

Mens-Machine Systemen: Van Industriële naar Medische Toepassing

Afscheidsrede

Prof.dr.ir. Henk G. Stassen

771398
2123389
Red. 2002

Mens-Machine Systemen: Van Industriële

naar Medische Toepassing

Prof.dr.ir. Henk G. Stassen



Koninklijke Hoogheid,
Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
Collegae hoogleraren, docenten, medewerkers en
studenten van de universiteit,
Familie, vrienden en collega's van buiten de
universiteit,
Zeer gewaardeerde toehoorders,
Dames en Heren,

Stassen_
red_
2002

© 2002, H.G. Stassen, Delft, The Netherlands

Niets uit deze publicatie mag op enigerlei wijze worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt zonder schriftelijke toestemming van de auteur.

Printed by DocVision, Delft, The Netherlands

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Stassen, H.G.

Mens-Machine Systemen: Van Industriële naar Medische Toepassing

Mens-Machine Systemen, Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie, Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek, Technische Universiteit Delft

ISBN 903700202-1

1. Het verleden

Na 25 jaar leiding te hebben mogen geven aan het vakgebied van de Mens-Machine Systemen, de Cybernetische Ergonomie, is nu het moment gekomen om te stoppen. Dat is jammer, maar wel te rechtvaardigen: De ontwikkelingen in de wetenschap gaan snel; een nieuwe generatie dient zich aan. Het verheugt mij nog éénmaal mijn visie op het vakgebied te mogen geven. Ik wil dit doen aan de hand van een overzicht van het verleden, het heden en de toekomst.

Het was de interesse in de relatie mens-machine van één van mijn leermeesters, Prof.ir. Roel G. Boiten, die mij heeft uitgelokt de sectie Mens-Machine Systemen op te bouwen. Roel Boiten had daarbij zijn eigen filosofie: Hij plantte steeds weer stekjes en keek of één van zijn medewerkers een stekje wilde verzorgen. Zo plantte hij in 1964 het stekje *De menselijke besturing van de fiets* en naar aanleiding van het Softenondrama in Europa het stekje *Kinderarmprothesen*. Paul Breedveld, één van de KNAW-onderzoekers van de sectie, illustreerde dit met onderstaande tekening tijdens mijn informele afscheid in september 2000.

Toen ik in 1968, na een verblijf van een jaar als Fulbright fellow op UCLA, Los Angeles, benoemd werd als lector in de Werktuigbouwkundige Meet- en Regeltechniek, sprak mij de verzorging van de stekjes fiets en armprothesen erg aan. Het werd het begin van de opbouw van de sectie Mens-Machine Systemen. Intensief werden projecten aangevat voor de bestudering van de handmatige besturing van voertuigen en industriële processen. Daarnaast werd



Figuur 1: Henk mag met pensioen zodat hij van zijn plantjes kan genieten.

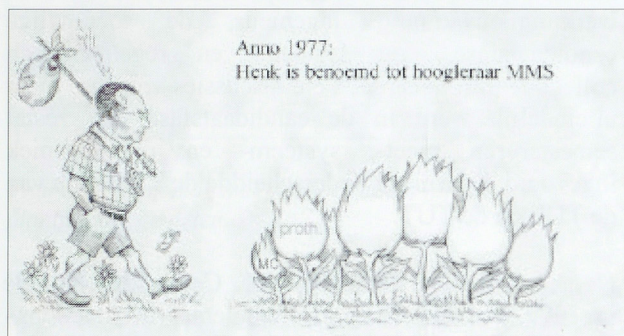
de ontwikkeling van prothesen multidisciplinair opgezet. Dit betekende dat niet alleen de technische aspecten, maar ook de ergonomische, psycho-sociale en functionele aspecten van de revalidatie werden bestudeerd. Dit heeft geleid tot de opzet van multidisciplinaire behandelteams zoals de Werkgroep Orthesen Prothesen, de WOP, de Kinder Werkgroep Orthesen en Prothesen, KWOP en de Werkgroep Dwars Laesies, WDL, in het revalidatiecentrum De Hoogstraat. Deze behandelteams bestonden uit de revalidatiearts, de ergotherapeut, de fysiotherapeut, de prothesemaker, de sociaal werker, de psycholoog, de wetenschappelijk technisch medewerker en natuurlijk de revalidant. Dit concept dat in het begin veel weerstand ondervond is nu algemeen geaccepteerd. Het is in vele revalidatiecentra in Nederland opgevolgd. Het concept genereerde een direct contact tussen de onderzoeker van de TUD en de behandelaars in het revalidatiecentrum. Aldus ontstond het klinisch aangestuurde prothese-

onderzoek bij de TUD, met als resultaat de ontwerpen van armpro- en orthesen.

Gedurende deze tijd werd de nota *Een systeem waart door de afdeling gelanceerd*. Het idee was om in de eerste drie jaren van de opleiding tot werktuigbouwkundig ingenieur, de toenmalige kandidaatsfase, een systeem- en regeltechnisch college te introduceren. Vele discussies volgden, maar uiteindelijk werd in de kandidaatsfase een zestal semestereuren meet-, systeem- en regeltechniek ingevoerd. Daarmede onderscheidde de TUD zich van de TUE en de TUT.

Na een sabbatical leave op MIT, Cambridge, volgde in 1977 de aanstelling als hoogleraar in de Mens-Machine Systemen. De basis voor de oprichting van de sectie Mens-Machine Systemen was gelegd. Zowel het onderzoek als het onderwijs vroegen extra aandacht. Werd het onderwijs verrijkt met een derdejaars college werktuigbouwkundige cybernetische ergonomie, het onderzoek verschoof van de menselijke functies bij de handbediening naar de supervisieregeling. Tevens werd een begin gemaakt met de ontwikkeling van communicatieapparatuur voor totaal verlamden, c.q. dwarslaesierevalidanten, hetgeen uiteindelijk resulteerde in het op de markt brengen van het communicatiesysteem LUCY. In die tijd werd ook de basis gelegd voor de systeemidentificatie en regeltechnische ondersteuning aan de onderzoeksgroep die zich bezig hield met de coronaire circulatie van Prof.dr. J.D. Laird, RUL, en later Prof.dr.ir. J.A.E. Spaan, RUL en de UvA. Een ander groot IOP project was het gevolg van de intensieve contacten met het

revalidatiecentrum De Hoogstraat, de studie van revalidanten met een afasie. Deze studie resulteerde in het uiteindelijk op de markt verkrijgbare systeem STAP, Systeem voor de Training van Afasie Patiënten.



Figuur 2: Henk is benoemd tot hoogleraar Mens-Machine Systemen.

Als gevolg van de grote betrokkenheid bij de revalidatie van revalidanten met een ernstige motorische functiestoornis werd het duidelijk dat ook de orthopaedie interessante onderzoeksgebieden had. Al jaren werden in het behandelingsteam de WOP, revalidanten met een laesie van de plexus brachialis gezien, waarbij vooral de diagnostiek en de orthopaedische ingreep, de schouderarthrodese, verbetering behoefde. Daarom werd eerst een diagnostisch expert systeem ontwikkeld waarmee de diagnostische prognose aanmerkelijk kon worden verbeterd. Dit systeem verschafte tevens artsen in opleiding een goede trainingsfaciliteit. Bij het ontwikkelen van een nieuw protocol voor de uitvoering van de schouderarthrodese bleek het

noodzakelijk een dynamisch model van het schouderbewegingsapparaat op te bouwen, een activiteit die al tot meer dan tien promotiestudies leidde. Onder de bezielende leiding van Dr.ir. Gijs M. Pronk en Dr. Frans van der Helm werd het schoudermodel verder uitgewerkt. Met de erkenning van de International Shoulder Group als technische werkgroep van de International Society of Biomechanics is dit schouderproject uitgegroeid tot een van de langstlopende programma's in de sectie.

In de USA draaide al zo'n twintig jaren de beroemde *NASA University Conference on Manual Control*, bekend als de *Annual Manual*. Doelstelling van dit jaarlijks gebeuren was een platform te creëren waar promovendi tijdens hun studie hun onderzoek konden bespreken. Nu in de sectie Mens-Machine Systemen het onderzoek steeds meer in de richting van het supervisierегelen ging, zoals de navigatie van supertankers, het besturen van vliegtuigen en de supervisie van industriële processen, vroeg dit om een reactie. In navolging van de Amerikaanse *Annual Manual* werd door Gunnar Johanssen en mij in 1981 de Europese variant opgericht, te weten de *European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control*. Studies van het supervisiegedrag van de mens zijn hoofdonderwerpen van gepresenteerde promotie-onderzoeken.

Na een derde sabbatical leave aan de SU te Palo Alto, Californië, in 1987, begon een geheel nieuwe periode van de sectie. Officieel werd in 1988 de sectie Instrumenten van de vakgroep voor Werktuigkundige Meet- en Regeltechniek, waar het ontwerpen van armpro- en orthesen was geconcentreerd, opgeheven

en werd het ontwerponderzoek voortgezet in de sectie Mens-Machine Systemen. Dit betekende dat extra aandacht besteed werd aan de integratie van het ontwerponderzoek en het mens-machine systemen gebonden onderzoek. Deze integratie was niet eenvoudig gezien het feit dat de ontwerpcultuur een geheel andere is dan het regulier mens-machine systemen en biomedisch onderzoek. Bovendien werd ook nog een deel van de opgeheven vakgroep Microtechniek, namelijk het medische deel, aan de sectie Mens-Machine Systemen toegevoegd.

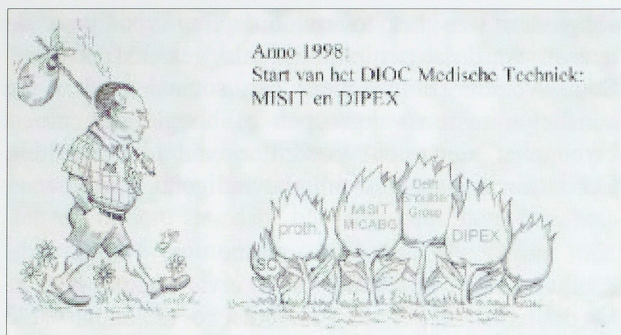
Dankzij de enorm collegiale houding van de individuele leden van de sectie bleef de vaart en het enthousiasme gedurende de volgende vijf jaren dat ik als decaan van de Faculteit Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek moest optreden, bestaan. Deze periode was een zware, maar na later bleek toch wel een interessante periode. Ik leerde de faculteit, waar ik als voorzitter van de Commissie voor Wetenschaps Beoefening in zekere mate enige kennis van had opgebouwd, nu veel beter kennen. Als lid van het College van Decanen werd ik geconfronteerd met probleemstellingen op universiteitsniveau. Uit deze contacten ontstonden activiteiten als bestuurslid van het Nederlands Instituut voor Maritiem Onderzoek, het lidmaatschap van het Curatorium van het KIM, en het lidmaatschap van de vroegere Spoorweg Ongevallen Raad, thans de Raad voor Transport Veiligheid, een geheel andere wereld, een andere cultuur.

De taak van een decaan in het begin van de jaren 90 was geen eenvoudige. Besturen in die tijd was min of meer het poldermodel realiseren: Schikken en

aanpassen was het toverwoord. Een visie van de decaan werd lang niet altijd als gewenst ervaren. Soms voelde ik mij meer een sociaal werker die conflicten tussen vakgroepen of hoogleraren moest beteugelen dan een voorzitter van de faculteit. Leerzaam, maar toch weinig bevredigend.

Na mijn decaanschap startte in 1995 de daadwerkelijke integratie van de ervaringen opgedaan in de industrie en de biomedische techniek. Vele systeem- en regeltechnische gezichtspunten opgedaan in de industriële toepassingen werden vertaald naar medische. Een integratie van ontwerpen, biomechanica en biosysteem- en regeltechniek kwam tot stand. Het was ook de tijd dat kon worden ingesprongen op het initiatief van het CvB om Delftse Interfacultaire Onderzoek Centra, DIOC's, op te zetten. Deze DIOC's beoogden de samenwerking tussen de faculteiten te vergroten, en zodoende de maatschappij te tonen dat de TUD op een aantal gebieden een leidende rol speelt. In dit kader werd een DIOC Medische Technolgie geformuleerd, hetwelk de programma's minimaal invasieve chirurgie en interventietechnologie, MISIT, en de ontwikkeling van betere endoprothesen voor de bovenste extremiteiten, DIPEX, bevatte. Bovendien kon met steun van STW een programma voor minimaal invasieve bypass hartchirurgie, MICABG, worden aangetrokken. Deze DIOC-programma's brachten het onderzoek van zes faculteiten bij elkaar, en hebben het onderzoek van de sectie Mens-Machine Systemen essentieel beïnvloed.

Nog juist voor het bereiken van de leeftijd waarop ik

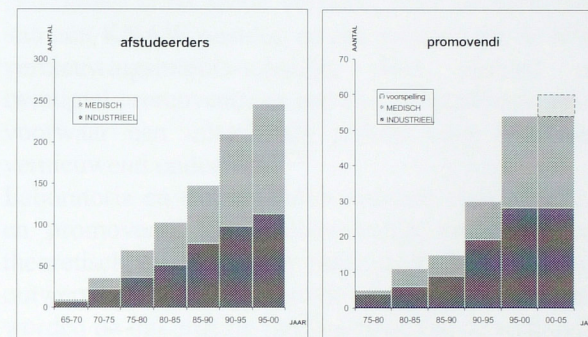


Figuur 3: Anno 1998: Start van het DIOC Medische Techniek. MISIT en DIPEX.

geacht werd met pensioen te gaan, kon nog een geheel nieuwe activiteit worden opgezet in het kader van het vernieuwingsproces van de faculteit Ontwerp, Constructie en Productie. Door de nieuw gevormde afdeling Medische Techniek en Mechanica, waarin de vroegere sectie Mens-Machine Systemen en de sectie Optimalisatie van Constructies en Numerieke Mechanica zijn ondergebracht werd het voorstel gelanceerd een onderzoekgroep op het gebied van Micro Electricische Mechanische Systemen, MEMS, te ontwikkelen, met o.a. toepassing in het medisch technische veld.

Samenvattend heeft de sectie gedurende mijn werkzaamheden 246 ingenieurs afgeleverd, waarvan 114 op een industrieel en 132 op een medisch onderwerp. In het totaal hebben er 54 promoties plaatsgevonden, waarvan 28 op industrieel gebied en 26 in het medisch-technische veld. Een zestal promovendi, alle de medische techniek betreffend, zal de komende jaren volgen. Interessant is het verloop

van de onderzoeksonderwerpen. Was in het begin het accent vrijwel geheel gelegd bij de industriële toepassing, aan het einde trok het medische veld sterk aan. Voor mij is deze keuze niet verwonderlijk. Na mijn HBO-opleiding in de mechanische technologie heb ik lang getwijfeld of ik arts of ingenieur wilde worden. Ik koos uiteindelijk voor een studie aan de TUD, maar bleef de medische interesse behouden. Figuur 4 illustreert deze ontwikkeling.



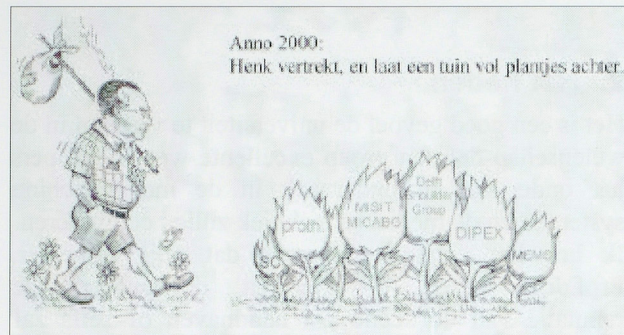
Figuur 4: Het verloop van industrieel naar medisch onderzoek, geïllustreerd als functie van de tijd door het aantal afgestudeerden en gepromoveerden.

2. Het heden

Het is een goed gevoel de universiteit te verlaten in de wetenschap dat een groep excellente wetenschappers het onderwijs en onderzoek in de mens-machine systemen en de medische techniek zullen continueren. Ik heb het volste vertrouwen dat mijn opvolger, Prof.dr.ir. Peter A. Wieringa, de opgebouwde reputatie van de sectie zal handhaven of zelfs zal verhogen. Hij wordt daarbij bijgestaan door twee Van Leeuwenhoekhoogleraren, één UHD en twee UD's. Bovendien is de sectie versterkt door de toekenning van een KNAW postdoc en een postdoc uit de NWO vernieuwingsimpuls-subsidie. Met globaal een twintigtal promovendi en een twintigtal afstudeerders, voorwaar een uitstekende positie voor interessant vernieuwend onderzoek.

Laboratoria en experimentele ruimten voor studenten en promovendi zijn onlosmakelijk verbonden met theoretisch en analytisch onderzoek. Juist voor een ontwerpende faculteit dient de student gestimuleerd te worden de link met de fundamentele van de technische studie te ontdekken. Het schouderlab is daar een goed voorbeeld van. Ik moet concluderen dat de faculteit als geheel de laatste jaren op dit punt sterk is geslonken maar voor het MEMS en Bio-MEMS programma, en het daarvoor noodzakelijke BioLab zal hier een goed antwoord op gevonden dienen te worden.

Nog eenmaal laat ik U de tuin met stekjes, inmiddels uitgegroeid tot volwassen planten, zien. Het onderzoek aan de prothesen en de schouder floreert. Van het DIOC voor Medische Techniek zal het



Figuur 5: Henk vertrekt, en laat een tuin vol plantjes achter.

DIPEX-programma de komende jaren veel aandacht vragen, het programma MISIT zal dit jaar vrijwel voltooid zijn. Inmiddels is een vervolgaanvraag *minimaal invasieve en veilige interventietechnologie* ingediend en wacht op een verdere beoordeling. Een nieuwe DIOC gericht op de *veiligheid van spoorvoertuigen en wegvoertuigen in tunnels* is speciaal gericht op het menselijk functioneren bij normaal bedrijf en in noodsituaties. Deze nieuwe DIOC wacht op een verder afhandeling.

Met de vorming van de nieuwe afdeling Medische Techniek en Mechanica, en de afdeling Mechanica en Regeltechniek is het MEMS-programma opgezet. Dit programma is opgenomen in het speerpunt Mechatronica en Regeltechniek van de onderzoekportfolio van de faculteit OCP, zodat voor dit onderzoek een goede toekomst mag worden verwacht. Dit alles gecombineerd met het feit dat de sectie de leiding van het DIOC voor Medische Techniek verzorgd, de DIOC-programma's 11

sectieplaatsen opleverden en nog eens 8 plaatsen uit de tweede geldstroom zijn verkregen, maakt dat de groep een uitstekende positie heeft verworven. Ik zie de toekomst dan ook vol verwachting tegemoet, en hoop nog lang de continuering te mogen volgen.

3. De toekomst

Graag wil ik nog eenmaal mijn visie geven op de toekomst van het vakgebied van de mens-machine systemen, want dat er grote uitdagingen voor dit vakgebied zijn weggelegd, staat voor mij vast. Met de steeds verdergaande automatisering van vele industriële processen en verkeers- en transportsystemen wordt het duidelijk dat de door de mens te superviseren processen steeds complexer worden. In het bijzonder wanneer storingen tijdens het bedrijf optreden wordt verwacht dat de supervisor gericht kan ingrijpen om het proces weer in de normale toestand terug te brengen of bijvoorbeeld veilig stil te leggen. Welke informatie de supervisor daarbij nodig heeft om tot een juiste beslissing te komen is vaak onduidelijk, maar van essentieel belang. Daarbij spelen ook factoren als hoe, wanneer en waar moet deze informatie worden gepresenteerd. Teneinde dit vraagstuk te kunnen oplossen zijn goede beschrijvingen van het beslisgedrag van de supervisor een noodzaak. Tot op heden ontbreekt het inzicht in het beslisgedrag vrijwel geheel. Ook de consequenties van menselijk falen zijn maar ten dele bekend. Een groot dilemma hierbij is dat enerzijds een proces regeltechnisch robuust moet zijn voor menselijke fouten, terwijl anderzijds een supervisor nu niet leert van zijn eigen fouten. Dit vraagt speciale aandacht bij de training van supervisors. Het is opmerkelijk dat op het laatste wereldcongres van de *International Federation of Automatic Control* in meer dan 40% van alle presentaties de mens-machine problematiek werd aangestipt. Met andere woorden, hier liggen nog vele uitdagingen, die vragen om verder onderzoek.

Dergelijke problemen gelden ook met name bij de invoering van de informatica. Grote complexe software systemen komen ter beschikking. Hoe echter de menselijke supervisor deze kan gebruiken in een veilig aansturen en superviseren van een industrieel proces is vaak niet duidelijk. Het probleem dat de supervisor wordt overspoeld met data, maakt het keuzeproces van welke informatie van belang is, niet eenvoudiger. Hierbij wil ik opmerken dat de tendens om in wetenschappelijke publicaties steeds weer nieuwe besturingssystemen met bijbehorende displays te genereren niet tot meer inzicht leidt wanneer niet in het laboratorium of in een veldexperiment een evaluatie wordt uitgevoerd. Juist het feit dat het in een dergelijke evaluatie gaat om weinig voorkomende situaties van een soms ernstige aard, maakt dat dit onderzoek zeer veel tijd vraagt, en derhalve achterwege blijft. Door met behulp van simulaties het voorkomen van dergelijke noodsituaties te versnellen en te vergroten teneinde een supervisor te trainen, geeft geen enkele garantie dat bij het superviseren van een echt proces de mens juist zal reageren. Conclusie: Te veel publicaties geven ideeën, te weinig zijn gebaseerd op meetresultaten. Voor mij is het duidelijk dat hier nog een groot werkkerrein openligt.

Uit ervaring weet ik dat veel kennis opgedaan in de industriële praktijk dienstbaar kan worden gemaakt voor medisch-technische toepassingen. Maar er is meer waarom dit gebied in de toekomst juist voor de mens-machine discipline zo uitdagend is. Is in de industriële sector jaarlijks de economische groei in de westerse wereld globaal 2%, in het medisch-technische veld is deze groei ruim 7%: een snelgroeiend en dus belangrijk gebied. Bovendien, en

daar ligt juist de mens-machine uitdaging, mogen er grote veranderingen in het medisch handelen worden verwacht. Zo zal het minimaal invasief en niet-invasief ingrijpen in vele gevallen de klassieke operatietechnieken vervangen. Deze sleutelgateroperatietechniek levert vele voordelen voor de patiënt, minder verwondingen, kleinere kans op wondinfecties en een sneller herstelproces. Echter het creëert een groot aantal problemen voor de chirurg zoals de verstoorde oog-hand coördinatie, het 2D-zicht op het operatiegebied, het verlies aan tactiele informatie, en de reductie van het aantal vrijheidsgraden. Juist deze problemen zijn typisch het vakgebied van de mens-machine systemen discipline. Grote veranderingen staan voor de deur met de introductie van de telediagnostiek en telemanipulatie, de verdere snelle ontwikkeling van de beeldver- en bewerkingstechnieken, de ontwikkeling van geavanceerde catheters met als gevolg nieuwe embolisatiemethoden, en de introductie van navigatiesystemen voor het inbrengen van catheters en endoprothesen. Voeg tenslotte nog toe de ontwikkeling van computer geassisteerde chirurgie gebaseerd op verfijnde fysiologische en anatomische modellen, en het zal duidelijk zijn dat er een groot werkkerrein openligt.

De consequenties van deze ontwikkelingen zijn groot, zowel voor de ingenieur als voor de medicus. De ingenieur zal zich in het bijzonder moeten realiseren dat hij het medisch handelen tijdens het operatief ingrijpen moet doorgronden, dat hij zich ervan overtuigt dat de functies van de ter beschikking staande hulpmiddelen door de medicus worden begrepen en dat de hulpmiddelen zo zijn ontworpen

dat deze zonder gevaar efficiënt kunnen worden ingezet. Taakanalysen en de mens-machine benadering spelen hierbij een grote rol. Het zal tevens grote consequenties hebben ten aanzien van het kennispakket en de training van de toekomstige medici. Wordt thans op een aantal plaatsen de medisch ingenieur opgeleid, ik verwacht dat binnen enkele jaren de technisch medicus zal komen. Een medicus met een aanmerkelijk betere opleiding in de fysica, de systeem- en regeltechniek en de biomechanica. Dit vraagt een nieuwe opleiding die door een technische universiteit in samenwerking met de medische faculteit moet worden opgezet. Mijns inziens is dit de enige manier voor de toekomstige medicus om de vele geavanceerde hulpmiddelen optimaal te kunnen inzetten tijdens het medisch handelen.

Bovendien zal met de invoering van geavanceerde hulpmiddelen de training van de chirurg een steeds belangrijker plaats innemen. De invoering van simulatiefaciliteiten voor deze training wordt noodzaak. Zeker nu in de nabije toekomst de Europese wetgeving het trainen en opleiden van chirurgen op dieren verbiedt. Dit houdt in dat eerste operaties op een patiënt worden uitgevoerd, een sterke stimulatie om tot geavanceerde trainingsfaciliteiten te komen. Hierbij komt een essentiële vraag naar voren. In het gedrag van de medicus kan men een drietal niveau's herkennen, namelijk het gedrag gebaseerd op ervaring, op regels en op kennis. Een belangrijke vraag is nu hoe goed en realistisch moet een simulator zijn met betrekking tot de drie onderscheiden gedragsniveau's. Gecombineerd met taakanalysen in de operatiekamer zouden dergelijke simulatiefaciliteiten tevens een aanzet kunnen geven

tot het bestuderen van mogelijk falen van de chirurg. Een uiterst interessante uitdaging, waarvan verwacht mag worden dat de ervaring met trainingssimulators in bijvoorbeeld de luchtvaart, de verkeersleiding, de wegvoertuigen, de procesindustrie en de kerncentrale belangrijke bijdragen kunnen leveren voor de medische toepassingen.

Tenslotte nog één opmerking. Met de introductie van de MEMS in de geneeskunde zullen vele nieuwe toepassingen de komende 25 jaren ontstaan. Deze toepassingen zullen alle de ingrepen minder invasief maken. Ik kan niet overzien of deze ontwikkeling 10, 20 of 50 jaren zal vergen. Maar ik ben er zeker van dat hier vele nieuwe uitdagingen ontstaan. Zeker is dat ook de ontwikkelingen op het gebied van de tissue engineering op lange termijn zeer grote invloed zullen hebben. Het moment komt nader dat de wetenschappers uit de biologie inclusief het medische veld, de fysica, chemie en techniek intensief zullen samenwerken.

Concluderend zie ik een groot en interessant werkterrein voor de mens-machine systemen benadering in de volgende gebieden:

- De evaluatie van nieuwe automatiseringssystemen inclusief de informatica bij de besturing van complexe industriële en medische processen. Daarbij is enerzijds de theoretische onderbouwing van cognitieve processen van de mens en het experiment van belang.
- De analyse van faalmechanismen van de mens in technische zowel als medische processen.

- ❑ De mens-machine systemen aspecten bij de invoering van nieuwe medisch-technische hulpmiddelen. In het bijzonder zal aandacht aan de fundamentele basis van de medische techniek besteed moeten worden.
- ❑ De ontwikkeling van computer geassisteerde chirurgie.
- ❑ Het meewerken aan de opleiding van de technische medicus.
- ❑ De training van de toekomstige chirurg.
- ❑ De ontwikkelingen van de MEMS in de geneeskunde.

4. Slotopmerkingen

Graag wil ik nog een enkel woord kwijt in de richting van het huidige bestuur van onze universiteit; het is uiteindelijk mijn laatste kans als TUD medewerker mijn visie te geven. De afgelopen jaren is de universiteit wakker geschud. Het CvB heeft een aantal grote veranderingen ingezet, waarvan ik er een aantal als zeer zinvol ervaar.

Met de verandering van de bestuursstructuur is de instelling van de Raad van Hoogleraren geïntroduceerd. Deze Raad van Hoogleraren heeft als belangrijkste taak de kwaliteit van hoogleraarsbenoemingsvoorstellen te bewaken. Deze taak, die vroeger werd verricht door het College van Decanen, leidde vaak tot moeilijke situaties. Enerzijds werd verwacht dat de decaan een onafhankelijk oordeel gaf, anderzijds telde het belang van de eigen faculteit. Met de introductie van de Raad van Hoogleraren is een goed en onafhankelijk advieslichaam voor het CvB geschapen.

De instelling van de persoonlijke hoogleraar, de Van Leeuwenhoekhoogleraar, getuigd van visie. Met deze actie kunnen briljante UHD's voor de universiteit behouden worden en wordt de zuigkracht naar buitenlandse universiteiten ingeperkt. Het biedt tevens de mogelijkheid briljante jonge mensen bij uitstekend functioneren een mooi carrièreperspectief aan te bieden.

De introductie van de Delftse Interfacultaire Onderzoek Centra is een uitstekend initiatief. Het

beseft dat door integratie en samenwerking van de vele geïsoleerde onderzoeksgroepen in de verschillende faculteiten een grote meerwaarde zou ontstaan, laten de eerste voorlopige DIOC-resultaten zien. Dit mocht ook verwacht worden, immers de vooruitgang van de wetenschap valt vooral te constateren op het grensgebied van de verschillende disciplines; integratie leidt veelal tot nieuwe inzichten. Bovendien helpt het de huidige problemen, vrijwel altijd multidisciplinair, in de maatschappij op te lossen. In dit licht gezien is de keuze van dertien onderzoekspunten aan de TUD in 2002 een belangrijke ontwikkeling tot een verdere integratie; ik hoop echter wel dat daar waar zeer positieve ervaringen met een DIOC zijn opgebouwd, inpassing in deze nieuwe strategie wordt nagestreefd.

Naast de ontwikkelingen die ik als positief ervaar, wil ik toch ook een paar kanttekeningen maken. Het lijkt er steeds meer op dat het CvB de universiteit wil besturen als een industrieel bedrijf. Dit bedrijfsmatig aansturen, veelal geïnspireerd op economische achtergronden, kan fataal uitvallen voor een universiteit. We zien thans hetzelfde in de gezondheidszorg: De behandelingen moeten efficiënter en korter worden, en hoewel de medische kennis steeds groter wordt, wordt de zorg voor de zieke, vaak oudere patiënt met de dag slechter. Ik zie de Rector Magnificus als het wetenschappelijk geweten die de kwaliteit van onderwijs en onderzoek bewaakt en naar buiten uitdraagt. De taak van het CvB is primair een sociaal klimaat te scheppen waarin de wetenschapper tot een uiterste wordt geprikkeld, en dat is wat anders dan een bedrijf managen.

Een andere zorg is het onderwijs. Bijna elke CvB-nota betoogt dat het belangrijkste product van de TUD de wetenschappelijk gevormde ingenieur is: de onderzoeker, ontwerper of bedrijfsleider. Echter, de waardering van de onderwijzende docent ligt achter bij die van de onderzoeker. Een uitstekende onderwijzer krijgt geen kans UHD of hoogleraar te worden, een uitstekend onderzoeker wel. Ook het ontwerpen, denk daarbij aan de faculteit Bouwkunde, krijgt niet de eer die het toekomt.

De TUD claimt in de nabije toekomst tot de allerbeste technische universiteiten van de wereld te willen behoren. Echter, de prikkeling van de TUD-medewerkers is contraproductief; het aantal geslaagden per college, het aantal afgestudeerden en promoties bepalen de inkomsten. Zo ook het aantal gewogen wetenschappelijke publicaties. Overigens, ook hier leveren ontwerpen geen bijdrage. Met andere woorden de hoeveelheid is bepalend, en niet de kwaliteit. Een dergelijk honoreringssysteem kan er niet toe leiden dat de TUD een topuniversiteit zal worden. Eerlijkheidshalve moet ik bekennen niet te weten hoe dit probleem kan worden opgelost, maar het vraagt zeker alle aandacht.

Tenslotte een laatste punt. Steeds grotere zorgen heb ik ten aanzien van het huidige wetenschapsbeleid. In de studie *Matching Onderzoekssubsidies* van de Adviesraad voor het Wetenschaps Technologie beleid, maart 2002, wordt terecht de zorg over de sterk gereduceerde ruimte voor vernieuwend en risicodragend onderzoek uitgesproken. Zelfs bij de STW/NWO wordt steeds meer het maatschappelijke doel vooropgesteld en krijgt onderzoek waarvan het

resultaat niet vaststaat of zeer risicovol is, nauwelijks kans. Dat is uitermate onverstandig en kan op den duur dodelijk zijn voor een wetenschappelijk instituut of universiteit.

5. Dankwoord

Ik heb gedurende 40 jaren een fantastische tijd op deze universiteit beleefd. Het college geven, het onderzoek met studenten en promovendi, het leiding geven aan mijn sectie, en zelfs tot in zekere mate het decanaat van de faculteit der Wb en MT waren alle inspirerend. Slechts twee dieptepunten mocht ik ervaren in deze lange periode, het verlies van twee medewerkers: Dr.ir. Gijs M. Pronk en Drs. Jaap S.M.J. van Dielen. Dit verlies heeft grote sporen achtergelaten.

Al met al heb ik mijn werk ervaren als 40 jaren een hobby bedrijven met een goed salaris, en wat wil een mens nog meer? Het is daarom terecht een aantal personen te bedanken, zij het dat het onmogelijk is alle namen te noemen, het zou te veel tijd vragen. Daarbij weet ik ook zeker dat ik sommigen zal vergeten. Mijn excuses alvast.

Als eerste wil ik mijn leermeester Prof.ir. Roel G. Boiten bedanken voor het vertrouwen dat hij in mij had door mij eerst voor te dragen als lector, en later als hoogleraar. Zijn vertrouwen en de manier waarop hij mij de kans heeft gegeven in zijn laboratorium de sectie Mens-Machine Systemen op te bouwen zal ik nooit vergeten. Bovenal wil ik de TUD-gemeenschap als geheel bedanken, zijnde de faculteit, de vakgroep en de sectie. Mijn dank gaat uit naar allen, collega hoogleraren, docenten, administratieve en technische diensten, promovendi, de 35 gewetensbezwaarden die hun dienstvervangende dienstplicht vervulden en natuurlijk de studenten. Het fijne, sociale klimaat in mijn groep werd door U allen waargemaakt. Mijn dank gaat ook uit naar de leden van het IFAC-

netwerk, de enthousiaste medewerkers van het revalidatiecentrum De Hoogstraat, van het LUMC, het AMC, de EUR, de VUA, van het RdG Gasthuis, de KNAW onderzoeksschool voor Medische Technologie, en de UT. Het was fantastisch met zovelen een goed netwerk te mogen opbouwen. Met veel waardering kijk ik terug naar de vele goede discussies die ik mocht hebben in het bestuur van het NIM, het FvTW, de KNAW en het curatorium van het KIM.

Maar bovenal gaat mijn dank uit naar mijn vrouw Mia en de kinderen Nico Jan, Erik Jan en Caroline. Ik weet dat vaak de TUD prioriteit één had, en ik hoop dat jullie mij dit vergeven. Mia en de kinderen, mijn dank voor het hechte thuisfront op basis waarvan ik zo fijn mijn hobby op de universiteit heb kunnen beleven. Ik hoop dat ik toch een goede man en vader voor jullie ben geweest.

Hiermede wil ik mijn afscheidscollege beëindigen. Ik dank u allen voor uw aanwezigheid en wens mijn opvolger en zijn groep eenzelfde fantastische tijd toe zoals ik die heb gehad.

Ik heb gezegd.