

De planologie van de technische wetenschap

Citation for published version (APA):

Trier, van, A. A. T. M. (1962). *De planologie van de technische wetenschap*. 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.

DE PLANOLOGIE VAN DE TECHNISCHE WETENSCHAP

Rede, uitgesproken door prof. dr. ir. A.A.Th. M. van Trier, secretaris van de senaat van de Technische Hogeschool te Eindhoven, ter gelegenheid van de zesde dies natalis dezer hogeschool op dinsdag 1 mei 1962.

Mijne heren curatoren,
Mijne heren leden van de senaat,
Dames en heren leden van de wetenschappelijke,
technische en administratieve staven,
Dames en heren studenten,
Voorts Gij allen die door Uw aanwezigheid aan
deze bijeenkomst luister verleent,

Een van de kenmerken van een gezonde persoonlijkheid is de harmonie tussen denken, willen en handelen van de persoon. Ontbreekt die harmonie zodanig dat innerlijke verdeeldheid een kenmerk wordt, dan spreekt men van een gespleten persoonlijkheid. Nu is het opvallend, dat het beeld van een gespleten persoonlijkheid vaak wordt toegepast ter aanduiding van de huidige onzekerheden ten aanzien van vorm en functie van de instellingen van wetenschappelijk onderwijs. De incoherentie tussen denken, willen en handelen wordt dan in verband gebracht met de meervoudige doelstelling van het wetenschappelijk onderwijs.

Enerzijds omvat deze doelstelling de opleiding van onderzoekers die aan het wetenschappelijk weten uitbreiding moeten kunnen geven. Aan de andere zijde staat dan de opleiding van wetenschappelijk gevormden, die op grond van deze vorming in staat moeten zijn bepaalde beroepen uit te oefenen, als bestuurder op de treden, of als deskundige functionaris in een organisatie werkzaam te zijn. Jaspers¹⁾ laat in "Die Idee der Universität" zien, hoe van oudsher drie gebieden van wetenschappelijke activiteit mede een operationeel karakter hebben gehad: de theologie in verband met de zielzorg, de rechtswetenschap in verband met het formuleren en handhaven van de rechtsorde, de geneeskunde in verband met de verzorging van het lichamelijk welzijn. Vervolgens wijst Jaspers er op, dat in de nieuwe tijd wetenschappelijk gevormden nodig zijn op nog een vierde levensgebied en hij omschrijft dit gebied als "die Formung des menschlichen Daseins in der Natur".

Aan de hier bedoelde "Formung" of gestaltegeving wordt bijgedragen door de natuurwetenschappelijke techniek en door de maatschappijwetenschappen en deze omstandigheid plaatst de ingenieur en de technische wetenschap in een bijzondere situatie. Ook deze situatie kan met het beeld van de gespleten persoonlijkheid worden gekarakteriseerd. Het is een fascinerende opgave een ingenieursopleiding te ontwerpen waarin beide aspecten van de gestaltegeving afzonderlijk en in hun onderlinge samenhang tot hun recht komen, zodat een harmonisch geheel ontstaat.

De eerder ingevoerde beeldspraak kan ook worden gebruikt om aan te duiden dat de bestaande classificatie van de technische wetenschap, die wordt teruggevonden in de hogeschoolstructuur, voor ons in deze tijd innerlijke tegenstrijdigheden vertoont.

Tenslotte kan het beeld van de gespleten persoonlijkheid nog worden toegepast op de hogeschool als instelling en dan zouden we misschien beter kunnen spreken van een gespleten rechtspersoonlijkheid. Ik denk hierbij aan de zeer reële bestuurs- en beheersproblemen die het wetenschappelijk onderwijs in vele landen kent, en die voor een niet onaanzienlijk deel samenhangen met het min of meer door traditie bepaalde karakter van de bestuursvorm van de instellingen. De vraagstukken die hieruit voortvloeien, worden veelvuldig besproken, maar zelden uit de weg geruimd. De gedachtenwisseling over deze vraagstukken wordt soms bemoeilijkt, doordat men te snel een vergelijking trekt tussen instellingen van wetenschappelijk onderwijs en industriële organisaties of overheidsdiensten. De beschouwingen die Ashby²⁾ en Jaspers/Rossmann¹⁾ onlangs aan deze situatie hebben gewijd, hebben eens te meer duidelijk gemaakt, dat het probleem van de organisatievorm van de instellingen van wetenschappelijk onderwijs moet worden benaderd vanuit de doelstelling van deze instellingen in onze veranderende maatschappij.

In mijn inleiding heb ik getracht een aantal vormen van gespletenheid te signaleren. Hieruit vloeit een reeks van vragen voort, in het bijzonder betreffende de plaats van de technische wetenschap in het geheel van de wetenschappen, de classificatie van de technische wetenschap en de hogeschoolstructuur. Nu kan men zich afvragen: is het wel zinvol deze en dergelijke vragen weer aan de orde te stellen? Universiteit en hogeschool hebben zich immers in alle tijden bezonnen op hun taak en op hun verhouding tot de maatschappij. Het is echter duidelijk, dat met de

evoluerende maatschappelijke verhoudingen ook de taak van de universiteit evolueert en dat dit met name geldt voor het jonge technisch-wetenschappelijk onderwijs. Hieruit volgt dat wij ons bij herhaling de vraag dienen te stellen, wat wij met onderzoek en onderwijs beogen, en dat wij geïnformeerd dienen te blijven over de ontwikkelingen die zich elders voordoen, alsmede over de achtergronden van die ontwikkelingen.

Het is verheugend dat in de laatste jaren de gedachtenwisseling over organisatorische, zowel als didactische problemen tussen de instellingen van wetenschappelijk onderwijs nationaal en internationaal op gang komt. De gedachtenwisseling over de technische opleiding vindt een uitstekend uitgangspunt in het in 1961 gereed gekomen EUSEC-rapport 3) dat een grote hoeveelheid informatie bevat en dat semantische moeilijkheden tussen gesprekspartners tot een minimum kan beperken. Voorbeelden van vruchtbare contacten zijn de jaarlijkse Sagamore Conferences on Electrical Engineering Education, georganiseerd door Syracuse University, en de tweemaaljaarlijkse bijeenkomsten in de Scandinavische landen van vertegenwoordigers van alle elektrotechnische opleidingen.

Op deze Dinsdag vraag ik dan Uw aandacht voor een beschouwing over enkele aspecten van de technische wetenschap die voor de hogeschool als instelling van belang zijn. Mijn opmerkingen zullen betrekking hebben op de volgende vragen: wat is de positie van de technische wetenschap tussen de natuurwetenschap en de wetenschappen van mens en maatschappij? Is het mogelijk een specificatie te geven van de eigen, karakteristieke taak van de hogeschool bij het verrichten van technisch-wetenschappelijk onderzoek? Wat vormt de eenheid in en waarin bestaat het onderscheid tussen de technische vakgebieden die wij thans kennen? Is de bestaande hogeschoolstructuur optimaal voor onderzoek en onderwijs?

In mijn betoog zal ik trachten symptomen op te sporen die wijzen in de richting van een zich ontwikkelende planologie van de technische wetenschap, een toenemen dus van de bewuste ordening. Een dergelijke ontwikkeling zou uiteraard belangrijke gevolgen kunnen hebben voor vorm en functie van de hogeschool als centrum van onderzoek en onderwijs.

Met grote vreugde vermeld ik dat vele van de hier ontwikkelde gedachten zijn voortgekomen uit gesprekken in commissies en werkgroepen, gesprekken die in het algemeen gekenmerkt worden door een stimulerende levendigheid en door grote onderlinge verschillen van uitgangspunt en inzicht.

Om mijn beschouwingen een zekere achtergrond te geven, wil ik de belangrijkste aspecten van het werk van de ingenieur in enkele grote trekken belichten. Deze toelichting kan het eenvoudigste geschieden met een concreet voorbeeld en daarvoor is de elektrotechniek heel geschikt omdat zij een betrekkelijk scherp afgebakend gebied van de techniek vormt. Ik neem bij deze uiteenzetting het risico, dat de beschrijving van het werk van de ingenieur voor de ingewijden te weinig en voor de niet-ingewijden te veel nieuwe gezichtspunten zal bevatten.

In de elektrotechniek gaat het — zoals in alle techniek — om de realisering van zaken die voorzien in menselijke behoeften. Het woord behoefte impliceert dat de technische realisatie nuttig of nodig wordt geoordeeld. Aan iedere technische realisatie gaat dus een waarde-oordeel vooraf, en de beslissingen in iedere fase van de realisering impliceren nieuwe oordelen waarin verschillende waarden tegen elkaar worden afgewogen. In de elektrotechniek gaat in het bijzonder om systemen en onderdelen van systemen voor opwekking, distributie en gebruik van elektrische energie en voor overdracht en verwerking van informatie. Karakteristiek voor het werk van de ingenieur is, dat de oplossing van een concreet technisch probleem nooit eenduidig is en dat het nooit mogelijk is een gesteld doel exact te bereiken. De ingenieur tracht een oplossing te vinden die binnen voorgeschreven grenzen of toleranties met het gestelde doel overeenkomt, en hij kan deze oplossing volgens verschillende criteria optimaliseren, afhankelijk van de waarde waaraan in het concrete geval het grootste belang wordt gehecht: geringe kosten, veiligheid, eenvoud van bediening, levensduur, energieverbruik. De elektrotechnicus is bij de oplossing van technische problemen uiteraard voornamelijk geïnteresseerd in de elektrische karakteristieken en hij besteedt gewoonlijk slechts in tweede instantie aandacht aan ruimtelijke vormgeving: hij is minder gewend te denken in drie dimensies dan in twee dimensies. Dit kan misschien tot mijn verontschuldiging dienen indien ik vandaag wat al te rechtlijnig denk.

Na de zojuist gemaakte algemene opmerkingen is het betrekkelijk eenvoudig een aantal elementen uit het werk — en dus ook uit de opleiding — van de elektrotechnisch ingenieur aan te duiden. De elektrotechniek heeft als natuurwetenschappelijke basis een betrekkelijk scherp afgebakend gebied van de natuurkunde, en wel het elektromagnetisme. De wetmatig-

heden die de elektromagnetische verschijnselen beheersen, kunnen in enkele regels worden samengevat en de bestudering van de oplossingen van de fundamentele vergelijkingen waarin de bedoelde wetmatigheden zijn geformuleerd, heeft ons inzicht in de verschijnselen zeer verruimd.

Behalve de hier aangeduide natuurkundige grondslag kent de elektrotechniek een eigen theoretische grondslag in de theorie van elektrische netwerken en elektrische leidingen. Elektrische netwerken zijn opgebouwd uit componenten als weerstanden, spoelen, condensatoren, gelijkrichters, differentiërende en integrerende schakelingen, bronnen, alle gekenmerkt door stroomspanningsrelaties die in mathematische vorm kunnen worden voorgesteld. De netwerktheorie maakt van deze reële componenten geïdealiseerde modellen, de netwerkelementen, die als unit-operations in de elektrotechniek kunnen worden beschouwd. De fundamentele wetten van het elektromagnetisme leren ons binnen welke grenzen we onze modellen kunnen vertrouwen, hoe we zo nodig de modellen kunnen verfijnen. Een belangrijk deel van de netwerktheorie vormt de netwerkanalyse, die als object heeft het onderzoek van spannings- en stroomverdeling in een netwerk van gegeven structuur.

Deze korte beschrijving van de elektrische netwerktheorie kan worden voorzien van twee kanttekeningen. Op de eerste plaats is er het feit dat de elektrische netwerktheorie thans een uitbreiding ondergaat in deze zin, dat in de modellen niet alleen elektrische, maar ook mechanische, thermische en pneumatische karakteristieken worden begrepen. Op de tweede plaats is op te merken, dat er geleidelijk een belangstelling schijnt te groeien voor een systematisch onderzoek naar overeenkomsten in de technisch-wetenschappelijke methoden in ogenschijnlijk uiteenlopende gebieden. Zo is het bepaald niet ondenkbaar, dat conclusies en methoden uit de elektrische netwerktheorie van belang zijn voor de beschrijving van chemische processen, samengesteld uit unit-operations.

Hebben wij de theorie van het elektromagnetisch veld en de netwerktheorie tot nu toe beschouwd als middelen om het elektromagnetisch gedrag van systemen te analyseren, de in deze vakken verworven inzichten zijn tevens de basis voor de synthese van systemen, die bepaalde voorgeschreven elektrische karakteristieken moeten vertonen om bepaalde gewenste functies te kunnen verrichten. Het is hier, dat we stuiten op het probleem van de (technische) realiseerbaarheid waaraan we twee aspek-

ten moeten onderscheiden. Het kan zo zijn, dat bepaalde karakteristieken niet realiseerbaar zijn omdat zij in de strijd zouden zijn met fundamentele natuurwetten, zoals de hoofdwetten van de thermodynamica. Deze wetten kunnen in de elektrotechniek specifieke vormen aannemen en dan een schijnbaar zelfstandig bestaan leiden als "theorema van Foster" of "reciprociteitstheorema". Een andere groep van beperkingen waaraan de realisatiemogelijkheden onderhevig zijn, hangt samen met het feit dat de karakteristieke materiaalgrootheden, die we op papier alle mogelijke waarden kunnen geven, in de praktijk slechts een beperkt gamma van mogelijkheden bieden. Tot de karakteristieke materiaalgrootheden die in de elektrotechnische toepassingen een rol spelen, behoren van oudsher de magnetische permeabiliteit, de diëlektrische constante en het geleidingsvermogen, maar thans ook plasmadichtheid, lijnbreedte van ferromagnetische resonantie, om maar enkele voorbeelden te noemen.

Men kan waarnemen, dat aan de netwerksynthese als studieobject een steeds ruimere plaats in het studieprogramma van a.s. ingenieurs wordt ingeruimd, niet zozeer om recepten te leren voor de oplossing van concrete problemen, als wel omdat in de netwerksynthese een eigen aspect van de ingenieurswerkzaamheid op de voorgrond treedt. Daarnaast dient te worden opgemerkt dat in de veldentheorie de synthese altijd nog veel minder aandacht geniet dan de analyse, met name in de ingenieursopleiding. Zoals Fano zegt: voor de ingenieur gaat het tenslotte niet om het aanpassen van velden op grensvlakken, maar om het aanpassen van grensvlakken aan velden, dat wil zeggen: vereiste veldverdelingen. Een markant voorbeeld van veldsynthese is natuurlijk de antenne of het antennesysteem met voorgeschreven antennediagram. In dit verband is het interessant te herinneren aan een publikatie van Bouwkamp en de Bruijn ⁴⁾ uit 1946 over het probleem van de stroomverdeling op een lineaire antenne met voorgeschreven bundelscherpte, een publikatie die ongetwijfeld een fraai voorbeeld is van de synthetische methode. Het is opmerkelijk dat in de oplossing van het probleem van de "super gain" antenne, die in beschouwingen als de hier aangehaalde een uitgangspunt zou kunnen vinden, eigenlijk nog zo weinig vorderingen zijn gemaakt.

De laatste fase van een technische realisering bestaat in de optimalisering van de oplossing met betrekking tot een reeks criteria die in het algemeen onderlinge strijdigheden vertonen. De mogelijkheid tot optimaliseren berust op het feit dat er, zodra één oplossing voor een technisch

probleem gevonden is, in beginsel een onbeperkt aantal equivalente oplossingen kan worden gegeven. De criteria waarnaar geoptimaliseerd wordt, moeten worden gerangschikt in een waardenschaal waarin tot uitdrukking wordt gebracht, aan welke waarde in het concrete geval het meeste belang wordt gehecht. Dat het hier niet uitsluitend om materiële waarden gaat is duidelijk, zoals kan blijken uit het volgende vaker geciteerde voorbeeld. Indien de waarde van het menselijk leven bij het afsluiten van een verkeersongevallenverzekering een factor honderd hoger zou worden gewaardeerd dan thans het geval is, zou de gehele verkeers-techniek een revolutie ondergaan om de veiligheid van voertuigen en verkeersregeling op te voeren.

Met deze korte bespreking van de natuurwetenschappelijke grondslagen en van de methoden van analyse, synthese en optimalisering zijn die onderdelen van het ingenieurswerk genoemd waarin men zich door studie kan bekwamen. Wellicht ten overvloede kan hieraan worden toegevoegd, dat nieuwe concepties, nieuwe ideeën, niet zonder meer ontstaan uit het deskundig hanteren van aangeleerde methoden, maar dat deze eerder voortkomen uit intuïtie en fantasie, en uit het vermogen aanvankelijk niet met elkaar in verband gebrachte inzichten tot vruchtbare wisselwerking te brengen. De vraag wordt wel gesteld, of in het technisch-wetenschappelijk onderwijs de aandacht niet te veel wordt geconcentreerd op het aanleren van methoden, en dan vooral analytische methoden, zodat de ontplooiing van de creativiteit in de verdrinking zou komen. Het antwoord op deze vraag is echter nauwelijks te geven, omdat we niet beschikken over duidelijke normen waaraan het resultaat van het technisch-wetenschappelijk onderwijs zou kunnen worden getoetst.

De beschrijving van het werk van de ingenieur biedt ons een aanknopingspunt voor enige opmerkingen over de plaats van de techniek in het geheel van de wetenschap, in het bijzonder over haar relatie met de natuurwetenschappen en de maatschappijwetenschappen. Uit het voorgaande zal eens te meer duidelijk zijn, dat de basiskennis op het gebied van de wiskunde en de natuurwetenschappen voor de universitaire fysicus of chemicus en die voor de ingenieur in hoge mate identiek zijn. Voorts is er veel overeenkomst in de methoden die beide groepen hanteren. Het is meer dan een toevallige coïncidentie dat niet lang geleden twee oraties vrijwel gelijktijdig werden uitgesproken onder de titel "Denken met de handen". Beide oraties bevatten een boeiende analyse van de door de

orator gebruikte werkmethode; de ene werd uitgesproken in de afdeling der werktuigbouwkunde van deze hogeschool, de andere door een experimenteel fysicus aan een van de rijksuniversiteiten. Het verschil tussen natuurwetenschap en technische wetenschap ligt dan ook niet zozeer in de methode als wel in de doelstelling.

Zuiver natuurwetenschappelijk onderzoek, theoretisch of experimenteel, beoogt nieuwe gegevens te achterhalen omtrent de ons omringende natuur en deze gegevens te ordenen in een steeds meer omvattende synthese. De ingenieur bedient zich van inzicht in de natuurwetten — en verricht natuurwetenschappelijk onderzoek als zijn inzicht te kort schiet — om zijn eigenlijke taak te verrichten, die bestaat in het realiseren van zaken die wij nuttig of nodig achten. Zijn de doelstellingen scherp onderscheiden, in de praktische wetenschapsbeoefening komen zij steeds minder gescheiden voor. Dit heeft als praktisch gevolg, dat in de landen waar het technisch-wetenschappelijk onderwijs buiten de universiteiten is ontwikkeld, de instelling van technische faculteiten en studierichtingen aan die universiteiten steeds veelvuldiger voorkomt of wordt overwogen. Indien deze ontwikkeling zich voortzet, zal er vermoedelijk ook een einde komen aan een merkwaardig dualisme in de publieke opinie over natuurwetenschap en techniek, dat bijvoorbeeld tot uitdrukking komt in het feit dat gelukte en mislukte pogingen om een aardsatelliet te lanceren gewoonlijk worden vermeld als "scientific success", respectievelijk "engineering failure".

Bezien we vervolgens de relatie van de technische wetenschap met de maatschappijwetenschappen, dan mag worden geconstateerd dat in het algemeen de mening heerst, dat een kennisname van de maatschappijwetenschappen in de ingenieursopleiding behoort te zijn opgenomen, een standpunt, dat sterk ondersteund wordt door de mening van in bedrijfsleven en overheidsdienst werkzame ingenieurs. Daarnaast moet worden opgemerkt dat het niet eenvoudig is in de opleiding de natuurwetenschappen en de maatschappijwetenschappen tot één harmonisch geheel samen te voegen. In een recent rapport⁵⁾ van de University of California in Los Angeles wordt de situatie als volgt gekenschetst: ". . . . the humanities stems of engineering curricula, generally speaking, tend to receive copious lip service, but meager dedicated support." Het is in dit verband merkwaardig te bedenken, dat M.I.T. in 1865 werd ingesteld als een instituut "intended for those who seek administrative positions in business . . .

where a systematic study of political and social relations and familiarity with scientific methods and processes are alike essential".

Natuurwetenschappen en maatschappijwetenschappen ontmoeten elkaar in de eindfase van een technische ontwikkeling, wanneer aan een systeem waarvan de technische realiseerbaarheid is aangetoond, gestalte wordt gegeven. De optimalisering veronderstelt immers, zoals we reeds zagen, het tegen elkaar afwegen van materiële en niet-materiële waarden, en tot de oplossing van vraagstukken die zich hier voordoen, kan in belangrijke mate door de maatschappijwetenschappen worden bijgedragen.

Hoe is het nu in concreto gesteld met de ingenieursopleiding? Slagen de hogescholen en universiteiten erin het eigen karakter van de technische gestaltegeving in voldoende mate tot uiting te laten komen? De laatste tientallen jaren hebben een sterke evolutie in het technisch-wetenschappelijk onderwijs te zien gegeven, een evolutie die vooral in de Verenigde Staten met grote schokken is verlopen. Na de tweede wereldoorlog is aanvankelijk zeer sterk de nadruk gelegd op de natuurwetenschappelijke grondslagen van de techniek en in het algemeen was een ontwikkeling in deze richting gewenst. Met name in de Verenigde Staten heeft deze omzwaai echter geleid tot verwaarlozing van dat deel van de opleiding dat gericht was op de eigenlijke technische gestaltegeving. De sterke vermindering van het aantal studenten in "engineering" ten opzichte van dat in "science" die tussen 1950 en 1960 is opgetreden, wordt geweten aan de omstandigheid dat een technische opleiding zonder eigen karakter minder aantrekkingskracht moet hebben dan een echte natuurwetenschappelijke opleiding. Het schijnt dat zich thans een tweede hervorming voltrekt, waarbij een goede basis van natuur- en maatschappijwetenschappen behouden blijft, maar waarin deze basis bewust en duidelijk dient als achtergrond voor het technisch ontwerpen en realiseren, dat in de opleiding centraal wordt gesteld.

Hoewel de evolutie in ons land veel geleidelijker is verlopen – wat zou men anders verwachten? – lijkt toch de vraag gewettigd of wij in ons studieprogramma voldoende aandacht besteden aan ontwerp en produktie, in het bijzonder aan de methoden van optimalisering, die bij de toenemende gecompliceerdheid van de techniek – reeds wordt gesproken van de "tyranny of numbers" – een steeds grotere rol zullen gaan spelen. De toenemende gecompliceerdheid uit zich onder meer in het steeds frequenter gebruik van het woord systeem in combinaties als "system theory" en

"system engineering". Deze termen duiken in vrijwel alle deelgebieden van de techniek op, al geven sommigen de voorkeur aan woorden als proceskunde. De termen hebben voor verschillende personen verschillende betekenis, maar in het algemeen kan men zeggen dat zij betrekking hebben op de analyse, de synthese en de optimale realisering van processen, installaties en apparaturen, waarbij de karakteristieken van hun onderdelen en de regeling en besturing van het geheel worden gezien vanuit één integrale probleemstelling.

Nadeze opmerkingen over de plaats van de techniek in het geheel van de wetenschap en over de eigen aard van de technische wetenschap wil ik enige aandacht besteden aan de wetenschapsbeoefening aan een technische hogeschool. Een kritisch onderzoek naar de wenselijke vorm van deze wetenschapsbeoefening is om verschillende redenen zinvol.

Deze vraag is voor Eindhoven actueel, omdat het ogenblik nadert waarop ons belangrijke faciliteiten voor onderzoek ter beschikking zullen staan. Zijn velen van ons tot nu toe in beslag genomen door problemen rond de organisatie van het onderwijs en door de voorbereiding van bouw- en inrichtingsplannen, wij gaan thans de tweede ontwikkelingsfase van de hogeschool in, waarin deze instelling als centrum van onderzoek moet uitgroeien.

Van algemeen belang is het feit dat de hogeschool slechts één centrum van technisch-wetenschappelijk onderzoek is naast overheids- en semi-overheidsinstituten en naast de industriële centra van onderzoek. Deze groepen van instellingen hebben ieder hun eigen specifieke doelstelling. De verhouding van de hogeschool tot de andere groepen is voor de verschillende deelgebieden van de techniek verschillend en evolueert snel. Voor sommige sectoren van de nijverheid vormt de hogeschool wellicht nog het Mekka van waaruit de technologische ontwikkeling wordt gestimuleerd. Voor de electronica en de telecommunicatietechniek ligt de zaak in Eindhoven wel enigermate anders. Hier rijst de niet eenvoudig te beantwoorden vraag, of er aan de hogeschool een karakteristieke doelstelling is aan te wijzen voor onderzoek dat op zinvolle wijze zou aanvullen wat elders door de inspanning van vele onderzoekers en met ruime middelen tot stand wordt gebracht.

De mogelijkheden van natuurwetenschappelijk en technisch onderzoek in universiteit en hogeschool verschillen van land tot land aanzien-

lijk. In de Verenigde Staten is men in hoge mate afhankelijk van research-contracten tussen de onderwijsinstelling en de industrie of de overheidsdienst. Het is ongetwijfeld zo, dat deze contractresearch tot zeer belangrijke en fundamentele resultaten heeft geleid, maar ondanks dit feit wordt juist in de Verenigde Staten herhaaldelijk bezorgdheid geuit over te geringe belangstelling voor ongerichte, vrije research. De conferentie over Academic and Industrial Basic Research, in november 1960 georganiseerd door de Princeton University, was een symptoom van deze onrust⁶). In Canada schijnen de universiteiten weinig mogelijkheden te hebben, wat samenhangt met het feit dat deze instellingen in hoge mate afhankelijk zijn van de National Research Council, als projecten van enige omvang ondernomen worden. De realiteit is dat vele grote researchprojecten in de eigen laboratoria van de N.R.C. worden ondergebracht. In de "Review of the N.R.C." van 1958 kan men de volgende opmerkingen lezen, die de situatie duidelijk maken: "Much of the work done in the N.R.C. laboratories is of a type that would be too expensive to be undertaken by any one university or indeed handled by any one industry", en iets verder: "It is essential for the welfare of Canadian science as a whole that the strong position of the Council's laboratories be maintained to provide leadership in scientific fields and to provide a flow of top-ranking scientists from the laboratories to the universities and to industry".

Vergelijken we hiermee de situatie waarin zich de Nederlandse hogeschool bevindt, dan valt allereerst op de grote mate van vrijheid die docenten en stafleden hebben bij de keuze van onderwerp en methode van onderzoek, en voorts de ruime middelen die hun ter beschikking worden gesteld en waarover slechts een summiere verantwoording verschuldigd is. Niet los hiervan staat een tweede kenmerk, en wel dat van het goedeels ontbreken van coördinatie tussen de onderzoekingen die worden geentameerd. Is de vrijheid van onderzoek op zichzelf van wezenlijke waarde, toch moet men zich afvragen of niet een grotere innerlijke samenhang van het technisch-wetenschappelijk onderzoek aan de hogeschool gewenst is, waardoor zij wordt tot een centrum waarin een beperkt aantal veelzijdige projecten wordt ondernomen. De grote variatie van kleinere en grotere plannen die thans geformuleerd worden, doet denken aan een overvloedige spijkskaart, waaruit echter, willen we onze gezondheid niet in gevaar brengen, slechts een beperkt menu kan worden samengesteld.

Als een factor van groot belang bij het zoeken naar een eigen doelstelling van het onderzoek aan een hogeschool, moet gelden de omstandigheid dat een technische hogeschool een rijkdom aan specialisten herbergt die slechts in zeer grote industriële laboratoria wordt geëvenaard. De Technische Hogeschool Eindhoven rekt tegen 1968 op een wetenschappelijk corps van ca. 300 ingenieurs, fysici, chemici en mathematen. Met een dergelijke bezetting wordt een unieke kans geboden door te dringen in gebieden van onderzoek die interdisciplinair van aard zijn. Behoudens enkele uitzonderingen worden tussen de afdelingen onderling en in de afdelingen nog weinig exploraties verricht om tot dergelijke interdisciplinaire activiteiten te geraken. Met name de leer der analogieën, onlangs in ons midden besproken door Golay, is een voorbeeld van een gebied waar contact tussen verschillende afdelingen vruchtbaar kan zijn, en waarin de hogeschool een eigen bijdrage kan leveren. Het behoeft geen betoog, dat het inzicht in analogieën met de daaraan gekoppelde vaardigheid in het hanteren van vervangingsschema's belangrijke bijdragen mogelijk maakt aan de eerder besproken "system theory".

Het derde onderwerp in mijn betoog is de structuur van de hogeschool, waarin duidelijke symptomen van een gespleten persoonlijkheid aanwijsbaar zijn. De bestaande verdeling van het technisch-wetenschappelijk onderwijs in de afdelingen vertoont meer de kenmerken van een historische groei, dan dat zij correspondeert met een rationele classificatie van de technische wetenschap. Zijn wij er zeker van dat in deze situatie de opleiding van ingenieurs voor de techniek van morgen en de beoefening van de technische wetenschap onder optimale condities geschiedt? Op grond van welke criteria zouden veranderingen in de structuur verantwoord of geboden kunnen zijn?

Men kan stellen dat de zelfstandigheid van de bestaande afdelingen berust op het feit dat aan één of meer van de volgende criteria is voldaan:

1. de afdeling bestrijkt een deelgebied van de techniek dat is gefundeerd in een of enkele nauwkeurig omschreven deelgebieden van de natuurwetenschappen en dat op grond hiervan een min of meer karakteristieke doelstelling heeft. Voorbeelden hiervan vindt men in het vakgebied van de elektrotechnisch ingenieur en in dat van de (klassieke) scheikundig ingenieur;

2. De afdeling verzorgt een opleiding, gericht op de vorming van deskundigen voor een bepaalde sector van de nijverheid. Zeer duidelijke voorbeelden hiervan zijn de afdelingen der mijnbouwkunde, scheepsbouwkunde, vliegtuigbouwkunde en bouwkunde;
3. de afdeling beoogt de opleiding van deskundigen die een bepaalde algemene discipline uit het geheel van de technische wetenschap beheersen en die dus niet gebonden zijn aan bepaalde sectoren van de nijverheid. Hiertoe behoren de afdelingen der technische natuurkunde, wiskunde, materiaalkunde, bedrijfskunde.

De omstandigheid dat deze drie criteria door elkaar zijn gebruikt, heeft tot gevolg dat op sommige plaatsen overlap optreedt – sommige leerstoelen passen in meer dan één afdeling – en dat het gevaar ontstaat dat gebieden van de technische wetenschap die interdisciplinair van aard zijn, in de bestaande federatie moeilijk een niet omstreden plaats vinden. Vele tekenen wijzen erop dat in het technisch-wetenschappelijk onderwijs eentwijfel groeiende is over de zin van de bestaande indeling. De gedachten over nieuwe indelingen gaan in de richting van een classificatie volgens algemene disciplines die de technische wetenschap omvat. In deze visie zouden de afdelingen dus niet primair worden geformeerd op grond van aanwijsbare eigen methodiek en doelstelling.

De bezinning op de structuur van de instellingen van technisch-wetenschappelijk onderwijs heeft verschillende achtergronden. Daar is allereerst een groeiend bewustzijn van de fundamentele eenheid van de technische wetenschap, geconcentreerd in de unieke opdracht de ons omringende natuur te transformeren en te beheersen. Voorts is er het meer praktische punt dat het realiseren van systemen die steeds meer omvattend worden, een integratie van de traditionele afdelingen noodzakelijk maakt. Dit is niet alleen van belang voor het onderwijs, waar alles gedaan dient te worden om begrip voor analogieën te wekken, maar ook voor het onderzoek, dat in vele concrete gevallen een interdisciplinaire benadering eist.

Recente publikaties en rapporten wijzen op een toenemend aantal experimenten waarmee wordt getracht de bestaande structuur te doorbreken. In Frankrijk bestaat een opleidingsinstituut met slechts drie varianten. De drie opleidingen zijn gericht op onderzoek, op technisch-economisch werk en op productie. Zeer opmerkelijk zijn ook de ontwikkelingen die zich sinds 1945 aan de University of California in Los Angeles hebben

voorgedaan. Er is daar thans een zg. "unified curriculum", dat voor alle studenten in de bachelor's opleiding vrijwel identiek is, en dat leidt tot de graad van B. Sc. in Engineering zonder meer, dus zonder toevoeging van electrical, mechanical, civil of chemical. De synthese van dit "unified" programma wordt tot stand gebracht op grond van een systematisch onderzoek van het relatieve belang dat verschillende begrippen, beginselen, en wetten uit de natuurwetenschappen en de maatschappijwetenschappen hebben voor engineering design. Opmerkelijk is tevens de ruime subsidie die aan de universiteit voor dit doel door Ford Foundation ter beschikking is gesteld. Analoge ontwikkelingen zijn gaande aan het California Institute of Technology en aan het Case Institute of Technology. In het laatste instituut bestaat weliswaar geen unified curriculum, maar in plaats daarvan wordt voor alle studenten een individueel programma samengesteld waarin de leer der analogieën en "systems engineering" een centrale plaats innemen.

Het onderzoek aan de technische faculteit van de University of California in Los Angeles beoogt onder meer een classificatie van de technische wetenschap te ontwerpen volgens algemene disciplines, en in het onderwijsprogramma zullen deze disciplines in hun onderlinge relatie moeten verschijnen. De voorlopige classificatie omvat de volgende disciplines:

1. analytische methoden; hiertoe worden gerekend wiskunde, mechanica, stromingsleer, veldentheorie, netwerkanalyse, regeltheorie, informatietheorie, leer der analogieën;
2. energie- en massatransport; hieronder valt de bespreking van de verschillende energievormen en de omzetting van de ene vorm in de andere. Het fundamentele vak in deze discipline is uiteraard de thermodynamica.
3. materiaalkunde;
4. wetenschappen van mens en maatschappij.

De vier genoemde disciplines vormen de steunpunten waarop de technische ontwikkeling rust. Het onderzoek naar de realiseerbaarheid, de realisatie zelf en de optimalisering vereisen de inbreng van deskundigen die deze disciplines beheersen.

Het is duidelijk dat de geschetste ontwikkelingen het technisch-wetenschappelijk onderwijs in de kern beroeren. In deze situatie, waarin zowel de "eisen des tijds" als de opvattingen over technische wetenschap zich zo sterk wijzigen, lijkt het mij onze opdracht - en boeiende taak - het eigen karakter van de wetenschappelijke techniek steeds duidelijker

in de ingenieursopleiding tot uitdrukking te brengen. Dit laatste zal echter slechts mogelijk zijn, indien de afdelingen die het onderwijs in de verschillende basisdisciplines verzorgen, door systematisch overleg komen tot een onderwijsprogramma waarin de onderdelen in een duidelijk verband met elkaar staan.

Zeer geachte toehoorders,

In mijn beschouwing heb ik aandacht besteed aan verschillende vormen van gespletenheid die de ingenieur, de technische wetenschap en de technische hogeschool kenmerken. Daarnaast heb ik getracht ontwikkelingen te schetsen die grote beloften voor de toekomst inhouden.

De ontwikkeling van de techniek tot technische wetenschap is thans zo ver voortgeschreden dat de plaats van de technische wetenschap in het universitaire milieu nauwelijks meer wordt betwist. De meningen die op dit punt heersen, kunnen wellicht globaal worden uitgedrukt met de grondwet voor de "Animal Farm" van G. Orwell: "All animals are equal, but some animals are more equal than other animals". De juistheid van deze uitspraak kan nauwelijks betwijfeld worden indien wij een blik slaan op de begroting van het Ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen.

De relatie van de technische wetenschap tot enerzijds de natuurwetenschap en anderzijds de wetenschappen van mens en maatschappij tekent zich steeds duidelijker af.

De hogeschool — van oudsher een federatieve staat met grote gewestelijke autonomie — vertoont duidelijke kenmerken van een voortschrijdend éénwordingsproces, dat zich op sommige plaatsen uit in een toename van het verkeer tussen de deelstaten, op andere plaatsen in het volledig opheffen van de grenzen.

Moge deze hogeschool een wezenlijke bijdrage leveren tot de planologie der technische wetenschap.

Ik dank U voor Uw aandacht.

LITERATUUR

1. Karl Jaspers, Kurt Rossman – Die Idee der Universität – Springer 1961.
2. Eric Ashby – Technology and the Academics – MacMillan & Co., Ltd. 1959.
3. Report on Education and Training of Professional Engineers, E.U.S.E.C. 1961.
4. C. J. Bouwkamp, N. G. de Bruijn – The problem of Optimum Antenna Current Distribution – Philips Research Reports 1, 135 - 148, january 1946.
5. A. B. Rosenstein, M. Tribus – Educational Development Committee, First Annual Report 1960- 61 – Department of Engineering, University of California, Los Angeles – Report 61 - 47, july 1961.
6. Proceedings of a Conference on Academic and Industrial Basic Research – Princeton University, National Science Foundation – Report NSF 61 - 39.