

BESLISSEN INGENIEURS RATIONEEL?

John E. Rijnsdorp (concept, augustus 2007) commentaar zeer welkom

samenvatting

Ingenieurs gaan bij hun beslissingen min of meer bewust uit van waarden. Rationaliteit, het zoeken naar economisch optimale oplossingen (binnen begrenzings) zou de boventoon moeten voeren, maar de praktijk wijst uit dat andere beroepswaarden een grote invloed kunnen hebben, waardoor de rationaliteit in het gedrang komt.

Een en ander wordt toegelicht met een reeks voorbeelden ontleend aan eigen ervaringen. De waardenethiek van Max Scheler levert slechts een beperkte filosofische onderbouwing. Daarom wordt een aanzet gegeven voor een beroepswaardenethiek

1. zijn ingenieurs rationeel?

Ingenieurs hebben de reputatie dat ze in hun beroep rationeel tewerk gaan. In hun persoonlijke contacten verschillen ze waarschijnlijk niet significant van andere mensen, maar bij het maken van technische keuzes spelen emoties geen rol. Tenminste, dit is het gangbare beeld.

Jaren geleden heeft het vaktijdschrift *De Ingenieur* een experiment met de lezers uitgevoerd. Bij een bepaald nummer werd de gewone oplaag voorzien van een aantal objectieve advertenties, die een appel doen op de ratio. Daarnaast ontving een steekproef uit het abonneebestand advertenties voor dezelfde producten, maar nu met versies die meer op gevoelens mikken. Deze abonnees werd daarna gevraagd welke advertenties hun waren opgevallen. Hetzelfde werd gedaan met een vergelijkbare controlegroep uit de overige abonnees. De verschillen tussen beide groepen toonden duidelijk aan dat technici die prat gaan op hun gezond verstand en nuchtere kijk op de werkelijkheid ook vatbaar zijn voor emoties. Gelukkig maar, dat bewijst dat ze ook echte mensen zijn. Maar de redactie van het tijdschrift had, zonder daar iets over mee te delen, één advertentie in *alle* exemplaren van het tijdschrift gezet, waarin een jong meisje een draineerpompje op haar autopod vervoert met de mededeling: "ik breng het wel naar papa". Deze advertentie scoorde bij *alle* geënquêteerde lezers veruit het hoogst.

Overigens sluit rationaliteit emoties niet uit. Als het gaat om industriële vormgeving, bijvoorbeeld van een automobiel of een koffiemachine, dan kunnen extra investeringen en fabricagekosten zinvol zijn. Dit houdt wel een afweging van onvergelijkbare en onberekenbare grootheden in: "Hoe komt een mooiere vormgeving over bij potentiële klanten? Wat kan je verwachten van de concurrenten, die natuurlijk ook niet stilzitten?" Een onderwerp op zichzelf is het omgaan met veiligheid, gezondheid en betrouwbaarheid. Te belangrijk om hier min of meer terloops aan bod te komen.

In de praktijk van het technisch handelen blijken er echter minder zinvolle beperkingen te gelden voor de rationaliteit. Die wordt afgezet tegen andere waarden, vaak zonder dat men zich daarvan bewust is. Wij hebben dit vanuit de Universiteit Twente ervaren in de begeleiding van stages en afstudeeropdrachten in de industrie, en in directe advisering bij industriële projecten. In de volgende secties wordt het een en ander geïllustreerd met concrete voorbeelden.

2. waardenethiek

Met het afwegen van waarden bevinden wij ons op het terrein van de ethiek. We kiezen zo niet voor een deugdethiek in de geest van Aristoteles, een plichtethiek volgens Immanuel Kant, of een appèlethiek in lijn met Emmanuel Levinas. Niet dat deugden geen rol zouden spelen in de techniek; het Griekse zoeken van de gulden middenweg vindt bijvoorbeeld zijn weerklink in het sluiten van compromissen tussen strijdige factoren in veel ontwerpactiviteiten. Indien de categorische imperatief van Kant ("Handel slechts volgens die stelregel, waarvan u tegelijk kunt willen dat deze tot algemene wet wordt") beperkt wordt tot de sfeer van het technisch handelen, dan kan die ook daar toepassing vinden. De spontaniteit van de Levinassiaanse ethiek komt misschien van pas als het om ongelijkheid tussen ontwerpers, kopers en gebruikers gaat. Maar een

waardenethiek lijkt toch het meest geschikt voor de analyse van technische beslissingen, in het bijzonder omdat zo min of meer onbewuste ideeën aan de dag komen. Zo komen we terecht bij Max Scheler (1874-1928), die, in de lijn van de joodse traditie, de ethiek ziet als het fundament van zijn mensbeeld. Hij maakt daarbij een onderscheid tussen 'ethos', 'praktische moraliteit' en 'ethiek'¹ (Nota, blz. 30): "De eigenlijke sfeer van het ethische vindt men in het ethos, d.w.z. het voelen en beleven der waarden en hun rangorde door middel van emotionele acten, zoals deze in een bepaalde tijd door een bepaalde persoon of groep worden gesteld. Ethos is een systeem van feitelijke waardeschatting. Als zodanig moet het worden onderscheiden van het ethische doen zelf, d.i. de zgn. praktische moraliteit, het al dan niet handelen volgens de normen van het ethos. Ethiek is tenslotte het in oordelen uitdrukken van het levende ethos. Ethiek is de leer, de rationele formule en rechtvaardiging van het ethos. Het grote probleem is nu het echte ethos te onderscheiden van een verkeerd, om de juiste rangorde der waarden te ontdekken."

In de verdere uitwerking komt Scheler tot de 'Wertperson', "de waardepersoon, een dynamische eenheid van act en waarden. Deze eenheidswijze van act en waarden is slechts mogelijk door de band die hen samenbindt: de liefde." Het laatste woord krijgt bij hem een joods-christelijke invulling, waarbij hij het niet interpreteert als 'eros' maar als 'agapè': "Hier slaat men het Griekse axioma van de liefde, dat liefde een streven van het lagere naar het hogere is, brutaal in het gezicht. Omgekeerd moet de liefde zich nu precies hierin tonen, dat het edele zich neerbuigt en neerdaalt tot het onedele, de gezonde tot de zieke, de rijke tot de arme, de mooie tot de lelijke, de goede en heilige tot de slechte en de gewone" (Nota, blz. 107).

Op het profane vlak van het technisch handelen kan dit, onder andere, aan de orde komen bij de ontwikkeling en het ontwerp van professionele producten. In tegenstelling tot consumentenproducten bestaat hier een scheiding tussen de kopers (of bestellers) en de gebruikers. Met de laatste categorie wordt maar al te vaak weinig rekening gehouden, wat in de praktijk nadelig kan uitpakken.

Een voorbeeld is de kaartjesautomaat bij de NS, die in een opeenvolging van verschillende versies in de stations is geplaatst. De knopjes in het aanraakscherm zijn volgens een strikt logische, wetenschappelijk correcte beslisboom opgebouwd in een reeks van 5 keuzes: enkele reis of retour; eerste of tweede klas; volle prijs of met reductie; vandaag geldig of zonder datum; betalen contant, met pinnen of chipkaart. Enigszins geschikt voor jongeren, die snel een motorisch geheugen ontwikkelen voor de vele handbewegingen. Maar ouderen kost het steeds weer opnieuw veel tijd, waardoor ze nerveus worden en nog meer problemen krijgen, zeker als er een rijtje ongeduldige reizigers achter hen staan te trappelen. Op grond van een afstudeeropdracht, indertijd uitgevoerd bij de UT, is het veel beter om aparte knoppen te maken voor de voor ouderen meest gebruikte *combinaties*: tweede klas retour met korting vandaag geldig; en enkele reis tweede klas met korting vandaag geldig. Daarnaast de overeenkomstige twee knoppen met de volle prijs, die ook vaak gebruikt worden, zowel door ouderen als door niet-ouderen. Een facultatieve beginknop geeft daarbij mogelijkheden voor de keuze van minder gebruikte alternatieven, zoals 1^e klas en niet gedateerd. Het van tevoren insteken van een betaalpas of een chipkaart moet voldoende zijn voor indicatie van de manier van betalen, zoals dit gebruikelijk is in parkeergarages.. Zo zijn de meeste gebruikers klaar met 1 knop in plaats van 5 (afgezien van de keuze van de eindbestemming) en kunnen veel ouderen op de kleinere, onbemande stations ook rustiger van de trein gebruik maken.

In termen van waarden is dit voorbeeld een conflict tussen 'logicisme' en 'bejaarden-vriendelijk', met de boodschap om de strikte logica maar te vergeten.

3. groepswaarden

Zoals in het vervolg zal worden toegelicht houden ingenieurs als beroepsgroep bepaalde eigen waarden erop na, naast waarden die zij delen met anderen. Van deze groepswaarden zijn ze zich vaak niet bewust, maar die kunnen met veel emotie de kop opsteken als reactie op prikkels vanuit de omgeving. Een voorbeeld:

¹ J.H.Nota, Kerngedachten van Max Scheler, vert. mw.L.v.d.Eeden-Visser (Romen, Roermond, 1971)..

Begin jaren 60 kwamen de eerste computers beschikbaar voor de beheersing van productieprocessen. Ze waren voorzien van een primitief bedieningsconsole, als vervanging van de gebruikelijke grote wandpanelen met meters, schrijvende instrumenten, regelaars, bedieningsknoppen, enzovoort. Omdat dit een nogal drastische overgang inhoudt voor de procesoperators, stelde ik aan mijn sectie in het K.S.L.A. (Koninklijke Shell Laboratorium Amsterdam) voor om een industrieel psycholoog bij ons project te betrekken voor adviezen over de mens/machine interactie. De reactie van mijn medewerkers en van mijn directe chef was zeer negatief: "Wij hebben verstand van techniek maar zo'n psycholoog weet daar helemaal niets van. Daarom is het absurd om zo iemand als adviseur erbij te betrekken." Later is dat toch gebeurd. Na een periode van wederzijdse gewinning is een goede samenwerking ontstaan, die ook bij andere projecten van pas is gekomen. Ik heb er ook veel van geleerd.

De groepswaarden van technici zijn uit de aard der zaak niet objectief, maar intersubjectief. Hun gewicht en hun inhoud zijn aan veranderingen onderhevig, zowel door de ontwikkeling van de techniek en de maatschappij als door de ervaring die ermee wordt opgedaan.

De volgende secties tonen verschillende van deze groepswaarden, meestal in het kader van projecten waaraan ik heb geparticipeerd. Die liggen op het gebied van de procesbeheersing in de procesindustrie². In andere sectoren van de techniek gelden waarschijnlijk verwante of soortgelijke groepswaarden. Uiteraard kan ik daarop, bij gebrek in kennis en ervaring, niet nader ingaan, maar ik ben wel nieuwsgierig om daarover meer van andere ingenieurs te horen. De voorbeelden heb ik anoniem gehouden omdat ze mijns inziens representatief zijn voor de *gehele* procesindustrie. Het is daarom niet correct om zondebokken aan te wijzen.

4. ontwerpen versus produceren

In de procesindustrie staat gewoonlijk niet het ontwerpen van het product maar dat van het productieproces centraal. Daarbij zijn veel deskundigen betrokken, die uiteindelijk ook voorschriften opstellen voor het bedrijven van de fabriek. Van het productiepersoneel wordt dan verwacht dat ze die voorschriften daadwerkelijk naleven. Toch kan je daar een aantal vraagtekens bijzetten: In de eerste plaats moet het proces bij de overdracht aan de ontwerpspecificaties voldoen. Die overdracht vindt misschien plaats in de zomer, wanneer het koelwater een hoge temperatuur heeft. Of als de grondstoffen een matige kwaliteit hebben. Verder is het gedrag van sommige processtappen, bijvoorbeeld katalytische chemische reacties, niet precies voorspelbaar. Om deze en soortgelijke redenen zijn marges noodzakelijk om de kans op falen van de overdrachtstest klein te houden. Maar in de praktijk is het koelwater meestal niet zo heet, hebben de grondstoffen gewoonlijk een gunstiger samenstelling en werkt de reactor beter dan bij het ontwerp is gesteld.

Er gaat een verhaal over een petrochemische fabriek ontworpen in Japan, die jaren geleden in Nederland in licentie is gebouwd. Het productiepersoneel hield zich eerst aan de voorschriften in het ontwerpboek, maar ontdekte spoedig dat andere procesinstellingen betere resultaten opleverden. Na enige tijd kwamen de Japanners op bezoek en ontdekten tot hun verbazing dat hun ontwerp vaak beter kan functioneren dan ze zelf hadden bedacht.

Een ander verschil tussen ontwerpen en bedrijven houdt verband met de tijd. Proces-technologen hebben in hun opleiding geleerd om geen waarde te hechten aan deze factor. Want het ideaal is het continue proces, waarbij de gang van grondstof naar eindproduct is opgesplitst in een reeks tijdsonafhankelijke stappen, gerealiseerd in een overeenkomstige reeks procesapparaten. De tussenproducten stromen continu met constante snelheid van het ene naar het andere apparaat. Men streeft daarbij ook naar constante waarden, in ieder apparaat afzonderlijk, van belangrijke grootheden zoals

² De procesindustrie heeft het kenmerk dat er, in tegenstelling tot de discrete fabricage, geen nauwkeurige positionering en vormgeving van het (tussen)product plaatsvindt. Voorbeelden: olieraffinaderijen, koffiebranders, elektriciteitscentrales. Procesmatige productiestappen komen ook voor in combinatie met discrete fabricage, bijvoorbeeld bij de bereiding van medicijnen (uiteindelijk in de vorm van pillen, in doosjes) de vervaardiging van fietsbanden en de vacuümverpakking van gemalen koffie.

temperatuur, druk, mengverhoudingen, enzovoort. Dit lijkt op de lopende band van de massaproductie, bijvoorbeeld van automobielen.

In mijn tijd bij Shell hebben we bij een destillatiekolom, waarin isopentaan wordt gewonnen uit een mengsel van pentanen, de drukregeling buiten bedrijf gesteld en de koelwaterkraan wijd open gezet. Zo zoekt de druk voortdurend naar de laagst mogelijke waarde, waarbij de scheiding minimaal energie gebruikt. Deze besparing is, afhankelijk van de omstandigheden, ongeveer 5-10%. Op het eerste gezicht niet veel, maar die in verhouding tot de investering, die in hoofdzaak bestaat uit het overtuigen van het productiepersoneel dat zoiets revolutionairs als het niet constant houden van een procesgrootte zin kan hebben, best de moeite waard kan zijn.

Het constant houden van procesgrootheden heeft ook batchprocessen in zijn ban. Daarin wisselen behandelen en 'doorstromen' elkaar af, op de manier waarop gerechten worden bereid in de keuken. Procestechnologen streven hier vaak naar het constant houden van de kerngrootheden.

Een voorbeeld is membraanfiltratie, een proces dat onder andere wordt gebruikt voor het winnen van zoet water uit zeewater. Het laatste wordt tegen de membranen geperst, waardoor zoet water tegen de osmotische druk in door de membranen stroomt en het overgebleven zoutere water uiteindelijk doorstroomt naar de zee. Na verloop van tijd raken de membranen vervuild en worden dan met water of met een reinigingvloeistof schoongespoeld. Procestechnologen zijn geneigd om de druk aan de perskant van de membranen *constant* te houden. Maar het zou wel heel toevallig zijn als dit optimaal is. Als men over een wiskundig model beschikt voor de dynamiek van de vervuiling, dan kan het optimale verloop van de persdruk als functie van de tijd worden berekend. Die functie kan redelijk worden benaderd door een lineaire toe- of afname, dus door geleidelijk de persdruk te verhogen of te verlagen. Als er geen goed model voor de vervuiling beschikbaar is, dan kan men door 'spelen' met deze geleidelijke veranderingen ook een heel eind in de goede richting komen. Zo kan de opbrengst van het proces vele procenten verhoogd worden, via een minimale investering.

In deze voorbeelden is er een conflict tussen twee waarden: 'optimaal bedrijven' en 'constantisme'. Het laatste komt neer op een puur irrationeel verwerpen van tijdsafhankelijkheid.

5. rangen en standen bij processen

Procestechnologen, net zoals ingenieurs in andere vakgebieden, hebben meer affiniteit met nieuwe, geavanceerde processen dan met traditionele. Zo plaatsen ze processen in een rangvolgorde.

Een voorbeeld van dit laatste is een zeer groot industrieel project, waarbij een olieraffinaderij met 20 fabrieken ('plants') werd uitgebreid tot 40 fabrieken. Wij³ hebben daarbij adviezen uitgebracht voor de organisatorische en de menselijke factoren, onder andere bij het ontwerp van de centrale controlekamer. Daar moeten 5 operators de 40 fabrieken in continuïteit bewaken, elk achter een groot console dat ook geschikt is voor gebruik door meerdere personen. Want, als er wat misgaat, dan komen operators vanuit de fabrieken erbij, wordt de wachtchef opgetrommeld en wordt bij grote storingen zelfs de dagchef opgebeld.

Het gaat nu om de verdeling van de 40 fabrieken over de 5 consoles. Wij hebben voorgesteld om vooral te kijken naar de honderden koppelingen tussen de fabrieken. Die kunnen in een schema worden weergegeven door pijlen tussen de 40 fabrieken. Verder wordt alles voorzien van waarderingscijfers voor de complexiteit. Dit schema was uitgangspunt voor de verdeling: als fabrieken sterk gekoppeld zijn dan heeft het de voorkeur om ze vanuit hetzelfde console te bewaken. Dan kan het binnen het brein van dezelfde operator (al dan niet in overleg met een directe collega aan hetzelfde console) worden beheerd. Als de koppeling zwak is dan passen ze beter in verschillende consoles, waarbij overleg tussen de betreffende operators uiteraard noodzakelijk is. Zo is het geheel op te lossen als een optimalisatieprobleem, waarbij ook de totale werkbelaasting gelijkmatig over de consoles moet worden verdeeld.

Wij hebben deze optimalisatie uitgevoerd.. Het resultaat gaf aan dat één console nog betrekkelijk veel koppelingen vertoont met de andere vier, maar dat deze vier betrekkelijk onafhankelijk van elkaar kunnen worden behandeld. De consequentie is een passende plattegrond van de controlekamer: het eerstgenoemde console op een centrale positie in het midden van een halve cirkel en de andere vier langs de omtrek van deze halve cirkel. Iedereen kon hiermee leven, totdat de verdeling van productieprocessen over de consoles aan de orde werd gesteld. Toen bleek dat het centrale console de 'utilities' bevat: opwekking van stoom en elektriciteit, transport van afvalgassen en stookgas, waterzuivering, en dergelijke. Dus processen die laag scoren in de hiërarchie van technische innovatie. Daarom waren de procestechnologen fel gekant tegen de ondergeschikte plaatsen die de geavanceerde productieprocessen kregen toegewezen, in tegenstelling tot

³ 'Wij' staat hier voor Dick Lenior, Ruud Pikaar, Bas Remein (allen werkzaam in ErgoS Engineering & Ergonomics, Enschede) en John Rijnsdorp.

de ereplaats voor de 'domme utilities'. Dit conflict van waarden onttaarde in een patstelling. De uiteindelijke oplossing was het plaatsen van één betrekkelijk klein 'high-tech' proces op het centrale console, dat daardoor in status werd verhoogd zonder dat de optimalisatie teveel schade opliep.

De waarde 'rationaliteit' is dus uiteindelijk aan haar trekken gekomen met een handreiking naar de waarde 'processtatus'.

6. status van personeel

Ondanks onze democratische cultuur, waarin alle mensen gelijkwaardig zouden moeten zijn, bestaan er toch allerlei verschillen in het personeelsbestand.

Een voorbeeld uit mijn familie is de ervaring van mijn dochter in een van haar eerste banen. Ze was toen receptioniste in een bedrijvencentrum. Achter haar werkplek was een muur die haar scheidde van het secretariaat. Die muur bemoeilijkte de samenwerking tussen haar en de secretaresses. Daardoor was ze onderbelast gedurende de rustige uren, maar in tijdnood als veel bezoekers binnenkwamen, met name omstreeks 9 uur 's morgens. De muur bezegelde zo het statusverschil tussen secretaresses en receptionisten, ten koste van de efficiëntie en de gastvrijheid.

Een extreem voorbeeld was de controlekamer van een warmtekrachtinstallatie voor stadsverwarming, waarin twee soorten operators nodig zijn: een voor het ketelgedeelte en een voor het elektrische gedeelte. De operators van dit laatste gedeelte wilden niet in dezelfde ruimte werken met 'die vieze ketellui', dus er moest een scheidingsmuur in de controlekamer komen. Maar omdat een goede samenwerking toch onvermijdelijk is, werd de muur van een groot raam voorzien, zodat men tenminste elkaar kon zien.

Wat doe je als architect als je opdrachtgever je met dit soort muren wil opzadelen?

Merkwaardig dat de moderne democratie, waarin gelijkheid (in de zin van gelijkwaardigheid) vooropstaat, in het bedrijfsleven soms zelfs geen kans krijgt als het de kwaliteit van de bedrijfsvoering zou kunnen verbeteren!

7. werkorganisatie

Deze irrationaliteit kan ook zijn kop opsteken in de werkorganisatie. Volgens het 'Scientific Management' van Frederick W. Taylor moet er een strikte scheiding zijn tussen denkers en doeners. De laatsten mogen niet nadenken, ze moeten alleen precies uitvoeren wat de denkers hun opdragen. Met andere woorden: chefs bepalen wat er moet gebeuren en ondergeschikten voeren dat uit. Deze 'waarde' werd al lang geleden aangeduid met de term 'Taylorisme'.

In aanvulling hierop kan ook een onderscheid worden gemaakt tussen chef en assistent chef. Volgens Parkinson is de groei van de bureaucratie te verklaren uit de behoefte van ouder wordende chefs om een deel van hun taken over te dragen aan jongeren. Niet aan één assistent, want die komt zo in de verleiding om de chef van zijn plaats te stoten. Dus zorgt een slimme chef er voor dat hij twee assistenten krijgt, die elk met een helft van zijn taken vertrouwd zijn. In analogie met Taylorisme duidt ik deze waarde aan met 'Parkinsonisme'.

Beide waarden zijn voorbeeldig gerealiseerd in de controlekamer in aanbouw van een nieuw Hoogoven-complex. Daarin zijn twee parallelle consoles opgesteld, elk voor de wachtchef van een helft van het complex. (Waarschijnlijk zijn zij de assistenten van een superchef voor het gehele complex!). Deze hoge consoles geven zeer uitgebreide informatie via meerdere lagen van beeldschermen, die de gebruiker min of meer afschermen van de andere personen in de controlekamer. Op enige afstand ervoor staan twee maal twee kleinere consoles, wel met hetzelfde afschermeffect als de eerste rij, elk voor een assistent-wachtchef. Tenslotte is daarvoor een groot wandpaneel voor het voetvolk, waar meters, alarmlampjes en bedieningsknoppen een oppervlakkig beeld geven van de toestand van de processen. Als je in gedachten de vloer van de controlekamer op zijn kant zet, heb je precies een organisatieschema volgens Taylor en Parkinson! De vraag is nu of dit schema past bij de taken, die in de controlekamer moeten worden uitgevoerd. Maar, voordat ik op deze vraag inga, eerst een ervaring opgedaan bij het bezoek aan een petrochemische fabriek. Daar hadden *alle* centrale operators een beeldscherm ter beschikking hadden gekregen. Onze gastheer was heel enthousiast: "zo krijgen ze meer en betere informatie dan het wandpaneel hun kan verschaffen. Dat paneel gaan we trouwens binnenkort afbreken." Op dat ogenblik zagen we dat de fakkels, te zien op een televisieontvanger, grote vlammen en rookwolken begon uit te braken. Alle aanwezige operators renden toen weg van hun beeldscherm naar het wandpaneel, waar ze onder leiding van de wachtchef en in communicatie met de buitenoperators de storing gingen aanpakken. Onze gastheer wist niet meer wat hij moest zeggen. Blijkbaar zijn deze individuele beeldschermen niet bruikbaar als het er echt op aankomt!

De belangrijkste kritieke taak in controlekamers is het reageren op en afhandelen van storingen, die de normale gang van zaken verstoren. Dit vereist *gezamenlijk* gebruik van informatie, veel overleg en intensieve communicatie met de buitenoperators. Wandpanelen zijn daarvoor geschikt, extra geschikt wanneer ze ook voorzien zijn van videotelefoons en grote platte beeldschermen (die recent beschikbaar zijn gekomen). De eenpersoonsbeeldschermen, zoals die per definitie behoren bij Personal Computers, spannen in feite voor deze taak het paard achter de wagen. De twee voorbeelden houden blijkbaar geen rekening met de waarde 'teamwork', die essentieel is voor het afhandelen van storingen. Zo leggen de waarden 'Taylorisme' en 'Parkinsonisme' het af tegen de waarden 'teamwork' en 'betrouwbaarheid'. Ook mag een voorkeur voor de nieuwste consumentenproducten niet leiden tot onbezonnen toepassing buiten het woonhuis.

8. kennis van de procestoestand

In de beheersing van productieprocessen is de toestand van het proces van groot belang. Dit blijkt heel duidelijk bij een hoge automatiseringsgraad. Dan vraagt de centrale operator zich steeds weer af: "is mijn proces O.K.?"

Jaren geleden was ik 's nachts in de controlekamer in gesprek met een operator die naast mij zat met zijn rug naar het wandpaneel. Plotseling zei hij: "U denkt misschien dat ik nu mijn proces niet in de gaten hou? Toch kijk ik steeds weer eventjes langs u heen naar mijn paneel of alles nog goed gaat. Inderdaad had ik wel gemerkt dat hij zijn hoofd bewoog, maar ik had geen idee dat hij zo in een paar seconden de vele tientallen meters afcheckte.

In een andere controlekamer was het conventionele wandpaneel vervangen door één beeldscherm. Daarvoor zat een operator verwoed steeds alle menuutjes af te checken. Op de vraag: "waarom bent u zo druk bezig?" antwoordde hij: "Ik moet toch weten of mijn proces O.K. is?". Een groot verschil in gedrag met de operator in het vorige voorbeeld!

Blijkbaar heeft het zin om alle belangrijke procesgrootheden *parallel* te tonen, in plaats van serieel.

Bij veel batchprocessen (zie Sectie 4) kan de procestoestand alleen beoordeeld worden als je ook in en bij de potten en pannen gaat kijken. De gegevens in de centrale controlekamer zijn niet voldoende.

Een van onze stagiairs maakte een analyse van de productie in een fabriek in de levensmiddelensector. Daar had men voor het eerst een computersysteem in gebruik genomen voor de beheersing van het productieproces. Het budget was niet toereikend voor meerdere beeldschermen, dus het enige beeldscherm werd toegewezen aan de wachtchef. Hij moest van daaruit het werk van de drie operators coördineren. Daarvoor is een goede kennis van de toestand van het proces vereist. Maar de beoordeling van deze toestand omvat ook kijken en ingrijpen in de procesapparatuur buiten de controlekamer. De operators, die elk een gedeelte van de procesapparatuur verzorgden, misten daarbij de informatie, die alleen op het beeldscherm werd getoond. Daarom kwamen ze vaak de controlekamer binnen om via hun chef de procescondities te weten te komen. Het gevolg is ironisch: de chef was in feite niet meer dan een centrale meetslaaf van zijn ondergeschikten en had geen idee wat zij met de informatie gingen doen. De spanningen liepen daarbij zo hoog op dat de sfeer in een van de vijf ploegen (volcontinu) volledig verpest was en in de andere ploegen veel te wensen overliet.

De oplossing lag voor de hand: Beperk het productiepersoneel tot drie autonome operators per ploeg, die in teamverband alle taken uitvoeren. Geef hun daarbij een conventioneel wandpaneel, of, als een extra budget het toelaat, een computersysteem met drie beeldschermen. Dit laatste bleek financieel niet haalbaar; men moest genoegen nemen met slechts twee beeldschermen. Wij hebben toen een schatting gemaakt van de kans dat de drie operators op hetzelfde moment urgent een beeldscherm nodig zouden hebben. Die kans bleek aanvaardbaar, mits de operators snel hun eigen informatie kunnen oproepen.

De keuze tussen wandpaneel en beeldschermen wordt ook beïnvloed door een zeer persoonlijke eis van de erbij betrokken 'control engineers'. Die zijn bang dat ze niet serieus genomen worden door hun collega's als ze kiezen voor een conventionele oplossing. Het zou hun carrière in de weg kunnen staan! Een waarde die uiteraard zwaar weegt en die je zou kunnen aanduiden met 'peer acceptance' of 'aanvaarding door vakgenoten'.

9. draaiknoppen in het digitale tijdperk

De zegetocht van de digitale computers heeft geleid tot 'digitalisme', een nieuwe waarde in de ingenieurspraktijk.

Dat begon al in het begin van de jaren 60, toen voor het eerst een gecomputeriseerd automatiseringssysteem werd ingevoerd in een olieraffinaderij. Daar moeten variaties in de grondstoffen worden opgevangen door kleine correcties van de ingestelde waarden van temperaturen, drukken, debieten, e.d. De conventionele automatisering had daarvoor draaiknoppen, die heel soepel gevoelsmatig kunnen worden 'bijgetrimd'. De standaarduitvoering van het nieuwe systeem was echter voorzien van drukknoppen, waarop de volledige numerieke waarde moest worden ingevoerd, ook bij kleine veranderingen. Dat kost veel tijd en moeite, en leidt gemakkelijk tot typfouten, die bij de hogere cijfers kolossale afwijkingen in het proces teweegbrengen. Daarom werd het idee geopperd om het standaardconsole te voorzien van een draaiknop, naast de cijferknoppen. Een voorbeeld van 'rationaliteit'. Een experiment met proefpersonen in een universitaire psychologiefaculteit toonde de voordelen van deze aanpak.

Voor de computeringenieurs in het project was dit echter onaanvaardbaar: een conventionele draaiknop plaatsen op een digitaal systeem is vloeken in de kerk; een duidelijke zonde tegen de waarde 'trendbewust' (hier in de vorm van 'digitalisme'). Bovendien hadden zij moeite met de inbreng van een psycholoog in een technisch project; een aantasting van hun 'beroepstrots'. Toch is na een leerproces uiteindelijk iedereen accoord gegaan met de draaiknop.

In latere gecomputeriseerde automatiseringssystemen heeft men voor het probleem een slimme uitweg gevonden, die de kool en de geit spaart en die ook in PC's is toegepast: drukknoppen die de ingestelde waarde met een goed gekozen *snellheid* vergroten of verkleinen.

In de meeste digitale camera's wordt de 'zoom' ingesteld met drukknoppen, maar één fabrikant heeft hiervoor de draaiknop in ere hersteld (zie de Consumentengids, Juni 2004, blz. 20): "De fabrikant denkt dat de amateur-fotograaf anno 2004 een paar ouderwetse draaiknoppen wel kan waarderen naast al dat digitaal vernuft". Uiteraard kan je met een draaiknop het blikveld van de camera *precies* instellen op de gewenste grootte, in tegenstelling tot de gebruikelijke drukknoppen.

Het 'digitalisme' moet in geen geval blindelings worden doorgedrukt. Vaak is een combinatie van digitaal en analoog meer geschikt.

10. beeldschermen thuis en in de fabriek

In de jaren 70 kwamen kleurentelevisies in de huiskamer, die bovendien van steeds grotere beeldschermen werden voorzien. Daardoor wenste men vergelijkbare geavanceerde producten ook in de fabriek aan te treffen. Een waarde die ik, bij gebrek aan beter, maar zal aanduiden met 'thuisisme'.

De in Sectie 4 besproken controlekamer van de olieraffinaderij moet een zeer goed contact tussen de centrale operators waarmaken. Zoals een van de productiechefs het uitdrukte: "Ze moeten elkaar in de poppetjes van de ogen kunnen zien." Grote beeldschermen vormen echter een belemmering, in het bijzonder als een of meerdere operators klein van stuk zijn. Daarom stelden wij voor om kleine beeldschermen te gebruiken. Dit schoot niet alleen de automatiseringsingenieurs in het verkeerde keelgat, maar ook de operators die in het ontwerp participeerden. Het management had eveneens zijn bedenkingen, want zo'n moderne regelkamer is het paradepaardje voor allerlei bezoekers. Die zouden een negatieve indruk overhouden van 'verouderde' apparatuur in zo'n geavanceerde omgeving.

Wij hebben toen duidelijk gemaakt dat niet de grootte van de beeldschermen bepalend is, maar alleen de kijkhoek. Een klein beeldscherm dichterbij is voor de waarneming gelijkwaardig aan een groot beeldscherm verder weg, zoals in grote huiskamers het geval is. Misschien zelfs superieur, omdat kleinere beeldschermen toen een beter beeld verschafften dan de grotere. Bovendien zouden de grotere beeldschermen de consoles zo diep maken dat de afstanden in de controlekamer ontoelaatbaar groot zouden worden. Uiteindelijk werden alle partijen het erover eens dat kleine beeldschermen de enige geschikte keuze opleverden.

De trukendoos van de beeldschermplaatjes kan de gebruikers ook parten spelen.

Bij een tentoonstelling heeft men mij eens gevraagd om mijn mening te geven over een procescomputer die voorzien was van prachtige beeldschermplaatjes. De hele fabriek werd er in pseudo-3D weergegeven, in felle kleuren. Een virtuele zon gaf glansreflecties op cilindrische vaten, enzovoort. Toekomstige bezoekers van de centrale controlekamer zouden diep onder de indruk komen van zoiets moois. Maar de operators, die hun fabriek terdege kennen, hebben daar helemaal geen behoefte aan. Zij hebben alleen fel geel nodig als er iets mis dreigt te gaan en fel rood als grenzen overschreden worden. En dan gaat het vooral om de waarden van belangrijke procesgrootheden, zoals temperaturen, drukken, concentraties van componenten in meng-

sels, en dergelijke. Zelfs dan is het voortdurende kijken naar beeldschermplaatjes een vermoeiende bezigheid, waardoor operators de televisie thuis liever niet aan willen hebben.

11. naar een beroepswaardenethiek

In de beslissingen van ingenieurs (en andere technici) spelen blijkbaar allerlei groepswaarden een rol. Vaak doen die afbreuk aan de positieve waarde 'rationaliteit', die bij productieprocessen neerkomt op 'optimaal bedrijven'. Teamwork' is in veel gevallen ook een positieve waarde, zowel voor de kwaliteit als voor de beleving van het werk. Hier komt de verwevenheid van waarden aan het daglicht, die afhangt van de context van de te nemen beslissingen.

Zit er systeem in de veelheid van deze waarden? Misschien kunnen ze herleid worden tot enkele hoofdberoepswaarden, die samenhangen met de relaties tussen ingenieurs (en andere technici) en hun omgeving.

Die omgeving omvat de ontplooiing van de moderne techniek, waarin 'nieuw' als superieur boven 'oud' wordt gewaardeerd. Ik duid deze hoofdwaarde aan als 'neoïsme'. Daaronder vallen de volgende, al besproken beroepswaarden:

- 'digitalisme', dat alles 'digitaal' wil realiseren en zo geen aandacht besteedt aan 'analoog';
- 'thuisisme', dat alle vernieuwingen in consumentenproducten ook in professionele apparatuur wil invoeren;
- 'processtatus' dat productieprocessen rangschikt en afweegt volgens de mate van innovatie en originaliteit;

Verder zien ingenieurs het als hun taak om alles zo veel mogelijk te beheersen. Dat geldt niet alleen voor dingen, maar ook voor verhoudingen tussen mensen. Een hoofdwaarde, die je zou kunnen aanduiden met 'controlisme'. Daarbij komt men soms ironisch terecht op verouderde vormen van organisatie, in tegenstelling tot het 'neoïsme' in het omgaan met technische artefacten. De volgende besproken beroepswaarden vallen onder dit controlisme:

- 'logicisme', dat beslisbomen één op één wil vertalen in knoppenreeksen;
- 'constantisme', het idee dat condities in de productie onafhankelijk van de tijd moeten zijn;
- 'Taylorisme', dat een scherpe scheiding maakt tussen denkers en doeners en zo, onder andere, de ervaringen van de laatsten niet benut;
- 'Parkinsonisme', dat een strikte hiërarchie handhaaft en daarmee 'teamwork' belemmert of zelfs onmogelijk maakt;
- 'personeelstatus', die sommige categorieën personeel tot kastenloosheid kan veroorzaken;

Tenslotte zijn er hoofdwaarden die parallel lopen met andere beroepsgroepen:

- 'techneutisme', dat ingenieurs (en andere technici) het monopolie verschaft om alle beslissingen te nemen, zonder daar niet-technici bij te betrekken;
- 'peer acceptance', die aanbeveelt om de huidige technische mode te respecteren, ook waar die tot inferieure resultaten leidt.

Uiteraard is dit beeld niet volledig, zelfs niet voor zover het over industriële productie gaat. Maar het illustreert de grote invloed van emotionele factoren op de ingenieurspraktijk.