

Studeerbaarheid

Voor de universiteiten werd het duidelijk dat enige interne reflectie noodzakelijk was. De studie natuurkunde is lang en moeilijk, maar misschien geeft het vertrouwen als er een garantie is van studeerbaarheid en goede begeleiding. De visitatiecommissie die in 1988 de natuur- en sterrenkunde opleidingen onderzocht op kwaliteit deed hiertoe enkele aanbevelingen. Geleidelijk werden door de natuurkunde- en sterrenkundefaculteiten op diverse manieren systemen van studiebegeleiding ingevoerd. In Amsterdam heette dat het Tutorproject, waarbij de begeleiding in de propedeuse voor een deel door VWO-natuurkunde leraren werd gedaan.

Deze experimenten zijn van belang nu ook het VWO bezig is de tweede fase van VWO/HAVO te herstructureren. De discussie over studiehuis heeft veel kenmerken gemeen met die van de studeerbaarheid op het WO. In het rapport van de commissie Wijnen van 1992 gaat het om "student-gecentreerd" onderwijs. Dit is nu ook de mantra geworden van het studiehuis: de leerling centraal, minder frontaal onderwijs, sterke stimulans van zelfstandig leren, de docent als 'facilitator'.

De ervaringen op het WO hebben bewezen dat met deze aanpak positieve resultaten geboekt kunnen worden. Deze liggen vooral in de positieve beoordeling van de werksfeer door studenten en docenten. Of er sprake is van een absolute verbetering van tentamenresultaten is moeilijker aan te tonen, hoewel de experimenten van Eric Mazur (zie zijn bijdrage aan deze conferentie) wel in deze richting wijzen. Voor de optiek van mijn verhaal is dat echter minder relevant, omdat het er om gaat of door veranderingen in de studieopzet en studiebegeleiding de natuurkunde een grotere aantrekkingskracht heeft gekregen. Dat blijkt in ieder geval niet uit de instroomcijfers, want die blijven dalen.

Curriculumherziening

Daarmee zijn we in het heden aangeland en de pijnlijke waarheid, dat de bètastudies het niet zullen redden zonder ingrepen in het curriculum. We kunnen er niet omheen, de natuurkundestudie is onaantrekkelijk t.o.v. andere disciplines, zoals economie, door een combinatie van een moeilijke imago, de lange studieduur, en de beperkte beroepskansen in het onderzoek. Als je met natuurkunde geen baan als natuurkundige kan krijgen, maar tenslotte na enige bijscholing wel een baan als manager in een bedrijf, waar bijna al je collegae econoom zijn, dan ligt de conclusie voor de hand dat een studie economie een gunstiger kosten/baten plaatje heeft. (Why become a scientist, when you can become his boss, is een Amerikaans gezegde in dit verband).

Tenzij natuurlijk de studie natuurkunde door veranderingen in het curriculum betere mogelijkheden weet te bieden op de arbeidsmarkt. En met dat proces van aanpassing zijn de natuurkunde en sterrenkundefaculteiten nu bezig. Er worden nieuwe varianten bedacht zoals combinatiestudies met een deel bètavakken (de major) en een deel een gamma-vak, zoals economie (de minor). En dit lijkt aan te slaan; een in 1996 gestarte nieuwe propedeuse aan de Universiteit van Amsterdam bestaande uit bètavakken (wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie, informatica) en gamma-vakken (psychologie, economie, sociologie, filosofie) trok twee keer zoveel studenten als de gewone opleiding natuurkunde. Combinatiestudies zoals Medische fysica en Biofysica waren al populair, en het zou heel goed kunnen zijn dat in de toekomst de combinatiestudies de traditionele hoofdvak-studies gaan overschaduwden. Deze hervormingen worden door de wetenschappelijke staf niet unaniem als wenselijk ervaren, maar het lijkt onontkoombaar, onder meer omdat dezelfde ontwikkelingen ook elders in Europa en de Verenigde Staten spelen.

3. Natuurkunde in de bèta-profielen

Vakontwikkelgroep

Welke parallellen liggen hier nu met het VWO. Naar mijn mening is de les die de universiteiten geleerd hebben de volgende: de inhoud van het vak is belangrijker dan de vorm. Betrokken op het VWO en HAVO, een discussie over de "didactiek in het studiehuis" kan pas gevoerd worden als de inhoud van het vak natuurkunde op HAVO en VWO aanzienlijk gemoderniseerd is. Anders zal de positie van natuurkunde op de middelbare school net zo afkalven als die aan de universiteiten. En die modernisering moet verder gaan dan de eindtermen zoals die nu voor het nieuwe examen zijn geformuleerd door de vakontwikkelgroep natuurkunde.

Door het overhaaste schema waarin de nieuwe examenprogramma's tot stand moesten komen is er te weinig tijd geweest voor een grondige inhoudelijke discussie. Het overgrote deel van de tijd stond het studiehuis op de agenda; hoe onderwijs je vaardigheden, hoeveel lesuur per studielastuur, hoe past de WEN-lijst in de eindtermen. Vooral de voortdurende ijking van alle voorstellen aan het oude examenprogramma, was zeer tijdrovend en maakte op een relatieve buitenstaander, zoals ik mijzelf zie als lid van de vakontwikkelgroep, de indruk dat er naar gestreefd moest worden om zo weinig mogelijk te veranderen. Anders zou het "veld" niet willen meewerken aan de tot stand koming van het studiehuis.

Natuurleer

Een van de gemiste kansen is de geringe samenspraak met Scheikunde en Biologie. Daarop is al eerder gewezen door Peter Voogt, lid van de vakontwikkelgroep Biologie, en door Herman Hooymayers in zijn voordracht op deze conferentie. Weliswaar vergaderden de vakontwikkelgroepen Biologie, Natuurkunde, en Scheikunde steeds gezamenlijk, maar onder de tijdsdruk is er van overleg over de inhoud niet veel gekomen. Wel is uiteindelijk de lijst met vaardigheden voor de drie natuurwetenschappelijke vakken grotendeels gelijkluidend geformuleerd.

Maar het hoeft hier niet bij te blijven. Met Scheikunde en Biologie zou er een curriculumontwikkeling kunnen plaatsvinden in de richting van wat in het Engels de sciences heet, en waarvoor wij geen goed woord hebben. In het tijdschrift *Onze Taal* van september j.l. wordt "Natuurleer" voorgesteld als de minst slechte benaming. De opzet zou moeten zijn om te streven tot een zekere integratie van deze vakken, of althans de samenhang meer te benadrukken. Immers de belangrijke principes van de natuurkunde, zoals energiebehoud, zijn ook principes van de natuurleer. In het natuurkundige deel van de natuurleer zou de nadruk moeten vallen op datgene wat de natuurkunde uniek maakt, namelijk het universele, het zoeken naar algemeen geldende principes en het kwantitatieve, natuurwetten en wiskundige modellen. Juist in de context van de natuurwetenschap kan de natuurkunde heel goed tot haar recht komen als een "enabling science".

Misvattingen

Dit heeft gevolgen voor het natuurkundecurriculum. Persoonlijk heb ik twijfels over de grote nadruk op de mechanica in het middelbareschool-pakket; m.i. is dit niet noodzakelijk, noch voor een goed begrip van de natuurkunde, noch voor de aansluiting met het WO. Ik zou zelfs willen spreken van een misvatting. Maar die is waarschijnlijk het gevolg van een andere misvatting namelijk dat de natuurkunde op de middelbare school moet voorbereiden op de universitaire natuurkunde studie, dus voor 2% van de leerlingen. Het zou beter zijn om de eindtermen van de natuurkunde te richten op de 98% van de leerlingen waarvoor het profielvak natuurkunde eindonderwijs is. Dit hoeft geen verlaging van het niveau te betekenen maar wel een andere ordening van de leerstof.

Daarbij zou met vrucht gebruik gemaakt kunnen worden van de vele mogelijkheden die de computer biedt voor visualisatie, animatie, simulatie en symbolische manipulatie. Dan kan ook een andere misvatting uit de weg worden geruimd, namelijk dat natuurkunde saai en vervelend is. Wat mij betreft wordt het hoofddoel van de toekomstige curriculumontwikkeling, hoe kweken we interesse voor de natuurkunde. Op dat altaar offer ik gaarne de derde wet van Newton, mechanische hefboomen, de horizontale worp en al die andere mechanica-onderwerpen die je altijd nog op een (technische) universiteit kan leren als je dat echt wil weten.

Moderne fysica

De gewonnen tijd zou ik willen besteden aan moderne natuurkunde. Daarbij denkt men al gauw aan relativiteitstheorie of quantummechanica. Nog afgezien van het feit dat ontwikkelingen van het begin van deze eeuw nauwelijks meer modern te noemen zijn, zou ik moderne fysica niet zo nauw willen definiëren. Waar het om gaat is dat er een te groot verschil is tussen de manier waarop de moderne fysica wordt beoefend en wat verteld wordt op de middelbare school. Volkomen onderbelicht blijft dat natuurkunde door de moderne ontwikkelingen een wetenschap is geworden waarin kans en onzekerheid een belangrijke rol spelen. In de schoolnatuurkunde overheerst nog steeds het determinisme van de 19e eeuw, met het Bohr-atoom, de bastaard geboren uit de onwettige verbintenis van de klassieke- en quantummechanische natuurkunde als eindpunt.

Wat natuurkunde modern maakt is meer aandacht voor de principes, want een principe als energiebehoud blijft geldig klassiek, relativistisch of quantummechanisch; meer aandacht ook voor statistiek en onzekerheid. In plaats van te schrappen zou het veldbegrip behandeld moeten worden en het begrip symmetrie. Het experiment moet waar mogelijk gebruikt worden om te laten zien waar de nieuwe ideeën vandaan komen. De moderne sterrenkunde en astrofysica zijn hiervoor een laboratorium bij uitstek. Bovendien, de sterrenkunde is vanouds een uitstekend vehikel om de belangstelling te wekken voor natuurwetenschap in het algemeen, en natuurkunde in het bijzonder.

Een laatste opmerking; het voorgaande moet niet de indruk wekken dat gepleit wordt voor een instantane ommekeer in het natuurkundecurriculum. Waar ik wel voor pleit is dat de huidige aandacht

voor de didactiek van het studiehuis, de reflectie op de inhoud van het vak niet in de weg gaat staan. Een vak als natuurkunde moet bij de leerling het gevoel oproepen dat je niet zonder kan. Anders is natuurkunde op de lange duur hetzelfde lot beschoren als Latijn, een dode taal die je alleen op elitaire scholen kan leren als uitdaging aan het pure intellect, maar maatschappelijk van weinig betekenis.

referenties

W.H.F.W. Wijnen (voorzitter), *Te doen of niet te doen?* November 1992.

E. Mazur, *Understanding or memorization, are we teaching the right thing?* Bijdrage aan deze Woudschotenconferentie.

Peter Voogt, in: *Over didactiek, Curriculumontwikkeling en Lerarenopleiding*, red Piet Lijnse en Theo Wubbels, IVLOS, 1996.

