

Wij maken beter! : engineering in de gezondheidszorg

Citation for published version (APA):

Cottaar, E. J. E. (2012). *Wij maken beter! : engineering in de gezondheidszorg*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/2012

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

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

[Link to publication](#)

General rights

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

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

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

www.tue.nl/taverne

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Intreerede
prof.dr.ir. Ward Cottaar
20 april 2012



/ Faculteit Technische Natuurkunde

TU / **e** Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Wij maken beter!

Where innovation starts

Intreerede prof.dr.ir. Ward Cottaar

Wij maken beter!

Engineering in de gezondheidszorg

**Uitgesproken op 20 april 2012
aan de Technische Universiteit Eindhoven**

Inleiding

Iets meer dan 31 jaar geleden stond ik hier op deze plek om mijn ingenieursdiploma in de Technische Natuurkunde in ontvangst te nemen. Wat had ik geleerd? Ik had geleerd hoe je ingewikkelde instrumentatie kunt bouwen, hoe je die instrumentatie met een fysisch model goed kunt beschrijven en hoe je via dat model basiseigenschappen van de materie uit de metingen kunt afleiden. Ik was opgeleid om fundamenteel wetenschappelijk onderzoek te doen.

Op vier dagen na, stond ik hier 27 jaar geleden ook; dit keer om mijn proefschrift te verdedigen. Mijn promotie was een van de eerste projecten van de Stichting Technische Wetenschappen. Deze stichting is tot op heden gericht op het valoriëren van kennis, dus op het toepassen van kennis in de praktijk. Tijdens mijn onderzoek naar het maal- en menggedrag van poeders, heb ik dan ook heel wat met zandzakken gesleept. Het onderzoek werd mede gevolgd door een gebruikerscommissie van mensen uit de industrie en kennis is al tijdens het promotieonderzoek in de praktijk toegepast. De aanpak van problemen in dit onderzoek was duidelijk anders dan tijdens mijn studie natuurkunde. Het is niet nodig alles tot in detail te begrijpen, als je maar zorgt dat je voldoende snapt om het op te kunnen schalen: hoe zorg je dat iets wat werkt in het lab ook werkt in een grote installatie op Pernis?

En nu sta ik hier weer. Nadat ik 26 jaar heb doorgebracht in de industrie, waar ik aan steeds grotere technologische innovatieprojecten heb gewerkt, op diverse (internationale) locaties en met veel verschillende mensen. En waar ik nog heel veel heb bijgeleerd; niet zozeer hoe ik grote uitvindingen kan doen, maar vooral hoe ik de uitvindingen van anderen in een complexe omgeving zo kan implementeren dat het in een fabriek ook 's nachts om drie uur werkt, terwijl ikzelf rustig in bed kan liggen.

De combinatie van deze manieren van kennis verwerven en toepassen is dat wat ik als hoogleraar wil overdragen.

De titel van mijn leerstoel is Instrumentation Design. Het oorspronkelijke gebied waar deze titel vandaan komt, is het gebied van de fysische instrumentatie: het bouwen van instrumenten om fysische proeven te kunnen doen. Een goed voorbeeld van een fysisch instrument is de Large Hadron Collider van het CERN. Je haalt er het nieuws mee, maar werkelijk niemand anders dan een select groepje fysici kan er iets mee. In de loop der jaren is het gebied geëvolueerd naar instrumentatie in de industrie en medische wereld: nu zouden ook anderen er iets mee moeten kunnen. En ook in dit gebied is het inzicht ontstaan dat de gebruiker en toepassing minstens zo belangrijk zijn als de fysica: los niet alleen het probleem goed op, maar los vooral het goede probleem op. Het begrip instrumentatie is daarbij steeds breder geworden: het gaat zeker niet alleen om losstaande apparaten, maar het gaat evengoed om de plek van instrumentatie in een groter geheel. Het fysisch apparaat kan nog relatief eenvoudig zijn: de interactie met de gebruiker en omgeving kan voor een complex geheel zorgen.

Binnen mijn leerstoel is het doel niet het ontwikkelen van instrumentatie voor een specifiek gebied. Het doel is het opleiden van mensen. Zij moeten leren instrumentatie te ontwikkelen en te implementeren, die doet wat het moet doen. Eén opleidingstak binnen de leerstoel richt zich op de industrie. Ik zal het daar vandaag niet over hebben, al is het gedurende 26 jaar mijn werkgebied geweest.

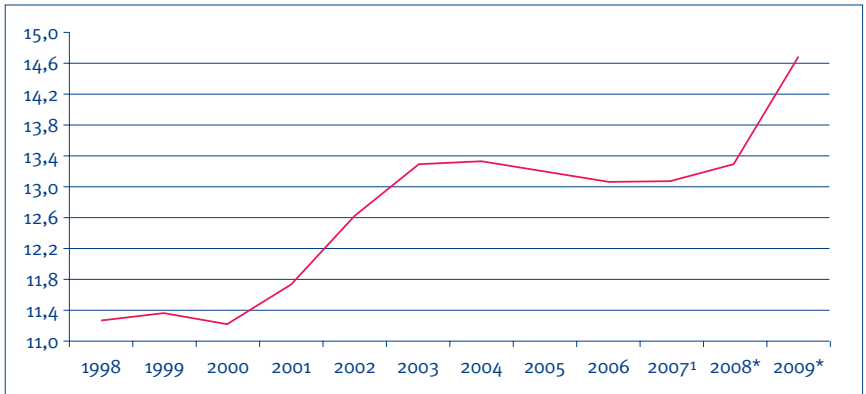
Een tweede tak van Instrumentation Design is het opleiden van ingenieurs (en andere professionals met een bèta-achtergrond) voor de medische en klinische praktijk. Niet echt mijn kennisgebied. Toen de benoemingscommissie mij vroeg of ik weleens in een ziekenhuis kwam, was mijn antwoord dat ik zo eens per twee jaar bij iemand op bezoek ging met een bosje bloemen of een goed boek. Ze hebben het er toch maar op gewaagd. Ik denk dat ze een goede gok genomen hebben: industriële kennis is uitermate bruikbaar in de klinische omgeving. En zo zal ik vandaag het erop wagen om na één jaar in dit werkgebied mijn visie uit te dragen over hoe ingenieurs kunnen bijdragen aan een betere en goedkopere gezondheidszorg. De bijdrage vanuit mijn leerstoel bestaat niet uit het doen van nieuwe, revolutionaire vindingen, maar het solide implementeren en verbeteren ervan in de dagelijkse praktijk.

Allereerst zal ik kort met u doornemen hoe de zorg ervoor staat. Vervolgens zal ik het begrip 'engineering', het systematisch werken aan verbeteringen, met u bespreken. Deze engineering kan door allerlei mensen, niet alleen door ingenieurs gedaan worden; al geeft de naam misschien wel die indruk. Maar uiteraard zal ik voornamelijk ingaan op de rol die juist ingenieurs hierin kunnen spelen.

Met de behoefte en het veld geschetst, zal ik ten slotte mijn visie uitdragen over hoe ikzelf en de TU Eindhoven kunnen bijdragen aan deze verbetering in de gezondheidszorg.

De achtergrond

De vraag of de gezondheidszorg verbetering nodig heeft, is snel beantwoord. U kent ongetwijfeld allemaal de grafiekjes uit de krant waarin we zien dat de kosten de afgelopen jaren geëxplodeerd zijn¹. De verwachting is dat het in de toekomst alleen maar erger zal worden.



1) 2007 en volgende jaren: cijfers zorguitgaven na revisie.

Figuur 1 *) voorlopige cijfers.

De uitgaven aan de zorg als percentage van het BBP (CBS, mei 2010)

We moeten ons realiseren, dat de gezondheidszorg weliswaar steeds duurder wordt, maar dat ze tegelijk ook veel efficiënter geworden is². In 1968 waren er 4.000.000 patiënten die in het ziekenhuis langskwamen, in 2008 12.000.000. In 1968 waren er in Nederland 56.000 ziekenhuisbedden, in 2008 waren dat er 37.000. Dat zijn drie maal zoveel patiënten met maar 60% van de bedden. En ook de kwaliteit van de gezondheidszorg is gigantisch vooruitgegaan.

¹ CBS, mei 2010

² Technologie voor de zorg & zorg voor de technologie, redevoering prof.dr. A.P.W.P. van Montfort, 7 april 2011, Universiteit Twente

Maar de stijging van de behoefte gaat almaar door. Niet alleen omdat we ouder en ongezonder worden, maar ook omdat er gezondheidsbehoefte gecreëerd worden. Zo suggereerde het weekblad Time in 2005 bijvoorbeeld dat met een CT-scan hartaanvallen voorkomen kunnen worden. Ik vermoed dat hier sprake was van een ‘advertorial’³. U weet allen wat u moet doen om in ieder geval de kans op een hartaanval te verkleinen en een CT-scan hoort daar niet bij.

De beroemde operatierobot is een ander fraai voorbeeld. Menig ziekenhuis schafte er een aan omdat een ziekenhuis in de buurt er ook een had. Maar hoe hier werkelijk efficiënt en veilig mee te werken, is iets wat niet goed uitgezocht werd⁴. Als de operatie goed gaat, is de patiënt inderdaad sneller uit het ziekenhuis; maar goedkoper is het niet en het gaat niet altijd goed. Waarmee uiteraard niet gezegd is dat dit soort technologie niet een grote toekomst heeft; op deze universiteit gebeurt op dit gebied veelbelovend onderzoek. Maar invoeren van technologie vraagt meer dan het aanschaffen van een apparaat.

Hiermee komen we op het gebied van veiligheid en kwaliteit. Iets wat in de gezondheidszorg lang niet altijd goed geregeld is. Als voorbeeld: toen ik zag hoe ziekenhuizen met endoscopen omgaan, was ik diep geschokt. Zowel qua systeem van borging als qua discipline van medewerkers was er iets mis. Er is wel een uitermate gedetailleerd handboek⁵ (100 pagina’s dik), wat zeer vele controles bevat, maar waarin al lang bekende borgingstechnieken uit de industrie ontbreken - een kwaliteitsmanager uit een lampenfabriek gaat zorgvuldiger te werk. Zo ontbreken validatie van meettechnieken en procescontroles geheel. En de ervaring leert dat wanneer je die niet doet, je niet eens weet dat je domme dingen doet.

Er zijn in de zorg dan ook veel te veel incidenten die vermeden hadden kunnen worden⁶. Incidenten veroorzaakt door gebrek aan discipline en methodes⁷. De hele keten van apparatuur overziet al helemaal niemand meer: het ziekenhuis is in feite één groot apparaat geworden, zoals al in Medisch Contact te lezen was⁸. Intussen begint het besef door te dringen dat er echt iets moet gebeuren in de ziekenhuizen: zie hiertoe bijvoorbeeld het ‘convenant medische technologie’ uit

³ How to stop a heart attack before it happens, Time, 5 April 2005.

⁴ Jaarverslag IGZ 2010

⁵ KWALITEITSHANDBOEK FLEXIBELE ENDOSCOPEN Reiniging en Desinfectie, Stuurgroep Flexibele Endoscopen Reiniging en Desinfectie, 2010

⁶ Medische Technologie at Risk, Expertgroep Medische Technologie, april 2011, Ministerie VWS

⁷ Arts is machine niet altijd de baas, R.J.H. Crommentuyn, Medisch Contact 65(2010)2112

⁸ Ziekenhuis is één groot apparaat, A.W. Boeke, M.D.I. Lansbergen, R.J. den Adel, E.C.M. van der Wilden-van Lier, Medisch Contact 41(2010)2122

december 2011⁹. In dit convenant ligt vast wat een ziekenhuis op zijn minst moet doen om veiligheid rond medische apparatuur te waarborgen. De afspraken zijn er dus. De afspraken uitvoeren en de juist opgeleide mensen daarvoor hebben is nog een tweede.

Ook vanuit ingenieurs zal het bewustzijn moeten ontstaan dat het anders moet. Allereerst is het nodig te luisteren naar de gebruiker. Dat is niet altijd eenvoudig voor een techneut die zoveel mooie opties heeft. Deze afstandsbediening, die ik op mijn hotelkamer in de VS aantrof, is daarvan een fraai voorbeeld. Er zijn zoveel mogelijkheden en knopjes. Maar toen ik de tv uit wilde zetten, bleek mijn enige optie het uittrekken van de stekker. En dan ben ik zelf een techneut... In de gezondheidszorg, waar het er uittrekken van de stekker meestal geen optie is, is het helemaal belangrijk voor een techneut om in zijn ontwerp alle mogelijkheden en beperkingen van de gebruiker, arts en patiënt mee te nemen. En om die op te sporen zal hij moeten leren luisteren ¹⁰ ¹¹. Een goed voorbeeld van het resultaat van dit luisteren, ziet men bij de faculteit Biomedische Technologie in Delft; simpel is het devies. Ingenieurs van deze faculteit komen met eenvoudige oplossingen die ze heel direct samen met mensen uit de zorg ontwikkelen¹².



Figuur 2

Voor de gebruiker

⁹ Convenant Medisch Technologie, NVZ, NFU, Revalidatie Nederland, december 2011

¹⁰ Nieuwe technologieën: wat vinden begeleiders? N. Bekkema, A. de Veer, A. Francke, Markant: 2010(3 katern)8

¹¹ Technologie moet kwaliteit van zorg dienen, A. de Veer, A. Francke, Tijdschrift voor Verpleegkundige 10(2009)34

¹² Simpel is het devies, Henk Maassen, Sarah Sloot, Medisch Contact 66(2011)2400

Een voorbeeld van een medisch apparaat wat uitermate simpel en betrouwbaar werkt, en waarmee (schat ik) meer dan 90% van de medische diagnoses gesteld wordt, wil ik hier graag noemen: de koortsthermometer. Helaas, omdat er nieuwe technieken ontwikkeld worden, is er nu een brij aan thermometers voor allerlei verschillende doelgroepen. Echter de metingen met die verschillende instrumenten zijn helemaal niet meer vergelijkbaar en leiden vaak tot verwarring. Was de ontwikkeling van de kwikthermometer naar de digitale thermometer een prima vooruitgang, daarna zijn de techneuten - en vervolgens de marketeers - doorgeschoten. Als u koorts wilt meten, doe dat anaal. Misschien iets minder comfortabel, maar u weet tenminste iets. Een fraai voorbeeld van ontwikkeling van een technologie waartegen iemand 'stop!' zou moeten kunnen roepen.

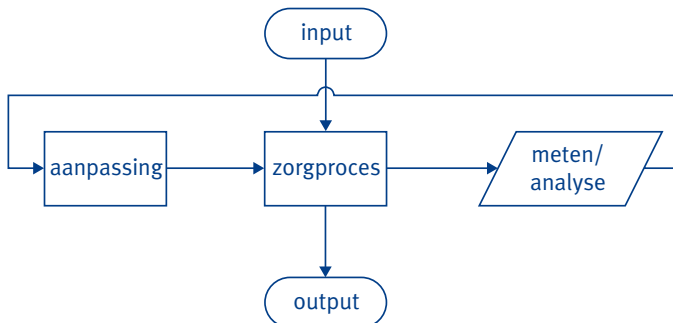
Engineering

Er is dus duidelijk behoefte aan verbetering van de zorg. En aan verbetering van de rol van technologie in de zorg. Die technologie is een bedreiging, maar tegelijk een kans. De methode om op de juiste manier technologie in te zetten noem ik engineering. Eerst wil ik de brede rol van engineering met u doornemen. Vervolgens laat ik zien hoe goed opgeleide ingenieurs hier een belangrijke rol in kunnen spelen.

Waar ik spreek over engineering wordt vaak de term Systems Engineering gebruikt. Maar uiteindelijk is alles een systeem; zelfs een schroefje heeft verschillende componenten die goed moeten samenwerken om tot de juiste functionaliteit te komen. Een goede ingenieur houdt van eenvoud: het woord engineering zonder 'Systems' is minder sexy, maar voldoet.

Wat is nu engineering? En hoe kan engineering bijdragen aan beter, goedkoper en veiliger? Wat ik u ga vertellen is op alle, maar dan ook alle organisaties van toepassing (ook op deze universiteit).

Laten we eerst kijken naar het basisproces. Het basisproces is dat waarmee waarde wordt toegevoegd (in dit geval gezondheid). In het ziekenhuis bestaat het basisproces uit diagnose, behandeling en verpleging. We kunnen dit proces als

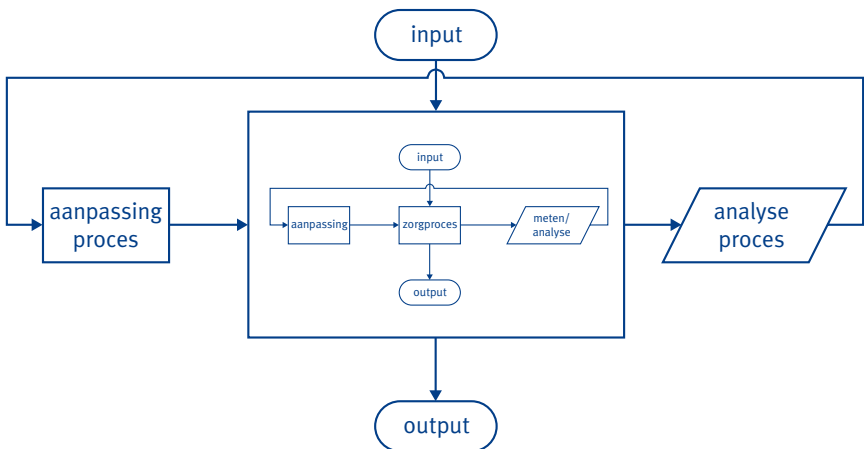


Figuur 3

Het basisproces

volgt weergeven. De input is de zieke patiënt en de output de gezonde burger. Als alles goed gaat ‘meet’ het ziekenhuis van alles aan de patiënt en neemt op basis daarvan beslissingen. Dat meten is niet alleen met allerlei dure apparatuur, maar ook de observatie dat een patiënt wel erg wit wegtrekt. Dit is dus het proces dat door de zorgprofessionals (artsen en verpleegkundigen) wordt uitgevoerd.

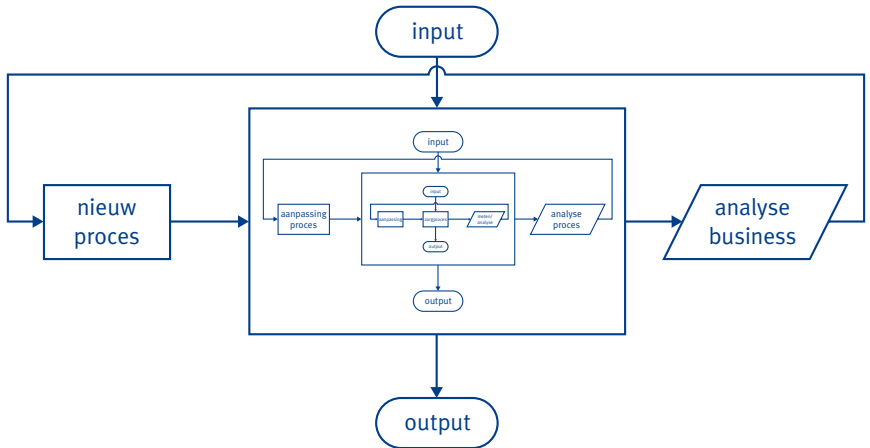
Engineering is het volgende niveau in de organisatie. Mensen die op dit niveau werken, grijpen in het basisproces in om het te verbeteren. De behoefte aan verbetering kan van twee kanten komen. Hij kan van het onderliggende proces komen: wachttijden zijn te lang, patiënten moeten vaker terugkomen dan we eigenlijk zouden willen, labuitslagen laten te vaak te lang op zich wachten, etc. De behoefte kan ook van buiten het systeem komen: de inspectie legt iets op, de concurrentie biedt betere koffie aan, etc. Engineering is de methode om deze verbetering te realiseren. De manier van werken bij engineering is projectmatig: er is een begin, een doel en een eindpunt.



Figuur 4

Het verbeterproces

Er is nog één niveau hoger in een organisatie. Dat is het niveau van de directie/raad van bestuur. Zij kijken met een langere termijnblik en nemen allerlei externe factoren mee in hun ‘business analyse’. Tenslotte kan iemand op het engineering-niveau prima bezig zijn een proces te verbeteren; als daar volgend jaar geen behoefte meer aan is, dan is het verspilde moeite. Op dit niveau, ook wel programmamanagement genoemd, wordt dus bepaald waar de altijd schaarse middelen ingezet moeten worden.



Figuur 5
Het strategische proces

Uiteraard kun je dit soort denken op allerlei niveaus in de organisatie toepassen. Ook een verpleegafdeling kan eens afstand nemen van het dagelijks werk en aan programmamanagement doen.

Goed is om te blijven onthouden dat alleen het laagste niveau direct waarde genereert. De volgende niveaus doe je om te zorgen dat het beter gaat en je organisatie zich in de goede richting ontwikkelt.

Terug naar het engineering niveau: hoe gaan we dat wat we doen beter doen? Als basisprincipe is dat vrij eenvoudig: we leggen vast wat beter is en dan gaan we aan de slag om dat te bereiken. Als we de wachttijd van onze patiënten willen verkorten, gaan we eerst vastleggen wat we daar onder verstaan. En hoe die wachttijd opgedeeld is: wachten voor de balie, zitten op de stoel in de wachtkamer, weer wachten voor de balie, wachten tot de arts je formulier op de computer heeft opgehaald, etc. Kortom, we zorgen voor een heldere specificatie.

Uiteraard moeten we de randvoorwaarden in de gaten houden: wat we willen dat er niet verandert. Bijvoorbeeld, we willen de wachttijd voor onze patiënten verlagen, maar we willen dat niet doen door meer personeel in te zetten. Het vanaf dag één bijhouden van een risicoanalyse is ook uitermate relevant. We willen niet op het laatste moment een probleem tegenkomen dat we met wat nadenken al aan het begin hadden kunnen zien aankomen.

Dit alles wordt vastgelegd in een business case: wat we willen bereiken en wat we daarvoor willen investeren. Daarbij hoeft echt niet alles in geld te worden uitgedrukt, maar zaken vastleggen helpt ontzettend. Het kan een moeizaam proces zijn, maar het is meestal zeer verhelderend. En het zorgt ervoor dat daarna discussies niet steeds opnieuw beginnen. De opdrachtgever, die voldoende hoog in de organisatie zit, zet er zijn handtekening onder.

De volgende stap wordt helaas heel vaak overgeslagen. En ik kan u vertellen dat er in de industrie ook gigantische fouten mee zijn en worden gemaakt. Ik heb persoonlijk aan die fouten bijgedragen. In deze stap stellen we vast of we dat wat we willen verbeteren wel op een betrouwbare en vergelijkbare manier kunnen meten. Dat lijkt triviaal, maar is het zelden.

Als we deze twee eerste stappen gezet hebben, zijn we overigens vaak al een heel eind. We zijn al een tijdje met het proces bezig en hebben er samen met veel anderen over nagedacht. Een aantal 'quick wins' zijn al meteen duidelijk. Die invoeren kan verdere verbetering zelfs overbodig maken; het loont dan niet om er nog meer tijd en energie in te stoppen. Dit kan een beetje lastig zijn als projectteam: hadden we net een mooie projectcharter gemaakt - met tijdsplan, mijlpalen, risicoanalyse en wat al niet meer - en dan blijken een aantal triviale zaken het probleem grotendeels op te lossen. Stoppen dus.

Maar als we weten dat er echt wat nodig is en hoe we kunnen vaststellen dat we dat bereiken, moeten we dus werkelijk innovatief worden: we pluizen literatuur door, doen proeven, tekenen informatiestromen, praten met leveranciers, kijken bij andere organisaties, etc. De 'engineer', die dus best verpleegkundige kan zijn, heeft hiervoor een hele toolbox tot zijn beschikking. Maar ervaring, intuïtie en samenwerking zijn van even groot belang.

Ik wil hier de vergelijking met een timmerman maken. Hij moet goed met zijn klant afspreken wat diegene precies wil hebben, hij moet in zijn werkplaats goed gereedschap hebben en hij moet vakman zijn. Als aan één van deze voorwaarden niet is voldaan, heeft hij een ontevreden klant en wordt mogelijk zijn rekening niet betaald. Zo moet ook degene die aan engineering doet een vakman zijn.

Een zorgorganisatie die dit begrepen heeft is Mayo Clinic in de VS. Mayo Clinic is een private ziekenhuisorganisatie met een omzet van \$ 8 miljard in 2010 en een winst van \$ 500 miljoen. Ze behoort tot 's werelds topinstellingen in de gezondheidszorg. In haar missie/visie staat dat ze tot die top wil blijven behoren voor

iedere patiënt, onafhankelijk van de financiële middelen van de patiënt. Mayo Clinic heeft een speciale afdeling die als taak heeft op allerlei niveaus in het ziekenhuis te innoveren: het Center for Innovation¹³. Een aardige tip: ga naar YouTube en zoek op Mayo Clinic CFI en het wordt u allemaal uitgelegd. Andere gezondheidsorganisaties als Kaiser Permanente, ook in de VS, en Schön Klinik in Duitsland hebben vergelijkbare programma's.

Wat ik u verteld heb is niets nieuws: de Six Sigma-, Green Belt- en Black Belt-aanpak, Lean en Continuous Quality Improvement, Plan-Do-Check-Act zijn allemaal begrippen die hier sterke overlap mee hebben. Al gaat bij deze methoden de eenvoud soms verloren, terwijl dat nu juist is wat we nastreven.

Iets wat ik nog wil benadrukken: engineering is niet iets voor en van managers. Het speelt zich af op de werkvloer: de engineers zijn bezig met het basisproces, samen met de mensen die dat proces uitvoeren. We vallen hen niet lastig, we helpen hen. Als dat niet zo is, zijn we met het verkeerde project bezig.

¹³ Mayo Clinic Annual Report 2010

Engineering door ingenieurs

Tot nu toe heb ik een algemeen verhaal gehouden over hoe diverse mensen in een organisatie zaken kunnen verbeteren en zo aan engineering doen. Aan de hand van een paar voorbeelden wil ik laten zien wat de bijdrage kan zijn van mensen met een technische opleiding. Het gaat dan om verbeteringen waarbij techniek een belangrijke rol speelt. Zo komt de titel van mijn leerstoel - Instrumentation Design - weer in beeld.

Een eerste case, uit het Maxima Medisch Centrum, is uitgevoerd door Job Gutteling¹⁴. De toestand van een hart wordt vaak vastgesteld door middel van het meten van een aantal typische kengetallen, bepaald door middel van een beeldanalyse van MRI, CT, angiografie of ultrasound. En hoewel er altijd één getal gepresenteerd wordt, bleek uit een vergelijkend onderzoek dat er grote, klinisch relevante verschillen bestaan tussen de verschillende beeldvormende technieken. Ook de gebruikte software kan de gemeten grootheden significant beïnvloeden. Ten slotte bleek de reproduceerbaarheid van één techniek met één softwarepakket ook beperkt. De arts neemt dus besluiten op basis van een getal met onvoldoende nauwkeurigheid. De oplossing van dit probleem laat nog op zich wachten. Maar bewustzijn van beperkingen is al een stap voorwaarts.

Voor de artsen was dit betreffende onderzoek een eyeopener. Maar in een industriële omgeving is een dergelijk onderzoek bij het invoeren van een meettechniek standaard. Zonder een zorgvuldige analyse van het meetsysteem ter plekke (dus niet afgaand op de leverancier) wordt het niet ingevoerd. Zelfs wanneer ik ergens een simpele weging moet doen, controleer ik of het resultaat reproduceerbaar en betrouwbaar is, waarbij ik de invloed van mensen zeker meeneem. Ik doe dat onderzoek opnieuw als ik een nieuwe weegschaal aangeschaft heb. En ik kan u verzekeren dat de resultaten behoorlijk vaak tegenvallen. De zorg heeft een achterstand van tienduizenden van dit soort analyses schat ik.

¹⁴ Towards Quantitative Cardiac Imaging, J.W.A. Gutteling, Technische Universiteit Eindhoven, School of Medical Physics and Engineering Eindhoven 2009

De tweede case is uitgevoerd door een trainee van de School of Medical Physics and Engineering Eindhoven, Charlotte Lommen¹⁵. Opnieuw vond deze plaats in het Maxima Medisch Centrum. Charlotte heeft de invoering van een apparaat op de IC voor neonaten begeleid. Het bleek een klus te zijn met veel klinische aspecten en zorgaspecten, maar tegelijk een technologisch project. Het zuivere aanschaftraject van het juiste apparaat was daarbij nog de eenvoudigste klus. Het trainen van het personeel vormde de grootste uitdaging. Daarbij bleek ook dat één manier van trainen niet genoeg was: verschillende zorgverleners hadden verschillende behoeftes. Uiteindelijk is het nodig gebleken om een semiautomatische interpretatie van de signalen te ontwikkelen: hierdoor werd de interpretatie van artsen minder subjectief. Door structureel behoeftes van klinisch personeel en mogelijkheden van techniek op elkaar af te stemmen, ontstond hier een optimale situatie.

Een veel complexer project werd uitgevoerd door Wouter Huberts¹⁶ en Maarten Merckx¹⁷. Zij ontwikkelden een software tool waarmee een chirurg veel beter de locatie kan bepalen voor het plaatsen van een shunt bij nierpatiënten. Doel van deze shunt is te zorgen voor voldoende doorstroming bij dialyse. Historisch krijgt de arts een vel papier met een flink aantal getallen voor zijn neus en bepaalt op basis daarvan de locatie van de shunt. Een proces met een flinke kans op foute keuzes, met grote gevolgen voor de patiënt. Het bouwen van een goed model van het vaatstelsel van een individuele patiënt en het op basis daarvan doorrekenen van verschillende scenario's geeft de arts een veel inzichtelijker beeld en ondersteunt hem flink bij het nemen van de juiste beslissing.

Een aardig voorbeeld van het toepassen van industriële technieken is het gebruik van control charts¹⁸. Control charts zijn eenvoudige grafieken, vaak met de hand gemaakt, waarmee vastgesteld wordt of het nu anders gaat dan in het verleden. Veranderingen van het aantal besmettingen op een afdeling is iets wat daarmee heel visueel in de gaten gehouden kan worden. Het snel herkennen van momenten waarop iets min of meer spontaan beter of slechter gaat, zal vaak leiden tot

¹⁵ Cerebral function monitor: from A to Z, C.M.L. Lommen, Technische Universiteit Eindhoven, School of Medical Physics and Engineering Eindhoven 2008

¹⁶ Vascular modeling: can we help surgery?, W. Huberts, Technische Universiteit Eindhoven, School of Medical Physics and Engineering Eindhoven 2010

¹⁷ Shifting paradigm in medicine: from empirical towards predictive, M. Merckx, Technische Universiteit Eindhoven, School of Medical Physics and Engineering Eindhoven 2011

¹⁸ The Use of Scan Statistics and Control Charts in Assessing Ventilator-Associated Pneumonia Quality Control Programs, Brian H. Nathanson, Thomas L. Higgins, Journal of Healthcare Engineering 1(2010)579

een structurele verbetering. Van deze control charts ontbreken er in de Nederlandse zorg naar mijn schatting ook tienduizenden. Het bijhouden van control charts is de verzekeringspremie die je betaalt voor je kwaliteit: net als bij de premie van je brandverzekering hoop je dat het weggegooid geld is, maar er zou een dag kunnen komen.... Het is overigens niet zo dat de gezondheidszorg niets aan control charts doet: tenslotte hangt aan menig bed een temperatuurgrafiek. De patiënt wordt goed in de gaten gehouden, nu de organisatie zelf nog.

Het laatste voorbeeld leen ik van Michaël Lansbergen, de ingenieur van het jaar 2011. Hij heeft in de Ziekenhuisgroep Twente door een systematische aanpak een beheersbaar en controleerbaar veiligheidssysteem ingevoerd. Echt geen hogere wiskunde, maar het helpt wel. Met deze prijs geven de ingenieurs in ieder geval aan dat ze het begrepen hebben. Jammer natuurlijk dat Michaël geen zorgprofessional van het jaar is, want dan had de zorg het ook helemaal begrepen. Zoekt u bij YouTube ook even op Michaël Lansbergen: in vijf minuten legt hij u uit, waar ik nu 45 minuten voor nodig heb.

Het is u waarschijnlijk opgevallen dat de activiteiten die ik schetste nogal verschillend van tijdsduur zijn. Het doen van een meetsysteemanalyse duurt, inclusief rapportage, soms maar twee uur. Het bouwen van een model ten behoeve van beslissingsondersteuning kan een project zijn van een paar manjaar. Een ingenieur in de zorg zal inderdaad projecten doen met vele verschillende doorlooptijden.

En die projecten lopen van soms relatief eenvoudig technisch handwerk tot aanpassing van ook organisatorische processen. Want wanneer je vastgesteld hebt dat de invoering van nieuwe apparatuur altijd veel nazorg en herstelwerk vereist, is het goed eens te kijken naar je inkoopproces.

Opleidingen

We hebben vastgesteld dat engineering en ingenieurs een bijdrage aan de gezondheidszorg kunnen en moeten leveren.

Eerst maar de vraag: hoeveel ingenieurs zijn hiervoor nodig? Ik zal dat met u proberen in te schatten volgens de 'back of the envelope'-methode. Erg geliefd bij fysici: met wat steekgetallen kun je aardig dicht bij het goede antwoord komen. Voor degenen die mijn lezing al wat saai beginnen te vinden een vergelijkbare vraag: hoeveel pianostemmers zijn er in Chicago? Tijdens de aansluitende receptie kan ik u het antwoord geven.

Het is niet belachelijk veel om 2% van je totale budget aan verbetering te besteden. (Een organisatie die verbeteren echt hoog in het vaandel heeft staan, gaat eerder voor 5%.) Uitgaande van 2% zouden er in Nederland 20.000 mensen bezig moeten zijn met engineering in de zorg. En nog even expliciet: ik bedoel hier niet het doen van allerlei nieuwe uitvindingen, maar gewoon het dagelijks werk beter maken. Uiteraard zijn lang niet al die mensen ingenieurs en technici. Het zijn ook mensen die dit parttime doen en de rest van hun tijd bezig zijn met het basisproces. Maar techniek wordt een steeds belangrijker component van dat dagelijks werk in de zorg. Laten we zeggen dat 10% ingenieur is: dat zijn dan 2.000 ingenieurs. Ze doen hun werk zo'n 20 jaar, want ze willen ook wel eens iets anders. Dan zijn er dus 100 nieuwe ingenieurs per jaar nodig. De commissie Technologie, Zorg en Opleidingen¹⁹ komt uit op 65-155 technische professionals op w.o.-niveau. Zij gaat evenwel alleen uit van de normale groei en zien niet de gigantische achterstand die er in feite al is.

Hoe ga je de opleiding voor deze ingenieurs inrichten? Er bestaan al 10 jaar opleidingen tot Biomedisch Ingenieur. Deze opleidingen zijn sterk onderzoeksgericht: ze leiden mensen op tot goede onderzoekers, maar zijn niet zo gericht op de klinische praktijk. In Eindhoven bestaat al enige tijd de master Medical Engineering,

¹⁹ Techniek met Zorg, De commissie Technologie, Zorg en Opleidingen, ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, 2004

waarbij wel heel specifiek gewerkt wordt aan vaardigheden voor de klinische praktijk. Maar ook deze opleiding heeft een zware onderzoekscomponent.

Ook wil ik wijzen op de opleiding voor Technische Geneeskunde aan de Universiteit Twente. Een opleiding waarbij het 'ingenieursdenken' belangrijk is, maar waarbij de studenten ook veel zorgspecifieke vaardigheden moeten leren. Ze zullen uiteindelijk zelfs medische handelingen mogen verrichten. De opleiding duurt zes jaar. Een kritiekpunt zou kunnen zijn: leiden ze geen halve ingenieurs en halve artsen op en dus eigenlijk niets? Voor deze mensen is het niet gemakkelijk om werk te vinden, maar er zit groei in. De toekomst zal het leren en ongetwijfeld zal de opleiding op basis van ervaring nog verbeterd worden. In ieder geval is dit de eerste grootschalige poging van een (technische) universiteit om de ingenieur nu echt de gezondheidszorg in te krijgen. Wat mij betreft dus een prima initiatief.

Uiteraard moet ik hier de Klinisch Fysici niet vergeten. Klinisch Fysicus is een officieel medisch beroep. Jaarlijks stromen er zo'n 20-25 mensen in de vierjarige postmaster opleiding in. Klinisch Fysici zijn de voortrekkers in het engineeringproces in de gezondheidszorg. Alleen er zijn er veel te weinig van. Een groot deel van hen neemt in de academische ziekenhuizen deel aan het fundamenteel onderzoek. Een ander deel werkt in de radiotherapie en audiologie in het basisproces. Weer een ander deel zit in managementfuncties. Allemaal relevante en noodzakelijk bezigheden, maar uiteindelijk blijven er maar heel weinig klinisch fysici over die met de engineering van de dagelijkse praktijk van de zorg bezig zijn. Ik schat maximaal enige tientallen in Nederland.

In Eindhoven voegen we daar een helder initiatief aan toe: na de masteropleiding bieden we samen met ziekenhuizen een tweejarig postmastertraject aan, waarbij we technici leren werkelijk in de praktijk het verschil te maken. U zult misschien verbaasd zijn: 'nog eens twee jaar'? Ik kan u vertellen dat als ik met de industrie praat, ik te horen krijg dat onze afgestudeerde masterstudenten na een vijfjarige opleiding wel slim zijn en redelijk wat weten, maar dat het toch nog wel een paar jaar duurt voor ze echt effectieve ingenieurs en projectleiders zijn. Ook voor die industrie verzorgen we een tweejarige aanvulling op de ingenieursopleiding. In ziekenhuizen is de situatie complexer en daarbij ben je een van de weinige, zo niet de enige, ingenieur. Extra bagage na de master is dus zeker nodig.

Ik zal nu niet tot in de details het lijstje gaan doornemen van alle competenties die nodig zijn. Samenvattend willen we onze trainees twee zaken leren:

- Het goede probleem oplossen. Hiervoor is communicatie met mensen uit de zorg, het doorgronden van processen, maar ook een basis van medische kennis noodzakelijk.
- Het probleem goed oplossen. Hiervoor zijn goede engineering- en project-leidervaardigheden nodig.

We noemen dat voor de industrie al jaren ‘ontwerpvaardigheden’, in het Engels ‘design skills’. En bij Mayo Clinic noemen ze dit ‘design thinking’.

Cruciaal in dit alles is dat we de ingenieurs opleiden samen met de zorg en vooral in de zorg. Dit betekent dat ze de bulk van hun tijd in een zorginstelling doorbrengen en niet aan de universiteit. Ook financieel dragen de deelnemende zorginstellingen stevig bij door deze ingenieurs al direct bij het begin van de opleiding in dienst te nemen: dat betekent meteen dat ze werk doen waar de zorginstelling iets aan heeft. Het is duidelijk dat alle partijen een resultaat verwachten.

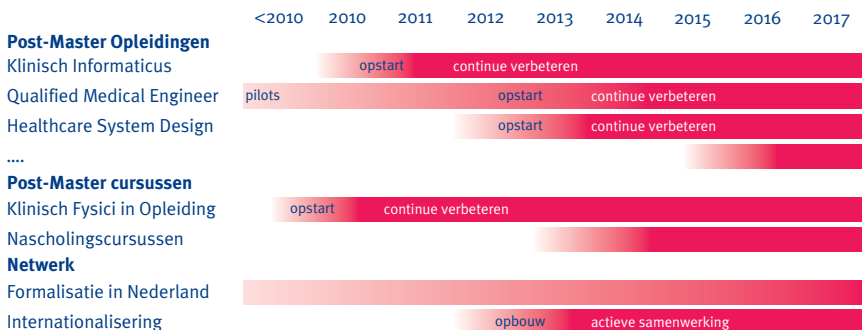
En we moeten niet alleen opleiden samen met die zorginstellingen, maar ook samen met andere onderwijsinstellingen. En dan niet alleen op academisch niveau, maar ook op mbo- en hbo-niveau. We hebben het bij deze opleidingen tenslotte niet zozeer over wetenschappelijke verdieping, maar over professionele vorming. Voor die professionele vorming is het goed ook de opleiding van anderen te snappen.

Uiteraard mag het academische deel niet verwaarloosd worden. Want we leiden wel de ingenieurs op die de nieuwe kennis naar de werkvloer moeten kunnen brengen. Health is een focusgebied van deze universiteit. Dus wat dat betreft is hier al veel te halen. Maar uiteraard kijken we verder. Voor nog wat verdiepende inzichten raad ik u aan de intreerede van Hessel Wijkstra te lezen²⁰. Uitgesproken op 16 maart 2012, aan deze zelfde universiteit.

²⁰ prof.dr.ir. Hessel Wijkstra, Angiogenese beeldvorming: kanker kunnen zien, intreerede Technische Universiteit Eindhoven, 2012

De roadmap

Hoe ziet de roadmap van mijn leerstoel er nu uit: wat wil ik bereiken om bij te dragen aan ‘engineering in de gezondheidszorg’? Allereerst een goed pakket van tweejarige postmasteropleidingen, binnen het Stan Ackermans Instituut, met een duidelijke focus op het Health-gebied. We hebben er op dit moment drie: Klinisch Informaticus, Qualified Medical Engineer en Healthcare System Design. De laatste valt overigens niet onder mijn directe verantwoordelijkheid.



Figuur 6

De roadmap

De focus van de opleidingen is Health and Well Being. De positionering binnen het Stan Ackermans Instituut zorgt voor een goede inbedding in een cultuur waarin ontwerpen (u weet het inmiddels: de goede vraag beantwoorden en de vraag goed beantwoorden) als ‘key’ wordt gezien. De opleidingen bieden een optimale combinatie van wetenschappelijke kennis en praktijkervaring.

Aan deze roadmap kunt u ook zien, dat ook wij ons werk zullen aanpakken zoals ik zojuist geschetst heb: het basisproces is het verzorgen van de opleidingen. Daarmee voegen we waarde toe door te zorgen voor goed opgeleide ingenieurs. Tegelijkertijd zullen we de opleidingen middels engineering continu moeten verbeteren. De roadmap schetst ons programmamanagement.

Zeker voor de opleiding Klinisch Informaticus ligt hier een mooie uitdaging. De ICT in ziekenhuizen is uitermate complex. Een beeld wat bij ICT-projecten in de zorg

consistent naar voren komt, is de noodzaak van twee ontwikkelingen. Ten eerste: er moet gestandaardiseerd worden. Dat betekent dat de mensen in de zorg hun werkwijze en hun denkwijze moeten aanpassen. Dat kost altijd veel tijd en als er slecht met elkaar gecommuniceerd wordt, is er een hoge faalkans. Ten tweede: de patiënt ‘stroomt’ door het ziekenhuis. En vanuit dit beeld moet de structuur opgezet worden, dus niet vanuit het beeld van de verschillende afdelingen²¹. Dat betekent dat naast de op zich al complexe datastructuren die nodig zijn om alle informatie goed vast te leggen, inzicht in klinische processen en verandermanagement relevant zijn. Klinisch Informatici moeten duizendpoten zijn. Daar is dan ook een zeer goede, gedegen opleiding voor nodig. We hebben nu al iets moois staan, maar ik zou niet willen beweren dat het de best mogelijke opleiding is.

Samen met onze trainees, met ziekenhuizen en andere onderzoeksgroepen aan deze en andere universiteiten wil ik ook verder werken aan het ontwikkelen van de juiste tools. Naar mijn mening is dat wat in de industrie ontwikkeld is niet voldoende voor de zorg: de situatie in de zorg is werkelijk veel complexer. De gereedschapskist van de timmerman heeft nieuw, innovatief gereedschap nodig. Naast opleiding wil ik hier dus duidelijk bijdragen aan innovatie van de engineering.

Daarnaast geven we uitgebreide postmastercursussen voor Klinisch Fysici in opleiding. Daarmee is ook de link met deze groep, die als al gezegd de voortrekkers zijn, goed gelegd.

Zo past het palet aan opleidingen ook bij een Leven Lang Leren. In de uitermate complexe en snel evoluerende gezondheidszorg is dat een absolute noodzaak.

Maar onze taak stopt niet bij het opleiden van goede ingenieurs voor de gezondheidszorg. De nieuwe ingenieurs moeten een formele positie in de zorg krijgen. Anders blijven de verbeteringen te veel afhankelijk van de hobby's van mensen. Daar moeten we ons als universiteit voor inzetten. Ik realiseer me dat het een lang proces zal worden.

Verder zal er op de arbeidsmarkt iets moeten gebeuren. Wie neemt deze technische professionals aan? Het werk dat ze doen is op projectbasis. Als de klus klaar is, heb je de persoon niet meer nodig. Er zullen dus medische ingenieursbureaus moeten komen. Daarnaast zullen grotere ziekenhuizen zeker zelf ingenieurs

²¹ Re-engineering Workflows: Changing the Life Cycle of an Electronic Health Record System, Jane M. Brokel, Sheila Ochylski, J. Michael Kramer, *Journal of Healthcare Engineering* 2(2011)303

moeten gaan aannemen als ze werkelijk beter willen worden. Een goede mix van eigen expertise en expertise van buiten werkt vaak het beste (de eigen structuren zijn helder en je krijgt ook voldoende frisse ideeën). Een medisch ingenieursbureau zorgt langs deze weg ook voor een goede flow van ideeën tussen ziekenhuizen; daar waar problemen nu vaak per ziekenhuis worden opgelost.

Kort wil ik hier ingaan op internationalisering. In de gezondheidszorg niet een eenvoudige zaak. Verschillen in aanpak en problemen zijn enorm. Nederlandse wachtlijsten bestaan in België niet. Maar het Belgische medicijngebruik vinden we in Nederland absurd hoog. Iedere zwangere vrouw in Frankrijk wordt maandelijks gecontroleerd op toxoplasmose. In Nederland moet iedere oudere aan de griep-prik²².

Moeilijk als die verschillen het maken, ze creëren voor innovatie natuurlijk een gigantische kans. We doen in Europa eigenlijk één groot experiment met de manieren van aanpak van de gezondheidszorg. Dit experiment is weliswaar niet systematisch opgezet en van dubbelblind onderzoek is al helemaal geen sprake, maar ook van 'natuurlijke' variatie kun je heel veel leren. Vakgebieden als sociologie, epidemiologie en astrofysica komen op deze wijze aan hun gegevens en verificatie van hun modellen. Dit is dus een uitdaging die we moeten oppakken.

Ik heb het er met u nog niet over gehad wie deze roadmap gaat betalen. Dat is een zorgpunt, maar met het voorschrijdend inzicht dat het echt anders en beter moet in de gezondheidszorg gaat het wel de goede kant op.

²² Elk land zijn obsessie, A.W. Boeke, M. Ekkelenkamp, Medisch Contact 43(2011)2609

Tegenwerpingen

Natuurlijk zijn er tegen de beoogde vertaling van werkwijzen uit de industrie naar de gezondheidszorg tegenwerpingen te maken.

De eerste, en meeste gehoorde tegenwerping, is wel dat de gezondheidszorg niet te vergelijken is met andere bedrijvigheid. En zoals daarnet al gezegd, lijkt mij dat inderdaad juist. De gezondheidszorg is met de enorme variatie patiënten zeker veel complexer. Dus daar waar de industrie onderhand wel een min of meer complete toolbox voor engineering heeft, hebben we die voor de gezondheidszorg nog lang niet. Maar dat kan uiteraard geen reden zijn om niet te beginnen met wat we hebben. En vervolgens op zoek te gaan naar nieuw en beter gereedschap.

Een andere tegenwerping is dat gezondheidszorg om mensen gaat. Ik citeer Bert Keizer, een specialist ouderengeneeskunde, in zijn column in Medisch Contact²³: *De ingenieur die een brugoverspanning berekent, moet rekening houden met de afstand tussen de oevers, de hoeveelheid verkeer die eroverheen moet en het materiaal waar die brug van gemaakt moet worden. Maar hij wordt niet geconfronteerd met weigerachtige oevers, angstig beton of ontkennend staal.* Iets waar ik niets tegenin kan en wil brengen. Zorg is meer dan engineering, objectieve diagnose, robots aan het bed en wat we al niet meer aan techniek kunnen bedenken. Dat is iets waar ook de ingenieurs van doordrongen moeten zijn.

Ook Lukas Dekker, cardioloog in het Catharina ziekenhuis in Eindhoven, drukte het na een dag praten over technische innovatie uit als: *aan het einde van de dag komt er een mens met een aandoening naar de dokter, we kijken elkaar in de ogen en moeten een beslissing nemen over de beste behandeling.*

Een volgende tegenwerping is vaak dat het zo complex is dat het nu eenmaal op intuïtie moet: het Pluis-/Niet Pluis-gevoel is relevante kennis²⁴. Hier kan ik het alleen maar mee eens zijn, maar ik stel vast dat het in andere bedrijfstakken niet anders is. Ook in mijn industriële carrière was het verschil tussen de slechte,

²³ Zonder Handschoen, Bert Keizer, Medisch Contact 66(2011)2682

²⁴ Intuïtieve kennis is volwaardige kennis, Erik Stolper ea, Medisch Contact 66(2011)2815

de goede en de excellente ingenieurs hun intuïtie. Een intuïtie die ze opgebouwd hebben door hard te werken aan veel verschillende problemen. Dat betekent dat ik niet als industrieel ingenieur een ziekenhuis kan binnenstappen en even hetzelfde 'trucje' kan toepassen. Dit is voor elke ingenieur weer een proces van vallen en opstaan, veel leren en eerlijk zijn; samen met de mensen uit het basisproces steeds weer een stapje vooruitzetten.

Ethiek

Aansluitend aan deze tegenwerpingen en daarmee overlappend wil ik nog kort de ethiek aanstippen. Niet kort omdat het niet relevant is, kort omdat het triviaal is dat het relevant is. Ethiek is altijd relevant: bij artsen is daar zelfs een eed voor ingevoerd. Op zich vreemd, want dat zou niet nodig moeten zijn als het triviaal is.

Maar dus ook ingenieurs, en anderen, die de zorg ingaan, moeten zich terdege bewust zijn van de gevolgen van hun keuzes voor mensen. De ethiek vertelt je niet wat een goede of foute keuze is. De ethiek leert je hoe je over je keuzes na moet denken. Een gewijzigd protocol kan ertoe leiden dat het goedkoper wordt, dat het voor negen van de tien patiënten duidelijk beter wordt, maar voor die laatste patiënt slechter: wat kies je nu. Ga je wijzigen of niet... Naast specificaties, risico-analyses en wat al niet meer, moet steeds helder gemaakt worden wat de ethische vragen zijn en hoe die meespelen in het engineeringproces.

Technologie zal steeds dominanter worden: ambient intelligence en eHealth zijn mogelijkheden. Maar hier rijst absoluut de vraag: gaat de technologie mensen zelfstandiger maken en meer eigen regie geven of worden mensen door die technologie alleen maar op afstand gecontroleerd en gemanaged: Big Brother in de zorg. Het Rathenau Instituut heeft er al een aantal interessante studies over gepubliceerd²⁵.

²⁵ <http://www.rathenau.nl/>

Conclusie

Ik hoop dat ik u heb kunnen overtuigen dat ingenieurs in het medische/klinische veld een belangrijke rol kunnen spelen in het beter maken. Door aanwezig te zijn in dat veld zullen zij ook beter leren wat de werkelijke behoeftes zijn. Door overstappen van kliniek naar industrie en vice versa zal goede kennis- en ervarings-uitwisseling mogelijk zijn.

Het is onze missie als TU Eindhoven daar door middel van goed onderwijs aan bij te dragen.

Ik ben er werkelijk van overtuigd, dat mocht ons dit gaan lukken, het een significante bijdrage zal leveren aan een betere en goedkopere zorg. Ergens zou u zelf dus in de toekomst het effect moeten merken. En mocht u als patiënt een ingenieur in het ziekenhuis tegenkomen, weet dan dat hij samen met de dokter en de verpleegster bezig is u en de zorg beter te maken.

Dankwoord

Aan het begin van mijn rede is u waarschijnlijk wel duidelijk geworden dat ik hier op een wat vreemde plek sta. Hoe kan iemand, met kennelijk een stevige industriële ervaring, iets richting gezondheidszorg gaan doen. Mogelijk kun je hem goed gebruiken als je meer aan industriële fysica wil doen, maar zelfs dan heeft hij toch wel weinig wetenschappelijke achtergrond. En ja, aantoonbare onderwijservaring had ik ook al niet.

Ik kan u vertellen, deze universiteit heeft er ook wel even over moeten nadenken. Maar uiteindelijk hebben ze het toch gedurfd: mijn dank daarvoor.

Mijn dank gaat daarbij ook uit naar Herman Beijerinck, mijn voorganger, die mij als eerste in deze functie zag. Ruim voordat ik het zelf zag. Hij heeft zowel mij, als de universiteit overtuigd dat het een prima plan was.

Tijdens mijn industriële carrière bij Philips, waar ik 26 jaar in negen verschillende fabrieken werkte, heb ik met heel veel mensen samengewerkt en van heel veel mensen geleerd. Het zijn er honderden geweest. En met (bijna) allemaal heb ik prima kunnen opschieten. Ook de operators die mij 's nachts uit mijn bed belden, omdat de lampen er opeens 'anders' uitzagen: kennelijk was de engineering nog niet helemaal af. In al die jaren heb ik veel bazen versleten, waarvan ik er twee wil noemen: Nico Slijkerman en Harrie Heldens. Zij tonen aan dat je niet prof.dr.ir. hoeft te zijn om het verschil te maken: ze zijn beide hts'er.

Ook mijn huidige collega's en medewerkers wil ik bedanken: in het afgelopen jaar heb ik al veel geleerd van jullie. Komende uit verschillende werelden zijn we het niet altijd eens, maar dat maakt ons samen alleen maar innovatiever.

Mijn ouders wil ik bedanken omdat ze me als kind hebben laten zijn wie ik was. Een slim, eigenwijs en wat teruggetrokken jongetje. Het is allemaal goed gekomen.

Mijn kinderen, Jeroen, Sanne, Michiel, Kasper en Jolijn. Jullie hadden natuurlijk niet veel te kiezen, maar bedankt dat ik nog steeds jullie vader mag zijn. Even voor het overige publiek: in ons gezin is de vaderrol gedefinieerd als een beetje streng zijn voor je zonen en alles doen wat je dochters vragen. En daar zijn nu ook nog schoondochters bijgekomen (en schoonzonen, maar u begrijpt al dat die iets minder relevant zijn).

Ten slotte wil ik jou bedanken, Alice. Voor heel veel. Maar vandaag wel om twee heel speciale redenen. Allereerst heb je gedurende vele jaren de bulk van de zorg voor onze vijf kinderen op je genomen. Zwanger met vier kleine kinderen naar Amerika verhuizen, was voor jou een positieve ervaring. Je had dan ook al geoefend door zwanger met drie kleine kinderen naar België te verhuizen. Mede door jouw aanpak is mijn carrière mogelijk. Maar je hebt nog veel directer voor mijn carrière gezorgd: jij bent ooit met Herman Beijerinck aan de praat geraakt en kwam vervolgens thuis met deze nieuwe baan voor mij: tussen jou en Herman was het allemaal al geregeld. Alice bedankt.

Ik heb gezegd.

Curriculum vitae

Prof.dr.ir. Ward Cottaar is per 1 januari 2011 benoemd tot voltijdhoogleraar Instrumentation Design aan de faculteit Technische Natuurkunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

Ward Cottaar (1956) studeerde in 1980 af aan de faculteit Natuurkunde van de Technische Hogeschool Eindhoven. In 1985 promoveerde hij in Eindhoven met als onderwerp het malen en mengen van poeders. Na zijn promotie startte hij zijn industriële loopbaan bij Philips waar hij 26 jaar actief was binnen de divisies Licht en Medische Systemen. Gedurende deze internationale carrière, die zich afspeelde in productiecentra, richtte hij zich op technologie en innovatie. Als projectleider, senior engineer en manager was hij verantwoordelijk voor een aantal belangrijke innovaties op het gebied van (productie)technologieën en producten. Binnen zijn leerstoel maakt Ward Cottaar zich sterk voor het ontwikkelen en implementeren van instrumentatie in de industriële en medische praktijk.

Colofon**Productie**

Communicatie Expertise
Centrum TU/e

Fotografie cover

Rob Stork, Eindhoven

Ontwerp

Grefo Prepress,
Sint-Oedenrode

Druk

Drukkerij Snep, Eindhoven

ISBN 978-90-386-3137-0
NUR 950

Digitale versie:
www.tue.nl/bib/

Bezoekadres

Den Dolech 2
5612 AZ Eindhoven

Postadres

Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Tel. (040) 247 91 11
www.tue.nl