

## De aanloop tot de sprong

van der Mooren, A.L.

Gepubliceerd: 01/01/1972

### *Document Version*

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

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

- A submitted manuscript is the author's 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](#)

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

Mooren, van der, A. L. (1972). De aanloop tot de sprong. Eindhoven: Technische Hogeschool Eindhoven.

#### **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 ?

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# DE AANLOOP TOT DE SPRONG

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING  
VAN HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR  
IN DE ALGEMENE WERKTUIGBOUWKUNDE  
AAN DE AFDELING DER WERKTUIGBOUWKUNDE  
VAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN  
OP 16 JUNI 1972

DOOR

DR. IR. A.L. VAN DER MOOREN

*Zoeken betekent : een doel hebben. Vinden daarentegen : vrij zijn, open staan, geen doel hebben.*

Hermann Hesse, Siddharta

*'Het is heel vreemd', sprak heer Ollie. 'Alles kan verklaard worden en wetenschappelijk worden vastgelegd. Behalve het geloof van een beer, dat bergen verzet'.*

*'Hm', zei Tom Poes.*

*'Ik kan het niet volgen', mompelde de burgemeester. 'Ik had het over de uitbreidingsplannen voor de gemeente en nu gaat het ineens over de kerk. Maar de paté ruikt lekker, dat moet gezegd worden'.*

Uit: Heer Bommel en de kwinkslagen.

### *Geachte aanwezigen,*

Bij een gelegenheid als deze is het niet ongebruikelijk nieuwe ontwikkelingen aan de orde te stellen in het vakgebied waarin de spreker zijn ervaring heeft opgedaan. Ik heb dan ook overwogen U mee te nemen naar het interessante en zich snel ontwikkelende domein van het transport, in het bijzonder dat van de manipulatie van stortgoederen. Tot deze activiteit valt ook de opslag te rekenen, evenals de aan het transport gekoppelde bewerkingen, zoals graven en storten, terwijl beïnvloeding van de kwaliteit van het produkt, bijv. door doseren en mengen, niet buiten beschouwing kan blijven. Het bewerktuigen en doen functioneren van een transportketen voor stortgoederen vormt een boeiend, zij het doorgaans stoffig deelgebied van de werktuigbouw waar wetenschap en kunde zich nog maar een bescheiden plaats hebben veroverd naast ambacht en kunst.

Toch heb ik gemeend vandaag, bij deze gelegenheid en voor dit gehoor, een ander terrein te moeten betreden, evenzeer boeiend en in volle ontwikkeling, ook nog sterk afhankelijk van ambacht en kunst en in deze dagen evenmin vrij van stofwolken. Ik zou met U willen spreken over de opleiding tot werktuigkundig ingenieur en daarbij achtereenvolgens drie vragen aan de orde willen stellen:

- over welke kwaliteiten moeten onze afgestudeerden beschikken?
- hoe moet de structuur van ons onderwijsprogramma worden gekozen?
- hoe moet de organisatie van onze afdeling worden opgebouwd?

Een voordeel van deze keuze is dat mijn overwegingen wellicht kunnen bijdragen tot het werk van de beleidsorganen van onze afdeling. Bovendien zal uit mijn betoog blijken dat de inhoud van een aan mijn leeropdracht ontleende taak – onderwijs in het ontwerpen en construeren – in hoge mate afhangt van inzichten aangaande de structuur van het studieprogramma als geheel. De tijd aan deze voordracht besteed lijkt dan ook in meer dan een opzicht goed gebruikt, een overweging die wel een rol mag spelen bij de vele noodzakelijke, maar voor alle betrokkenen tijdrovende werk-

zaamheden in de actuele bestuurshervormingen. Een bezwaar van mijn keuze is dat mijn betoog onvermijdelijk veel bekends zal bevatten voor vele leden van onze afdelingsgemeenschap. Ik vertrouw echter dat zij de aangeboden ordening van de gezamenlijk ontwikkelde inzichten op prijs zullen stellen; de verwoording blijft uiteraard voor mijn rekening.

*Dames en Heren,*

Alvorens de eerste vraag te kunnen beantwoorden, namelijk over welke kwaliteiten, over welk pakket van kennis en vaardigheden de afgestudeerde moet beschikken, dient te worden aangegeven wat werktuigbouwkunde als deelgebied van de technische wetenschappen eigenlijk is. Wanneer wij te rade gaan bij Van Dale vinden wij als omschrijving van wetenschap o.a.: het systematisch geordend geheel van het weten en van de regels waarmee verdere kennis kan worden verkregen. Het adjectief 'technisch' duidt erop dat weten, regels en kennis in hoofdzaak betrekking hebben op bewerkingen en verrichtingen behorende tot de nijverheid en de toegepaste exacte wetenschap en gericht zijn op de bevrediging van maatschappelijke behoeften en wens. Kunde is de bekwaamheid in enige tak van wetenschap, in ons geval de bouw van werktuigen. Een werktuig tenslotte is een stelsel van lichamen dat gebruikt wordt voor het omzetten van krachten en bewegingen. Afhankelijk van het feit of het werktuig eenvoudig of gecompliceerd is, het krachts- dan wel het bewegingsaspect domineert, of de beweging het werktuig zelf betreft dan wel het verwerkte medium, spreekt men in het bijzonder van gereedschappen, machines, mechanismen, apparaten, e.d.

Het zal U bekend zijn dat onze afdeling weliswaar de afdeling der werktuig**bouw**kunde heet, maar werktuigkundige ingenieurs aflevert. Het bouwen van werktuigen vereist kennis van o.a. het gehele gebied van de werktuigkunde dat ook het beoordelen, gebruiken en instandhouden van werktuigen omvat. Onze afdeling meent er naar te moeten streven dat het gros van de afgestudeerden zijn langs de weg van analyse, ordening en abstractie verkregen kennis juist bij de bouw van werktuigen tot synthese kan brengen. Dit betekent een herleving van een oude gedachte, die ook is verwoord in de zinspreuk

van deze hogeschool: 'Mens agit molem', het denkvermogen brengt de vormloze materie tot leven. Tot de bouw valt niet alleen te rekenen het bedenken en ontwerpen, maar ook het construeren en vervaardigen, dus het materialiseren van het werktuig. De materiële vorm toch bepaalt in hoge mate de kosten van fabricage, bediening en onderhoud, het rendement, de betrouwbaarheid, de levensduur, kortom de gebruikswaarde van het werktuig en daarmee de kans op succes van het ontwerp.

Wellicht bent U van mening dat deze nadruk op het kunnen bouwen de opleiding te veel richt op de ingenieur-constructeur en te weinig recht doet aan andere, sterk uiteenlopende functies waarin werktuigkundigen belanden, bijv. als gebruikers van werktuigen in de industrie en het transportwezen. Daar zou ik tegenover willen stellen dat in die functies de beginnende, jonge werktuigkundige ingenieur zijn taak hoofdzakelijk vindt in het evalueren, aanpassen en verbeteren van bestaande werktuigen. Deze arbeid is te zien als een voortzetting van het werk van de ontwerper dat door verschillende oorzaken niet tot een volmaakt resultaat heeft geleid. Ook bij die taak is inzicht in de merites van concept en vormgeving onontbeerlijk. Overigens moge uit mijn verdere betoog blijken dat de vaardigheid die voor het bouwen van werktuigen moet worden verworven, juist in hoge mate kan bijdragen tot het vermogen om goede oplossingen te vinden voor andersoortige, niet louter technische vraagstukken, zoals die veelal aan oudere ingenieurs worden toevertrouwd.

Indien U nu uit mijn woorden zou opmaken dat werktuigbouwers beschikken over een duidelijk omschreven, sluitende ontwerpbeurt als grondslag van het totale vakgebied, moet ik U teleurstellen. Wat deze leer zou moeten omvatten is door velen op velerlei wijze benaderd; ik zou mij hier willen aansluiten bij de gedachtengang van Roth e.a.<sup>1)</sup> Uitgegaan wordt van de hoofdfunctie van het werktuig, bijv. het vullen van zakken met stortgoed, en een aantal daaraan gekoppelde nevenfuncties, bijv. het wegen van de vulling. Veelal zijn de eisen deels strijdig en zo onvolledig geformuleerd dat het preciseren van de opgave een wezenlijk deel van het ontwerpen vormt. Hoofd- en nevenfuncties worden gesplitst in deel-functies, zoals positioneren van de lege zakken, en er worden hulp-functies, zoals ontstoffen aan toegevoegd. Door herhaald splitsen wordt een blokstructuur verkregen van functie-eenheden en functie-

elementen, die Roth ordent naar 4 grondfuncties: samenvoegen, omvormen, opslaan en geleiden, en betreft op de categorieën stof, energie en informatie. Na deze ontleding in het functiedomein volgt, a.h.w. in omgekeerde richting, de opbouw in materiële vorm, het domein van de stof, waarbij het op te roepen fysische effect de keuze van de stoffelijke elementen bepaalt. Door de stoffelijke elementen bijeen te voegen ontstaan onderdelen en organen, bijv. de vulmond, waaruit het gezochte werktuig – de opzakmachine – wordt opgebouwd.

Deze benadering is veelbelovend, maar nog onvoldoende gereed voor toepassing. Een moeilijkheid is dat tijdens dit ontwerpproces – uiteraard aan tijd en geld gebonden – een enorm aantal mogelijke combinaties kan en ook moet worden opgezet teneinde daaruit een goede, liefst de optimale oplossing te kunnen kiezen op grond van relevante criteria. Niet alleen kan de splitsing in deelfuncties en de toevoeging van hulpfuncties op allerlei wijzen plaatsvinden, ook geeft de natuur ons de keuze uit een heel arsenaal van fysische effecten om een bepaalde functie als bijv. wegen te realiseren. Bovendien zijn de mogelijkheden tot samenvoeging en materialisering welhaast eindeloos. Het voortdurend kiezen van de juiste koers door deze zee van mogelijkheden, op grond van tussentijdse evaluaties, vergt een strategie, die ik als de kern van de ontwerpleer zou willen zien. Voorts is het noodzakelijk te beschikken over informatiebanken voor de opslag van ervaring in de vorm van gegevens aangaande fysische effecten, materialiseringsmogelijkheden, catalogusonderdelen en standaarddetails. De ingangen van een dergelijke 'constructotheek' moeten worden gevormd door voor de ontwerper relevante kenmerken, zoals sterkte, levensduur, kostprijs, e.d.

Naar een algemene, werktuigkundige ontwerpleer wordt door velen gezocht en ook onze afdeling zal daarin haar aandeel moeten leveren. Dat is noodzakelijk, want al hebben de gebruikelijke methoden ons ver gebracht, zij lijken ontoereikend om op de versnelde ontwikkeling van onze kennis en inzichten in gelijke tred te kunnen reageren met nieuwe produkten. De stijging van de produktiviteit bij het ontwerpen van vormprodukten blijft ver achter bij de efficiencyverhoging van de fabricageprocessen. Mochten de inspanningen om een algemene ontwerpleer te formuleren in het komende decennium geen belangrijke resultaten opleveren, dan rijst o.a. de vraag of de werktuigbouwkunde zijn historisch gegroeide, zelfstandige plaats als

samenhangend vakgebied, gescheiden van andere ingenieurswetenschappen, zal kunnen handhaven. In deze tijd dienen zich meer en meer complexe problemen aan die niet meer vanuit één discipline zijn op te lossen, ik denk bijv. aan de biomedische techniek, de woningbouw en het milieubeheer. Indien de werktuigbouwer er niet in slaagt te komen met een eigen, karakteristieke bijdrage in een multidisciplinair team, zullen anderen geneigd zijn dit vacuum op te vullen, en terecht. Deze eigen inbreng kan m.i. niet anders zijn als het vermogen om door middel van een duidelijke strategie snel en doeltreffend materiële vorm te geven aan de toekomstige behoeften van onze maatschappij.

Het ontbreken van een algemene ontwerpleer die kan worden verbijzonderd en toegespitst voor deelgebieden van het vak, brengt nog een ander gevaar met zich mee. Binnen de werktuigbouwkunde bestaan vele specialisaties naar het soort werktuig. Indien de ontwerpleer al deze specialismen niet samenbindt – en ik zie geen andere grondslag die zij en slechts zij alleen gemeenschappelijk hebben – zijn zij geneigd een zelfstandig leven te gaan leiden. Deze neiging tot afscheiden treedt ook op indien er niet voldoende aandacht wordt besteed aan bepaalde fasen van het ontwerpproces of aan facetten van de te vervullen functies. Optrekken van scheidsmuren, als reactie op 'onbetaalde rekeningen', lijkt mij echter ook hier geen goede remedie voor de kwaal en in het nadeel van alle betrokkenen, ook van de afgestudeerde. Goed ontwerpen veronderstelt immers evenwichtig verdeelde aandacht voor alle aspecten van het karwei en vergt open, inspirerende communicatie met andere delen van het vakgebied.

Ter samenvatting van het voorgaande wil ik trachten in enkele woorden het profiel te schetsen van de jonge werktuigbouwkundig ingenieur die model staat voor ons studieprogramma. <sup>2) 3)</sup>.

- Als *vakman* onderscheidt hij zich van andere ingenieurs doordat hij zich bezig houdt met werktuigen, constructies waarin kracht en beweging een essentiële rol spelen, en doordat hij niet alleen de werking, maar ook de materialisering in zijn overwegingen betreft.
- Als *ontwerper* tracht hij, uitgaande van een meestal onvolledig pakket van eisen, alle mogelijkheden te verzamelen en daaruit

- op grond van juiste criteria de optimale oplossing te kiezen.
- Als *academicus* streeft hij naar een hoog niveau van abstractie, ontwikkeling van wetenschappelijk verantwoorde methoden en naar inzicht in de samenhang met andere gebieden van wetenschap.
  - Als *mede-werker* kan hij in groepsverband opereren in het besef dat vele vraagstukken, ook het ontwerpen van werktuigen, slechts zijn op te lossen door gezamenlijke inspanning van velen en door benadering vanuit verschillende disciplines.
  - Als *burger* voelt hij zich verantwoordelijk voor de opbouw van onze samenleving, waartoe het werktuig een even omstreten als onontbeerlijk instrument is.

*Dames en Heren,*

Na deze aanloop kom ik toe aan de centrale vraag: hoe moeten wij als afdeling van deze hogeschool ons onderwijsprogramma structureren teneinde de jonge werktuigkundige ingenieur, in overeenstemming met het geschetste profiel, goed toegerust zijn taak in de maatschappij te laten aanvangen?

De vraagstelling moge simpel zijn, het antwoord is dat allerminst. Het probleem: welke kennispakketten en vaardigheden moeten worden aangeleerd, alsmede welke volgorde en combinaties daarbij moeten worden gekozen, kan niet los worden gezien van een reeks andere vragen. Ik doel hierbij o.a. op de aanvangsbekwaamheden en de belastbaarheid van de student, de aanvaarde studieduur, de te bieden mogelijkheden tot individuele specialisatie, de overdrachts-techniek, de selectieprocedure, enz. Ook hangt het antwoord mede af van mankracht en andere middelen die beschikbaar zijn nadat daarvan een deel is gereserveerd voor onderzoek dat o.a. ten doel heeft op langere termijn het kwaliteitsniveau van de opleiding te handhaven.

Meuwese <sup>4)</sup> onderscheidt met betrekking tot onderwijsproblematiek vier elkaar deels overlappende categorieën van beslissingen; daarvan vormen de beslissingen aangaande de constructie van onderwijsprogramma's er één. Voorop stelt hij het formuleren van duidelijke einddoelen, omdat anders het gevaar dreigt dat het onderwijs niet relevant, niet op niveau en weinig efficiënt is, dat het einddoel verschuift en dat het niet toegankelijk is voor vruchtbare discussie.

Het eerder geschetste profiel moge een poging in die richting zijn, het is nog verre van volledig; o.a. moet de kwaliteit van het eindprodukt nader worden omschreven.

Wat de uitvoerbaarheid van zijn benadering betreft, wijst Meuwese zelf op de moeilijkheid dat niet voldoende betrouwbare en generaliseerbare informatie beschikbaar is, een lacune waarin slechts door gedegen onderzoekingen kan worden voorzien. Dergelijke onderzoekingen zijn inderdaad noodzakelijk om op langere termijn tot verbeteringen in het rendement van de opleiding te komen. Zij zijn echter zeer tijdrovend en het gevaar lijkt niet denkbeeldig dat de onderzochte onderwijssituatie zich zo snel wijzigt, dat de resultaten deels irrelevant zijn tegen de tijd dat zij ter beschikking komen. Ik laat in het midden of wij in de huidige omstandigheden over voldoende middelen beschikken voor dergelijk onderzoek van onderwijs.

Wat staat ons nu te doen indien wij met onvoldoende gegevens in handen toch willen voortgaan met het op korte termijn aanbrengen van verbeteringen in het onderwijsprogramma? Een schrale troost is dat wij ons dan in dezelfde situatie bevinden als vele andere organisaties die noodgedwongen moeten varen op gegist bestek. Wij kunnen niet méér, maar moeten ook niet minder doen dan gezamenlijk, in goed overleg met alle betrokkenen, een gemeenschappelijke koers uitzetten, waarnemen of deze ons de gewenste – niet steeds meetbare – resultaten brengt en zo niet, op tijd bijsturen. Van belang daarbij is niet zozeer of alle uitgangspunten geheel juist zijn, maar wel of alle betrokkenen bereid zijn zich achter de grote lijn te scharen, ernaar te handelen, elkaar ruimte te geven bij de uitwerking en kleine defecten soepel weg te werken.

Gezien het geschetste profiel ligt het voor de hand het leren ontwerpen van werktuigen in de opleiding centraal te stellen. Dit kan worden bereikt door colleges en oefeningen in de ontwerpleer als een rode draad door het programma te laten lopen. De kern daarvan vormt de strategie voor het genereren van en het kiezen uit mogelijke oplossingen. Voorts moet de student de literatuur en de constructie leer gebruiken. Naarmate hij vordert en, hoofdzakelijk door analyse, zijn inzicht in de grondslagen van het vak is gegroeid, worden bij de oefeningen in het ontwerpen, de synthese, de op-

drachten verzwaard. Dit kan op vele wijzen geschieden, o.a. door aantal en soort van de te vervullen werktuigkundige functies uit te breiden, door naast technische ook eisen van economische en sociale aard te stellen, door een meer nauwkeurige oplossing te vergen, door uit te gaan van onnauwkeurige en moeilijk te kwantificeren gegevens, door het gebruik van meer geavanceerd gereedschap noodzakelijk te maken en door de tijdsdruk op te voeren.

Men zou als het ware mijlpalen in het studieprogramma kunnen aangeven, elk gekarakteriseerd door een verzameling typische ijk-ontwerpen, die na de betreffende fase van de studie binnen het bereik van de student moeten liggen. Vanuit deze mijlpalen wordt de structuur van het programma uitgezet. Bepalend voor de keuze van kenniselementen en voor de volgorde waarin deze worden aangedragen, is de vraag of, en zo ja in welk stadium die elementen bij het leren ontwerpen een rol kunnen spelen. Samen met de onderlinge relaties tussen de elementen ontstaat aldus een netwerk, waarin volgens bekende technieken beperkende voorwaarden, zoals de belastbaarheid van de student, kunnen worden verdisconteerd. Uiteraard zal er sprake zijn van een wisselwerking: het onderwijs in de ontwerpleer moet zonedig worden aangepast, opdat daarin de toenemende kennis en kunde van de grondslagen in gelijke tred worden benut en geïntegreerd. De mijlpalen dienen als oriëntatiepunt voor de 'verticale' coördinatie van de kenniselementen binnen eenzelfde fase van de studie. De 'horizontale' coördinatie kan bijv. worden verkregen door verwante kenniselementen uit de opeenvolgende studiefasen tot grondvakken samen te voegen. Het lijkt gewenst het aantal grondvakken beperkt te houden teneinde een doorzichtige structuur van het programma te verkrijgen, hetgeen van nut is zowel voor docenten als studenten.

Men kan vele indelingen hanteren bij het samenstellen van de grondvakken. Het is bijv. mogelijk deze te laten corresponderen met vier categorieën van vragen waarvoor de ontwerper zich bij zijn beslissingen ziet geplaatst, te weten:

- *Wat kan er?* Welke mogelijkheden laat de natuur toe? Werktuigbouwkunde is toegepaste natuurkunde. Het geheel van fysische wetmatigheden, voor zover dat het gedrag van werktuigen beheerst, kan worden samengebracht in een grondvak *werktuigkundige functioneleer*, waarin o.a. de klassieke vakken kinematica, me-

chanica, stromingsleer en thermodynamica vertegenwoordigd zijn. Er dient daarbij een brug te worden geslagen naar delen van de fysica die buiten ons gezichtsveld dreigen te raken, zoals de elektrotechniek en de chemie.

- *Wat kan ik?* Welke mogelijkheden tot materialisering staan mij ter beschikking? Waaruit en waarmee maak ik het? Deze kennis kan worden samengebracht in een grondvak *materialiseringsleer*, waartoe ik o.a. zou willen rekenen de materialenleer en de mechanische technologie. Hierbinnen zou ook kennis van vermoening en slijtage een plaats kunnen vinden.
- *Wat mag ik?* Wat laat een bedrijf als geïntegreerd technisch-economisch-sociaal systeem toe? Kennis van het grondvak *bedrijfsleer* is noodzakelijk; de nadruk dient te vallen op o.a. de onderdelen procesanalyse, werkvoorbereiding en planning, kostprijsberekening en arbeidstechniek.
- *Wat wil ik?* Wat acht ik verantwoord gezien het belang van onze maatschappij nu en in de toekomst? Kennis van *maatschappijvakken*, zowel van de beginselen als van de concrete knelpunten in onze samenleving, is daartoe nodig.

Kennis op bovengenoemde terreinen is ook noodzakelijk om te kunnen overleggen met specialisten binnen aangrenzende vakgebieden en te weten wanneer zij moeten worden ingeschakeld. Bestudering van de genoemde vakken vergt bedrevenheid in een aantal hulpvakken, die samengebracht kunnen worden op de noemer communicatie, zoals wiskunde, taal in woord en geschrift en, van bijzonder belang voor de werktuigbouwer, technisch schetsen. Nagegaan moet worden in hoeverre deze hulpvakken gescheiden van de overige vakken moeten blijven lopen, dan wel er beter in kunnen worden verweven.

Binnen alle genoemde vakken moet worden gestreefd naar het fundamentaliseren en systematiseren van de kennis; dit vergemakkelijkt de overdracht, bevordert het inzicht en vormt de beste waarborg tegen veroudering. De behandeling van een deel van het vakgebied dient te geschieden door het eerst te situeren, af te bakenen en fenomenologisch te beschrijven. Vervolgens wordt het probleemveld ontleed in zijn elementen, waartussen langs analytische weg ordening en samenhang wordt aangebracht. Tenslotte kan de student met andere ogen terugblikken en inzien hoe met behulp van het verwor-

ven inzicht nieuwe vraagstukken kunnen worden opgelost. Verdieping kan desgewenst worden bereikt door twee of meer op deze wijze uitgevoerde concentrische rondten.

Het oefenen dient, zeker bij de ontwerpleer, maar ook bij de grondvakken, een onafscheidelijk deel van het onderwijs te vormen. Wat wij horen, zien en lezen kunnen wij slechts tot ons blijvend, geestelijk eigendom maken door het in de juiste samenhang te onderzoeken, te beproeven, te gebruiken, te ervaren, enz. Oefeningen en bijbehorend onderricht moeten binnen eenzelfde studiefase worden geïntegreerd. Voor de bedrijfskundige vakken acht ik simulaties in de vorm van bedrijfsspelen stimulerend en nuttig. De oefeningen in het ontwerpen dienen tevens ter integratie van de grondvakken onderling en moeten de student voldoende vrijheid bieden bij de uitwerking opdat er van werkelijk kiezen sprake is. Ik zou ernaar willen streven ook met de bedrijfsleer en de maatschappijvakken een goede aansluiting te vinden door deze via het pakket van de te vervullen eisen bij het ontwerp te betrekken, zodat zij geen franje blijven, maar een deel van het weefsel worden. Bedrijfsspelen en ontwerp oefeningen lenen zich ertoe in groepsverband te worden uitgevoerd. Dit maakt meer omvangrijke en ingewikkelde opdrachten mogelijk en bevordert het leren samenwerken, gezien de aldus noodzakelijke onderlinge taakverdeling.

Vaardigheid in het ontwerpen, het doel van de opleiding, zal moeten worden verkregen aan de hand van concrete toepassingen uit het uitgebreide vakgebied van de werktuigbouwkunde. Teneinde voldoende diepgang te verkrijgen lijkt het raadzaam dat de student voor dergelijke toepassingen een beperkt deel van zijn vakgebied uitkiest. Indien deze keuze ongeveer halverwege de opleiding plaatsvindt kan hij zich daarbij laten leiden door zijn inmiddels verworven interesse. Door de nadruk te blijven leggen op de *methode* van ontwerpen wordt voorkomen dat de jonge ingenieur slechts binnen het gekozen specialisme op voldoende niveau zou kunnen opereren.

*Dames en Heren,*

Vanzelfsprekend wordt ook thans binnen de groepen van onze afde-

ling het ontwerpen van werktuigen beoefend, in uiteenlopende mate en met verschillende accenten. Uitvoering van de geschetste opzet zal echter het zwaartepunt van de activiteiten van velen onzer verleggen. Er is reeds een bescheiden begin gemaakt; voor verdere uitbouw is het o.a. noodzakelijk dat een duidelijk omschreven leer van het werktuigkundig ontwerpen ter beschikking komt. Wijzigingen in structuur en inhoud van het onderwijsprogramma hebben veranderingen in de toewijzing van taken aan groepen en personen tot gevolg. Voor een goede coördinatie binnen de genoemde grondvakken bijvoorbeeld lijkt het gewenst de verantwoordelijkheid voor het onderwijs niet meer te leggen bij afzonderlijke docenten, maar bij een aantal van hen als groep. Ook vergt een grotere vrijheid voor de student bij de oefeningen in het ontwerpen van de betrokken stafleden een bredere opstelling waarop zij moeten inspelen. Hiermede ben ik toegekomen aan de derde vraag: hoe moet de afdeling worden georganiseerd opdat met de beschikbare middelen een maximaal resultaat wordt verkregen?

Ingevolge een recente wetswijziging moeten, ter vervanging van de huidige leerstoelen, vakgroepen worden gesticht als basiseenheden van de afdeling ter organisatie, coördinatie en integratie van werkzaamheden van hen wier taken liggen op eenzelfde vakgebied. Vakgroepen kunnen zijn opgebouwd uit verscheidene werkeenheden, hebben duidelijke communicatie- en beslissingskanalen en vullen als budgettaire eenheden het arbeidsveld van de afdeling geheel op. Tussen de vakgroepen bestaan uiteraard vele relaties, die desgewenst geformaliseerd kunnen worden; als zodanig noemt de wet door twee of meer vakgroepen te stichten werkgroepen. Werkgroepen zijn budgettair moeilijk te vangen en veelal weinig slagvaardig; hun continuïteit staat of valt met de blijvende bereidheid tot samenwerken van alle deelnemende vakgroepen. Naar mijn mening zijn werkgroepen, in tegenstelling tot vakgroepen, dan ook niet geschikt voor arbeidsintensieve, langlopende taken, maar bijv. wel om kortlopende projecten aan te vatten.

Uit het eerder geschetste studieprogramma kunnen op verschillende wijzen samenhangende deeltaken worden afgeleid van uitvoerende en coördinerende aard op het gebied van onderwijs en onderzoek. Sommige taken kunnen doelmatig buiten de afdeling worden uitbesteed, bijv. de uitvoering van een deel van het onderwijs in de

grond- en hulpvakken. Andere taken zullen aan werkgroepen toevallen, bijv. het verrichten van onderzoekprojecten die tot meer dan één vakgebied moeten worden gerekend. Voor de overige taken moeten eigen vakgroepen worden gesticht en bemand, liefst een gering aantal, want dit beperkt de omvang van de bestuurlijke activiteiten in de afdeling, voorkomt versnippering van hulpdiensten en bevordert de flexibiliteit bij de inzet van het personeel. Bij de overgang naar vakgroepen moet uiteraard rekening worden gehouden met aanwezige interesses en talenten en met gegroeide, vaak niet in brede kring bekende contacten. Naar mijn mening dient een dergelijke reorganisatie dan ook niet abrupt, maar geleidelijk te worden doorgevoerd, zij het binnen een vastgestelde termijn. Dit kan bijv. gebeuren door de ingestelde vakgroepen als 'huizen' te beschouwen waarin ieder zich gedurende een overgangperiode een plaats kan zoeken. Het zou echter van weinig visie getuigen op genoemde gronden uitsluitend samenvoeging van bestaande leerstoelen of groepen te overwegen. Immers, ingrijpende wijzigingen in organisaties zijn in het algemeen slechts goed uitvoerbaar indien door vrijwel iedereen erkende externe factoren, uitgedrukt in rode cijfers, daartoe dwingen. In deze situatie bevindt het hoger onderwijs zich thans en deze gelegenheid dient te worden benut om, los van de bestaande toestand, na te gaan hoe het totale vakgebied op langere termijn het meest doelmatig kan worden opgedeeld. Daartoe moeten o.a. de mogelijkheden worden beschouwd die de organisatieleer onderscheidt voor interne, organieke verbijzondering, zoals specialisatie, differentiatie en functionalisatie.

Aan het doel van een dergelijke structurering, een optimaal gebruik van mensen en middelen door een goede taakverdeling, wordt afbreuk gedaan indien de afgezonderde organen onvoldoende gecoördineerd gaan werken. Relevant zijn o.a. de volgende overwegingen:

- Ontzie de zelfcoördinatie van het werk en breng geen scheidslijnen aan op plaatsen waar blijvend intensieve uitwisseling van informatie is geboden.
- Maak goede taakomschrijvingen in woorden en in geld (budget) teneinde onduidelijkheid in de verantwoordelijkheden te voorkomen, vooral indien meerdere criteria voor verbijzondering naast elkaar worden gehanteerd.
- Geef aandacht aan mogelijke spanningen in het sociale systeem

indien verbijzondering, speciaal differentiatie, gepaard gaat met niveaueverschillen in de toegewezen taken en in de daaraan gekoppelde waardering.

- Maak bij het vaststellen van taken duidelijk onderscheid tussen beheer – waartoe coördinatie en kwaliteitsbewaking zijn te rekenen – en uitvoering indien deze beide taakstukken aan verschillende organen worden toegewezen, en bepaal of een standaardproduct, dan wel een speciale uitvoering zal worden geleverd.

Het is niet mogelijk op grond van genoemde en andere, algemeen geldige overwegingen op uitsluitend rationele gronden een bepaalde structuur te kiezen uit de grote verzameling van mogelijke oplossingen. Daarbij spelen ook factoren als visie en beleid een rol. Naar mijn inzicht is het noodzakelijk een vakgroep te belasten met het onderzoek naar de grondslagen en de uitbouw van de algemene, werktuigkundige ontwerpleer, inclusief het vullen van de constructotheek. In zover deze vakgroep werktuigen ontwerpt, gebeurt dit met het oogmerk om informatie te verzamelen voor een dergelijke algemene methode voor het ontwerpen van willekeurige werktuigen, en niet om kennis te vergaren van een bepaalde klasse van werktuigen. De groep zou ook het onderwijs in het ontwerpen in de basis kunnen verzorgen en de coördinatie kunnen behartigen van het onderricht in de werktuigkundige functieleer en in hoofdstukken uit de bedrijfsleer.

Het lijkt mij voorts gewenst in één vakgroep het onderzoek naar de grondslagen en de uitbouw van de materialenleer en de mechanische technologie te concentreren en deze taken te richten op toepassing van de resultaten bij het ontwerpen. De groep zou ook onderwijs en onderzoek kunnen verzorgen aangaande specifieke methoden voor het ontwerpen van gereedschappen en gereedschapswerktuigen en onderricht kunnen behartigen in de materialenleer en de mechanische technologie. Tenslotte ligt het voor de hand dat een aantal vakgroepen hun activiteit richten op het verbijzonderen van de algemene ontwerpleer door het ontwikkelen van methoden voor het ontwerpen van bepaalde klassen van werktuigen, zoals energieomzetters, apparatuur voor de procesindustrie e.d.

Alle genoemde groepen kunnen afstudeerders begeleiden, afhankelijk van het accent dat de betrokken student wenst te leggen. Voor zover

de middelen het toelaten, kan het onderzoek in de groepen zich bovendien uitstrekken tot projecten van algemeen belang, o.a. door deelneming aan werkgroepen. De coördinatie binnen eenzelfde vak wordt ondergebracht bij de groep docenten die het onderwijs verzorgt. De coördinatie tussen de vakken onderling kan in de basis worden opgedragen aan eerstgenoemde vakgroep en in de eindstudie aan de vakgroep die de afstudeerders begeleidt. Tussen de vakgroepen moeten functionele relaties worden gelegd. De eerstgenoemde groep bijv. heeft tot taak ten behoeve van de andere groepen deskundigheid op te bouwen aangaande een algemeen methode voor het ontwerpen van werktuigen, maar de plicht om daarbij gebruik te maken van elders in de afdeling aanwezige talenten en mogelijkheden tot toetsing. Zij ontvangt het recht om door andere groepen bij ontwerp-problemen te worden geraadpleegd.

#### *Geachte aanwezigen,*

Wij hebben eerst de vraag behandeld 'Wat is werktuigbouwkunde?', en daarbij de opvatting vermeld dat de jonge werktuigkundige ingenieur het ontwerpen van werktuigen, inclusief het materialiseren, moet beheersen. In aansluiting daarop werd, in antwoord op de kernvraag hoe het studieprogramma moet worden opgebouwd, o.a. voorgesteld om colleges en oefeningen in het ontwerpen, waarin de grondvakken tot synthese worden gebracht, als een rode draad door de opleiding te laten lopen. Tenslotte werden enkele kanttekeningen gemaakt bij de vraag hoe de afdeling moet worden georganiseerd en o.a. de aanbeveling gedaan om één vakgroep speciaal te belasten met het ontwikkelen van een algemene werktuigkundige ontwerp-leer.

Niettegenstaande de fragmentarische behandeling van deze veelomvattende vragen zal het U niet zijn ontgaan dat de drie problemen niet alleen in elkaars verlengde liggen en elkaar wederzijds beïnvloeden, maar dat zij ook een grote analogie vertonen in structuur en een overeenkomstige aanpak vergen. In al deze gevallen is er sprake van een erkende behoefte, beschikbare middelen en beperkende voorwaarden. Getracht moet worden alle mogelijke combinaties te verzamelen die aan de opgave voldoen en vervolgens de oplossing aan te geven waarvoor de verhouding tussen de kwaliteit van het

resultaat en de offers aan middelen zo gunstig mogelijk is. Het gaat steeds om een keuzeproces dat zich voltrekt via de stappen analyse, synthese en evaluatie, en dat gewoonlijk via talloze vertakkingen en iteraties verloopt.

Ondanks deze punten van overeenkomst is het niet mogelijk strategieën voor het ontwerpen, het programmeren en het organiseren als verbijzonderingen direct te relateren aan een algemene leer voor het methodisch oplossen van problemen. De heuristiek, de leer van het vinden, van het doen van ontdekkingen, liggend in het grensgebied van filosofie, psychologie, logica en systeemleer, heeft nog geen voor dit doel bruikbare vorm. Wellicht is het ook slechts mogelijk om een dergelijke hogere leer te ontwikkelen in samenwerking met en door abstractie van zulke specifieke vormen. Het lijkt de moeite waard om daar binnen deze hogeschool vanuit verschillende afdelingen aan te werken, waarbij ik in het bijzonder denk aan onze afdeling algemene wetenschappen. Alle ingenieurswetenschappen zouden daarvan kunnen profiteren en er een belangrijk bindend element in kunnen vinden.

Wat nu het ontwerpen van werktuigen betreft, een zeer groot aantal auteurs heeft dit onderwerp met verschillende accenten en vanuit allerlei hoeken belicht. Ook op dit gebied blijken wij het verder te hebben gebracht in scheiden en elimineren, dan in samenvoegen en creëren. De tijd ontbreekt om hier een goed overzicht te geven; ik wil mij beperken tot enkele exponenten. Voor bepaalde fasen uit het ontwerpproces bestaan beproefde technieken. Men kan bijv. een verzameling van mogelijke oplossingen genereren door op systematische wijze een aantal ingangsgrootheden te variëren en regels mee te geven voor de mogelijkheden tot samenspel. Het komt er hierbij vooral op aan de juiste, praktisch bruikbare ingangen te vinden voor het aanbrengen van de ordening. Aan dit aspect besteedt bijv. Hansen <sup>5)</sup> veel aandacht. Indien de vraagstelling kan worden uitgedrukt in numerieke variabelen en het te bereiken doel volledig kan worden geformuleerd in termen van een goed gedefinieerde functie, bijv. minimalisatie van kosten, kunnen technieken uit de operations research de optimale oplossing aangeven. Op deze fase ligt de nadruk bij Johnson <sup>6)</sup> en vele anderen.

Allerlei werktuigen waarvan de opbouw in grote lijnen vaststaat,

bijv. warmtewisselaars, kunnen tegenwoordig worden gedimensioneerd met algoritmen, geijkte rekenwijzen. Een beslissende stap verder tracht o.a. Rodenacker <sup>7)</sup> te zetten door algoritmen op te stellen voor het ontwerpen van willekeurige, nog onbekende producten, slechts uitgaande van een pakket van te vervullen functies; reeds geruime tijd geleden is dit binnen zekere grenzen gelukt voor kinematische constructies en voor logische schakelingen. De vraag rijst of het niet gewenst is daarbij tevens, of zelfs in de eerste plaats te zoeken naar heuristische regels die met een aanvaardbare kans van slagen goede oplossingen kunnen aangeven in de zin van beter dan gebruikelijk, of het probleem kunnen indammen. Zoals bekend kan een heuristische regel worden gebaseerd op overwegingen van aannemelijkheid, terwijl een algoritme moet stoen op een mathematisch model. Bovendien lijkt de benadering van Rodenacker meer geschikt voor een bouwdoosachtige samenstelling van het werktuig uit bekende onderdelen dan voor het ontwerpen van nog onbekende organen, die meerdere functies in zich verenigen en door hun eenvoud vaak een aantrekkelijke oplossing bieden. Roth <sup>1)</sup> – die ik reeds eerder citeerde – ondervangt dit bezwaar doordat hij voor het bepalen van de vorm teruggaat tot elementaire onderdelen van stoffelijke lichamen. Deze stap, alsmede de beschikbaarheid van het rekentuing, brachten de mechanica tot de zogenaamde elementenmethode, een machtig gereedschap voor het berekenen van spanningen en verplaatsingen binnen dergelijke lichamen. Deze analogie roept de vraag op of het wellicht mogelijk is beide benaderingen te integreren.

Maar ook al lukt het om een vraagstuk met behulp van een geavanceerde ontwerpleer verregaand in te dammen, meestal zal er een ogenblik komen waarop het resterende probleem zich niet meer in het keurslijf van de rationaliteit laat dwingen, o.a. wegens gebrek aan voldoende informatie. Ook op dit punt bestaat er een duidelijke overeenkomst tussen de drie behandelde vragen. Na methodisch zoeken, vinden wij het antwoord mede op grond van wellicht plausible, maar in wezen irrationele overwegingen en drijfveren. Welk produkt bij de consument in de smaak valt, hoe de student een stuk onderricht ervaart, welke ploeg mensen kan samenwerken, dergelijke vragen beantwoorden de ontwerper, de docent en de organisator op grond van overwegingen en motieven die wij plegen aan te duiden met woorden als intuïtie, beleid en visie. Na de rationele

aanloop nemen zij, als complement, een sprong waarin het logische element ontbreekt en waarvan anderen met recht kunnen zeggen: dat zou ik anders 'oplossen'. Soms vinden zij een handige uitweg die nog niet tot de bekende verzameling van mogelijkheden behoorde, maar waarvan achteraf natuurlijk wel kan worden aangetoond dat hij gegeneerd had kunnen worden. Of zij kiezen een mogelijkheid waarvan niemand de bijzondere kwaliteiten kan aangeven, maar waarvan pas later het succes kan worden verklaard. Niet uit eigen kring, maar van de theoloog Van Ruler<sup>8)</sup> stamt de volgende uitspraak:

*'Langs de weg van de redelijkheid komt men nooit belemmerd bij de keuze. Men moet daar naar toe springen. En springen kan de rede niet, die loopt alleen stap voor stap. We kunnen er een heel eind mee komen, maar bij de kern van de kwestie komen we niet. We benaderen deze alleen.'*

Springen doe je met twee benen. Het is de kunst om je, na een goed berekende aanloop, met het ene been vanaf het uiterste punt af te zetten teneinde met het andere zo ver mogelijk te kunnen komen. Ook is het noodzakelijk dat je je op het beslissende moment van alle ballast ontdoet door vooroordelen en vermeende beperkingen achter je te laten. Niet zelden komen ongeschoolden op waardevolle ideeën juist omdat zij niet geremd worden door misplaatste kaders die het gevolg zijn van verkeerd toegepaste deskundigheid, zoals uit het succes van de ideeënbusen blijkt.

In tegenstelling tot de aanloop kan de sprong naar zijn aard niet in een goed overdraagbaar recept worden gevangen. Dat wil echter niet zeggen dat het daarom onmogelijk zou zijn om het vermogen, de habitus tot intuïtief ontwerpen in de opleiding te ontwikkelen. Gaan wij te rade bij auteurs die de nadruk leggen op dit aspect van het creëren, zoals Osborn<sup>9)</sup>, Polya<sup>10)</sup> en Von Fange<sup>11)</sup>, dan valt op dat in hun betoog, naast andere sleutelwoorden, de begrippen analogie en associatie een grote rol spelen. Het leren herkennen en benutten van punten van overeenkomst lijkt daarom uiterst nuttig. Dit kan o.a. worden bevorderd door de fysica niet als een aantal gescheiden domeinen te behandelen, maar als een samenhangend geheel, beheerst door algemeen geldende wetten, door in de ontwerp-oefeningen een plaats in te ruimen voor het speelse en intuïtieve element en door het samenwerken met beoefenaars van andere vak-richtingen en disciplines te stimuleren.

### *Dames en Heren,*

Ik besprak met U enkele konsekventies van het besluit van onze afdeling dat het leren ontwerpen van werktuigen het hoofdthema moet vormen in de opleiding tot werktuigkundig ingenieur. Een belangrijke conclusie is, dat onze afdeling zich moet richten, ook in haar interne organisatie, op het tot stand brengen van een sluitende, goed overdraagbare ontwerpleer. Dat houdt in het formuleren van de strategie, het ontwikkelen van het gereedschap en het vullen van de constructotheek. Het ordenen van gegevens uit de literatuur en het opvullen van witte plekken zijn taken die ons vele jaren zullen bezighouden, in samenwerking met andere instellingen.

Een tweede gevolgtrekking is dat er in de opleiding plaats moet zijn voor de intuïtieve sprong die op de systematische aanloop volgt. Wij zullen ons onderwijs vanaf het begin moeten richten op het herkennen van analogieën en het oproepen van associaties, terwijl in de ontwerp oefeningen voldoende keuzevrijheid moet worden gelaten. Juist in deze oefeningen moet de student gevoel gaan krijgen voor de systematische en intuïtieve aspecten van het ontwerpen. Hij moet beginselen gaan ontdekken die algemeen geldig zijn bij het oplossen van problemen, maar bij het ontwerpen een eigen betekenis hebben die hij zich niet uit een dictaat eigen kan maken.

Om er enkele te noemen:

- dat bij de probleemstelling goed formuleren het vraagstuk al half oplost en overtrokken simplificaties leiden tot een onbruikbaar resultaat;
- dat bij de keuze vrijheid wordt gekocht met onzekerheid en coördinatie wordt betaald met verlies aan slagvaardigheid;
- dat bij de optimalisering de spelregels niet door de spelers worden gemaakt en integraal nieuw zijn grootste vijand vindt in variabel oud;
- dat bij het resultaat de keten zo sterk is als zijn zwakste schakel en eenvoud het kenmerk is van het ware;
- dat bij het oplossen van problemen de wetten van behoud van ellende en van verminderde meeropbrengst naast een vloek ook een zegen kunnen zijn.

*Waarde toeboorders,*

Thans, bij de aanvaarding van mijn ambt, betuig ik mijn eerbiedige dank aan *Hare Majesteit de Koningin* voor mijn benoeming tot gewoon hoogleraar aan deze hogeschool. In deze dank sluit ik mijn erkentelijkheid in jegens al degenen die de voorwaarden schiepen om dit besluit mogelijk te maken, in het bijzonder mijn ouders, mijn vrouw, mijn leermeesters en medewerkers uit alle geledingen van Staatsmijnen/DSM, zowel van de zwarte als van de witte kant.

*Mijne Heren leden van het College van Bestuur,*

Als gevolg van de gewijzigde bestuursvorm hebt U de taak overgenomen van het College van Curatoren dat mij namens deze hogeschool voor benoeming heeft voorgedragen. Indien ik thans mijn dank voor deze voordracht tot U richt, zult U het mij niet kwalijk nemen dat ik mij daarbij in het bijzonder wend tot de ex-curator in Uw midden.

*Dames en Heren medewerkers van de afdeling der werktuigbouwkunde,*

Voor het vertrouwen dat U in mij stelt door mij in Uw gemeenschap te willen opnemen, ben ik U zeer erkentelijk, evenals voor de raad en steun die ik reeds van U mocht ondervinden. De gedachten die ik zojuist ontvouwde, berusten op grondslagen die U reeds voor mijn komst legde en zijn mede het resultaat van overleg met velen van U. Mijn verwachting, te zullen worden opgenomen in een team waarin ieder zijn kennis en werkwijze kan inbrengen bij het aanvatten van een breed spectrum van problemen, is inmiddels een inspirerende ervaring geworden. Gaarne zeg ik U toe naar vermogen te zullen bijdragen aan het vervullen en uitbouwen van onze gezamenlijke taak.

*Dames en Heren Studenten,*

Uw opleiding aan de Hogeschool betekent voor U de aanloop tot de sprong naar de maatschappij, ik verheug mij er op U daarbij te

kunnen begeleiden. In mijn betoog stond het ontwerpen van werktuigen centraal; velen van U zullen op dat terrein, althans aanvankelijk, hun werkkring vinden. U zult die taak verrichten in een periode waarin niet, zoals tot dusver, slechts de groeiende mogelijkheden een uitdaging zullen vormen, maar evenzeer de toenemende beperkingen die wij ons zullen moeten opleggen bij ons ingrijpen in de natuur. U zult, meer dan menig ander, in de gelegenheid zijn Uw inzichten dienaangaande ook te concretiseren, en wel in het pakket van eisen waaraan U Uw werktuig laat voldoen. Dat is een voorrecht, een verplichting tevens.

Ik dank U voor Uw aandacht.

### *Literatuurverwijzingen*

- 1) Roth, K.; H.J. Franke und R. Simonek; Algorithmisches Auswahlverfahren zur Konstruktion mit Katalogen. *Feinwerktechnik*; 75 (1971) 8, p. 337-345.
- 2) Anoniem; De opvattingen van de Academische Raad over de doeleinden van het Wetenschappelijk Onderwijs in het bijzonder en van het tertiaire onderwijs in het algemeen. *Universiteit en Hogeschool*; 18 (1971) 3, p.238-240.
- 3) Koumans, W.A.; Overheid en bedrijfsleven spraken zich uit over de ingenieursopleiding. *De Ingenieur*; 83 (1971) 15, p. A251-A256.
- 4) Meuwese, W.; Onderwijsresearch. *Aulareeks Nr. 439, Spectrum Utrecht* (1970).
- 5) Hansen, F.; *Konstruktionssystematik*, VEB-Verlag-Technik Berlin (1966).
- 6) Johnson, R.C.; *Mechanical design synthesis*, Van Nostrand-Reinhold Company New York (1971).
- 7) Rodenacker, W.G.; *Methodisches Konstruieren*, Springer-Verlag Berlin (1970).
- 8) Ruler, A.A. van; *Waarom zou ik naar de kerk gaan?* Callenbach Nijkerk (1970).
- 9) Osborn, A.F.; *Applied imagination*, Scribners New York (1963).
- 10) Polyá, G.; *How to solve it*, Doubleday & Cy, New York (1957).
- 11) Von Fange, E.K.; *Professional creativity*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. (1959). Ned. vert. *Prismareeks Nr. 744, Spectrum Utrecht* (1962).