

## De natuurkunde en u

**Citation for published version (APA):**

Broer, L. J. F. (1981). *De natuurkunde en u*. Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1981

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# **De Natuurkunde en U**

prof. dr. L.J.F. Broer

# **De Natuurkunde en U**

Afscheidsrede prof. dr. L.J.F. Broer

# **De Natuurkunde en U**

prof. dr. L.J.F. Broer

*Dames en Heren,*

Uw aanwezigheid, hier en nu, stemt mij tot vreugde en dankbaarheid. Deze worden niet verminderd door het besef dat de heterogene samenstelling van uw gezelschap eisen en beperkingen oplegt aan hetgeen zal volgen. Ondanks de vaak gebruikte aanduiding 'afscheidscollege' zijn deze woorden niet alleen gericht tot, al dan niet aanstaande, vakgenoten. Over de inhoudelijke kant van de natuurkunde zal ik dus kort zijn.

De natuurkunde bestudeert een deel van de verschijnselen om ons. Het gaat hierbij om kwantificeerbare verschijnselen die een herhaalbare regelmaat vertonen en waarbij, in principe, eenstemmigheid over de waarneming is te verkrijgen. Begonnen met waarneming van spontane verschijnselen berust de huidige natuurkunde vrijwel geheel op experimenten. Dit zijn georganiseerde, zo niet geprovoceerde, waarnemingen onder welomschreven en goed reproduceerbare omstandigheden. De hieruit gevonden regelmatigigheden worden in getallen of formules vastgelegd. De eigenlijke wetenschappelijke natuurkunde gaat dan beginnen. Getracht wordt verschillende gevonden regelmatigigheden een plaats te geven in een theorie die dan andere regelmatigheden kan voorspellen. Vervolgens kan men proberen experimenten te verzinnen en te doen die deze nieuwe resultaten al dan niet bevestigen. In het laatste geval moet de theorie veranderd worden. Het is noch nodig, noch mogelijk hier op de aard van deze theorieën verder in te gaan. Vermeld zij slechts dat zij zich van wiskunde als taal bedienen. Deze interactie van wiskunde en natuurkunde is een boeiend probleemgebied waar ik mij in de laatste jaren van mijn loopbaan mee bezig gehouden heb.

Betrouwbare experimentele resultaten en goed bevestigde theorieën kunnen gebruikt worden om dingen te maken, te begrijpen en te voorspellen. De reeds lange tijd systematisch beoefende natuurkunde heeft een dussdanige groei doorgemaakt dat deze toepassingen in bijzonder omvangrijke mate mogelijk zijn. Dit is ook inderdaad gebeurd en over dit onderwerp wil ik nu enkele opmerkingen maken.

Natuurkunde en de daarop berustende technische vooruitgang hebben een enorme invloed op ons aller leven. Massaproductie en -transport,

verkeer, communicatie, gezondheidszorg in de maak- of doe-sector, structuur van de materie, bouw van het heelal, geschiedenis van de aarde in de begripsector zijn voor de hand liggende voorbeelden die bovenstaande gemeenplaats ondersteunen. Tweehonderd jaar geleden waren zij grotendeels nog letterlijk onvoorstelbaar. Er was wel techniek, de ontwikkeling daarvan had nog niet veel met de natuurkunde te maken. Nu is de natuurkunde een essentieel onderdeel van onze cultuur geworden.

Over dit woordgebruik dient hier wel iets gezegd te worden. Cultuur in engere zin werd, en wordt nog wel, geassocieerd met de beoefening van kunst, letteren en historie. Dit wordt nu ook wel  $\alpha$ - of gymnasiumcultuur genoemd. Bij deze opvatting zijn natuurwetenschap en techniek feitelijk cultuur-vreemde elementen. Ze maken cultuur mogelijk maar zijn er toch geen deel van. Sommigen beschouwen ze als een tweede cultuur, zij denken en schrijven over de strijd tussen deze  $\beta$ - en  $\alpha$ -culturen.

In dit verband kan trouwens worden opgemerkt dat het woord cultuur soms door  $\alpha$ -mensen in  $\beta$ -betekenis is gebruikt. Hierbij denk ik aan archeologen die bepaalde culturen wel eens noemen naar de gevonden vormen van wapens of aardewerk. Waarschijnlijk is dit echter eerder toe te schrijven aan het gebrek aan informatie over de  $\alpha$ -cultuur van deze neolithische volken dan aan het voorkomen van een breder cultuurbegrip bij archeologen.

Ik geef de voorkeur aan een ruimere interpretatie: cultuur is menselijke interrelatie. In natuurkundige termen: cultuur omvat alles wat een gevolg is van de ongeldigheid van het superpositieprincipe voor individuen of gezinnen. Cultuur heeft te maken met alles wat mensen met, voor of tegen elkaar doen, zeggen of denken. Bij deze definitie is de cultuur uiteraard heterogeen. Dit kan spanningen opleveren, bijvoorbeeld door aanpassingsmoeilijkheden bij een snelle ontwikkeling in een vroeger niet zo belangrijke sector. Het lijkt mij dat dit in feite de kern van het twee-culturen probleem is.

Het zal duidelijk zijn dat de ontwikkeling in de sector natuurwetenschap en techniek inderdaad snel genoeg geweest is om serieuze spanningen te veroorzaken. Deze zijn van verschillende aard, over de meeste moeten wij kort zijn of zwijgen.

Een oud probleem in de begrip-kant van de natuurkunde vormen botsin-

gen met op andere wijze verkregen opvattingen en overtuigingen. Een klassiek voorbeeld is de zaak Galileï. De discussie hierover lijkt wat op te leven hoewel alles wat toentertijd gezegd en geschreven is wel bekend is. Wat hiermee bedoeld werd is blijkbaar minder duidelijk. Maar ook meer recentelijk, zeker tot 1940, verschenen doorwrochte geschriften waarin quantummechanica of relativiteitstheorie afgewezen werden op bijbelse, thomistische of marxistische gronden. Dit heeft een verdere ontwikkeling van deze theorieën en hun toepassing, ook door mensen die dicht bij de betrokken opvattingen staan, niet tegengehouden. Blijkbaar, en gelukkig, zijn deze spanningen binnen zekere grenzen zeer wel verdraagbaar. Overigens krijgt men de indruk dat, althans in West-Europa, deze soort spanningen afnemen.

Er zijn ook spanningen van psychologisch karakter, b.v. ten aanzien van ziekte en gezondheidszorg. Gedeeltelijk lijken deze van algemene aard. Naarmate zekerheid groter wordt is onzekerheid moeilijker te dragen. Er zijn natuurlijk op dit gebied ook wel specifieke problemen. Niet elke ziekte is zwaarder te verdragen dan zijn therapie. Dit uit elkaar drijven van doel en middel is ook een kenmerk van de soort spanningen waar ik nu wat meer aandacht aan wil geven.

Deze spanningen zijn u allen zeker vertrouwd. Als het niet uit eigen ervaring is dan wel uit de media. Over gebrek aan aandacht de laatste tijd beslist niet te klagen. Bewapeningswedloop, lucht- water en bodemverontreiniging, verlies van arbeidsplaatsen bij verhoging van produktiviteit door innovatie, er wordt niet over gezweven.

Tegenstrijdigheden, tegenstellingen en botsingen van belangen zijn hierbij geen uitzondering. Wanneer een artikel of interview begint met de opmerking dat kernwapens niet bestemd zijn voor gebruik maar alleen ter afschrikking dienen dan is het niet verwonderlijk dat het daarop volgende betoog logisch niet sterk onderbouwd, de geïnitieerde discussie verward is. Een opgewekte beschouwing over de mogelijkheid door middel van betere technische voorzieningen oudere, minder valide, werknemers langer aan te houden kan staan naast een verhandeling over het probleem van de werkeloze schoolverlaters.

Deze spanningen en moeilijkheden vertonen duidelijk verschillen in struc-

tuur, hoewel een physicus er toch graag een gemeenschappelijke, verwante oorzaak voor zou willen vinden. Ik zal dat straks ook proberen maar eerst enkele voorbeelden van die verschillen noemen.

Soms ontstaat het probleem geleidelijk bij een zogeheten normale groei. Het lijkt dan dat het nut van een bepaalde activiteit wat langzamer, de nadelen en bezwaren wat sneller toenemen dan de zaak zelf. De chemische industrie en het wegverkeer kunnen hiervan als duidelijke voorbeelden dienen. Dit is dus een min of meer externe kwestie, de fabrieken draaien en de auto's rijden wel ongeveer als verwacht.

Interne teleurstellingen, technische projecten waarvan opzet of uitwerking niet aan de, blijkbaar te hoog gespannen, verwachtingen voldoen komen ook wel voor. Instructief lijkt mij in dit verband het 'Concorde' project, zaliger nagedachtenis. In en na de jaren vijftig groeide het burgerluchtverkeer uit tot een groot en in het algemeen als zeer nuttig beoordeeld bedrijf. Belangrijk hiervoor waren technische doorbraken die de snelheid van een passagiersvliegtuig een orde groter maakten dan die van een trein. In de jaren twintig was dit verschil nog niet opzienbarend. Nu was uit de militaire research toen reeds bekend dat het mogelijk was supersoon met een nog ongeveer twee keer zo grote snelheid te vliegen. Niet zonder moeite en met grote overschrijding van de oorspronkelijk begrote tijd en kosten, heeft men dit voor passagiersvliegtuigen gerealiseerd. Deze kunst heeft echter nauwelijks tot vliegwerk geleid. De modale reiziger bleek niet veel extra geld over te hebben voor dit innovatiewonder. Een bijkomstige complicatie was hier het hoge brandstofverbruik, nu veel belangrijker dan vijftien jaar geleden voorzien. Een dergelijke onderschatting van hetzij als relatief gemakkelijk, hetzij als secundair beschouwde en daarom uitgestelde nevenproblemen komt wel meer voor, b.v. de bedrijfszekerheid en de afvalverwerking van kerncentrales.

Een andere categorie problemen is van bestuurlijke aard. De zaak is dan, in principe en op papier, goed geregeld maar in de praktijk gaat het heel anders. Niet altijd wordt dit als een echte moeilijkheid gevoeld. Zowel de bestuurders van het land als die van de meeste auto's lijken redelijk te kunnen leven met de op het eerste gezicht wat wonderlijke situatie dat de meest voorkomende snelheid op autowegen even hoog of hoger is dan het wettelijke maximum. Wat minder lijdelijk staat men tegenwoordig tegen-



over een dergelijke behandeling van chemisch afval. Het lijkt me dat ook ten aanzien van bijvoorbeeld kwaliteitscontrole van voedings- en geneesmiddelen en het draaien van bedrijven zonder hinderwetvergunning een hier en daar wel wat strakker beleid wenselijk zou zijn.

Vanzelfsprekend is op deze spanningen door mens en maatschappij, dus door de cultuur, gereageerd. Weinig minder vanzelfsprekend is dat deze reacties van sterk uiteenlopende aard zijn. Dit geeft weer aanleiding tot nieuwe spanningen. Moge dit een troost zijn voor jongere collega's die nog niet weten waar zij het bij hun afscheid nu weer eens over zullen hebben.

Twee extreme reacties zijn het anti-techniek sentiment en de technocratie of deskundigheidscultus. Deze tegengestelde tendenzen lijken een gemeenschappelijk uitgangspunt te hebben. Dit is de opvatting dat natuurwetenschap en techniek een in hoge mate autonoom verschijnsel zijn dat zichzelf ontwikkelt en reguleert. Het verschil ligt in de vraag of wij in de eerste plaats te maken hebben met de satanische dan wel met de weldadige karaktertrekken van deze autonome techniek.

De eerste stroming heb ik sentiment genoemd en niet beleid of opvatting. Echt zonder techniek leven willen en kunnen wij niet meer. Ook organisaties op dit gebied gebruiken stencilmachine en telefoon. Dit is geen verwijt. Het innemen van een standpunt op grond van een combinatie van rationele en irrationele gronden kan zeer wel honorabel en onvermijdelijk zijn, volstreekte tegenspraakvrijheid is dan geen reële eis. Het gaat er hier om dat een zekere angst en wantrouwen ten aanzien van de techniek onmiskenbaar is. Dit leidt tot het afwijzen van nieuwe toepassingen, het streven naar beperkingen in bestaande ontwikkelingen en ook tot grote selectiviteit in voorgestelde hulp aan de derde wereld. In een aantal opzichten is deze reserve nuttig en nodig. De laatste wijsheid kan ik er echter niet inzien omdat ik, zoals straks toegelicht zal worden, het uitgangspunt niet onderschrijf.

Voorvechters van de als technocratisch aangeduide stroming zien de autonome techniek als een groot goed. Zij zijn geneigd hiervan veel te verwachten wanneer de ontwikkeling hiervan niet gedwarsboemd wordt door de angst en weerzin van de eerstgenoemde groepen of door bestuurders of politici. In hun ogen zijn laatstgenoemden vaak mensen die hetzij door irrelevante belangen geleid worden, hetzij als min of meer goed-

willenden in archaische structuren en werkwijzen verstrikt de zaak afremmen. Het middel hiertegen is in deze gedachtegang het vergroten van de invloed van de deskundigen. Dit zijn dan de ervaren, bekwame en objectieve natuurkundigen en technici, die precies weten en begrijpen waar het om gaat. Wanneer zij maar ongehinderd hun gang kunnen gaan dan zullen snellere auto's en mooiere kleurentelevisie, een langere levensduur en steeds betere wapens, gezeglijke robots en goedkopere valium voor werkelozen ons deel worden. Misschien zelfs komt er toch noch een super-Concorde zodat een week-end in Patagonië binnen ons bereik komt. Ondanks deze, wellicht wat gechargeerde, voorbeelden zal het duidelijk zijn dat bij de tegenwoordige stand van techniek kennis van zaken, zo u wilt deskundigheid, een eerste vereiste is om er iets mee te doen. Echter, een noodzakelijke voorwaarde is nog niet voldoende. Er komt meer bij kijken.

In de eerste plaats moet gezegd worden dat, juist door de sterke ontwikkeling van natuurkunde en techniek, echte deskundigheid slechts op zeer smalle facetten werkzaam is. Voor de meer fundamentele kant van de natuurkunde is dit in mindere mate het geval maar bij de toepassing van geavanceerde technieken lijkt het super-specialisme zich wel een onaanastbare positie te hebben verworven. De deskundige zelf is zich dit niet altijd zo duidelijk bewust. Dit blijkt soms uit pro-technocratische betogen van deskundigen die rijkelijk amateuristische opmerkingen over sociologische of economische problemen bevatten. Maar, nogmaals, de waarde en noodzaak van de deskundigheid op zichzelf wil ik niet aantasten. De term 'vakidoot' waarmee vertegenwoordigers van de eerste stroming deze deskundigen soms aanduiden vind ik beslist onjuist en onrechtvaardig. Er is niets idioots aan om een niet-triviaal vak goed te beheersen. Men moet alleen niet denken dat daarmee alles gedaan kan worden. In voorkomende gevallen zou ik de aanduiding 'vakcycloop' als een nog juist tolerabel substituut willen aanbevelen.

Een zeer kleinschalig maar toch instructief voorbeeld van de beperkte werkingssfeer van deskundigheid wordt geleverd door het eerste project van de fysicawinkel in onze afdeling. Bewoners van een flat klaagden over geluidsoverlast. Zij schreven dit toe aan de koelmachine in een aangrenzende supermarkt. Op grond van deze klachten namen de betrokken

autoriteiten contact op met de leiding van deze winkel. Deze achtten de klachten ongefundeerd. De machine was immers met een gegarandeerd maximum geluidsniveau geleverd door een te goeder naam en faam bekend staande fabriek. Gezamenlijk kwamen de deskundigen, inspectie en directie, tot de conclusie dat de klachten hetzij overdreven waren dan wel aan de, aanzienlijke, verkeersdrukte voor de flat dienden te worden toegeschreven. Hiermee zou deze zaak waarschijnlijk zijn afgelopen, ware het niet dat de bewoners toevallig in contact kwamen met de Eindhovense fysicawinkel in oprichting. Deze sloeg aan het meten. Hierbij bleek dat er inderdaad nogal eens veel te veel lawaai was. Verder werd door systematisch vergelijken van geluidsmetingen voor en achter in de woningen vastgesteld dat de klachten niet op het verkeer betrekking hadden. Tenslotte bleek dat de machine aan de garantie-eisen voldeed maar dat de leidingen tussen de machine en de uitstalling van bevroren levensmiddelen niet goed aangelegd waren en resonanties vertoonden. Dit was niet moeilijk te verhelpen zodat dit probleem tot tevredenheid van alle betrokkenen werd opgelost.

Het is niet aan te nemen dat deze afstemmingsmoeilijkheden tussen verschillende betrokken deskundigheidsgebieden in het groot niet voorkomt. Wel moet men vrezen dat achteraf niet altijd zulke simpele en afdoende oplossingen ter beschikking staan. Toch is dit nog niet het voornaamste bezwaar tegen de technocratische opvattingen.

Het beeld van de autonome natuurkunde en techniek is aan ernstige bedenkingen onderhevig. Vooruitgang op dit gebied berust altijd op ideeën, het concipiëren hiervan lijkt inderdaad niet te voorspellen en te regelen. Tegenwoordig komt er bij het uitwerken van die ideeën zoveel kijken dat ook de groei van de wetenschap niet meer autonoom is. Het moge waar zijn dat bevoorrechte mensen 'zo maar' ideeën over elementaire deeltjes of supersone stroming kunnen krijgen, de voor het verifiëren en ontwikkelen benodigde versnellers of windtunnels kunnen niet meer door welgestelde liefhebbers in hun vrije tijd in de kelder van een landhuis gebouwd worden. Ook de vooruitgang van de wetenschap is onder de invloed van planning, organisatie en budgettering gekomen. Weliswaar vaak nog met een wat onwennig gevoel maar toch wel met het besef dat dit onvermijdelijk en blijvend is. Bij de discussie over de aard van de techniek denkt men niet

alleen aan voortgang van kennis en inzicht maar ook van de toepassing. Hiervoor is m.i. de niet-autonomie nog principiëler. Natuurwetenschap en techniek zijn cultuur maar ook gereedschap. Ze worden verworven door gezamenlijke nieuwsgierigheid, inspiratie en inspanning en gebruikers voor gemeenschappelijke doeleinden, die op hun beurt weer deel van de cultuur zijn. Dit in analogie met het eerder vermelde woordgebruik van archeologen.

Dit gereedschap is op zichzelf neutraal, afwachtend en beschikbaar. In principe geldt dit ook voor de kennis en middelen die grote projecten mogelijk maken. Of, hoe en waartoe deze tot stand gebracht zullen worden hangt af van een, als regel gecompliceerde en vaak onoverzichtelijke, verzameling van beslissingen. Hierbij worden middelen en kosten, doeleinden en neveneffecten gewaardeerd, afgewogen en soms ten dele over het hoofd gezien. Altijd is een deel van deze beslissingen, wellicht niet altijd van de bewuste en rationele beslissingen, van niet-technische aard.

Deze niet-technische beslissingen worden soms verder onderverdeeld in sociale, economische en bestuurlijke of politieke beslissingen. Voor onze algemene beschouwingen is dit niet erg relevant, ik wil ze met bestuurlijk aanduiden.

In principe zijn de drie sectoren: wetenschap, techniek en bestuur of bedenken, maken en benutten van gelijkwaardige betekenis. Dit houdt natuurlijk niet in dat ze voor elk project afzonderlijk even moeilijk zijn. Verder zijn ze niet onafhankelijk van elkaar, dikwijls zelfs sterk verweven. De ontwerper moet goed weten waar de bestuurder naar toe wil en alert zijn ten aanzien van neveneffecten. De bestuurder moet enig inzicht hebben in wat hij aanhaalt wanneer geprobeerd gaat worden iets te doen aan een geconstateerde of veronderstelde behoefte. Iets maken vergt verstandig en doelbewust gebruik van goed gereedschap. Het dienstbaar maken van de techniek aan de maatschappelijke ontwikkeling vraagt een beleid dat de wetenschappelijke, technische en bestuurlijke factoren in samenhang behandelt. Deze samenhang is essentieel. In beide genoemde extreme visies komt deze niet tot zijn recht. De technocraat lijkt de bestuurlijke problemen te onderschatten dan wel te menen dat deze zich wel min of meer vanzelf zullen oplossen. Zijn opponent vreest dat een goede oplossing vaak onmogelijk zal zijn. Hij neigt er daarom toe de problemen te

ontwijken door de rol van de techniek terug te dringen. Dat deze opvattingen als extreem worden aangeduid wijst er op dat we in werkelijkheid ergens hier tussen zitten. Het zou echter niet realistisch zijn dit te omschrijven als het varen van een middenkoers. De huidige situatie lijkt meer op ronddobberen in de mist. Het vermijden van de extremen is weer noodzakelijk maar allerminst voldoende voor een goed resultaat.

Een gelegenheid als deze is niet erg geschikt om dit grondig en met gezag uit te werken. Men zou dan ook in de eerste plaats spreker of sprekers doelgericht willen kiezen in plaats van hem door de kalender te laten aanwijzen. Een enkele kant van de zaak wil ik er uitlichten. Er is nog wel eens een neiging om technische en bestuurlijke kanten van een probleem wel beide te bekijken maar ze hierbij gescheiden te houden. De samenhang heeft hier natuurlijk wel eens onder te lijden. Bovendien kan het tijdverlies veroorzaken. Wetenschappers en technici kunnen uitvoeriger en op hun gebied, zeer verantwoorde rapporten schrijven.

Deze kunnen dan in een van de zo talrijke Haagse laden terecht komen. Dit in afwachting van de installatie van de commissie B die ingesteld is om te bezien wat er met de rapporten van commissie A gedaan kan worden. Op zichzelf is dit wel begrijpelijk, het hoeft ook niet bezwaarlijk te zijn. Het gevaar voor de samenhang zit er veeleer in dat in de praktijk A in hoofdzaak een  $\beta$ -, B een  $\alpha$ -commissie is. Een gemengde, in ruime mate overlappende, samenstelling van een dergelijke commissiereeks zou dit gevaar verminderen.

Een extra moeilijkheid hierbij kan zijn dat niet alle bij een groot project betrokken gezichtspunten en belangen organisatorisch goed bereikbaar zijn. Een voorbeeld is de aanleg van wegen in een bepaald gebied. Tegenwoordig is het geaccepteerd dat de omwonenden hierover een zekere mate van inspraak hebben. Zij kunnen hiervoor commissies of actiegroepen vormen. Deze hebben in het algemeen geen grote kennis en ervaring op het betreffende gebied. Dit leidt er nog wel eens toe dat de inspraak over een praktisch voltooid ontwerp gaat. Voor een deelname aan de discussies in een eerder stadium is enige vertrouwdsheid met het vakjargon en kennis van de benodigde techniek en theorie nodig. De technocratisch georiënteerden onder de ontwerpers zullen deze deelname zeker niet toejuichen maar daar gaat het nu niet over.

Het gevolg van deze late inspraak is dan óf het uitblijven van veranderingen van enige betekenis óf aanzienlijk tijdverlies omdat een nieuw ontwerp gemaakt moet worden. Het kan zelfs tot afstel leiden. Dit kan terecht zijn, ook bij een project dat aan een reële behoefte tegemoet wil komen. Ook maatschappelijke kwalen kunnen minder hinderlijk zijn dan hun tot nu toe beschikbare therapieën.

Meestal is er dan reeds aanzienlijk in de plannen geïnvesteerd, iedere betrokkene had dan graag eerder geweten dat de zaak niet doorging. Overigens gebeurt iets dergelijks ook wel zonder georganiseerde inspraak, zoals bij de reeds vermelde Concorde en, waarschijnlijk, bij de kweekreactor in Kalkar.

De wortel van dit probleem is m.i. het feit dat deze inspraakorganisaties meestal klein zijn en geïsoleerd optreden. Het zijn ad-hoc clubjes die tijdelijk in verband met een project actief zijn. Naar mijn mening zou een landelijke organisatie, min of meer in de stijl van de konsumentenbond, hier nuttig kunnen zijn. Door zijn omvang zou deze wellicht over meer deskundige leden kunnen beschikken die niet direct bij het project betrokken zijn. Ook zou een grotere organisatie de mogelijkheid hebben zich door onafhankelijken, b.v. een ingenieursbureau, in een veel eerder stadium bij de voorbereiding te doen vertegenwoordigen.

Ook wanneer iets dergelijks mogelijk zou zijn en goede resultaten zou hebben blijft het in zekere zin een lapmiddel. Deze georganiseerde inspraak blijft een vreemd element in de bestaande structuren. Op langere termijn dient er naar gestreefd te worden deze structuren zo te wijzigen dat de coördinatie van wetenschap, techniek en bestuur er goed in past en erdoor bevorderd wordt. Een voorbeeld is het wetenschaps- en technologie beleid, dat op het ogenblik van de wieg naar de box lijkt te groeien. We zijn gewend te spreken over sociaal, economisch, financieel, verkeers beleid etc., wel beseffend dat dit onderscheidbare maar niet te scheiden delen zijn of behoren te zijn van een totaal beleid. Voor wetenschaps- en technologie beleid geldt deze eenheid in verscheidenheid nu nog in veel mindere mate. Voorzover dit wel het geval is komt dit in hoofdzaak door economische verwachtingen. De bedoelde ontwikkelingen in de besluit-structuur zou er toe moeten leiden dat deze beleidssectoren een gelijkwaardige en

functionele plaats in het rijtje van onderdelen van het algemeen beleid gaan innemen. Een eerste stap in deze richting, maar niet meer dan dat, is de personele bezetting. Vroeger was het een betrekkelijke uitzondering om natuurkundigen of ingenieurs in hoge bestuursfuncties aan te treffen. De laatste tijd lijkt hier wat verandering in te komen hoewel wij numeriek toch nog wel achter blijven bij juristen en economen. Belangrijker dan deze getalsverhoudingen is dat, hoe nuttig een verbreding van kennis en ervaring in deze kringen ook mag zijn, een wijziging in bezetting de structuren niet direct veranderd. Een naburig land heeft op het ogenblik zelfs een scheikundige als eerste minister, het effect hiervan lijkt allerminst indrukwekkend.

Ongetwijfeld zal een grotere aanwezigheid van mensen met een  $\beta$ -opleiding en ervaring op allerlei plaatsen en niveau's van besluitvormende lichamen en organisaties de bedoelde structuurontwikkeling op den duur kunnen bevorderen. Voorwaarde hiertoe is dan wel dat deze mensen zich dit probleem bewust zijn. Omdat dit mij gelegenheid geeft iets te zeggen over opleiding en organisatie van natuurkundigen en ingenieurs wil ik hier wat nader op in gaan.

Het is naar mijn mening wel zeker dat de pogingen om tot een wetenschaps- en technologiebeleid te komen zullen worden doorgezet en tot belangrijke resultaten zullen leiden. Of deze resultaten gunstig zullen zijn dient te worden afgewacht, ze zullen er wel komen. De deelname van natuurkundigen in de besluit-circuits zie ik ook niet teruglopen, waarschijnlijk neemt ze nog wel wat toe. Voor deze ontwikkelingen is het nodig dat de natuurkundigen die hieraan deelnemen daar op voorbereid zijn. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, voor de andere natuurkundigen. Deze moeten immers werken en leven met de resultaten van beleid en besluiten, zij kunnen en moeten dit beïnvloeden, als persoon en door inspraak van hun organisaties. Deze voorbereiding zal deel uit moeten maken van hun opleiding. Dit dient een belangrijke motivatie te zijn voor het onderwijs in Natuurkunde en Samenleving zoals wij dat in Eindhoven kennen. Het is noodzakelijk dat alle natuurkunde studenten in hun opleiding enigermate georiënteerd worden over de maatschappelijke en bestuurlijke vraagstukken, waartoe toepassing van de natuurkunde aanleiding geeft. Het is

ook zeer wenselijk dat hierin sterk geïnteresseerden in een stage of als bijvak speciale onderwerpen meer diepgaand kunnen bestuderen naast een volwaardige natuurkundeopleiding als hoofdvak. Zoals gezegd is hiervan aan de THE al het een en ander gerealiseerd. Dat ik hieraan enige medewerking heb kunnen geven is voor mij een van de meest positieve ervaringen in mijn werk aan deze instelling geweest.

Op het ogenblik heerst grote onzekerheid, zo niet verwarring, over opzet en doel van de studie en over de curricula en dus ook over de situatie van Natuurkunde en Samenleving onderwijs. Dit als gevolg van de geruchtmakende invoering van de twee-fasen structuur. In academische kringen is deze zeer omstreden. Zelf sta ik hier wat genuanceerd tegenover.

De vernietigende kritiek op de wijze van voorbereiding en uitvoering kan ik in grote trekken wel onderschrijven. Het basis-idee had toch wel een nuchtere discussie verdiend. Hierbij had m.i. centraal moeten staan de grote heterogeniteit die zich in de laatste eeuw in de universiteiten ontwikkeld heeft. Aard van de wetenschap, relatie tussen beroep en onderzoek, wensen t.a.v. kennis, motivatie en karakter van aankomende studenten, dit alles verschilt sterk van vak tot vak. De strakke uniforme nieuwe regeling zal dan ook bij de ene studie veel beter passen dan bij de andere. Voor ons is dit een schrale troost omdat de natuurkunde ongetwijfeld tot de meest beschadigde disciplines zal gaan behoren. De grond hiervoor is reeds te vinden in de eerste nota Posthumus, de belangrijkste inspiratiebron voor de recente hervormingen. In deze nota werd er van uitgegaan dat de academische studie twee doeleinden heeft: Beroepsopleiding en opleiding tot wetenschappelijk onderzoeker. Verbetering zou moeten beginnen met een duidelijke scheiding van deze twee stromen. Nu is het beroep waarvoor onze afdeling opleidt juist het beroep van onderzoeker. Een belangrijk aantal abituriënten gaat dit beroep uitoefenen in een bedrijf en niet in een, aldan niet universitair, wetenschappelijk laboratorium. Dit maakt wel verschil in doel en organisatie van het onderzoek maar nauwelijks in de aard van de vereiste kennis, inzicht en zelfstandigheid. Het was dus geheel onduidelijk hoe de visie van Posthumus toepassing moest vinden in de natuurkunde opleiding. Uit de meer dan tien jaren durende discussies en voorbereidingen die tenslotte tot de nu ingevoerde regeling hebben geleid is, voor zover mij bekend, niets voortgekomen dat in



dit uitgangsprobleem enige helderheid kan brengen.

Hoe dit ook zij, de regeling is er nu en de onzekerheid en het niet begrijpen van de bedoeling t.a.v. de natuurkunde is er nog. Dit zal er wel toe leiden dat er een mengsel van indikken en snoeien van de studie tot stand komt. Het lijkt me van groot belang dat het onderwijs in natuurkunde en samenleving hierna kan blijven functioneren. Wellicht is er ook plaats voor een studie met een sterker gewijzigd karakter. Deze zou kunnen bestaan uit een opleiding op het gebied van natuurwetenschap of techniek die niet tot het niveau van zelfstandige beroepsuitoefening gaat plus een veel grondiger maatschappelijke en bestuurlijke oriëntatie. Dit zou aantrekkelijk kunnen zijn voor studenten die aan de eerder omschreven ontwikkelingen willen gaan werken maar ook b.v. voor aanstaande wetenschapsvoorlichters en -journalisten. Een dergelijke opleiding zou zeker niet alleen door de afdeling natuurkunde verzorgd kunnen worden, over de vraag hoe dit dan wel moet worden al nagedacht en overlegd.

De universiteiten hebben natuurlijk meer problemen dan de twee-fasenstructuur. Het valt buiten het bestek van deze voordracht daar diep op in te gaan. Aan de andere kant zult u begrijpen dat ik, na meer dan veertig jaar in deze sector gewerkt te hebben, mij daar nogal bij betrokken voel. Als compromis wil ik er twee, die meer direct met onderwijs en onderzoek te maken hebben, aanstippen.

Het eerste is de vooropleiding. Reeds enige eeuwen lang wordt betoogd dat de jeugd van die tijd minder geschoold, ijverig en gediciplineerd is dan de vorige generatie. Onze tijd is in dit opzicht geen uitzondering. Een veel voorkomende klacht is het tekort schieten in parate kennis.

Dingen die wij vroeger op school leerden kennen ze nu niet meer, dat is de gebruikelijke vorm. Ik ben geneigd hierover niet al te zwaartillend te zijn. Bij voldoende inzicht en motivatie is kennis snel aan te vullen. Betere naslagwerken maken sommige soorten parate kennis minder belangrijk. Als student heb ik erg gezwoegd over het integreren van rationale functies, ik doe het nu met een heel overzichtelijke tabel in een boek. Waar ik meer zorgen over heb is het gebrek aan zelfstandigheid in het werken (niet zozeer in het leven) van aankomende studenten. Je krijgt soms de indruk dat ze, nu de vooropleiding een jaar langer duurt dan in mijn tijd, twee jaar later volwassen worden. Door studiebegeleiding, hulp bij het schrijven van ver-

slagen e.d. kan de universiteit hier wel iets van opvangen. Ik betreur het, niet zonder verbazing, dat dit in die omvang nodig is. Verbetering hierin lijkt me belangrijker voor de universiteiten dan rommelen in de marge van het niveau van parate kennis.

Het tweede punt is de vergrijzing. Universiteiten groeien niet meer en het grootste deel van het wetenschappelijk personeel is in vaste dienst. Het is onmiskenbaar dat deze combinatie tot geringe mobiliteit en een zekere mate van verstarring leidt. Hier is weinig aan te doen zonder op hoogst ongewenste wijze in verkregen en toegezegde rechten te gaan hakken. In retrospect wordt wel betoogd dat het algemeen hanteren van de vaste aanstelling een fout is geweest. Ik acht deze opvatting sociaal onaanvaardbaar. Wat m.i. wel had kunnen gebeuren is het verlenen van vaste aanstellingen in Rijksdienst met mogelijkheid van overplaatsing, ook buiten de universiteiten. De mobiliteit tussen deze en instellingen als F.O.M., T.N.O., K.N.M.I. e.d. is zeer gering. Hier had op een dergelijke wijze wel iets aan gedaan kunnen worden zonder mensen van middelbare leeftijd met een potentiële ontslagmogelijkheid op te zadelen. Bij deze opmerkingen is er van uitgegaan dat mobiliteit op zichzelf gunstig is en bevordert dient te worden. Ik weet niet of hier serieus onderzoek naar is gedaan. Mijn eigen ervaring is dat deze mobiliteit zeer stimulerend en blik-verruimend kan werken. Deze ervaring is, naar Nederlandse universitaire begrippen, niet zo klein. Spoedig na mijn promotie in Amsterdam ging mijn, zeer gewaardeerde en diep betreurde, promotor Gorter naar Leiden zodat ik zelfstandiger kon werken dan wel eens het geval is bij andere promovendi die blijven hangen omdat ze het erg naar hun zin hebben. Enige jaren later ging ik naar Delft om een vak, de stromingsleer, te doceren dat ik zelf nog moest leren. Na twaalf en een half jaar koos ik dan Eindhoven en de mathematische physica om in te vergrijzen. Een keuze die ik in al die tijd geen ogenblik betreur heb.

Aan de verdere integratie van de natuurwetenschappelijke, technische en bestuurlijke sectoren van onze cultuur zouden representatieve organisaties van wetenschapsbeoefenaars een bijdrage van betekenis kunnen leveren. Tot nu toe is daarvan nog niet veel gebleken. Een factor die hierbij naar mijn mening van belang is geweest is de verzuiling. In de achter ons

liggende tijden was dit verschijnsel sterk en vrij algemeen geaccepteerd. Het in stand houden en doen functioneren van één representatieve vereniging van vakgenoten als de N.N.V. onder die omstandigheden vergt dan grote omzichtigheid en terughoudendheid ten aanzien van maatschappelijke kwesties die immers vaak met partij-politieke opvattingen te maken hebben.

Er zijn in die tijd wel perioden geweest waarin de integratie-gedachte in een of andere vorm wat meer op de voorgrond trad. Dit gaf dan aanleiding tot de oprichting van organisaties die buiten de gevestigde grote verenigingen om werkten. Zo ontstonden de Sociaal-Technische Vereniging ( $\pm$  1900, het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers (1945) en de Bond van Wetenschappelijke Arbeiders (1970). Door de verzuiling en de hierna verband houdende afzijdigheid van de op het behoud van hun representativiteit gerichte grote verenigingen zijn deze kleinere organisaties nooit ver uitgegroeid. Op het ogenblik is de verzuiling volgens velen in verval, volgens anderen van karakter veranderd.

De vroegere terughoudendheid van de grote verenigingen komt nu enigszins als koudwatervrees over en is ook, zij het langzaam, wat aan het verminderen. Dit doet hopen dat ze op den duur taak en doelstelling van de kleinere maatschappelijk geïntendeerde organisaties voor een belangrijk deel zouden kunnen absorberen. Op kortere termijn lijkt het klimaat voor deze organisaties wel gunstig omdat bedoelde veranderingen, zo ze al gerealiseerd worden, zeker niet snel zullen verlopen. Men moet echter hopen dat deze organisaties zoveel succes hebben dat zij overbodig worden.

Dames en heren, op 31 augustus jongstleden beëindigde ik officieel mijn werkzaamheden bij het wetenschappelijk onderwijs. De voorgaande beschouwingen zijn dus een uitloper hiervan, ik weet niet of hier eigenlijk een hinderwetvergunning voor nodig was. Bij deze werkzaamheden heb ik met veel mensen te doen gehad: leermeesters, collega's, medewerkers, studenten, promovendi en anderen. Veel heb ik van ze geleerd, vriendschap, aanmoediging en tolerantie zijn in ruime mate mijn deel geweest.

Dit betreft zovelen en zoveel dat aan een opsomming niet te denken valt. Wees er van overtuigd dat dit aan mijn erkentelijkheid geen afbreuk doet.

Slechts één uitzondering hierop wil ik maken. Een actieve beoefening van de theoretische en mathematische physica vraagt veel aandacht en concentratie. Deze laten zich niet altijd gemakkelijk om zes uur uitschakelen. Ook is het niet altijd eenvoudig dit werk te combineren met het volgen van maatschappelijke ontwikkelingen en het deelnemen aan bestuursactiviteiten aan universiteit en vakorganisatie. Voor het gezinsleven kan men zich wellicht een gunstiger beroepskeuze voorstellen. Ik ben daarom mijn vrouw bijzonder dankbaar voor wat zij al die tijd, aanmoedigend en corrigerend, belangstellend en opofferend, gedaan en doorstaan heeft.

*Ik heb gezegd.*

*L.J.F. Broer*