

Hanteerbare ergonomie

Rede uitgesproken bij het aanvaarden van het ambt van
buitengewoon hoogleraar in de afdeling der Bedrijfskunde
aan de Technische Hogeschool Eindhoven op 11 november 1983
door

drs. J. Moraal

Mijne heren leden van het college van bestuur,
mijnheer de rector magnificus,
mijnheer de voorzitter van de hogeschoolraad,
dames en heren hoogleraren en leden van de wetenschappelijke
staf,
dames en heren leden van de technische en administratieve
staven,
dames en heren studenten,
en voorts u allen, die door uw aanwezigheid aan deze
bijeenkomst luister toevoegt,

Zeer gewaardeerde toehoorders,

In een tijd van economische teruggang en bezuinigingen moeten de universiteiten en hogescholen zich beraden over wat zij willen zien als belangrijke lijnen van onderzoek in de komende jaren. Eén en ander volgens het principe 'voor wat, hoort wat': financiering onder voorwaarde dat onderzoekplannen zijn goed-gekeurd. Voor die goedkeuring geldt als criterium o.a. de kwaliteit van eerder verricht onderzoek. Maar ook zal worden gelet op de relevantie van de vraagstelling en de resultaten voor maatschappelijke problemen en behoeften. Niets verleidelijker voor ergonomen dan in dit verband erop te wijzen dat een ongeval, zoals dat van de kerncentrale bij Harrisburg, had kunnen worden voorkomen, als mede aandacht was besteed aan onderzoek van menselijke mogelijkheden en beperkingen als basis voor ergonomisch ontwerp en vormgeving van taken in complexe mens-machine systemen.

Dames en heren,

In 1976 publiceerde een drietal Amerikaanse onderzoekers een rapport waarin zij de resultaten vermeldten van een ergonomische evaluatie van de meet- en regelkamers van vijf, kort daarvoor in gebruik genomen kernenergiecentrales (Seminara, *et al.*, 1976).

De aanleiding tot deze studie was de van verschillende zijden reeds eerder geuite kritiek op de vorm van bedieningsmiddelen en informatiegevers en op de rangschikking daarvan op de controlepanelen. Deze vorm en rangschikking weken in sterke mate af van in andere takken van de industrie reeds vrij algemeen aanvaarde ergonomische principes en normen. Het

doel van de studie was niet zozeer het evalueren van de regelkamers afzonderlijk, maar het aangeven van probleemgebieden waarop ergonomische kennis met succes zou kunnen worden toegepast bij nog te bouwen kernenergiecentrales.

Enkele resultaten van deze studie zal ik hier in het kort vermelden.

Bijna 60% van het ondervraagde bedieningspersoneel vond de controlekamers te groot. Deze mening bleek niet te berusten op de werkelijke afmetingen van de controlekamers, maar wel op de opstelling van de controlepanelen, die grote kijk- en loopafstanden veroorzaakte. Van de controlepanelen zelf werd geconstateerd dat de ontwerpers blijkbaar geen enkele moeite hadden genomen ruimte en afmetingen te sparen, zodat deze panelen meer bedieningspersoneel vereisten dan nodig was. Bovendien waren de panelen niet ingedeeld naar functioneel bij elkaar behorende elementen. Zo was het bepaald geen uitzondering dat bij elkaar behorende meters en schakelaars zich op een onderlinge afstand van 25 meter en soms meer bevonden, zodat de operateurs klaagden dat zij eigenlijk rolschaatsen nodig hadden om zich snel genoeg te kunnen verplaatsen. Een probaat middel om bedieningsfouten uit te lokken werd meermalen aangetroffen in de vorm van naar functie identieke controlepanelen die in spiegelbeeld waren opgesteld. Weinig of geen rekening bleek gehouden te zijn met de lichaamsmaten van het bedieningspersoneel; hele rijen meters waren buiten bereik geplaatst. Schakelaars waren vaak in onnodig grote afmetingen uitgevoerd en qua vorm en uiterlijk niet te onderscheiden naar functie, hetgeen het onbedoeld activeren van systemen in de hand werkte. In dit verband kan het voorbeeld worden genoemd waarbij operateurs zelf een codering aanbrachten ter onderscheid van de bedieningshendels van de regelstaven in één van de kerncentrales, door ze te voorzien van de tapknoppen van twee verschillende biermerken. De meters op de panelen boden een omvangrijk potentieel aan mogelijkheden tot ergonomische verbeteringen, zoals onjuiste schaalmarkeringen, moeilijk te interpreteren schaal eenheden, te hoge of te lage situering, hinderlijke reflecties door elders opgehangen lichtbronnen en parallax-problemen. De alarmsystemen in de regelkamers bestonden uit boven de panelen aangebrachte rijen en kolommen van honderden waarschuwinglampjes. In een alarmsituatie werden de operateurs opgeschrikt door een zeer groot aantal lampjes in combinatie met schreeuwende toeters. Daardoor werden zij bedolven onder een overdosis aan informatie in plaats

van inzicht te krijgen in wat in feite mis was. Waarschuwingsslampen zijn ervoor om operators te verwijzen naar het relevante segment van het controlepaneel waar het probleem kan worden onderkend en de juiste herstelactie kan worden uitgevoerd. In het onderzoek moest echter worden geconstateerd dat de waarschuwingsslampen vaak ver van de bijbehorende bedieningsmiddelen waren opgesteld; soms zelfs zó ver, dat een tweede, niet altijd bereikbare operator nodig was voor de bediening. Tenslotte kunnen nog worden genoemd: communicatieproblemen als gevolg van lawaai-overlast, onduidelijke voorschriften, qua ervaring onevenwichtig samengestelde teams en ontevredenheid bij het personeel met bestaande trainingsprogramma's.

Het hoeft ons niet te verbazen dat de onderzoekers concludeerden tot een teleurstellend ergonomisch beeld van deze vijf meet- en regelkamers. Gevraagd naar wat zou moeten gebeuren om in deze situatie ergonomische veranderingen aan te brengen, antwoordde de leider van een trainingscentrum voor operators: 'Een goede operator kan elke regelkamer bedienen. Een regelkamer is een uitdaging tegen de verveling. Als het allemaal te duidelijk gemaakt of ergonomisch ontworpen wordt, verliest de operator zijn waakzaamheid.' In een dergelijke benadering wordt van de operator kennelijk verwacht dat hij over een onbegrensd aanpassingsvermogen beschikt om op elke situatie juist te kunnen reageren.

Ontwerpers, die wel genegen waren tot het toepassen van ergonomische kennis en inzichten, uitten herhaaldelijk de klacht dat deze kennis niet voorhanden was in duidelijke voorschriften, maar hooguit in vage, algemene formuleringen.

In weer een andere uitspraak tenslotte, werd wel het belang van een ergonomisch ontwerp van een regelkamer onderkend, maar werd de ergonomie, kennelijk bij gebrek aan inzicht in de aard en omvang van het toepassingsgebied, vergeleken met zwarte kunst.

Mensen maken gebruik van gereedschap, instrumenten, documenten, procedures, voorschriften, voer-, vlieg-, rij-, reken- en wat men verder aan werktuigen kan bedenken. De grondgedachte van de ergonomie is dat voor het gebruik, de bediening en het onderhoud 'tuigen' dienen te worden ontworpen en gemaakt op basis van wat mensen wel en niet kunnen. Een van de doelstellingen daarbij is te voorkomen dat mensen verkeerde handelingen verrichten, dan wel te bevorderen dat foutieve handelingen tijdig worden onderkend en gecorrigeerd. Ver-

keerde handelingen kunnen een gevolg zijn van verschillende oorzaken, zoals de druk van de omstandigheden waaronder gewerkt wordt, onduidelijke informatie, procedures, regels en voorschriften, onvoldoende scholing en ervaring van het personeel, gebrekkige communicatie en gebrekkige constructie van apparatuur en bedieningsmiddelen. Fouten kunnen leiden tot inefficiëntie, tot irritatie, tot schade aan apparatuur en milieu, tot ongevallen en tot menselijk leed. Naar aanleiding van het ongeluk in de kerncentrale op Three Mile Island bij Harrisburg in de Verenigde Staten, concludeerde de Presidentiële Commissie in het Kemeny-rapport met betrekking tot de oorzaken van het ongeluk: 'De regelkamer van waaruit de bediening van de TMI-centrale wordt uitgevoerd, vertoont in vele opzichten gebreken. Het regelpaneel is reusachtig groot, er zijn honderden signalen op aangebracht en sommige belangrijke signalen zijn zodanig geplaatst dat de operators ze niet kunnen zien. Gedurende de eerste minuten van het ongeluk traden meer dan honderd alarmsignalen in werking, waarover één van de aanwezige operators later opmerkte: 'Ik had het alarmpaneel wel weg willen smijten; het gaf ons geen enkele bruikbare informatie.' Er was over het algemeen weinig aandacht besteed aan de wisselwerking tussen mens en machine onder de snel veranderende en verwarrende omstandigheden van een ongeluk. Sommige leden van de onderzoeksc commissie stelden een algehele modernisering van de regelkamer voor, maar allen waren het erover eens dat een relatief klein aantal verbeteringen in de regelkamer, die bovendien niet kostbaar zouden zijn geweest, het de operators veel gemakkelijker zou hebben gemaakt de situatie in de hand te houden (Kemeny, 1979). De overeenkomst tussen de conclusies van de Presidentiële Commissie en de auteurs van het onderzoek waarvan ik in het begin melding maakte is opvallend groot. Het kan dan ook geen verbazing meer wekken dat een speciale onderzoeksgroep, die door de Amerikaanse Nucleaire Commissie werd belast met de ergonomische evaluatie van de controlekamer van de TMI-kerncentrale, tot gelijksoortige conclusies kwam (Malone *et al.*, 1980).

Deze luiden:

- De voor operators vereiste informatie was vaak afwezig, gebrekkig gelocaliseerd, onduidelijk en moeilijk te lezen.
- Alarmsignalen waren niet systematisch geplaatst, niet of nauwelijks in kleur gecodeerd en niet gegroepeerd naar volgorde van belangrijkheid.

- Bij het ontwerp van de meters op de controlepanelen van het reactorkoelsysteem was niet voldaan aan een groot aantal ergonomische criteria; hetzelfde gold voor tekstaanduidingen.
- Van het totaal van 1900 op de verticale panelen aangebrachte meters konder er 503, of 26%, niet worden gezien door de qua lichaamsmaten 5% kleinste operators.
- Verklarende teksten of labels bij meters en schakelaars waren in de meeste gevallen voor verschillende uitleg vatbaar, hetgeen bleek uit het feit dat er door de operators zelf maar liefst 800 waren veranderd of aangepast.

Het eindoordeel van deze onderzoeksgroep liet aan duidelijkheid niets te wensen over: van enige ergonomische planning was totaal geen sprake en noch de Nucleaire Commissie noch de kernindustrie hadden zich zorgen gemaakt over de kans op verkeerde handelingen als gevolg van ontwerpfouten. In een andere uitspraak werd opgemerkt dat voorafgaande aan het TMI ongeval de ergonomie (human factors) bij minder dan één procent van het verantwoordelijke personeel van de kernenergie-centrales bekend was. Zo constateert Hopkins (1981), dat in de jaren zestig en zeventig tijdens het ontwerp, de bouw en in werking stellen van veel grote nucleaire kerncentrales de verschillende sectoren van de nucleaire gemeenschap de mogelijke invloed van menselijke factoren vrijwel geheel negeerden.

Het ongeval in de kerncentrale bij Harrisburg gebeurde in maart 1979, drie jaar na het verschijnen van het in het begin aangehaalde rapport. Ook al zouden de resultaten van dat rapport aanleiding hebben kunnen zijn om de minimaal noodzakelijke verbeteringen in de regelkamer van de kerncentrale aan te brengen, het is niet onaannemelijk dat de periode van drie jaar daarvoor toch te kort was. Niettemin moet de vraag worden gesteld of niet uit andere bronnen reeds voldoende relevante kennis aanwezig was, of had kunnen zijn, waaraan bij ontwerp en bouw van de Harrisburg centrale een duidelijke behoefte zou hebben bestaan.

Op z'n minst is er een drietal bronnen te noemen:

(1) Sinds de tweede wereldoorlog heeft de ergonomie een snelle ontwikkeling doorgemaakt. Een blik in het jaarboek van de Human Factors Society in de V.S. leert dat haar leden te vinden zijn in velerlei organisaties: industrieën, banken, verzekeringsmaatschappijen en overheidsinstellingen. In 1981 werd in de V.S.

door meer dan 1100 grote organisaties, maatschappijen en instellingen werk verschaft aan ergonomisch deskundigen met, tot het einde van de jaren zeventig, de kernindustrie als uitzondering (Hopkins *et al.*, 1982).

(2) Sinds de jaren zestig is in de literatuur al uitgebreid aandacht besteed aan ergonomische aspecten in de procesindustrie in het algemeen en in nucleaire energiecentrales in het bijzonder (Edwards & Lees, 1974; Swain, 1975; voor een overzicht: Malone *et al.*, 1980).

(3) Eerdere voorvallen in vergelijkbare centrales als die bij Harrisburg waren een voorbode van het ongeval. Daarop volgende waarschuwingen dat nauwkeuriger instructies aan de operators moesten worden gegeven werden in de wind geslagen. Al negen (!) maal voor het ongeval op TMI waren elders vergelijkbare defecten geconstateerd, maar de fabrikant van de centrale ondernam geen acties om zijn klanten daarvan op de hoogte te stellen (Report of the President's Commission).

Sinds het ongeval is de situatie in dit opzicht drastisch veranderd. De kernenergie-industrie heeft oog gekregen voor de rol van menselijke factoren. Het aantal studies aan dit onderwerp gewijd is inmiddels exponentieel gegroeid. Zo publiceerde één van de in de aanvang genoemde onderzoekers in 1981 een tweede rapport over de vijf geëvalueerde kernenergiecentrales, waarin duidelijk werd gemaakt dat het met de onderhoudsvoorzieningen ergonomisch al niet veel beter was gesteld dan met de meet- en regelkamers (zie Seminara & Parsons, 1982). In alle gevallen was de hoeveelheid benodigd onderhoudspersoneel aanzienlijk onderschat met als gevolg overbezette en daardoor inefficiënt fungerende werkplaatsen. Het ernstigste en tevens meest voorkomende probleem was de ontoegankelijkheid en onbereikbaarheid van de apparatuur. Zo merkte één van de opzichters op dat, na het vertrek van de constructeurs, nog jaren nodig waren om de fabriek onderhoudstechnisch leefbaar te maken door het aanbrengen van permanente trappen, ladders, stellingen en onderhoudsplatformen. De beschikbare werkruimten verschaften vaak onvoldoende bewegingsvrijheid voor de noodzakelijke onderhoudsverrichtingen, vooral wanneer het personeel ook nog beschermende kleding, zuurstofflessen en maskers moest dragen. Dat in die gevallen bovendien allerlei wezenlijke functies, zoals handvaardigheid en een normaal gezichtsveld, aanzienlijk worden beperkt was al helemaal buiten beschouwing gelaten. Op veel plaatsen was de slechte verlich-

ting een direct gevolg van de onbereikbaarheid van armaturen, waardoor uitgevallen lampen vaak eenvoudig niet meer werden vervangen. Onvoldoende rekening was gehouden met het werken tijdens extreme hitte of koude. De oorspronkelijk daarmee bereikte besparingen werden vele malen overtroffen door de kosten als gevolg van de extra benodigde tijd voor het aanbrengen en weer verwijderen van tijdelijke onderkomens. Evenals met betrekking tot lichaamsmaten was er vrijwel geen rekening gehouden met toelaatbare grenzen aan het uitoefenen van lichaamskrachten. Als gevolg van de ontoegankelijkheid van ruimten voor vorkliften, was het tillen en verschuiven van lasten tot een gewicht van 275 kg geen uitzondering, met ziekteverzuim als direct gevolg. Onderhoudsprocedures waren vaak ofwel een rechtstreekse belediging voor de intelligentie van de monteurs, ofwel een regelrechte aanleiding voor ongevallen. Van de technische handleidingen moest 54% als ondeugdelijk worden gekwalificeerd. Tot slot van deze, zeker niet uitputtende opsomming, moet worden genoemd dat rond 80% van het onderhoudspersoneel moeilijkheden had met de communicatie, o.a. als gevolg van onvoldoende capaciteit van de systemen, lawaaioverlast en het dragen van beschermende gezichtsmaskers. De gehele problematiek van de onderhoudsvoorzieningen kan worden samengevat in de steeds terugkerende uitspraak van het personeel: 'Ik veronderstel dat ze niet aan ons hebben gedacht toen ze de fabriek bouwden'. Volgens schattingen van onderhoudsopzichters en -voorlieden zou alleen al door voldoende toegankelijkheid en bereikbaarheid van de apparatuur zeker 30% van de aan onderhoudswerkzaamheden bestede totaal tijd bespaard kunnen worden.

Men zou inderdaad, zoals door sommigen gekenschetst, de geschiedenis kunnen verdelen in twee perioden: voor en na TMI (zie bijvoorbeeld Senders, 1983). Een verzoek om advies na het ongeval gericht tot de Human Factors Society, de Amerikaanse Vereniging van Ergonomen, resulteerde in 1982 in een tienjarenplan op het gebied van de ergonomie, uitgebracht door een speciale studiegroep van de Society (Hopkins *et al.*, 1982). Als belangrijkste mankement werd door deze studiegroep het ontbreken van ergonomisch deskundig personeel genoemd. Het is onmogelijk een regeltechnisch of bouwkundig ingenieur met de zorg voor de menselijke factoren te belasten en dan ook nog te verwachten dat hij onmiddellijk over de juiste kennis daarvan beschikt. In dit verband wijst de studiegroep op de veel gehoorde misvatting dat ergonomie niet meer zou zijn dan

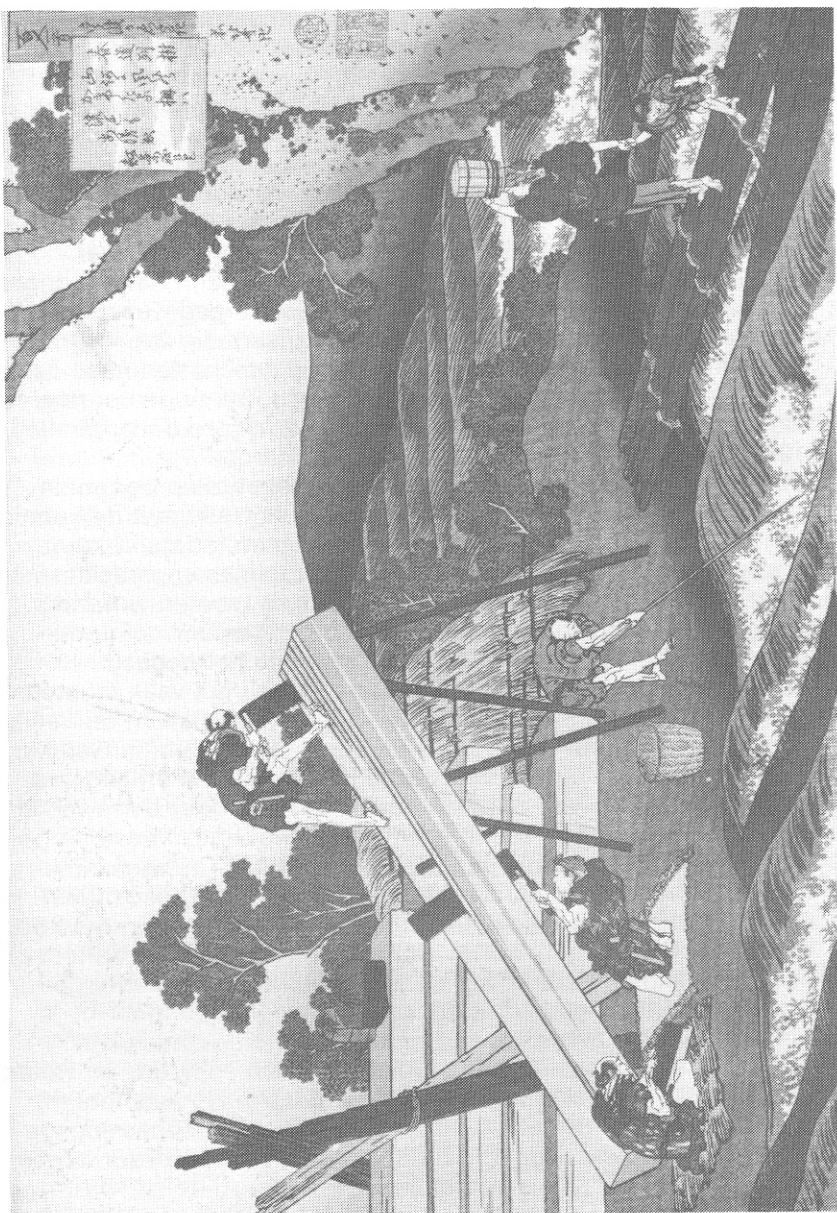
gezond verstand en concludeert: 'Als dit waar is dan is de schrikbarende conclusie dat, voorafgaande aan TMI, zowel managers als ingenieurs in de nucleaire industrie over een ongewoon geringe hoeveelheid gezond verstand bleken te beschikken'. (Hopkins, *et al.*, 1982, Vol. 2, pag. 30). Gezond verstand is niet in staat de gespecialiseerde kennis te verschaffen om apparatuur en werkplekken aan te passen aan de zintuiglijke mogelijkheden en beperkingen van de mens en aan diens lichaamsmaten. Gezond verstand is van weinig waarde als de systeem-ontwerper rekening moet houden met processen als stimulus-detectie en -discriminatie, parallelle informatieverwerking en korte- en lange-termijn geheugen, om nog maar niet te spreken van de mogelijke invloed van vermoeidheid, slaapgebrek, onregelmatige werktijden en tijd-stress. Deze kennis verkrijgt de ontwerper niet door het raadplegen van een enkel ergonomisch handboek. Zij wordt slechts verkregen in daartoe gespecialiseerde opleidingsinstituten waar onder leiding van deskundigen kan worden gewerkt en waar met veelsoortige praktijk- en laboratoriumproblemen kennis kan worden gemaakt. Als extra vereisten komen daar dan nog bij inzicht en ervaring in de 'vertaling' van gegevens afkomstig van bijvoorbeeld laboratoriumonderzoek naar praktijksituaties, aangezien slechts van een ruwe benadering sprake kan zijn.

Een andere misvatting waarop de studiegroep wijst is dat de resultaten - zo men wil produkten - van ergonomische toepassingen slechts cosmetische waarde zouden hebben, aan te brengen nadat de 'belangrijke' ontwerpen zijn uitgevoerd. Het nadeel van deze zienswijze is dat kostbare veranderingen achteraf vaak tot niet-optimale compromissen leiden, soms kostbaarder dan wanneer ze opgenomen waren in het oorspronkelijke ontwerp. Afgezien nog van het feit, dat aanpassingen achteraf om technische redenen niet altijd mogelijk zijn. Hier een meter veranderen en daar nog een kleurenmonitor bijplaatsen kan op zichzelf nuttig zijn, maar lost het probleem van een integrale organisatorische en infrastructurele benadering van de menselijke factor niet op. Voor dit laatste kunnen we, dunkt mij, een beroep doen op de bedrijfskunde. Immers, de bedrijfskunde stelt zich ten doel, 'problemen en storingen in het effectief functioneren van een bedrijf te voorkomen dan wel op te heffen' (Bomers, 1982). Zij heeft daartoe, in de opvatting van Bomers, als primaire taakopdracht, 'het optimaal gebruik maken van het aanwezige fonds van kennis vanuit de verschillende voedende mono-disciplines en functionele specialismen om deze kennis

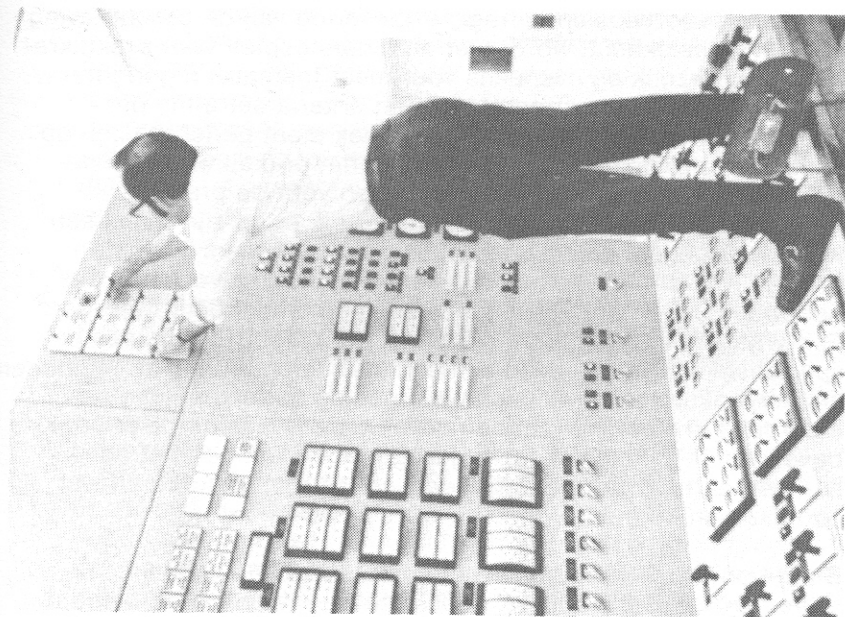
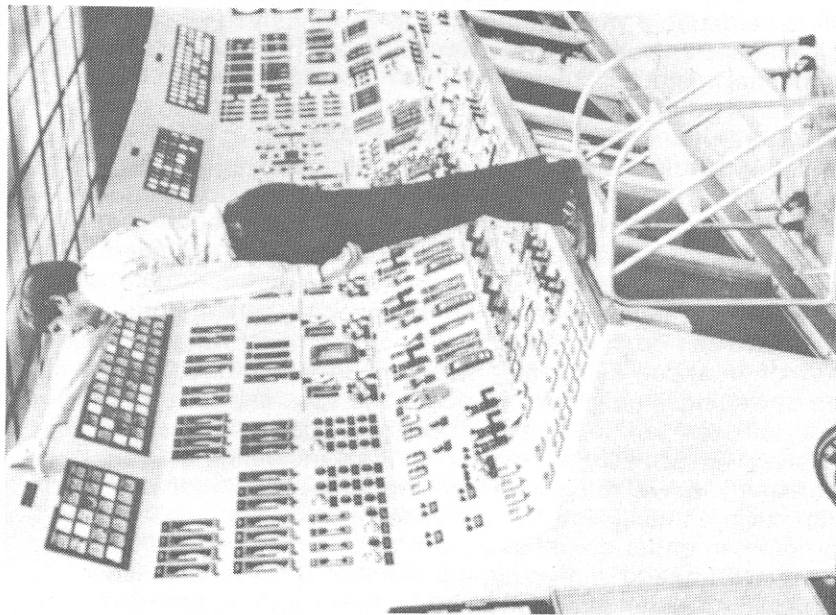
vervolgens zodanig te integreren en te transformeren dat ze hanteerbaar wordt ter voorkoming dan wel ter oplossing van problemen waarmee men in de praktijk wordt geconfronteerd'. De ontwerpers van de opleiding in de bedrijfskunde aan deze Technische Hogeschool hebben destijds wel een zeer bewuste keuze gedaan door ook de ergonomie als verplicht onderdeel in het studieprogramma op te nemen. Immers, het doel van de opleiding is: voor te bereiden op het vervullen van functies, waarbij het gaat om het analyseren, het ontwerpen en het besturen van organisaties. Het moge duidelijk zijn dat het gebrek aan aandacht voor de ergonomie in de tot nu gegeven voorbeelden uit de procesindustrie bedrijfskundig weinig fraaie resultaten te zien kan geven. Alleen al de geschatte totaalkosten van de schade als gevolg van het TMI-ongeval moge daartoe een afdoende argument zijn: deze bedragen 2 miljard dollar (Bailey, 1982).

Echter, opnemning van de ergonomie in het studieprogramma geeft op zichzelf nog geen garantie dat integratie met de kennis van andere mono-disciplines en specialismen tot stand komt. Daarvoor is meer nodig. Vanuit deze disciplines en specialismen zal de deskundigheid in een zodanige vorm moeten worden aangereikt dat ze voor de bedrijfskundig ingenieur ook inderdaad *hanteerbaar* (te maken) is. De reeds in het begin gememoreerde klacht van ontwerpers, dat zij het vaak moeten doen met vage, algemene formuleringen, in plaats van duidelijke voorschriften, moet dan ook serieus worden genomen. Gelukkig gebeurt dit ook, hetgeen o.a. moge blijken uit een onlangs, in opdracht van één van onze procesindustrieën door een tweetal ergonomen van deze Technische Hogeschool geschreven ergonomische leidraad voor het inrichten van meet- en regelkamers, een zogenaamd meetkamer-vademecum (Kragt & Piso, 1983). In dit slechts zeventig bladzijden tellende boekje wordt in het kort, en in zeer hanteerbare vorm, een reeks ergonomische aanbevelingen gedaan variërend van de plaats van het meetkamergebouw op het fabrieksterrein tot en met het werken met beeldschermen. Dit voorbeeld, dat groeide uit de nauwe samenwerking tussen praktijkfunctionarissen enerzijds en wetenschappelijke medewerkers van de Technische Hogeschool anderzijds, verdient navolging, ook voor andere toepassingsgebieden. Het is verheugend dat dit vademecum één dezer dagen ook in handelseditie zal verschijnen.

Als reactie op de in de bedrijfskunde gesignaleerde tendens tot een terugval naar mono-disciplinaire wetenschapsbeoefening en



Hokusai (1760-1849), Houtzagerij bij een rivier. Foto Rijksmuseum Amsterdam.



Werksituaties in een meet- en regelkamer van een moderne kernenergiecentrale (Seminara et al., 1976).

de daaruit voortvloeiende fragmentarisering van de beschouwing van de werkelijkheid, wordt hier en elders gepleit voor praktijkrelevant onderzoek en eveneens voor meer thematisch gericht onderwijs. De daarvoor aan te leggen criteria betreffen de *onderzoeksvraagstelling* - het onderzoek dient gericht te zijn op bestaande problemen en behoeften in het praktijkveld - en de *onderzoeksresultaten* - te leveren in een voor de praktijk hanteerbare vorm. Aan deze criteria zou ik er op zijn minst één willen toevoegen: die van de *onderzoeksmethoden*. Voor de praktijk relevant onderzoek betekent dat, althans voor een deel, het onderzoek *in* praktijksituaties zal moeten worden uitgevoerd. Een vraag daarbij is of, en in hoeverre, de mono-disciplines en specialismen erin geslaagd zijn een instrumentarium van methoden en technieken te ontwikkelen waarmee de onderzoekers ook inderdaad in staat zijn om de relevante gegevens uit de praktijk boven water te halen. Anders gezegd: hoe staat het met de hanteerbaarheid van het ergonomisch instrumentarium en wat zou daaraan kunnen of moeten worden verbeterd?

Bij het ontwerp en de bouw van complexe mens-machine systemen, zoals bijvoorbeeld een meet- en regelkamer, belooft het aantal ergonomische aspecten al gauw vele tientallen tot soms meer dan honderd. Ergonomen gebruiken daarbij een verscheidenheid van methoden, o.a. voor analyse van problemen en functies en voor data-verzameling voor het meten van systeem-prestaties. Hoewel veel van de vragen zouden kunnen worden bestudeerd met de beschikbare experimentele methoden, verkeren ergonomen in de praktijk zelden of nooit in de luxe omstandigheden om factoren te kunnen manipuleren of constant te houden in fraai gebalanceerde proefopzetten. Ook zijn er vaak beperkingen in tijd en mogelijkheden voor onderzoek en bestaat de noodzaak om snel met resultaten te komen. In die situaties neemt de ergonoom zijn toevlucht tot één of meer praktijkmethoden. Praktijk- of toegepaste methoden zijn ontleend aan de psychologie, zoals in het geval van vragenlijsten, of, in al dan niet gemodificeerde vorm, aan bijvoorbeeld tijd- en bewegingsstudies. Weer andere zijn speciaal ontworpen voor het oplossen van specifieke problemen, zoals de registratie en analyse van kritische voorvallen (critical incidents) en de link-analyse. Welke de oorsprong van deze methoden ook moge zijn, ze zijn ontwikkeld als gereedschap voor het oplossen van problemen onder condities waarin tijd, geld en vrijheid van handelen beperkt zijn en experimenteren niet mogelijk is. Praktijkmethoden zijn toegesneden op en worden gebruikt voor

specifieke vraag- en doelstellingen. Dat wil niet zeggen dat zij geen systematische en objectieve procedures zouden impliceren: de procedures zijn herhaalbaar en gegevens en resultaten zijn operationeel gedefinieerd. Ondanks de grote verscheidenheid van praktijkmethoden bestaat er een behoefte om bestaande methoden te verbeteren en nieuwe te ontwikkelen (Topmiller, 1981), o.a. als gevolg van de explosieve groei in het gebruik van computers.

In tegenstelling tot experimentele laboratorium-methoden, waarover een uitgebreide literatuur bestaat, is er weinig specifieke aandacht besteed aan praktijkmethoden. Zo is er weinig systematisch onderzoek verricht naar de frekwentie waarmee ze worden gebruikt en het succes dat ze opleveren. Er zijn nauwelijks studies bekend waarin praktijkmethoden met elkaar worden vergeleken; een recent literatuuronderzoek leverde slechts twee studies op waarin dit gebeurt voor taakanalyse-methoden (Sackett *et al.*, 1981; Drury, 1983). Onlangs heeft een commissie bestaande uit een aantal vooraanstaande ergonomen in de Verenigde Staten in opdracht van de National Research Council zich gebogen over de stand van zaken m.b.t. praktijkmethoden (Pew, 1983). Deze commissie signaleerde een drietal hoofdproblemen: (1) het ontbreken van een goede documentatie van praktijkmethoden; (2) beperkte mogelijkheden om in bestaande opleidingsinstituten deze methoden te leren en te leren toepassen; en (3) het gebrek aan onderzoek om bestaande methoden te verbeteren en nieuwe te ontwikkelen.

Als oorzaak voor het ontbreken van een systematische documentatie van praktijkmethoden noemt de commissie het feit dat het meeste ergonomische onderzoek en advieswerk sterk probleem- dan wel systeem-gebonden is. Zijn de resultaten eenmaal verwerkt of het advies uitgebracht dan verdwijnt het rapport, zo dat al gemaakt is, in het archief of de bureaula. Een grondige documentatie zou de basis moeten verschaffen om de kennis van de praktijkmethoden te vergroten en het gebruik te verbeteren. In een voorafgaande inventarisatie zou moeten worden nagegaan welke methoden gebruikt zijn en gebruikt worden, hoe ze gebruikt zijn en voor wat voor problemen en vragen, en wat de voor- en nadelen ervan zijn. De uiteindelijk in een documentatie op te nemen methoden zouden dan aan een aantal criteria moeten voldoen. De volgende criteria zijn daarbij voorgesteld:

- *kosten*: is de methode efficiënt qua inspanning en tijd?
- *toepasbaarheid*: is de methode gemakkelijk toe te passen?

- *beschikbaarheid van gegevens*: kunnen de noodzakelijke gegevens op een objectieve en betrouwbare manier worden verkregen?
- *bruikbaarheid van resultaten*: levert de methode resultaten die interpreteerbaar zijn en bruikbaar voor besluitvorming?
- *validiteit*: geeft de methode de informatie die ze verondersteld wordt te geven?
- *theoretische onderbouwing*: is de methode gebaseerd op algemeen aanvaarde gedragswetenschappelijke principes en begrippen?
- *robuustheid*: kan de methode op verschillende problemen worden toegepast en onder wisselende condities?

Met behulp van deze criteria zou een compendium van standaard-methoden kunnen worden opgesteld. De waarde daarvan zou vooral gelegen zijn in de toegankelijkheid van de erin opgenomen methoden voor de praktijk, in de mogelijkheid om als basis te dienen voor opleiding en training in de ergonomie en als uitgangspunt voor onderzoek naar verbetering en verfijning van de methoden en voor ontwikkeling van nieuwe methoden. Daarbij is het uiteraard niet zo dat een compendium dwingend zou moeten voorschrijven hoe een methode in een concreet geval moet worden toegepast. Alleen al de grote verschillen tussen bestaande problemen en de daarbij geldende randvoorwaarden maken dat bij toepassing de methoden een zekere variatie zullen ondergaan.

Uit een eerste poging tot inventarisatie door de commissie zelf is gebleken dat in eerste instantie vijf categorieën van methoden zijn te onderscheiden, te weten die voor:

- *analyse van systemen*, subsystemen, taken, taakbelasting, fysieke afmetingen, fouten, enz.;
- *identificatie van behoeften*, d.m.v. vragenlijsten, interviews, vaststellen van gebruikerspopulatie, registratie van kritische voorvallen en ongevallen;
- *verzameling van gegevens*, d.m.v. film, video, observatie, fysiologische metingen, prestatiemeting, enz.;
- *predictie van systeemprestaties*, op basis van simulatie, regeltheorie, faalkansen;
- *evaluatie van systemen*, d.m.v. check-lists, mock-ups, simulatie en beoordelingsschalen.

Deze categorieën sluiten elkaar niet volledig uit; ze beslaan evenwel het gehele proces vanaf het eerste systeem-concept tot

en met de uiteindelijke evaluatie van het operationele systeem en behoren daarom tot het instrumentarium van de ontwerper. Een op volledigheid aanspraak makende inventarisatie zou uiteraard niet de taak van enkelen kunnen zijn maar is een taak van alle praktijk-ergonomen. Zij zullen een bijdrage dienen te leveren door het openbaar maken van rapporten en door het publiceren van artikelen in de vaktijdschriften over het gebruik van praktijkmethoden. Daarnaast is er behoefte aan speciaal aan methodologie gewijde tekstboeken. Veel ergonomische tekstboeken geven slechts een zeer onvolledige en oppervlakkige beschouwing over methoden, zoals ook bij een recente uitgave moest worden vastgesteld (Oborne, 1982).

Praktijkmethoden behoren tot de belangrijkste hulpmiddelen van ergonomen. Daarom verdienen ze op zichzelf research-aandacht. In de praktijk werkzame ergonomen zijn echter zelden specialisten in methodologische vraagstukken, hetgeen mede een reden kan zijn dat weinig energie wordt gestoken in researchprogramma's om bestaande methoden te verfijnen en nieuwe te ontwikkelen. Door de eerder genoemde commissie wordt reeds een aantal methoden gesuggereerd die qua research voorrang verdienen, met name gezien de frequentie waarmee ze worden gebruikt: analyse van taakbelasting, functie-allocaatie, taak-analyse, survey-technieken en protocol-analyse.

Onlangs is in de vakgroep Organisatiepsychologie van deze TH een begin gemaakt met een inventarisatie van arbeidsanalyse-methoden. Ook hier is de doelstelling om, op basis van wat in de literatuur wordt aangetroffen over aard, gebruik en succes van verschillende methoden, research-behoefte vast te stellen. Zo is er in het bijzonder meer inzicht nodig in het probleem in hoeverre resultaten van arbeidsanalyse-methoden antwoord kunnen geven op de vraag wat voor ergonomische problemen kunnen worden verwacht en welke maatregelen als gevolg daarvan zullen moeten worden getroffen. In het onderzoek zal in dit verband voorlopig uitsluitend aandacht worden besteed aan taken die verricht (moeten) worden in meet- en regelkamers van de procesindustrie.

Gebleken is dat er nogal aanzienlijke verschillen bestaan in de opvattingen over wat men zoal onder arbeids- en taakanalyse dient te verstaan. Deze bevinding is echter niet onbekend. Zo blijkt bijvoorbeeld ook de wijze waarop conflicten tussen deelnemers aan het wegverkeer worden gedefinieerd aanzienlijk te kunnen verschillen. Het is in dit verband vermeldenswaard dat onlangs een praktijkstudie werd verricht waarbij teams van

verschillende landen verkeersconflicten registreerden in dezelfde verkeerssituaties, maar met verschillende methoden, variërend van subjectieve oordelen tot en met registratie met behulp van video. Mede op basis van de uitkomsten van een dergelijke zogenaamde calibratie-studie kunnen uitspraken worden gedaan over betrouwbaarheid, validiteit en gevoeligheid voor situationele factoren van elk van deze conflictregistratie-methoden en daarmee uiteindelijk over de toegankelijkheid en hanteerbaarheid ervan.

Dames en heren,

Algemeen gesteld dient in de bedrijfskunde de onderzoeksvraagstelling reëel bestaande behoeften en problemen in de bedrijfspraktijk te adresseren. De kritiek wordt echter gehoord dat wetenschappelijke onderzoekers in de bedrijfskunde zich niet altijd richten naar de concrete behoeften en problemen die er leven in de praktijk. Ook al mag deze kritiek op het eerste gezicht gerechtvaardigd lijken, bij nadere beschouwing levert ze toch een aantal vragen op. Wat zijn de concrete behoeften en bij wie en waar leven die? Uit de gegeven voorbeelden van meet- en regelkamers en van de onderhoudsvoorzieningen in de nucleaire procesindustrie is een schrijnend beeld naar voren gekomen van het ontbreken van ergonomische kennis en inzichten bij ontwerp en vormgeving van werkruimten. Ook al zal deze situatie niet altijd de belangrijkste oorzaak van verkeerde handelingen en van ongevallen geweest zijn, het staat vast dat in veel gevallen de situatie daardoor wel verergerde. Gewezen werd reeds op het vrijwel totaal ontbreken van ergonomische deskundigheid in de Amerikaanse Nucleaire Commissie en kernenergiecentrales, hetgeen als een bewijs mag gelden dat in dit geval van een concrete behoefte aan deze deskundigheid bij de verantwoordelijke instanties geen sprake was. Ik herinner U aan het onderzoek van Seminara *et al.* (1976), waarin van bedrijfszijde soms zelfs sterk afwijzend werd gereageerd op deze deskundige inbreng: het zou er allemaal minder uitdagend door worden! Bij een recent bezoek aan een meet- en regelkamer van een chemische fabriek kon een min of meer gelijksoortig geluid worden gehoord: 'We schaffen een systeem aan en bevat het ons niet dan gaat het in één keer het raam uit en nemen we een ander systeem,' zo luidde een opmerking. Het aanwezige systeem beviel wel. Maar ik zal U niet nogmaals vermoeien met een waslijst van ergonomische onmogelijkheden die ook daar

kon worden opgemaakt. Op één voorbeeld na: de aanwezigheid van 'Guus'. Guus was het bankje in gebruik bij de operator met dezelfde naam die, klein van stuk als hij was, zich daarmee op voldoende hoogte kon plaatsen om de nodige meters af te lezen of bij te stellen. Met verbazing kijken we naar de onmogelijke werkhoudingen van de op trapezewerkers gelijkende timmerlieden op de prenten van de 18e eeuwse Japanse tekenaar Hokusai. We zouden geen moeite hebben om de negatieve gevolgen daarvan op te sommen. Maar met evenveel gemak accepteren we haast soortgelijke werkhoudingen in 20e eeuwse meet- en regelkamers en fabrieksruimten van kernenergiecentrales! We vergeten dat een ongeluk als gevolg van zulke situaties de inleiding tot een omvangrijke ramp kan zijn, terwijl in het eerste geval de schade tot het enkele individu beperkt zou blijven. Blijkbaar hebben we, aldus Wagenaar, de neiging om gevaarlijke situaties te onderkennen die al eens opgetreden zijn en trekken we ons minder aan van mogelijke ongevallen of rampen die erger zouden kunnen zijn of op geheel andere wijze zouden kunnen ontstaan (Wagenaar, 1977). De in de praktijk levende behoefte zal dan ook eerder worden ingegeven door wat gebeurd is in plaats van wat zou kunnen gebeuren. De ergonomie heeft het hierbij niet gemakkelijk. Heeft hij voor het eerste nog niet altijd de juiste oplossing bij de hand, voor het tweede loopt hij vaak achter. Zo is het vrijwel ondoenlijk in de pas te blijven met ergonomische adviezen bij de zeer snelle ontwikkelingen in het presenteren van informatie op beeldschermen. Ook hier blijkt dat de technische ontwerpers meer oog hebben voor wat er allemaal aan informatie en kleuren op een monitor geplaatst kan worden dan af te gaan op de grenzen van het menselijk kunnen bij opname en verwerking van die informatie. Het gevaar van het niet of niet tijdig onderkennen van de latent aanwezige behoefte aan een ergonomische inbreng is dus zeer reëel. Tijdens het zich ontwikkelend ongeval in de kerncentrale bij Harrisburg waren de operators in de meet- en regelkamer niet in staat te onderkennen of de automatische klep van de drukhouder weer gesloten was, nadat die geopend was als gevolg van een te hoge druk in het reactorvat. De toestand van deze klep werd op het paneel aangegeven met een enkel rood licht. Dit licht brandde wanneer een elektrisch signaal was gegeven om deze klep te openen en ging uit wanneer de klep gesloten werd. Dit ontwerp is in lijnrechte tegenspraak met een gedocumenteerd ergonomisch principe dat luidt: 'de afwezigheid of het doven van een signaal of visuele aanduiding mag niet worden gebruikt voor het gewenste eindresultaat' (U.S. Mil. Std.

- 1472 B). De operateurs waren erop getraind ervan uit te gaan dat de afwezigheid van een status-indicatie van de klep betekende dat deze gesloten was, zonder erop attent te zijn dat het signaal dat de geopende toestand aangaf wel eens uitgevallen zou kunnen zijn. De bedrijfskundige zij met dit voorbeeld gewaarschuwd: ook de afwezigheid van concreet levende behoeften in de praktijk mag niet doen veronderstellen dat die er ook niet in latente vorm zouden zijn. Blootlegging ervan vereist mede hanteerbare ergonomische methoden, in de zin zoals ik U heb trachten aan te geven, en oplossingen zullen in een hanteerbare vorm moeten worden aangereikt willen zij gevaarlijke, ongezonde, inefficiënte en oncomfortabele werkomstandigheden mede helpen voorkomen.

Dames en heren,

Aan het einde van mijn intrede gekomen wil ik mijn dank betuigen aan Hare Majesteit Koningin Beatrix voor haar besluit mijn voordracht voor benoeming tot buitengewoon hoogleraar aan deze Technische Hogeschool te bekrachtigen.

Voorts wil ik mijn dank uitspreken jegens diegenen, die mij voor dit ambt hebben voorgedragen en voor de toestemming, verleend door de hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensie Onderzoek van TNO, dit ambt te mogen aanvaarden.

Aan het College van Bestuur van deze Technische Hogeschool betuig ik mijn dank voor het in mij gestelde vertrouwen.

Hooggeleerde Van de Geer,

U heeft destijds in Leiden mijn belangstelling voor ergonomische vraagstukken gewekt, via wat toen nog de experimentele psychologie heette. Bij nadere confrontatie met ergonomische problemen in de praktijk is Uw wetenschappelijke integriteit mij altijd bijgebleven. Ik ben U daarvoor zeer erkentelijk.

Zeergeleerde Walraven en Van Meeteren,

Onder Uw leiding heb ik mogen ervaren dat wetenschappelijk onderzoek alleen kan gedijen in een sfeer van vrijheid en met gevoel voor kwaliteit. Het IZF biedt een werkomgeving die door beide wordt gekenmerkt en verschaft daardoor de basis, waarop ik in de uitoefening van mijn nieuwe ambt zal kunnen steunen.

Dames en heren medewerkers van het Instituut voor Zintuigfysiologie, in het bijzonder van de afdeling Verkeersgedrag,
Een benoeming van een IZF'er tot kroondocent is tevens een erkenning van Uw kwaliteiten. Dat deze benoeming geschiedt in een multidisciplinair samengestelde afdeling van een Technische Hogeschool is naar mijn mening slechts mogelijk geweest als vrucht van een jarenlange intensieve samenwerking tussen ingenieurs en psychologen, waarvan ik erg veel heb geleerd. Ik hoop van ganzer harte dat deze samenwerking én die tussen het IZF en de THE, zich verder zal verdiepen, respectievelijk zal gaan ontwikkelen.

Hooggeleerde Daniëls,

Met jouw overtuiging Mathé, dat in de afdeling bedrijfskunde vanzelfsprekend ook de ergonomie een plaats behoort in te nemen, stem ik geheel en al in en zeker niet in de eerste plaats omdat mede daardoor de mogelijkheid van een extra-ordinariaat werd geschapen. Ik hoop van ganzer harte dat ik in de uitoefening van mijn ambt jouw ideeën hieromtrent in niet onbelangrijke mate zal weten te realiseren.

Hooggeleerde Bagchus,

Als collega proximus, nu ook meer definitief in ruimtelijke zin, stel ik de samenwerking met jou, Paul, zeer op prijs. Alhoewel de beschikbare tijd van een extra-ordinarius slechts een wekelijks verblijf van beperkte duur in de vakgroep betekent, heb ik het gevoel dat onze samenwerking aan efficiëntie niets te wensen overlaat. Dit ondanks het feit dat door het overlappende takenpakket van een ordinarius ook jouw tijd om je met de vakgroep te bemoeien vaak zeer ernstig bedreigd wordt.

Leden van de vakgroep organisatiepsychologie,

De introductie van ergonomische deskundigheid in een bedrijf is een proces dat diverse sociaal-psychologische stadia moet doorlopen. De vanzelfsprekendheid waarmee U mij in Uw midden hebt opgenomen laat geen ruimte voor twijfel aan het succes van een op dit punt zo noodzakelijke samenwerking.

Dames en heren studenten in de bedrijfskunde,

Door de veelheid van verschillende werksituaties waarin mensen zich bevinden behoeft U niet te vrezen voor een tekort aan ergonomische problemen. In Uw toekomstige werkkring zult U daarvan voldoende doordrongen raken, mits U bereid bent de latente behoefte aan een ergonomische inbreng mede op te

sporen en bloot te leggen. Bij alle denkbare werkzaamheden zijn mensen betrokken. Als aanstaand bedrijfskundig ingenieur kunt U zich daarom geen betere investering wensen dan de vormgeving van taken en werksituaties die rekening houdt met menselijke mogelijkheden en beperkingen.

Dames en heren toehoorders,

Ik dank U voor Uw aandacht.

Literatuur

- Bailey, R.W., *Human performance engineering, a guide for system designers*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc. p. 126.
- Bomers, G.B.J., Ontwikkelingen in de bedrijfskunde. *Bedrijfsvoering*, 12, december 1982.
- Drury, C.G., Task analysis methods in industry. *Applied Ergonomics*, 14 (1), 1983.
- Hopkins, C.O., Human Factors Society developing long-range plan for Nuclear Regulatory Commission. *HFS Bulletin*, 24(9), 1981.
- Hopkins, C.O., H.L. Snyder, H.E. Price, R.J. Hornick, R.R. Mackie, R.J. Smillie & R.C. Sugarman, Critical human factors issues in nuclear power regulation and a recommended comprehensive human factors long-range plan. NUREG/CR 2833, vol. 1 2 & 3, Santa Monica, 1982.
- Kemeny, J.G. (chairman), Report of the President's Commission on the accident at Three Mile Island. U.S. Washington, D.C., Government Printing Office, 1979 (Nederlandse vertaling: Amsterdam, Kosmos, 1980).
- Kragt, H. & E. Piso, *Meetkamer-Vademecum; een ergonomische leidraad*. Deventer, Kluwer, 1983.
- Malone, T.B., M. Kirkpatrick, K. Mallory, D. Eike, J.H. Johnson & R.W. Walker, Human factors evaluation of control room design and operator performance at Three Mile Island - 2. NUREG/CR-1270, volume 1 & 2, Washington D.C., U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1980.
- Oborne, D.J., *Ergonomics at work*. New York, Wiley, 1982.
- Pew, R.W. (chairman, Committee on Human Factors), *Research needs for human factors*. Washington D.C., National Academy Press, 1983.
- Sackett, P.R., E.T. Cornelius & T.J. Carron, A comparison of global judgment vs. task oriented approaches to job classification. *Personnel Psychology*, 1981, 34, 791-804.
- Seminara, J.L., W.R. Gonzalez & S.O. Parsons, Human factors review of nuclear power plant control room design. Report no. EPRI NP-309, Palo Alto, Electric Power Research Institute, 1976.
- Seminara, J.L., & S.O. Parsons, Nuclear power plant maintainability. *Applied Ergonomics*, 13 (3), 1982.
- Senders, J.W., *Visual sampling processes*. Proefschrift, Soest, Neo-Print, 1983. Een van de stellingen bij dit proefschrift luidt: 'Three Mile Island has done more for the field of Engineering Psychology than all the special pleadings of its promoters in the past'.
- Swain, A.D., Preliminary human factors analysis of Zion nuclear power plant. NUREG 76-6503, Washington D.C., U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1975.

Topmiller, D.A., Methods: past approaches, current trends and future requirements. In: J. Moraal & K.F. Kraiss (Eds.), *Manned systems design; methods, equipment and applications*. New York, Plenum Press, 1981.

U.S. Military standard 1472 B, Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities. December 1974.

Wagenaar, W.A., *De beste stuurder dempen de put*. Baarn, Ambo, 1977.