

Meten regelen en gezondheidszorg

Citation for published version (APA):

Beneken, J. E. W. (1975). *Meten regelen en gezondheidszorg*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1975

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:

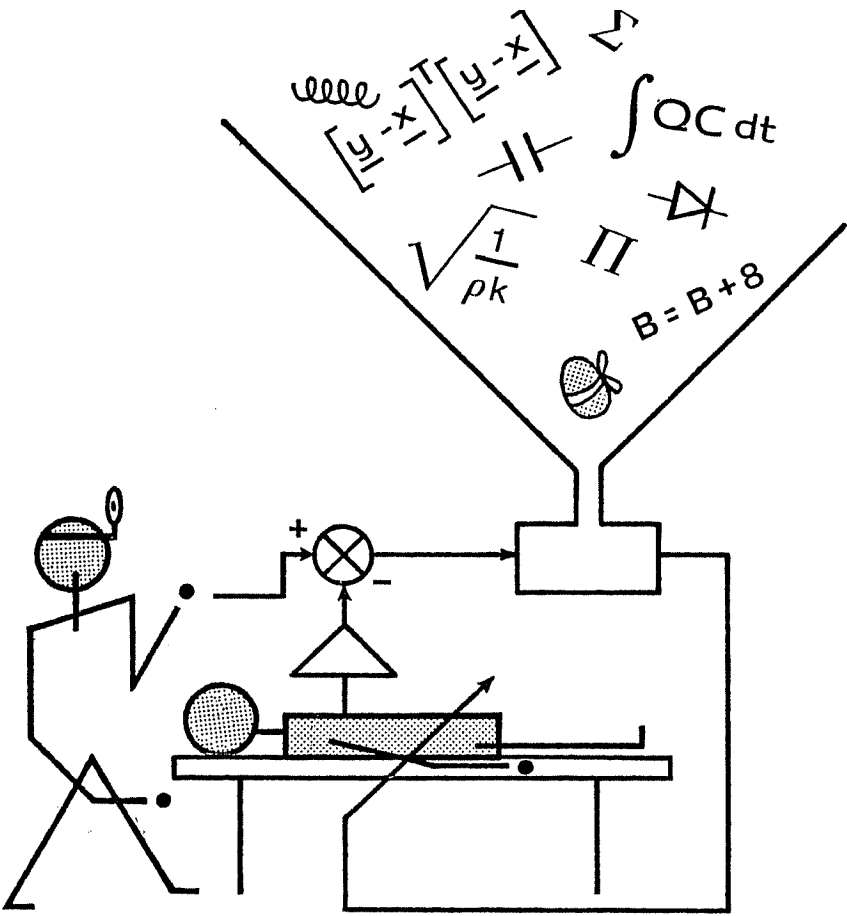
www.tue.nl/taverne

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.



METEN REGELEN EN GEZONDHEIDSZORG

DR. IR. J.E.W. BENEKEN GENAAMD KOLMER

METEN REGELEN EN GEZONDHEIDSZORG

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon
hoogleraar in de medische elektrotechniek aan de Technische Hogeschool
Eindhoven op 6 juni 1975
door Dr.Ir. J.E.W. Beneken genaamd Kolmer

*Mijne Heren Leden van het College van Bestuur,
Mijnheer de Rector Magnificus,
Mijnheer de Voorzitter van de Hogeschoolraad,
Dames en Heren hoogleraren, lectoren en verdere leden van de wetenschappelijke
staf,
Dames en Heren leden van de technische en administratieve staf,
Dames en Heren studenten,
en voorts U allen, zeer gewaardeerde toehoorders.*

Het houden van een intreedende vind ik een zinvolle zaak omdat het me de gelegenheid biedt U wat meer inzicht te geven in mijn specifiek onderzoek- en onderwijsgebied: de medische elektrotechniek.

Van oudsher zijn fysica en geneeskunde nauw verweven geweest terwijl meer recent de inbreng van de techniek in de geneeskunde duidelijk aan het groeien is. Er is dus sprake van een ware driehoeksverhouding, die ik wat nader voor U wil toelichten. Aan het slot zal ik dan nog even kunnen ingaan op toekomstige onderzoek- en onderwijsaspecten van de biomedische techniek.

Betreffende de relatie tussen fysica en geneeskunde zou ik het beeld willen oproepen van twee wetenschapsgebieden die een gemeenschappelijke oorsprong hebben gehad, die uiteen zijn gegroeid en die pogingen ondernemen om, althans gedeeltelijk, weer bij elkaar te komen. Eén van de eersten die gewerkt heeft aan de overbrugging van de ontstane kloof is Prof. Dr. H.C. Burger geweest, die reeds in 1925 een college fysica voor medische studenten aan de Universiteit van Utrecht gaf. Hierbij en bij het vele belangrijke wetenschappelijke werk dat Prof. Burger verrichtte, heeft hij veel steun en aanmoediging ondervonden van zijn broer, Prof. Dr. G.C.E. Burger, die arts is.

Op welke wijze is nu de ingenieur in de geneeskunde betrokken geraakt?

Ik doe, meen ik, de historie geen geweld aan, als ik stel dat de betrokkenheid van ingenieurs bij het medisch gebeuren, voornamelijk is voortgekomen uit persoonlijke belangstelling en individuele contacten (Ik laat de industriële bemoeienis met de geneeskunde hier buiten beschouwing). Een meer formeel feit is dat, nu ruim 26 jaar geleden,

door de organisatie TNO aan een natuurkundig ingenieur werd gevraagd, een breed instituut op te zetten, waar de verworvenheden van techniek en fysica toegepast zouden kunnen worden, ten behoeve van de volksgezondheid.

U begrijpt het, ik sprak over Ir. D.H. Bekkering en het Medisch-Fysisch Instituut TNO.

Hoewel individuele contacten en initiatieven de historische basis vormen van biomedische activiteiten aan de Technische Hogescholen, kan niet ontkend worden, dat deze activiteiten daar een hoge vlucht aan het nemen zijn en dat de inbreng van de ingenieurs in de gezondheidszorg, zowel in ziekenhuizen als door onderzoek sterk aan het groeien is. Deze inbreng voorziet kennelijk in een behoefte.

Ik zou nu even stil willen staan bij het onderscheid tussen de fysicus en de ingenieur.

De fysicus houdt zich bezig met de beschrijving van de verschijnselen uit de levenloze natuur. De grote onderverdeling is: experimentele en theoretische fysica; de toetsing van de theorieën en het meestal wiskundig formuleren van de bevindingen.

De ingenieur heeft op grond van zijn opleiding het vermogen ontwikkeld om complexe problemen van technische of technisch-organisatorische aard op te lossen. Het is vanzelfsprekend dat er ingenieurs zijn, die een zuiver natuurkundige werkwijze volgen en dat er fysici zijn, die de hun voorgelegde problemen volgens ingenieursaanpak oplossen. Deze overlapping, ontstaan op grond van persoonlijke geardeheid, opleiding en werkomgeving, komt gelukkig veel voor.

Op dit moment zien we aan nagenoeg alle medische faculteiten grote afdelingen medische fysica waar, behalve aan fundamenteel wetenschappelijk werk, eveneens aandacht wordt besteed aan de problemen van meestal de academische ziekenhuizen waarvoor een fysische of technische inbreng nodig is.

Onder medische fysica wordt verstaan het toepassen van fysische principes en werkwijzen ten behoeve van fysiologie en geneeskunde. Onder biomedische techniek wil ik dan verstaan al die toepassingsgebieden van de techniek, die met de begrippen klinische techniek, medische techniek, gezondheidstechniek, bioinformatica, medische technologie en mogelijk nog op vele andere wijzen omschreven worden.

Bij dit alles komt de vraag naar voren of medische fysica en biomedische techniek niet tot twee zelfstandige richtingen aan het uitgroeien zijn.

Laten we nu terugkeren tot de groter wordende inzet van de Technische Hogescholen op het gebied van de biomedische techniek, een inzet die bespeurd wordt zowel bij de staf en de studenten, als ook bij de afgestudeerde ingenieurs. Daar kunnen mijns inziens minstens drie redenen voor worden opgegeven:

- 1) in de hele samenleving zien we een grotere sociale bewustwording, die zich aan de TH's onder andere uit in het verlangen de techniek in dienst te stellen van meer maatschappelijk relevante probleemgebieden.
- 2) de technisch wetenschappelijke uitdaging die uitgaat van de levende materie: meettechnische problemen, de complexe systeem-beschrijvingen, boeiende regelspecten e.d.
- 3) de aangepakte medische problemen en de daarbij bereikte resultaten kregen waardering vanuit de medische wereld en erkenning in de ingenieurswereld.

Casimir (1) heeft vorig jaar bij een voordracht tijdens het Eurocon Congress on Electrotechnics in Amsterdam erop gewezen, dat er verschillende ingenieursrichtingen pas vorm en erkenning kregen, nadat reeds veel praktische kennis en ervaring op die gebieden was opgedaan. Meest sprekende voorbeelden daarvan zijn bouwkunde, scheepsbouwkunde en werktuigbouwkunde.

Het constateren van een toenemende activiteit van ingenieurs op het biomedische terrein, brengt de vraag naar voren of de titel biomedisch ingenieur recht van bestaan heeft. Ter vergelijking eerst nog dit: de werktuigbouwkundig ingenieur past werktuigbouwkundige principes en kennis toe op de problemen die hij krijgt; zo past ook de elektrotechnisch ingenieur elektrotechnische kennis toe bij zijn werkzaamheden. De biomedisch ingenieur in de gezondheidszorg zal zijn biomedische kennis daar niet mogen toepassen; dat is de taak van de arts. De ingenieur wordt niet bij de gezondheidszorg betrokken om de arts te vervangen, maar om samen met de arts problemen uit de gezondheidszorg op te lossen, door inbreng van specifieke ingenieurskennis. Naast de zojuist genoemde onzuiverheid in de begripsaanduiding, is er nog een andere reden aan te geven, om niet, naast de thans bestaande afstudeerrichtingen, een biomedische ingenieursrichting in te stellen. Het terrein van de biomedische techniek is

zodanig uitgestrekt, dat het onmogelijk op voldoende diepgaande wijze door één ingenieur bestreken kan worden. Dit standpunt huldig ik nu, hoewel ik bijna 7 jaar geleden zelf het woord medisch ingenieur in de mond genomen heb (2). In de nabije toekomst zullen zeker een aantal hoofdlijnen binnen de biomedische techniek zichtbaar worden. Postdoctorale specialisatie volgens die hoofdlijnen, in centra die daar de specifieke deskundigheid voor hebben, lijkt me een zeer gewenste ontwikkeling. Ik kom daar nog verder op terug.

Dames en Heren,

U zult na al deze beschouwingen ongetwijfeld behoefte hebben aan een verduidelijking van het begrip biomedische techniek en willen weten, met welk deel daarvan ik me speciaal hoop bezig te houden.

Eén van de problemen waar de biomedische techniek mee worstelt is de definitie en afbakening van haar werkgebied. Zoëven heb ik al een paar omschrijvingen gebruikt, die gehanteerd worden om subgebieden aan te duiden van het grote overlappende gebied van techniek en volksgezondheid.

Het doel van alle activiteiten, ongeacht in welk subgebied, is het beschikbaar stellen, of geschikt maken, van methoden en werkwijzen uit de techniek ten behoeve van de geneeskunde en de gezondheidszorg.

Wat houden methoden en werkwijzen uit de techniek dan in? Uit een artikel van de Amerikaan Lester Goodman (3) neem ik, enigszins gewijzigd, de volgende onderverdeling van de technologie over:

- meten
- analyse
- regelen
- synthese

Technisch handelen zal meestal in één van deze categorieën onder te brengen zijn of, in de aangegeven volgorde, meer dan één van deze categorieën doorlopen. Op overeenkomstige wijze kan het medisch handelen onderverdeeld worden in drie categorieën:

- diagnose
- therapie
- preventie

Op grond van deze twee verdelingen kan een matrix geformeerd worden, waardoor de toepassingsmogelijkheden van de techniek wat duidelijker worden.

TECHNOLOGIE

GEZONDHEIDSZORG

| | diagnose | therapie | preventie |
|----------|----------|----------|-----------|
| meten | x | x | x |
| analyse | x | x | x |
| regelen | x | x | x |
| synthese | x | x | x |

Meten betekent het observeren en definiëren van de toestand van het meetobject in kwantitatieve termen. Dit omvat in de eerste plaats de meetopmer, waarin de één of andere fysische grootheid omgezet wordt in, meestal, een elektrisch signaal. Bij die omzetting doen zich problemen van stabiliteit en calibratie voor. Wanneer we eenmaal een elektrisch signaal hebben, dan moeten we aandacht besteden aan conditionering, hetgeen versterken en filteren en soms digitaliseren kan inhouden, om een optimale, zo storingsvrij mogelijke overdracht naar registratie- en display apparatuur te verkrijgen. Gegevensopslag is eveneens een handeling die bij de meetfase moet worden ondergebracht, voor zover het de onbewerkte gegevens betreft. Aangezien het meten aan het begin van ieder technisch en van ieder medisch handelen staat, is dit een zeer belangrijk vakgebied. Een mening die eveneens zeer uitgesproken in de rede van Kylstra (4) naar voren kwam. Niemand van U zal moeite hebben het belang van het meten en al zijn technische mogelijkheden voor de diagnose in te zien; het verkrijgen en goed presenteren van betrouwbare gegevens is het uitgangspunt van een goede diagnose.

Bij therapeutisch handelen is meten evenzeer belangrijk. Daarbij kan gedacht worden aan de complexe bewakingssystemen voor patiënten, tijdens en na operatie. Maar ook voor het beoordelen van het verloop van medicamenteuze behandelingen zijn betrouwbare meetgegevens nodig.

Meetmethoden voor preventie zijn verschillend van de talloze methoden die klinisch of poliklinisch toegepast worden. De meting mag zeker niet invasief zijn; meer dan 90% van de onderzochten zal immers normaal bevonden worden. Dit wijst meteen op een andere speciale eigenschap van metingen ten behoeve van preventief onder-

zoek; de meting mag namelijk specifiek zijn, hetgeen wil zeggen, de uitslag hoeft slechts aan te geven of de onderzochte normaal is of niet. Indien een abnormaal resultaat gevonden wordt, volgt doorverwijzing, waarna met specifieke meetmethoden bepaald wordt wat de oorzaak van de abnormaliteit is. Het is in het algemeen niet rendabel om bij preventief onderzoek op diagnose gerichte meetmethoden toe te passen. Daarvoor is (gelukkig) de opbrengst te gering.

In onze onderverdeling van het technisch handelen wordt meten gevolgd door analyse.

Onder *analyse* verstaan we het zoeken naar verbanden tussen de verkregen meetgegevens, teneinde het te bestuderen systeem en zijn gedrag te begrijpen. Dikwijls ligt aan deze interpretatie een zgn. gedachte-model ten grondslag waarmee slechts de richting waarin de meetgrootheden veranderen globaal verklaard kan worden. Wanneer het te bestuderen systeem enigszins bekend is, worden fundamentele fysische principes in een mathematische formulering bijeengebracht en is een kwantitatieve interpretatie mogelijk. We zijn aangekomen bij het simuleren, dat is het (meestal) met wiskundige relaties nabootsen van een te bestuderen systeem. Daarbij wordt gebruik gemaakt van analoge, digitale of hybride computers. Door simulatie wordt het mogelijk na te gaan in hoeverre de verkregen meetgegevens een consistent geheel vormen en tevens de wiskundige beschrijving op juistheid en volledigheid te toetsen.

Wanneer dergelijke modellen beschikbaar zijn, wordt het doen van parameterschattingen eveneens mogelijk. Daartoe worden de signalen van het model en het te bestuderen systeem met elkaar vergeleken en de verschillen tussen die signalen worden zoveel mogelijk verkleind. Dat gebeurt door de parameters (eigenschappen of constanten) van het model te veranderen. Wanneer dat verschil minimaal is, dan komen model en werkelijk systeem zo goed mogelijk met elkaar overeen. Men kan dan de constanten (parameters) van het model aflezen en daaruit conclusies trekken over het te bestuderen systeem. Om te komen tot modelvorming is inzicht in het te bestuderen systeem nodig. Waar dit niet mogelijk is, heeft analyse van meetgegevens toch een heel belangrijke functie. Haast vanzelf valt het woord signaalanalyse. Veel signalen zijn niet voldoende betrouwbaar gemeten of de systemen vertonen intrinsieke onregelmatigheden; men spreekt van ruis. Frekwentie-analyse, patroonherkenning, cluster-detectie en trendanalyse zijn vaardigheden die bij signaalanalyse

worden toegepast.

In de gezondheidszorg wordt op dit moment van deze vaardigheden reeds veelvuldig gebruik gemaakt, zowel bij diagnosstellingen als bij therapeutische handelingen. Als voorbeeld zou ik willen noemen de verwerking van elektro- en vektorcardiogrammen met de daarbij behorende statistische analyse. Zo zijn er nog vele signalen waar met vrucht signaalanalyse op wordt toegepast. Deze methodes worden ontwikkeld in researchinstituten en universitaire ziekenhuizen en worden daar en in enkele perifere ziekenhuizen gebruikt.

Wiskundige modellen van biologische systemen worden veelvuldig ingezet bij de meer fundamentele medische en fysiologische research. Daarbij denken we aan modellen van bloedvaten, hormoonsystemen, suiker-stofwisseling, nierfunctie, hartfunctie, zenuw prikkel-overdrachten en aan vele andere studies. Niet al deze onderzoeken hebben (al) geleid tot klinisch toepasbare analysemethoden.

Voorbeelden waar analyse van meetsignalen wel op een modelbegrip berust, zijn hartfunctie, nierfunctie, longfunctie, bepaling van hartminuutvolume en nog vele andere.

U zult begrijpen dat ik niet volledig kan en hoeft te zijn. Wel is nodig dat U zich realiseert, waarom dit zo'n belangrijk aspect is voor de diagnose en therapie. Al deze methoden dragen bij tot het kwantificeren en interpreteren van de klinische gegevens en kunnen een enorme datareductie leveren: vele meters registratiepapier, samengevat door het aanwijzen van de plaats en de grootte van de afwijking! Helaas is het niet zo'n eenvoudige zaak. Het levend organisme is zeer moeilijk te vangen; de mens is mede door zijn denkvrijheid en de invloed die bijvoorbeeld emoties op de fysiologische processen hebben extra gecompliceerd. Een terrein dat nog nagenoeg braak ligt, is de datareductie van tweedimensionale beelden, zoals röntgenfoto's en -films, infraroodopnamen en beelden verkregen met ultrageluid.

Een belangrijke bijdrage van systematische analyse van signalen afkomstig van complexe systemen, is het aangeven van die grootheden die gemeten zouden moeten worden, teneinde een juist inzicht in de werking te kunnen krijgen. Helaas werd en wordt erg veel aandacht gegeven aan eenvoudig meetbare grootheden, zonder dat er inzicht bestaat of daaruit de gewenste informatie is af te leiden.

Veel wat gezegd is over signaalanalyse ten behoeve van diagnose en

therapie geldt onverkort voor het terrein van de preventie, terwijl daar een sterke inbreng van de statistiek bij komt. De 'multi phasic health screening', een periodiek geneeskundig onderzoek van verschillende orgaansystemen, wordt in Nederland nog niet erg veel toegepast. Een studie over de daarmee elders bereikte resultaten zal veel nuttige informatie opleveren.

Van het technologisch viertal, meten, analyse, regelen en synthese, resten nog de laatste twee.

Regelen kan omschreven worden als het bewust ingrijpen in de loop van een proces met het doel het proces binnen vooraf bepaalde grenzen te houden. Het zal duidelijk zijn dat aan een goede regeling een goede analyse van het proces vooraf moet gaan en dat goede metingen beschikbaar moeten zijn. We hadden reeds gezien dat diagnose zich meer afspeelt in de gebieden meten en analyse. Regeltechnische aspecten spelen zeker een rol bij ontwerp en bouw van de dikwijls zeer gecompliceerde meetprocedures en meetinstrumenten.

In het menselijk lichaam bevinden zich vele, dikwijls sterk gekoppelde regelprocessen. Inzicht in het specifieke regelgedrag van die interne processen zal een goede diagnosestelling mogelijk maken. Ook in deze zin is regelen belangrijk bij de diagnose.

Regelen en therapeutisch handelen staan zeer dicht bij elkaar. Wat is therapie anders dan afwijkende eigenschappen zodanig trachten te corrigeren, dat de integrale mens weer optimaal kan functioneren. Wanneer in deze omschrijving een paar woorden veranderd worden, levert het de definitie van regelen van een technisch proces op.

In het oog springende toepassingen van regeltechniek en -theorie zijn te vinden bijvoorbeeld bij de kunstnier en bij prothesen of kunstledematen. Maar ook bij grote operaties waar hart-long machines bij gebruikt moeten worden zijn veel regelhandelingen te verrichten. De behandeling van de kritiek zieke patiënt, zowel onder narcose als postoperatief, gaat gepaard met regelhandelingen, zoals regelen van infuussnelheden, instellen van de beademing en het toedienen van geneesmiddelen. Hiervan zijn in de literatuur wel systeemanalytische beschrijvingen gegeven. Maar, hoe goed dergelijk onderzoek ook gedaan is, het geeft alleen verbanden aan tussen een paar grootheden. Bij de behandeling van de kritiek zieke patiënt spelen zovóél factoren een rol. De behandelende arts is zich niet eens altijd bewust aan welke factoren hij/zij het grootste gewicht toekent. De verwachting is dat

toepassing van technische regelprincipes, mits niet te ondoordacht en te pragmatisch opgezet, een grote bijdrage zullen leveren aan de therapie.

Regelactiviteiten op het gebied van de preventie zijn van een andere orde. Beïnvloeden van de gemeenschap en de daarin levende individuen is iets waarbij sociologische en psychologische factoren in het geding komen. Adviezen over eet- en leefgewoonten zijn inputs in het preventieproces; de outputs zijn morbiditeits- en mortaliteitscijfers. Gezien het geringe effect dat anti-rook campagnes hebben, lijkt een grondige studie over de regelbaarheid van dergelijke 'processen' (menselijk gedrag) zeer op zijn plaats.

Nu de bespreking van het laatste deel van de, uiteraard wat kunstmatige, vierdeling van de technologie: de *synthese*.

Deze fase is niet helemaal los te denken van de meet-, analyse- en regelfase. Na een eerste meet- en analyseronde, zal het moment komen waarop speciale meetapparatuur ontworpen en gebouwd moet worden, evenals geschikte regelaars. In de synthese-fase houdt men zich bezit met constructie en instrumentatie problemen en werkt men aan een integratie van de afzonderlijke onderdelen. Het lijkt me duidelijk dat deze fase zowel voor de diagnose, de therapie als voor de preventie van eminent belang is. De aandacht voor betrouwbaarheid van meet- en regelsystemen alsmede veiligheidsaspecten, komen hierin naar voren. Structuren en materiaaleigenschappen van levend materiaal, maar ook van materiaal voor implantaties, vragen voorlopig nog veel studie.

Het is vooral de synthese die het gezicht van de biomedische techniek bepaalt. Vele niet ingewijden vragen zich af of we ons uitsluitend bezighouden met het ontwikkelen en maken van medische instrumenten. Ik hoop dat mijn betoog tot dusver daar een wat breder licht op heeft laten schijnen en U heeft laten zien dat biomedische techniek onontbeerlijk is voor alle aspecten van geneeskunde en gezondheidszorg. Ik zou niet willen beweren dat al deze technologische mogelijkheden doorgevoerd moeten worden. Het zou mijns inziens terecht, nogal wat onrust in de medische stand veroorzaken. Voordat bepaalde mogelijkheden ingevoerd kunnen of mogen worden, zal aan een aantal zwaarwegende voorwaarden voldaan moeten worden, daar wil ik nog op terugkomen.

Dames en Heren,

U bent ongetwijfeld een kritisch gehoor. Alleen heeft U niet de gelegenheid mij in de (intree)rede te vallen. In het voorgaande heb ik aannemelijk gemaakt dat de gezondheidszorg een nuttig en zinvol toepassingsterrein is van de techniek.

Een vraag (die U ongetwijfeld zoudt willen stellen) is blijven liggen: 'Waarin onderscheidt het biomedisch terrein zich van industriële of andere utiliteitsterreinen waar technologie wordt toegepast?'

Ik meen dat er drie factoren zijn, die dat onderscheid wezenlijk maken:

- het multidisciplinaire karakter
- de levende materie is het terrein van handelen en het uiteindelijke doel is de mens
- ethische aspecten spelen in belangrijke mate mee.

Het multidisciplinaire karakter wordt bij biomedisch technisch werk bepaald door de samenwerking met artsen en fysiologen. Het multidisciplinaire team waarin de ingenieur dikwijls zonder moeite zijn plaats vindt, bestaat uit fysici, ingenieurs afkomstig uit andere afdelingen, soms economen en andere in een exacte denkrichting opgeleide medewerkers. De arts en fysioloog zijn meestal heel anders opgeleid. De leerstof is verschillend van die van de ingenieurs en berust meer op feiten dan op verbanden. Het ontbreekt de arts meestal aan enig inzicht in onze mathematische formulering, in fysische principes en onze technische begrippen. Degenen onder U die geprobeerd hebben het begrip impedantie op verantwoorde wijze duidelijk te maken, weten wat ik bedoel. Dat lijkt een erg negatieve beschrijving van een arts . . . gezien door een ingenieursbril. Maar realiseert U zich dat menig arts (in gedachten zeker) in wanhoop zijn armen heeft opgeheven toen hij een ingenieur het belang van een symptoom of van een bepaalde onregelmatigheid op een gemeten curve probeerde duidelijk te maken; het is voor hem zo evident. In een dergelijk multidisciplinair team te kunnen en willen werken, betekent bereid te zijn begrip op te brengen voor deze fundamentele verschillen en bereid te zijn zich voldoende medische kennis eigen te maken, opdat een zinvolle samenwerking mogelijk is.

Ook de arts-patiënt relatie speelt een zeer belangrijke rol en wij technici moeten begrip hebben voor de plaats die door de patiënt daarin aan de arts wordt toegekend. Veelzeggend en leerzaam is de rede die Van Nieuwenhuizen heeft uitgesproken onder de titel: 'De arts: onttroning of abdicatie' (5). Het werken in een biomedisch-technisch

team is ook minder eenvoudig door het nagenoeg geheel ontbreken van traditie op dit gebied: slechts een zeer kleine fractie van de afgestudeerde ingenieurs is werkzaam in een klinische omgeving. Het merendeel bevindt zich in een betrekkelijk beschermd fysisch-technisch onderzoekmilieu. Goede communicatie in de klinische omgeving is uitermate belangrijk en juist daar vindt de ingenieur geen voorgangers.

De tweede factor die de biomedische techniek deed afwijken van andere toepassingsterreinen, was het feit dat de levende materie het terrein van handelen was. Om dit duidelijk te maken, wil ik nog eenmaal de technologische vierdeling gebruiken.

Metingen aan proefdieren, voor het verkrijgen van inzicht gebeuren dikwijls onder narcose en onder omstandigheden die meestal weinig met een normaal functionerend organisme te maken hebben. Teneinde de metingen onder zo natuurlijk mogelijke omstandigheden te kunnen uitvoeren, maakt men gebruik van geïmplanteerde opnemers en telemetrie van de meetgegevens. Denkt men aan metingen bij patiënten of proefpersonen, dan speelt de beïnvloeding van het meetobject een belangrijke rol. Het inbrengen van een naald in een bloedvat kan bij de één een vaatspasme veroorzaken, bij de andere een algehele vasodilatatie, die tot een shocktoestand kan leiden. De noodzaak om juist bij mensen vele metingen niet invasief te verrichten, (onbloedig, zonder door de huid heen te gaan), brengt specifieke meettechnische problemen met zich mee.

In de analysefase wordt het onderscheid tussen levende en dode materie pas echt duidelijk. In de biomedische wereld is praktisch alleen sprake van systemen in die zin, dat het samenstel van de individuele delen meer is en kan dan de som van de afzonderlijke delen. Bij de lagere diersoorten zijn soms afgezonderde lichaamsdelen op zich weer levensvatbaar. Bij hogere diersoorten (waartoe ook de mens behoort) komen subsystemen voor zoals ademhaling, bloedsomloop, temperatuurregeling, stofwisseling en vegetatief zenuwstelsel, die alle via een hiërarchische organisatie ondergeschikt zijn aan het instand houden van het leven van het individu. In technische termen uitgedrukt betekent dit dat afzonderlijk bestudeerde subsystemen een zeer beperkte stationariteit hebben en geringe reproduceerbaarheid van de meetgegevens. Eén van de fundamentele eigenschappen (of problemen) is dan ook de steeds aanwezige individuele en interindividuele

spreiding van de meetgegevens. Naarmate men lager in de organisatievorm komt, is die reproduceerbaarheid en de verklaring eenvoudiger: daarbij kunnen we denken aan spieractiepotentialen, zenuwimpulsen en mechanisch gedrag van geïsoleerde spieren.

Voor de regelfase, de fase waarin ingrijpen geboden is, geldt dat vooral de zojuist genoemde inherente interindividuele spreiding een groot probleem is. Hoe kan men algemeen geldende inzichten toepassen op de ene, individuele patiënt, met zijn eigen samenstel van afwijkingen, waarvan het merendeel nauwelijks te bepalen en bijna niet te kwantificeren is.

De specifieke aspecten van de biomedische techniek komen eveneens zeer sterk naar voren in de synthese fase. Aan betrouwbaarheid en veiligheid van apparatuur worden hoge eisen gesteld, waarbij we denken aan die mensen wier leven volledig afhangt van het juist functioneren van die apparatuur: pacemakers, nierdialyse, beademings- en bewakingsapparatuur. Minder spectaculair, maar zeker niet eenvoudig is het zoeken naar materialen die geschikt zijn om zeer lange tijd in het lichaam ingebracht te worden. Deze en dergelijke problemen komen op geen enkel ander gebied voor, dan alleen op het biomedische gebied.

De derde factor die de biomedische techniek zijn specifieke karakter geeft, is de medische ethiek. Hoewel tot voor kort, gezien de arts-patiënt relatie, de arts de uiteindelijke verantwoordelijkheid droeg, begint daar steeds meer een verandering te komen in de richting van een teamverantwoordelijkheid. Daarbij hoeven we slechts te denken aan de gaande discussies over euthanasie en abortus. Naarmate de ingenieur intensiever met de arts gaat samenwerken, zelfs al is hij (nog) niet bij de directe patiëntenzorg betrokken, moet hij over de medisch-ethische aspecten van zijn werkzaamheden een oordeel hebben, dat volledig vanuit zijn eigen persoonlijkheid gevoed wordt.

De beschouwingen tot nu toe zouden bij U de indruk hebben kunnen wekken dat ik van mening ben dat het functioneren van de mens te vatten zou zijn in wiskundige formuleringen en ik wil tot iedere prijs voorkomen, dat U met een dergelijke mening hier vandaan gaat. De metabletische beschouwing die J.H. van den Berg wijdt aan de reflex (6) zou een nog angstaanjagender slot (of vervolg) krijgen. In die studie plaatst Van den Berg de ontwikkeling van het inzicht in de reflex naast de maatschappelijke en de technische ontwikkeling.

Het daarin naar voren gehaalde beeld van de spinale mens, die uitsluitend door middel van reflexen leeft, zou, indien het functioneren van die mens wiskundig formuleerbaar zou zijn, een verwachting in zich hebben, waarbij 1984 van Orwell een goedmoedig sprookje genoemd mag worden.

De mens is echter meer dan een spinaal wezen en niet in formules te vangen; beschrijvingen van de meest elementaire processen in het menselijk leven gaan mank of zijn slechts geldig over een zéér klein gebied.

Toch laat het beeld van de spinale mens ons moeilijk los; een sterke individualiteit lijkt de enige mogelijkheid. Daarom benadrukte ik vermoedelijk zojuist het wortelen van de ethiek in de eigen persoonlijkheid. Wanneer ik me een variant op de titel van een andere publicatie van Van den Berg (7) mag veroorloven, zou ik willen zeggen dat we moeten waken voor de technische macht in de medische ethiek. Het is daarom dat ik zeer verheugd ben dat Studium Generale aan deze Technische Hogeschool als één van haar onderwerpen voor dit najaar heeft gekozen 'Ethiek van de biomedische techniek'.

Dames en Heren,

Hoe komt men nu tot een onderwerpkeuze uit een dergelijk groot onderzoekgebied?

Ik ben van mening dat men, voor het doen van die keuze, zich moet laten leiden door:

- eigen belangstelling en ervaring
- de behoefte die er is aan resultaten van het onderzoek, m.a.w. kan er wat zinvols gedaan worden met de resultaten
- de mogelijkheden om dat onderzoek te doen
- activiteiten die elders op dit gebied plaatsvinden
- de kennis dat het afsluiten van een onderwerp soms belangrijker kan zijn en zeker moeilijker is dan er mee door te gaan of met een ander onderwerp te beginnen.

Nu U een indruk hebt van de veelomvattendheid van de biomedische techniek en haar uitgebreide verwevenheid met de huidige gezondheidszorg zal het U duidelijk zijn, dat bij velen die werkzaam zijn op dit terrein, de ogen groter zijn dan de maag; dat geldt ook voor mij.

Tien jaar geleden promoveerde ik op een proefschrift waarin een

wiskundige beschrijving gegeven werd van de niet geregelde bloedsomloop. Dat dit werk nog steeds gebruikt wordt en er naar verwezen wordt, is zeker mede te danken aan het feit dat ik dat proefschrift kon voorbereiden onder de kritische maar stimulerende leiding van de eerder genoemde Prof. Dr. H.C. Burger. Kort daarna kon dat wiskundige model uitgebreid worden met diverse voor de bloedsomloop belangrijke regelingen, zodat het mogelijk werd verschijnselen die met shock en met lichamelijke inspanning samenhangen, te bestuderen. Later werd met Prof. V.C. Rideout het principe uitgewerkt van de 'multiple modelling': modellen waarin een zekere hiërarchie aangegeven is, zodat massatransport, onder veranderde toestand van de drager, kon worden nagebootst. Op deze basis is later met de opnamen verdelingsmodellen van anestetica voortgebouwd. De opzet van deze modellen berust op kennis en inzicht van de fysische en mechanische relaties van het te bestuderen systeem en bevat vele, vaak eerste-orde, benaderingen van deze relaties. De eigenschappen van het systeem, die vertaald worden in de coëfficiënten van de wiskundige vergelijkingen, komen meestal uit verschillende literatuurbronnen, eigen experimenten en zo verantwoord mogelijke gissingen. De verificatie van dergelijke modellen gebeurt aan de hand van een vergelijking tussen het gedrag van het model en de werkelijkheid onder zoveel mogelijk gevarieerde omstandigheden. Meestal is een volledige verificatie niet mogelijk, omdat het aantal variabelen in het model veel groter is dan het aantal dat voor meting bereikbaar is in het werkelijke systeem.

De grote toepassing van dergelijke, fysische modellen ligt hoofdzakelijk op het gebied van de fundamentele fysiologische research.

De onderlinge samenhang en het relatieve gewicht van in afzonderlijke experimenten bestudeerde subsystemen kunnen met behulp van modellen worden nagegaan. Ook kunnen modellen een belangrijke leidraad zijn bij de interpretatie van complexe meetgegevens. Deze fysische modellen zouden een grote bijdrage kunnen leveren tot de individuele diagnose en therapie, indien ze zodanig aangepast en afgestemd zouden kunnen worden, dat de individuele eigenschappen en eventuele pathologische afwijkingen erin verwerkt zouden kunnen worden. Wanneer deze afwijking moeilijk meetbaar, maar wel kwalitatief bekend is, dan zou met behulp van zo'n individueel aangepast model deze afwijking te kwantificeren zijn.

Een probleem dat zich hierbij voordoet heb ik zoëven al aangeduid: het verifiëren van dergelijke modellen is bijzonder moeilijk. Dat

betekent in dit geval dat een betrouwbare aanpassing aan de individuele patiënt in veel gevallen niet eenvoudig zal zijn. In bepaalde niet te complexe gevallen zal het zeker wel mogelijk zijn deze aanpassing te maken, waarmee we zijn aangekomen op het terrein van de parameterschatting. Hierover bestaat bij de vakgroep Meten en Regelen een grote deskundigheid en een bereidheid om deze in te zetten bij dergelijke probleemstellingen.

Wanneer men complexe processen bestudeert, waarvan een beperkt aantal variabelen gemeten kunnen worden, dan is het mogelijk aan de hand van de relaties tussen die variabelen een wiskundig model te formuleren, dat ik dan een 'input-output-model' zou willen noemen. Men beschouwt dan zo'n proces als het bekende zwarte doosje, de black box.

Het complete proces en het beperkte aantal meetgrootheden schets wel een situatie die we in de biomedische wereld dikwijls tegenkomen. Het input-output model heeft dan ook goede toepassingsmogelijkheden op dat gebied. Op dit moment werken we volgens deze methode aan een onderzoek naar de mogelijkheden om bij het geven van anesthesie (vroeger noemden we dat narcose) enige automatische regelingen toe te passen. Het input-output model dient dan om het te verwachten verloop van een regelhandeling te voorspellen; op deze wijze kan die regelhandeling zo gunstig mogelijk gekozen worden. Voor deze regeltoepassing is het geen bezwaar dat een dergelijk model niet altijd eenduidig bepaald is. Het zou echter een veel vollediger gebruik van de gemeten signalen betekenen wanneer het input-output model wel eenduidig zou zijn; in dat geval zal het mogelijk zijn aan de hand van juist gekozen parameters van dit model trenddetectie te doen, d.w.z. langzame veranderingen in de toestand van de patiënt volgen. Als werkhypothese zou ik willen aangeven dat één of meer van deze parameters reeds veranderingen zullen ondergaan vóórdat belangrijke veranderingen direct aan de hand van de gemeten patiënten-variabelen te ontdekken zullen zijn.

Het is natuurlijk zonder meer duidelijk dat er een verband moet bestaan tussen de besproken fysische modellen en de input-output modellen. Alleen aan de hand van concrete studies zullen deze verbanden gelegd kunnen worden. Wanneer we daarin slagen, zal een stap vooruit gezet zijn op het toepassen van deze technieken ten voordele van de individuele patiëntenbehandeling, alsook voor het verkrijgen van basiskennis over fysiologische systemen. We proberen deze methoden tot ontwikkeling te brengen ten behoeve van de anesthesie,

de bloedsomloop en het nieronderzoek, en we prijzen ons bijzonder gelukkig voor deze onderzoekrichtingen belangstelling en daadwerkelijke medewerking te ondervinden van klinici en daarnaast financiële steun van het Preventieve Fonds te krijgen.

Het is mijn stellige overtuiging dat de vruchten van biomedisch-technische samenwerkingen alleen dan tot volle rijpheid kunnen komen, wanneer ze niet te vroeg geplukt worden. Ik bedoel hiermee dat het onze plicht is een gunstig onderzoekresultaat de kliniek of gezondheidszorgwereld in te brengen en daar voldoende lang te begeleiden.

Dames en Heren,

Hoe ziet nu de toekomst van de biomedische techniek eruit?

Als uitgangspunt voor een antwoord op die vraag kunnen we nemen dat techniek in de breedste betekenis van het woord niet uit de gezondheidszorg is weg te denken en daarin een steeds grotere rol zal gaan spelen. De inbreng van de ingenieur in de gezondheidszorg is daarmee onmisbaar geworden. Van de ingenieurs die op dit moment biomedisch-technisch werk doen, bevindt zich volgens een zeer globale schatting 75% in een fysische of technische omgeving, d.w.z. in medisch-fysische afdelingen van universiteiten, aan technische hogescholen, in research-instituten of bij de industrie. Dit is dus een omgeving waar op het gebied van de biomedische techniek enige traditie bestaat. Slechts 17% van dezelfde groep ingenieurs werkt in academische ziekenhuizen, waar al veel minder traditie op dit gebied bestaat, maar waar meer begrip voor multi-disciplinair werken verwacht kan worden. Van de biomedische werkzame ingenieurs is uiteindelijk slechts 8% in perifere ziekenhuizen te vinden.

Voor deze lage percentages is wel een verklaring te geven. Bij het ontstaan van nieuwe toepassingsrichtingen nemen de opleidingsinstellingen zelf veel mensen uit die richtingen op. Een tweede verklaring lijkt me echter te liggen in het feit dat de opleiding van de ingenieur onvoldoende is aangepast. Een optimale aanpassing van de opleiding zou gevonden moeten worden na een samenspraak van de biomedische wereld als afnemers met de technische hogescholen als opleiders. Daarop vooruit lopend lijkt mij dat voor de nabije toekomst ingenieurs nodig zullen zijn voor twee hoofdrichtingen: de kliniek en het onderzoek. In de wat verdere toekomst komt daar

waarschijnlijk de preventie als aparte richting bij.

Voor de klinisch gerichte ingenieur zou in zijn kennispakket een hoofddaccent gelegd moeten worden op instrumentatie en metingen in de geneeskunde en op veiligheidsaspecten. Op het gebied van de informatieverwerking zou de kennis toegespitst moeten zijn op systemen en software.

De ingenieur in de biomedische research en technische ontwikkeling zal in zijn kennispakket een hoofddaccent moeten leggen op fysiologisch inzicht, systeemtheorie en regeltechniek, en informatieverwerking zowel wat betreft software, hardware als de toepassing van micro-processors.

Deze kennispakketten, die ik niet volledig beschreven heb maar waar ik slechts enige hoofdbestanddelen uit genoemd heb, zouden moeten worden aangeboden aan volwaardige ingenieurs die afgestudeerd kunnen zijn in diverse richtingen. Het gelijk stellen aan opleidings-eisen die voorgesteld zijn voor de medisch-wetenschappelijk onderzoeker zou het mogelijk moeten maken voor deze extra opleiding de noodzakelijke erkenning te verkrijgen.

Wat betreft de onderwijsaspecten van de biomedische techniek aan de drie Technische Hogescholen en de Universiteit van Groningen is door de Staatssecretaris van Onderwijs en Wetenschappen, Dr. G Klein, een initiatief genomen voor gezamenlijk overleg. Wanneer in dit overleg eveneens exponenten vanuit de gezondheidszorg betrokken zouden kunnen worden, zou het tevens mogelijk worden om van daaruit een indruk te krijgen van de behoefte aan ingenieurs: hun aantal en de aard van hun opleiding.

Het lijkt me duidelijk dat in de toekomst de technologie en met name de systeemleer aan alle biomedische onderzoekgebieden een onmisbare bijdrage zal leveren. Ook in het menselijk en dierlijk lichaam functioneren systemen tegelijkertijd en in nauwe onderlinge samenhang: het zenuwstelsel, de bloedsomloop, de ademhaling, het endocriene systeem, de stofwisseling en nog vele andere. Vooral betreffende de kennis van de integratie van die systemen bestaat er een enorme achterstand ten opzichte van de kennis van grote technische systemen. Een geringe storing in een van die biologische subsystemen wordt opgevangen door aanpassing in andere subsystemen. Wanneer de andere systemen niet meer in staat zijn het slecht functioneren van één of meer subsystemen op te vangen, ontstaat een toestand die niet meer verenigbaar is met het leven; daaraan vooraf zijn al verschillende sub-

systemen aan de grenzen van hun werkgebieden gekomen.

Bij dit alles is het goed te realiseren dat het menselijk of dierlijk lichaam een gesloten systeem is, waarbinnen zich voornamelijk stationaire processen afspelen. Daar enigszins van afwijkend zijn de ademhaling en spijsvertering, terwijl de zintuigen op sommige van die processen eveneens invloed hebben. Aan patiënten wordt meestal in een stationaire toestand gemeten, waardoor geen inzicht in het geïntegreerd functioneren van het lichaam verkregen wordt. Wanneer externe stimuli aangebracht worden zullen die doorwerken op meer dan één subsysteem. Van deze nood kunnen we een deugd maken; het biedt juist de mogelijkheid alle betrokken processen in hun samenhang te bestuderen. Laten we als voorbeeld denken aan de veel uitgevoerde fietsergometerproeven. Daar zou een gelijktijdige meting van alle vitale functies veel meer inzicht geven dan de afzonderlijke bestudering van deze functies: een systeem is toch meer dan de afzonderlijke samenstellende delen. U begrijpt dat dit slechts een eenvoudig voorbeeld ervan is, hoe het denken in systemen tot andere inzichten kan leiden.

Andere belangrijke voorbeelden waaraan nog veel gewerkt moet worden zijn: het ontwikkelen van niet-invasieve meetmethoden, biomechanica, patroonherkenning bij 2-dimensionale beelden, onderzoek op het gebied van biomedisch toepasbare materialen. Vele meetmethoden kunnen aanzienlijk betrouwbaarder en eenvoudiger worden door inschakelen van micro-processors. Dit zijn allemaal voorbeelden waarbij de oplossing redelijk binnen bereik ligt. Ik wil met opzet geen toekomstbeeld oproepen, dat voor sommigen misschien spookachtig is. Veel zal afhangen waar de prioriteiten komen te liggen bij het volksgezondheidsbeleid. Daarbij gaat het om politieke beslissingen, die onder meer genomen worden op grond van wat er nodig is, wat economisch haalbaar is en wat technisch mogelijk is. Het is bij dit laatste dat wij mee kunnen werken de toekomst vorm te geven: door te laten zien wat mogelijk is. Dat impliceert niet dat alles wat mogelijk is ook uitgevoerd moet worden. Daar is dit beslissingsproces voor nodig.

Met betrekking tot de coördinatie van onderzoek op biomedisch-technisch gebied functioneren verschillende formele en informele overlegmogelijkheden op landelijk niveau. Op deze wijze is het thans mogelijk onderzoekactiviteiten in voldoende mate op elkaar af

te stemmen.

Naast de onderwijs- en onderzoektaken van de Technische Hogeschool is er nog de dienstverlenende taak. Het komt mij voor dat de TH's en enige researchinstituten deze taak het beste regionaal kunnen opvatten. Met dienstverlening bedoel ik onder meer het doen van incidenteel ontwikkelingswerk en mogelijk het geven van cursussen en het houden van voordrachten over biomedisch-technische onderwerpen voor geïnteresseerde medici en para-medisch personeel. De tijd ontbreekt om op die dienstverlenende taak verder in te gaan, maar ik meen dat dit een zeer belangrijke taak is.

Dames en Heren,

In de afgelopen 45 minuten heb ik geprobeerd U een indruk te geven van de uitgebreidheid van de biomedische techniek en van haar redenen van bestaan. Vervolgens heb ik U enige van mijn ideeën over onderzoek en onderwijs op dit gebied toegelicht. Dat ik dat vanaf deze plaats en in deze functie heb mogen doen is een gevolg van een aantal elementen die voor een belangrijk deel buiten mijzelf lagen. In de eerste plaats doordat mijn ouders de gelegenheid hebben gecreëerd om mij te laten studeren. Een tweede element is het feit dat mijn echtgenote een sfeer wist op te bouwen van waaruit ik mijn werk kon verrichten. Het derde element is het hoge wetenschappelijke niveau en de goede persoonlijke relaties binnen het Medisch-Fysisch Instituut TNO. Ik hoop dat deze twee factoren nog lang de aantrekkelijkheid van het MFI mogen blijven uitmaken.

Vanaf deze plaats wil ik Hare Majesteit Koningin Juliana mijn eerbiedige dank betuigen voor Haar besluit mij aan deze Technische Hogeschool te benoemen.

Dames en Heren Leden van de vakgroep Meten en Regelen,

Het is bijna twee jaar geleden dat ik mijn werkzaamheden in Eindhoven aan deze Technische Hogeschool begonnen ben. Steeds ben ik met genoegen hierheen gekomen. Wanneer ik probeer te analyseren waar dat op berust, dan is dat in hoofdzaak vanwege de openhartigheid en de onderlinge behulpzaamheid die hier heersen. Alle problemen

bleken oplosbaar door het grote wederzijdse vertrouwen. Ik zal graag meehelpen deze sfeer te handhaven en zo dat mogelijk is te verbeteren. Bij velen van U bestaat een grote belangstelling voor biomedische techniek. Uw en mijn interessen liggen bovendien dicht bij elkaar. De keuze van het werkgebied heb ik dan ook trachten te maken, mede rekening houdend met Uw deskundigheid. Ik wil graag met U verder werken aan de opleiding van elektrotechnisch ingenieurs, met U een bijdrage leveren aan de vooruitgang van zowel de technologie als de gezondheidszorg en evenals U persoonlijke voldoening beleven aan deze werkzaamheden.

Mijne heren leden van de Kontaktgroep Biomedische en Gezondheidstechniek,

Dat wij elkaar hier binnen deze Technische Hogeschool gevonden hebben en contact onderhouden langs deze betrekkelijk informele weg is voor de toekomst van ons werk van zeer groot belang. De geplande beleidscommissie heeft een aanzienlijke taak voor zich, waarvoor van velen van ons een grote inzet gevraagd zal worden. Ik hoop dat de informele en de werkkontakten door de beleidscommissie versterkt zullen worden en dat de biomedische en gezondheidstechniek een eigen erkende plaats aan deze Technische Hogeschool zal krijgen.

Dames en Heren studenten,

Het is een verheugende ontwikkeling dat bij U een grote belangstelling bestaat voor de biomedische techniek. Het is een boeiend terrein waar behoefte is aan ingenieurs die in hun opleiding een brede basis hebben opgebouwd en zowel technische als theoretische vaardigheden bezitten.

Zonder aan deze uitgangspunten afbreuk te doen, is het mijn taak U voldoende speciale biomedische kennis mee te geven en U vertrouwd te maken met de biomedische denkwereld. Daarna zult U Uzelf waar moeten maken met veel begrip voor intermenselijke verhoudingen en zonder uit het oog te verliezen dat het uiteindelijk object van Uw handelen de individuele mens is.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Odijk, maart 1975

Literatuur

- (1) Prof.Dr. H.B.G. Casimir, Technology for the future, De Ingenieur 86, 378-382, 16 mei 1974.
- (2) Dr.Ir. J.E.W. Beneken, Medische techniek en technische geneeskunde, Voor-
dracht conferentie 'Ethiek en techniek in het ziekenhuis', Kerk en Wereld,
Driebergen 1968, Org. v.h. Interkerk. Prot. Ziekenhuis Bureau, I.P.Z. 17,
no. 3, 127-134, maart 1969.
- (3) L. Goodman, The intersection of technology and medicine, in: Engineering
and Medicine, National Academy of Engineering, p. 14 t/m 22, Washington
D.C. 1970.
- (4) Prof.Ir. F.J. Kylstra, Proces en Processor, Intreerede, Technische Hogeschool,
Eindhoven, 1 november 1974.
- (5) Prof.Dr. C.L.C. van Nieuwenhuizen, De Arts: onttroning of abdicatie?
Intreerede, Rijksuniversiteit Utrecht, 5 maart 1974.
- (6) Prof.Dr. J.H. van den Berg, De reflex, Callenbach, Nijkerk, 1973.
- (7) Prof.Dr. J.H. van den Berg, Medische macht en medische ethiek, Callenbach,
Nijkerk, 1970.