

Groei en werking van de natuurkunde

Citation for published version (APA):

Broer, L. J. F. (1962). *Groei en werking van de natuurkunde*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1962

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

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

GROEI EN WERKING
VAN DE
NATUURKUNDE

Dr. L. J. F. BROER

GROEI EN WERKING
VAN DE
NATUURKUNDE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN

HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR

IN DE AFDELING DER

ALGEMENE WETENSCHAPPEN

(ONDERAFDELING DER TECHNISCHE NATUURKUNDE)

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 30 NOVEMBER 1962

DOOR

Dr. L. J. F. BROER

*Mijne Heren Curatoren van deze Hogeschool,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren leden van de wetenschappelijke, technische en
administratieve staf,
Dames en Heren Studenten en voorts Gij Allen die door Uw
aanwezigheid blijk geeft van Uw belangstelling,*

Zeer geachte toehoorders,

Er zijn nu reeds enige generaties van hoogleraren geweest die bij de aanvaarding van hun ambt in de Nederlandse taal een oratie over de natuurkunde uitspraken, omdat hun opdracht zich tot dit vak of een onderdeel daarvan beperkte. In nog vroegere tijden werd deze opdracht als regel gecombineerd met wiskunde, wijsbegeerte of een deel der medische wetenschap. Deze voorlopers, die zich vanwege de breedte en verhevenheid van hun taak van het Latijn bedienden, zullen we verder buiten beschouwing laten.

Wanneer men deze verzameling oraties zou bekijken – ik heb in de loop der jaren alleen een steekproef onder ogen gehad die hopelijk representatief is – dan wordt men in een aantal gevallen getroffen door het ontbreken van markante verschillen ondanks de wijd uiteenliggende datering van deze evenementen. Ongetwijfeld bespeurt de vakman de gevolgen van verdieping van inzicht en verschuiving van belangstelling. De leek zou, althans volgens sommige auteurs, de indruk krijgen dat in de loop der tijden de sprekers een duidelijke teruggang in eruditie en stijl vertonen. Het zou echter zeer onbescheiden zijn mijn twijfel aan deze bewering hier nu nader te adstrueren. Genoeg zij nu te constateren, dat op het eerste gezicht traditie en continuïteit een vaste greep op de universitaire natuurkunde hebben. Wanneer men klank en beeld van deze oraties vastgelegd zou hebben, dan zou wellicht nog de betrouwbaarste dateringsmethode bestaan in een deskundige evaluatie van de door het vrouwelijk deel van het gehoor gedragen kleding.

Een nadere studie zou echter leren dat er in de laatste generatie toch een duidelijke verandering optreedt. In vele oraties van deze oogst, in

het bijzonder wanneer zij betrekking hebben op toepassingen van de natuurkunde, worden vaak heel grote getallen genoemd, betrekking hebbende op de bereikte energie of precisie, het aantal op het gebied actieve werkers en de hun ter beschikking staande geldsommen. Verder is er een sterke toename in de frequentie, gevolg van een grote uitbreiding van het aantal leerstoelen. Er worden nu meer oraties gehouden dan vroeger en er komen gemiddeld meer nullen in voor. De universitaire natuurkunde is blijkbaar in een krachtige groeiversnelling geraakt.

Zet men nu de academische oogkleppen een ogenblik af, dan ontwaart men dat de niet-universitaire natuurkunde nog harder groeit. Groot is de activiteit in allerlei onderzoeksinstituten en industriële laboratoria. Hierbij moet men nog bedenken, dat veel van dit werk, vooral van meer toegepast karakter, wel gerubriceerd wordt onder hoofden als mechanica, warmteleer, elektriciteit en fysische chemie, maar in feite naar aard en methode natuurkunde is.

Deze sterke groei doet de vragen rijzen waar dat naar toe moet en wat de gevolgen hiervan zijn. Op de eerste vraag, betrokken op een niet te korte termijn, moet kortweg geantwoord worden dat niemand dit weet. Men heeft natuurlijk, door gebruik van alleen voor geleidelijke groei enigszins bruikbare extrapolatiemethoden, allerlei schilderachtige prognoses opgesteld. Als voorbeeld diene het resultaat van een berekening die uitwijst dat over ongeveer 200 jaar de gehele wereldbevolking natuurkundige zal zijn, en dat dan alle continenten door een meters dikke laag wetenschappelijke literatuur geheel bedekt zullen zijn. Op de vraag wat er dan volgt, wordt niet ingegaan. Zoals helaas meer gebeurt bij voortbrengselen van onze beperkte fantasie, houdt het juist op als het interessant gaat worden.

De gevolgen van dit bijna explosieve groeiproces worden vaak met enigszins gemengde gevoelens gadeslagen. In dit opzicht vertoont de wetenschap gelijkenis met een kind. De voorspoedige groei van hun spruiten stemt de ouders tot vreugde en voldoening, anderzijds pleegt een periode van opmerkelijk snelle wasdom, al dan niet terecht, als oorzaak en excuus voor allerlei oneffenheden in gedrag en opvattingen van de jongelui beschouwd te worden. Aan de vraag in hoeverre de wetenschap gekenmerkt wordt door andere eigenschappen van de puber als naïviteit, overgrote rechtlijnigheid en egocentriciteit, moet hier voorbijgegaan worden. Ook vele andere zijpaden zullen we op dit kruispunt van het betoog niet betreden. Met name wil ik niet trachten iets te zeggen over de invloed die de wetenschap en haar toepassingen op maatschappij en cultuur hebben en zullen krijgen. Hiertoe ont-

breekt mij de competentie, bovendien zou dit de beschikbaarheid vereisen eerder van een boekdeel dan van het simpele vel druks dat traditie en geduld van het gehoor de redenaar toestaan. Wel wil ik wat nader ingaan op enkele aspecten van deze groei zoals de natuurkundige deze bij zijn werk ervaart.

Een van de meest opmerkelijke kenmerken van de recente ontwikkeling van de natuurkunde zou men de opening van nieuwe markten kunnen noemen. Dit verschijnsel is toe te schrijven aan een zich snel uitbreidend besef van de toepasbaarheid der natuurkunde. Het brengt mee dat steun voor natuurkundige onderzoekingen in veel grotere mate en van veel meer kanten dan vroeger kan worden verkregen. Ook de arbeidsmarkt voor jonge natuurkundigen zet zich snel uit. Het gevolg is dat onderzoek en onderwijs in dit vak tegenwoordig organisatorisch en financieel opgezet worden op een wijze die de stoutste verbeelding van de vorige generatie te boven gaat. Een nog vroegere generatie zou er waarschijnlijk een nachtmerrie van gekregen hebben.

Al deze natuurkundigen zitten uiteraard niet stil. Integendeel, het bevesten van deze grote budgetten vraagt voortdurende activiteit. Het resultaat hiervan is de stichting van nieuwe instituten en de uitbreiding van bestaande, alle voorzien van grote en dure installaties. Dit laatste ziet men vooral bij onderzoek, gericht op bepaalde toepassingen als lucht- en ruimtevaart en energieopwekking. De hiermee gemoeide grote al dan niet reële belangen maken dat het geld hiervoor gemakkelijk ter beschikking komt wanneer er uitzicht is op spectaculaire resultaten op vrij korte termijn. In afwachting hiervan verschijnt alvast een stroom van rapporten en publikaties over onderdelen van delen van het probleem. Veel hiervan is slechts van enig belang voor zeer nauw bij het onderhavige soort werk betrokkenen.

Een typisch voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling levert de plasma-fysica. Een plasma is in dit verband een heet gas dat grotendeels geïoniseerd is. De elektrische krachten tussen ionen en elektronen verschillen door hun grotere sterkte en werkingssfeer van de krachten, werkzaam tussen de moleculen van een koud gas. Het gedrag van dat gas is daardoor in belangrijke opzichten verschillend van dat van een plasma. Plasma's zijn goede geleiders die aanzienlijke elektrische stromen kunnen voeren. In dit opzicht lijken ze op metalen. Een belangrijk verschil is echter dat de door magnetische velden op deze stromen uitgeoefende krachten op de beweging van het plasma een grote uitwerking hebben. De plasma's hebben immers noch de massa, noch de stijfheid van een metaal. In andere opzichten lijken plasma's wat op elektrolytoplossingen, maar ook hier zijn de verschillen meer

opvallend dan de analogieën. Het onderzoek van deze plasmatoestand is daarom een belangwekkend gebied van natuurkundig speurwerk. Geheel nieuw is dit gebied ook niet. Reeds lang geleden heeft men het optreden van plasma's in gasontladingen opgemerkt. In mijn studententijd, in de dertiger jaren, was het gasontladingsonderzoek echter onmiskenbaar buiten het centrum van de activiteit van wat nu de zuivere natuurkunde heet, geraakt. Het belangrijkste van een ontlading was in die tijd het licht dat er uit kwam. Wij beschouwden deze ontlading als bron van de spectra waarvan de verklaring de ontwikkeling van de quantummechanica in een toen zeer recent verleden zo gestimuleerd had. Wat er precies in die bron gebeurde, wisten we niet en het interesseerde ons ook niet erg zolang we niet met de fabricage van gloeilampen en andere lichtbronnen geconfronteerd werden.

In de veertiger jaren begon een andere ontwikkeling op voorlopig zeer bescheiden schaal de aandacht te trekken. Astrofysici hadden ontdekt dat in de kosmos plaatselijk relatief sterke magneetvelden bestaan. Deze treden vaak op in de gebieden waar een zeer ijl en heet gas, dat dus sterk geïoniseerd is, aanwezig is. Men begon zich te realiseren dat de magnetische krachten op elektrische stromen in dit gas belangrijke invloed zouden hebben op de beweging hiervan. Het onderzoek van deze verschijnselen, door de pionier Alfvén magnetohydrodynamica genoemd, begon eerst na 1950 goed op gang te komen. Een aantal problemen, meest van tamelijk academische aard, werd bekeken. Dit gebeurde niet alleen door astrofysici. Ook vele theoretische aerodynamici, die blijkbaar behoefte hadden aan een nieuwe portie moeilijkheden, begonnen zich hierop toe te leggen. De magnetohydrodynamica werd een modeverschijnsel. Deze kwalificatie is geenszins denigrerend bedoeld, de bedoelde problemen zijn in allerlei opzichten interessant en zeker een nadere studie waard. Wij hebben in Delft ook, zij het dan niet in de voorhoede, aan deze beweging mee gedaan.

De fase van het plasma onderzoek waar het me nu om te doen is, trad echter pas in 1956 plotseling in de openbaarheid, waarbij bleek dat ze in stilte al een paar jaar eerder begonnen was. Vanuit het standpunt van een ouderwets natuurkundige sloeg de mode plotseling om in een psychose. De plasmafysica ging in massaproductie. Wat was er gebeurd? Reeds enige jaren hadden verschillende fysici zich afgevraagd of het kernfusieproces waarop de waterstofbom berust, te gebruiken zou zijn voor continue productie van nuttige energie. Hiervoor is nog steeds geen andere mogelijkheid te zien dan het proces als een gasreactie te laten verlopen in een waterstofplasma waarvan de temperatuur enige tientallen miljoenen graden bedraagt. Deze temperatuur is

ongeveer duizend maal hoger dan de hoogste tot die tijd door de mens bereikt. Achteraf gezien zou het heel begrijpelijk geweest zijn, wanneer men daarom dit hele idee als een fata morgana terzijde geschoven had. Merkwaaarderwijze gebeurde dit niet. Integendeel. enige groepen fysici begonnen op grote schaal aan projecten die met een moeilijk te verklaren optimisme fusieresearch genoemd werden. Enige jaren bloeide deze activiteit in het verborgene. Blijkbaar bestond toen nog de hoop op een spoedig succes, dat dan in de koude oorlog van betekenis zou moeten zijn. Dit impliceert dat deze oorlog in het oog van verantwoordelijke figuren wel eens even lang zou kunnen duren als de voorraden fossiele brandstof, wat geen opwekkende conclusie is.

In 1956 kwam deze zaak plotseling in de openbaarheid. Dit kwam niet, zoals mijn laatste terzijde wellicht zou doen vermoeden, door vermindering van internationale spanningen, noch door onze aardgasvondst. De aanleiding was een voordracht van de Russische fysicus Kurchatov in het Engelse kernonderzoekcentrum Harwell. Hierin werd met onverwachte openhartigheid verslag gedaan van de stand van het Russische fusieproject. Amerikaanse en Engelse collega's bleven het antwoord niet lang schuldig en het werd al spoedig duidelijk dat men in deze landen ongeveer even ver was. Hoever was dit nu?

Men was erin geslaagd in grote, zeer sterke gasontladingen in zwaar waterstofgas zoveel energie te dissiperen dat gedurende zeer korte tijd, enkele microseconden, temperaturen van de orde van een miljoen graden bereikt werden. Twee van de drie benodigde nullen achter de temperatuur konden dus reeds genoteerd worden. Als extra aanmoediging kwamen er uit de ontladingen neutronen te voorschijn zoals dat bij een fusiereactie verwacht werd.

Het geheel veroorzaakte grote opwinding. Instituten en werkgroepen voor fusieonderzoek werden in verschillende landen opgericht. Aanzienlijke fondsen kwamen ter beschikking en de werving van wetenschappelijk personeel verliep vaak beter dan verwacht werd. Dit laatste vermoedelijk niet zonder schade aan minder spectaculaire projecten.

Het resultaat van deze activiteiten was in kwantitatieve zin zeker opmerkelijk. Een onverwerkbaar stroom rapporten en publikaties barstte los. Talrijke symposia en congressen werden georganiseerd. Een van die congressen, in 1961 te Salzburg georganiseerd, heb ik bijgewoond. Het telde ongeveer 600 deelnemers. Deze waren in de gelegenheid om bijna 150 voordrachten van een kwartier aan te horen. Omdat het niet meevalt iets werkelijk nieuws in een kwartier te begrijpen waren de meeste voordrachten tevoren gedrukt. Zonder uitzondering hadden de sprekers deze kans aangegrepen om als schrijver wat uitvoeriger hun

bijdrage tot de wetenschap uiteen te zetten. De omvangrijkste voordruk besloeg 80 bladzijden. Hij bestond uit een verhandeling over successieve approximatie van bewegingsintegralen in de analytische mechanica. Dit was trouwens een interessant en verdienstelijk geschrift, dat echter meer het karakter van een goed proefschrift dan van een verslag van een korte voordracht droeg.

De kwalitatieve resultaten van het onderzoek vertonen een meer genuanceerd beeld. Het is al spoedig duidelijk geworden dat de laatste factor 10 in de temperatuur een groot probleem gaat worden omdat de elektrische weerstand van het plasma bij deze temperaturen heel gering wordt. Verder is het ook onverwacht moeilijk het plasma langer in de gewenste conditie te houden. Door middel van allerlei instabiliteiten onttrekt het zich aalglad aan pogingen om het met behulp van magnetische velden in een bepaalde configuratie op te sluiten. De energieverliezen door straling bleken heel wat groter dan verwacht, een gevolg van onzuiverheden. Tenslotte bleken de neutronen al spoedig niet van thermische oorsprong te zijn. Er zullen nog heel wat Coulombs door het deuterium moeten vloeien voordat de eerste fusie-energie aan de gebruikers wordt afgeleverd.

De conclusie was dat we nog veel te weinig van plasma's afweten. Dit heeft in de laatste jaren de activiteit enigszins van karakter doen veranderen. Men doet meer aan plasmafysica en minder aan fusieonderzoek. De resultaten van dit plasmafysisch werk zijn inmiddels niet gering, ons inzicht in deze materie is in korte tijd sterk verdiept. Veel van dit werk had in principe ook wel tien of twintig jaar eerder kunnen gebeuren, men is er door de fusie-rage blijkbaar toegekomen een vruchtbaar braakliggend gebied te gaan bewerken.

Moet dit nu zo, is men geneigd zich af te vragen. Waarom zijn deze mogelijkheden voor fysisch onderzoek niet eerder gezien? De resultaten waren dan wellicht in een wat trager tempo maar op veel economischer wijze bereikt. Men zou zich zelfs kunnen voorstellen dat wij op die manier voor een groot deel gespaard hadden kunnen blijven voor de stortvloed van rapporten en publikaties van efemere of dubieuze waarde, die nu als bijproduct van de snelle voortgang het overzicht hierover en de waardering ervan zo bemoeilijkt. Mogelijk is zoiets zeker; enkele voorbeelden zullen we nog aanhalen. De meer academische aanpak in de fysica is zeker niet uit de tijd, al is de gevoeligheid voor uitwendige stimulansen blijkbaar toch niet gering. Er mogen groeistruipen zijn, de groei is in vele opzichten gezond. Er gebeurt nog steeds veel interessants in de natuurkunde. Sommige van deze ontwikkelingen, zoals de studie van de wisselwerking van elementaire

deeltjes bij zeer hoge energie, vereisen ook grote investeringen. Deze onderzoeken worden echter in de eerste plaats gedreven door behoefte aan kennis en inzicht; drang tot imponeren en organiseren benevens commerciële motieven lijken hier een geringe rol te spelen.

Maar ook op gewone laboratoriumschaal worden ontdekkingen gedaan, die de moeite waard zijn. Voorbeelden hiervan zijn legio.

Twee hiervan wil ik noemen omdat zij in sterke mate appelleren aan mijn gevoel voor wat natuurkunde op zijn best eigenlijk is. Het eerste is het Mössbauer-effect. Mössbauer heeft in 1958 aangetoond dat een deel van de van sommige bronnen van γ -stralen afkomstige energie geconcentreerd is in een zeer smalle frequentieband. De relatieve breedte van deze lijnen kan van de orde 10^{-12} à 10^{-14} zijn. Dit maakt het mogelijk om met vernuftige opstellingen allerlei bijzonder kleine effecten te meten. Deze kunnen informatie leveren over de stralende kern en de atomen en kristallen waarin deze kern zich bevindt. Ook is deze straling gebruikt om fundamentele proeven te doen waarbij bepaalde consequenties van het onzekerheidsbeginsel en de relativiteitstheorie bevestigd werden. De studie van dit effect vertakt zich over een groot deel van de natuurkunde, wat het een bijzondere bekooring geeft.

Het tweede voorbeeld is de, voorzover mij bekend het eerst door Bloembergen geopperde, mogelijkheid het tot nu toe altijd wat abstracte effect van de gestimuleerde emissie van straling te gebruiken voor het selectief versterken of opwekken van straling. Men heeft dit zowel voor centimeter-golven als voor licht weten te realiseren; de apparaten die dit doen, staan als masers, respectievelijk lasers, bekend. Laatstgenoemde zijn de meest recente, ze zijn ongeveer drie jaar oud. Het is te verwachten dat de buitengewoon intense lichtflitsen die met een laser kunnen worden opgewekt zowel voor belangrijke proeven als voor diverse toepassingen gebruikt kunnen worden. Versterkers die op het maser-principe berusten zijn reeds in bedrijf.

Beide genoemde voorbeelden zijn experimenteel zeker niet gemakkelijk te realiseren, de proeven vereisen echter geen grote installaties. Ze zijn daarom bij uitstek geschikt om aan universitaire natuurkundigen voor te houden.

Met deze universitaire natuurkundigen zijn we weer op ons uitgangspunt terug. We hebben gezien dat het totaal aan bekende natuurkundige feiten en inzichten in de laatste twintig jaar in ongekend snel tempo is gegroeid. De fractie van dit totaal die de moeite waard is, moge gedaald zijn, het wetenswaardige is in absolute grootte ook

sterk toegenomen. Wat heeft dit nu voor gevolgen voor het universitair bedrijf der natuurkundigen?

Voor de inhoud van het formele deel van het onderwijs, dus de colleges en cursorische practica, betekent de toegenomen omvang van het vak in de eerste plaats concentratie. Door het onderwijs meer en meer te beperken tot essentiële begrippen en methoden moet men trachten de wassende stroom het hoofd te bieden. Tot nu toe ziet het er naar uit dat dit wel mogelijk is. Men krijgt niet de indruk dat over de beschouwde periode de studietijd in de natuurkunde belangrijk toegenomen of de bruikbaarheid van de pas afgestudeerde catastrofaal gedaald is. Dit is voor een deel te danken aan didactische vooruitgang. Compactere, meer op essentiële samenhang gerichte methoden om de stof te ordenen en te ontwikkelen zijn beschikbaar gekomen.

De mogelijkheid deze te gebruiken hangt, voor zover het de theoretische fysica betreft, nauw samen met de mate waarin het onderwijs in de wiskunde aan de studenten in de natuurkunde op hun toekomstige werkzaamheden gericht wordt. Ik heb reeds kunnen constateren dat de huidige studentengeneratie in Eindhoven in dit opzicht er heel wat beter aan toe is dan degenen, die zoals ik, in het midden der dertiger jaren de natuurkunde aan een universiteit liepen.

Bij deze gang van zaken op college is het onvermijdelijk dat veel wat men vroeger geacht werd te weten, niet meer aan de orde komt. Beschrijving van allerlei apparatuur en oplossing van speciale problemen, zo talrijk en uitvoerig in oudere leerboeken, moet in sterke mate beperkt worden. Dit is overigens een tendens die al langer bestaat. Als jong student is het mij indertijd al opgevallen hoe groot in dit opzicht het verschil was tussen de boeken die ik voor het kandidaatsexamen moest bestuderen, en de werken in de boekenkast van mijn vader, in zijn jeugd gebruikt bij het behalen van de middelbare akten in de wis-, natuur- en scheikunde.

Nu gaat het met methoden en begrippen alleen natuurlijk ook niet. Weliswaar kunnen bibliotheek en documentatie, dus de kennis van anderen, eigen kennis in belangrijke mate aanvullen, het efficiënt gebruik van deze hulpmiddelen vereist oefening in het hanteren van het bijgebrachte. Door de keuze van deze oefenstof kan de student tevens in aanraking worden gebracht met een aantal uit de colleges vervallen speciale onderwerpen. Een geschikte combinatie van colleges met oefeningen, instructies of werkcolleges is dus van toenemend belang. Een probleem hierbij is een ander gevolg van de groei, het toenemend aantal studenten. Is het effect van zeer grote colleges reeds dubieus, werkgroepen moeten in elk geval klein zijn, wil er van het zelfstandig

denken en werken van de student iets terechtkomen. Het stelt dus kwalitatief en kwantitatief hoge eisen aan de wetenschappelijke staf. Ik behoeft hier niet uiteen te zetten hoe moeilijk het is aan deze eisen te voldoen.

Naast het formele onderwijs in de natuurkunde aan de universiteiten staat het onderzoek. Met dit onderzoek aan de universiteit is het in sommige opzichten een merkwaardig geval. Iedereen is het er over eens dat het gebeuren moet, maar in de voor deze opvatting gegeven motieven is grote verscheidenheid. Zo wordt aangevoerd dat onderzoek eenvoudig thuis hóórt aan een instituut van het hoogst wetenschappelijk niveau, dat er gelegenheid voor onderzoek moet zijn om goede docenten te kunnen aantrekken, dat de eenmaal in deze fuik zittende docenten langer fris blijven als ze aan onderzoek doen. Zonder de betekenis van het onderzoek als statussymbool en conditie-training geheel te ontkennen komt het mij toch voor dat het bestaansrecht ervan in de eerste plaats gezocht moet worden in het feit dat gevorderde studenten en promovendi eraan meewerken.

Wanneer het nog eens zou lukken een methode te vinden, jonge mensen te leren onderzoek te doen anders dan ze het maar eens onder leiding te laten proberen, dan zou naar mijn mening de positie van het universitaire onderzoek nog eens grondig moeten worden bekeken. De kans op een dergelijke didactische revolutie lijkt me trouwens zeer gering, al was het maar omdat wij docenten, die deze methode zouden moeten uitvinden, ons onderzoek toch in geen geval willen missen. Wij worden dus allerminst gestimuleerd ons over dit probleem af te tobben.

Een andere merkwaardigheid is dat het in de praktijk uiterst moeilijk is de gelegenheid te vinden voldoende onverdeelde aandacht aan dit onderzoek te geven, hoewel iedereen beaamt dat dit nodig is. Tegenwoordig zijn grote sommen gelds voor het onderzoek beschikbaar, geduldige en vasthoudende figuren kunnen ook de benodigde ruimten en vaak zelfs medewerkers krijgen. Het gebrek aan tijd en aandacht maakt het gebruik van deze hulpmiddelen vaak weinig effectief.

Welke eisen moeten nu gelden voor een onderzoek met dergelijke didactische bedoelingen? Feitelijk zou het niet eens nodig zijn dat het een onopgelost probleem betreft. Als de student de oplossing nog niet kent zou hij veel kunnen leren door ernaar te zoeken. In de praktijk doet men dit niet, althans niet bewust. Het bewerken van een onbekend probleem is meer stimulerend voor de student. De noodzakelijke hulp en medewerking van docenten en staf wordt met meer animo gegeven als er kans is te zijner tijd iets over het werk te publiceren, hoe-

wel nog meer publikaties zeker geen eerste levensbehoefte van de wetenschap zijn. Tenslotte is het een voordeel wanneer iemand anders nog eens wat zou hebben aan het resultaat van het werk. We zoeken dus iets wat nog niet gedaan is. Het meest geschikt zijn betrekkelijk beperkte opdrachten, zodat de student in de beschikbare tijd werkelijk iets bereiken kan. Het moet niet te gemakkelijk zijn, want dan leert hij er niet veel van. De bedoeling van het systeem is, dat de samenwerking van student en anderen voor de eerste instructief en voor de laatste niet te veeleisend is. Het systeem werkt vaak het beste wanneer men van een eigen onderzoek onderdelen voor studenten kan afsplitsen. Belangstellende medewerking van anderen en nuttigheid van het resultaat zijn dan verzekerd.

Een ander jachtterrein voor geschikte onderzoeken van deze aard is tegenwoordig het gebied vlak achter een snel bewegend front van wetenschap. Als gevolg van de bulldozer-methoden waarmee deze vooruitgang vaak tot stand gebracht wordt, vindt men hier allerlei onvoldoende geverifieerde werkhypothesen en half-begrepen samenhangen waarop de leerling zijn krachten kan beproeven. Voor college-oefenstof kan dit soort werk zeer nuttig inzicht opleveren.

De aard van het onderzoek als leermiddel brengt mee dat het werk vaak niet erg vlug en efficiënt gebeurt. De student moet tamelijk zelfstandig te werk gaan en men moet zich daarom enigszins weten te beheersen, wanneer men meent het zelf beter en vlugger te kunnen. Dit is een belangrijk punt bij de laatste vraag die ik hier nu wil aanroeren. Dit is de vraag in hoeverre de universiteit andere instituten moet volgen in het entameren van grootscheepse projecten voor massaproductie van onderzoekresultaten. Een argument hiervoor is dat men dit wel moet doen om bij te blijven. Een, m.i. veel zwaarder wegend, tegenargument is dat de met deze projecten gemoeide bedragen en belangen vereisen, dat het grootste deel van de betrokkenen hieraan zijn volle aandacht geeft. Combinatie van werk door hoogleraren en staf aan onderzoek, onderwijs en zelfbestuur van de universiteit zou dan tot grote verspilling aanleiding geven doordat, in het gunstigste geval, het project veel te langzaam opschiet.

Wat ook de waarde van deze argumenten mag zijn, primair moet men zich afvragen of het hoofddoel van het onderzoek, het inwijden van jonge mensen in dit fascinerend bedrijf, al of niet gediend is bij het opzetten van grote projecten. Ik ben zelf sterk geneigd dit te betwijfelen, o.a. omdat de enorme bedragen die met deze projecten gemoeid zijn, er toe zullen leiden dat de beginnelingen vaak té eenvoudig werk zullen moeten doen. Het is immers, economisch gezien, nodig de mede-

werkers slechts die taken te geven die zij in redelijke tijd goed kunnen volbrengen zonder hun superieuren te veel lastig te vallen. Een goed afstudeerproject voldoet in een regel allerminst aan deze eisen. Een belangrijke mate van nuchtere reserve ten aanzien van deze materie is naar mijn mening dan ook zeer ter zake.

Wij hebben immers gezien dat nog steeds in de natuurkunde belangrijke en instructieve resultaten bereikt worden met andere dan paardemiddelen. Ik hoop dat medewerkers en abituriënten van deze hogeschool in de toekomst een eervol aandeel hierin zullen hebben.

Bij de aanvaarding van mijn ambt betuig ik mijn eerbiedige dank aan *Hare Majesteit de Koningin* voor mijn benoeming tot hoogleraar aan deze technische hogeschool.

Mijne Heren Curatoren,

Uit Uw voordracht voor de bezetting van deze leerstoel blijkt dat U vertrouwen in mij stelt. Ik ben U hiervoor dankbaar en zal er mij op toelagen dit vertrouwen niet te beschamen.

Mijne Heren Leden van de Senaat,

In de verdere op- en uitbouw van onderzoek en onderwijs aan deze jonge hogeschool heeft U een zware taak op U genomen. Ik zal mij gelukkig prijzen wanneer ik hiertoe naar vermogen een steentje kan bijdragen. De prettige wijze waarop U mij in Uw midden heeft opgenomen, geeft mij hoop dat geschikte gelegenheden om deze bereidheid tot samenwerking te toetsen, zich zeker zullen voordoen.

Mijne Heren Hoogleraren in de Natuurkunde,

Na lange tijd werkzaam te zijn geweest in een specialisme binnen de natuurkunde, de stromingsleer, mag ik voortaan in Uw midden weer de algemene natuurkunde beoefenen en doceren. Het denkbeeld dat ik hiertoe genegen en in staat zou zijn, stamt uit Uw kring. Het eerste stemt mij tot dankbaarheid, het tweede heeft mij wel eens wat in verlegenheid gebracht. Ik hoop en vertrouw op Uw steun te mogen

rekenen bij mijn pogingen te laten zien dat het aan dit denkbeeld ten grondslag liggend optimisme niet onredelijk groot was.

Het is mij gebleken dat Uw manier van samenwerken een uiterst vriendschappelijke is; tot mijn vreugde voel ik mij reeds in deze kring opgenomen. Een vreugde die nog groter zou zijn wanneer ik in deze kring ook nog de betreurde *Dorgelo* en *Slotboom* had mogen aantreffen.

Mijne Heren Leden van de Senaat van de Technische Hogeschool te Delft,

Toen ik U van mijn besluit van leerstoel te veranderen op de hoogte bracht, heb ik naast gelukwensen ook zoveel blijken van teleurstelling opgevangen dat het mij wel eens moeilijk viel de consequenties van dit besluit onder ogen te zien. Vele vriendschapsbanden zijn in deze periode gevormd, bijzonder veel heb ik op allerlei gebied van U geleerd en groot is de medewerking die ik van U in verschillende functies ontving. Ik hoop dat de banden zullen blijven bestaan, dat de opgedane ervaring in mijn nieuwe werkkring ten nutte zal komen van onderzoek en onderwijs in ons land en dat er iets van het met Uw medewerking tot stand gebrachte enige waarde mag blijken te hebben.

Waarde Hingé, Dames en Heren Medewerkers aan het Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica te Delft,

Bijzonder erkentelijk ben ik voor de hulp en raad die ik van U heb mogen ontvangen bij de uitoefening van mijn taak. Met grote toewijding heeft U mij terzijde gestaan, veel heeft U voor mij gedaan wanneer die taak mij te zwaar bleek. De vele genoeglijke uren, in Uw zo hechte gemeenschap doorgebracht, zullen een kostbare herinnering voor mij blijven.

Waarde Cox,

Een belangrijk deel van de taak die mij hier wacht is door U op voortreffelijke wijze waargenomen. Ik ben U zeer erkentelijk voor Uw bereidheid deze hulp ook nog gedurende een inlooffase te verlenen.

Waarde Postma en Peletier,

Uit mijn betoog is reeds gebleken hoezeer ik mij voor de uitoefening van mijn nieuwe taak afhankelijk voel van mijn medewerkers. Het is een grote geruststelling voor mij geweest te mogen ondervinden dat ik althans over de kwaliteit van de staf in mijn sectie geen zorgen hoef te hebben. Onze samenwerking zie ik met groot vertrouwen tegemoet.

Dames en Heren Studenten,

Degenen onder U die mijn colleges hebben te volgen zullen, naar ik vrees, wel eens van mening zijn dat zij vele en vaak moeilijke dingen van mij moeten leren. Natuurlijk hoop ik dat U hierin zult slagen. Volbracht zou ik mijn taak echter eerst achten, wanneer U later zou inzien dat deze kennis gering was en van relatief belang. Wanneer U zich dan echter die colleges toch nog zou herinneren omdat Uw belangstelling voor de natuurkunde er geprikkeld werd en omdat U er enig idee van overhield, hoe natuurkundige kennis en inzicht verkregen en geordend wordt, eerst dan zou het college geweest zijn wat ik er van wil maken.

Ik heb gezegd.