

## In vogelvlucht

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

Zwikker, C. (1970). *In vogelvlucht*. Technische Hogeschool Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1970

***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.

# IN VOGELVLUCHT

AFSCHEIDSCOLLEGE  
VAN PROF. DR. C. ZWIKKER,  
UITGESPROKEN OP 19 JUNI 1970  
AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL  
EINDHOVEN

## *Waarde toeboorders,*

### *1. Groei*

Wij leven in een tijd van technische topprestaties; de maanreizen zijn daarvan wel de meest opvallende uitingen. Wij zijn allen ook diep onder de indruk van de technische vooruitgang van de laatste 50 jaar. Het zou echter niet juist zijn te denken, dat deze periode zo uitzonderlijk is geweest. De ontwikkeling is al sedert het begin van de 18de eeuw gaande, zij het met duidelijk aanwijsbare stroomversnellingen.

Een neutraal beoordelaar moet erkennen, dat tot 1700 de Westerse techniek achter stond bij die van het Nabije Oosten. Men vergete niet, dat de fonteynen van Versailles (1676) gekopieerd zijn naar die van Isfahan en dat bij het beleg van Wenen (1683) de Turkse artillerie van aanzienlijk betere kwaliteit was dan de Oostenrijkse.

Pas in de 18de eeuw ontstaat de moderne Westerse techniek. Voorbereidend werk daartoe was verricht door de beoefenaars der exacte wetenschappen, die niet alleen de fysische inzichten (vooral mechanische) verdiepten, maar ook de rationalistische denkwijze bevorderden. Ik noem slechts de namen van Newton, Huygens en Euler. Later in die 18de eeuw is de wereld dan getuige van de eerste stroomversnelling, die bekend staat als de industriële revolutie. Het is de tijd van de mechanisatie. Het proces speelde zich in eerste instantie af in Engeland, maar heeft ook op het vasteland zijn sporen nagelaten. De Zwitserse horloge-industrie stamt uit die tijd en onze textiel- en machine-industrieën vinden hun oorsprong in de industriële revolutie. De laatste twee of drie decennia waren de belangrijkste met een duidelijk zwaartepunt in de tachtiger jaren. Het werk van Cartwright (weefmachine), Wilkison (smeedijzer), Whitworth (spindelbank) en James Watt (stoommachine) valt allemaal in het laatstgenoemde decennium<sup>1</sup>.

De 19de eeuw vertoont een dergelijk beeld. Na een geleidelijke verdere ontwikkeling in het begin groeit de techniek tot een grootse apotheose in de laatste decennia. De wetenschap verschafte daarvoor de grondslagen. Laten we slechts de namen noemen van Lavoisier, Faraday, Liebig, Maxwell. Na hun werk volgde de geboorte van de chemische en de elektrotechnische industrie. Margarine dateert van

1869; synthetisch indigo van 1880; de gloeilamp van 1878, de transformator van 1886. Het meest verrassend waren de prestaties in de civiele sektor, die het aanzien van de wereld in de meest letterlijke zin veranderden met ondergrondse spoorwegen, asfalt- en cementbeton, sky scrapers en staalconstructies zoals de Eiffeltoren en de brug over de Firth of Forth. Maar ook de werktuigbouw bleef niet achter en introduceerde het staal, de auto, de turbine, de koeltechniek en de voorlopers van het vliegtuig. Van de vele beroemde namen uit die tijd noem ik slechts die van Edison, die gelijke legendarische verering geniet als James Watt uit de vorige bloeiperiode, een eeuw eerder. Zal de twintigste eeuw een dergelijk beeld vertonen? Inderdaad nam na de eeuwwisseling het spektakel wat af. De industrieën consolideerden zich. De fabrieken, de centrales, het verkeer doorliepen een niet zo verwonderlijke ontwikkelingsweg. Intussen heeft de wetenschap nieuwe hoofdstukken ontwikkeld. Nu zijn elektronica, kernenergie en biotechniek aan de beurt en als de voortekenen niet bedriegen zullen de eerstkomende decennia weer zeer spectaculair worden. Men voorziet een landing op de planeet Mars in de tachtiger jaren. In 1982 verwacht men antwoord van de ster  $\tau$ -Ceti, op 11,8 lichtjaren van ons verwijderd, waarheen op 8 april 1960 een boodschap werd uitgezonden. Men zal beschikken over stankvrije auto's, driedimensionale kleurentelevisie, ionenraketten, energie uit waterstoffusie. Men zal het weer beheersen, organen transplanteren naar hartelust, erfelijke factoren afbuigen en ons karakter onder controle brengen.

Het zijn alle zaken waarover Jules Verne in 1880 nog niet kon fantaseren, want toen kende men noch het elektron, noch de atoomkern, noch de D.N.A.-spiraal. Evenmin kunnen onze hedendaagse science-fictionsschrijvers ons iets vertellen over wat de een-en-twintigste eeuw zal brengen. Het valt op, dat het jaar 2000 de horizon is van het terrein der futurologen.

Het is trouwens de vraag of de door mij gesignaleerde golfbeweging in de ontwikkeling (die zelfs tot in vroegere tijden is te extrapoleren) ook in de toekomst aanwezig zal zijn, of dat hij vervangen zal worden door een steeds sterker stijgende lijn. Want intussen is de afstand tussen academische fysica en chemie enerzijds en de fabriek anderzijds kleiner geworden tengevolge van de tussenvoeging van het industriële ontwikkelingslaboratorium (mijns inziens de belangrijkste uitvinding van Edison). Van elke wetenschappelijke vinding wordt onmiddellijk nagegaan, wat de technische consequenties kunnen zijn. Deze te realiseren is vervolgens louter een kwestie van organisatie en van mankracht. Het tempo van de techniek wordt nu bepaald door dat

van de natuurwetenschappen. Er is bewezen, dat de moeilijkste opgaven in een daarvoor gestelde tijd zijn te verwezenlijken als er maar geld en mensen voor beschikbaar worden gesteld. Ordonneerde niet in 1961 president Kennedy, dat de Amerikanen vóór 1970 voet op de maan zouden zetten? En ziet, het gebeurde prompt.

## 2. *Verzadiging*

Er is echter genoeg aanleiding om te betwijfelen of de ontwikkeling zich tot in het oneindige zal voortzetten. Er kunnen allerlei remmende factoren optreden, zowel van technologische als van non-technologische aard. Deze remmingen zijn reeds duidelijk voelbaar in de ontwikkelingsfase die wij nu meemaken.

Daarbij denk ik in de eerste plaats aan de kosten van onderzoek. Als U vindt, dat geld slechts een – steeds devaluerend – hulpmiddel is, dan mag U „kosten” vervangen door „benodigde mankracht”.

Men zegt dat voor de maanreizen van 1969 wel 300.000 mensen in het geweer zijn gekomen. Ik vermoed dat voor de realisatie van elektrische generatoren op basis van waterstoffusie een nog grotere inzet nodig is. Ontwikkeling wordt een zeer kostbare zaak, te meer als men bedenkt, dat het per hoofd geïnvesteerde kapitaal aan hulpmiddelen ook exponentieel toeneemt.

Het is reeds lang zo, dat een particulier zijn vindingen niet rendabel kan maken; van de industriële ondernemingen zijn er hoe langer hoe minder daartoe in staat. Alleen de allergrootste kunnen zo iets zonder staatssubsidies en staatsbestellingen entameren. De ontwikkeling wordt overgenomen door staats- of semi-staatsorganisaties, zoals de N.A.S.A. In Rusland is alle ontwikkeling reeds lange tijd overheidszaak. De kleine staten stuiten al gauw op het bezwaar, dat de verwachte resultaten door grensbarrières te beperkt blijven, zodat internationaal opgezette bureaus moeten worden gevormd. Het onderling vertrouwen moet dan echter wel beter zijn dan wat op het ogenblik West-Europa opbrengt, voordat bovendien de moeilijkheden van taalverschil en nationale aspiraties gecompenseerd worden.

Men heeft moeten toegeven, dat bemande maanreizen slechts door de twee grote wereldmachten kunnen worden voorbereid en dat West-Europa dit niet aankan. Voor nog grotere projecten zou een wereldwijde samenwerking nodig zijn en ik laat aan anderen over te voorspellen, wanneer dit politiek haalbaar zal zijn.

De verzadiging komt mede daardoor nader doordat de bijdrage per hoofd van de technisch-wetenschappelijke staf kleiner wordt bij het steeds verder uitdijen van die groep, wat wel gepaard zal gaan met een afname van de kwaliteit.

Ook het overzicht gaat verloren en de totale opbrengst is allesbehalve de som der individuele prestaties. Er zijn nu reeds 30.000 technische tijdschriften en de informatie is zo enorm en zo chaotisch verspreid, dat men allerlei detailwerk beter zelf kan doen dan de resultaten van anderen op te zoeken. Vrijwel alle research- en ontwikkelingswerk wordt op vele plaatsen tegelijk gedaan. Publikaties zouden in een computertaal moeten worden geschreven en het uitpeuren van de documentatie (retrieval) zou volledig computerized moeten geschieden. Dit leidt tot de instelling van grote groepen programmeurs en uitlezers, die tot het indirecte ontwikkelingspersoneel moeten worden gerekend. Bovendien komen zij met een resultaat te voorschijn, dat de direct geïnteresseerde onderzoeker nooit voor honderd procent zal bevredigen.

Van indirect gesproken. Er zijn nog vele andere categorieën van indirecte medewerkers, die technisch-wetenschappelijk goed geschoold moeten zijn en die in aantal relatief sterk groeien. U vindt ze op het gebied van de normalisatie, de keuring, de octrooibezorging, de onderlinge contacten, het technisch onderwijs van hoog tot laag, de onmisbare herscholing, de personeelselectie, de programma-planning, de acquisitie van de fondsen, de coördinatie van de trits research-ontwikkeling-productie, de fabricage-voorschriften, de voorlichting voor de gebruikers, trouble shooters en vele anderen.

En dan hebben wij nog steeds ondersteld, dat eenieder opgewekt meewerkt. Wij moeten echter wel bedenken, dat bij de groei van het ontwikkelingsapparaat de structuur ingewikkelder en ondoorzichtiger wordt, dat bureaucratie zijn kop gaat opsteken, dat er belangentegenstellingen van persoonlijk of groeps karakter gaan optreden, kortom dat de vectoren niet alle in dezelfde richting wijzen.

Er liggen in de grote kwetsbaarheid van onze zo sterk van de techniek afhankende samenleving vele gevaren. Door een toevallige samenloop van omstandigheden ontstond een kortsluiting waardoor de hele staat New York geruime tijd stroomloos werd met alle gevolgen van dien (1965). Een high jacker veroorzaakte voor 200.000 dollar schade zonder dat er doden vielen, maar een dronken automobilist kan nog fataler rampen verwekken. De ongelukkige gevolgen van de Assoean-dam in Egypte in de vorm van grondverschuivingen, verstoorde waterhuishouding, verstuiving van het duizendjarige cultuur-areaal, achteruitgang van de visvangst zijn al te goed bekend. Het drama van de tanker Torrey Canyon (1967) ligt ons nog goed in het geheugen.

Dit waren gevallen van incidentele ongelukken. Daarnaast hebben wij

de continu doorvretende kanker van luchtvervuiling, rivier- en zee-watervergiftiging, de toenemende resistentie der bacteriën, de ontluistering der natuur, de uitputting der bodemschatten, de kans op radio-actieve besmetting.

Dit zijn alle zaken die velen ertoe brengen aan de industriële ontwikkeling een halt toe te roepen en eerst maar eens passen op de plaats te commanderen. Niet ten onrechte vat Calder<sup>2)</sup> de klachten op een zeer pregnante wijze samen in de zin: „Engineers must avert hell on earth”. Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, de noodtoestand erkennend, heeft de Commissie-Schepers ingesteld, officieel: „Stichting Toekomstbeeld der Techniek”.

De in tweede instantie genoemde continu doorwerkende aanvallen op onze samenleving zijn nog het best te bestrijden. De incidentele zijn zo moeilijk te voorzien, dat verrassingen niet uit kunnen blijven. Het is duidelijk, dat miljoenen technici van allerlei niveau zullen moeten worden ingezet om de burgerij onheil te besparen en dat naast de bestaande vergrendelingstechnieken-op-kleine-schaal aandacht zal moeten worden geschonken aan failsafe- en beveiligingstechnieken van interdisciplinaire allure. Maar al deze technici zullen niet beschikbaar zijn voor de sprong naar het eersthogere technische niveau.

### 3. *Opleiding*

Als ik nu ga spreken over het hoger onderwijs in de exacte wetenschappen en de techniek, laat ik het probleem van de bestuursvorm en de inspraak daarin van de diverse betrokken échelons terzijde. U wordt daarover in voldoende mate van andere zijden ingelicht. Ik wil hier de ontwikkeling van doelstellingen en werkwijze belichten.

De universiteit had van oudsher de dubbele taak: het bevorderen van de wetenschap en het opleiden voor beroepen met een wetenschappelijke basis. De technische instituten hadden in hoofdzaak alleen de laatste taak; zij zijn voortgekomen uit de behoefte aan beter geschoolde ingenieurs. Zo is de Polytechnische School een antwoord geweest op de industriële revolutie van de 18de eeuw; de Technische Hogeschool een antwoord op de entree van chemische technologie en elektrotechniek.

Wis- en natuurkunde, eerst slechts hulpwetenschappen in de propaedeutische, zijn intussen uitgegroeid tot zelfstandige afdelingen met een eigen ingenieursdiploma. Aan de andere zijde zijn technische vakken als hulpvakken in de universiteit binnengedrongen; denk maar eens aan de elektronica. Algemeen is de behoefte aan technische hulp voor het gecompliceerde experimentele apparaat der zuivere wetenschap-

pen zo groot geworden, dat men daar regelmatig om ingenieurs vraagt.

Universiteit en hogeschool zijn dan ook sterk naar elkaar toegegroeid. De verandering is aan de kant van de T.H. toch wel het grootst geweest. Uiterlijke kenmerken daarvan zijn de naamsverandering van „ingenieurs-examen” in „doctoraalexamen” en de groeiende neiging van de abiturienten om te promoveren.

Tot de oorzaken van deze academisatie behoren de vergrote omvang van de technische kennis enerzijds, de snelle veroudering van vele technologieën anderzijds, waardoor het steeds minder zin heeft om feitelijke gegevens en beschrijvingen van de huidige stand der techniek in de colleges te brengen. Men tracht zich op de toekomst in te stellen, een toekomst, waarvan wij niet veel weten.

Dit leidt er toe, dat het programma zich steeds meer concentreert op de wis- en natuurkunde met hun toepassingen van algemene aard. Nog is er verschil met de high brow wetenschap van de universiteit, maar de afstand wordt steeds kleiner. De studenten passen zich graag aan dit systeem aan, al was het alleen maar omdat in theoretische vakken de rode draad gemakkelijker is te volgen.

Pogingen om meer industrieel getinte colleges in te voeren met een constructief-synthetisch karakter - zulks ter animering of ter motivering van de studiekeuze - zijn zelden geslaagd. Men moet daarvoor over zeer geschikte docenten beschikken, maar denigrerende betitelingen als „smidsvakken” of „plaatjescolleges” zijn niet te vermijden. Uit de technische praktijk voortkomende docenten (maar dat is een minderheid) zullen in den aanvang hun colleges willen kruiden met anekdoten ontleend aan hun ervaring. De studenten beschouwen deze als franje, die toch niet wordt geëxamineerd en appreciëren deze verhalen niet op hun waarde. Er blijft alleen iets van hangen bij werkstudenten, die al weten wat techniek is. Goethe wist het reeds: „Jeder hört doch nur, was er versteht”.

De hoop bestaat nog; dat in het laatste studiejaar, waarin men een afstudeerproject moet bewerken, een synthese van alle onderwezen deelvakken plaatsvindt. In vele gevallen werkt dit systeem inderdaad bevredigend, maar de vraag blijft bestaan, gezien de herkomst der docenten, of alle opdrachten wel van zodanig technisch karakter zijn, dat de „doctorandus” zich inderdaad ingenieur voelt

De grote industriële ondernemingen weten allang, wat men tegenwoordig onder een „ingenieur” verstaat en nemen de moeite de nieuwelingen na indienstneming een applicatiecursus te laten volgen - soms van enige jaren - om er ingenieurs (zonder aanhalingstekens)



van te maken. Mensen aan wie niet deze gelegenheid wordt geboden, zullen jaren nodig hebben om met veel vallen en opstaan te begrijpen, wat het verschil is tussen praktijk en theorie.

Ik heb de indruk, dat op genoemde industriële applicatiecursussen de statistiek uitwijst, dat abiturienten van de T.H.'s gemakkelijker tot technisch denken zijn te brengen dan alumni van de universiteiten, maar het gevaar is groot, dat met het steeds abstracter worden der opleidingen, het rendement zal afnemen en wij de ingenieurs-oudestijl van de H.T.S.-en moeten gaan betrekken.

Ik citeer Michel Fores<sup>3</sup>): „To its detriment, Britain has too many analysts and not enough synthesists. The results of analysis – symbols on a piece of paper – are not worth much until the synthesist fuses them into useful products”. Nog somberder ziet Robert Colborn<sup>4</sup>) de toekomst; hij profeteert voor het jaar 2000: „Engineering has disappeared as a profession; between them the sciences and the skilled trades absorbed it”. Dit zou betekenen, dat tegen die tijd de T.H. zichzelf heeft overleefd en een grote universitaire  $\beta$ -faculteit is geworden.

Het is trouwens al voorgekomen, dat het Amerikaanse Institute of Electrical and Electronic Engineers aan het Massachusetts Institute of Technology moest mededelen, dat ze de mensen, die zouden afstuderen op een nieuw en abstracter programma, dat M.I.T. op het punt stond in te voeren, niet als „Electrical Engineer” zou kunnen erkennen.

Ook in Nederland speelt deze zaak. Op een onlangs gehouden congres over de plaats van fysici in de industrie zegt C. A. A. J. Greebe<sup>5</sup>). „The l'art pour l'art atmosphere characterizing much of the university research tends to create a negative image of research where ultimate motivation is derived from the hope of practical applications”. En wat Greebe hier de universiteit verwijt, gaat hoe langer hoe meer voor de T.H. gelden.

De vraag of je op school feiten moet leren of alleen maar moet nadenken, is heel oud, getuige een uitspraak van iemand aan wiens wijsheid niemand twijfelt, namelijk Confucius: „Leren zonder nadenken is vergeefs; nadenken zonder leren is verderfelijk”.

#### 4. *Research*

Ik vraag nu Uw aandacht voor de relatie tussen onderwijs en research, een zaak die in de laatste 50 jaar sterk veranderd is. In de tijd dat de natuurwetenschappen nog natuurfilosofie heetten, was deze koppeling vanzelfsprekend. De professoren putten suggesties voor verdere contemplaties uit het vraag- en antwoordspel met hun begaafde leer-

lingen, en het is nog steeds bon ton te beweren, dat onderwijs en  
spuurwerk onlosmakelijk verbonden zijn.

Door de enorme toename van het aantal studenten en door de hoge  
kosten van de research zijn de eisen, die men aan de professor moet  
stellen veranderd ten opzichte van vroeger, toen het voldoende was  
dat hij veel wist. Hij moet nu een goed docent zijn, een goed research-  
man en een goed organisator; een zo maar encyclopedisch ingesteld  
geleerde hoeft geen van deze drie kwaliteiten te hebben.

Bij het bezetten van een vacante plaats komt nu de vraag naar voren  
waaraan men prioriteit moet geven: aan zijn kennis, zijn overtuigings-  
kracht, zijn fantasie of zijn managementsaanleg. Het lijkt beter een  
arbeidsverdeling in te voeren en de diverse taken op te dragen aan  
verschillend gearde lieden, die men overigens als van gelijk niveau  
moet waarden. Men trekke goede docenten aan, die hun reputatie  
niet behoeven te versterken door nog meer oorspronkelijk werk te  
publiceren en daarnaast van push overlopende researchmensen, die  
men vrijstelt van onderwijs. Een administratief-sociaal aangelegd  
afdelingsbeheerder en een alwetend adviseur zouden het team op  
harmonische wijze completeren.

Hoe langer hoe meer is men gaan neerzien op het docentschap en is  
men de research gaan vereren, terwijl toch het voorbereiden en het met  
verve brengen van een tot een evenwichtige cursus afgeronde serie  
van ieder op zichzelf afgeronde colleges een buitengewoon moeilijke  
opgave is, in het bijzonder voor de propaedeuse. William Arrow-  
smith<sup>6)</sup> kritiseert de Amerikaanse professoren als volgt: „As teachers  
the educators have been eagerly disqualifying themselves for more  
than a century and this disqualification is now nearly total”.

De voorkeur voor research blijkt ook uit de pedante uitlating van een  
„docent” in Ann Arbor: „The mere sight of an undergraduate makes  
me sick”.

Er zijn gelukkig ook verdedigers van de docent, want onder de  
slagzin „Publish or Perish” is in de Amerikaanse pers een felle strijd  
gestreden naar aanleiding van het ontslag van een zeer geliefd docent,  
die naar het oordeel van het bestuur van de universiteit niet voldoende  
publiceerde.

In zijn afscheidscollege<sup>7)</sup> vergelijkt Burgers de researchman met de  
kunstenaar. „Zowel voor het voortbrengen van kunst als voor het  
verrichten van research moet je volledig ingezet kunnen worden en  
niet afgeleid worden door lesgeven. Alleen al het verwerken van de  
in een haast onzinnig tempo verschijnende literatuur vraagt zoveel

van de onderzoeker, die aan het front wil blijven, dat hij volkomen geabsorbeerd is”.

Ik wil hier het spiegelbeeld tegenover plaatsen en stellen dat de docent gelegenheid moet worden gegeven zijn vak didactisch, historisch en in wisselwerking met nevenvakken te verdiepen en een goed evenwicht te vinden tussen de relevantie der onderwerpen en de er aan te besteden tijd. Hij moet een zekere all-roundheid, neutraliteit en rust bezitten, die de researchman juist vreemd zijn.

De scheiding tussen opleiding en research is bezig zich te voltrekken. Men ziet als verlengstukken van de universiteit researchinstituten ontstaan die alleen om historische redenen nog losjes aan de universiteit hangen, met eigen directie en administratie en een onafhankelijk budget. Voorbeelden uit vele zijn het Stanford Research Institute in de Verenigde Staten, en in ons land het I.K.O. in de Watergraafsmeer, het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, bij de T.H.E. het I.P.O.

De werkwijze van zo'n instituut verschilt hemelsbreed van die in de universiteit. De concentratie, de planning, de discipline, de continuïteit, de efficiency is in een laboratorium dat vecht om resultaten te verkrijgen – en zonder die resultaten geen lang leven zou hebben – nu eenmaal volmaakt anders.

De grote researchprojecten en wat men tegenwoordig „big science” noemt, spelen zich los van de universiteiten af in industriële of in overheidsinstituten. Van deze laatste kennen wij in de Verenigde Staten de N.A.S.A. en de federale laboratoria in Oak Ridge, Argonne en Brookhaven. In Rusland bouwt men speciale researchsteden. De oudste is Akadengorodok („kleine academiestad”) in Siberië; andere zijn Doebna, Serpoechow, Protwino.

Wat de industriële researchcentra betreft blaast Nederland een voor een klein land zeer ambitieuze partij mee met de produktieve laboratoria van Shell, Philips, Unilever, Aku, Staatsmijnen e.a. Hun efficiency wordt nog in hoge mate vergroot door de groeiende contacten die ze alle hebben met zusterinstituten in het buitenland.

### 5. *Universiteit*

Tegen dit geweld steekt de research aan de universiteiten pover af. Onderwijs en research zijn onlosmakelijk, maar dit betekent niet dat noodzakelijk alle research aan het onderwijs is gekoppeld.

Het regime aan de universiteit verschilt sterk van dat in een beroeps-laboratorium. Als U een momentopname maakt van de T.H. zult U na het ontwikkelen van de plaat bemerken, dat de professor zit te vergaderen, dat zijn wetenschappelijk medewerker aan zijn promotie

werkt (dus research doet) en dat studenten les krijgen van de technische ambtenaren en de instrumentmaker.

U kunt hieruit de conclusie trekken, dat U voor het ideaal doen marcheren van een groep de professor moet recruteren uit de politici, de wetenschappelijk medewerker uit de visionairen. De technische ambtenaren moeten schoolmeesters zijn en hiermee is de arbeidsverdeling, reeds eerder als een desideratum vermeld, automatisch verkregen.

De wetenschappelijk medewerker treedt daarbij op als mentor van enige afstudeerders, die dus ook aan de research deelnemen, ofschoon de research hier meer middel is om te leren hoe je een onderzoek moet verrichten dan een doel op zichzelf. Er is weinig samenhang tussen de groepen onderling, zodat het onderzoek verbrokkeld is zonder eenheid in doel of resultaat. De meest opvallende resultaten worden verkregen uit oorspronkelijk éénpersoonswerk. Voorbeelden daarvan zijn Müller's veldelektronenmikroskoop, Zernike's fasecontrastmikroskoop en het Mössbauer-effekt.

Terwijl de industriële laboratoria hun waarde kunnen afmeten aan de industriële produktie die er uit is voortgekomen, is bij de universiteit elke waardebeoordeling in economische zin afwezig, zo niet onmogelijk. Zegt niet Volger<sup>8)</sup>: „laat ons in alle eerlijkheid konstateren dat er van de hand van de wetenschap zelve nooit een zelfrechtvaardiging kon worden gegeven. Wij zijn bijvoorbeeld nog nooit in staat geweest een behoorlijk overzichtelijk beeld te geven van het totale prestatiepakket van de natuurkunde in de nederlandse universiteiten in, zeg, de laatste 20 jaar”.

Intussen worden steeds grotere bedragen voor researchdoeleinden op de begroting van het onderwijs gevraagd. Maar met de miljoenen komt de kritiek. A. M. Weinberg zegt in zijn veelbesproken boek „Reflections on big science” (1967): „Scientists cannot expect society to support science because scientists find it an enchanting diversion” en Hornig<sup>9)</sup> vult het aan met de tirade „the question is what the country needs”.

En hier zit nu de kneep. Wat zijn de behoeften van de samenleving? Op het ogenblik vraagt de industrie om synthetisch denkende ingenieurs, de middelbare scholen smeken om bevoegde leerkrachten. Maar dit kan over 10 jaar weer geheel anders liggen. En behalve de opleiding van geschoolde werkkrachten heeft de universiteit ook een taak als behoedster van de wetenschap en is zij een cultureel element in onze maatschappij, waarvan de waarde niet ponderabel is.

Het terrein dat de natuur tot nu toe voor ons geheim heeft gehouden, is oneindig groot, zodat, als men abstraheert van de kosten, de

natuurwetenschappen altijd wel emplooi kunnen vinden voor talloze onderzoekers. Om deze reden hoeft men geen talent verloren te laten gaan.

De gedachte dat onze natuurkennis zich onbeperkt zou uitbreiden, is – althans voor mij – even griezelig als die van de onbegrensde technische mogelijkheden. Ik voel het daarom als een geruststelling, dat de stroom der studenten neiging vertoont af te buigen naar de kant van de mens- en de maatschappijwetenschappen. Ongetwijfeld speelt daarbij de opvatting mee, dat alle nieuwe vindingen ook ten nadele van het mensdom kunnen worden toegepast.

Nog blijft de vraag over, welk gedeelte van de research de universiteit voor haar rekening moet nemen, een probleem dat in vele landen aanleiding heeft gegeven tot studiegroepen, in Engeland tot de „Science of Science Foundation”; in Nederland is er de Commissie voor Wetenschapsbeleid. Men ziet de neiging ontstaan de universiteit de kleine research te laten, die nodig is voor de opleiding van researchmensen, maar de voor planning vatbare big science over te laten aan beroepsontwikkelingsorganen. Daarboven uitstekend zou de universiteit een ivoren toren moeten onderhouden, waarin de resultaten van deze organen worden bekritiseerd en waar de wetenschappen op hoog niveau moeten worden behandeld mede in hun onderling verband. In zo'n instituut komen grote figuren als Lorentz, Planck, Heaviside, Einstein tot hun recht, ofschoon men zou moeten aanvaarden, dat in lange tijd geen figuur van deze hoogte wordt voortgebracht. Volkomen nieuwe concepties vergelijkbaar met de quantumtheorie of de operatorenrekening zullen eerder daar ontluiken dan in het gedruis van een mammoetinstituut.

Ik dank U voor de betoonde aandacht.

- 1) Voor historische gegevens verwijs ik naar: R. J. Forbes. *Man the Maker*. London (1950).
- 2) Ritchie Calder, *The Engineer*, 27 nov. 1969
- 3) *New Scientist* 8 jan. 1970.
- 4) *Science and Technology*, mei 1966, p. 17.
- 5) *The Education of Physicists for work in Industry*. Edited by G. Diemer en J. H. Emck, Centrex, Eindhoven 1968.
- 6) *Geciteerd in Science and Research* 29 sept. 1969, p. 26.
- 7) W. G. Burgers, *Afscheidscollege*. Delft 30 juni 1967 p. 15.
- 8) J. Volger, *Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 36, 93 (1970).
- 9) D. F. Hornig, *Scientific Research*, 18 maart 1968, p. 40.