

Rekenschap

Kylstra, F.J.

Gepubliceerd: 01/01/1994

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](#)

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.

REKENSCHAP

Afscheidscollege

Prof.ir. F.J. Kylstra



Technische Universiteit Eindhoven

Afscheidscollege

Gegeven op 25 november 1994
aan de
Technische Universiteit Eindhoven

Prof.ir. F.J. Kylstra

Mijnheer de Rector Magnificus,
Dames en heren,

Twintig jaar geleden, op deze zelfde plaats en in dezelfde toga, haalde ik een woord aan van Vincent van Gogh, uit een van zijn brieven: "Een vogel zingt niet als hij in de rui is". De rui markeert in een vogelleven een overgangperiode tussen twee seizoenen en zo voelde ik het ook aan, toen bij de overgang van industrie naar universiteit, nu bij de overgang van de werkzame staat naar de gepensioneerde. Toen leverde Van Gogh me het excuus voor een interval van twee jaar tussen intree en intreedere, nu het excuus voor een interval van maar liefst drie jaar tussen afscheid en afscheidscollège. Zo kun je in het leven vervallen van kwaad tot erger.

Drie jaar: dat betekent dat ik u eigenlijk al niet meer uit de eerste hand kan rapporteren over de laatste ontwikkelingen op mijn vakgebied. Wat ik wel met u kan delen is de oogst van een poging tot rekenschap over de voorbije jaren: waar heb ik mij in mijn loopbaan nu eigenlijk mee bezig gehouden en wat heeft me dat opgeleverd aan persoonlijk inzicht?

De voordracht valt in twee delen uiteen:

- een bloemlezing van significante episoden in mijn beroepsleven;
- een bespiegeling over computers en informatie.

Een van de doorlopende lijnen in mijn loopbaan is de ontwikkeling van de rekenmachine die ik als gebruiker heb meegemaakt, praktisch vanaf zijn eerste verschijning op de Nederlandse markt. Die omstandigheid gaf mij het idee in voor de titel van deze voordracht: "Rekenschap".

Dr. Neher-laboratorium (1955 - 1957)

Toen mijn afstudeerhoogleraar in Delft, prof.dr. H.B. Dorgelo, mij in 1955 vroeg of ik geen zin had om met hem mee te gaan naar Eindhoven om daar een nieuwe TH op te bouwen, was mijn antwoord een overtuigd nee. Ik had op dat ogenblik genoeg TH gezien en wilde de industrie leren kennen. Maar eerst moest ik als gewetensbezwaarde 2½ jaar burgerdienstplicht vervullen. Tot mijn geluk werd ik te werk gesteld bij het toen fonkelnieuwe Dr. Neher-laboratorium van de PTT. Daar maakte ik kennis met de eerste computer op de Nederlandse markt, de ZEBRA (Zeer Eenvoudige Binaire Rekenautomaat) en zijn ontwerper, ir. W.L. van der Poel. De machine was inderdaad zeer eenvoudig (om de storingskansen te beperken) en het programmeren

(in machinetaal) navenant moeilijk, maar daardoor intellectueel heel uitdagend. Van der Poel gaf zelf de programmeercursussen en leerde ons vernuftige constructies. Maar wij, cursisten, hadden de stellige indruk dat de meester de mooiste trucs voor zichzelf hield.

Een van mijn researchontwerpen op DNL was het voortplantingsgedrag van middellange radiogolven over een inhomogene aarde. Hoewel het niets met regeltechniek te maken heeft, wil ik toch één meetresultaat vermelden. Bij de overgang van de droge Veluwe naar de vochtige IJsselvallei nam de veldsterkte van de toenmalige middengolfzenders in Lopik plaatselijk toe met toenemende afstand. Vochtige grond heeft een grotere geleidbaarheid en dat heeft tot gevolg dat de stralings-energie weer sterker aan het oppervlak gebonden wordt.

Koninklijke Shell-Laboratorium, Amsterdam (1957 - 1972)

Bij mijn aantreden op KSLA werd mij de keus gelaten tussen twee afdelingen: "Exploratie en Productie" of "Procesregeling". Het was allebei terra incognita voor mij, maar ik koos "Procesregeling" en wel op grond van een volstrekt bijkomstige omstandigheid. De afdeling E&P zou over een jaar verhuizen naar een nieuw laboratorium in Rijswijk en ik had met het oog op mijn baan

in Amsterdam net een huis in Naarden gekocht. Zo ben ik aan de regeltechniek geraakt. Veel later, in een serie voordrachten voor eerstejaars studenten over de beroepspraktijk van de ingenieur was dat een van mijn vaste thema's: keuze en toeval in de loopbaan van een ingenieur.

Mijn eerste reactie op de kennismaking met procesdynamica en regeltechniek was er een van ongeloof. Hoe kon dat gefiedel met sinusgolven ooit tot wetenschap leiden? Maar al gauw was ik overtuigd van de kracht van de frequentieresponsie-analyse als instrument voor het theoretische en het experimentele onderzoek van dynamische systemen. Het naast elkaar bestaan van zoveel equivalente methoden om systeemdynamica weer te geven (differentiaal-vergelijking, Bode-diagram, Nyquist-diagram, overdrachts-functie, polen-nulpunten plaatje, toestandsruimte, enz.) vormde het kenmerk van een volwassen tak van de wetenschap. Toch was het gebied nog volop in ontwikkeling. Intermitterende regeling, optimaliserende regeling, stochastische regeling: ze verschenen allemaal op het toneel in de eerste vijf jaren. Het belangrijkste hulpmiddel voor berekeningen was de analoge computer.

Van de vele onderwerpen die mij in die jaren hebben bezig gehouden wil ik er drie noemen:

- de invloed van hysteresis in pneumatische en elektronische regelkringen;
- dynamica en regeling van stoomketels;
- dynamica van exotherme chemische reactoren.

Hysteresis is een verschijnsel dat zich o.a. voordoet in mechanische systemen met speling. Ieder die wel eens een oude auto bestuurd heeft met speling in het stuurwiel, weet hoe dat de bestuurbaarheid aantast. Hetzelfde kan gebeuren in een automatische regelkring. Toen de eerste elektronische regelaars op de markt verschenen was een van de verkoopargumenten dat ze zoveel beter zouden werken dan pneumatische regelaars door de afwezigheid van speling in het instrument. We onderzochten die claim met behulp van een experimentele regelkring, opgebouwd uit een gesimuleerd proces (in ware tijd) en echte regelapparatuur (transmitter, regelaar, regelklep). Vooral de full-size industriële regelklep bood in de computerruimte een ongewone aanblik. Het bleek dat het voordeel van elektronische regelaars boven de pneumatische versie verwaarloosbaar was, vanwege de resterende speling in andere delen van de kring (vooral de regelklep). Pas tien jaar later, in het spoor van de procescomputer, begon elektronische apparatuur zich een plaats te veroveren in raffinaderijen en chemische fabrieken.

De dynamica van stoomketels is op zichzelf al een interessant onderwerp vanwege de gecompliceerde responsie van het niveau van het kokende water op variaties in de druk en de warmtetoevoer. Bovendien heeft ketelregeling een interessante geschiedenis. Sinds de dagen waarin James Watt zijn reguleur uitvond zijn ketelregelaars ontwikkeld en geïnstalleerd als integraal onderdeel van de hele installatie. Tot in de jaren '60 produceerde iedere ketelfabrikant zijn eigen regelapparatuur, voortbouwend op een stevige werktuigbouwkundige traditie. Standaard pneumatische apparatuur kwam niet in aanmerking. Pas toen verdere verbetering van het ketelbedrijf ook een betere regeling vereiste, gingen de fabrikanten over op moderne (elektronische) apparatuur.

Een exotherme chemische reactie is een reactie waarbij warmte vrijkomt, zoals bij verbranding. Exotherme reactoren vormen een interessant gebied voor de bestudering van niet-lineaire dynamica vanwege de sterk niet-lineaire, versterkende invloed van de temperatuur op de reactiesnelheid, van de reactiesnelheid op de warmteproductie en van de warmteproductie weer op de temperatuur. Zelfs bij de eenvoudigste reactoren kan een rij van interessante verschijnselen bestudeerd worden: verschillende evenwichtspunten, verschillende evenwichtsvoorwaarden, limietcycli,

startproblemen, explosiegedrag, enz. Sommige van die verschijnselen kunnen ook waargenomen worden bij een huis-, tuin- en keukengaspit. Als de gaskraan openstaat zijn er twee stabiele evenwichtstoestanden: het koude evenwichtspunt (vlam uit) en het hete evenwichtspunt (vlam aan). De theorie geeft aan dat zich bij een tussenliggende temperatuur nog een derde, labiel evenwichtspunt moet bevinden, net als bij een chemische reactor. Warmteproductie en warmte-afvoer zijn daar theoretisch in evenwicht, maar we krijgen die toestand nooit te zien, want de kleinste afwijking drijft het proces weg naar een van de stabiele evenwichtspunten. Wel ziet men soms de vlam heel regelmatig flakkeren. Het hete evenwichtspunt is dan instabiel, maar het proces blijft er wel in de buurt en draait er als het ware in een kringetje omheen. Dat is een limietcyclus.

In 1962 werd ik voor drie jaar gedetacheerd bij Shell's hoofdkantoor in Den Haag. Mijn opdracht was om een softwarepakket voor het optimaal ontwerpen van chemische installaties te installeren en toe te passen. Dat had niets met procesdynamica te maken, maar toch vond ik tot mijn verrassing een toepassing voor Bellman's methode van dynamische programmering, kort daarvoor gepubliceerd. Het betrof het probleem om voor een destillatiekolom het optimale profiel

van de wanddikte als functie van de hoogte te berekenen, gelet op de eisen van mechanische sterkte. Dat is duidelijk geen dynamisch probleem, maar het kon ook geformuleerd worden als: "Hoe kan ik met een minimum hoeveelheid staal van de bodem van de kolom naar de top komen binnen de beperkingen van de sterkte-eis?" Die formulering leende zich ideaal voor Bellman's oplossingsmethode.

Terug op KSLA ging ik werken op het gebied van de procesontwikkeling. Even leek het of mijn bemoeienis met procesregeling en instrumentatie voorgoed voorbij was. Maar binnen twee jaar werd ik belast met een groot project: de automatisering van de proef-fabrieken met behulp van een procescomputer. Nergens was ervaring beschikbaar om op terug te vallen, maar vele groepen, binnen en buiten Shell, waren op hetzelfde gebied aan het pionieren en iedereen stelde prijs op persoonlijke contacten tijdens conferenties en workshops, om problemen en oplossingen uit te wisselen.

We besloten om ons te richten op de hoofdfunctie van de proef-fabrieken: data-acquisitie, registratie en presentatie. Het incorporeren van procesregeling werd voorlopig te riskant geacht. Bijna een jaar werd besteed aan het opstellen van de specificaties. Toen die tenslotte waren uitgezonden naar alle

bekende fabrikanten, kwamen er maar liefst 13 offertes binnen! Nooit daarvoor of daarna heb ik de "state of the art" zo volledig onder handbereik gehad. Het systeem werd een succes en heeft later nog vele uitbreidingen en vernieuwingen gekend.

Technische Universiteit Eindhoven (1972 - 1991).

In het midden van mijn loopbaan werd ik voor een belangrijke keus gesteld. Zou ik de interessante maar toch enigszins voorspelbare baan bij Shell vervolgen, of zou ik nog één keer in mijn leven iets heel anders beginnen, aan de TUE? Ik koos voor de universiteit. En òf het anders was! De eerste paar jaren liep ik rond als een levend vraagteken, van verbazing dat deze organisatie überhaupt kon functioneren. Het leek alsof iedere deelnemer zijn/haar eigen privé doelstellingen najoeg, maar dat het systeem als geheel stuurloos was. In die jaren las ik een publikatie over organisatie modellen: het hiërarchische model, het radenmodel, het expeditiemodel, en andere. Een daarvan was het vuilnisbakmodel: een organisatie waarin door elkaar heen problemen liggen te wachten op oplossingen, oplossingen wachten op problemen, werk wacht op mensen en mensen op werk. En telkens als het klikt tussen een paar van die elementen komt er iets

moois uit. Wat was het beste voorbeeld van een dergelijke organisatie? Jawel - de universiteit! Nou ja, misschien speciaal de Amerikaanse universiteit. In Eindhoven is sindsdien veel veranderd en sommige veranderingen waren zelfs verbeteringen.

Uit mijn vorige baan bracht ik twee interessegebieden mee naar de nieuwe omgeving: real-time programming (inclusief operating systemen en talen) en modelleren en prestatieanalyse van computersystemen. Het laatste onderwerp kwam voort uit de behoefte om de verwerkingscapaciteit van een computersysteem te kunnen berekenen en de plaats van bottlenecks bij het toenemen van de werklast te voorspellen. Het probleem kan bestudeerd worden door het computersysteem te modelleren als een netwerk van processoren met wachtrijen. De klassieke benadering van wachtrijsystemen is gebaseerd op de stochastische wachtrijtheorie. Daarin worden de aankomstintervallen en de verwerkingstijden van jobs gekenmerkt door waarschijnlijkheidsverdelingen. Nu heeft men herhaaldelijk opgemerkt dat theoretische wachtrijformules goed passen op empirische gegevens, zelfs wanneer duidelijk niet voldaan is aan de theoretische aannamen die nodig waren om de formules te kunnen afleiden (bijv. stochastische onafhankelijkheid van variabelen). Deze observatie heeft in de jaren

'70 geleid tot de ontwikkeling van een alternatieve wachtrijtheorie: de operationele analyse. Zij werd "operationeel" genoemd omdat zij was gebaseerd op meetbare grootheden, gedefinieerd over eindige tijdsintervallen, in plaats van hypothetische grootheden, gedefinieerd over oneindige tijd. De operationele analyse slaagde er in om veel van de nuttigste resultaten van de stochastische theorie op een nieuwe manier af te leiden, maar met een subtiel verschil in de betekenis van de variabelen en onder zwakkere en controleerbare aannamen.

Een andere observatie is dat stochastische modellen zo goed passen op computersystemen die toch algemeen beschouwd worden als bij uitstek deterministisch. Dat onderstreept het feit dat de oorsprong van de onregelmatigheid voor de theorie irrelevant is. Daarom beweer ik graag: in de natuur bestaan geen stochastische processen; er zijn alleen onregelmatige processen en stochastische modellen (naast andere) om ze te beschrijven. De stochastische theorie is een elegant en krachtig heuristisch hulpmiddel om nuttige formules af te leiden, maar als een formule eenmaal blijkt te passen op een verzameling empirische gegevens dan hoeft men niet zoveel gewicht meer te hechten aan de voorwaarden waaronder de formule oorspronkelijk afgeleid is. Gelukkig

is er in ieder gezelschap wel iemand die zich geroepen voelt om tegen deze stelling te opponeren.

In het begin van de jaren '80 voelden we de drang, zowel van binnen als van buiten de vakgroep, om onze expertise op het gebied van het meten en van de real-time programmering in te brengen in projecten van meer direct industrieel belang. "We" en "ons" moet u hier beslist niet verstaan als pluralis majestatis: ik sluit de groep van mijn naaste medewerkers nadrukkelijk in. We besloten om ons op twee nieuwe gebieden te wagen: besturing van industriële robots en real-time beeldverwerking/patroonherkenning. Dat was voor iedereen een grote omschakeling. Gelukkig vonden we geïnteresseerde collega's en partners in de Faculteit Werktuigbouwkunde en we hielpen elkaar om een brug te slaan tussen real-time computerbesturing en werktuigbouw. Dat ging niet vanzelf. Ondanks goede wil van weerszijden duurde het een paar jaren voordat de partijen elkaars capaciteiten konden zien en waarderen. Maar er is een lange en vruchtbare samenwerking uit gegroeid.

Op aanraden van onze collega's kozen wij als ons kernproject de automatisering van het booglassen met behulp van industriële robots. Daarvoor is de integrale regeling nodig van twee, heel verschillende, samenwerkende processen, nl. de

robot die de lastoorts over de lasnaad moet bewegen en het eigenlijke lasproces. Voor het naadvolgen zijn verschillende systemen ontwikkeld. Het eerste systeem, speciaal voor het booglassen, maakt gebruik van een commerciële profielsensor die met een laserstraal het oppervlak van het werkstuk aftast, enkele centimeters voor de toorts uit. Zo wordt tijdens het lassen de plaats van de lasnaad gemeten en met die gegevens wordt de lasrobot in de goede baan gestuurd. Het tweede systeem is bedoeld voor naadvolprocessen met een veel hogere lineaire snelheid dan bij het booglassen (lijmen, kitten, vullen van naden) en is gebaseerd op een in onze groep ontwikkelde optische naadsensor.

Met de regeling van het eigenlijke lasproces is het minder goed afgelopen. De eerder genoemde profielsensor meet niet alleen de plaats van de lasnaad maar ook de exacte vorm. Dat gegeven zou je willen gebruiken om het lasproces bij te sturen. Maar helaas, lassen is nog steeds een ambachtelijk proces en daarvan bestaan nog geen bruikbare procesmodellen. Om automatische regeling mogelijk te maken zou eerst een uitgebreid procesonderzoek nodig zijn. Behoudens een paar geslaagde demonstratieproeven hebben we daarvan afgezien.

Dat probleem van ontbrekende

proceskennis geldt nog veel sterker voor de lasbadsensor die in samenwerking met het IPL (TNO/TUE Instituut voor Productieautomatisering en Logistiek) ontwikkeld is. Deze sensor, een technisch hoogstandje, bepaalt in real-time de ligging en de vorm van het lasbad, het plasje gesmolten metaal onder de boog. Daardoor wordt een nieuw gegeven over het lasproces pas voor het eerst voor systematisch onderzoek ontsloten. Het zal om die reden nog even duren voordat deze sensor kan worden ingezet voor automatische regeling.

In diezelfde periode is er ook nogal wat ondersteunend onderzoek gedaan aan de robotregeling zelf. De fabrikanten van industriële robots waren zonder uitzondering zeer gesloten over hun besturingsprogrammatuur en over de gebruikte regelalgoritmen. Dat maakte het ons praktisch onmogelijk om daarin wenselijke aanpassingen of verbeteringen aan te brengen. Daarom zijn we begonnen de kale romp van een commerciële robot zelf van besturingsprogrammatuur te voorzien, geschikt voor het beproeven van verschillende regelalgoritmen en voor het samenspel met geavanceerde meetapparatuur. In dat kader zijn enkele interessante concepten ontwikkeld, maar het zou te ver voeren om daarover verder uit te weiden.

De samenwerking met de Faculteit Werktuigbouwkunde heeft geculmineerd in het ontwerp en de bouw van een flexibele assemblage- en lascel (FALC). De installatie is ontworpen om volautomatisch een familie van verwante produkten eerst uit onderdelen samen te stellen en dan te lassen. Het ontwerp omvat een assemblagestation, een lasrobot en een transportsysteem voor het interne transport van de werkstukken. Voor ons lag de grootste uitdaging in de programmatuur voor de celbesturing. Vanwege de omvang en de levensduur van het project hebben we daarbij voor het eerst moderne methoden van software engineering beproefd en toegepast.

De laatste ontwikkeling die ik heb meegemaakt betreft een Europees samenwerkingsproject onder auspiciën van ESPRIT. Het gaat om het automatisch lassen van grote en eenmalige werkstukken, nl. delen van scheepsrompen voor een scheepsreparatiebedrijf. Onze bijdrage bestaat uit de ontwikkeling van een visionsysteem dat een werkstuk op de werkvloer moet kunnen localiseren en opmeten voordat de onderdelen aan elkaar gelast worden. U moet zich dat niet te kleinschalig voorstellen. Op een verrijdbaar portaal van 5 m hoog en 4 m breed staan 4 t.v.-camera's gemonteerd. Uit de beelden die daarmee opgenomen worden construeert de computer een

representatie in 3D van wat er op de werkvloer opgesteld staat, inclusief tijdelijke obstakels zoals steun- en verbindingstukken. Op grond van die representatie produceert het systeem alle gegevens die nodig zijn om de lasrobot naar zijn werkplek te sturen. Volgend jaar moet dat systeem opgeleverd worden.

Tot zo ver de terugblik op mijn werkzaamheden.

Computers en informatie

Dames en heren,

De onderwerpen die mij de laatste tien jaren hebben bezig gehouden, robotica en patroonherkenning, worden vaak gerangschikt onder het hoofd "kunstmatige intelligentie". Nu komt kunstmatige intelligentie (KI) tot ons in twee versies: zwakke KI en sterke KI. Zwakke KI huldigt de opvatting dat computers geprogrammeerd kunnen worden voor werk dat je intelligent zou noemen als het werd uitgevoerd door mensen. Sommige van de technische systemen die ik u genoemd heb vallen in die rubriek. Sterke KI daarentegen huldigt de opvatting dat het menselijk brein als informatieverwerkend orgaan wezenlijk verwant is met de computer en dat het principieel mogelijk geacht moet worden dat ooit een computer het menselijk denken

evenaart. Al in 1950 publiceerde de Engelse wiskundige Alan Turing de opzet van een proef, de zogenaamde Turing-test, waarin een mens en een computer door een intelligente ondervrager worden ondervraagd, via een terminal. Op die manier zou volgens Turing eens de ononderscheidbaarheid van mens en computer kunnen worden aangetoond.

Tot op de dag van vandaag is de centrale stelling van sterke KI, dat het menselijk brein en de computer als informatieverwerkende systemen verwant zijn, omstreden. Een van de tegenstemmen luidt: een computer verwerkt helemaal geen informatie. Een computer verwerkt slechts gegevens; voor informatie is menselijk bewustzijn nodig. Ik vind dat niet zo'n verhelderende uitspraak. Want wat is dan "informatie"?

Net als bij andere sleutelbegrippen uit de fysica, zoals tijd, kracht, energie, denkt bijna iedereen die het woord informatie gebruikt dat hij weet wat er mee bedoeld wordt, tot het moment dat hij moet uitleggen wat informatie nu *eigenlijk* is. Een van de problemen is dat het woord door de wetenschap ontleend is aan de gewone spreektaal. Daarin heeft het een veelheid van connotaties waarvan de wetenschap er enkele geprofileerd heeft ten koste van de overige. Maar voor de gevraagde uitleg bedienen we ons

bij voorkeur van diezelfde spreektaal, waarin de verdrongen connotaties voortdurend hun recht opeisen.

Het latijnse woord "informatio" betekende "voorstelling", "begrip" en daarnaast (maar pas sinds de vroege middeleeuwen) "vorming", "onderricht". Het is samengesteld uit drie onderdelen:

- de stam "forma", dat "vorm" betekent;
- het achtervoegsel "-atio", dat een activiteit uitdrukt (net als bij oratio en vele andere woorden);
- het voorvoegsel "in-", dat een richting of gerichtheid aangeeft, hier specifiek: gericht op een persoon.

De meest oorspronkelijke betekenis is dus: de activiteit van het "informeren", d.w.z. het vorm geven aan de ziel van een persoon, eventueel ook je eigen ziel. "Vorming" is daarvoor het beste Nederlandse equivalent. Die nadruk op het begrip 'vorm' weerspiegelt overigens een grondtrek van het antieke denken: vormgelijkheid duidt op wezensgelijkheid.

Vanuit die oorsprong heeft de betekenis van het woord informatie zich in twee richtingen uitgebreid. Enerzijds is het ook gaan betekenen: kennis, voorstelling, begrip, dus het resultaat van de werking, anderzijds datgene waardoor de werking wordt gevoed of onderhou-

den: de mededeling, de boodschap, het bericht, aanvankelijk alleen in direct contact, van persoon tot persoon, maar in toenemende mate indirect, door middel van tekens op fysische media: steen, papier, radiogolven, magnetische schijf, enz. Door deze techniek van inscriptie, of "betekening" kunnen afstanden in ruimte en tijd tussen zender en ontvanger overbrugd worden, zeer grote afstanden en tijden zelfs. We zijn al gewoon om hier te spreken van informatie-overdracht (ruimte) en -opslag (tijd), maar of dat zulke gelukkige termen zijn valt nog te bezien.

Wat overgedragen (opgeslagen) wordt zijn in ieder geval wel de tekens waarvan de zender zich bedient om de ontvanger te informeren. We hebben hier te maken met een soort informatie-met-uitgesteld-effect, of wel een soort werking-op-afstand. Voor de volledigheid kunnen we nog opmerken dat ook de directe communicatie van persoon tot persoon onder deze noemer valt van werking-op-afstand; alleen is dan de afstand klein. Er is altijd een inter-medium, zelfs bij lijfelijk contact (zintuigen en zenuwbanen).

Tot nu toe hebben we het begrip informatie besproken in de context van intermenselijke communicatie. Verder gaan op die weg leidt onherroepelijk tot grote complicaties door de ontelbare factoren die van

invloed zijn op de informatie-processen in en tussen mensen. Denk bijvoorbeeld aan voorkennis, bedoelingen, verwachtingen, selectiviteit, en dergelijke. Is het mogelijk om van deze complicerende factoren geheel of gedeeltelijk te abstraheren en toch de kern van het begrip informatie te behouden? Jazeker, dat kan. De mens laat zich niet alleen informeren door zijn medemensen, maar ook door zijn natuurlijke omgeving en wel via zijn zintuigen. Waarnemen is: zich laten informeren; waarnemen houdt informatie in. Blijkbaar kunnen ook natuurlijke signalen ons informeren, net als menselijke signalen. Ook het kenmerk van werking-op-afstand is aanwezig: het gezicht van een opkomend onweer, of van een boom met rijpe appels beïnvloedt mijn kennis van de omgeving en bijgevolg mijn gedrag, net als een menselijk woord.

Kunnen we nog verder abstraheren; kunnen we ook afzien van de mens als ontvanger? Kunnen dieren geïnformeerd worden? Ik zou zeggen ja, tenminste als ze zintuigen hebben om signalen uit hun omgeving op te vangen, zeker als ze blijf geven over leervermogen te beschikken en helemaal zeker als ze zich door mensen laten dresse- ren en commando's opvolgen. Bij dieren zonder zintuigen, de lagere diersoorten dus, en bij planten zou ik in dit stadium van de discussie willen zeggen: nee. Niet erg

principeel, maar omdat hun vermogen om op signalen, op prikkels te reageren zo weinig gedifferentieerd is. Maar misschien voel ik me ooit genoodzaakt om daar op terug te komen.

We gaan nog één stap verder. Kun je apparaten informeren? Wordt bijvoorbeeld een foto toestel geïnformeerd door het licht dat op de lens valt? Hier scheiden zich ongetwijfeld de geesten. Toch beantwoordt het proces aan de meest letterlijke interpretatie van het woord informatie: op de fotografische plaat - de ziel van het apparaat - wordt een voorstelling, een afbeelding geformeerd van een deel van de buitenwereld. Niet toevallig heeft dit proces een tijd lang model gestaan voor de manier waarop de mens visuele indrukken ontvangt en vastlegt in zijn geheugen. Maar - een informatieproces?

We hebben een hele weg afgelegd, van de intermenselijke communicatie tot het maken van een kiekje, maar het blijkt slechts een omtrekkende beweging te zijn. Want we hebben wel gevraagd waar het verschijnsel informatie voorkomt, maar niet wat het nu eigenlijk is. Wat onderscheidt informatie, opgevat als een werking, van andere werkingen, zoals mechanische, of chemische? Voor we daar op ingaan doen we nog een keer een stap terug en vragen ons af: hoe stel je vast dat iets of

iemand door een bepaald signaal geïnformeerd is? Bij een mondeling bericht van mens tot mens kun je bijvoorbeeld de ontvanger het bericht laten herhalen, of je wacht af of hij doet wat hem is gezegd. Dat spreken en dat handelen zijn allebei vormen van gedrag. Ook het menselijke denken wil ik in dit verband gedrag noemen. Dat het gedrag in dit voorbeeld *bewust* gedrag is, is een bijkomstigheid. Informatie leidt tot gedrag, of preciezer: tot een gedragswijziging, een gedrag dat op de een of andere wijze verschilt van wat het geweest zou zijn zonder die informatie. Ik geef toe: bij de mens is het verband tussen informerend signaal en resulterend gedrag vaak moeilijk te vinden, doordat menselijk gedrag door zoveel factoren wordt beïnvloed die we niet onder controle hebben en die we voor een deel zelfs helemaal niet kennen. Maar naarmate we systemen bestuderen van geringere complexiteit worden de verbanden duidelijker, het duidelijkst bij technische systemen. De conclusie is algemeen: informatie-als-werking heeft het karakter van *sturing van gedrag*.

Twee kenmerken van gestuurd gedrag zijn hier van belang:

1. Het verband tussen het stuursignaal en de resulterende gedragswijziging is indirect. Het kan niet rechtstreeks afgeleid worden uit algemene fysische

wetten, maar het wordt bepaald door uiteenlopende fysische structuren die stuursignaal en gedrag verbinden door een keten, nee, een netwerk van oorzaak-gevolg relaties. Alleen bij technische systemen en bij de allereenvoudigste biologische (sub)systemen zijn die netwerken te doorzien en de relaties te verklaren. De menselijke geest is daarvoor te complex. Dit laat ruimte voor speculatie. Een minderheid van de hedendaagse geleerden, waaronder enkele grote namen zoals de neurofysioloog en Nobelprijswinnaar John Eccles en de onlangs overleden wetenschapsfilosoof Karl Popper, verdedigen het standpunt dat een geest van buiten het domein van de gangbare fysica op beslissende punten in het netwerk van onze hersenen kan interveniëren en onze gedachten en ons gedrag mede kan bepalen. Ik deel die mening niet.

2. Een tweede kenmerk is dat het verband tussen stuursignaal en gedrag vaak het karakter heeft van "kleine oorzaken, grote gevolgen". Het tussenliggende netwerk functioneert dan als schakelaar, trekker, of versterker.

Beide kenmerken kunnen geïllustreerd worden met het voorbeeld van de kamerthermostaat:

1. Er is geen direct en algemeen fysisch verband tussen een verdraaiing van de instelknop en de resulterende temperatuur.
2. De energie die gemoeid is met een temperatuurverandering is vele malen groter dan die welke nodig is voor een verdraaiing van de instelknop.

Sturing van gedrag dus. Maar wat is gedrag? Van Dale geeft naast de eerste betekenis van iemands "wijze van doen, optreden en reageren", als tweede betekenis: "de wijze waarop een stof of een voorwerp reageert op bepaalde omstandigheden en de veranderingen daarin". Zo kunnen we spreken over het gedrag van tin bij lage temperaturen, of over het gedrag van een chemische reactor. Waar kijken we naar als we gedrag bestuderen? Naar het verloop in de tijd van een of meer veranderlijke eigenschappen van een persoon of een systeem, en dat verloop gedacht als eenheid, als patroon. We spreken ook over gedragspatronen. Maar zeggen we "patroon", dan zeggen we "vorm" en daarmee zijn we terug bij het woord informatie.

Informatie-als-werking is een proces dat uitgaat van de *vorm* van een ingangssignaal en dat resulteert in een *vorm* van gedrag. In de biochemie is voor een soortgelijk proces het woord translatie in zwang, dat is de omzetting van de genetische

code in een eiwitstructuur. Zelf voel ik veel voor de term *transformatie* (weer met de stam "forma").

Meestal is het proces samengesteld uit deelprocessen die ook transformaties - vormomzettingen - uitvoeren.

Als nu het begrip informatie-als-werking afdoende gedekt wordt door het woord transformatie, dan kunnen we meer gewicht geven aan dat afgeleide begrip van informatie als boodschap, enz. Wanneer een inkomend signaal door de ontvanger kan worden geïnterpreteerd en verwerkt als boodschap dan is dat bij de gratie van de vorm van het signaal. Meestal gaat het om een exemplaar uit een eindige verzameling van vormen die ook werkzaam zijn en te onderscheiden van alle andere denkbare vormen die dat niet zijn. Dit brengt ons eindelijk tot een antwoord (niet: *het* antwoord) op de vraag wat informatie nu eigenlijk is: informatie is vorm, *werkzame vorm*.

Wat doe je nu met zo'n antwoord? Je gebruikt het om nieuwe vragen te stellen, of om oude vragen opnieuw te stellen. Het antwoord is geen eindpunt, maar een beginpunt. De meest klemmende vraag is misschien wel deze: als we informatie opvatten als pure vorm, wat is dan de betekenis van zulke informatie? Het antwoord is: geen. Informatie zonder meer, opgevat als pure vorm, kan alles betekenen en

betekent op zichzelf dus niets. Zijn we die betekenis onderweg dan misschien ergens kwijtgeraakt?

Ja, dat is zo. Dat is gebeurd op het moment waarop we gedrag herleidden tot vorm. Gedrag kan betekenis hebben, maar voor die betekenis is niet alleen de vorm van belang maar natuurlijk ook wie of wat zich zo gedraagt.

Maar ook dan zijn we er nog niet. Gedrag, van welk systeem dan ook, heeft op zichzelf nog steeds geen betekenis. Het ontleent zijn betekenis pas aan zijn plaats in onze menselijke leef- en gedachtenwereld. Over betekenis kan men niet meer spreken in dezelfde objectiverende termen als waarmee wij over informatie gesproken hebben. Betekenis is onverbrekkelijk verbonden met menselijk oordelen en menselijke waarden. Het begrip informatie, opgevat als werkzame vorm, kan men nog rekenen tot het domein van de natuurwetenschappen, maar wie gaat spreken over betekenis brengt onbedoeld, maar onvermijdelijk zichzelf ter sprake.

Dames en heren,

Door keuze en toeval heb ik mijn weg naar de regeltechniek en de procesautomatisering gevonden, een vakgebied met grote intellectuele uitdagingen en maatschappelijke consequenties. Bijna twintig jaar heb ik dat vak aan dit instituut, in uw midden en met uw steun mogen beoefenen en doceren. Ik ben daar dankbaar voor. Doceren is informeren, vorm geven aan de geest van jonge mensen. Dat heeft als weerwerking mijzelf gevormd; ook daar ben ik dankbaar voor.

Veel dingen die ik nu weet wist ik niet toen ik er aan begon. Bijvoorbeeld hoe prikkelend het is om aan het front van de techniek te werken aan voortdurende vernieuwing, met handhaving van de universitaire traditie. De universitaire traditie kent bepaalde vormen, vormen met een sociale en een culturele betekenis. Een daarvan is het afscheidscollege. Die vorm heeft vanmiddag mijn gedrag bepaald, mee bepaald, en dat u daar allen bij aanwezig bent is voor mij van grote persoonlijke betekenis.

Ik dank u voor uw aandacht.

Vormgeving en druk:
Reproductie en Fotografie van de CTD
Technische Universiteit Eindhoven

Informatie:
Academische en Protocolaire Zaken
Telefoon (040-47)2250/4676

ISBN 90 386 0004 6



Floris Kylstra, geboren op 17 januari 1930 te Hengelo, behaalde in 1955 aan de Technische Universiteit Delft het ingenieursdiploma in de Technische Natuurkunde. Zijn afstudeeronderzoek vond plaats onder verantwoordelijkheid van prof. dr. H.B. Dorgelo, met het onderwerp "Het 8 MeV betatron". Daarna werd hij als gewetensbezwaarde te werk gesteld op het Dr. Neher-laboratorium van de P.T.T., waar hij onderzoek deed naar het voortplantingsgedrag van radiogolven over een inhomogeen aardoppervlak en aan stralingsdiagrammen van VHF-antennes.

In 1957 trad hij in dienst van het Koninklijke/Shell-Laboratorium, Amsterdam. Gedurende een periode van vijf jaar werkte hij daar op het gebied van niet-lineaire procesdynamica (o.a. chemische reactoren), industriële procesregeling

(o.a. stoomketels), en instrumentatie. Daarop volgende een detachering bij het Centrale Kantoor van de Shell in Den Haag, waar hij op een ontwerpafdeling werkte aan de (niet-lineaire) optimalisatie van commerciële chemische installaties. Terug op KSLA deed hij eerst enige tijd onderzoek naar het verouderingsgedrag van catalysatoren in commerciële kraakinstallaties, maar al spoedig kreeg hij de leiding over een project, gericht op de automatisering van de proeffabrieken met behulp van een procescomputer.

In 1972 volgde zijn benoeming tot hoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven met als leeropdracht "Meet- en Regeltechniek". Zijn onderwijs en onderzoek richtte Kylstra op de ontwikkeling van procescomputersystemen. Zijn bijzondere aandacht ging daarbij uit naar real-time programmering, multiprocessorsystemen en prestatieanalyse van computersystemen met behulp van wachtrijmodellen. In het begin van de jaren '80 verschoof de aandacht naar robotbesturing en real-time beeldverwerking. Op dit gebied ontstond een vruchtbare samenwerking, enerzijds met de vakgroep WPA van de faculteit Werktuigbouwkunde, anderzijds met buitenlandse partners (ESPRIT).

Kylstra heeft ca. 160 afstudeerders begeleid en enkele promovendi. Van zijn hand verscheen een aantal publikaties.

Op bestuurlijk gebied heeft Kylstra de faculteit en de universiteit in vele commissies gediend. Kort na zijn aanstelling was hij als lid, later voorzitter, van de Onderwijs-Commissie nauw betrokken bij de eerste systematische herprogrammering van het curriculum van de studierichting Elektrotechniek (5-jarige cursus). In de periode 1981-'83 was hij dekaan van de faculteit Elektrotechniek en conrector. Binnen het Koninklijk Instituut van Ingenieurs was hij een van de oprichters van de KIVI-Afdeling/NGI-Sectie Informatietechniek (ASI) en voorzitter van de afdeling Regeltechniek.

In Eersel was Kylstra een van de initiatiefnemers voor de oprichting van de Openbare Lagere School "Het Busseltje" en later bestuurslid van het Rythoviuscollege. Momenteel is hij lid van het landelijk bestuur van de Remonstrantse Broederschap.