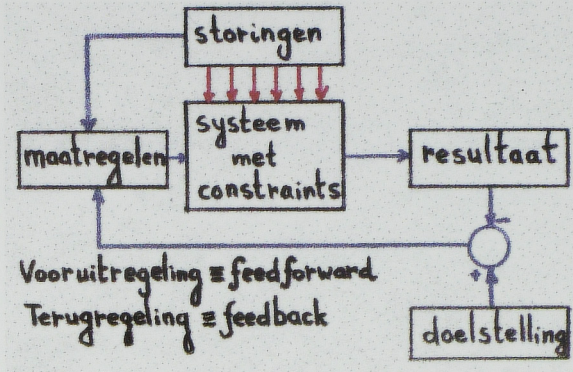


Dynamisch Perspectief

Prof. Ir. Ger Honderd



Een academicus, die geen praktisch werk doet,
is als een regenwolk zonder regen (Russische wijsheid).

720823 / 3025999

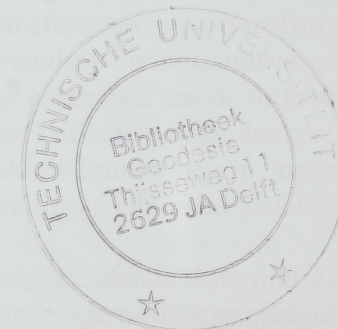
KF

Geschiedenis van de

Dynamisch Perspectief

Prof. Ir. Ger Honderd

motto: een academicus, die geen praktisch werk doet, is als een regenwolk zonder regen (Russische wijsheid).



Bibliotheek TU Delft
Faculteit GEO / OTB

C 3025999



Openbaar college, gegeven op 20 november 1998 ter gelegenheid van het bereiken van de emeritus status aan de Technische Universiteit Delft

Honderd_
red_
1998

Geachte Dames en Heren,

Ik heet u van harte welkom bij dit afscheidscollege. Meestal zal de vertrekkende hoogleraar een afscheidsrede houden in het Auditorium van de Aula, een zeer representatieve faciliteit van onze TU. Ik prefereer een presentatie dichter bij de werkvloer. Ik stel het zeer op prijs dat u bij deze gelegenheid aanwezig bent. In deze collegezaal heb ik vele uren, in het algemeen met groot plezier gewerkt en mijn best gedaan studenten inzicht bij te brengen in het gedrag van dynamische systemen en vooral te enthousiasmeren voor de regeltechniek. Daarbij heb ik zowel de systeembeschouwing benadrukt, waardoor inzicht wordt gekweekt in het gedrag van allerhande typen, vooral dynamische systemen, alsook de betekenis ervan voor het ontwerpen van dynamische systemen met een gewenst gedrag. Ik ben ervan overtuigd dat dit vak voor vele studenten een eerste kennismaking is geweest, waarbij de betekenis van abstracte begrippen als Laplace transformatie en z-transformatie, locatie van polen en nulpunten, frekwentieanalyse en toestandsvergelijkingen voor het praktische ontwerpen van processen aan de orde werd gesteld. Ook heb ik ernaar gestreefd studenten kritisch te doen denken, bijvoorbeeld bij het interpreteren van het vaak misbruikte begrip "optimaal", een begrip dat altijd gekoppeld dient te zijn aan een goed gedefinieerd kwaliteitskriterium.

In dit college zal ik, na wat inleidende schermutselingen over de betekenis van universitair onderwijs, enige basisbegrippen uit de regeltechniek de revue laten passeren. De nadruk zal daarbij liggen op het illustratief presenteren en niet op de mathematische interpretatie. Tot slot hoop ik aan de hand van een case study de methodologie bij het ontwerpen duidelijk te maken.

Weest u gerust, hoewel dat bij een normaal college wel gebruikelijk is, zal ik u niet verplichten na afloop een instructiestencil in te vullen om daarmee te tonen in hoeverre ik erin ben geslaagd inzicht over te brengen. Hoewel: pas bij het zelf gebruiken van de kennis blijft in hoeverre men

kennis beheerst. Typerend zijn die colleges, waarbij de docent de collegestof zo helder presenteert, dat iedereen voor de volle 100% het verhaal kan volgen en ervan overtuigd is het gepresenteerde volledig te begrijpen. Echter, na afloop van het college, bij het proberen een en ander te reconstrueren, blijkt pas de moeilijkheid: hoe is het toch mogelijk dat de toch zo kristalhelder gegeven redenering, niet meer is weer te geven. Kennelijk wordt van een goede docent meer verwacht dan een goede presentatie. Voor het goed overdragen van inzicht en kennis, dient de student aangesproken te worden op diens vermogen met een stuk nieuw verworven kennis te werken. Het beste zou zijn als elke student de gelegenheid zou krijgen de collegestof zelf ook te presenteren. Een goed college moet niet alleen iets uitleggen, maar ook vragen oproepen, uitnodigen na te denken, zonder dat de antwoorden in het college worden gegeven. Merkwaardig is dat vaak pas bij het zelf aan iemand vertellen, het aan een ander uitleggen, een goed inzicht bij jezelf ontstaat. En vaak dan ook in een zodanige vorm dat deze kennis toepasbaar blijkt. In een technische instelling telt dit toepasbaarheidsprincipe m.i. in hoge mate. In mijn colleges heb ik er voor gekozen zoveel als mogelijk een directe dialoog met de studenten in de collegezaal aan te gaan. Mocht dit onverhoopt eens uit de hand lopen, dan had ik altijd nog gele kaarten en ook rode achter de hand. Rood is nooit nodig geweest gelukkig. Een goede communicatie met de "zaal" een meelevend en meedenkend gehoor, is m.i. onontbeerlijk voor een goed stuk onderwijs. Zoals ook nu trouwens! Mag ik u vragen enige feedback te geven over het voorgaande?

Welke eisen stelt u aan goed onderwijs?

Wilt u het onderwijs zo ingericht zien dat het voor u eenvoudig mogelijk is de gepresenteerde kennis te reproduceren. Of stelt u als eis dat niet direct deze kennis kan worden gereproduceerd maar vooral zodanig bij u overkomt dat u deze kennis kunt kneden, ermee kunt omgaan, er problemen mee kunt oplossen.

Vindt u het voldoende als een docent een goed gearticuleerde, verstaanbare presentatie geeft, vanaf een vaste plek in de collegezaal, waarbij u liefst voorzien bent van een kopie van alle te gebruiken overheadsheets? Zegt u hierop: ja, dan is de volgende logische stap dat het onderwijs via een computerinterface direct bij u thuis op een T.V. scherm wordt gepresenteerd, zonder storende invloeden van buitenaf, laat staan gehinderd door dynamisch optredende docenten, die reageren op uw gedrag.

Helaas moet ik vaststellen dat deze laatste vorm van "onderwijs" meer en meer gezien wordt als het onderwijs in de toekomst met moderne informatie en communicatie hulpmiddelen. De toekomstvisie gegeven in de zeventiger jaren door de toenmalige hoogleraar in de digitale techniek, professor Oberman, dreigt uit te komen toen hij prognosticeerde: "nog even en de docent is vervangen door een audiovisuele video presentatie waarbij de zaal gevuld is met een groot aantal videorecorders". Alleen die videorecorders zullen er wel niet staan, daarvoor dient het Internet.

Jaren heb ik ervoor gepleit collegezalen zodanig in te richten dat een levendige presentatie mogelijk is. Desondanks is tot op de dag van vandaag, in alle kleinere collegezalen een zwart soort obstakel aanwezig, vaak geheten, die dit volstrekt onmogelijk maken. Ook voor de goedwillende docent is het zelfs niet mogelijk normale hulpmiddelen als een overheadprojector goed te gebruiken. Het zou mij een grote eer en een groot genoegen zijn vandaag persoonlijk een begin te maken met het slopen van deze middeleeuwse belemmeringen. Het is toch een faculteit, waarvan bekend is dat zij onderwijs een goed hart toedraagt, onwaardig een dergelijke smet langer te tolereren. Als elke verbetering zo goedkoop was te realiseren, viel het met de investering voor onderwijsverbeteringen wel mee. Symbolisch zal ik vast een begin maken met deze verbetering. Een simpele zaag is voldoende. Daarmee wordt dit wat je noemt een zaagzitting.



Collegezaal E met zwarte tafel.

Ik hoop dat u het met mij eens bent, als ik onderwijs direct relateer met het begrip “vervoering”. Het klinkt wat overtrokken, maar ik meen echt dat bij een goed college het gehoor in vervoering dient te geraken voor het gepresenteerde. In de hedendaagse belangstelling voor een communicatievorm tussen mensen, aangeduid als “Human Dynamics” herkent men een beetje dit gevoelselement.

Ter overdenking leg ik u graag een aantal uitspraken voor, die een typering van de universiteit en het (universitaire) onderwijs geven en vraag u welke van deze uitspraken u het meeste aanspreekt:

1. Lang is de weg door lessen, kort en doeltreffend door voorbeelden (Seneca)
2. De beste wijze om iets te leren is er les in te geven (Seneca)

3. De beste leraar is hij, die het meest van zijn leerlingen opsteekt (Jean de Boisson)
4. Een van de voordelen van een academische studie is, dat zij iemand toont hoe weinig hij eraan heeft (Ralph Waldo Emerson)
5. De universiteit brengt alle bekwaamheden tot ontplooiing, waaronder ook de domheid (Anton Tsechov)
6. Theorie en praktijk zijn een, evenals ziel en lichaam, en evenals ziel en lichaam liggen ze meestal met elkaar overhoop (Marie von Ebner-Eschenbach)
7. Hij die kan, doet. Hij die niet kan, onderwijst (G.B. Shaw)

Tot slot de Bommeliaanse noodkreet over de universiteit:

8. “Nee!” riep de professor schril. “Ga weg! Het is hier geen sanatorium, waar iedere gestoorde vrij in en uit kan lopen!”

U merkt dat mijn inleiding vooral aan het onderwijs is gewijd. Dat is m.i. ook het taakelement van de universiteit dat momenteel het meest in de verdrukking zit, alle mooie uitspraken ten spijt.

Aandacht voor goed onderwijs is in universitaire kringen verdacht; het is zeker geen reden voor spoedige promotie in het universitaire rangenstelsel of een excellente beoordeling van een visitatiecommissie. Een glanzende carrière ook in deze TU wordt gekenmerkt door uitstekende onderzoeksresultaten, vergezeld van een zo groot mogelijk aantal publicaties en een hoge citatie-index. Als mede-initiatiefnemer van de Delft University Press in de zestiger jaren, bedoeld als verbetering van de publicatiedrang voor het onderzoek in onze instelling, is het bepaald verrassend de overshoot op te merken; de publicatiedrift heeft zodanige vormen aangenomen dat het publiceren een wetenschap op zich aan het

worden is. Het wachten is op een, door Microsoft op de markt gebrachte toolbox, waarmee, aan de hand van een beperkt aantal sleutelwoorden ("the profile"), een concept-publicatie wordt gegenereerd. Bill Gates geeft in zijn onlangs uitgekomen boek: "The road ahead" (Penguin, 1996) deze mogelijkheid aan, hoewel hij uiterst kritisch is over de mogelijkheid in de komende decaden computers te voorzien van menselijke intelligentie. De ontwikkeling van lerende schakcomputers zou een indicatie kunnen zijn dat voor gespecialiseerde taken, deze "intelligentie" niet a priori onhaalbaar is.

Hoewel het voor boekhoudkundig ingestelde mensen prettig zou zijn als dat meten van kwaliteit zo eenvoudig zou zijn uit te voeren, komt er iets meer kijken bij het bepalen van de technisch-wetenschappelijke kwaliteit van een mens dan het tellen van publicaties; of zoals reeds door de hoogleraar Prlwytzkofski uit de eerder aangehaalde Bommeliaanse wijsheden, is opgemerkt: "En ik, een gestudeerd man, ik ben doorgemeten op mijn kukel! Nu vraag ik u!"

Relatie technische universiteit – bedrijfsleven.

Als kenmerk voor een technische universiteit heeft altijd gegolden dat er een natuurlijke band bestaat tussen het bedrijfsleven en het onderwijs en onderzoek aan een TU. Dit kwam o.a. tot uiting in de aanstelling van buitengewoon hoogleraren, die hun hoofdfunctie hadden in het bedrijfsleven of een extern ontwikkelingslaboratorium en voor een dag per week aan de TU werkte. Deze in mijn ogen essentiële navelsteng dreigt in deze tijd doorgeknipt te worden. Het vooralsnog niet activeren van de z.g. speerpunthooglerarsplaats, bedoeld als mijn opvolger in de regeltechniek, met speciale aandacht voor de robotica en mechatronica-toepassingen in verkeer- en transportsystemen, is een duidelijke teken. Zoals u begrijpt, volgens mij geen positief teken. Merkwaardig in een tijd dat (terecht) universiteiten klagen over de inkrimping van overheidsmiddelen en de toename van overheidsbemoeienis. De maatschappij, die uiteindelijk de stemming bepaalt in een regeringsformatie te investeren in onderwijs en/of

onderzoek, zal zeker de betekenis van een (technisch)- wetenschappelijke opleiding positief waarderen, als volstrekt duidelijk is wat de betekenis van deze opleiding voor de maatschappij is en dat dit ook voor het bedrijfsleven herkenbaar is. Voor een "speerpuntplaats" zouden andere criteria moeten gelden dan voor de voltijdse plaatsen, zoals die nu gelden. Als bezwaar tegen deze versterking van de band met het bedrijfsleven, wordt wel genoemd de invloed die een bedrijf zou kunnen hebben op de primaire taken van de universiteit, het onderwijs- en onderzoekprogramma. Uit de vele projecten, die ik in samenwerking met bedrijven heb helpen uitvoeren, is niet alleen een grote voldoening overgebleven en een waardering extern voor de betekenis van een TU voor bedrijfsproblematiek, ook is nooit sprake geweest van een ongewenste beïnvloeding vanuit het bedrijf van de primaire taken van de TU: onderwijs en onderzoek. Wel betekenden deze projecten vaak een stimulans voor het initiëren van goed aangepaste postdoctorale opleidingen in die delen van de techniek die voor het bedrijfsleven van belang zijn. Het ontbreken van reguliere contacten met werkelijke bedrijfsproblemen zal daarentegen gemakkelijk kunnen leiden tot een soort wetenschappelijk hobbyïsme, met zelf gegenereerde academische problemen. In diverse, dit jaar gehouden redes bij het begin van het universitaire jaar is erop gewezen dat verwacht mag worden dat afgestudeerde academici redelijk snel inzetbaar moeten zijn in het bedrijfsleven. Veruit het merendeel van de opgeleide ingenieurs zal een plaats in het bedrijfsleven krijgen en slechts een klein percentage komt in de researchbranche terecht, waarvoor een onderzoeksgerichte opleiding nodig is. De opleiding is momenteel echter vooral gericht (en dreigt nog meer), op te leiden tot onderzoeker. De reden voor deze pessimistische verwachting is gelegen in het aanname- en carrièrebeleid zoals dit nu geldt bij de universiteit. Nieuwe UD's worden gerecruteerd uit vers-gepromoveerden. Deze zijn in hun promotieperiode voornamelijk bezig geweest met onderzoek. In een tijd van economische hoogtij is het al niet eenvoudig te voorzien in functies aan een TU, maar als daarbij komt dat

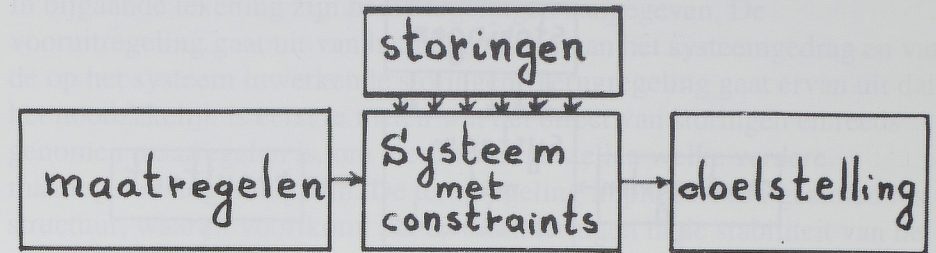
er, voor die bedrijfservaren technische wetenschappers die toch een universitaire carrière overwegen, praktisch onhaalbare eisen worden gesteld qua aantallen publicaties, (terwijl vanuit een bedrijfsstandpunt publicitaire activiteit in het algemeen juist niet wordt nagestreefd in verband met de concurrentiepositie), dan vrees ik dat de komende tien jaar aan deze TU gekenmerkt zullen worden tot een verdere isolatie in onze maatschappij.

Het verheugt mij dat ik ondanks mijn emeritaat, in de gelegenheid ben als voorzitter van de Raad Opleiding van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs ook de komende jaren een bijdrage te mogen geven ten bate van een goed, op de maatschappelijke behoefte gerichte ingenieursopleiding. Uit dien hoofde zal ik ook naar beste kunnen bijdragen geven in mijn functie als lid van de AKO, de Adviescommissie Kwaliteitszorg Onderwijs van de TU. Als voorzitter van het OSF, het Onderwijs Stimulerings Fonds, de voorloper van de AKO, heb ik jarenlang met bijzonder veel genoegen samengewerkt met velen in deze TU, die goed onderwijs voorstaan. Daarbij wil ik vooral collega Wim Jochems bedanken voor de fijne samenwerking, voor zijn voortreffelijke bijdragen en grote inzet. Ik heb veel opgestoken van je lessen in didactiek. Ik wens de sectie DIDO heel veel succes in de toekomst, ook nu Wim (helaas voor de TU) zijn functie in Delft heeft verwisseld voor een functie bij de Open Universiteit in Heerlen.

Na deze onderwijsgerichte inleiding, kom ik graag tot de hoofdmoot in mijn betoog: basisbegrippen in mijn vakgebied, de regeltechniek en enige ontwikkelingstendenzen.

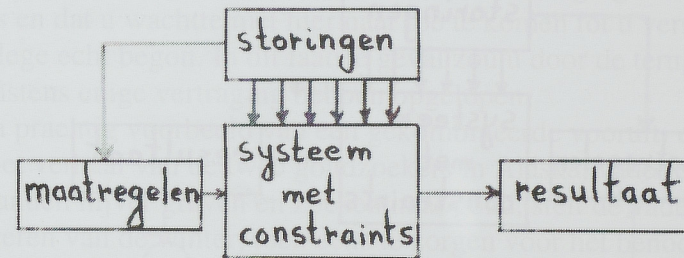
Kenmerk van de regeltechniek.

De primaire doelstelling in de regeltechniek is te trachten zodanige maatregelen te bepalen en te benutten, dat voor een min of meer gegeven proces of systeem zo goed mogelijk wordt voldaan aan een tevoren gegeven doelstelling, ondanks de invloed van onbekende storende invloeden op het systeem.

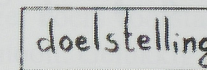


Hieruit blijkt het algemene karakter van de regeltechniek, dus ook het belang voor niet-technische systemen, als medische, economische en sociologische. De regeltechniek vindt haar oorsprong in de door Wiener geïntroduceerde cybernetica, de stuurmanskunst.

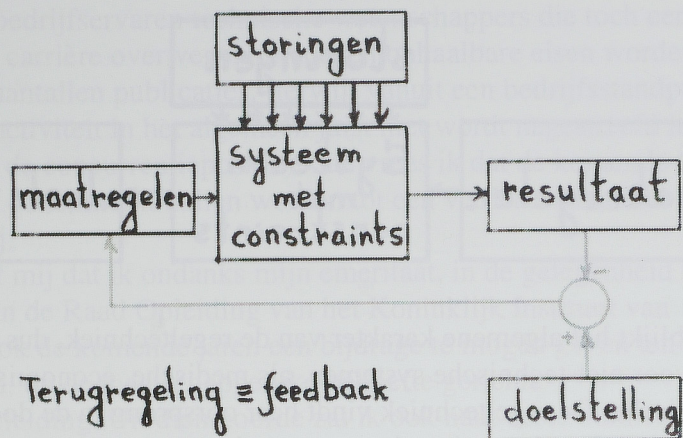
In onderstaande blokschematische voorbeelden is aangegeven hoe deze omschrijving voor diverse soorten systemen wordt geïnterpreteerd.



Vooruitregeling \equiv feedforward

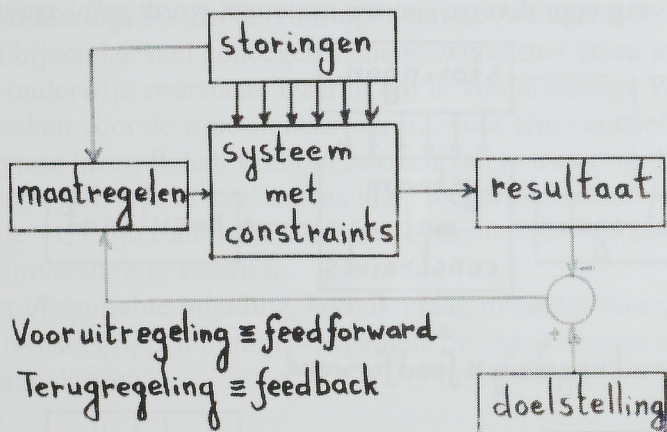


Alleen vooruitregeling.



Terugregeling \equiv feedback

Alleen terugregeling.



Vooruitregeling \equiv feedforward
Terugregeling \equiv feedback

Gekombineerde vooruit- en terugregeling.

Kenmerkend in de regeltechniek staan de begrippen:

- vooruitregeling (anticipatie; feedforward) en
- terugregeling (feedback).

In bijgaande tekening zijn beide regelingen aangegeven. De vooruitregeling gaat uit van het bekend zijn van het systeemgedrag en van de op het systeem inwerkende storingen. Terugregeling gaat ervan uit dat het noodzakelijk is eerst te meten wat het effect van storingen en reeds genomen maatregelen is, om hieruit vast te stellen welke verdere maatregelen nog nodig zijn. De terugregeling impliceert een gesloten lus structuur, waaruit voortkomt dat er veranderingen in de stabiliteit van het ontworpen systeem ontstaan.

Het feit dat u hier bent, is direct te herleiden tot een vorm van vooruitregeling; u vernam dat er een afscheidscollege zou worden gehouden en op grond hiervan heeft u besloten op dit tijdstip in deze collegezaal aanwezig te zijn. Komt u van verre, dan heeft u eventuele storingen ten gevolge van het verkeer ingeschat en bent u er tevens vanuit gegaan dat deze faculteit niet ter elfder ure dit college had verschoven. U had denk ik niet de achterdocht dat die aankondiging niet te vertrouwen was en dat u wachtte met hier naar toe te komen tot u vernam dat het college echt begon. In dit laatste geval zou u door de terugregelstructuur minstens enige vertraging hebben opgelopen.

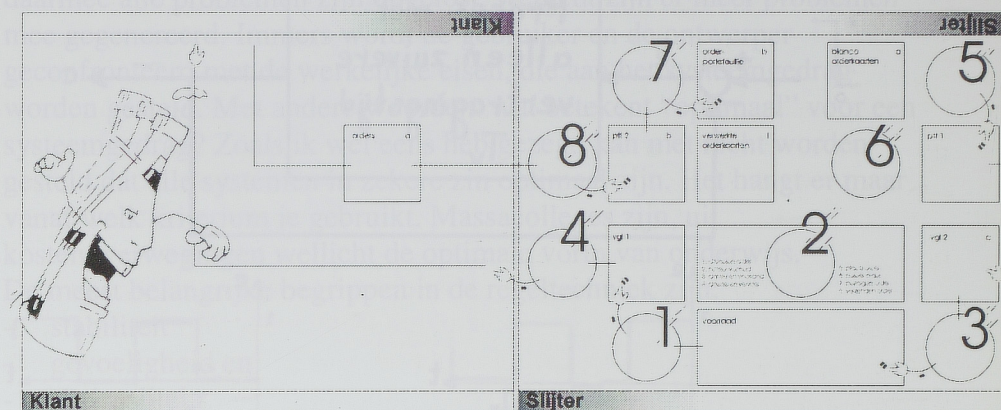
Een prachtig voorbeeld van een gekombineerde vooruit- en terugregeling is het verhaal van de twee goudzoekers in Alaska, vader en zoon. Na vele maanden nijver graven en zoeken naar goud, stelt de vader voor, bij het naderen van de winter, toch eens te zorgen voor het benodigde brandhout. Met tegenzin van beiden wordt er een redelijk bos brandhout gehakt. Daarna treedt er een discussie op tussen vader en zoon, waarbij door de zoon het primaire doel van het werken in Alaska naar voren wordt gebracht, terwijl de vader een voorzichtiger koers voorstaat en liever nog wat extra hout zou hakken: je weet maar nooit. Gelukkig is er een wijze Indiaan ter plaatse die desgewenst ook voorspellingen doet over het weer. Gevraagd naar de te verwachten strengheid van de komende winter, gaat deze wijze Indiaan in trance en komt na enige tijd tot de uitspraak dat de winter normaal zal zijn, zeker niet uitzonderlijk streng.

U begrijpt al dat op grond hiervan de vader de zoon kan overtuigen nog een paar dagen te hakken, om de onzekerheidsmarge voor het overleven te verbeteren. Het ongeduld van de zoon leidt beiden daarna weer naar de weerkundige Indiaan en de vraag luidt of er ondertussen nog nieuws is beschikbaar gekomen over de strengheid van de aanstaande winter. De Indiaan gaat weer in trance en komt vervolgens tot de uitspraak dat er aanwijzingen zijn dat de winter toch kouder zal zijn dan normaal. Deze ervaring herhaalt zich nog tweemaal en zowel vader als zoon menen nu, met een zeer grote berg hout ook een uiterst strenge winter te kunnen overleven. Het laatste bezoek aan de Indiaan is daarom meer informatief: "Is er nog nieuws over de komende winter?" De Indiaan hoeft niet lang in trance te gaan en meldt met grote zekerheid dat de a.s. winter heel erg streng zal zijn. Op de vraag hoe hij in een paar weken tot deze konklusie kan komen is diens antwoord: "als blanken zulke grote hopen brandhout hakken, komt er zeker een zeer strenge winter".

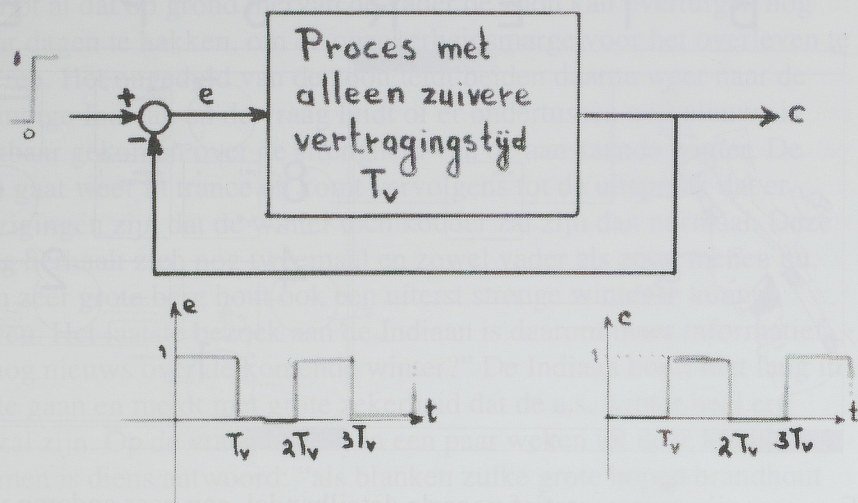
Dit goudzoekersprobleem laat zich moeiteloos uitbreiden naar de in de regeltechniek gebruikelijke techniek van het optimaliseren: over welke tijdsperiode dient welke criteriumfunctie geoptimaliseerd te worden? De vraag is natuurlijk of de hiervoor genomen beslissingen een feedbackstructuur hebben of juist een feedforwardvorm. Aan u de taak hierover uitspraken te doen aan de hand een blokschematische voorstelling.

Met heel veel plezier heb in de tachtiger jaren, samen met Job van Amerongen, thans hoogleraar aan de ondernemende Universiteit van Twente, een z.g. bierspel ontworpen, waarbij een aantal studenten worden ingeschakeld in een bevoorradingsstelsel van flesjes bier.

B I E R S P E L



Een paar zijn representatief voor de detailhandel, een paar anderen vormen de groothandel en een nog paar vormen het landelijk distributiecentrum dat direct bij de fabriek bestelt. De klanten zijn voorgesteld door een tijdreeks van bestellingen, onbekend voor de handelaars. Essentieel hierbij is de vertragingstijd voor het bestellen van nieuw bier. Als de winkel bestelt duurt het twee weken voor de bestelling arriveert, evenzo voor de groothandel, terwijl het voor het distributiecentrum drie weken duurt voor de fabriek levert. Allen pogen in principe een niet te grote voorraad te hebben. De resultaten van dit spel zijn daarom zo boeiend, omdat bijna elke participant probeert met een vorm van anticipatie, te voorspellen wat er gaat gebeuren en daarmee zijn opbrengst te verhogen. En, zoals elke regeltechnicus weet, wordt een systeem met overwegende looptijd, dat geregeld wordt met een anticiperende (= differentiërende) regelaar in een feedbackstructuur, snel instabiel. Hetgeen in de praktijk ook steeds bleek en bij de daarna getoonde simulatie werd bevestigd. Heel eenvoudig blijkt in een feedbackstructuur met uitsluitend looptijd, de oscillatieperiode de helft van de looptijd te bedragen, als in de regeling uitsluitend proportionele factoren aanwezig zijn.



Blokschema van een proces met looptijd en proportionele terugkoppeling.

Bij verkeersongelukken is met deze methode bijvoorbeeld snel de reactietijd van de bestuurder te controleren, en daaruit i.h.a. het eventuele alcoholpercentage.

Ontwikkeling van de regeltechniek in afgelopen decennia:

Zowel door de ontwikkeling van snelle en goedkope computers als door de wiskundige onderbouwing van optimaliserende en adapterende systemen is het beeld van de regeltechniek de afgelopen decennia veranderd. Van het ontwerpen van enkelvoudige procesregelingen beheerst door de instelregels van Ziegler en Nichols voor P.I.D.-regelaars en de aanpassing van de polaire figuur voor het ontwerpen van enkelvoudige servosystemen, is een groot scala methoden ontwikkeld voor meervoudige regelsystemen, voor discrete (computergeregelde) systemen en vooral voor adapterende en optimaliserende regelsystemen. Zoals ik in de openbare les in juni 1968 "Mode en Model" heb gedemonstreerd aan de hand van een zelf-instellende scherpteregeling voor een diaproyector, is

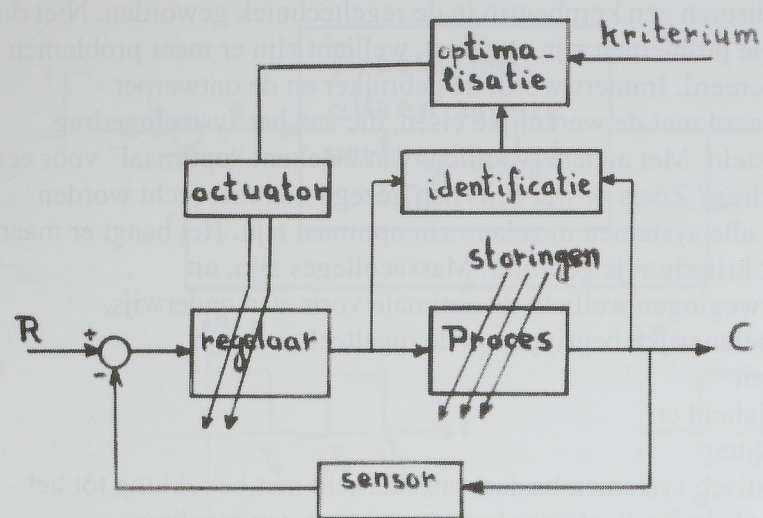
het optimaliseren een kernbegrip in de regeltechniek geworden. Niet dat daarmee alle problemen zijn opgelost, wellicht zijn er meer problemen mee gegenereerd. Immers wordt de gebruiker en de ontwerper geconfronteerd met de werkelijke eisen, die aan het systeemgedrag worden gesteld. Met andere woorden: wat betekent "optimaal" voor een systeemgedrag? Zoals ik wel eens heb gezegd kan met recht worden gesteld dat alle systemen in zekere zin optimaal zijn. Het hangt er maar vanaf welk criterium je gebruikt. Massacolleges zijn, uit kostenoverwegingen wellicht de optimale vorm van onderwijs.

De meest belangrijke begrippen in de regeltechniek zijn:

- stabiliteit
- gevoeligheid en
- optimaliteit

In alle praktisch systemen bestaat onzekerheid met betrekking tot het model, dat als basis dient voor het ontwerp van een regeling.

Als een ontworpen regeling geen rekening houdt met deze onzekerheid zal de geïmplementeerde regeling zeker niet in de praktijk voldoen. Een werkwaardige symbiose: het model is nodig voor het ontwerpen van een regeling, maar tegelijkertijd vereist het ontwerp van een goede regeling dat de ontwerper rekening houdt met de beperkte geldigheid van het model. Teneinde tegemoet te komen aan de wens ook bij (grote) afwijkingen van het nominale model, een goed werkende regeling te houden, is de afgelopen decennia veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van adapterende regelsystemen. In bijgaand blokschema is het basisschema van een adapterend regelsysteem weergegeven.



Blokschema adapterend regelsysteem.

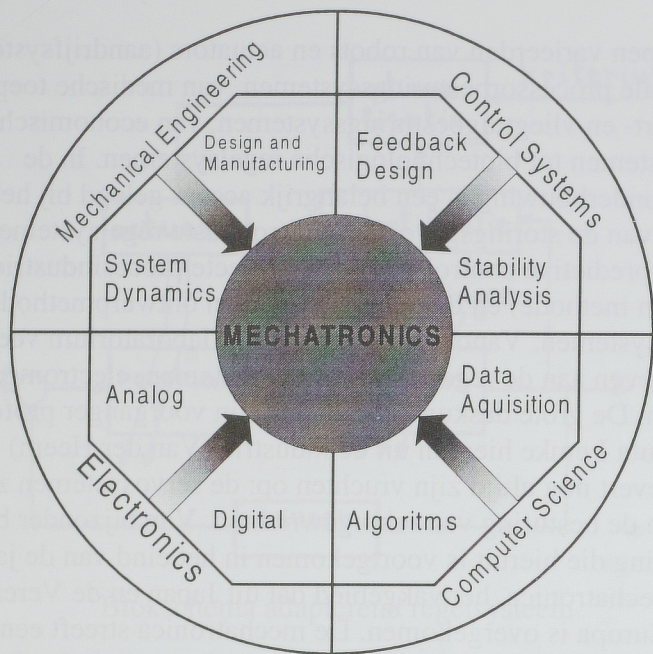
De ontwikkeling van de regeltechniek bleek een boeiend werkgebied te zijn voor technici, fysiologen, economen en vele anderen, die de betekenis herkenden voor de hun problemen. Daarnaast is het vakgebied in sterke mate beakkerd door wiskundigen. De betekenis van de regeltechniek voor de maatschappij dient juist voor een Faculteit voor Informatietechnologie en Systemen volstrekt helder te zijn. De instelling van een basisleerstoel in de regeltechniek met minstens twee speerpuntleerstoelen, waarin de benadrukking van intelligente regelingen en de toepassing in de robotica en mechatronica vormen logische konsekwenties. Daarnaast zou een speerpuntplaats, gericht op sensors, transducers en actuators in regelsystemen van groot belang zijn.

De enorme uitbreiding qua methodologie en de grote verscheidenheid in applicatiegebieden blijkt uit het programma van het laatste IFAC Wereldcongres in San Fransisco in 1996. Daarbij werden circa 160 verschillende sessies gehouden, met elke dag, een tiental parallelle sessies.

De onderwerpen varieerden van robots en actuators (aandrijfsystemen) tot ragfijne digitale processorbesturingssystemen, van medische toepassingen tot ruimtevaart- en vliegtuigbesturingssystemen, van economische en financiële systemen tot biotechnologische regelsystemen. In de theoretische onderbouwing is een belangrijk accent gelegd bij het verminderen van de storingsgevoeligheid (robuuste regelsystemen), model-based predictive control (een uit de directe procesindustrie voortgekomen methode) en de ontwikkeling van ontwerpmethoden voor niet-lineaire systemen. Vanouds her is er in ons laboratorium veel aandacht gegeven aan de regeling van servosystemen, electromechanische volgsystemen. De grote deskundigheid die mijn voorganger professor Hans van Nauta Lemke hiervan uit de industrie (Van der Heem) meebracht, levert nog altijd zijn vruchten op: de servosystemen zijn direct herkenbaar in de besturing van robotgewrichten. Van bijzonder belang is de ontwikkeling die hieruit is voortgekomen in het eind van de jaren tachtig: de mechatronica, het vakgebied dat uit Japan en de Verenigde Staten naar Europa is overgekomen. De mechatronica streeft een geïntegreerde ontwerp na van de elektronisch-regeltechnische aspecten en de mechanische eigenschappen. In onderstaand plaatje is aangegeven hoezeer de mechatronica centraal staat in een groot aantal technische vaardigheden.

Een voorbeeld van een mechatronisch ontwerp, waaraan al heel lang is gewerkt, is het ontwerp van een vliegtuig. De flexibiliteit van de structuur is inherent aan de besturingsstrategie. Het belang van de regeltechniek in de lucht- en ruimtevaart is voor mij een goede reden geweest voor actieve deelname aan het Avionica-overleg, onder de begeesterde leiding van professor Bob Mulder.

De laatste jaren is veel aandacht besteed aan vooral de kleine mechanische systemen, waarbij dit mechatronica-aspect van grote waarde is. Voorbeelden zijn de C.D.-speler, allerhande copieerapparaten, medische apparatuur en voertuigbesturingssystemen.



Ik ben zeer veel dank verschuldigd aan Wim Jongkind en Ben Klaassens, die beiden in hun functie van universitair hoofddocent bij ons laboratorium in bijzondere mate de groei van deze activiteit in ons laboratorium mogelijk hebben gemaakt. Sinds kort is Stefano Stramigioli een uiterst bekwame, enthousiaste en inventieve medewerker in deze projectgroep.

Met recht meen ik dat het huidige laboratorium voor regeltechniek uniek genoemd mag worden in zijn grote breedte van onderwerpen: fuzzy-regelsystemen voor de kwaliteitsbewaking van de waterkwaliteit en voor toepassing in financiële beslissingssystemen, de regel- en systeemtheorie met aandacht voor robuuste algoritmes, de regeling van niet-lineaire systemen en identificatie methoden, computer-georiënteerde projecten, voor het oplossen van real-time problemen bij het implementeren van vaak ingewikkelde algoritmes, de problematiek rond de robotica en

mechatronica, waarvan straks een voorbeeld en vooral de vele praktische opstellingen, waaruit de betekenis blijkt van het multidisciplinaire van de regeltechniek en de betekenis voor allerhande industriële toepassingen. Het grote aantal afstudeerders (circa 40 per jaar) en promovendi (circa 15) getuigt van de belangstelling van studenten voor dit vakgebied. Bij de personele bezetting wil ik graag de naam noemen van mijn collega Henk Verbruggen, die een voortreffelijk leider is voor de intelligente en fuzzy besturingsconcepten alsmede de nog steeds actieve emeritus-hoogleraar Hans van Nauta Lemke, die zowel een pioniersrol heeft gespeeld bij de introductie van fuzzy-set theorie voor regelingen en beslissingen, met toepassingen in de financiële wereld alsook een fantastisch initiator is voor o.a. mechatronische systemen.

Een case-study: het FAMAS project.

Als voorbeeld van een groot mechatronica project, dat het belang van samenwerking met externe partners benadrukt alsmede de betekenis van de TU-inzet voor het bedrijfsleven, wil ik tot slot het z.g. FAMAS project bij u introduceren.

First All Modes, All Sizes (FAMAS) is een in 1997 gestart programma om de overslag van containers te verbeteren. De primaire doelstelling is een nieuwe generatie containerterminals te ontwikkelen, geschikt voor allerhande containers, inclusief afhandeling aan zeezijde en aan landzijde. Dit onderzoek wordt gecoördineerd door CTT (Centrum voor Transporttechnologie). Het is een grootschalig project waar diverse bedrijven en instellingen aan meedoen (o.a. Siemens-Nederland, Nelcon, Frog, Tebodin, ECT en twee faculteiten van de TU Delft). De resultaten kunnen van groot belang zijn voor de positie van Rotterdam als een van de grootste containerhavens ter wereld. Een belangrijk onderdeel in het FAMAS project is de verhoging van de snelheid in de verlading van de container uit het schip naar de wal. Momenteel is het streven een 8000 TEU schip (een schip met 8000 containers van 20 feet) te lossen in 24 uur. Hoe sneller het schip gelost wordt, hoe groter het rendement voor de



reder. In Rotterdam vinden jaarlijks zo'n twee miljoen containerhandelingen plaats. De gemiddelde tijd van een containercyclus, dat is de tijd om een container uit een schip op de wal te brengen en de kraan weer terug te brengen naar een positie in het schip voor het opnemen van de volgende container, dient teruggebracht te worden tot minder dan 1 minuut. Dit dient veilig en betrouwbaar te geschieden, ondanks diverse verstoringen als wind en excentrische belading van de container. Vooral dit laatste effect geeft snel aanleiding tot skewing, het drie-dimensionaal slingeren van de container, waardoor de plaatsing van de container op de AGV, het voertuig om de container op de wal verder te transporteren, bemoeilijkt wordt. Om een indruk te geven van de moeilijkheidsgraag, dient u te weten dat het gewicht van een geladen

container varieert van zo'n 25 ton tot circa 35 ton. De plaatsing op de AGV dient met een nauwkeurigheid van enige centimeters te geschieden. Dit benadrukt niet alleen de ingewikkeldheid voor het ontwerpen van een regelsysteem hiervoor, maar geeft vooral aan hoe ervaren de kraanoperators zijn om dit goed uit te voeren. Een goedwerkend regelsysteem kan in elk geval hun taak aanzienlijk verlichten. In de bijgaande foto is een overzicht van de containeractiviteit weergegeven.

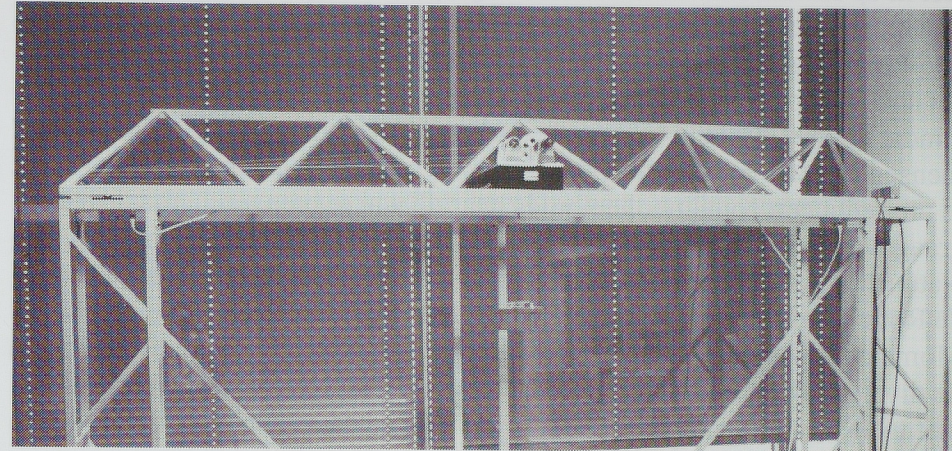


Foto van de modelkraan op het laboratorium voor regeltechniek.

Voor het laboratorium van regeltechniek is vooral de medewerking ingeroepen voor het ontwerpen van het besturingssysteem van de Jumbo Containerkraan, de nieuwe kraanconstructie, die elke container veilig en snel uit het schip kan tillen en via een tijdoptimale baan naar de wal kan brengen en daar met een nauwkeurigheid van enige centimeters op een ter plaatse aanwezige AGV te deponeren. Het is de bedoeling dat het nieuwe kraanbesturingssysteem voor een belangrijk deel ook de ervaring en kennis van een goede kraanoperator in zich heeft. Om deze reden wordt ook gebruik gemaakt van fuzzy-regelalgoritmes.

In het afgelopen jaar is een simulatiemodel ontworpen van de containerkraan, aan de hand waarvan een tijdoptimale besturing is ontworpen. Het testen van deze besturing is gedaan door op het laboratorium een getrouwe afbeelding van de containerkraan te realiseren. Op bijgaande foto ziet u deze kraanopstelling die op een schaal van 1 op 33 de werkelijkheid zo goed mogelijk weergeeft.

Het in de simulatie werkende besturingssysteem is getest op deze modelkraan. Hoewel nog niet aan alle eisen is voldaan, is een belangrijke vooruitgang geboekt. Het belangrijkste onderzoek is momenteel gericht op het snel compenseren van de skew.

Omdat de moeilijkheid van een besturingssysteem pas blijkt, nadat wij als mensen dat zelf ervaren hebben, stel ik u graag in de gelegenheid zelf eens te proberen een container heelhuids naar de wal te brengen ...maar wel graag wat snel!

Natuurlijk zijn ook metingen gedaan aan een werkelijke containerkraan in de Rotterdamse haven.

Momenteel wordt er wekelijks overleg gepleegd over de vorderingen bij de diverse onderdelen in dit project. Daarbij wordt nauw samengewerkt met medewerkers van het laboratorium voor transporttechniek van de Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie (Opleiding Werktuigbouwkunde) en met Siemens Nederland, terwijl de projectleiding van dit JCC-project berust bij de kranenbouwer Nelcon.

Daarnaast vindt regelmatig overleg plaats met de andere deelprojecten v.w.b. de aanpassing van de aan- en afvoerfaciliteiten. De algehele regie berust bij het Centrum voor Transporttechnologie (CTT).

De landelijke erkenning van het belang van deze multidisciplinaire samenwerkingsprojecten onder de paraplu van CTT zal leiden tot de spoedige instelling van een Kenniscentrum voor Transport en Verkeer. Ongetwijfeld zult u hier binnenkort meer over vernemen in de media. Het is mijn vaste overtuiging dat dit soort projecten, waarbij de TU samenwerkt met industriële partners en studenten al in hun afstudeerfase

geconfronteerd worden met deze problematiek, van grote betekenis is voor de opleiding tot ingenieur.

Slotwoord.

In dit college wil ik graag nog mijn grote dank uitspreken aan alle medewerkers van de oorspronkelijke vakgroep Regeltechniek. Ons werk is slechts mogelijk in een sfeer van samenwerking en het enthousiast elkaar ondersteunen in die onderdelen, waarin elk sterk is. Van harte hoop ik dat de huidige reorganisatie deze vorm van samenwerking, met een open oog voor de maatschappelijke problemen mogelijk blijft maken. Ik ben daar wel bezorgd over.

In de huidige opleiding tot elektrotechnisch ingenieur wordt goed aandacht gegeven aan projectonderwijs (het IPP = Geïntegreerd Projectpracticum is een voortreffelijke wijze waarin elke student de gelegenheid heeft zich te bewijzen als lid van een zelfstandig ingenieursburo). Ook de wijze, waarop de beoordeling van het basiscurriculum plaatsvindt via een snelle terugregeling wordt efficiënt en consciëntieus door de Onderwijs Evaluatie Commissie onder de bezielende leiding van ir. Klooster verdient alle lof. Een versterking van de operationele consequenties zou het effect ervan verbeteren. Ook de wijze waarop in het curriculum de laatste jaren ethiekaspecten aandacht krijgen, is verheugend.

Samenvattend spreek ik de hoop uit, dat mits in het beoordelingssysteem van medewerkers ook de kwaliteit van onderwijstaken worden meegeteld, er een basis voor een voortreffelijke en boeiende studie in de elektrotechniek is gelegd....., waarop na enige tijd ongetwijfeld een groeiend aantal VWO-ers afkomt, mede gezien de voortreffelijke wijze waarop dit vakgebied aandacht krijgt op het VWO in het Techniek 15+ project.

Ik dank u voor uw aandacht.

