

De rol van de wiskunde als hulpwetenschap van de bedrijfskunde

Citation for published version (APA):

Monhemius, W. (1963). *De rol van de wiskunde als hulpwetenschap van de bedrijfskunde*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1963

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

DE ROL VAN DE WISKUNDE
ALS HULPWETENSCHAP
VAN DE BEDRIJFSKUNDE

Ir. W. MONHEMIUS

DE ROL VAN DE WISKUNDE
ALS HULPWETENSCHAP
VAN DE BEDRIJFSKUNDE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING

VAN HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR

IN DE BEDRIJFSECONOMETRIE EN KWANTITATIEVE METHODEN

VAN DE ORGANISATIELEER

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 15 FEBRUARI 1963

DOOR

Ir. W. MONHEMIUS

*Mijne Heren Curatoren,
Mijnbeer de Secretaris van de Technische Hogeschool,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren leden van de Wetenschappelijke, de Technische en de
Administratieve Staf,
Dames en Heren Studenten,
En voorts Gij allen die deze bijeenkomst met Uw tegenwoordigheid vereert,*

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Een van de mooiste gelijkenissen die BOEDDHA zijn leerlingen voorhield, is de gelijkenis van de blindgeborenen en de olifant.

Drie blindgeboren mannen, zo luidt het verhaal, werden bij een olifant gebracht, en mochten dit dier gedurende enige tijd door middel van de tastzin waarnemen. Zij kregen daarna verschil van mening over het antwoord op de vraag, hoe een olifant eruit ziet. De eerste waarnemer gaf als zijn mening, dat de olifant in wezen glad, rond en puntig is; hij had een slagrand bevoeld en dat juist en nauwgezet gedaan. De tweede blinde bestreed deze opvatting. Een olifant, zo stelde hij vast, is een stevige pilaar, rond van vorm, rimpelig, met beide armen juist te omvatten. Deze waarnemer had zich met toewijding verdiept in het aspect „poot”. De derde spreker was het met de beide andere oneens. De twist liep hoog op en eindigde tenslotte in een handgemeen.

Wij zien hier verhaald, hoe men een bepaald onderwerp vanuit verschillende standpunten kan waarnemen. Als elke waarnemer nu beseft, dat hij slechts één aspect van het geheel als de complete waarheid heeft opgevat en dat de ware olifant meer is dan de samenvoeging van een aantal aspecten, dan is de basis gelegd voor een gedachtenwisseling die vruchtbaarder zal zijn dan die, welke BOEDDHA in zijn gelijkenis beschreef. In onze maatschappij zijn veel van zulke olifanten. Eén ervan is het bedrijf, waarbij ik vooral denk aan het industriële bedrijf. Als bedrijfskunde kan men aanduiden: de studie van het gedrag en de verrichtingen van mensen in het bedrijf als beheerders van en medewerkers in een systeem van mensen, gewoonlijk ook machines en in-

stallaties. Consequenties van die verrichtingen zoals de stroming van goederen en geld zijn in het onderwerp inbegrepen. Elk bedrijf en dus ook de bedrijfskunde heeft verscheidene aspecten. Ik stel mij voor, vanmiddag tot U te spreken over één van deze aspecten, namelijk het wiskundige. Daarna zal ik een poging wagen de samenhang met de andere aspecten, zoals het sociologische of het technische aan te duiden en te schetsen hoe de organisatieleer op de bedrijfskunde gebaseerd is.

Laten wij ons dus verdiepen in de rol, die de wiskunde speelt als hulpwetenschap van de bedrijfskunde. Daarbij gaan mijn gedachten in het bijzonder uit naar problemen betreffende wachttijden, voorraden, en toewijzing van capaciteit en grondstoffen, waarbij het tegenwoordig mogelijk is „ingewikkelde systemen te herleiden tot wiskundige modellen, die geschikt zijn voor kwantitatieve analyse”¹.

Een van de eerste pogingen om een kwantitatieve theorie op te stellen ten aanzien van een strijdpunt dat men vaak aantreft in bedrijven waar produkten op voorraad geproduceerd worden, was het berekenen van de optimale produktieserie. Zoals dat met soortgelijke zaken meer gaat, werd dit vraagstuk in verschillende landen ongeveer te zelfde tijd door verschillende auteurs op wiskundige wijze behandeld; zo door HARRIS in 1915 en door CAMP² in 1922.

Het probleem van de optimale produktieserie ontstaat als een bepaald produkt intermitterend, dus stootsgewijs, geproduceerd wordt omdat een machine, bijv. een pers, achtereenvolgens series van verschillende produkten maakt; dit laatste is dan nodig omdat de produktie-snelheid van de machine zo hoog ligt, dat zij met één produkt niet vol bezet zou zijn. Door de keuze van de seriegrootte wordt het jaarlijkse bedrag aan enerzijds omstelkosten, inleerkosten, aanloopuitval en dergelijke en anderzijds kosten van het hebben van voorraad beïnvloed. Deze jaarlijkse kosten kunnen alle als een functie van de seriegrootte geschreven worden; door te differentieëren kan die serie gevonden worden, waaraan de laagste kosten verbonden zijn. De formules die omstreeks 1920 werden afgeleid waren gebaseerd op een aantal vereenvoudigende veronderstellingen.

Het is welhaast overbodig er de aandacht op te vestigen dat de mathematische behandeling niet alleen antwoord geeft op de vraag naar de optimale serie, maar ook op vragen als: hoe nauwkeurig moeten de diverse kosten bepaald worden als de gewenste nauwkeurigheid van het eindresultaat gegeven is; wat zijn de consequenties van verlaging van de omstelkosten of van aanschaffing van een tweemaal zo snelle

machine? Het vaststellen van de genoemde kosten is een probleem op zichzelf; bij het oplossen daarvan is de hulp van de toegepaste statistiek onmisbaar.

Het is bij deze terugblik naar het verleden niet mogelijk volledig te zijn; maar dat de Deense wiskundige ERLANG³ al voor 1910 de grondslag legde voor de wachttijdtheorie, dient vermeld te worden. Aanvankelijk werd deze theorie alleen ontwikkeld voor wachttijden van abonnees van telefooncentrales, doch al spoedig werd hier en daar aandacht besteed aan wachttijden binnen het bedrijf, met name aan het vraagstuk van de meermachinebediening; daarvoor is in de afgelopen vijftien jaar de theorie vrijwel afgerond.

Betrekkelijk veel is in de jaren tot aan de tweede wereldoorlog reeds gedaan aan kwantitatieve bestudering van problemen, die men bij de bedrijfsorganisatie ontmoette. Ik wil daaraan voorbijgaan op één uitzondering na, die ik niet alleen maak wegens de kwaliteit van de studie maar ook wegens het feit dat beide auteurs Nederlander en ingenieur waren. Ik doel hier op een bijdrage van GOUDRIAAN en CAHEN⁴, die zij onder de naam „Turnover Speed of Stocks” brachten op het „Congrès International d'Organisation Scientifique” in 1932. Wat hadden zij in feite gedaan?

Zij hadden voor een bepaald geval het systeem van produktie en distributie van massa-artikelen kwantitatief bestudeerd, een nieuw bevoorradingsstelsel ontworpen, en ingevoerd nadat berekening had geleerd dat daarvan een gunstig resultaat te verwachten was. Voor het statistische vraagstuk van het bestelmoment werd langs empirische weg een oplossing gevonden die wetenschappelijk verantwoord en in de praktijk goed hanteerbaar was. De keuze van de optimale serie was als onderdeel in de studie verwerkt; veel gewichtiger problemen, die eerst werden opgelost, waren de vraag of men bepaalde produkten in principe al dan niet uit voorraad wilde kunnen leveren en, zo ja, welk soort bestelsysteem gebruikt zou worden. Tijdens het functioneren van het systeem moet de produktieserie worden aangepast binnen het kader van de totale voorraad van alle op eenzelfde produktieapparaat vervaardigde produkten; ook dit werd door GOUDRIAAN en CAHEN reeds beschreven.

Een bijzondere stimulans krijgt de wetenschappelijke aanpak van organisatieproblemen vlak voor en tijdens de tweede wereldoorlog. Ook op dit gebied heeft dus het op zichzelf afschuwelijke krijgsbedrijf een bijprodukt met vreedzaam nut. In de militaire sector blijkt, dat de-

zelfde geleerden die wapens kunnen ontwerpen, soms ook verrassend goede hulp kunnen bieden bij studies over het gebruik van wapens en wapensystemen, zoals radar en luchtdoelgeschut. Meer en meer schakelt men wetenschapsmensen van diverse pluimage in bij het oplossen van operationele problemen. In Engeland spreekt men van Operational Research, in Amerika van Operations Research.*) Na de oorlog blijken onder andere uit een boek van MORSE en KIMBALL⁵, tot dan toe „classified”, de omvang en het belang van deze studies. De bestudeerde onderwerpen zijn van zeer uiteenlopende aard. Behalve eenvoudige bewegingsstudies bij de bediening van een kanon, voor de industriële onderzoeker waarlijk niets nieuws, zien we ook studies over het juiste gebruik van met dieptebommen bewapende vliegtuigen tegen duikboten; studies over de optimale omvang van een konvooi, om maar enkele voorbeelden te noemen. Steeds tracht men een wetenschappelijke wijze van denken te volgen. De studies worden veelal uitgevoerd door een groep mensen, afkomstig van verschillende wetenschappelijke terreinen.

Als fasen van een dergelijk operationeel onderzoek kunnen worden onderscheiden: het stellen van het probleem, het construeren van een zo mogelijk wiskundig model, het vinden van een optimale werkwijze, het testen van het model of van de gevonden oplossing of beide, het invoeren van de nieuwe werkwijze en tenslotte het installeren van een blijvende controle om na te gaan of de omstandigheden niet veranderen, omdat anders wellicht een nieuwe oplossing nodig zou zijn. De ingewijde ziet, dat dit onderzoek alleen verschilt van het klassieke bedrijfsorganisatie-onderzoek door systematisch en principieel gebruik van het wiskundig model; daardoor is tevens bij welhaast elke fase de toegepaste statistiek onmisbaar gereedschap.

Na de tweede wereldoorlog vindt de confrontatie plaats tussen wat reeds daarvoor in de industriële wereld is gebeurd (vaak onder de naam „industrial engineering”) en wat tijdens de oorlog in de militaire sector is ontstaan. De bijdrage van de oorlogsjaren blijkt vooral te zijn, dat de wiskundige aanpak een veel grotere rol is gaan spelen. Daarnaast probeert men sterker dan tevoren zich steeds te richten op het gehele probleem en niet op een deelprobleem. In verschillende landen, het eerste in Engeland in 1948, ontstaan verenigingen voor Operational Research, waarin mensen uit de militaire, de industriële en de overheidssector elkaar ontmoeten. Men vindt er economen, wis-

*) Als Nederlandse vertaling voldoet „bedrijfseconometrie” slechts ten dele.

kundigen, ingenieurs, natuurkundigen, soms ook anderen. Blijkens de literatuur en ook blijkens persoonlijke ervaring liggen de problemen, die in de industrie bestudeerd worden in het kader van deze „operationele research” voor een groot deel op het gebied van de planning; planning zowel in grote lijnen als in detail. Dit blijkt ook als wij de opsomming bezien, die ACKOFF formuleerde, van typen probleemstelling die steeds weer voorkomen. De eerste vier hiervan ontmoet men bij planning-vraagstukken geregeld, namelijk voorraadproblemen, wachtproblemen, problemen van volgorde en tenslotte problemen van toewijzing. Deze laatste zijn problemen waarbij capaciteit wordt toegewezen aan orders, grondstoffen aan eindprodukten, en dergelijke problemen meer. Als bij deze toewijzingsproblemen voor de optredende relaties een lineair model kan worden opgesteld, is de methode van lineaire programmering bruikbaar. Alleen al over deze methode zijn vele boeken en artikelen geschreven.

Na deze korte blik op wat achter ons ligt, is in dit betoog het tijdstip gekomen om de vraag te stellen, wat nu eigenlijk operational research (afgekort OR) is en wat er nieuw aan is. Het beantwoorden van deze vraag is een tijdlang een geliefde bezigheid geweest voor onderzoekers, die op dit gebied werkzaam zijn. Er hebben omtrent OR vele misverstanden bestaan. Zo is bijvoorbeeld het samenwerken van mensen vanuit verschillende gebieden van wetenschap geenszins een typisch kenmerk van OR; men vindt dit ook bij de studie van vele andere onderwerpen, eveneens als gevolg van bestaande specialisaties waardoor niemand alleen het gehele gebied kan behandelen. Niet het optreden van „teamwork” dus is nieuw, maar eerder het feit dat daardoor de noodzaak van specialisatie is bevestigd.

Het is langzamerhand duidelijk geworden dat men in navolging van ACKOFF „operations research” kan definiëren als „research of operations”⁶ mits men „operations” omschrijft als een reeks handelingen, vereist voor het bereiken van een gewenst resultaat; handelingen van een systeem van mensen, machines en installaties, waarin men beslissingen moet nemen en bepaalde doelstellingen nastreeft. De iets oudere definitie van MORSE en KIMBALL wijst in dezelfde richting:

„Operations research is a scientific method of providing executive departments with a quantitative basis for decisions regarding the operations under their control”.

De problemen die OR bestudeert, zijn de problemen die de bedrijfsleiding ontmoet bij het nemen van haar beslissingen ten aanzien van het beheer van het productieapparaat. De methode is de weten-

schappelijke, waarbij in de praktijk blijkt (en ik geloof dat dat zinvol is) dat de studies die met OR worden aangeduid zich in de regel beperken tot de wiskundig behandelbare aspecten, terwijl er wel naar gestreefd wordt alle essentiële componenten in de studie te betrekken.

Mijns inziens ligt de grote verdienste van alle OR daarin, dat er in versneld tempo een geheel ontstaan is, dat men kan aanduiden als de wiskundige en numerieke aspecten van operations research en waarin men behalve speciaal voor dit doel ontwikkelde numerieke methodes zoals de lineaire programmering, stukken theorie kan onderscheiden die wij in de tot dusver gebruikte terminologie de „mathematical theory of operations” zouden kunnen noemen.

Zoals de elektrotechniek een eigen theoretische grondslag heeft in de theorie van elektrische netwerken en elektrische leidingen, zo kent thans de planningstechniek haar theoretische grondslag in de vorm van voorraad- en wachttijdtheorie en een zeer belangrijk hulpmiddel in de lineaire en in het algemeen in de wiskundige programmering. Een stelsel van bestelsystemen is ontstaan waarin het door GOUDRIAAN en CAHEN in 1932 beschreven systeem een plaats vindt naast andere, elk met een eigen toepassingsgebied.

In de laatste twintig à dertig jaren is de deskundige op planninggebied veranderd van iemand die primair kennis bezat over hulpmiddelen (planbord, kaartsysteem, hollerithmachine e.d.) tot iemand die een goed inzicht heeft in de wiskundige achtergrond van de diverse systemen en regels. Steeds meer wordt hij zich bewust van de rechtstreekse invloed, die de planningwerkzaamheden hebben op levertijd, kostprijs en soms zelfs kwaliteit van het produkt.

Dat juist op planninggebied deze ontwikkeling plaats vond en vindt, heeft zijn oorzaak in de groei van de omvang der ondernemingen en van de ingewikkeldheid der productieprocessen. De planningstechniek was een achtergebleven gebied; een van de gevolgen daarvan is, dat soms de voordelen die het gebruik van computers als informatieverwerkende apparatuur biedt, niet kunnen worden geïncasseerd.

Bij de ontwikkeling van voorraad- en wachttijdtheorie is de trend van kennis van „schakels” naar studie van „ketens”. Om andermaal de elektrotechniek als voorbeeld te nemen: de verhouding tussen de wet van OHM en de netwerktheorie is een soortgelijke als de verhouding tussen seriegrootte-formule en wat FORRESTER⁷ heeft genoemd: „industrial dynamics”. Als men de regeling en besturing van een systeem voor produktie en distributie vanuit één integrale probleemstelling

bezieet, ontstaan namelijk vraagstukken die analoog en soms zelfs vrijwel identiek zijn met zuiver technische problemen uit de regeltechniek. Wij ontmoeten problemen van meten en regelen, van structuur, vertraging en versterking, problemen van stabiliteit. In deze sector zijn in de toekomst interessante resultaten te verwachten; er zal een soort bedrijfs cybernetica ontstaan. Ik ben daarom blij deel uit te maken van een werkgroep uit de Sectie voor Operationele Research van de Vereniging Voor Statistiek, waar wij ons als vraag gesteld hebben: wat kan planning van regeltechniek leren? In deze werkgroep zitten regeltechnici en planningdeskundigen. Voor mij was de hernieuwde kennismaking met de regeltechniek een sterke stimulans om mij verder in haar denkwijze te verdiepen. Sommige economen deden dat reeds. Voor de planningman geldt hetzelfde als wat van onverdachte zijde, namelijk door de econoom ALLEN⁸ voor economen wordt gesteld: „The economist, if he is to develop models with practical applications, has much to learn from the engineer”. Waarbij dus speciaal de regeltechnische ingenieur bedoeld is.

Wanneer wij ons realiseren, dat op grond van regeltechnische beschouwingen instructies kunnen worden opgesteld voor het meten en regelen van voorraad- en produktieniveaus, hebben wij tevens een goede aansluiting gevonden op de bestaande organisatieleer. Immers een van haar belangrijkste problemen is volgens J. L. MEY⁹ het vergroten van de „scope of control” van de leiding, ofwel door vergroting van de „span of control” (het aantal ondergeschikten waaraan een leider rechtstreeks leiding geeft) ofwel door vergroting van de „depth of control”, de mate waarin de wil van de leider naar beneden toe doordringt. Welnu, het opstellen van instructies voor meten en regelen is een constituerende maatregel, die de „depth of control” sterk vergroot. Onwillekeurig komt de oude definitie „scientific management is management based on measuring” in de gedachte, die in dit licht een andere kleur krijgt.

Wij streven met deze constituerende maatregelen naar het beter bestuurbaar maken van het bedrijf, een doel van hogere rangorde dan efficiency. Als wij een auto kopen, is de vraag naar de kwaliteit van stuurinrichting en remmen alsmede het uitzicht voor de bestuurder van een andere orde dan de vraag naar de kosten per kilometer. Indien het waar is, dat veel bedrijven worden gepland, zoals FORRESTER dat uitdrukt, als een auto met een geblinddoekte chauffeur, die richtlijnen ontvangt van zijn bijrijder, die slechts af en toe via de achteruitkijkspiegel een blik kan werpen op de weg achter hem – en dit is waar –

dan is er ook voor deze Technische Hogeschool nog een dankbare taak weggelegd.

Wij hebben hiermee reeds ten dele een antwoord gegeven op de vraag: welke richting moeten wij de komende jaren inslaan?

Een ander, belangrijk deel van het antwoord luidt als volgt. Wij moeten sterk streven naar eenvoudige, plausibele resultaten; naar makkelijk hanteerbare methodes. Waar dat nodig is, mag hieraan gerust iets van de nauwkeurigheid worden opgeofferd. Het is veel beter de gebruiker een eenvoudig grafiekje te geven, dat hij geheel begrijpt en kan interpreteren, dan een grote formule die hem niets zegt of die hij, en dat is nog veel erger, zonder juist begrip gaat hanteren. Men kan immers toch nooit oftenimmer alle informatie die op het tijdstip van beslissing van belang zal zijn van te voren in een formule omspannen. Hoe nodig het is het streven naar praktische toepasbaarheid te beklemtonen, blijkt ook uit het volgende.

Een voorzitter van de Operations Research Society of America vertelt¹⁰, hoe hij eens op een bijeenkomst over detailplanning alle inleiders vroeg, of de bedrijfsleiding hun resultaten had geaccepteerd en ingevoerd. Allen op een na moesten ontkennend antwoorden. Dit geeft ernstig te denken. Hoewel iets dat niet is toegepast niet altijd reeds daarom veroordeeld is als niet toepasbaar.

Het streven naar eenvoudig hanteerbare, betrouwbare rekenvoorschriften is overigens niets nieuws. Uit bijvoorbeeld een recent artikel van SCHMID in *De Ingenieur* over „Verantwoord construeren door toepassing van moderne berekeningsmethoden” blijkt, dat het een oude ingenieurswijsheid is. Bij het schrijven van deze regels en enkele andere kwam mij de uitspraak van GIDE voor de geest: „Toutes choses sont dites déjà”; gelukkig laat hij er op volgen: „mais comme personne n’écoute, il faut toujours recommencer”; bij een gelegenheid als deze een stichtelijke gedachte!

Als een ondersteuning van het streven naar goed hanteerbare methodes, kan mijns inziens het succes worden aangevoerd dat bereikt is door toepassing van netwerkmethodes, waarvan PERT*) er een is. Wanneer een groot project uit deelkarweien bestaat, zoals het geval is bij ontwerp en bouw van een wolkenkrabber of bij het Polarisproject van de Amerikaanse marine, zijn het maken van een tijd-schema en de

*) Program Evaluation and Review Technique, oorspronkelijk Program Evaluation Research Task.

voortgangscontrole daarop van oudsher lastige zaken. Steeds weer moeten de plannen aan de wijzigende situatie worden aangepast.

De kracht van de netwerkmethode is nu, dat men eerst door middel van een netwerk van pijlen, het pijlendiagram, alle eisen van onderlinge volgorde van de deelkarweien weergeeft, zoals die volgen uit de technische logica van het project zelf. Overwegingen van capaciteitsplanning of ruimteplanning zijn niet verwerkt in dit pijlendiagram, dat daardoor in de loop van de tijd slechts weinig gewijzigd hoeft te worden. Dit pijlendiagram reeds, waarin elke pijl een deelkarwei voorstelt, geeft een goed inzicht in de structuur van een bepaald project en in de eisen die aan het communicatiesysteem gesteld zullen worden.

Wanneer per deelkarwei de benodigde tijd tevoren redelijk nauwkeurig bekend is, kan uitgerekend worden wat het vroegst mogelijke tijdstip van voltooiing van het gehele project is, gegeven het aanvangstijdstip. Terugrekenend kan men voor elk deelkarwei uitrekenen wanneer het op zijn laatst gereed moet zijn. Er is nu een aantal karweien, dat in het netwerk op het zogenaamde kritieke pad ligt; als een van deze karweien vertraagd wordt, betekent dat vertraging voor het hele project. De andere deelkarweien hebben een kleinere of grotere speling; de grootte daarvan is een bijzonder nuttig gegeven. Als namelijk een aantal karweien tezelfder tijd dezelfde productiecapaciteit zou opeisen, is bij de bepaling van de onderlinge volgorde deze toelaatbare speling bruikbaar als prioriteitsindex.

De kracht van de netwerkmethode is hiermede echter nog geenszins uitgeput, vooral niet als zij door gebruik van computers ondersteund wordt. In de eerste plaats is een duidelijk antwoord mogelijk op de vraag: „Als wij het totale project willen versnellen, welke deelkarweien komen dan achtereenvolgens in aanmerking om versneld te worden en wat kost dus een bepaalde projectversnelling, indien zij wordt uitgevoerd op de beste wijze?”.

Daartoe moet als uitgangspunt per deelkarwei uiteraard bekend zijn, wat versnelling kost. De beantwoording van de gestelde vraag leidt tot een probleem van (gewoonlijk) lineaire programmering, doch het antwoord zelf is zeer begrijpelijk te presenteren.

Indien tenslotte de duur van elk deelkarwei tevoren niet nauwkeurig geschat kan worden, zoals bij ontwikkelingsarbeid vaak voorkomt, is de vraag niet wat de leverdatum van het project zal zijn, maar wat de kans is, dat een bepaalde leverdatum gerealiseerd kan worden. Wanneer de netwerkmethode in deze zin wordt uitgebreid en niet alleen wordt gebruikt om tevoren een tijdschema te maken, maar ook om regelmatig de voortgang te controleren, spreekt men van PERT

(Project Evaluation and Review Technique); ook andere namen komen voor.

Het essentiële punt is nu, dat blijkens de ervaring PERT na betrekkelijk korte uitleg begrijpelijk en hanteerbaar is.

Deze goede hanteerbaarheid van PERT is de reden, dat in de praktijk ook de hogere leiding zich er daadwerkelijk mee bemoeit en dat weer verklaart mede het succes van de methode. PERT is waarlijk een „tool of management”.

Bij het overdenken van mijn eigen werkprogramma aan deze Hogeschool levert het voorgaande reeds een goede richtlijn. Denkend aan de *toepassing* van wiskundige theorieën, methodes en technieken in het bedrijf, zal ik mij overigens trachten te richten op de problemen zoals die in het bedrijf voorkomen. Mijn onderwerp van studie zal dus niet primair de methode van lineaire programmering zijn of de wachttijdtheorie of de dynamische programmering, maar wel bijvoorbeeld: de planning van een machinefabriek; het verband tussen levertijd en kosten; preventief onderhoud en voorraadbeheer van reserve-onderdelen; produktiebesturing en voorraadbeheer bij lange ketens van voorraden en bewerkingen. Wij zullen steeds moeten nagaan, welke methodes en systemen aangetroffen worden en denkbaar zijn en onder welke voorwaarden elk dezer methodes en systemen het meest doelmatig is. Daarbij zal de vraag, in welk type bedrijf het probleem zich voordoet een grote rol spelen. De vraag, hoe men verschillende typen bedrijven voor dit doel kan onderscheiden, moet nog nader bestudeerd worden; een begin is reeds gemaakt.

Tenslotte wil ik er de aandacht op vestigen dat het doel van het onderwijs moet zijn, de student die zich bedrijfskundig wil oriënteren, te onderrichten in alle fasen van een operationeel onderzoek; niet alleen in de fasen „construeren en oplossen van een wiskundig model”, hoewel de verleiding daartoe groot is, want deze fasen zijn het beste te onderwijzen. Ook de andere fasen verdienen de aandacht en aangezien er voor de beoefenaar van OR geen laboratorium bestaat, is de beste wijze van onderricht het meewerken aan een werkelijke studie in een echt bedrijf, echter onder nauwlettend toezicht van en vooral aanvankelijk met ondersteuning door de hoogleraar en diens medewerkers; anders toch zouden wij in feite het laatste deel van de opleiding ofwel geheel op de student zelf afwentelen ofwel volledig delegeren aan het bedrijfsleven. Het eerste lijkt me niet wenselijk, het tweede niet juist.

Ik heb U aan het begin van mijn toespraak gezegd, dat ik van de olifant die bedrijf heet, een enkel aspect nader zou beschrijven om daarna een poging te wagen, de samenhang met de andere aspecten aan te duiden. Laten we daartoe thans overgaan.

De bedrijfskunde heeft vooral tot taak: de research, de analyse, de ontdekking. De organisatieleer zie ik als de leer van het organiseren van een bedrijf, dat wil zeggen: de synthese, de constructieleer van de organisatie. Doel is het scheppen van doelmatige verhoudingen; men maakt daarbij terecht onderscheid tussen de juiste structuur en doelmatige regels voor de juiste werking van de organisatie.

Zoals elke constructieleer, bijvoorbeeld die van de stoommachine, steunt op een aantal fundamentele wetenschappen, zo kunnen wij de organisatieleer beschouwen als steunend op de bedrijfseconomie, de bedrijfsfysiologie, de bedrijfspsychologie, en de wetenschap die ik straks aanduidde als „mathematical theory of operations” terwijl tegelijkertijd rekenmethodes worden gebruikt, zoals lineaire programmering, die rechtstreeks door de wiskunde geleverd worden.

Reeds eerder stelden wij dat men zich bij de studie van de mathematisch behandelbare aspecten van een organisatieprobleem moet richten op dat probleem en niet op de beschikbare technieken. Wij doen nu nog een stap verder en stellen dat men bij het organisatieonderzoek zich niet moet richten op één aspect, maar eveneens op het gehele probleem. Niet alleen moet men alle essentiële componenten beschouwen, ook alle van werkelijk belang zijnde aspecten dienen in de studie te zijn betrokken.

Er zijn problemen waarbij deze veelheid van aspecten duidelijker is dan bij andere. Een van de meest instructieve voorbeelden schijnt mij te zijn: het organiseren van een montageband voor vrij kortcyclisch werk. In de beschouwing hierover kan men vele aspecten onderscheiden, doch moeilijk scheiden. Het is welhaast overbodig te zeggen, dat nauw overleg plaats heeft met de ontwerper van het produkt en met de specialisten op het gebied van bedrijfsmechanisatie en werkplaats-techniek. Allereerst doet zich de vraag voor naar de produktiecapaciteit van de band; anders gesteld, over hoeveel banden moet een gegeven produktie verdeeld worden? Hiermee hangt het benodigde aantal omstellingen nauw samen, daar het produktieprogramma gewoonlijk verschillende typen omvat. Uit de produktie per band volgt, bij een gegeven mechanisatie, tevens het aantal personen dat in serie geplaatst zal worden. De klassieke bedrijfsorganisatie heeft zich reeds beziggehouden met de wijze van opsplitsing van het werk tussen de

mensen en met de „lay-out” van elk van de individuele werkplekken; het ergonomisch onderzoek kan hier nog wel iets aan toevoegen. De kwaliteitszorg voor dergelijke produkten stelt haar eigen eisen aan doorlooptijd en communicatie. De psycholoog zal zich afvragen, hoe een mens reageert op het soort werk dat zich hier voordoet, dat betrekkelijk kortcyclisch is, eentonig, weinig kracht vergt en gewoonlijk sterk aan een bepaald tempo gebonden is; ook zal hij zich interesseren voor selectiemethodes en andere onderwerpen. De socioloog bestudeert de onderlinge menselijke verhoudingen onder dergelijke omstandigheden en belangrijke conclusies ten aanzien van de lengte van een als geheel werkende „band” zijn daarvan reeds het gevolg geweest. De econoom zal zich interesseren voor, onder andere, het verband tussen jaarserie en kostprijs en voor de elasticiteit van de vraag. Vanuit een oogpunt van wiskundige behandeling zijn de wachttijden, die zich bij de werkers aan de band voordoen, bijzonder boeiend; direct daarmee gekoppeld is de voorraadvorming tussen twee werkplekken in, waarmee die wachttijden bestreden kunnen worden. Deze problemen kunnen voorlopig nog slechts worden opgelost door simulatie op elektronisch rekentuig; theoretische resultaten zijn nog onvoldoende voorhanden.

De vraag, welk loonsysteem gebruikt moet worden heeft op zichzelf al vele aspecten. Tenslotte zal de passerende filosoof wellicht geïnspireerd worden tot bespiegelingen over de mogelijkheden tot zelfwording in dit soort arbeid.

Zoals ik reeds stelde, al deze aspecten zijn te onderscheiden, stellig niet te scheiden. Volkomen terecht zei DANIELS dan ook in zijn in-treerede, dat het streven naar eenheid in de wetenschappen van de mens van meer realiteitszin getuigt dan het angstvallig afbakenen van terreinen en competenties. Bij het organiseren van een band nu heeft het ontwerpende genie noodgedwongen een integratie van alle inzichten tot stand gebracht, zij het dat hij wellicht ten onrechte sommige met het gewicht nul heeft gewogen.

Niet bij alle problemen uit de bedrijfsorganisatie spelen alle aspecten zo duidelijk een rol. Ik wil nog twee voorbeelden uit de vele beschikbare aanwijzen, waarbij men kennelijk meer aspecten moet bezien. Ten eerste blijkt uit de praktijk, dat het PERT-systeem, waarover ik met enthousiasme sprak, slechts dan goed werkt als de organisatiestructuur aan bepaalde voorwaarden voldoet. Verder wil ik een studie noemen, waarover in de literatuur bericht werd¹¹, die de beslissingen van de directie van een bedrijf tot onderwerp had. Aan de

hand van de agenda's van de directievergaderingen en nadat zij zich elk op hun wijze in de materie verdiept hadden, probeerden een groep economen enerzijds en een psycholoog anderzijds te voorspellen, welke beslissingen genomen zouden worden. Meestal kreeg de psycholoog gelijk; hij voorspelde namelijk het resultaat van de botsing der persoonlijkheden; de economen gaven aan, hoe er beslist had moeten worden. Wij deden aan deze Hogeschool kort geleden soortgelijke ervaringen op met een zogenaamd bedrijfsspel.

De bedrijfsorganisatieleer steunt dus op een aantal basiswetenschappen. Hoe is nu het gelaat van de ingenieur, die zich in de bedrijfskundige studie verdiept om later bedrijfsorganisatorisch bezig te zijn? Kunnen wij hem karakteriseren door te zeggen dat hij noch econoom, noch psycholoog, noch „echt” ingenieur is? In de medische wereld kennen wij een figuur, die noch hartspecialist, noch oogarts, noch internist is; die man is onze steun en toeverlaat, wij noemen hem de huisarts. Zoals de huisarts de gehele mens beziet en desgewenst een specialist inschakelt, zo moet de bedrijfskundig georiënteerde ingenieur geacht worden het gehele probleem te kunnen overzien; zonnodig wendt ook hij zich tot de specialist, in dit geval bijvoorbeeld de bedrijfspsycholoog of de wiskundig ingenieur.

Een ander kenmerk van de organisatiekunde is, dat hij iets opbouwt, iets construeert; dat heeft hij gemeen met vele andere ingenieurs, welk feit op zichzelf hem nog niet tot ingenieur stempelt. Dan zou immers een minister van economische zaken, die een systeem voor een gerichte economie ontwerpt, eveneens ingenieurswerk verrichten*. Ik geloof dat de reden waarom men terecht op het terrein van de wetenschappelijke organisatie van het industriële bedrijf zoveel ingenieurs aantreft, is gelegen in de combinatie van construerende arbeid in een technische sfeer temidden van technische mensen.

In 1914 hield BIEZENO in Delft zijn intreedende onder de titel „De betekenis der Wiskunde als Hulpwetenschap der Toegepaste Mechanica”. Hij toonde daarin aan, dat wiskundige bekwaamheid voor de ingenieur onmisbaar is. Moge het mij vanmiddag gelukt zijn, aannemelijk te maken dat die uitspraak onverzwakt geldt voor de ingenieur die zich in de bedrijfskunde verdiept; hij zal van de toegepaste statistiek zelfs meer moeten weten dan de meesten zijner collega's. Wellicht is daar-

*) Een argument gebaseerd op een opmerking van BEZEMER in een ongepubliceerde brief.

mee een gelaatstrek geschilderd, die ons het gezicht van deze bedrijfskundig georiënteerde ingenieur duidelijker voor de geest doet staan.

Zeer geachte toeboorders,

Ik heb tot U gesproken over de wiskunde als hulpwetenschap van de bedrijfskunde. Ge hebt wellicht de indruk gekregen, dat een bedrijfs-onderzoek door het erin betrekken van het aspect „mens” pas eigenlijk menselijk wordt. Gelukkig is dat niet helemaal waar. Het is een door de ervaring bewezen feit dat op plaatsen waar persoonlijke conflicten, wrevel, wrijving en onrust bestaan, reeds door een objectief onderzoek naar de puur kwantitatieve aspecten de strijdpunten enigszins uit de sfeer van de controverse komen en in het vlak van de verstandige discussie worden getrokken. Uiteraard verdwijnen daardoor de spanningen niet; ze nemen wel af. Ik acht mij daarom toch gerechtigd ook op mijn eigen gebied de uitspraak van PASTEUR te betrekken: „C'est l'ignorance, qui sépare les hommes, c'est la science qui les rapproche”.

Thans, bij de officiële aanvaarding van mijn ambt, moge ik in de eerste plaats mijn eerbiedige dank betuigen aan *Hare Majesteit Koningin Juliana*, die mij tot hoogleraar aan deze Technische Hogeschool heeft willen benoemen en aan U,

Mijne Heren Curatoren,

die mij voor deze benoeming hebt willen voordragen. Ik geef U de verzekering, dat ik ten behoeve van het onderwijs en het wetenschappelijk onderzoek aan deze Hogeschool mijn beste krachten zal geven.

Mijne Heren Hoogleraren, in het bijzonder van de Afdeling der Algemene Wetenschappen,

Tot Uw kring te mogen toetreden waardeer ik zeer; hetzelfde gewaad der wijsheid als Gij thans te mogen dragen, beschouw ik als een hoge onderscheiding die ik mij zal trachten waardig te tonen. In de toekomst met U te mogen samenwerken betekent voor mij een groot genoegen; ik zal mij zeer inspannen om dat genoegen wederzijds te doen zijn.

Mijne Heren Hoogleraren van de Groep Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen,

Tot U wil ik wel in het bijzonder een hartelijk woord van dank richten voor de vriendschappelijke wijze waarop U mij reeds aanstonds in Uw midden hebt opgenomen. De heterogeniteit van Uw gezelschap is, nu ik van „ons gezelschap” spreken mag, stellig nog vergroot. Kan men zich een gunstiger uitgangspunt indenken om te komen tot een zo volledig mogelijke beschouwing van wat ik vandaag de olifant, het bedrijf heb genoemd? De omgang met U schept overigens wel de beste voorwaarden om niet te vergeten dat er tussen hemel en aarde meer is dan olifanten.

Hooggeleerde Zoetbout,

In de afgelopen jaren heb ik ongetwijfeld een deel van mijn wetenschappelijke en praktische vorming te danken aan Uw als het ware terloops geformuleerde, in zo eenvoudige termen gestelde maar zo lastig te beantwoorden vragen. Uw invloed op hen die Uw medewerkers zijn, is voor buitenstaanders en zelfs voor die medewerkers zelf moeilijk te schatten. U kunt op een zodanige wijze complexe problemen kernachtig samenvatten, dat de toehoorder later licht denkt er zelf op gekomen te zijn. Met U samen te mogen werken aan de verdere uitbouw van de leer van de bedrijfsorganisatie lokt mij bijzonder aan.

Hooggeleerde Hamaker, Hooggeleerde Benders,

Uit hetgeen ik gezegd heb moge U, voorzover Ge dat niet reeds wist, gebleken zijn hoezeer ik Uw aanwezigheid aan deze Hogeschool een bijzonder gunstige omstandigheid acht voor het welslagen van mijn zending.

Dames en Heren van de Wetenschappelijke, Technische en Administratieve Staf,

De hulpvaardigheid die ik reeds van sommigen van U mocht onder vinden, deed mij beseffen in welke grote mate U tot het goed functione-

ren van deze Hogeschool bijdraagt. Moge onze samenwerking altijd zo prettig blijven als zij thans reeds is.

Waarde Schaafsma,

Als ik terugblik op de periode, waarin ik onder je leiding heb mogen werken, is het moeilijk samen te vatten wat die periode voor mij heeft betekend. Om kernachtig te zijn kan ik wellicht zeggen, dat je me de juiste wegen hebt leren vinden in een groot geïntegreerd concern en dat je mij hebt doen beseffen hoezeer het optimale de vijand is van het goede als het in ons vak gaat om de praktische toepassing. Om de mentale instelling te schetsen, die je op je medewerkers overdraagt, zou ik de volledige afscheidsrede van LATHROP¹² als voorzitter van ORSA kunnen aanhalen. Ik zou dat graag doen maar zal mij niettemin beperken tot een zinsnede: „ . . . if science is to gain entrance to the councils of decision . . . it must learn and accept some of the attitudes and disciplines – if not the responsibilities – of decision”.

Medewerkers van de afdeling Technische Efficiency en Organisatie van de N.V. Philips, in het bijzonder van de Sectie Operations Research en Planning, Beste Vrienden,

Samen werken is de beste grondslag voor het ontstaan van echte vriendschap. Wij hebben veel van elkaar geleerd en naar ik hoop een goede gemeenschap gevormd.

De periode van dagelijkse samenwerking tussen ons is voorbij; moge een weliswaar minder regelmatig doch niet minder vriendschappelijk contact blijven bestaan.

Medewerkers op planninggebied van de N.V. Philips,

Met velen van U mocht ik in de afgelopen jaren contacten hebben. Uit Uw woorden van goedkeuring en afkeuring heb ik wel het meeste geleerd. De leringen die wij uit alle ervaringen trokken, hoop ik in mijn colleges te kunnen doorgeven.

Beste Vader,

Het is speciaal voor een ingenieur, die is toegetreden tot de Groep van wat hier tot voor kort de „Niet-Technische Vakken” heette, een groot voorrecht van kindsbeen af een nabij getuige geweest te zijn van een van de grootste Nederlandse ingenieurswerken. De schrijver WAGENVOORT had gelijk toen hij beweerde: „Ingenieurs zijn de ware dichters van heden; hunne berekeningen zijn sonnetten en sommige hunner poëmen zijn groots als de Ilias en even onsterfelijk”.

Dames en Heren Studenten,

U worden van deze plaats veelal enige wijze woorden toegevoegd. Hoewel een oud studentenlied duidelijk getuigt: „De wijsheid ligt maar in de kan; die ze elders zoeken wil die kan” wil ik onze gezamenlijke research in deze nog één moment uitstellen om op één andere plaats te zoeken. Speciaal denkend aan diegenen onder U, die zich aan de studie van de bedrijfsorganisatie zullen wijden, kan men hen in de tot dusverre door mij gehanteerde terminologie beschouwen als olifanthoeders, als „elephant boys”. Het ligt daarom voor de hand dat wij bij een kenner op dit gebied naar die wijsheid zoeken en wel bij KIPLING. Hij nu zegt ergens:

„If all men count with you, but none too much”, –

– „If you can talk with crowds and keep your virtue
Or walk with kings, nor loose the common touch”
(en noemt men de wiskunde niet de koningin der wetenschappen?)

„If you can dream and not make dreams your master
If you can think and not make thoughts your aim” –

– „You’ll be –” ja, zijt ge dan eigenlijk niet: een goed ingenieur?
Want heeft niet ons Nederlands Koninklijk Instituut Van Ingenieurs als devies:

Scheppend denken, schouwend doen.

Ik heb gezegd.

LITERATUURVERWIJZINGEN

- 1 J. J. Seidel, *Wiskunde en Technisch Hoger Onderwijs*, 1958, p. 14.
- 2 W. E. Camp, Determining the production order quantity, *Management Engineering* Vol. 2, No. 1.
- 3 A. K. Erlang, Sandsynlighedsregning of Telefonsamtaler, *Nyt Tidsskrift for Matematik B* Vol. 20, p. 33.
- 4 J. Goudriaan en J. F. Cahen, Turnover Speed of Stocks, *Proceedings of the CIOS Congress 1932*, Amsterdam.
- 5 P. M. Morse en G. E. Kimball, *Methods of Operations Research*, New York 1950.
- 6 R. L. Ackoff, *Progress in Operations Research* Vol. 1, ORSA New York 1961, p. 8 e.v.
- 7 J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, New York 1961.
- 8 R. G. D. Allen, *Mathematical Economics*, London 1959, p. 312.
- 9 J. L. Mey, Some fundamental principles of a general theory of management, *Journal of Industrial Economics* Vol. 4, No. 1.
- 10 J. B. Lathrop, A letter to Ellis Johnson, *Operations Research* Vol. 8, No. 4.
- 11 H. Holt en M. E. Salvesson, Psychoanalytic Contributions to an Operational Research Study of Marketing, *Operational Research Quarterly* Vol. 11, No. 3.
- 12 J. B. Lathrop, Operations Research looks to science, *Operations Research* Vol. 7, No. 4.