

Mens en Arbeid: effecten van automatisering

Commissie voor Ontwikkelingsproblematiek van Bedrijven (COB)



ZVO
E22 3)

SER

Sociaal-
Economische
Raad

Mens en Arbeid: effecten van automatisering

ZVO

E. 22

(3)

Onderzoekers:
dr. C.L. Ekkers,
drs. A.A.F. Brouwers
ir. C.K. Pasmooij
drs. P.M. de Vlaming

Een gezamenlijke uitgave van
Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg/TNO
Commissie voor Ontwikkelingsproblematiek van Bedrijven/SER

1980

IBISSTAMBOEKNUMMER

5923/000



SER

Sociaal-
Economische
Raad

Inhoud

TEN GELEIDE III

SAMENSTELLING COB-BEGELEIDINGSCOMMISSIE V

1 INLEIDING 1

2 TECHNOLOGIE EN AUTOMATISERING 7

2.1 Automatisering

2.1.1 Redenen voor automatisering

2.1.2 Effekten van automatisering

2.1.3 Menselijke stuur- en regeltaken

2.2 Ontwikkelingen met betrekking tot stuur- en regeltaken; niveaus van automatisering

2.3 Achterliggende technologische ontwikkelingen

2.3.1 Procesbeheersingssystemen

2.3.2 Administratieve computersystemen

3 GEVALBESCHRIJVINGEN

4 TAAKONTWERP

4.1 Taakinhoud

4.2 De organisatie

4.3 Ergonomische aspecten en fysieke arbeidsomstandigheden

5 ONDERZOEKSRÉSULTATEN

5.1 Opzet van het onderzoek

5.2 Resultaten

5.2.1 Verschillen tussen arbeidssituaties met verschillende niveaus van automatisering

5.2.2 Verschillen tussen arbeidssituaties bij een hoog niveau van automatisering

6 KONSEKWENTIES T.A.V. ONTWERP VAN GEAUTOMATISEERDE SYSTEMEN

6.1 Ontwerp nieuw mens-machine-systeem

6.2 Aanpassing bestaand systeem

7 SAMENVATTING EN PERSPEKTIEF

7.1 Samenvatting

7.2 Konsekwenties voor ontwerp

7.3 Perspektief

7.3.1 Procesbeheersingssystemen

7.3.2 Administratieve computersystemen

AANBEVOLEN LITERATUUR

Ten geleide

Sociale konsekwenties van technologische ontwikkelingen staan de laatste jaren sterk in de belangstelling. Algemeen groeit het besef, dat bij de besluitvorming over de toepassing van moderne technologieën niet uitsluitend overwegingen van technisch-economische aard een rol mogen spelen. Automatisering van arbeidstaken kan worden beschouwd als een van de terreinen waarvoor dit in het bijzonder geldt.

Naast de discussie over werkgelegenheidseffekten is het van belang na te gaan wat voor nieuwe soorten werk als gevolg van automatisering ontstaan. In hoeverre komt dit werk tegemoet aan behoeften en verwachtingen van werknemers ten aanzien van zinvolle arbeid en mogelijkheden zich in het werk te ontplooiën? Deze discussie heeft onlangs nieuwe impulsen gekregen door de opkomst en stormachtige ontwikkeling van de micro-electronica. Verwacht wordt dat veel arbeidstaken in de toekomst beter en goedkoper met behulp van elektronische apparatuur kunnen worden uitgevoerd. Het werk van veel mensen zal dan bestaan uit het besturen en controleren van geautomatiseerde technische systemen.

Waaruit bestaat dit werk en hoe wordt het door de betrokken werknemers ervaren? Deze vraag lag ten grondslag aan het onderzoek 'Menselijke Stuur- en Regeltaken' dat door onderzoekers van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg/TNO is uitgevoerd.

Dit onderzoek werd gedeeltelijk gesubsidieerd door de Ministeries van Sociale en Economische Zaken. Subsidieverstreking vond plaats via de Commissie voor Ontwikkelingsproblematiek van Bedrijven (COB, toentertijd nog Commissie Opvoering Produktiviteit, COP) van de Sociaal Economische Raad (SER), die voor dit onderzoek in 1974 een begeleidingscommissie instelde. Van het onderzoek is bij het NIPG/TNO een wetenschappelijk eindrapport verschenen. Het leek de begeleidingscommissie echter gewenst, dat de onderzoeksresultaten op een voor een breder publiek toegankelijke manier naar buiten gebracht zouden worden. Met behulp van een subsidie van het Ministerie van Economische Zaken is dan ook dit boekje als een verkorte versie van het onderzoeksverslag tot stand gekomen. Het is vooral bestemd voor funktionarissen in bedrijven die op enigerlei wijze (bv. als technicus, organisatiedeskundige, personeelschef, ergonoom, O.R.-lid of als betrokken werknemers) betrokken zijn bij het tot stand komen van arbeidstaken die als gevolg van automatisering ontstaan.

In het boekje wordt een aantal problemen gesignaleerd die uit het onderzoek bij enkele tientallen bestaande arbeidssituaties naar voren zijn gekomen. Verder wordt met name op de te volgen werkwijze bij het ontwerp van dit soort arbeidstaken nader ingegaan. Moge deze publikatie er toe bijdragen, dat in de toekomst bij het ontwerp van arbeidssituaties bij geautomatiseerde technische systemen, overwegingen met betrekking tot het menselijk

funktioneren in deze systemen een belangrijker rol zullen gaan spelen.

Ir. D.P. Rookmaaker,
voorzitter COB-begeleidingscommissie
projekt 'Menselijke Stuur- en Regeltaken'

Samenstelling COB- Begeleidingscommissie

In de rapporteringsfase van het onderzoek

Voorzitter:

ir. D.P. Rookmaaker, voorzitter Nederlandse Vereniging voor Ergonomie

Secretaris:

drs. R.A.J. van der Moolen, secretariaat Commissie voor Ontwikkelingsproblematiek van Bedrijven

drs. E.J. Dubel, namens de centrale werkgeversorganisaties

dr. A. Baumgarten Ing. R.A., namens de centrale werknemersorganisaties

drs. H.F.J. Freutel, adjunct-directeur Nijverheidsorganisatie TNO

drs. G.G.F.M. Husmann, namens het Ministerie van Economische Zaken

drs. R.A.F. van der Meulen, namens het Ministerie van Sociale Zaken

Verder hebben de volgende personen meer of minder lange tijd zitting gehad in de begeleidingscommissie:

dr. J.W.H. Leslie Miller, namens de centrale werknemersorganisaties

J.G.L. Berlott, namens het Ministerie van Economische Zaken

drs. W. Tuunter, namens het Ministerie van Economische Zaken

drs. C.J. Vos, namens het Ministerie van Sociale Zaken

drs. G. Wagemaker, namens het Ministerie van Sociale Zaken

1 Inleiding

De laatste jaren is er bij de overheid en in het bedrijfsleven een toenemende belangstelling merkbaar voor de verbetering van werk en werkomstandigheden, met name in de industrie. Verbetering wordt dan gezien in termen van 'humane' criteria, zoals de afwezigheid van gezondheidsbedreigende invloeden, en anderzijds de aanwezigheid van mogelijkheden voor individuele groei en ontplooiing en beïnvloeding van de eigen arbeidssituatie; vandaar dat ook wel wordt gesproken over het streven naar 'humanisering van de arbeid'. In veel bedrijven vinden experimenten plaats op het gebied van werkstructurering en medezeggenschap met het doel de arbeid meer in overeenstemming te brengen met de mogelijkheden en behoeften ten aanzien van een zinvolle taakvervulling van de werkende mens. Bij de overheid komt dit streven onder andere tot uitdrukking in de nieuwe wet op de arbeidsomstandigheden en in de subsidieregeling arbeidsplaatsverbetering op grond waarvan aan bedrijven bijdragen worden verstrekt bij activiteiten gericht op het wegnemen van onaangename of ongezonde werkomstandigheden. Ook in het buitenland vinden soortgelijke ontwikkelingen plaats.

Dit gebeurt in een tijd waarin enerzijds weliswaar sprake is van een toenemende werkloosheid, doch anderzijds voor veel functies vaak moeilijk mensen te krijgen zijn. Dit wijst op een discrepantie tussen de kwaliteit van het aangeboden werk en de eisen die hieraan door (potentiële) werknemers gesteld worden. Enerzijds is dit toe te schrijven aan het stijgende opleidingsniveau van de bevolking, anderzijds zijn ook veranderingen merkbaar in normen en waarden ten aanzien van aan arbeid te stellen eisen.

In een aantal gevallen is het duidelijk waar de problemen liggen: monotone, kort-cyclische arbeid als gevolg van mechanisering komt nog steeds voor en ook moeten nog veel mensen hun werk verrichten onder uiterst onaangename en soms ook ongezonde werkomstandigheden. Het wekt dan ook geen verwondering dat veel humaniseringsprojecten zich juist op dit soort situaties hebben gericht.

Niettemin zien we ook problemen met de arbeidsmotivatie en -tevredenheid optreden in situaties waar uit de aard van de te verrichten arbeid en de arbeidsomstandigheden niet direkt is af te leiden waar de oorzaak zou kunnen liggen. Immers, in veel situaties is in de loop der jaren al het een en ander verbeterd. Het leveren van fysieke inspanning is in de meeste gevallen niet meer nodig doordat machines dit hebben overgenomen. Ook de kort-cyclische, repetitieve arbeid zoals die als gevolg van mechanisering vaak optrad is in veel gevallen vervangen doordat automatisering integratie van taakelementen mogelijk maakte. Verder is er voor de fysieke arbeidsomstandigheden (geluid, stank, stof, verlichting e.d.) meer aandacht gekomen zodat veel werk onder aanzienlijk comfortabeler omstandigheden kan worden verricht dan enkele tientallen jaren geleden. In een aantal bedrijven adviseren ergonomen over de optimale opstelling van de machines in de werkruimten en dragen zorg voor comfortabele en veilige bedieningsmogelijkheden van de apparatuur.

De arbeidssituaties die in dit boekje aan de orde zijn vormen een categorie die bij uitstek typerend is voor deze ontwikkeling. Het gaat hier om zogenaamde stuur- en regeltaken. Dit zijn taken waarbij een of meer taakuitvoerders een complex min of meer geautomatiseerd technisch systeem (bijv. een chemische fabriek of een elektriciteitsopwekkingseenheid) regelen (in een vooraf ingestelde toestand houden) en sturen (in een nieuwe toestand brengen). In plaats van op motorische arbeid, zoals in de gemechaniseerde industrie veel voorkomt, ligt het accent hierbij op het verwerken van informatie en het nemen van beslissingen. De taakuitvoerder staat of zit meestal achter een paneel in een centrale meet- of regelkamer, kommandoruimte of computerzaal; via dit paneel krijgt hij informatie binnen uit het technisch systeem (via meters, lampen of beeldschermen) en kan hij de installatie op afstand sturen en regelen. Deze taken komen onder andere voor bij elektriciteitscentrales (kern- en konventionele centrales), in de chemische procesindustrie, de metaalindustrie (bediening van hoogovens, warmbandwalserij), bij transportsystemen (luchtverkeersleiding, treinverkeersleiding en scheepsverkeersbegeleiding met behulp van radar), administratieve computersystemen en dergelijke. Naar schatting wordt dit soort werk in Nederland momenteel door enkele tienduizenden werknemers verricht, terwijl verwacht mag worden dat dit aantal toe zal nemen.

Technologische ontwikkelingen die veelal met de term 'automatisering' worden aangeduid, hebben in veel gevallen geleid tot schaalvergroting van de genoemde typen technische systemen, terwijl deze systemen tegelijkertijd complexer van aard zijn geworden (dat wil zeggen de onderdelen hangen, zowel wat betreft de constructie als de wijze van functioneren, op een ingewikkelder manier samen). Dit is mogelijk geworden dankzij het beschikbaar komen van steeds geavanceerdere regelapparatuur en automatische informatieverwerkende apparatuur (waaronder computers), waardoor grote hoeveelheden gegevens in korte tijd verwerkt kunnen worden en vrijwel volledig automatische besturing van deze systemen of delen daarvan mogelijk wordt. Op die manier wordt menselijke arbeid in toenemende mate overgenomen door machines en in veel gevallen treedt de menselijke taakuitvoerder op als beheerder en bewaker van een centraal geregeld min of meer geautomatiseerd technisch systeem.

Niet alleen is dus een nieuw type taken, stuur- en regeltaken, ontstaan maar ook zijn deze taken zelf weer aan verandering onderhevig door steeds verdergaande automatisering en schaalvergroting.

Voor de taakuitvoerder verlopen deze ontwikkelingen niet probleemloos. Het knelpunt bij deze arbeidssituaties wordt niet zozeer gevormd door de fysieke belasting of de arbeidsomstandigheden (hoewel ook op dit punt vaak nog wel verbeteringen mogelijk zijn), maar door de taakinhoud en de wijze waarop de taak is ingepast in de organisatie. Eén van de meest genoemde punten is hier het probleem dat de steeds verdergaande automatisering leidt tot een uitholling van de menselijke arbeidstaak. In vergevorderde stadia van automatisering is de taak van de mens vaak beperkt tot het eenmalig inschakelen van het technisch systeem en vervolgens het passief op afstand bewaken (wachten op alarmsignalen) daarvan.

Op deze wijze wordt slechts zeer incidenteel een beroep gedaan op de capaciteiten van de taakuitvoerder en ontbreken gedurende de meeste tijd mogelijkheden voor het verrichten van zinvolle arbeid. Verwacht mag worden dat het uitvoeren van dit soort werk op langere termijn ongunstige effecten heeft op de betrokken werknemers. Andere problemen die zich bij dit type arbeidssituaties

voor kunnen doen en die hier kort kunnen worden aangeduid, zijn: het onder spanning komen te staan van de taakuitvoerder door een teveel aan te verwerken informatie (overbelasting), problemen met de beheersbaarheid (en eventueel de veiligheid) van grootschalige en complexe technische systemen, het routinewerk dat soms in hoog tempo moet worden uitgevoerd bij laaggeautomatiseerde technische systemen, ergonomische problemen met betrekking tot de vormgeving van het informatie- en bedieningspaneel (in dit verband kan als voorbeeld de recentelijk op gang gekomen discussie over het gebruik van beeldschermen vermeld worden), problemen met betrekking tot de afstemming van de organisatie op de specifieke eisen die dit soort werk met zich meebrengt, problemen met betrekking tot de ploegendienst (in vrijwel alle arbeidssituaties van dit type wordt in enigerlei vorm van ploegendienst gewerkt) en dergelijke.

Het vermoeden bestaat dat juist de meer recente technologische ontwikkelingen die hebben geleid tot het ontstaan van hoger geautomatiseerde, grootschaliger en complexere technische systemen, de hierboven aangeduide problemen in sterkere mate naar voren brengen. Mede met het oog op de toekomst lijkt het dan ook van belang na te gaan in hoeverre door verdergaande automatisering inderdaad sprake is van een verslechtering van de kwaliteit van de arbeid ten opzichte van eerdere stadia van automatisering zoals die zich in de vijftiger en het begin van de zestiger jaren hebben voorgedaan. Onderzoekingen uit die tijd lieten een relatief gunstig beeld zien van deze (volgens huidige criteria laag) geautomatiseerde arbeidssituaties in vergelijking met de gemechaniseerde arbeid (lopende band) zoals die toentertijd plaatsvond.

Om een beeld te krijgen van de gevolgen van de hierboven globaal aangeduide technologische ontwikkelingen is in 24 verschillende arbeidssituaties met verschillende niveaus van automatisering van het technisch systeem een vergelijkend onderzoek uitgevoerd waarbij in iedere situatie gegevens zijn verzameld over het technisch systeem, de taakinhoud en de organisatie. Ook zijn de betrokken taakuitvoerders (operators) geïnterviewd over hun subjectief ervaren gezondheidstoestand. Tevens zijn voor iedere situatie de ziekteverzuimgegevens verzameld. Op deze wijze is een beeld verkregen van het menselijk functioneren in verschillende typen technische systemen, op grond waarvan uitspraken kunnen worden gedaan over de gevolgen van verschillen tussen technische systemen (bijv. een hoge of een lage automatiseringsgraad) voor de werksituatie van de onderzochte werknemers.

Het uitgangspunt van dit onderzoek is geweest dat overwegingen met betrekking tot de vormgeving en de organisatie van de menselijke arbeid in veel gevallen een te geringe rol spelen bij het ontwerpen van geautomatiseerde technische systemen. Dit leidt ertoe dat de taak van de operator(s) bij een technisch systeem in een aantal gevallen niet meer is dan een vrij willekeurige verzameling (deel)taken die om technische en/of economische redenen niet geautomatiseerd konden worden.

Uiteraard hebben hier dan wel overwegingen een rol gespeeld met betrekking tot de uitvoerbaarheid van deze taken door de taakuitvoerder (hoewel vaak ook nog niet voldoende), maar dit leidt nog niet tot een taakstructuur die door de operator als zinvol wordt ervaren en ook op langere termijn bevredigend is en motiverend voor een goede taakuitoefening. Deze laatste aspecten moeten echter wel als uitermate belangrijk worden gezien, allereerst op grond van humane overwegingen, maar zeker ook omdat een verslechterde taakuitvoering van de operator door gebrek aan satisfactie en motivatie ernstige gevolgen kan hebben voor het technisch systeem

en (in een aantal gevallen) ook voor de omgeving. Ondanks de verdergaande automatisering is de taak van de operator namelijk van cruciaal belang bij de meeste geautomatiseerde technische systemen. Zijn taak is het om plotseling optredende storingen in het functioneren van het technisch systeem onder controle te krijgen met zo min mogelijk schade aan mensen, apparatuur etc. en met een zo gering mogelijk produktieverlies.

De operator draagt dan ook vaak een zware verantwoordelijkheid, omdat produktieverlies en apparatuurschade meestal grote financiële konsekwenties hebben. Verder speelt bij veel technische systemen (bijv. kerncentrales, chemische procesindustrie) de verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de in en rondom het systeem aanwezige mensen een grote rol. In dit licht bezien is het van groot belang dat de taak van de operator zo goed mogelijk voldoet aan de eisen die hieraan vanuit het oogpunt van menselijke mogelijkheden en behoeften gesteld kunnen worden. Het hierna te beschrijven onderzoek is erop gericht na te gaan in hoeverre de thans plaatsvindende technologische ontwikkelingen in dit opzicht als gunstig of ongunstig beoordeeld kunnen worden. Dit is te meer belangrijk omdat we kunnen verwachten dat dit type arbeidssituaties in de toekomst relatief steeds meer zal gaan voorkomen als gevolg van de mogelijkheden die door de zich ontwikkelende technologie geboden worden om allerlei produktiesystemen en administratieve systemen te automatiseren.

Gefundeerde kennis over de gevolgen van deze ontwikkelingen voor de menselijke arbeidstaak is nodig om het mogelijk te maken dat bij het technisch ontwerp van dit soort systemen reeds in een vroeg stadium rekening wordt gehouden met de mensen die later het technisch systeem zullen gaan besturen.

Dit boekje is verder als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de technologische ontwikkelingen en de gevolgen die deze hebben voor de mate van automatisering van stuur- en regeltaken in procesbeheersingssystemen en administratieve computersystemen.

In hoofdstuk 3 wordt een viertal gevalbeschrijvingen gepresenteerd, waaruit een indruk kan worden opgedaan van de mogelijke effecten van het niveau van automatisering op de taakinhoud en de subjektieve beleving hiervan door de operator.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de verschillende gedachtengangen achter het taakontwerp bij stuur- en regeltaken.

In hoofdstuk 5 worden op meer systematische wijze de resultaten beschreven van het uitgevoerde vergelijkende onderzoek bij 24 stuur- en regeltaken.

In hoofdstuk 6 worden konklusies getrokken van belang voor het ontwerpen van geautomatiseerde technische systemen en de daarbij behorende taken, alsmede de organisatie waarin deze taken worden ingepast.

In hoofdstuk 7 wordt een samenvatting gegeven en worden mogelijke effecten van toekomstige technologische ontwikkelingen besproken.

2 Technologie en automatisering

Zoals in de inleiding is uiteengezet hebben technologische ontwikkelingen een grote invloed gehad op het ontstaan en de verdere ontwikkeling van de arbeidssituaties die in dit boekje aan de orde zijn. In het bijzonder gaat het hier om ontwikkelingen op het gebied van de elektronika, waarbij de ontdekking van de transistor vlak na de oorlog als een belangrijke mijlpaal kan worden beschouwd. De relatief autonome ontwikkeling van dit vakgebied heeft veel impulsen gegeven aan de automatisering. Het beschikbaar komen van steeds kleinere elektronische componenten (micro-electronica) met steeds meer mogelijkheden heeft geleid tot de ontwikkeling van complexe samengestelde informatieverwerkende systemen. De snel verbeterende prestatie/kostprijs verhouding van de halfgeleiders (in tien jaar een faktor 10^5) speelt bij het ontwikkelen van deze toepassingen een belangrijke rol. We gaan nu iets dieper in op de automatisering die als gevolg hiervan mogelijk is geworden.

2.1 Automatisering

Niet altijd is even duidelijk wat nu precies onder automatisering van technische systemen verstaan moet worden. Gesteld kan worden dat geautomatiseerde technische systemen een aantal gemeenschappelijke kenmerken hebben:

- mechanisering, dat wil zeggen energie nodig voor transport of productie wordt door machines geleverd;
- centrale informatiepresentatie (elektronisch, hydraulisch, pneumatisch) met betrekking tot het verleden, heden en soms toekomst van het technisch systeem vindt plaats via een interface (waarnemingspaneel);
- centrale bediening (elektronisch, hydraulisch, pneumatisch) via hetzelfde interface (bedieningspaneel);
- directe beïnvloeding door de menselijke taakuitvoerder van de geregelde variabelen ofwel de mogelijkheid de ingestelde normwaarden (setpoints) van het automatische regelsysteem te veranderen.

Deze aspecten komen vaak in verschillende vormen in combinatie met elkaar voor, zodat onder de benaming 'geautomatiseerd' systeem zeer verschillende typen technische systemen kunnen vallen, bijvoorbeeld een chemisch proces en een auto.

2.1.1 Redenen voor automatisering

Automatisering van productieprocessen en transportsystemen wordt doorgevoerd om verschillende redenen. In het rapport 'Automatisering' van de SER (1968) worden de volgende genoemd:

- opheffing van tekort aan arbeidskrachten, waaronder tekorten ten gevolge van monotone, ongeregelde, zware of vuile arbeid;
- de loon- en kostenfaktor;

- een betere verwerking van de informatiestroom;
- een betere beheersing van het productieproces;
- verbetering van de interne organisatie;
- vergroting van de produktie;
- verbetering van de arbeidsomstandigheden.

Hoewel in deze opsomming de verbetering van de arbeidsomstandigheden wordt genoemd, kan wel gesteld worden dat beslissingen omtrent automatisering voornamelijk genomen worden op grond van economische motieven. Hierbij is de mate van automatisering dan vaak weer afhankelijk van de technische mogelijkheden.

2.1.2 Effecten van automatisering

Evenals andere technologische ontwikkelingen heeft de verdergaande automatisering in de loop der jaren diepgaande effecten gehad op allerlei aspecten van de samenleving. Naast positieve effecten zijn hier ook negatief te waarden effecten te onderscheiden.

Het inzicht in deze effecten geeft momenteel aanleiding tot het zoeken naar mogelijkheden voor maatschappelijke beoordeling (aspectenonderzoek, technology assessment) en beheersing van technologische ontwikkelingen op allerlei terreinen aan de hand van andere dan alleen financieel-economische criteria (milieuproblematiek, afvalproblemen bij gebruik van kernenergie e.d.).

Wanneer we ons nu tot de effecten van automatisering beperken, dan kunnen we die op verschillende niveaus bekijken:

– *Maatschappijniveau*

Een van de belangrijkste discussiepunten betreft hier het effect van automatisering op de arbeidsmarkt zowel in kwantitatieve als in kwalitatieve zin. Bij het eerste punt gaat het erom of de eventuele afname van de werkgelegenheid in de sektor waar de automatisering plaatsvindt voldoende wordt gecompenseerd door de eventuele toename van de werkgelegenheid in andere sectoren, zoals de automatiseringsindustrie.

In kwalitatieve zin is er het probleem van de aansluiting van het niveau en de inhoud van de nieuw ontstane functies op het steeds stijgende opleidingsniveau van de potentiële werknemers. Ook moet hierbij rekening worden gehouden met veranderende waardenoriëntaties ten opzichte van arbeid in de maatschappij die ertoe leiden dat steeds hogere eisen worden gesteld aan de kwaliteit van de arbeid in de zin van mogelijkheden voor eigen verantwoordelijkheid, zelfstandigheid en ontplooiing.

– *Bedrijfsniveau*

Invoering van automatisering in een bedrijf heeft doorgaans belangrijke konsekventies voor de organisatie. Vaak is zelfs van een complete reorganisatie sprake. Als gevolg van de automatisering vallen bepaalde functies weg, terwijl nieuwe ontstaan (bijv. meer computerprogrammeurs of onderhoudspersoneel bij een afname van direkt produktieve arbeidskrachten) waaraan andere eisen gesteld worden in termen van opleiding en ervaring.

Een ander belangrijk gevolg is vaak de invoering van de één of andere vorm van kontinudienst ten einde de vaak kostbare investeringen rendabel te maken.

– *Niveau van de arbeidstaak*

Als gevolg van automatisering is een bepaalde categorie taken

plaatsvinden, bijvoorbeeld actief de verschillende meters in de gaten houden, respectievelijk slechts reageren op bepaalde alarmsignalen. Mede afhankelijk van de automatiseringsgraad wordt een zekere hoeveelheid tijd besteed aan *bedieningsactiviteiten*. Het kan hier gaan om bijstellingen aan het productieproces alsook om reacties op storingssituaties.

Vaak wordt een aanzienlijke hoeveelheid tijd besteed aan communicatie-activiteiten. We kunnen hierbij een onderscheid maken tussen overleg met collega-operators of de ploegchef enerzijds, en zogenaamde indirecte regeling van het systeem door middel van opdrachten aan veldoperators anderzijds. In sommige gevallen (luchtverkeersleiding) wordt het systeem *direct* door middel van communicatie gestuurd.

Tenslotte is er een aantal activiteiten die samengevat kunnen worden als gericht op de *toekomstige effectiviteit* van het systeem, zoals administratie en onderhoud van het systeem.

Procestoestanden

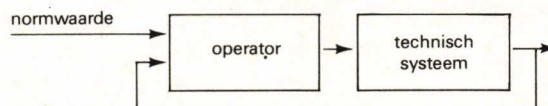
De tijdsbesteding van de operator(s) zal in de loop van de tijd fluktuëren mede onder invloed van de toestand waarin het systeem of proces zich bevindt. We kunnen hierbij onderscheid maken tussen het *opstarten* of in bedrijf nemen van het systeem, het *afregelen* of uit bedrijf nemen, normaal bedrijf of *stationair procesverloop* en *storingssituaties*. Afhankelijk van het type proces en de automatiseringsgraad zal ieder systeem een karakteristiek beeld vertonen wat betreft de onderlinge afwisseling van deze procestoestanden.

2.2 Ontwikkelingen met betrekking tot stuur- en regeltaken; niveaus van automatisering

Gegeven de algemene kenmerken van stuur- en regeltaken, zoals die in het voorgaande zijn aangegeven, is er ook sprake van veranderingen die dit soort taken als gevolg van technologische ontwikkelingen ondergaan. Een begrip dat in dit verband vaak gehanteerd wordt is de automatiseringsgraad. Op de precieze betekenis hiervan zullen we hier niet ingaan, maar vanuit de menselijke arbeidstaak gezien kunnen we het opvatten als een begrip dat aangeeft in welke mate de regeling van het systeem aan de operator dan wel aan de automaat is overgelaten.

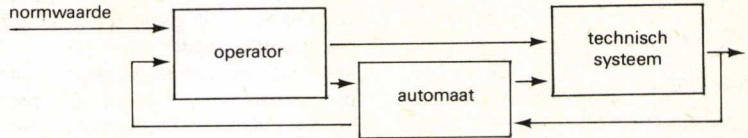
Verdergaande automatisering (verhoging van de automatiseringsgraad) houdt dus in dat de regeling in sterkere mate aan de automaat wordt overgelaten, wat in principe betekent dat er minder regelactiviteiten overblijven voor de operator. Vaak is een dergelijk effect niet zo duidelijk omdat systemen in een aantal gevallen niet alleen hoger geautomatiseerd worden, maar tegelijkertijd ook complexer en grootschaliger zijn, waardoor weer extra, eventueel andersoortig werk voor de operator kan ontstaan. Niettemin zien we de automatiseringsgraad als een belangrijke ingang om de effecten van technologische ontwikkelingen op stuur- en regeltaken na te gaan. We maken onderscheid tussen drie niveaus van automatisering, namelijk:

Niveau I: Manuele regeling



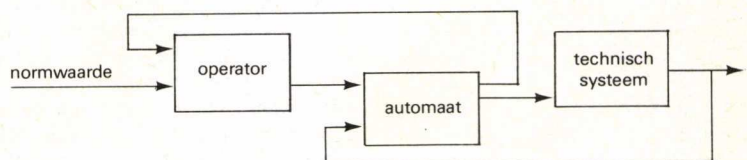
De operator is direct ingeschakeld bij de regeling en is volledig opgenomen in de gesloten regelkring. Deze vorm van inschakeling van de operator wordt in het algemeen manuele regeling genoemd. Een voorbeeld van deze vorm van regeling zal verderop in de vorm van een gevalbeschrijving gepresenteerd worden. Het zal hierbij gaan om de besturing van een zandzuigsysteem.

Niveau II: Inschakeling informatieverwerkend systeem



Bepaalde regelakties worden door de operator verricht, doch andere ingrepen worden door een automaat verricht. Zowel de operator als de automaat krijgen informatie uit het technisch systeem, aangezien de automaat voor de operator ook een informatieverwerkende functie heeft. De operator kan de ingestelde waarden (setpoints) van de automaat instellen. Deze vorm van regeling noemt men vaak automatische regeling. We kunnen hierbij onderscheid maken tussen situaties waarbij het grootste deel van de regeling nog direct verloopt (niveau IIa) en situaties waarbij het grootste deel van de regeling via de automaat verloopt (niveau IIb). Bij de gevalbeschrijvingen wordt een voorbeeld van de eerste categorie gegeven in de vorm van de taak van de console-operator in een bankcomputercentrum en van de laatste categorie in de vorm van een operatorstaak bij een farmaceutische fabriek.

Niveau III: Superviserende regeling



Het technisch systeem wordt nu volledig door de automaat geregeld, waarbij de operator een bewakende functie heeft. Als de operator het nodig acht kan hij in de regeling ingrijpen door de setpoints van de automaat te wijzigen. Deze vorm van regeling noemt men *aktieve* superviserende regeling. De operator maakt niet meer kontinu deel uit van de gesloten regelkring.

Bij een andere vorm van superviserende regeling wordt het inschakelen van de operator in de regeling niet door de operator zelf bepaald, doch geeft de automaat een storingsmelding in geval dat nodig is. De taak van de operator is hierbij beperkt tot het ingrijpen in de regeling bij deze storingsituaties. Deze vorm van regeling noemen wij *passieve* superviserende regeling.

Bij de gevalbeschrijving wordt een voorbeeld van deze laatste categorie gegeven in de vorm van de operatorstaak bij een stoomwacht van een elektriciteitscentrale.

2.3 Achterliggende technologische ontwikkelingen

Voordat we nu overgaan tot de gevalbeschrijvingen behorend bij de verschillende niveaus van automatisering, zullen eerst de technologische ontwikkelingen die hebben geleid tot deze niveaus van automatisering nader besproken worden. Het is hierbij van belang een onderscheid te maken tussen twee typen technische systemen waarbij stuur- en regeltaken voorkomen. De technologische ontwikkelingen met betrekking tot deze typen zijn in grote lijnen analoog, doch de effecten op de automatiseringsgraad zijn verschillend. De twee typen kunnen als volgt worden aangeduid. In de eerste plaats heeft het beschikbaar komen van de informatieverwerkende systemen geleid tot het toepassen hiervan bij de beheersing van industriële produktiesystemen, verkeerssystemen en dergelijke. In het vervolg zullen wij in dit kader spreken van *procesbeheersingssystemen*.

In de tweede plaats zijn de samengestelde informatieverwerkende systemen een eigen rol gaan spelen, en wel als *administratieve computersystemen*.

Beide soorten technische systemen hebben met betrekking tot het functioneren van de taakuitvoerder veel gemeenschappelijke aspecten.

2.3.1 Procesbeheersingssystemen

Aan procesbeheersingssystemen kunnen in het algemeen een drietal aspecten onderscheiden worden. De te regelen grootheden moeten middels opnemers *gemeten* worden, welke informatie na *verwerkt* te zijn al of niet aanleiding geeft om te *regelen*, dat wil zeggen in het procesverloop in te grijpen. De ontwikkeling van de elektronika heeft voor al deze aspecten in de loop der jaren consequenties gehad. Naast feitelijke veranderingen in de meet- en regelapparatuur is ook de organisatie van deze apparatuur en daarmee het interface voor de operator in belangrijke mate gewijzigd. Een aantal trends op dit gebied is in schema 1 aangegeven.

De samenhang tussen de verschillende in het schema geschetste technologische ontwikkelingen is vrij sterk. Zo ontstond door het beschikbaar komen van moderne meet- en regeltechnische apparatuur de mogelijkheid de informatie-presentatie, -verwerking en bediening van het systeem steeds verder te centraliseren. Miniaturisering van de instrumenten heeft geleid tot de mogelijkheid de interfaces van complexe mens-machine-systemen terug te brengen tot kleine consoles welke uitgerust zijn met één of meer beeldschermen welke meestal in combinatie met één of meer alfanumerieke toetsenborden worden toegepast.

Met betrekking tot de te beheersen technische systemen zelf kan worden vastgesteld dat de betere beheersbaarheid schaalvergroting heeft mogelijk gemaakt, in het algemeen gepaard gaande met een toename van de complexiteit van deze systemen. Daarmee is de afstand tussen de operators en het te regelen proces zowel letterlijk als figuurlijk groter geworden.

Graden van automatisering

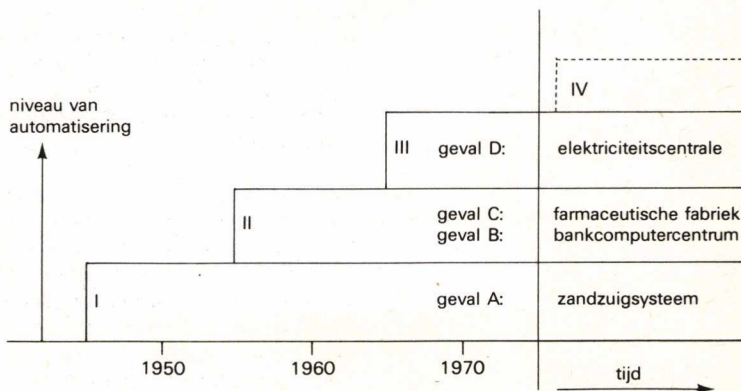
In het bovenstaande is aangegeven dat de technologie mogelijkheden biedt welke een verregaande graad van automatisering tot gevolg kunnen hebben. Vanuit de taak van de operator geredeneerd is er dan ook een tendens te onderkennen van het toepassen van manuele regeling in de vijftiger jaren, via het inschakelen van informatieverwerkende systemen in de zestig jaren naar de

Schema 1 – De ontwikkeling van procesbeheersingssystemen

		viftiger jaren	zestiger jaren	zeventiger jaren	tachtiger jaren*)
elektronika	komponenten	transistoren	Integrated Circuits (IC's)	micro-processoren	single-chip computers, submicron-technologieën
	samen-gestelde systemen	computers met buizen	computers met transistoren	computers met IC's	
meet- en regelapparatuur		handwielen, afsluiters	remote-control, opkomst proces-computers	digitale appara-tuur, toepassen redundantie, procescomputers	lokale regelingen, digitaal geïnstrumenteerd
signaaltransmissie		pneumatisch, mechanisch	pneumatisch, elektrisch	elektronisch, pneumatisch	elektronisch, pneumatisch
organisatie van de apparatuur		panelen ter plekke (lokale centralisatie), grote analoge instrumenten	volledige centralisatie in regelkamers, analoge instrumenten	centralisatie, miniaturisering van interfaces, digitale instrumenten, opkomst van beeldschermen	decentralisatie, miniaturisering van interfaces
automatiseringsgraad		manuele regeling	inschakeling informatie-verwerkende systemen	opkomst van superviserende regelingen	superviserende regelingen?
		(I)	(II)	(III)	(IV)

*) Dit deel van het schema wordt in hoofdstuk 7 besproken onder toekomstige ontwikkelingen.

Figuur 2 – Tijdsschaal met verschillende mogelijke niveaus van automatisering



toepassing van superviserende regeling in de zeventiger jaren. De relaties tussen technologie aan de ene kant en de structuur van het mens-machine-systeem, i.c. de automatiseringsgraad aan de andere kant liggen niet op voorhand vast. De automatiseringsgraad is daarvoor te veel afhankelijk van onder andere produktietechnische, procestechnische en economische karakteristieken van elke bedrijfssituatie afzonderlijk. De toepassing van geavanceerde apparatuur zoals procescomputers en micro-processoren hoeft niet tegelijkertijd een hoge automatiseringsgraad te betekenen. De keuze van de structuur van het mens-machine-systeem, en daarmee de graad van automatisering, wordt niet volledig bepaald door de keuze van de apparatuur.

Anno 1979 kan men dan ook bij de procesbeheersingssystemen verschillende graden van automatisering tegenkomen. Een steekproef bij deze groep systemen beslaat in feite alle niveaus van automatisering, zoals figuur 2 laat zien.

2.3.2 Administratieve computersystemen

De ontwikkeling van de grote administratieve computersystemen vertoont grote overeenkomst met die van de procesbeheersingssystemen welke in paragraaf 2.3.1 is geschetst. Dit is niet verwonderlijk omdat aan de basis van deze ontwikkeling eveneens de vooruitgang van de elektronika heeft gestaan. Het uiteindelijk resultaat is echter verschillend hetgeen zich het beste als volgt laat illustreren.

Een administratief computersysteem bestaat steeds uit de volgende onderdelen:

- centrale verwerkingseenheid: hierin vindt de feitelijke verwerking van informatie plaats;
- geheugen: hierin wordt informatie voor kortere dan wel langere tijd opgeslagen;
- in- en uitvoerorganen: met deze randapparatuur wordt de verbinding tussen de centrale verwerkingseenheid en het geheugen enerzijds met de buitenwereld anderzijds verzorgd.

Naast deze drie onderdelen die samen de *hardware* vormen is er de programmatuur (*software*), waarmee de opdrachtenstroom naar de computer en de interne organisatie daarvan geregeld wordt. Bij de meet- en regeltechnische apparatuur en de procescomputers wordt in het algemeen een belangrijke functie vervuld door de centrale verwerkingseenheid welke de regelalgorithmes uitvoert. Bij de grote administratieve computersystemen zoals die tegenwoordig in gebruik zijn vormt de externe geheugenruimte, en daarmee de mogelijkheid tot data-opslag, een uiterst belangrijke functie. In wezen lag hier bij oudere administratieve systemen vaak de bottle-neck. De belangrijkste trends in deze ontwikkeling zijn in schema 2 aangegeven.

Gedurende de verschillende generaties van de administratieve computersystemen is de geheugenkapaciteit steeds toegenomen. Dergelijke grote administratieve computersystemen werden echter pas rendabel door het beschikbaar komen van de moderne elektronische componenten, waardoor minder soldeerverbindingen nodig zijn en de betrouwbaarheid met sprongen is gestegen. De cyclustijden van de centrale verwerkingseenheden (CPU's) en de toegangstijden van de geheugeneenheden zijn ten opzichte van eerdere generaties computers geweldig verminderd. Tegenwoordig bestaat de

Schema 2 – De ontwikkeling van administratieve computersystemen

	vijftiger jaren	zestiger jaren	zeventiger jaren		tachtiger jaren*)
samengestelde systemen	computers met buizen	computers met transistoren	computers met IC's		microcomputers als pre-processoren
generaties	1e generatie	2e generatie	3e generatie	4e generatie	5e generatie?
centrale verwerkingseenheid (CPU)	beperkt	uitgebreid	toekennen prioriteiten, één CPU, multi-programming	meerdere naast elkaar (parallel), multi-processing	uitbreiding netwerkstructuren
externe geheugens	trommel- en platen-geheugens opkomst magneetband	magneetband- en schijven-geheugens	toename van de informatiedichtheid vermindering toegangstijden	ontwikkeling bubble-memories, verdergaande miniaturisering van de afzonderlijke componenten (submicron-technologieën)	
in- en uitvoerorganen	kaart invoer toetsenborden papieruitvoer (langzame printers)	hoofdzakelijk toetsenborden papieruitvoer (snelle sprinters)	meer terminals onder time-sharing VDU's (beeldschermen) regeldrukkers	grootschalige toepassing van diverse soorten teleprocessing voice inputs/outputs karakterherkenning etc. opkomst glasfibre-kabels, satellitisering	
cyclustijd t	0.3 msek < t < 10 msek	1 microsek	200 nanosek	< 200 nanosek	

*) Dit deel van het schema wordt in hoofdstuk 7 besproken onder toekomstige ontwikkelingen.

mogelijkheid deze verwerkingstijden efficiënter te gebruiken door meerdere programma's (multi-programming) en meerdere gebruikers (time-sharing) naast elkaar toegang te verschaffen tot de centrale verwerkingseenheid.

Graden van automatisering

Ondanks de grote technische verschillen tussen de computersystemen van de verschillende generaties, zijn de consequenties hiervan voor het functioneren van de mens in het systeem tot nu toe relatief gering geweest. De wijze van verwerken van de databestanden (jobs) met deze grote systemen gebeurt in het algemeen batch-matig, waarbij de console-operator (van achter een beeldscherm en een alfanumeriek toetsenbord) de jobs moet inpassen in de beschikbare ruimte van de centrale verwerkingseenheid. Verder wijst hij externe geheugens aan de centrale verwerkingseenheid of -eenheden toe en bepaalt hij via welke organen de in- en uitvoer van gegevens plaatsvindt. Wat de automatiseringsgraad betreft kan gesteld worden dat de structuur van

het systeem, gezien vanuit het functioneren van de mens daarin, in grote lijnen overeenkomt met automatiseringsgraad IIa (inschakeling informatieverwerkend systeem, grootste deel van de regeling verloopt direkt), zoals beschreven in paragraaf 2.2.

Een belangrijk verschil met de eerder beschreven procesbeheersingssystemen is dus dat ondanks de verdergaande technologische ontwikkelingen met betrekking tot computersystemen, de taak van de operator nauwelijks op een hoger niveau van automatisering is gekomen. Gezien het feit dat de systemen wel grootschaliger en complexer zijn geworden, kunnen we verwachten dat hierdoor de taak van de operator zwaarder is geworden. Immers er heeft geen compensatie plaatsgevonden in de zin dat bepaalde deeltaken door apparatuur zijn overgenomen, zoals dat bij de procesbeheersingssystemen het geval is.

Samenvattend gezien hebben we in dit hoofdstuk een korte uiteenzetting gegeven van wat we onder automatisering van technische systemen verstaan. Een algemeen model is gepresenteerd van stuur- en regeltaken in dit soort technische systemen, terwijl dit tevens is gespecificeerd voor verschillende niveaus van automatisering. Er is onderscheid gemaakt tussen twee categorieën technische systemen die in dit boekje aan de orde komen, nl. procesbeheersingssystemen (automatiseringsgraad I, II of III) en administratieve computersystemen (alleen automatiseringsgraad II). Voor beide typen technische systemen zijn de achterliggende technologische ontwikkelingen besproken en schematisch weergegeven.

3 Gevalbeschrijvingen

De in de vorige twee hoofdstukken gegeven uiteenzetting over sturen en regeltaken, problemen die zich hierbij voordoen en het belang van de automatiseringsgraad in dit verband behoeft enige praktische voorbeelden.

In dit hoofdstuk worden 4 van de 24 onderzochte arbeidssituaties wat uitvoeriger besproken. Het doel hiervan is voor elk van de besproken niveaus van automatisering aan te geven, hoe in de praktijk een dergelijke arbeidssituatie eruit ziet en hoe de betrokken werknemers deze situatie ervaren.

Achtereenvolgens worden de volgende situaties beschreven:

A: zandzuigsysteem op een sleephopperzuiger (manuele regeling, automatiseringsgraad niveau I);

B: console-operator bij een bankcomputercentrum (inschakeling informatieverwerkend systeem, automatiseringsgraad niveau IIa);

C: procesregeling bij een farmaceutische fabriek (regeling met behulp van automaat, automatiseringsgraad niveau IIb);

D: stoomwacht van een elektriciteitscentrale (superviserende regeling, automatiseringsgraad niveau III).

N.B. Bij niveau IIa is gekozen voor de beschrijving van een computersysteem in plaats van een van de op dit niveau ook voorkomende procesbeheersingssystemen.

Voor een beschrijving van de onderzoeksmethode die gehanteerd is om de hierna te vermelden resultaten te verkrijgen, wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

Geval A: sleephopperzuiger

Toegangswegen tot havengebieden worden op voldoende diepte gehouden door zgn. sleephopperzuigers. Dit zijn schepen die met behulp van lange zuigarmen zand en modder van de bodem van de vaarwegen zuigen en dit elders weer lozen. Ieder schip heeft aan beide zijanten zo'n zuigarm; een zuigarm is een op diverse punten scharnierend buizenstelsel (40 m. lang, maximale werkdiepte 30 m.) met aan het uiteinde een zgn. sleepzuigkop. Het buizenstelsel kan met behulp van elektrische lieren zodanig op en neer worden bewogen, dat de zuigkop zich steeds vlak boven de bodem van de vaargeul bevindt, terwijl het schip vaart. De grondmassa (vermengd met water) kan op die manier continu aan boord van het schip worden gezogen totdat dit vol is en transport naar de stortingsplaats kan plaatsvinden.

Iedere zuigarm wordt apart vanaf de brug van het schip bediend door de zgn. pijpman, waarvan er dus steeds twee tegelijk bezig zijn. Bij het begin van de zuigperiode zet hij de pijp overboord, vervolgens zorgt hij ervoor, dat de zuigkop zich, ondanks niveauverschillen van de bodem en de deining van het schip, steeds vlak boven de bodem van de geul bevindt. Houdt hij de kop te laag, dan kan beschadiging optreden van de zuigarm, houdt hij hem te hoog, dan wordt geen

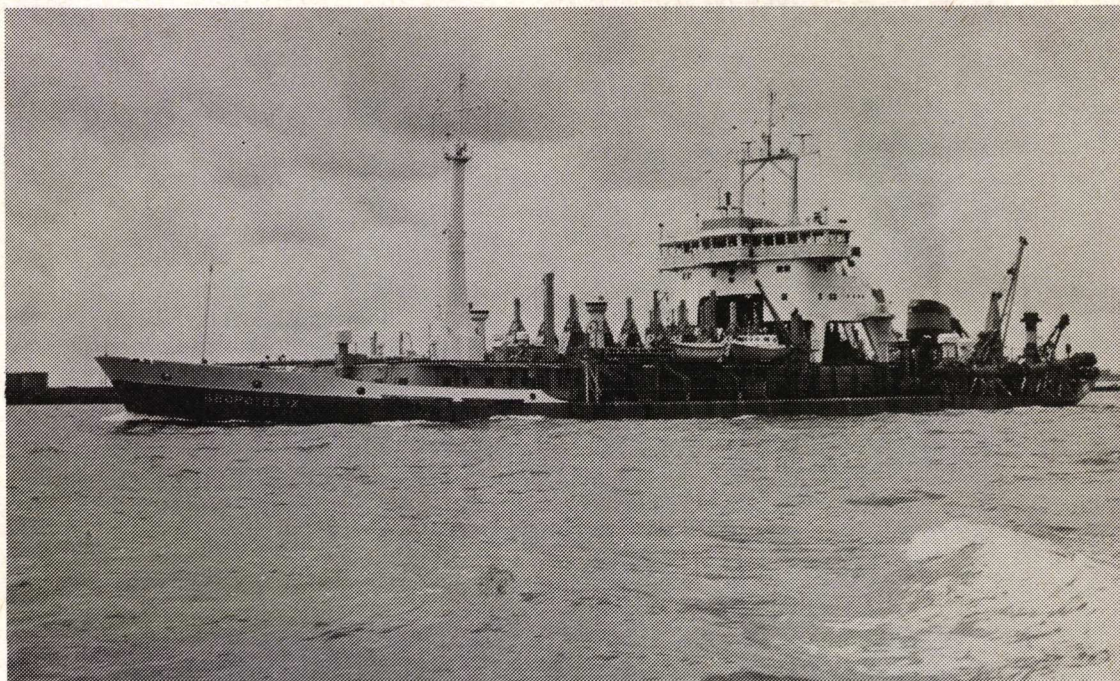


Foto I – Sleephopperzuiger

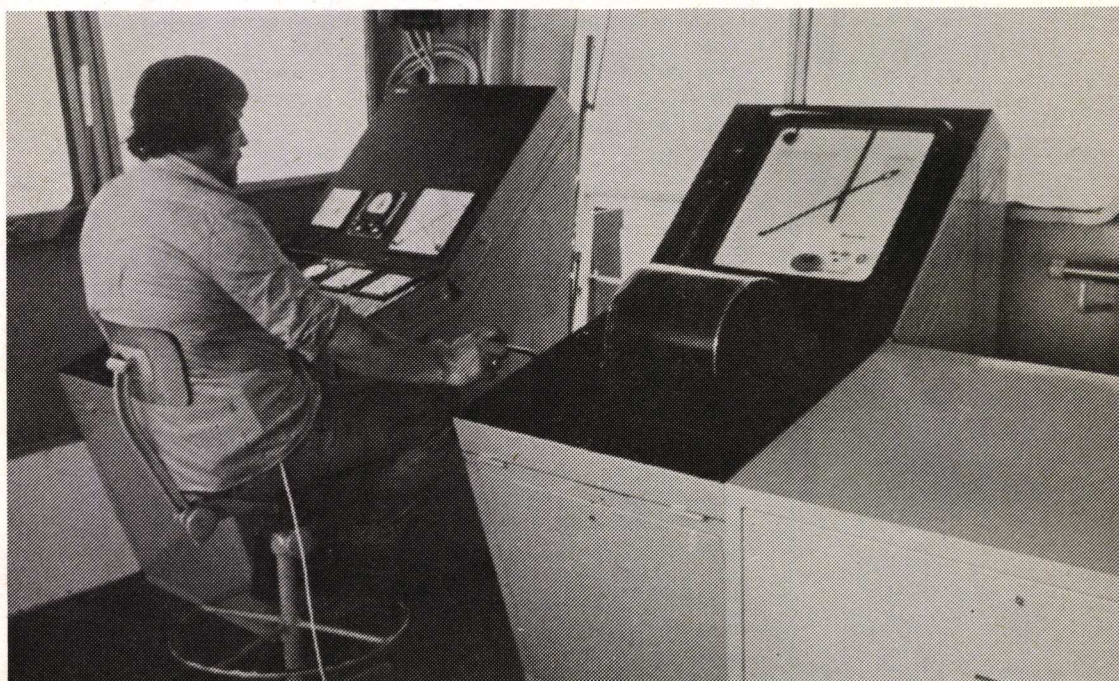


Foto II – Zandzuigsysteem op sleephopperzuiger, werkplek operator
(Niveau I: manuele regeling)

zand, maar water opgezogen. Om de juiste stand van de kop te kunnen handhaven heeft de pijpman de beschikking over een aantal handles waarmee de verschillende lieren bediend worden. Ook heeft hij een klein paneel, waarop hij informatie kan aflezen over de stand van de pijp, het pompsysteem, de hoeveelheid opgezogen zand ten opzichte van het opgezogen water e.d. Op basis van deze informatie moet de pijpman voortdurend (afhankelijk ook van de bodemsoort en de weersomstandigheden) de handles bedienen om steeds zoveel mogelijk zand in plaats van water op te zuigen, zonder dat beschadigingen van het zuigsysteem optreden. Slechts een deel van de benodigde handelingen is geautomatiseerd, nl. de korrekties nodig om te compenseren voor de deining van het schip, de zgn. deiningkompensator. Verder staat het zuigsysteem voortdurend onder handregeling, reden waarom deze arbeidssituatie wat betreft automatiseringsgraad is ingedeeld onder niveau I. Tijdens de zuigperiodes funktioneert de pijpman vrijwel geheel zelfstandig. Incidenteel is er overleg nodig met de stuurman, die hiërarchisch gezien boven hem staat, om de zuighandelingen af te stemmen op de vaarbewegingen van het schip. Buiten de zuigperiodes verricht de pijpman onderhoudswerkzaamheden aan het zuigsysteem. De sleepopperzuigers functioneren 24 uur per etmaal, uitgezonderd zaterdag en zondag. De pijpmannen werken dan ook in ploegendienst. Er zijn drie ploegen, waarvan er steeds twee (van elk twee pijpmannen) gedurende vijf dagen op het schip aanwezig zijn. Deze twee ploegen wisselen elkaar af volgens een 8 uur op-, 8 uur af-schema.

Hoe kunnen we deze arbeidssituatie nu beoordelen?

Er is hier sprake van een individuele taak, waarbij een betrekkelijk kleinschalig overzichtelijk technisch systeem voortdurend met de hand geregeld wordt. Dit brengt een groot aantal bedieningshandelingen met zich mee, die echter als voldoende afwisselend worden ervaren. De pijpman heeft het gevoel, dat hij het systeem goed onder controle heeft, hij vindt dat hij genoeg te doen heeft in zijn werk en ervaart de zelfstandigheid tijdens de taakuitvoering als een groot pluspunt. Weliswaar voldoen het informatiepaneel en de bedieningsinstrumenten niet geheel aan hedendaagse ergonomische maatstaven, doch dit speelt in de subjectieve taakervaring van de pijpman slechts een geringe rol. Primair staat bij hem het feit, dat hij vindt, dat hij afwisselend werk heeft waarvan hij resultaat ziet en dat hij met een grote mate van zelfstandigheid kan uitvoeren. De arbeidstevredenheid bij de onderzochte pijpmannen is dan ook relatief hoog.

Geval B: bankcomputercentrum

Bij een bankcomputercentrum vindt de centrale verwerking plaats van allerlei transacties, zoals rekeningen courant, effecten, renterekeningen, afbetalingssystemen e.d. Ook worden diverse statistieken voor de betreffende bank bijgehouden.

Deze verwerking vindt plaats op een groot computersysteem (twee IBM 370/168-machines die het grootste deel van de tijd onder multi-processing draaien), terwijl voor de programmatuurontwikkeling een aparte IBM 370/158-machine beschikbaar is. Verder is er een zeer omvangrijke randapparatuur onder meer bestaande uit schijf-eenheden (76), bandeenheden (24), regeldrukkers (10), kaartlezers (7) en optische lezers (4).

Dit uitgebreide systeem wordt centraal bestuurd door een drietal zgn. console-operators, die elk van achter een beeldscherm gekombineerd met een toetsenbord zorg dragen voor een zo goed mogelijk verloop van de zgn. job-stream (doorvoer van programma's door de

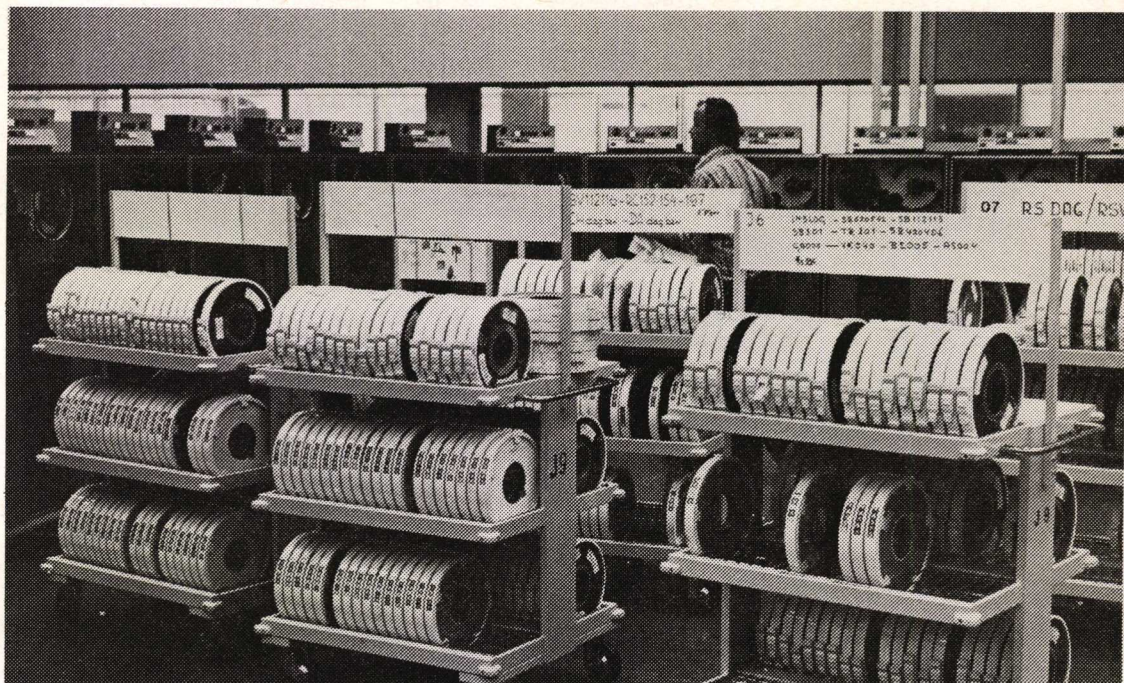


Foto III — Bankcomputercentrum



Foto IV — Bankcomputercentrum, werkplek operator
(Niveau IIa: inschakeling informatie verwerkend systeem; voornamelijk handregeling)

computer). Hiertoe volgen zij nauwlettend de berichten die op het beeldscherm doorkomen en bedienen aan de hand hiervan met behulp van het toetsenbord het computersysteem; het gaat hier om acties voor het starten van een bepaald programma, het opgeven van de gewenste in- en uitvoereenheden, het adequaat reageren op onregelmatigheden en storingen in het programmaverloop e.d. Ook moet aan het begin van iedere werkweek het systeem als geheel opgestart worden. Ofschoon de gegevensverwerking in het computersysteem automatisch verloopt, en zo bekeken de automatiseringsgraad van het systeem dus hoog is, is de regeling van de onderlinge opeenvolging van programma's en het reageren op onregelmatigheden slechts in geringe mate geautomatiseerd. Vanuit de taak van de console-operator bezien, is de automatiseringsgraad dus betrekkelijk laag, reden waarom deze arbeidssituatie is ingedeeld onder niveau IIa.

Het computersysteem is op werkdagen 24 uur per etmaal in bedrijf, reden waarom er in een vierploegendienstsysteem wordt gewerkt. Iedere ploeg bestaat uit drie console-operators en een reserve console-operator, acht zgn. input/output-operators, die voor de bediening van de randapparatuur zorgen, en een zgn. shiftleader. Wat voor totaalbeeld van deze taak komt nu uit het onderzoek naar voren?

De voornaamste bezigheid van de console-operator is het vanachter het beeldscherm besturen van het complexe, doch vanuit zijn taak gezien laag geautomatiseerde computersysteem. Op de arbeidsomstandigheden en de ergonomische kwaliteiten van het console valt weinig aan te merken. Niettemin treffen we een ruime mate van ontevredenheid aan bij de console-operators over hun arbeidssituatie. Een nauwkeuriger bestudering van de taak leert, dat de console-operator slechts op betrekkelijk oppervlakkige wijze betrokken is bij de werking van het systeem. Op het feitelijk functioneren van het systeem oefent hij nauwelijks invloed uit, hij zorgt slechts dat aan een aantal voorwaarden voldaan is, waaronder het systeem kan draaien. Hij heeft dan ook niet het gevoel het systeem echt in de hand te hebben. Ook mist hij het gevoel dat hij zich in dit soort werk kan waarmaken, en beklaagt zich over het grote aantal routinehandelingen en het gebrek aan variatie in zijn taak. Kijken we naar de opleiding die de console-operators genoten hebben, dan zien we dat zij ook op weinig meer dan op oppervlakkige wijze bij de werking van het computersysteem betrokken *kunnen* zijn. Na een algemeen vormende opleiding (MAVO of HAVO) zijn zij door middel van een praktijkopleiding ingevoerd in de werking van het computersysteem. Een theoretische ondergrond op het gebied van hardware of software bezitten zij niet. Weliswaar is de taak hierop afgestemd, maar dit geheel leidt duidelijk tot een als onbevredigend ervaren werkinhoud, hetgeen tot uiting komt in een zeer lage arbeidstevredenheid. Een bijkomend effect is nog, dat door zijn geringe deskundigheid de console-operator in veel gevallen ook niet autonoom is bij zijn taakuitvoering, maar voortdurend aanwijzingen van superieuren moet opvolgen. Dit gebrek aan autonomie draagt bij aan zijn ontevredenheid over de arbeidssituatie. Ook treffen we een relatief hoge frekwentie van kortdurend ziekteverzuim aan in deze situatie, hetgeen eveneens kan worden opgevat als een gebrek aan positieve binding met het werk. Samenvattend kunnen we zeggen, dat de besturing van het computersysteem zodanig is opgezet, dat zowel wat betreft de inhoud van het werk als de organisatie daarvan problemen zijn ontstaan, die wellicht geheel of gedeeltelijk voorkomen hadden kunnen worden, wanneer bij de opzet van het computersysteem hiermee systematisch rekening gehouden was.

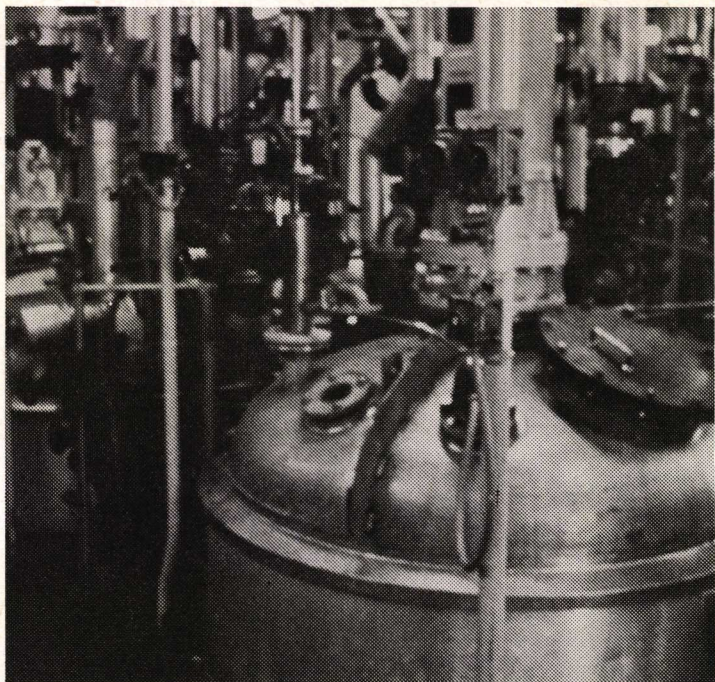


Foto V – Farmaceutische fabriek

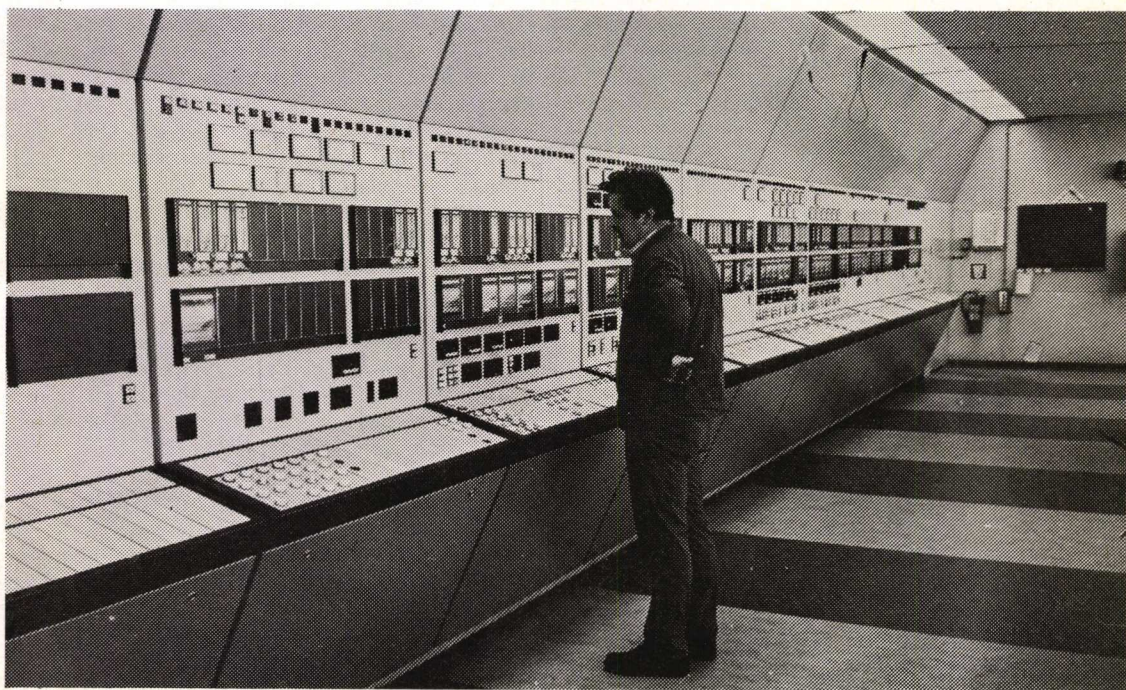


Foto VI – Farmaceutische fabriek, werkplek operator
(Niveau IIb: regeling voornamelijk met behulp van automaat)

Geval C: farmaceutische fabriek

In deze fabriek wordt een antibiotica-halffabrikaat vervaardigd, dat in andere fabrieken wordt gebruikt bij de productie van geneesmiddelen. Het gaat hier om een veelheid van mengprocessen, chemische reacties, centrifugaties, kristallisaties etc. De productie geschiedt in hoofdzaak batchmatig met cyclisduren van 4 tot 8 uren (d.w.z. dat in een bepaalde periode of cyclus met een bepaalde hoeveelheid grondstof een productieproces wordt doorlopen, waarna het eindprodukt wordt afgevoerd; hierna begint men met een nieuwe hoeveelheid grondstof weer opnieuw met het productieproces, enz.; dit ter onderscheiding van zgn. continue productie, waarbij het productieproces continu op dezelfde wijze verloopt en er voortdurend in- en uitvoer van materiaal plaatsvindt).

Vanuit een centrale meetkamer wordt dit productieproces op afstand bestuurd door twee zgn. regulisten, waarvan ieder verantwoordelijk is voor het volgens de receptuur verlopen van het hem toegewezen deel van het productieproces. Zij hebben hiervoor de beschikking over een vrij uitgebreid informatie- en bedieningspaneel, terwijl zij ook informatie krijgen van en bedieningsopdrachten geven aan een zgn. fabrieksman (een operator die in de fabriek zelf zijn werkzaamheden uitvoert).

Essentieel is dat de regulist in samenwerking met de fabrieksman er zorg voor draagt, dat aan alle voorwaarden voor een procesfase is voldaan. Met een eenvoudige schakelhandeling start de regulist dan het betreffende procesdeel, daarna verloopt de regeling nagenoeg geheel automatisch. Mede met het oog op mogelijke storingen dient hij het procesverloop in de diverse stappen nauwlettend in de gaten te houden. Alleen in bijzondere gevallen (zoals bij het opstarten en afregelen van de fabriek en bij bepaalde storingen) geschiedt de regeling in meer omvangrijke mate op de hand, reden waarom deze arbeidssituatie wat betreft automatiseringsgraad is ingedeeld onder niveau IIb.

Er wordt in vol-kontinudienst gewerkt volgens een vierploegdienstschema. De ploeg bestaat uit 13–14 man, deze kunnen elk werkzaam zijn op een viertal funktieplaatsen. Een taakroulatieschema zorgt voor regelmatige wisseling in de bezetting van deze plaatsen. De regulist die bovenbeschreven taken uitvoert, geeft op dat moment in produktietechnische zin leiding aan de overige ploegleden. Boven de regulist staan een assistentgroepschef en een groepschef. Daarboven in dagdienst, een assistentafdelingschef en de afdelingschef.

Uit het onderzoek komt het volgende beeld van deze taak naar voren. Het relatief complexe systeem wordt door een ploeg operators bestuurd, waarbij de automatiseringsgraad zodanig is, dat voldoende werk voor de paneeloperator overblijft. Hij heeft hierbij het gevoel het systeem goed in de hand te hebben en funktioneert tijdens zijn taakuitvoering vrijwel volledig autonoom. Hij beschikt over voldoende kennis om te weten wat er in het proces omgaat en hij kan een reële invloed uitoefenen op de kwaliteit van het produkt. Intensieve samenwerking met andere ploegleden is nodig, omdat vaak ook in het systeem bedieningshandelingen moeten worden uitgevoerd.

Geval D: stoomwacht van een elektriciteitscentrale

Voor het opwekken van elektriciteit is in Nederland een 36-tal elektriciteitscentrales in gebruik, waarvan de meeste – aangeduid als konventionele centrales – gebruik maken van aardgas, olie of kolen als brandstof. Twee centrales maken gebruik van kernenergie. Voor de elektriciteitsproductie wordt in het ketelgedeelte van de

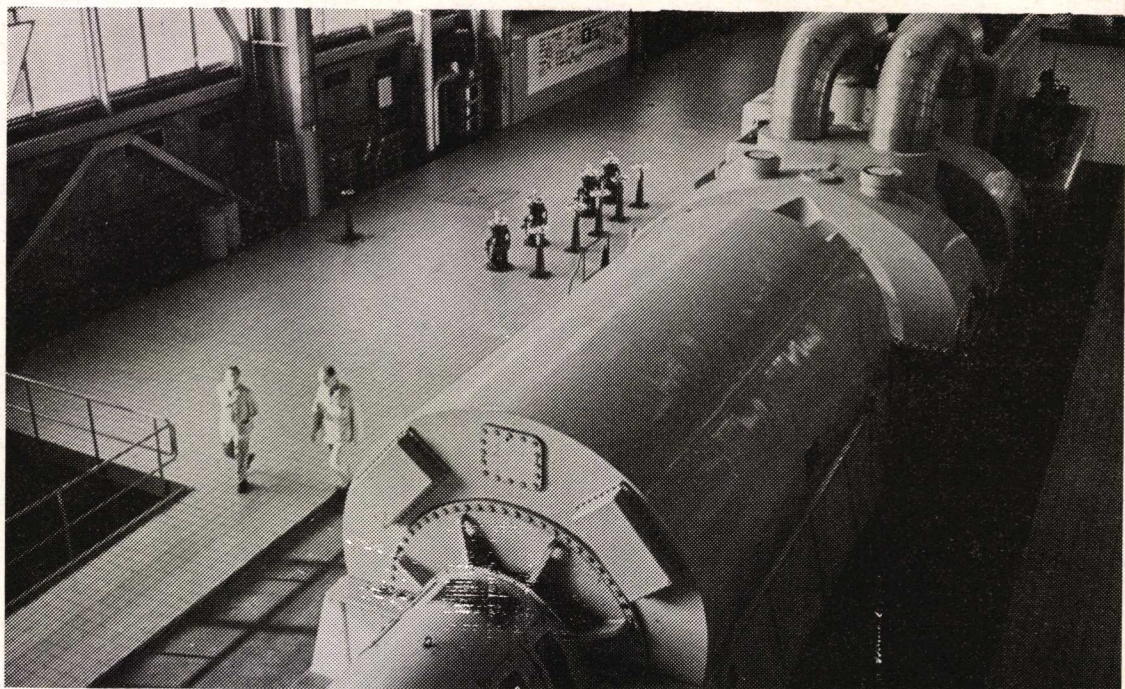


Foto VII — Electriciteitscentrale, turbinehal

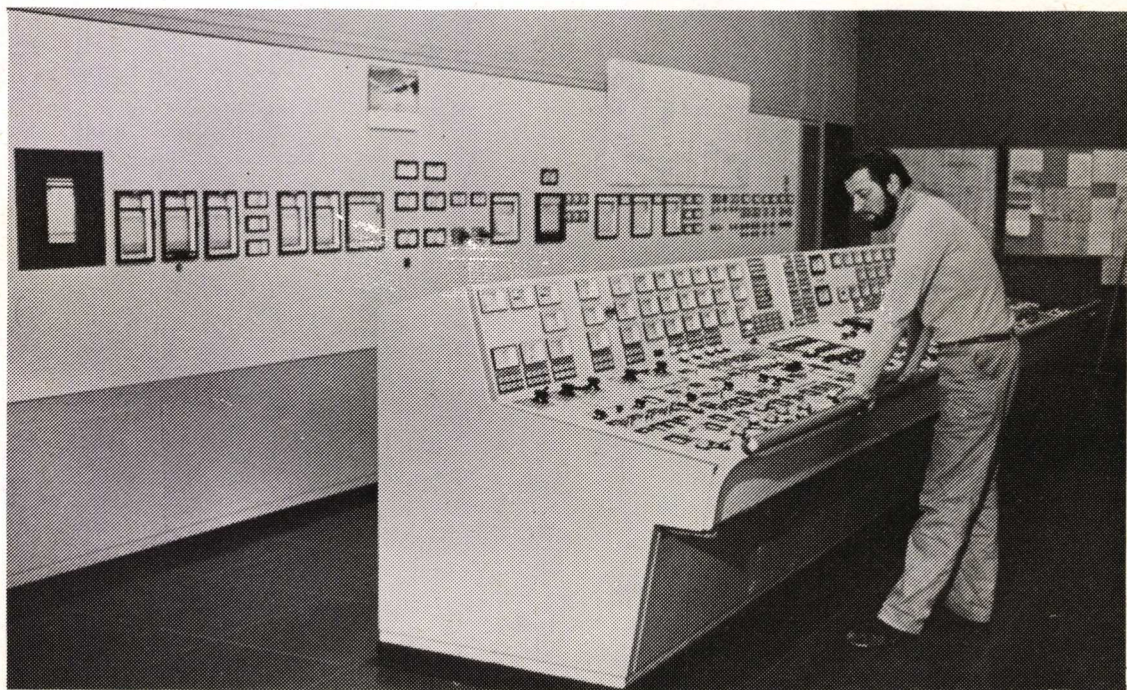


Foto VIII — Stoomwacht electriciteitscentrale, werkplek operator
(Niveau III: superviserende regeling)

opwekkingseenheid door verhitting van water (door middel van gas, olie, kolen of kernenergie) stoom geproduceerd. Deze stoom drijft een turbine aan met behulp waarvan in een generator elektriciteit wordt opgewekt, die wordt afgegeven aan het landelijke hoogspanningsnet. De meeste konventionele centrales beschikken over meerdere opwekkingseenheden. Het stoomproductiegedeelte van een opwekkingseenheid wordt doorgaans op afstand bewaakt en geregeld vanuit een centrale meetkamer (de stoomwacht) en bestaat uit een met olie, gas of kolen gestookte ketel door middel waarvan bepaalde hoeveelheden stoom van bepaalde temperatuur en druk kunnen worden opgeleverd. Gekoppeld aan de ketel is een complex systeem t.b.v. de ketelvoedingen (gas/olie/kolen, lucht, water/stoom) de afvoer van rookgassen en het transport van de opgewekte stoom. De verschillende delen van het systeem zijn onderling verbonden door een uitgebreid net van stoom- en luchtleidingen met daarbij behorende vaten, kleppen, afsluiters e.d. Vanuit de meetkamer, die voor deze gevalbeschrijving gekozen is, bewaakt de zgn. eerste werktuigkundige het brandstofsysteem, de stoomproductie en het stoomtransport en voert waar nodig bijstellingen in het regelsysteem uit. Hiervoor zijn in de meetkamer op een omvangrijke lessenaar een groot aantal aanwijzende en alarmeringsinstrumenten aangebracht. Tevens bevat de lessenaar de bedieningsapparatuur waarmee in bijzondere gevallen de procesvoering ter hand wordt genomen. Een achterwand bevat nog een groot aantal schrijvende meters. De regeling van het systeem verloopt tijdens normaal bedrijf volledig automatisch. Alleen bij opstarten en afregelen en tijdens storingen grijpt de eerste werktuigkundige zelf in het systeem in. Wat betreft automatiseringsgraad is deze arbeidssituatie dan ook ingedeeld onder niveau III. De hoofdtaak van de eerste werktuigkundige bestaat dus uit het bewaken van het procesverloop en afwachten of zich storingen voordoen. Hiervoor maakt hij op gezette tijden rondes langs het paneel en noteert dan meterstanden. Omdat ook rondes door de ketelinstallatie zelf gemaakt moeten worden en ook ter plaatse soms bijstellingen verricht moeten worden, is er sprake van een ploeg van in totaal zes werktuigkundigen, waar de eerste werktuigkundige in de meetkamer er een van is. Deze ploeg is zo groot, omdat gezien de grootschaligheid van het systeem bij onregelmatigheden in het procesverloop een dergelijk aantal nodig is om in onderlinge samenwerking het systeem in de hand te kunnen houden. Het merendeel van de tijd is er voor de werktuigkundigen echter geen zinvolle activiteit voorhanden.

Wat betreft de organisatie kan verder worden opgemerkt, dat er in volkontinudienst wordt gewerkt volgens een vijfploegendienstsysteem (niet te verwarren met de door de vakbonden bepleite vijfploegendienst. In dit geval wordt 40 uur per week gewerkt, doordat extra dag- en reservediensten in het schema zijn opgenomen). Binnen de ploeg heeft de eerste werktuigkundige een coördinerende taak ten opzichte van de werktuigkundigen, doch hij fungeert niet als hun chef. Dat is de chef van de wacht die als hoogste funktionaris in de ploegendienst een aantal van dit soort ploegen onder zich heeft.

De resultaten van het onderzoek kunnen hier als volgt worden samengevat. Het zeer hoog geautomatiseerde, grootschalige en complexe systeem wordt bewaakt door een ploeg operators. De paneeloperator is continu in de meetkamer, terwijl de andere ploegleden rondes maken in het systeem. Tijdens stationair bedrijf wordt slechts afgewacht of zich storingen voordoen, hetgeen betekent dat het grootste deel van de tijd geen zinvolle activiteit voorhanden is. Men beschikt over voldoende kennis over het systeem, maar kan deze door de hoge automatiseringsgraad slechts zelden toepassen. Men heeft dan ook niet het gevoel het systeem

echt in de hand te hebben en invloed te kunnen uitoefenen op het eindresultaat. Ondanks de aanwezigheid van medeploegleden is er weinig gelegenheid voor samenwerking, doordat zich slechts zeer zelden een wat grotere storing voordoet. In principe zou de ploeg autonoom kunnen functioneren, doch bij bijzondere gebeurtenissen (storingen, op- en afregelen) is er meestal een vaak als hinderlijk ervaren supervisie en soms daadwerkelijk ingrijpen van superieuren. Dit hangt samen met het feit, dat in dit soort situaties het systeem grotendeels onder handregeling staat en dan bijzonder kwetsbaar is voor verkeerde ingrepen. Onder deze omstandigheden is de arbeidstevredenheid laag, evenals het subjectief welbevinden.

Samenvatting en voorlopige konklusies

Bij de zojuist besproken arbeidssituaties lijkt de mate van arbeidstevredenheid sterk samen te hangen met inhoudelijke aspecten van het werk. Tabel 1 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 1 — Arbeidstevredenheid en subjectief welbevinden bij vier arbeidssituaties met verschillende niveaus van automatisering (+ duidt een relatief hoge score aan, — een relatief lage score, ++ en — — zeer hoge respectievelijk lage scores)

	gevoel dat men zich waar kan maken in het werk	afwis- seling in het werk	subjek- tieve belas- ting in het werk	ervaren auto- nomie in het werk	tevre- denheid over samen- werking in de ploeg	alge- mene arbeids- tevre- denheid	subjek- tief welbe- vinden
zandzuig- systeem (auto- matiserings- graad I)	++	+	+	+	n.v.t.	+	+
administratief computer- centrum (auto- matiserings- graad IIa)	—	—	+	—	—	—	—
farmaceutische fabriek (auto- matiserings- graad IIb)	+	+	+	+	+	+	++
elektriciteits- centrale (auto- matiserings- graad III)	—	—	—	—	—	—	— —

Opmerkelijk is, dat deze tevredenheid respectievelijk ontevredenheid over inhoudelijke aspecten van het werk doorwerkt in meer algemene criteria voor de kwaliteit van de arbeidssituatie als geheel, nl. de algemene arbeidstevredenheid en het subjectieve welbevinden. De voorlopige konklusie die uit deze gevalbeschrijvingen getrokken kan worden is, dat er kennelijk geen eenduidige relatie is tussen de automatiseringsgraad van een systeem en de arbeidstevredenheid van de operators in dat systeem. Veel lijkt af te hangen van de inhoud van de taak, die zowel bij een betrekkelijk lage automatiseringsgraad (computersysteem) als bij een zeer hoge automatiseringsgraad

(elektriciteitscentrale) problemen lijkt te kunnen geven. Het lijkt vooral van belang te zijn, dat de operator het gevoel heeft het systeem zodanig onder controle te hebben, dat hij invloed kan uitoefenen op het eindresultaat. Wanneer hij slechts als een hulpje voor de machine kan fungeren, ofwel door het moeten uitvoeren van een groot aantal (nog) niet geautomatiseerde routinehandelingen, zoals bij het computersysteem, ofwel door het passief moeten afwachten van storingen, zoals in de elektriciteitscentrale, dan ervaart hij dit bijzonder negatief.

Vanuit de organisatie gezien lijkt belangrijk de mate waarin men de operator(s) autonoom laat functioneren bij hun besturingstaak, en de mate waarin een zinvolle samenwerking met andere ploegleden tot stand komt. Daar waar het technisch systeem zodanig geautomatiseerd is, dat de besturing nog voor een aanzienlijk deel aan de mens is overgelaten, terwijl tegelijkertijd het systeem zodanig grootschalig is, dat alleen een ploeg operators in intensieve onderlinge samenwerking het werk aan kan, lijken gunstige condities aanwezig te zijn voor een positieve houding van de operators ten opzichte van hun werk. Het voorbeeld van de farmaceutische fabriek wijst duidelijk in de richting van een dergelijke konklusie.

4 Taakontwerp

Door middel van de voorgaande gevalbeschrijvingen hebben we enig inzicht verkregen hoe stuur- en regeltaken bij verschillende stadia van automatisering eruit kunnen zien. Ook hebben we een indruk gekregen van de mogelijke effecten van dit soort arbeidssituaties op de werknemers. Voordat nu op meer systematische wijze wordt ingegaan op deze effecten, zal eerst in grote lijnen worden aangegeven volgens wat voor gedachtengang (ontwerpfilosofie) dergelijke arbeidssituaties tot stand komen. Eerst zal hierbij worden ingegaan op meer algemene principes van taakontwerp.

Beschouwingen over de ontwikkelingen in het denken over principes van taak- en organisatie-ontwerp beginnen vaak met een uiteenzetting van de beginselen van het zgn. 'scientific management' geformuleerd door F.W. Taylor in het begin van deze eeuw. Volgens deze principes moet gestreefd worden naar zo min mogelijk benodigde vaardigheid voor de taakuitvoering, zo kort mogelijke leertijd, zo min mogelijk verschillende handelingen in één taak e.d. Deze uitgangspunten sloten goed aan bij de technologische ontwikkeling die toen in volle gang was, nl. de mechanisering van produktieprocessen. Mensen fungeren in deze gedachtengang vaak geïsoleerd van elkaar als verlengstukken van de machines, zij worden niet gemotiveerd door de inhoud van het werk, maar door de hoogte van het loon en andere arbeidsvoorwaarden. De arbeid is kort-cyclisch, repetitief en monotoon en wordt bepaald door de gekozen technologie, waarbij optimalisering naar technisch-ekonomische criteria centraal staat. Vanuit verschillende invalshoeken is sindsdien verzet gerezen tegen de verwaarlozing die op deze manier optrad van individueel-psychologische behoeften aan zinvolle en uitdagende arbeid en van de behoeften aan sociaal contact en samenwerking.

De belangrijkste hiervan is de sociotechnische systeembenadering, in de vijftiger en zestiger jaren ontwikkeld aan het Tavistock Institute for Human Relations in Londen, van waaruit gestreefd wordt naar een gezamenlijke optimalisering van het technisch en het sociale systeem. Eisen die aan de taak gesteld worden zijn: variatie van taken in één pakket, een zinvolle onderlinge samenhang tussen de taakelementen, de mogelijkheid om zelf normen te stellen voor kwantiteit en kwaliteit van de produktie en een voldoende terugkoppeling van resultaten, aanwezigheid in het pakket van ondersteunende en voorbereidende taken e.d. Deze eisen zijn gebaseerd op de veronderstelling, dat mensen in hun werk behoefte hebben aan een zekere mate van uitdaging, de mogelijkheid zich in het werk te ontwikkelen, enige hoeveelheid autonomie, een zekere mate van sociale contacten, erkenning in de werksituatie e.d. Dit alles geldt voor individuele taken, doch als ideaal wordt in deze benadering gezien het uitvoeren van groepstaken door zgn. autonome werkgroepen, waarin de groepsleden een grote mate van inspraak hebben, het werk zelf onderling kunnen verdelen, zelf kwaliteitskontrolle uitoefenen e.d.

In deze opvatting moet er vanuit de technologie naar gestreefd worden een werkorganisatie in de vorm van autonome groepen

mogelijk te maken. De technologie dikteert hier dus niet de inhoud van het werk, maar er is sprake van een afstemming van technisch en sociaal systeem op elkaar.

O.a. op basis van dit soort uitgangspunten is de laatste jaren in tal van landen een groot aantal werkstruktureringsprojecten uitgevoerd, waarin naast organisatievormen, gebaseerd op autonome groepen, geëxperimenteerd is met:

- taakverruiming en taakvergroting: deze benadering houdt in dat door herstructurering van taken verschillende taken worden samengevoegd, waardoor vergroting van het taakdomein ontstaat;
- taakverrijking: het uitbreiden van de taak met taakelementen uit hogere niveaus van de organisatie, zoals planning, controle en beheer;
- taakroulatie: waaronder wordt verstaan het rouleren van de werknemers over verschillende, gelijkwaardige taken.

Experimenten gebaseerd op deze principes hebben zich vooral gericht op gemechaniseerde arbeidssituaties, waar de problemen door het monotone, gefractioneerde karakter van het werk het meest urgent leken. Niettemin bestrijken deze experimenten slechts een klein deel van dit type arbeidssituaties en gesteld kan worden, dat het merendeel van deze situaties nog grotendeels is opgezet volgens de door Taylor ontwikkelde principes.

Hoe staat het nu met de ontwerpfilosofie bij stuur- en regeltaken? Allereerst zullen we ingaan op aspecten van de taakinhoud en de organisatie. Ook zal het een en ander gezegd worden over de ergonomische aspecten en de fysieke arbeidsomstandigheden bij stuur- en regeltaken.

4.1 Taakinhoud

Uit de gevalbeschrijvingen hebben we al een indruk kunnen krijgen in hoeverre dit soort arbeidssituaties voldoen aan de zojuist vermelde sociotechnische ontwerpprincipes. De automatiseringsgraad van het systeem lijkt hier een belangrijke faktor te zijn. Wanneer we het proces van mechanisering nu even vergelijken met dat van automatisering, dan kan in algemene zin gezegd worden, dat de mechanisering de mens ontlastte van het leveren van de benodigde fysieke energie voor het verrichten van arbeid. De ontwikkeling van de automatisering heeft van de mens steeds meer ook de mentale inspanning (het verwerken van informatie en het nemen van beslissingen) overgenomen, nodig om een geïntegreerd functioneren van het technisch systeem mogelijk te maken.

Bij de gevalbeschrijvingen hebben we dan ook gezien, dat in vergevorderde stadia van automatisering de taak van de mens grotendeels beperkt is tot het eenmalig inschakelen van het systeem en vervolgens het op passieve wijze bewaken van het procesverloop (superviserende regeling). Afhankelijk van de aard van het procesverloop en het zelf-korrigerend vermogen van het systeem is vaker of minder vaak ingrijpen van de operator dan nog nodig bij afwijkingen in het proces. In minder vergevorderde stadia van automatisering zijn om technische en/of economische redenen niet alle taken geautomatiseerd, zodat de regeling van het systeem voor een deel aan de operator wordt overgelaten. Ook bij hooggeautomatiseerde systemen geldt dit in een aantal gevallen voor het opstarten en uit bedrijf nemen van het systeem, waarbij de automaat veelal een ondergeschikte rol vervult.

In het algemeen kunnen we dus spreken van een taakverdeling tussen de mens en het technisch systeem, waarbij in hogere stadia

van automatisering relatief meer taken van de mens zijn overgenomen.

Deze toewijzing van taken aan de mens en aan het technisch systeem (taakallokatie) vindt plaats tijdens het ontwerpproces van het technisch systeem.

Onze veronderstelling is, dat bij een dergelijk ontwerpproces overwegingen met betrekking tot de zinvolheid en aantrekkelijkheid van de taak voor de operator een relatief geringe rol spelen. De taakverdeling tussen mens en machine wordt voornamelijk gebaseerd op de verschillen in vaardigheden die men aan mensen respectievelijk aan informatieverwerkende apparatuur toekent. Dit blijkt ook uit de literatuur, waarin door diverse auteurs op dit punt vergelijkende lijsten worden vermeld.

Mensen lijken de bestaande machines te overtreffen in hun mogelijkheid om:

- te improviseren en flexibele procedures te gebruiken;
- signalen te ontdekken temidden van ruis;
- ongewone of onverwachte signalen op te merken;
- complexe patronen in wisselende omstandigheden te herkennen;
- inductief te redeneren, te generaliseren en principes toe te passen;
- een oordeel te vormen;
- concepten te ontwikkelen en methoden te creëren.

De bestaande machines lijken echter de mens te overtreffen in hun vermogen om:

- snel op meetsignalen te reageren (control signalen);
- repeterende en routinehandelingen uit te voeren;
- snelle berekeningen te maken;
- vele verschillende functies gelijktijdig te vervullen;
- grote hoeveelheden informatie voor korte of lange tijd op te slaan.

Deze verschillen in eigenschappen spelen een belangrijke rol in het geval zich storingen hebben voorgedaan. Taken welke tijdens de normale gang van zaken aan de machine zijn toebedeeld, kunnen dan veelal beter door de mens worden waargenomen. Juist door zaken als zijn improviserend vermogen en zijn creatief denken zal hij storingen in vele gevallen sneller en efficiënter kunnen verhelpen. De manier waarop volgens deze gedachtengang een beroep wordt gedaan op menselijke vaardigheden, lijkt op het eerste gezicht niet onaantrekkelijk. De routinehandelingen worden aan de machine overgelaten, terwijl de mens het creatieve, improviserende deel van de activiteiten voor zijn rekening neemt. Zeker in vergelijking met de eerder besproken gemechaniseerde arbeidssituaties lijken op deze manier een aantal problemen opgelost. Er is niet meer sprake van kleine delen van het productieproces die op een aantal van elkaar geïsoleerde arbeidsplaatsen uitgevoerd worden, maar van een geïntegreerd proces dat vanuit een centraal punt bediend wordt. Ook het kort-cyclische, repetitieve karakter van de arbeid is in veel gevallen verdwenen, omdat vaak sprake is van continue processen of batch-processen met een tamelijk lange cyclusduur.

In een aantal opzichten is duidelijk voldaan aan de eerder besproken criteria voor individuele taken uit de sociotechnische systeemtheorie. Dit komt ook tot uiting in de literatuur over dit onderwerp uit de vijftiger jaren en zestiger jaren.

Al in 1956 beschrijven Mann & Hoffman enkele effecten van de toepassing van automatisering. Deze studie, een der eerste op dit terrein, is in een aantal opzichten nog actueel te noemen. De auteurs vergelijken werk en werkomstandigheden, alsook de opinies van

werknemers hierover in een tweetal elektriciteitscentrales. Eén der centrales dateert uit 1915, de andere is pas enkele jaren operationeel. In technisch opzicht zijn de verschillen o.m. dat de nieuwe centrale is toegerust met grotere, meer complexe produktie-eenheden. Ook is er in vergelijking tot de oudere centrale veel meer gebruik gemaakt van automatische regelapparatuur. De bediening en de bewaking van de systemen geschieden nu vanuit één centrale ruimte. In vergelijking tot de oudere centrale zijn de taakuitvoerders hier verantwoordelijk voor een groter deel van het systeem. De van de taakuitvoerders in de nieuwe centrale verlangde systeemkennis is dan ook navenant toegenomen.

De nieuwe centrale kan met aanzienlijk minder mensen toe. De toegepaste technologie maakt het mogelijk vroegere specialistische functies samen te stellen. Ook wordt er besloten tot het invoeren van een geregelde taakroulering. De ploegenstructuur wordt sterk vereenvoudigd, het aantal leidinggevende niveaus teruggebracht. In vergelijking tot de oudere centrale vinden de mensen in de nieuwe centrale hun werk interessanter, uitdagender. Ze vinden dat het in belangrijke mate een beroep doet op hun vaardigheden. Over het algemeen uiten ze dan ook een grotere tevredenheid over hun werk. Bij beide centrales wordt gewerkt in volkontinudienst. Een vrij algemene negatieve waardering ten aanzien hiervan wordt door de auteurs gekonstateerd. Ook signaleert men problemen t.a.v. de fysieke gezondheid en gezins- en overige sociale relaties.

Een soortgelijk beeld wat betreft werk en werkomstandigheden en opinies van werknemers hierover vinden we terug in een studie van Blauner (1964). Zijn boek bevat onder meer een verslag van een veldstudie in de chemische procesindustrie.

Schaalgrootte, complexiteit, de verfijndheid van de toegepaste regelapparatuur, e.d. zijn punten van technische overeenkomst van deze chemische fabriek met de energiecentrale. Ook hier is de taakuitvoering erop gericht de kontinuïteit zo ongestoord mogelijk te doen verlopen. Geregeld overleg tussen de taakuitvoerder, als direkt verantwoordelijke voor het produktieproces, en zijn supervisors is een normaal bestanddeel van de taak geworden. Positief is men onder meer in de waardering van de mogelijke eigen bijdrage aan de produktkwaliteit en de systeemoperaties. Ook positief gewaardeerd worden afwisseling en verscheidenheid van de werkzaamheden.

Wel tekent Blauner aan dat het werk gekarakteriseerd wordt door betrekkelijk lange perioden van rust en korte perioden van koortsachtige activiteiten. Vooral tijdens nacht- en weekenddiensten kan (bij het uitblijven van storingen) dit weleens leiden tot een zekere monotonie en verveling. Verder, hoewel ze slechts even aangestipt worden, liggen er ook hier problemen op het vlak van de kontinuïteit.

Deze beide qua aard meer beschrijvende studies bestrijken het tweede deel der vijftiger jaren en het begin van de zestiger jaren. Het totaalbeeld wat hieruit naar voren komt wat betreft de beleving en waardering van werk en werkomstandigheden mag positief genoemd worden. Het werken in kontinuïteit moet hiervan uitgezonderd worden.

Voor de Nederlandse situatie kan uit deze tijd nog het werk van Brenninkmeyer (1964) genoemd worden, die werksituaties in chemische fabrieken met verschillende graden van automatisering onderzocht. Ook hij komt tot een tamelijk optimistische konklusie waar het de effecten van verdergaande automatisering op de inhoud van het werk betreft. Niettemin wordt ook door hem het mogelijke toekomstige gevaar van taakuijtholling (passieve bewakingstaken) signaleerd bij verdergaande automatisering.

De hier genoemde studies geven een relatief gunstig beeld te zien van geautomatiseerde taaksituaties wanneer deze vergeleken worden met eerdere stadia van automatisering of met gemechaniseerde taaksituaties (lopende band). We kunnen ons afvragen of dit ook tegenwoordig nog zo is.

Opgemerkt dient dan te worden, dat sinds de tijd waarin de besproken studies werden uitgevoerd de technologische ontwikkelingen zich in sterke mate hebben voortgezet. Verdergaande schaalvergroting, toename van complexiteit, centralisatie en computerisatie hebben ertoe geleid dat de taaksituatie in bv. een moderne chemische fabriek aanzienlijk veranderd is ten opzichte van de 15 tot 20 jaar geleden in de hierboven aangehaalde studies onderzochte taaksituaties.

De uitspraken en beoordelingen uit deze studies zijn in hun algemeenheid dan ook niet meer geldig voor de huidige situatie. Zo kunnen we konstaten, dat bij moderne hooggeautomatiseerde systemen het aantal malen dat een beroep moet worden gedaan op de menselijke creativiteit en het improvisatievermogen uiterst gering is. Het is immers in het belang van een goed functioneren van het proces, dat er zo min mogelijk storingen en abnormale situaties voorkomen.

Het probleem is hier, dat lange perioden van inactiviteit afgewisseld worden door korte perioden van plotselinge zeer intense activiteit. Een dergelijke onevenwichtige taakstructuur heeft, zoals we bij de gevalbeschrijvingen gezien hebben, gevolgen voor de taakuitvoerder in termen van vervreemding van het werk door de lange perioden van leegloop, terwijl ook stress- of spanningsverschijnselen verwacht mogen worden als gevolg van de onzekerheid die bestaat ten aanzien van het optreden van storingen en het risico dat daarbij aanwezig is. Bij de schaarse ingrepen in het proces kunnen fouten namelijk zeer ernstige consequenties hebben.

Op grond van een dergelijke ontwerpfilosofie (gebaseerd op vaardigheden en niet op behoeften) kunnen we veronderstellen, dat bij verdergaande automatisering taken steeds meer zullen bestaan uit (nog) niet geautomatiseerde routinehandelingen en lange perioden van leegloop afgewisseld met korte perioden van intense activiteit. Ook uit het oogpunt van effectiviteit van de taakuitvoering is een dergelijke ontwikkeling ongewenst, omdat de oplettendheid van de operator hierdoor negatief wordt beïnvloed, waardoor hij de schaarse signalen waarop hij moet reageren niet meer opmerkt (vigilantietaken). Vaak is in dit soort gevallen niet alleen het opmerken van het signaal een probleem, maar ook het juist interpreteren hiervan, omdat de operator vaak niet 'bij' is wat betreft zijn beeld van het proces.

Verder is het een probleem dat ook bij hooggeautomatiseerde systemen om technische, economische of praktische redenen niet alle routinehandelingen zijn geautomatiseerd, zodat de operator hiervan toch nog zijn deel krijgt. Bij de gevalbeschrijvingen van de elektriciteitscentrale hebben we bv. gezien, dat de operator op gezette tijden met een staat langs de meters moet lopen om de standen te noteren. Dit wordt door hem zeer negatief gewaardeerd. Data-logging kan ook door apparatuur gebeuren, maar in dit geval is dit ofwel om economische redenen ofwel om praktische redenen ('operator moet het hoofd bij het proces houden') niet gebeurd. Het is dus de vraag of de voortschrijdende technologische ontwikkelingen het aanvankelijk relatief gunstige beeld dat geautomatiseerde taaksituaties vertonen, in stand laten. Uit de voorgaande gevalbesprekingen van het geavanceerde computersysteem en de elektriciteitscentrale blijkt dat dit in zijn algemeenheid niet het geval is. De elektriciteitscentrale toonde ons een duidelijk voorbeeld van taakuitholling door automatisering, terwijl

bij het computersysteem het probleem van de routinematige handelingen zonder veel feitelijke invloed op het functioneren van het systeem naar voren kwam.

Naast deze technologische ontwikkelingen is er een verandering in het denken over de positie van de menselijke taakuitvoerder in geautomatiseerde systemen te bespeuren. Werd in het verleden vaak als referentiekader genomen de werksituatie van een werknemer aan de lopende band, waarbij deze laatste er dan doorgaans minder goed van afkwam, de laatste tijd is een streven merkbaar naar het ontwikkelen en hanteren van criteria die meer specifiek zijn voor geautomatiseerde taaksituaties.

Uitgangspunt hierbij is, dat er binnen het geheel van geautomatiseerde taaksituaties arbeidsplaatsen zijn aan te wijzen die duidelijk beter voldoen in menselijk opzicht dan andere. Het probleem hierbij is, dat situaties die slecht voldoen vaak moeilijk te veranderen zijn zonder kostbare ingrepen in het technisch systeem, zodat verbetering vaak achterwege blijft. Dit betekent dat in de ontwerpfase van de technische systemen de op het functioneren van de taakuitvoerder gerichte criteria zouden moeten worden ingebracht. In de 'ontwerpfilosofie' is er dan ook een geleidelijke ontwikkeling te constateren die in de tijd gezien loopt van de opvatting dat de mens moet functioneren als verlengstuk van de machine (restfunctie, vgl. Taylor) via het idee dat mens en machine moeten worden opgevat als gelijkwaardige systeemcomponenten (vergelijken van vaardigheden) naar de gedachte dat de machine zodanig ontworpen moet worden dat hij optimaal tegemoet komt aan de menselijke mogelijkheden en behoeften uiteraard met behoud van technische en economische effectiviteit. De parallel met de eerder besproken sociotechnische systeemtheorie lijkt hier duidelijk.

4.2 De organisatie

Het ontwerpen van een mens-machinesysteem impliceert niet alleen het opstellen van een taakverdeling tussen mens en machine, maar ook tussen mensen onderling. Immers, alleen bij kleinschalige, laaggeautomatiseerde systemen is sprake van een situatie waarin het systeem door één man bestuurd wordt. In andere gevallen gaat het om een ploeg mensen, die op basis van een zekere verdeling van taken en bevoegdheden de regeling uitvoeren. Gegeven een bepaald ontwerp van het technisch systeem is er een zekere mate van vrijheid om binnen deze ploeg de taken en bevoegdheden te verdelen. Bij een gekozen vorm van technologie zijn dus in principe meerdere organisatievormen mogelijk, hoewel iedere vorm van technologie ook een zekere beperking oplegt aan het aantal mogelijkheden. Een belangrijke beperking die in de gemechaniseerde industrie bv. vaak aan de organisatie is opgelegd houdt in, dat samenwerking tussen individuen vrijwel onmogelijk is, omdat de mechanisering heeft geleid tot van elkaar geïsoleerde arbeidsplaatsen, waar een op zichzelf staand deel van het productieproces wordt uitgevoerd.

De meer geïntegreerde geautomatiseerde productieprocessen lijken meer ruimte voor de keuze van de meest geschikte organisatievorm te bieden. Zo wordt wel gesteld, dat dit soort processen uitnemend geschikt is voor het creëren van zgn. autonome werkgroepen volgens principes van de sociotechnische systeemtheorie (zie ook de vorige paragraaf).

In de gevalbeschrijvingen daarentegen, hebben we gezien dat de organisatie bij de verschillende systemen volgens het traditioneel hiërarchische model was opgezet. Er was hierbij indicatie, dat bij niet al te hoge automatiseringsgraad (de farmaceutische fabriek) de ploeg autonoom kon functioneren dan bij het zeer hooggeautomatiseerde

systeem (de elektriciteitscentrale). Dit werd waarschijnlijk niet rechtstreeks veroorzaakt door de technologie, maar vloeide voort uit het feit, dat in een een hooggeautomatiseerd systeem storingen en andere bijzondere situaties dermate zelden voorkomen, dat hogere funktionarissen de neiging hebben om in dit soort gevallen zelf de regeling ter hand te nemen, dan wel nauw toezicht hierop te houden. Een ander belangrijk aspekt van autonome werkgroepen is, dat de taakverdeling binnen de ploeg flexibel is en eventueel op grond van onderling overleg tot stand komt. Hier lijkt de sterke mate van centralisatie van informatie-aanbieding en bediening bij hooggeautomatiseerde systemen een al te grote flexibiliteit in de weg te staan. Immers optimale flexibiliteit veronderstelt een gelijke mate van beschikbaarheid van de informatie uit het technisch systeem voor alle ploegleden, hetgeen door de sterke centralisatie van informatieverwerking niet mogelijk is. Onder deze omstandigheden zal een vaste taakverdeling en een zekere hiërarchische verhouding tussen de paneeloperator en de overige ploegleden bijna onontkoombaar zijn. Wel lijkt hier taakroulatie binnen de ploeg mogelijk, hetgeen ook bij enkele van de onderzochte bedrijven wordt toegepast.

4.3 Ergonomische aspecten en fysieke arbeidsomstandigheden

Vanuit de ergonomie bestaat reeds lange tijd aandacht voor problemen bij het sturen en regelen van technische systemen. De aandacht is hierbij doorgaans niet zozeer gericht op aspecten van de taakinhoud en de organisatie, zoals die onder punt 4.1 en 4.2 werden besproken, maar men houdt zich op meer gedetailleerde wijze bezig met problemen die zich in de direkte interactie tussen mens en machine voordoen.

Oplossingen voor deze problemen kunnen gezien worden als randvoorwaarden voor een goed funktionieren van de taakuitvoerder. Voor het eigenlijke taak- en organisatie-ontwerp hebben zij dus slechts een marginale betekenis. Hierbij moet worden opgemerkt, dat ook vanuit de ergonomie onder de benaming 'systeemergonomie' de laatste tijd belangstelling begint te ontstaan voor problemen van het taakontwerp. De dan gevolgde benadering vertoont grote overeenkomst met de eerder beschreven sociotechnische systeemtheorie. In het nu volgende gaan we echter uit van datgene wat de 'klassieke' ergonomie ons heeft te bieden. Zowel de *effektiviteit* van de taakuitvoering als de veiligheid en *gezondheid* van de taakuitvoerder komen hierbij aan de orde.

Effektiviteit

Op dit gebied is een aanzienlijke hoeveelheid literatuur voorhanden, waarin de meeste aandacht is gericht op de vormgeving van het 'interface', het raakvlak tussen de mens en de machine (vaak in de vorm van een paneel), waar de informatie uit het systeem binnenkomt en de mogelijkheden om in het systeem in te grijpen zijn gelokaliseerd.

Als kernprobleem wordt hierbij gezien de vraag welke informatie uit het systeem op welke wijze moet worden overgedragen aan de taakuitvoerder. Is de waarde van een grote hoeveelheid detailinformatie even groot als relatief weinig overzichtsinformatie? Hoeveel informatie kan per tijdseenheid worden verwerkt? Hoe duidelijk wordt uit de aangeboden informatie wat de oorzaak van een bepaalde storing is? Op wat voor soort informatie baseert de mens zijn beslissingen en welke onzekerheden accepteert hij? Een belangrijk punt in dit verband is het beeld of model (mentaal model)

dat de operator zich vormt van het technisch systeem en de wijze waarop daarin het proces verloopt. Dit beeld gebruikt hij om zijn waarnemingen in te passen en vervolgens konklusies te trekken die tot bedieningshandelingen leiden.

Onderzoek wijst uit, dat dit model in veel gevallen onjuist en/of onvolledig is, waardoor problemen m.b.t. de juiste interpretatie van de te verwerken informatie kunnen ontstaan.

Een ander punt is de *hoeveelheid* te verwerken informatie. In sommige gevallen is de hoeveelheid zo groot (bv. zgn. piekbelastingen), dat de 'mentale belasting' van de operator te groot wordt en een juiste taakuitvoering wordt bemoeilijkt of onmogelijk gemaakt. Zoals al eerder gezegd, zijn er echter ook gevallen waarbij de hoeveelheid te verwerken (in tegenstelling tot de hoeveelheid *aangeboden* informatie, die vaak zeer groot is) informatie zo gering is (bij bepaalde bewakingstaken in hooggeautomatiseerde systemen), dat de alertheid van de operator hierdoor negatief wordt beïnvloed, waardoor hij de schaarse signalen waarop hij moet reageren niet meer opmerkt (vigilantietaken). Vaak is in dit soort gevallen niet alleen het opmerken van het signaal een probleem, maar ook het juist interpreteren hiervan, omdat de operator vaak niet 'bij' is wat betreft zijn beeld van het proces.

Ook wat betreft de *bediening* van het systeem kunnen problemen ontstaan, allereerst natuurlijk als gevolg van een onjuiste informatieverwerking, maar ook door onjuist uitgevoerde bedieningsinstrumenten, een slechte beheersbaarheid van het systeem, inadequade bedieningsprocedures, e.d.

Bij hooggeautomatiseerde systemen komen bedieningshandelingen vaak zo weinig voor, dat gebrek aan praktische oefening hiermee problemen kan geven. Bij bepaalde systemen (supertankers, langzame processen) is het tijdsverloop tussen de bedieningshandeling en de waarneming van het resultaat daarvan zo groot, dat hierdoor de bediening in aanzienlijke mate bemoeilijkt wordt.

Bij deze problemen rond de wijze van informatiepresentatie en de bediening gaat het om de mogelijkheid dat door toedoen van de operator de systeemprestatie nadelig wordt beïnvloed in termen van kwaliteit en/of kwantiteit van het produkt, vergrote produktiekosten bv. door een onnodig hoog energieverbruik, beschadiging van de installatie door onoordeelkundige bediening of het niet tijdig opmerken van afwijkingen in het procesverloop, ongewenste effecten voor de omgeving door uitstoot van giftige stoffen etc., kortom aspecten van de effectiviteit van de taakuitvoering.

Gezondheid

Een bepaald aspect van de wijze van informatiepresentatie aan de taakuitvoerder is ook vanuit gezondheidskundig oogpunt van belang. Het gaat hier om het reeds genoemde punt van de hoeveelheid te verwerken informatie en de 'mentale belasting' die hierdoor optreedt. Niet alleen voor een juiste taakuitvoering is dit van belang zoals al is besproken, maar ook bestaan er vermoedens, dat een te veel of te weinig aan mentale belasting negatieve effecten kan hebben op de gezondheid van de taakuitvoerders. Het kan hier enerzijds gaan om de *hoeveelheid* te verwerken informatie en anderzijds de *betekenis* die de aan- of afwezigheid van bepaalde informatie heeft voor de operator.

Wat betreft de hoeveelheid kan gewezen worden op de al genoemde 'piekbelastingen', die een ongunstig effect kunnen hebben op het organisme. Ook de betekenis, bv. de afwezigheid van benodigde informatie tijdens een storingssituatie, kan leiden tot spanningen vooral daar de operator vaak een zware verantwoordelijkheid draagt

m.b.t. de veiligheid en gezondheid van de in en om het systeem aanwezigen (bv. kerncentrale, chemische industrie, luchtverkeersleiding e.d.). Ook het voortdurend niet actief betrokken zijn bij het functioneren van het systeem in de wetenschap, dat bij plotselinge storingen toch snel en adequaat moet worden opgetreden, kan leiden tot emotionele spanningen die op den duur psychosomatische klachten kunnen gaan veroorzaken. Een tweede gezondheidskundig aspect betreft het directe contact tussen de mens en bepaalde soorten apparatuur in gebruik voor de presentatie van informatie. De discussie in vakbladen en pers over het gebruik van beeldschermen is hier een voorbeeld van. Bij de gevalbeschrijvingen hebben we gezien, dat bv. bij het computersysteem de taakuitvoerder voortdurend via een dergelijk beeldscherm gekombineerd met toetsenbord met het technische systeem in contact staat. De problemen leken hier echter meer gelegen te zijn in de taakinhoud dan in de specifieke wijze van informatiepresentatie. Dit neemt niet weg, dat het van belang is dergelijke apparatuur te onderzoeken op mogelijke schadelijke effecten, vooral in relatie met de wijze waarop van de apparatuur gebruik wordt gemaakt (bv. kontinu of met tussenpozen, hoeveel informatie wordt per tijdseenheid overgedragen, etc.).

Wat betreft de fysieke arbeidsomstandigheden kan gesteld worden dat deze slechts zelden een knelpunt zullen vormen bij dit soort arbeidssituaties. Als gevolg van de grotere afstand tot het productieproces door centralisatie van de informatiepresentatie en afstandsbediening is vaak een aanzienlijke verbetering opgetreden in de fysieke omgevingsfactoren. De arbeid wordt verricht in meer of minder plezierig ingerichte meet- of regelkamers, kommandoruimtes of computerzalen.

Dit neemt niet weg, dat zich nogal eens problemen voordoen m.b.t. lawaai, verlichting, ventilatie, temperatuurregeling e.d. Hierbij moeten we ons realiseren, dat bij werkzaamheden van mentale aard, informatieverwerken en beslissingen nemen al dan niet in mondeling overleg met anderen, de hinderlijkheidsgrens van bv. lawaai aanmerkelijk lager ligt dan wettelijk toelaatbare maxima. Tenslotte kan hier de ploegendienst genoemd worden, die bij de onderhavige arbeidssituaties in de een of andere vorm vrijwel steeds voorkomt. Directe negatieve effecten hiervan op de gezondheid zijn moeilijk aan te tonen. Langs meer indirecte weg, bv. door slaapstoornissen als gevolg van ploegendienst, kunnen zich echter effecten voordoen die vanuit gezondheidskundig oogpunt negatief gewaardeerd moeten worden.

5 Onderzoekresultaten

Na in hoofdstuk 3 aan de hand van gevalbeschrijvingen enkele konkrete voorbeelden van mogelijke problemen bij stuur- en regeltaken gegeven te hebben en vervolgens in hoofdstuk 4 meer algemene overwegingen met betrekking tot taak- en organisatie-ontwerp bij geautomatiseerde technische systemen gepresenteerd te hebben, zal hoofdstuk 5 gewijd zijn aan een meer systematische beschrijving van de resultaten van een vergelijkend onderzoek bij 24 stuur- en regeltaken.

Hierbij zal worden nagegaan of de trend die zich bij de gevalbeschrijvingen aftekende, nl. een ongunstige taakverdeling tussen mens en machine bij hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen en bij computersystemen, ook gevonden wordt wanneer grotere aantallen arbeidssituaties met verschillende niveaus van automatisering worden onderzocht. Ook kan dan worden bepaald, welke mogelijkheden er zijn om gegeven een bepaald niveau van automatisering, door bijvoorbeeld een andere organisationele opzet de arbeidssituatie aantrekkelijker te maken voor de operator.

5.1 Opzet van het onderzoek

Zoals eerder aangegeven, wordt er door middel van dit onderzoek naar gestreefd een referentiekader op te stellen met behulp waarvan bij het ontwerpen van mens- en machine-systemen meer concreet rekening kan worden gehouden met de mogelijkheden en behoeften van de menselijke taakuitvoerder in dergelijke systemen.

De achtergrondgedachte hierbij is, dat de structuur van stuur- en regeltaken in verschillende technische systemen, zoals die in het tweede hoofdstuk is uiteengezet, steeds in grote lijnen hetzelfde is. Hierdoor is het in principe mogelijk over dit soort taken algemene aanbevelingen of uitspraken te doen die in meerdere situaties geldig zijn.

Deze zelfde achtergrondgedachte speelt een rol bij de keuze van de onderzoeksofzet, nl. een vergelijkend onderzoek van een groot aantal verschillende taaksituaties, waarbij aspecten van het technisch systeem, de taak en de organisatie met elkaar kunnen worden vergeleken, waarna het effect in positieve of negatieve zin op de taakuitvoerder kan worden nagegaan.

De volgende voorwaarden werden aan de te onderzoeken taaksituaties gesteld:

- Er moet sprake zijn van een duidelijk identificeerbaar technisch systeem of transportsysteem, dat door één of meer taakuitvoerders geregeld wordt.
- De informatie uit het technisch systeem dient op een centrale plaats in voornamelijk gesymboliseerde vorm aan de taakuitvoerder te worden aangeboden.
- De bediening van het technisch systeem dient voornamelijk vanuit dezelfde centrale plaats (via een paneel of via kommunikatie) te geschieden.

Deze taken komen vooral voor in de chemische procesindustrie, centraal geregelde transportsystemen (rail-, weg-, lucht- en scheepsverkeerssystemen), energie-opwekking (gas-, olie- en kolengestookte elektriciteitscentrales en kerncentrales) en bij de bediening van afzonderlijke wetenschappelijke en administratieve computersystemen (regeling van de doorvoer van programma's vanachter een konsole). Besloten werd van elk van deze categorieën taken er vijf te onderzoeken benevens enkele taaksituaties die niet in deze categorieën passen en onder de noemer 'diversen' werden ondergebracht.

Een meer gedetailleerde beschrijving van de 24 onderzochte taaksituaties volgt hieronder, ingedeeld naar niveau van automatisering (administratieve computersystemen zijn apart ingedeeld onder niveau IIa; de overige onderzochte technische systemen zijn procesbeheersingssystemen):

Niveau I: manuele regeling

1. Zandzuigstelsel op sleephopperzuiger

Toegangsvaarwegen tot havengebieden worden op voldoende diepte gehouden door zogeheten sleephopperzuigers. Deze schepen zijn aan beide langsijden uitgerust met een buizenstelsel voorzien van een sleep/zuigkop. De sleep/zuigkop wordt vlak boven de bodem van de vaargeul gehangen. De grondmassa – vermengd met water – wordt met behulp van pompen aan boord van het varende schip gezogen. Elk systeem wordt door één operator bediend.

2. Lakstraat autofabriek

Door middel van dit systeem wordt de grondlaklaag op autokarosserieën aangebracht. Paneelgegevens m.b.t. de spuitinstellingen en directe (glaswand) observatie van de auto's zijn belangrijke gegevens voor de operator.

Niveau IIa: inschakeling informatieverwerkend systeem; voornamelijk handregeling

3. Walradar I

Dit systeem draagt zorg voor een efficiënt en veilig scheepvaartverkeersverloop. Het verkeersbeeld en de bewegingen van afzonderlijke schepen worden door de operator met behulp van radar geobserveerd.

Met behulp van radio kan de operator de schepen van informatie voorzien. Het werkgebied van deze radarpost omvat een zeegebied (radarbereik ca 32 km) gelegen ten westen van de inlandige vaargeul.

4. Walradar II

Ook hier draagt de radaroperator met behulp van radar en radio zorg voor een efficiënt en veilig scheepvaartverkeersverloop. Bij deze post omvat het werkgebied het laatste deel van de inlandige vaargeul en het direkt hieraan grenzende zeegebied. Dit laatste maakt geografisch gezien deel uit van het werkgebied van walradar I.

5. Metrodienstleiding

Maximale veiligheid voor dit openbaar vervoerssysteem wordt gegarandeerd door een Automatisch Trein Beïnvloedingssysteem (ATB). De operator superviseert de werking van het ATB-systeem en

stelt waar nodig de rijwegen voor de metro-treinstellen met de hand in (bijvoorbeeld: bij het invoegen van treinstellen, vanuit de remise, voor een hogere bezettingsgraad van de lijnen tijdens spitsuren).

6. Luchtverkeersbegeleiding

Dit systeem draagt zorg voor een veilige en efficiënte afhandeling van het luchtverkeer. De begeleiding van deze post is toegespitst op de naderingsprocedure van de landingsbaan, alsmede op de vluchtbewegingen kort na de start. Informatie over het verkeersbeeld verkrijgt de operator van het radarscherm. Behorend bij individuele toestellen worden hierop tevens een aantal vluchtgegevens gepresenteerd. Met behulp van radio geeft de operator zijn instructies door omtrent de uit te voeren vluchtbewegingen (koers, hoogte, snelheid).

7. Koördinatie openbaar vervoer

Regulerings- en assistentiepost ten behoeve van het stedelijk bus- en tramvervoer. Vanuit deze post worden de benodigde acties ondernomen om de dienstuitvoering, en daarmee de serviceverlening aan het publiek, zo ongestoord mogelijk te doen verlopen. De operator beschikt hiertoe over diverse informatiebronnen. Het belangrijkste zijn de radiokontakten tussen de bestuurders en de koördinatiepost. In deze berichtenuitwisseling worden de gebruikelijke en minder-gebruikelijke dienstaangelegenheden (wisseling van bestuurders, aanrijdingen) in eerste instantie afgehandeld.

8. Schakelwacht Centrale I

Energie-opwekking en distributie. De turbines worden vanuit deze post in dan wel buiten werking gesteld, al naar gelang de behoefte van het lokale voorzieningsgebied of van het zogeheten landelijk koppelnet. Verder worden ten behoeve van de distributie schakelhandelingen uitgevoerd.

Niveau IIa: computersystemen

9. Bankcomputercentrum I

Een computersysteem voert onder supervisie van de operator een sekwentie van administratieve programma's uit (bijvoorbeeld: krediet-, debetboekingen). De operator ziet erop toe dat de juiste gegevensbestanden aanwezig zijn en verzorgt vervolgens de programmastart. De uitvoer van een (sekwentie van) programma(s) wordt door de operator aan een specifieke systeemlocatie toegewezen. In een aantal gevallen kan de operator, binnen het kader van een optimaal gebruik van de computerfaciliteiten, prioriteitsveranderingen in de programmasekwentie aanbrengen.

10. Bankcomputercentrum II

Overeenkomstig Bankgiro Administratie I. In vergelijking tot 9 betreft het hier een omvangrijker systeem.

11. Rekencentrum Universiteit

Overeenkomstig beschrijving voor systeem 9. In vergelijking tot 9/10 minder vaste programmasekwenties ten gevolge van meer variabel aanbod wetenschappelijke onderzoeksprogrammatuur.

12. Verzekeringen Administratie I

Overeenkomstig beschrijving voor systeem 9.

13. Verzekeringen Administratie II

Overeenkomstig beschrijving voor systeem 9. In vergelijking tot 12 betreft het een omvangrijker systeem.

Niveau IIb: regeling voornamelijk met behulp van automaat

14. Salpeterzuurfabriek

In deze fabriek wordt salpeterzuur gemaakt. Dit (tussen)produkt wordt gebruikt bij de verdere vervaardiging van kunstmest. De operator bewaakt het salpeterzuurfabrikageproces. In bijzondere situaties wordt de sturing/regeling in belangrijke mate op de hand genomen.

15. Farmaceutische fabriek

In een opeenvolging van verwerkingsstappen (batchmatige procesvoering) wordt van het uitgangsprodukt (ruwe penicilline) een antibiotika-halffabrikaat vervaardigd. Alvorens een verwerkingsstap te starten draagt de operator er zorg voor dat aan alle aanvangskondities voldaan is. Tijdens het verdere procesverloop binnen een verwerkingsstap superviseert de operator de automatische sturing/regeling hiervan.

16. Kaasfabriek

Het gereedmaken van de melk voor de kaasproductie geschiedt vanuit een centrale bedieningsruimte. De operator verricht hier steeds de benodigde instellingen voor dit batchmatige proces. Tevens bewaakt hij ook in zuivel-technologisch opzicht, de gang van zaken tijdens de voorverwerking van de melk.

17. Stoomwacht Proefcentrale

In deze experimentele elektriciteitscentrale vindt warmteoverdracht, anders dan bij konventionele centrales, onder meer plaats met behulp van een met natrium gevuld systeem. De natriumcomponenten worden hier, voor toepassing in kernreactoren, onder operationele kondities getest. Vanuit de 'stoomwacht' wordt door de operator het gedrag van het systeem bewaakt. Ook de stuur- en regelinstellingen worden door de operator vanuit deze ruimte verricht.

18. Cementoven

Ruwe, gemalen, mergel wordt vermengd met toeslagstoffen. Na enkele verdere voorbereidingen wordt het mengsel in een oven gevoerd. Door dit brandproces ontstaat klinker – een produkt dat in een verder deel van de fabriek tot cement wordt verwerkt. De sturing en regeling van de voorverwerking en het brandproces geschieden gedeeltelijk door een computer.

Niveau III: superviserende regeling

19. Ethyleenfabriek

In een ethyleenfabriek (naftakraker) worden, na een aanvankelijk verhittingsproces in een reeks van trappen water, en lichte

koolwaterstoffen en vervolgens de zwaardere koolwaterstoffen, waaronder ethyleen, afgescheiden.

De operator superviseert, doorgaans met uitzondering van het verhittingsproces, de toestand en werking van de verschillende processen en (hulp)systemen. Alleen in bijzondere situaties, zoals bij het opstarten en het afregelen van het systeem, wordt de sturing/regeling in belangrijke mate op de hand genomen.

20. Butadieenfabriek

Butadieen in ruwe vorm is afkomstig van de ethyleenfabriek (systeem 19). In verschillende opeenvolgende zuiveringsstappen (dehydrogenering) wordt dit produkt van verontreinigingen ontdaan. De operator bewaakt dit procesgebeuren en verricht tevens de hiervoor benodigde stuur/regelakties.

21. Gasdistributie

De landelijke gasdistributie wordt vanuit een centraal punt geregeld en bewaakt. Het werk van de operators omvat zowel de regeling en bewaking van het gastransport als de kwaliteit van (meng)gassen. In dit werk maakt de operator zowel wat betreft het verkrijgen van informatie als wat betreft het uitvoeren van ingrepen veelvuldig gebruik van operationele diensten (o.m. het personeel in kompressorstations).

22. Stoomwacht Centrale I

Stoomvoorziening. In deze konventionele elektriciteitscentrale voorziet dit deel van het systeem het energie-opwekkend gedeelte (turbines) van de benodigde hoeveelheid stoom van een bepaalde kwaliteit. De opwekking en het transport van de stoom naar de turbine worden vanuit de 'stoomwacht' door de operator gecontroleerd.

23. Stoomwacht Centrale II

Overeenkomstig beschrijving systeem 22 met als verschilpunt: bij 23 is tevens opgenomen de bewaking en besturing van de turbine en – gedeeltelijk – van de generator.

24. Hoogoven

Het hoogovenproces en de daarbij benodigde veelheid van hulpsystemen worden vanuit een centraal punt gestuurd en geregeld. Dit geschiedt in belangrijke mate door een computer. De operator superviseert de toestand en werking van de hoogoven en van de hulpsystemen.

Wijze van gegevensverzameling

In elke taaksituatie zijn gedurende enkele dagen d.m.v. het doorlichten van de arbeidssituatie aan de hand van een check-list, gesprekken met sleutelfiguren in het bedrijf en interviews aan de hand van een vragenlijst met de taakuitvoerders gegevens verzameld over de technische aspecten van het te regelen systeem, de structuur en de wijze van uitvoering van de taak, de structuur en het functioneren van de organisatie en de arbeidstevredenheid, ervaren gezondheid, welbevinden en het ziekteverzuim van de taakuitvoerders. In totaal werden 223 taakuitvoerders ondervraagd. In 10 van de 24 onderzochte situaties werd gedurende een groot aantal perioden van elk 30 minuten het taakgedrag systematisch

geobserveerd en geregistreerd. Hierdoor werd een indruk verkregen van percentages tijd besteed aan verschillende activiteiten op de verschillende niveaus van automatisering. Tevens werd hierbij de hartslag van de betrokkenen vastgelegd, teneinde een indruk te krijgen van de belasting tijdens het werk.

5.2 Resultaten

In het nu volgende (5.2.1) zal eerst worden aangegeven, wat de belangrijkste verschillen zijn tussen arbeidssituaties behorende bij technische systemen met verschillende graden van automatisering. Achtereenvolgens worden aspecten van het technisch systeem, de taak en de organisatie besproken. Tenslotte wordt gekeken naar verschillen in arbeidstevredenheid, welbevinden, ervaren gezondheid en ziekteverzuim.

In de volgende paragraaf (5.2.2) zal worden nagegaan, of er grote verschillen zijn tussen arbeidssituaties met dezelfde graad van automatisering. M.a.w. er wordt binnen de subgroepen gekeken, wat voor situaties bij een bepaald niveau van automatisering de minste c.q. de meeste problemen opleveren voor de werknemers.

5.2.1 Verschillen tussen arbeidssituaties met verschillende niveaus van automatisering

Technisch systeem

Een zeer sterk positief verband werd gevonden tussen de automatiseringsgraad en de complexiteit van de onderzochte technische systemen. Ook bleken hoger geautomatiseerde technische systemen over het algemeen grootschaliger van opzet te zijn. Dit komt ook tot uiting in de complexiteit van het interface. Deze is groter bij een hogere automatiseringsgraad. Middelmatic geautomatiseerde technische systemen (niveau IIa) bleken het meest storingsgevoelig te zijn. Dit gold met name voor de in deze categorie vallende transportsystemen.

Taak

Uit tabel 2 blijkt, dat bij hogere niveaus van automatisering over het algemeen minder tijd aan bediening wordt besteed, terwijl het percentage niet aan werken bestede tijd sterk toeneemt. Verder blijkt uit de resultaten, dat bij lagere niveaus van automatisering de bedieningsactiviteiten een meer routinematig karakter hebben, terwijl de bewaking een minder passief karakter heeft (meer actief de meters in de gaten houden) dan bij hogere niveaus van automatisering (meer passief storingen afwachten).

Over het algemeen worden stuur- en regeltaken verricht aan de hand van betrekkelijk nauwkeurige en gedetailleerde voorschriften en procedures. Dit is vooral het geval bij normaal bedrijf, aangezien zich tijdens storingen (ongewenste afwijkingen in het procesverloop) vaak onvoorziene situaties kunnen voordoen, waarvoor geen procedures konden worden ontworpen. Het blijkt, dat de voorschriften en procedures in de sterkste mate aanwezig zijn bij de computertaken. De talrijke bedieningshandelingen moeten hier volgens zeer strakke procedures worden uitgevoerd, waarbij er weinig ruimte is voor eigen inbreng van de console-operator.

Organisatie

Het wekt geen verwondering, dat bij de hoger geautomatiseerde, grootschaliger technische systemen over het algemeen meer

Tabel 2 – Percentage tijd besteed aan verschillende activiteiten bij verschillende niveaus van automatisering, gebaseerd op systematische observaties bij tien arbeidssituaties

	bediening	bewaking	administratie	rust
procesbeheersings-systemen:				
automatiseringsgraad I	21.9	69.7	0.3	8.0
automatiseringsgraad IIa	6.2	43.3	41.2	9.1
automatiseringsgraad IIb	3.8	48.6	36.3	11.5
automatiseringsgraad III	2.6	44.6	31.8	21.1
computersystemen:				
automatiseringsgraad IIa	15.6	42.9	35.7	5.8

werknemers betrokken zijn. De afdelingen zijn gemiddeld groter, evenals de ploegen. Verder wordt vaker in volkontinudienst gewerkt. Niettemin is er in de opbouw van de verschillende organisaties weinig verschil. Doorgaans staat boven de operator een ploegchef, daar boven een chef van de wacht als hoogste funktionaris in de ploegendienst, die vaak meerdere ploegen onder zich heeft. Hier boven staat de afdelingschef, fabriekschef of plant-manager. In geen van de onderzochte bedrijven werd geëxperimenteerd met andere organisatievormen dan deze traditioneel-hiërarchische opbouw. Wel werd in een aantal gevallen binnen de ploegen een systeem van taakroulatie toegepast, zodat de eigenlijke stuur- en regeltaak afwisselend door verschillende mensen vervuld werd. In andere gevallen was er binnen de ploeg vaak nog een hiërarchische opbouw met twee of drie niveaus, waarbij de paneeloperator een aantal veldoperators of assistenten onder zich had. De onderlinge afhankelijkheid van elkaar binnen de ploeg wordt groter bij een hogere automatiseringsgraad, zodat men de werkzaamheden meer in teamverband verricht. Samenvattend kunnen we zeggen, dat er in de onderzochte bedrijven geen verschillende organisatievormen worden toegepast afhankelijk van het niveau van automatisering. Wel neemt het aantal mensen dat bij de sturing van het systeem betrokken is toe bij een hogere automatiseringsgraad, en is er binnen de ploegen meer samenwerking noodzakelijk. In dit geheel moet een uitzondering worden gemaakt voor de computersystemen. Ondanks het feit, dat zij laag geautomatiseerd zijn, zijn ze toch betrekkelijk complex. Dit leidt ertoe, dat kwa organisatievorm, grootte van de ploeg e.d. deze systemen het best vergelijkbaar zijn met hoog geautomatiseerde procesbeheersingssystemen (groep III), d.w.z. relatief grote ploegen waarbinnen samenwerking nodig is.

Ervaring van de arbeidssituatie door de operators

In meer algemene zin komt hier naar voren, wat bij de gevalbeschrijvingen al globaal geschetst is. De hooggeautomatiseerde arbeidssituaties worden over het algemeen negatiever ervaren dan de laag geautomatiseerde situaties, terwijl ook de computersystemen, die weliswaar laag geautomatiseerd zijn in het algemeen negatief worden beoordeeld door de werknemers.

Tabel 3 – Vergelijkend overzicht van 24 stuur- en regeltaken bij verschillende niveaus van automatisering (++ = zeer hoog, + = hoog, = = gemiddeld, — = laag, — — = zeer laag)

		procesbeheersings-systemen				computer-systemen
		I	IIa	IIb	III	IIa
kenmerken van het technisch systeem	automatiseringsgraad	I	IIa	IIb	III	IIa
	complexiteit	— —	—	+	++	+
	schaalgrootte	— —	—	+	++	—
kenmerken van de taak	% tijd bediening	21.9	6.2	3.8	2.6	15.6
	% tijd rust	8.0	9.1	11.5	21.1	5.8
	procedurering van de taak	+	=	—	—	++
	rountematige karakter van de bediening	+	=	—	—	++
	hoeveelheid te verwerken info	+	+	—	—	++
	complexiteit te verwerken info	—	—	+	+	—
	gevoel systeem onder controle	++	—	—	=	—
	bedieningsonzekerheid	— —	+	—	—	+
	storningsbelasting	=	=	=	—	+
organisatie	ploeggrootte	—	—	+	++	+
	teamverband noodzakelijk	—	—	+	++	++
subjektief door de operators ervaren aspecten van de werksituatie	gevoel dat men zich waar kan maken	+	+	—	—	— —
	afwisseling	+	+	—	—	— —
	subjektieve belasting	+	+	—	—	+
	ervaren autonomie	++	+	+	—	— —
	tevredenheid samenwerking	=	—	+	+	+
	houding t.o.v. ploegen-dienst	++	=	+	— —	+
	algemene arbeids- tevredenheid	+	+	—	— —	— —
	subjektief welbevinden	+	=	+	—	=
	ervaren gezondheid	—	+	+	—	—
	ziekterverzuim (frekwentie)	—	+	+	++	++

— Wat betreft de beoordeling van het *technisch systeem* door de operators valt op, dat de hoeveelheid te verwerken informatie het grootst wordt geacht bij de computersystemen. Niettemin is bij deze systemen de mate waarin men vindt het systeem onder controle te hebben relatief gering. Ook ervaart men veel onzekerheid bij de bediening van deze systemen, hetgeen opmerkelijk is, omdat juist bij deze systemen zoveel bediening voorkomt.

Is de *hoeveelheid* te verwerken informatie het grootst bij de laag geautomatiseerde systemen, de *complexiteit* ervan wordt het grootst geacht bij de hoger geautomatiseerde systemen.

Wat storingen betreft en andere onregelmatigheden in het procesverloop heeft men het meest het gevoel hierdoor belast te worden bij de computersystemen en het minst bij de hoogst geautomatiseerde systemen (superviserende regeling).

— De beoordeling van de *taak* in termen van arbeidstevredenheid gaf een duidelijk verband te zien met de mate van automatisering.

Zowel de mate waarin men vond zich waar te kunnen maken in het werk als de hoeveelheid ervan afwisseling in de taak was minder bij een hoger niveau van automatisering.

Dit gold ook voor de algemene arbeidstevredenheid. Ook hier vormen computersystemen weer een uitzondering. Zij zijn weliswaar laaggeautomatiseerd, doch de arbeidstevredenheid is er laag.

— Vanuit de *organisatie* gezien komt een hoger niveau van ervaren autonomie naar voren in de lager geautomatiseerde systemen (met uitzondering van de computersystemen), doch hiertegenover stond

een ruime mate van tevredenheid over de onderlinge samenwerking bij de hoger geautomatiseerde systemen en de computersystemen. In de hoger geautomatiseerde systemen was men over het algemeen minder tevreden over de ploegendienst, hetgeen verklaarbaar is uit het feit, dat bij dit soort systemen meer volkontinudienst voorkomt. In tabel 3 zijn de voornaamste in deze paragraaf besproken resultaten schematisch weergegeven.

Het totaalbeeld, dat uit dit globale overzicht van de resultaten naar voren komt, is als volgt.

De taakverdeling tussen mens en machine bij procesbeheersingssystemen is vanuit het oogpunt van menselijke mogelijkheden en behoeften ongunstiger bij hogere niveaus van automatisering. Wat tijdsbesteding betreft, zijn er dan te weinig zinvolle activiteiten voor de operator voorhanden.

De operator is onvoldoende bij het functioneren van het systeem betrokken, waardoor hij in een aantal gevallen het gevoel mist het systeem onder controle te hebben. Ook voelt hij zich minder zeker wanneer hij door bedieningshandelingen de werking van het systeem wil beïnvloeden. Dit leidt ertoe, dat de operator niet het gevoel heeft een zinvolle bijdrage te leveren aan het produktieproces, doch slechts als 'bewaker' onregelmatigheden in het functioneren moet afwachten en oplossen.

Vanuit de organisatie gezien lijken er mogelijkheden te zijn deze problemen, althans voor een deel te ondervangen. Immers bij hogere niveaus van automatisering en grootschaligheid worden de ploegen groter, zodat een zekere mate van arbeidstevredenheid aan het groepsfunctioneren ontleend zou kunnen worden.

Over de samenwerking binnen de ploeg is men over het algemeen inderdaad meer tevreden in de hoger geautomatiseerde systemen. Tegelijkertijd treedt er echter een verlies op aan autonomie van de individuele taakuitvoerder: bij lager geautomatiseerde systemen funktioneert de operator doorgaans zelfstandiger dan bij hoger geautomatiseerde systemen, waar vanuit de hogere hiërarchische niveaus regelmatig in de regeling van het systeem wordt ingegrepen. Dit gebeurt vooral bij bijzondere situaties, zoals storingen, op- en afregelen e.d., dus juist die situaties waarin de operator in tegenstelling tot bij normaal bedrijf, juist wel enige bevrediging zou kunnen vinden in zijn taakuitoefening.

Een apart probleem vormen de arbeidssituaties bij de administratieve computersystemen. Hier heeft de operator weliswaar niet te klagen over gebrek aan activiteit, doch het zeer routinematige karakter van de werkzaamheden die volgens strakke procedures moeten worden uitgevoerd, wordt negatief door de taakuitvoerders ervaren. Hier komt bij, dat de operator het feitelijk functioneren van het systeem nauwelijks kan beïnvloeden en ook de kennis mist om dit functioneren op meer dan oppervlakkig niveau te begrijpen. Ook hier wordt het functioneren in teamverband weliswaar positief ervaren, doch is er tevens het probleem dat de operator het gevoel heeft onvoldoende zelfstandig te functioneren ten opzichte van hogere niveaus in de organisatie.

Bovengenoemde problemen, zowel bij de hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen als bij de computersystemen, komen duidelijk tot uiting in de scores op de arbeidstevredenheid en in iets mindere mate ook in de resultaten met betrekking tot het subjectief welbevinden en de ervaren gezondheid. Bij het ziekteverzuim komt heel duidelijk een frekwent verzuim bij de hooggeautomatiseerde systemen en de computersystemen naar voren, hetgeen in overeenstemming is met de overige bevindingen.

5.2.2 Verschillen tussen arbeidssituaties bij een hoog niveau van automatisering

In de vorige paragraaf is een trend gekonstateerd, die inhoudt dat bij procesbeheersingssystemen met een hogere automatiseringsgraad de arbeidstevredenheid van de operators over het algemeen lager is dan bij systemen met een lager niveau van automatisering. Het konstaten van deze trend is belangrijk, omdat procesbeheersingssystemen in de toekomst waarschijnlijk steeds grootschaliger en hoger geautomatiseerd zullen worden. Een trend als hier gevonden houdt echter nog geen veroordeling in van alle arbeidssituaties bij hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen. In deze groepen kwamen nl. ook arbeidssituaties voor die relatief minder ongunstig beoordeeld werden door de betrokken operators. Het nader bekijken van een dergelijke situatie kan waardevolle aanwijzingen opleveren, waarmee bij het ontwerp van dergelijke systemen rekening kan worden gehouden. In het nu volgende zal binnen de groep hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen een als ongunstig door de operators ervaren arbeidssituatie vergeleken worden met een als relatief ongunstig ervaren situatie. Hierbij wordt een arbeidssituatie bij een ethyleenfabriek (gunstig beoordeeld door de operators) vergeleken met een arbeidssituatie bij de stoomwacht voor een elektriciteitscentrale. Het belangrijkste verschil tussen deze beide situaties is gelegen in de taakhoud. Weliswaar is in beide gevallen sprake van superviserende regeling, doch de bewakingstaak heeft bij de ethyleenfabriek, mede als gevolg van de meer dynamische eigenschappen van het chemische proces, een veel actiever karakter dan bij de elektriciteitscentrale. In de ethyleenfabriek tracht de operator voortdurend de output van het systeem te optimaliseren door regelmatig de meterstanden te controleren en op grond hiervan setpoint-wijzigingen aan te brengen (actieve superviserende regeling). Bij de elektriciteitscentrale wordt er vanuitgegaan, dat het systeem op de automaat optimaal functioneert, zodat de operator alleen storingen hoeft af te wachten (passieve superviserende regeling). In tabel 4 komt tot uiting tot wat voor verschillen dat tussen beide arbeidssituaties leidt.

Wat de tijdsbesteding betreft, zien we bij de ethyleenfabriek veel minder rust en bewaking optreden dan bij de elektriciteitscentrale, doch meer administratie. Deze administratie behelst voor een deel het verzamelen, optekenen en onderling vergelijken van gegevens uit het technisch systeem die de operator nodig heeft om de werking van het systeem te optimaliseren. De administratie heeft hier dan duidelijk een functie voor de operator in tegenstelling tot bij de elektriciteitscentrale, waar de operator weinig met de tijdens zijn ronde langs het paneel verzamelde gegevens doet. Het feit dat de hoeveelheid tijd besteed aan bediening bij beide systemen weinig verschilt, doet ons vermoeden, dat de mate waarin het bewakingsgedrag als zinvol voor de systeemoutput wordt ervaren belangrijker is voor de operators dan de feitelijke hoeveelheid tijd besteed aan bedieningsactiviteiten. We zien dan ook, dat de operator in de ethyleenfabriek veel meer het gevoel heeft het systeem onder controle te hebben dan in de elektriciteitscentrale. Interessant is om te zien, hoe vanuit beide organisaties op deze verschillen in taakhoud wordt ingespeeld. In de ethyleenfabriek functioneert de operator vrijwel volledig autonoom, hetgeen noodzakelijk is voor het goed vervullen van zijn optimaliseringstaak en tevens bijdraagt tot zijn arbeidstevredenheid. In de elektriciteitscentrale daarentegen is de

Tabel 4 – Vergelijking tussen de arbeidssituaties bij twee hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen
(++ = zeer hoog, + = hoog, — = laag, — — = zeer laag)

		ethyleen- fabriek	stoomwacht elektriciteits- centrale
kenmerken technisch systeem	complexiteit	++	+
	schaalgrootte	++	+
kenmerken van de taak	% bediening	2.8	2.2
	% tijd administratie	42.2	16.0
	% tijd bewaking	37.7	50.4
	% tijd rust	17.3	31.4
	hoeveelheid te verwer- ken informatie	++	—
	complexiteit te verwer- ken informatie	+	—
	gevoel systeem onder kontrole	+	—
	bedieningsonzekerheid	+	—
subjektief ervaren aspecten van de werk- situatie	gevoel dat men zich waar kan maken	++	—
	afwisseling	+	—
	ervaren autonomie	+	—
	subjektief welbevinden	+	—
	subjektieve belasting	+	—
	ervaren stress	++	—

operator, doordat hij zich minder intensief met het systeem bezighoudt, kwetsbaarder voor beïnvloeding van bovenaf in de schaarse gevallen, dat er iets mis is met het systeem. Hij beschikt op zo'n moment nl. nauwelijks over meer op dat moment noodzakelijke informatie over het systeemfunctioneren dan de toevallig binnenstappende wachtchef.

In de gegevens met betrekking tot de arbeidstevredenheid zien we, dat de arbeidssituatie in de ethyleenfabriek in sterke mate leidt tot het gevoel bij de operator, dat hij zich waar kan maken in zijn werk. Ook de ervaren afwisseling in het werk en het subjectieve welbevinden zijn hier hoger. Ook een negatief punt mag hier echter niet onvermeld blijven. Het op deze wijze zelfstandig actief superviseren en optimaliseren van een complex, grootschalig en potentieel gevaarlijk (recente ontploffingen ethyleenfabrieken) technisch systeem vergt een heleboel van de operator. Juist doordat hij bewust tracht te optimaliseren, verkeert hij vaker in onzekerheid of hij de juiste bedieningshandeling gepleegd heeft. Hij voelt zich behoorlijk belast door zijn arbeidssituatie en de hoeveelheid ervaren stress (spanningsgevoelens als gevolg van het werk) is zelfs uitgesproken hoog.

Op grond van deze vergelijking tussen twee hooggeautomatiseerde, grootschalige, complexe systemen kunnen we ons de vraag stellen, of het mogelijk is een midden te vinden tussen de twee gevonden uitersten, nl. een uitgeholde passieve bewakingstaak die leidt tot vervreemding van het werk of een uitdagende gevarieerde, doch uiterst stressvolle taak die de operator zwaar belast. Een oplossing lijkt hier alleen mogelijk wanneer bij het ontwerpproces zowel rekening wordt gehouden met de specifieke eigenaardigheden van het te regelen proces als met eisen die vanuit het oogpunt van een goed functioneren van de operator gesteld kunnen worden.

6 Konsekwenties t.a.v. ontwerp van geautomatiseerde systemen

Uit de resultaten van het onderzoek is gebleken, dat de wijze waarop in de praktijk aan stuur- en regeltaken vorm is gegeven, kan leiden tot negatieve effecten op de taakuitvoerder. Zowel de inhoud van de taak als aspecten van de organisatie bleken hierbij van belang te zijn. De inhoud van de taak bleek in sterke mate bepaald te worden door de technische eigenschappen van het mens-machine-systeem. Vooral de automatiseringsgraad is hier een belangrijke faktor. Ook een aantal kenmerken van de organisatie staat onder invloed van eigenschappen van het technisch systeem, zoals bijvoorbeeld de grootte van de ploeg, doch hier is het aantal vrijheidsgraden aanzienlijk groter dan bij de taakinhoud.

Bij een eenmaal opgesteld technisch systeem zullen dus in de taakinhoud van de operator(s) weinig wijzigingen mogelijk zijn, en dit geldt dan met name voor de manier waarop de interactie (regeling, bewaking) tussen de operator en het technisch systeem verloopt. Aangezien de taak van de operator in de meeste gevallen voor vrijwel 100% bestaat uit dit soort direkt uit de opzet van het technisch systeem voortvloeiende activiteiten zullen veranderingen hierin alleen kunnen worden gerealiseerd door het technisch systeem op een andere manier te konstrueren. Gezien de hoge kosten die dit met zich meebrengt, zal dit in de praktijk bij een bestaand technisch systeem doorgaans niet haalbaar zijn.

Wijzigingen in de organisatie, zoals bv. de taakverdeling tussen de operators zullen in een aantal gevallen wel mogelijk zijn, hoewel ook hier de wijze waarop het technisch systeem is opgezet beperkingen kan opleveren. Zo is het bij een erg gecentraliseerde wijze van informatiepresentatie uit het technisch systeem moeilijk de verantwoordelijkheid voor de regeling van het technisch systeem te verdelen over meerdere ploegleden.

Dit betekent, dat ter voorkoming van de gekonstateerde negatieve effecten op de taakuitvoerders bij het ontwerp van nieuwe technische systemen vanaf het begin systematisch rekening moet worden gehouden met de eisen die vanuit 'menselijk' oogpunt aan de arbeidssituatie gesteld kunnen worden.

In de huidige situatie is het ontwerpen van mens-machine-systemen een zaak die binnen ondernemingen plaatsvindt aan de hand van voornamelijk technisch-ekonomische criteria, waarbij overwegingen met betrekking tot de aantrekkelijkheid van de toekomstige taak van de operator in het systeem een relatief geringe rol spelen.

Bij de tegenwoordige technologische ontwikkelingen heeft dit geleid tot problematische situaties bij hooggeautomatiseerde systemen onder superviserende regeling en bij de bediening van administratieve computersystemen. Het is daarom belangrijk alternatieve oplossingen te zoeken voor de structuur van deze systemen, zodat de operator een volwaardige taak te vervullen heeft. In principe bieden de produkten van de moderne technologie namelijk een grote mate van flexibiliteit, waardoor er in feite meer alternatieve, ontwerp mogelijkheden zijn dan doorgaans in de overwegingen van de ontwerper worden betrokken.

In het nu volgende zal worden aangegeven langs welke weg

verbetering van dit soort arbeidssituaties tot stand kan komen. Onderscheid zal hierbij gemaakt worden tussen de benadering bij het ontwerp van een nieuw technisch systeem en die bij aanpassing van een bestaand systeem.

De beste resultaten zullen verkregen worden, indien de eisen ontleend aan humane criteria preventief, dus bij het ontwerp van een nieuw systeem, worden toegepast. De praktijksituatie leert echter, dat technische systemen, zoals die in dit boekje beschreven zijn, in het algemeen een lange levensduur hebben, zodat vaak slechts, voor zover mogelijk, aanpassingen aan bestaande systemen gerealiseerd zullen kunnen worden. Bij zowel het ontwerp van een nieuw mens-machine-systeem als de aanpassing van een bestaand systeem zullen enkele konkrete voorbeelden worden gegeven, gebaseerd op de resultaten van het onderzoek. Bedacht moet echter worden, dat het hier gaat om algemene richtlijnen die per geval nader moeten worden ingevuld.

6.1 Ontwerp nieuw mens-machine-systeem

Onderscheid kan gemaakt worden tussen een benadering, waarbij richtlijnen worden gegeven aan technisch opgeleide ontwerpers en één waarbij uitgegaan wordt van een multidisciplinair ontwerpteam, waarin zowel technische en economische als ergonomische en arbeids- en organisatiepsychologische criteria kunnen worden ingebracht. Bij voorkeur zou er ook een inbreng moeten zijn van de uiteindelijke gebruikers, zeker wanneer deze ervaring hebben met de bediening van soortgelijke technische systemen als het te ontwerpen systeem. Het is vanzelfsprekend, dat het functioneren in een multidisciplinair ontwerpteam hoge eisen stelt aan de deelnemers, doch een dergelijke benadering garandeert het best, dat de uit verschillende invalshoeken afkomstige criteria voldoende op elkaar worden afgestemd. Technisch systeem, taak en organisatie moeten als een samenhangend geheel worden ontworpen, zodanig dat het technisch ontwerp ruimte laat voor een zinvolle taakinhoud en een flexibele taakverdeling en een zekere autonomie voor de ploeg mogelijk maakt.

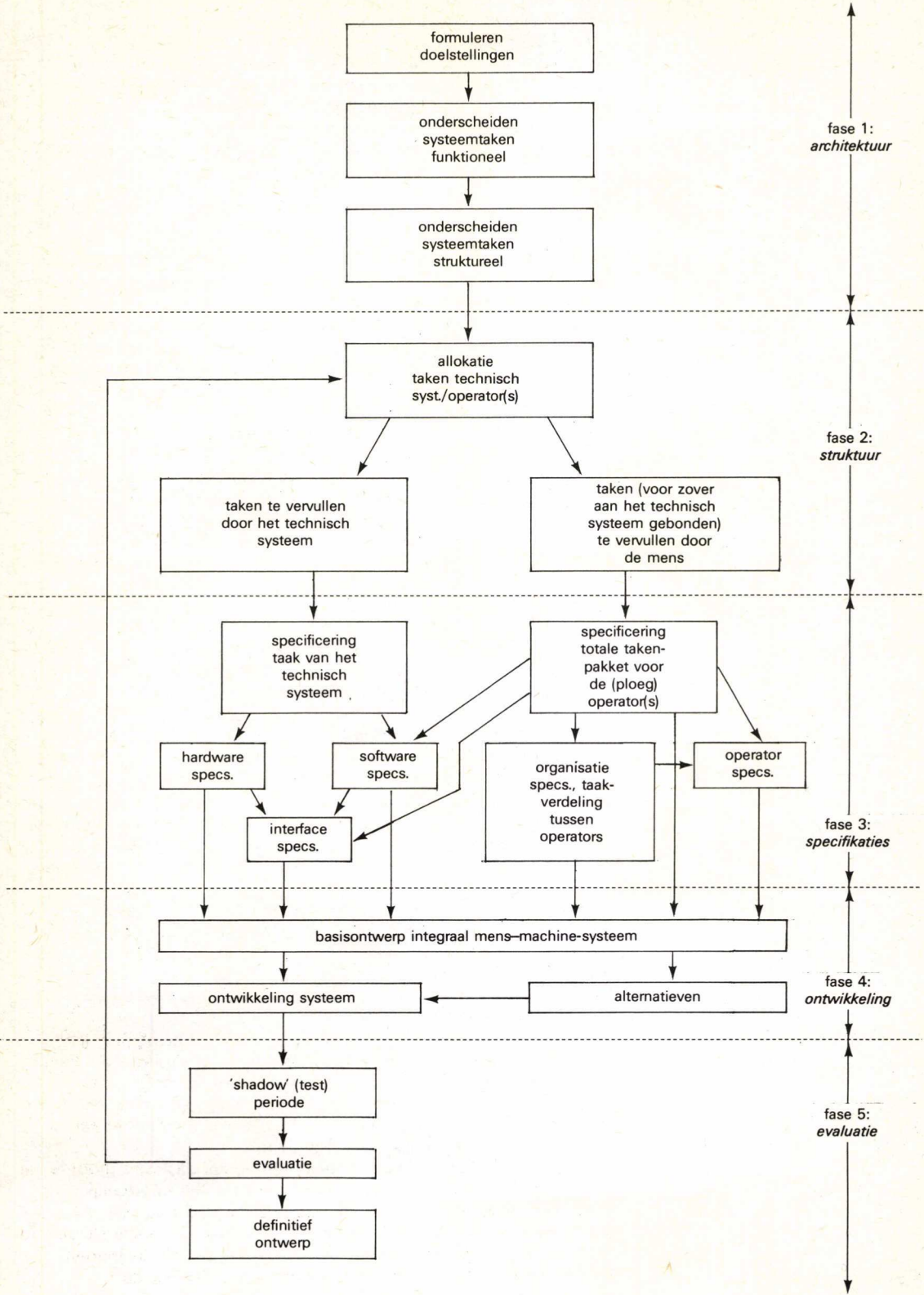
Een dergelijk ontwerpproces verloopt in een aantal fasen die in figuur 3 in schematische vorm zijn weergegeven. Weliswaar is het ontwerp van elk mens-machine-systeem een eenmalig proces, doch de fasen die hier worden onderscheiden, kunnen in elke situatie worden onderscheiden. In iedere fase zal een aantal alternatieven moeten worden opgesteld, die dan systematisch op verschillende criteria moeten worden vergeleken. Hierbij zullen de alternatieven die in latere fasen worden ontwikkeld mede bepaald worden door de keuzen die in eerdere fasen zijn gemaakt. Gesignaleerde problemen in latere fasen zullen daarom soms moeten leiden tot veranderingen in eerdere fasen van het ontwerp. Achtereenvolgens zullen deze vijf fasen in het ontwerpproces besproken worden, voorzien van enkele voorbeelden ontleend aan zowel hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen als aan administratieve computersystemen.

Fase 1: De architectuur van het mens-machine-systeem

Het begin van alle ontwerpprocessen wordt gevormd door het formuleren van de doelstellingen van het te ontwerpen mens-machine-systeem.

Deze doelstellingen zijn de uitgangspunten voor het aangeven van de afzonderlijke taken welke door het systeem verricht moeten worden (functioneel). Het aangeven van relaties en overlappingsen tussen

Figuur 3 – Ontwerpschema nieuw mens-machine-systeem



systeemtaken (struktureel) vormt het laatste onderdeel van deze eerste fase in het ontwerpproces, waarin de architectuur van het systeem wordt vastgelegd. Voor grote systemen kan dit betekenen, dat reeds in deze eerste fase het besluit wordt genomen om deelsystemen al dan niet centraal te regelen, hetgeen in de volgende fasen bijvoorbeeld konsekwenties kan hebben voor het aantal te kiezen regelkamers. Vanuit de menselijke taakuitvoerder geredeneerd zou vermeden moeten worden deelsystemen zodanig te centraliseren, dat een enkele operator t.o.v. zijn kollega's in de ploeg een sterk geïsoleerde functie krijgt.

Voorbeeld fase 1

Het belang van deze eerste fase voor de inhoud van de taak van de operator en aspecten van de organisatie is afhankelijk van het type te ontwerpen mens-machine-systeem. Bij verkeers- en transportsystemen bijvoorbeeld hebben beslissingen over de architectuur verstreckende gevolgen op dit punt. Bij administratieve computersystemen daarentegen heeft deze eerste fase een relatief gering gewicht in vergelijking met beslissingen die later in fase 2 en 3 worden genomen. In het onderstaande worden deze verschillen voor beide soorten mens-machine-systemen aan de hand van concrete taaksituaties nader uitgewerkt.

Het ontwerp van een luchtverkeersbegeleidingssysteem is niet los te denken van procedures, die op grond van internationale afspraken tot stand zijn gekomen en waaraan het luchtverkeer zich tijdens vluchten heeft te houden. Het formuleren van de doelstellingen van het luchtverkeersbegeleidingssysteem komt neer op het vaststellen van de capaciteit van het systeem in termen van hoeveelheid te verwerken vluchten per eenheid van tijd, rekening houdend met deze procedures. Zo valt de gebruikelijke scheiding tussen een luchtwegkontrolesysteem (voor het verkeer tussen de luchthavens) en een naderingskontrolesysteem bij elke luchthaven onder de internationaal gemaakte afspraken, en kan daarom bij het ontwerp als een gegeven worden beschouwd. Op dit punt zijn geen alternatieven voorhanden, zodat de *funktionele* systeemtaken hiermee zijn vastgelegd (funktioneel: 'welk onderdeel van het mens-machine-systeem doet wat'). De keuze ten aanzien van het onderscheiden van *strukturele* systeemtaken geeft wel mogelijkheden voor alternatieve oplossingen (struktureel: 'hoe doet elk onderdeel van het mens-machine-systeem het, en hoe werken de onderdelen samen'). Van deze alternatieven zal een voorbeeld worden gegeven.

De overdracht van het binnenkomend vliegverkeer uit het luchtwegkontrolesysteem naar het naderingskontrolesysteem geschiedt niet rechtstreeks, doch verloopt in de regel via een al dan niet kort verblijf van dit verkeer in een zgn. 'wachgebied'. De keuze van het aantal mogelijke wachtgebieden wordt in de eerste fase van het ontwerp gemaakt, en heeft verstreckende gevolgen voor de taak van de verkeersleiders. Te weinig wachtgebieden leidt tot coördinatieproblemen bij het plaatsen van de vliegtuigen uit de luchtwegen in de wachtgebieden, aangezien deze vliegtuigen vanuit een aantal verschillende luchtwegen – dus ook vliegrichtingen – tegelijkertijd worden aangeboden. Dit punt krijgt een extra zwaar gewicht vanwege de toename in de loop der jaren van het aantal vluchten dat zich op deze wijze aandient.

Te veel wachtgebieden, bijvoorbeeld een aantal dat even groot is als het aantal gecontroleerde luchtwegen leidt tot een soortgelijk coördinatieprobleem aan de kant van de overdracht van de vliegtuigen uit de wachtgebieden naar de naderingsverkeersleider. Deze zal de vliegtuigen achtereenvolgens uit de wachtgebieden overnemen om ze vervolgens naar een vast punt voor de

landingsbaan te dirigeren. Naarmate het aantal wachtgebieden groter is, wordt het coördinatieprobleem hier evenredig groter. Een beslissing over het aantal wachtgebieden dient genomen te worden op basis van een vergelijking van een aantal alternatieve oplossingen, rekening houdend met o.a. de coördinatiebelasting van de verschillende operators.

Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat het vastleggen van de architectuur van het luchtverkeersbegeleidingssysteem in termen van bijvoorbeeld het aantal wachtgebieden gevolgen heeft voor de wijze waarop de coördinatie tussen vliegtuigen en verkeersleiders en verkeersleiders onderling zal plaatsvinden en daarmee bijvoorbeeld ook voor het aantal verkeersleiders dat binnen het mens-machine-systeem werkzaam zal zijn. Ook op organisatorisch terrein – 'welke verantwoordelijkheden voor welke vluchten zullen bij wie liggen?' – werken beslissingen tijdens deze fase genomen verder in het ontwerpproces door.

Bij de groep administratieve computersystemen heeft deze eerste fase een relatief minder groot gewicht. Het formuleren van de doelstellingen zal voornamelijk betrekking hebben op de verwerkingscapaciteit van het integrale systeem. Daaruit vloeit vrijwel direct voort in welke vorm het computersysteem zal worden opgebouwd, welke computer i.c. centrale verwerkingseenheid zal worden aangeschaft en welke randapparatuur hieraan zal worden gekoppeld, doch hieruit zijn nog niet rechtstreeks gevolgen af te leiden voor de taakinhoud van de console-operator. Ook aspecten van de organisatie, bijvoorbeeld in termen van geïsoleerdheid van de operator t.o.v. mede-operators, krijgen in deze eerste fase nog niet hun definitieve beslag. Zoals uit de volgende paragraaf zal blijken, is de keuze van de besturings-software en -hardware, waarover in fase 2 en 3 beslissingen worden genomen, van veel groter belang voor deze aspecten.

Fase 2: De structuur van het mens-machine-systeem

Voor de uiteindelijke taakinhoud van de operator(s) is dit een zeer belangrijke fase, omdat hier de automatiseringsgraad vanuit de taak gezien grotendeels wordt vastgelegd.

In dit stadium moet ervoor gezorgd worden, dat een zinvol samenhangend geheel van bedieningshandelingen aan de operator(s) wordt toegewezen. Dit kan betekenen, dat bepaalde taken die men op grond van overwegingen, gebaseerd op verschillen in vaardigheden tussen mensen en machines, zou willen automatiseren, toch aan de mens worden overgelaten. Uiteraard kunnen andere overwegingen (kosten, beheersing productieproces, veiligheid e.d.) zich hier weer tegen verzetten. Het uitgangspunt op grond van de resultaten van dit onderzoek moet echter zijn, dat zowel te ver automatiseren als het overlaten aan de operator van te veel routinehandelingen zonder dat dit leidt tot een effectieve beheersing van het systeem, ongewenst zijn.

Voorbeeld fase 2

Het ontwerp van een elektriciteitscentrale is een duidelijk voorbeeld van een ontwerpproces, waarbij de beslissingen die in fase 2 genomen worden verstrekende gevolgen hebben voor de taak van de operator en de effecten die de operator daarvan ondervindt. De eisen die gesteld worden aan het elektriciteitsproductieproces en de karakteristieken van de produktiecomponenten leiden ertoe dat bij de verdeling van de te verrichten taken over mensen en machines bij deze systemen het overgrote deel van de besturingsactiviteiten toegewezen wordt aan de automaat.

Voor de operators leidt deze keuze tot een taaksituatie, waarin een zeer geringe hoeveelheid tijd besteed wordt aan bediening, meer tijd aan bewaking en een eveneens aanzienlijke hoeveelheid tijd geen zinvolle activiteit voorhanden is. Met name tijdens stationair bedrijf wacht de paneeloperator slechts af of er zich storingen voordoen. Overige zinvolle activiteiten zijn er dan niet voorhanden. Grotere storingen doen zich zeer zelden voor; de kennis die de operator over het systeem heeft, kan hij slechts zelden toepassen. Onder deze omstandigheden is er geen sprake van een als bevredigend ervaren arbeidssituatie.

Voor het opstellen van een alternatieve taakverdelingsoplossing kunnen in principe twee wegen bewandeld worden. Gekozen zou kunnen worden om eerder, d.w.z. bij bestaande elektriciteitscentrales, aan de automaat toegewezen taken weer te plaatsen in het takenpakket van de operator. Een tweede mogelijkheid behelst het toevoegen van nieuwe taken aan het takenpakket van de operator, waarbij gebruik gemaakt wordt van moderne technologische mogelijkheden.

De 'terugschroefprocessen', vervat in eerstgenoemde mogelijkheid, worden bemoeilijkt door het feit, dat de hoge graad van automatisering van moderne elektriciteitscentrales een bijna perfect functioneren van deze installaties heeft mogelijk gemaakt. Terugdraaien van de automatisering zal volgens deskundigen leiden tot een vermindering van de huidige perfectie in het functioneren. Niettemin zullen hiervoor onzes inziens toch meer systematisch dan tot nu toe het geval is geweest, de mogelijkheden moeten worden nagegaan. Van belang is hierbij, dat de regeling van moderne elektriciteitscentrales vanuit een produktietechnisch oogpunt als een ideaal wordt gezien, waarnaar ook bij andere procesbeheersingssystemen gestreefd zou moeten worden. Het weinig ideale karakter dat de arbeidssituatie hierdoor krijgt, zal op een meer uitgesproken wijze betrokken moeten worden in de overwegingen bij het ontwerpen van deze systemen. Wat betreft de tweede mogelijkheid, het aanbieden van nieuwe taken aan de operator, moet onderscheid worden gemaakt tussen additionele taken die vanuit hogere niveaus van de organisatie aan de operator worden toebedeeld (wordt onder fase 3 besproken) en direkt aan het technisch systeem gebonden taken. Wat deze laatste betreft, moet het uitgangspunt voor een oplossing zijn, dat aan de operator geen als zinloos ervaren taken worden toebedeeld. Datalogging, het uitprinten van meterstanden, storingen en procesinformatie kunnen door de procescomputer verzorgd worden. De operator kan van deze meer of minder uitgebreide bedrijfsgegevens gebruik maken om zich een beter beeld te vormen van het verloop van de toestand van de verschillende onderdelen en van de totale installatie.

De hieruit opgedane overzichtskennis zou aangewend kunnen worden om in bedienende zin de taak van de operator uit te strekken tot een optimalisering van de onderlinge afstemming van keteloutput, turbine-output en generatorinstelling.

Bij aanwezigheid van een met voldoende software toegeruste procescomputer kan gezorgd worden voor mogelijkheden voor de operator om in een simulatiesituatie (bijvoorbeeld een parallel lopend real-time mathematisch model van het systeem) zijn optimaliseringsvoorspellingen in eerste instantie te toetsen. De simulatiemogelijkheid zou bovendien aangewend kunnen worden om storingssituaties na te bootsen en het effect van specifieke ingrepen hierin te bezien. Voor het op peil houden van een – voldoende – regelvaardigheid biedt de simulatie tevens mogelijkheden. Ook het karakter van de bewakingsactiviteiten kan door optimaliseringsmogelijkheden in gunstige zin omgebogen worden. Immers de operator zal van de optimalisering alleen dan gebruik

maken wanneer hij vanuit de bewakingsactiviteiten beoordeeld heeft of de in detail gegeven systeemtoestand ruimte voor dergelijke acties biedt.

Een van de knelpunten, zo blijkt uit dit onderzoek met betrekking tot de besturing van administratieve en wetenschappelijke computersystemen betreft het routinematige karakter van de taak. Voor de verwerking van de programma's dient de operator vaak kort achter elkaar standaardboodschappen in het systeem in te voeren. Met deze boodschappen worden bijvoorbeeld programma's gestart en wordt de uitvoer van een bepaald programma aan een specifieke randapparatuur-eenheid toegewezen.

Het hoge aantal van deze routinehandelingen wordt door de operator zeker niet positief gewaardeerd, tevens ervaart de operator een gebrek aan variatie in zijn taak.

Bij de computersystemen bieden nieuwe technologische ontwikkelingen mogelijkheden om met betrekking tot dit bedieningsaspect een andere verdeling van taken over mensen en machine tot stand te brengen. Ontwikkelingen op het gebied van besturings-software en -hardware maken het mogelijk dat veel van het routinematige bedieningswerk wordt verlegd van de operator naar de computer. De frekwente standaardinvoer van bijvoorbeeld start en/of allokatie van programma's wordt dan door het besturingssysteem verzorgd.

Enerzijds wordt hierdoor een deel van de taakactiviteiten die als relatief ongunstig beoordeeld worden uit het pakket van door de operator te verrichten taken gebracht. Anderzijds ontstaat hierdoor wel meer (tijds-)ruimte in de taak van de operator. Het is uiteraard van groot belang hieraan een invulling te geven die door de operators ook op de langere termijn als zinvol ervaren wordt. Gedacht kan worden aan een systeemopzet, waarin voor de operator meer mogelijkheden bestaan om de beschikbare verwerkings- en geheugenruimte optimaal te benutten. Bepaalde programma's moeten in een vaste opeenvolging worden verwerkt, doch voor andere delen van het programmapakket geldt een zekere vrijheid in de keuze van het verwerkingsmoment. Het plannen en uitvoeren van deze indeling kan een element zijn wat positief bijdraagt aan het gevoel het systeem onder controle te hebben.

Fase 3: De specificaties van het mens-machine-systeem

In deze fase wordt gespecificeerd wat de uiteindelijke taakinhoud van de operator zal zijn. Gegeven de taaktoewijzing aan de operator(s), die in fase 2 heeft plaatsgevonden, worden nu de taken verdeeld tussen de operators en wordt bepaald of de taak, c.q. taken zullen worden uitgebreid met niet direkt aan het technisch systeem gebonden activiteiten (planning, werkvoorbereiding, onderhoud e.d.). Ook worden de bevoegdheden (mate van zelfstandigheid) voor de individuele operator, c.q. de ploeg operators ten opzichte van hogere niveaus in de organisatie vastgelegd. In deze fase moet er ook voor gezorgd worden, dat de taakverdeling tussen de operators zodanig is, dat een zekere mate van onderlinge samenwerking benodigd is, bij voorkeur zonder dat een strakke hiërarchie binnen de ploeg vereist is. Eerder genomen ontwerpbeslissingen (bijvoorbeeld de mate van centralisatie) werken hier door.

In deze fase moet gestreefd worden naar een maximaal horizontaal teamverband binnen de ploeg, terwijl de autonomie van de ploeg ten opzichte van hogere niveaus in de organisatie zo groot mogelijk moet zijn, zeker wat betreft de direkt aan het technisch systeem gebonden activiteiten (systeembesturing). Eventueel moeten de opleiding en training van de operators hierop worden afgestemd.

In deze fase wordt ook de vormgeving van het interface bepaald. De informatiepresentatie en bedieningsmogelijkheden moeten uiteraard voldoen aan ergonomische criteria. Hiernaast kan het gewenst zijn de wijze van informatiepresentatie aan te passen aan het gekozen samenwerkingsverband binnen de ploeg (centralisatie vs decentralisatie van informatiepresentatie en bediening).

Voorbeeld 1 fase 3

Over het totaal der onderzochte taken werd geen effect van taakroulatie op aspecten van arbeidstevredenheid aangetroffen. Echter binnen de groep der onderzochte elektriciteitscentrales werd taakroulatie wel positief gewaardeerd. Zeker wanneer systeembesturingsactiviteiten in niet te hoge mate beslag leggen op de operator lijkt het nuttig het toepassen van taakroulatie te blijven overwegen.

Bij de voorbeelden van fase 2 is de optimalisering van het systeem door de operator genoemd. Deze activiteiten kunnen in organisatorisch opzicht uiteraard op verschillende wijze vorm gegeven worden. De ervaring van dit onderzoek leerde dat bij diverse systemen op cruciale momenten de regeling van het systeem door de hogere niveaus in de organisatie werd overgenomen. Anders dan onder toezicht van de direkte superieuren kan gekozen worden voor een vorm waarin de taakuitvoerder(s) in hoge mate zelfstandig de simulatie- en optimaliseringsactiviteiten kunnen uitvoeren. Verder zouden deze acties door bijvoorbeeld een tweetal operators uitgevoerd kunnen worden, waarvan er een de gang van zaken in het systeem als geheel nauwlettend in de gaten houdt.

Een punt wat eveneens in de gaten gehouden dient te worden, is dat er voor de uitvoering van optimaliseringsacties behoefte kan ontstaan aan enerzijds – oproepbare – detailinformatie en anderzijds gemakkelijk bereikbare overzichts-informatie.

Beeldschermen door middel waarvan de operator de gewenste overzichts- of detailinformatie kan oproepen, kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Dat hierbij ergonomische criteria gehanteerd dienen te worden, spreekt vanzelf.

Voorbeeld 2 fase 3

De situatie bij de computersystemen is meestal zodanig dat de console-operator weinig of geen inbreng kan hebben bij het oplossen en verhelpen van storingen, daar dit door gespecialiseerde onderhoudswerkers gebeurt. Een belangrijk punt zou dan ook kunnen zijn, dat de computer de console-operator van meer informatie voorziet over de aard en de lokatie van bepaalde storingen. De huidige situatie waarin of een computertechnicus of een programmeur dergelijke zaken verder afhandelt, kan dat – gedeeltelijk – vervangen worden door een actieve storingsverhelpende inbreng van de operator.

Wel is hiervoor meer kennis nodig over de feitelijke achtergronden en werking van het systeem. Aan dit punt zou dan ook in de training en opleiding meer aandacht moeten worden geschonken.

Het bovenstaande zou ertoe kunnen bijdragen dat de operator in sterkere mate het gevoel heeft het systeem ook feitelijk in de hand te hebben.

Fase 4: Ontwikkeling integraal mens-machine-systeem

De verschillende in de vorige fase opgestelde specificaties zullen nu geïntegreerd moeten worden in een totaalontwerp. Dit zal doorgaans gepaard gaan met wijzigingen in de specificaties, teneinde de

onderlinge afstemming te bevorderen. Het gevaar bestaat hier, dat deze wijzigingen te eenzijdig in de taak- en organisatiespecificaties worden aangebracht, omdat de criteria op grond waarvan deze specificaties zijn opgesteld meestal minder 'hard' te maken zijn dan bijvoorbeeld kostenoverwegingen of criteria van produktietechnische aard. Een tweede reden hiervoor kan zijn dat aspecten van de taakinhoud en organisatie vaak als gemakkelijker 'veranderbaar' worden gezien dan technische aspecten. Bij deze ontwerpfase zal echter maximaal gebruik moeten worden gemaakt van de flexibiliteit die de moderne technologie de konstrukteur biedt. Om deze reden is het tijdens de uiteindelijke realisering van het integrale mens-machine-systeem van belang zich bewust te zijn van eventuele alternatieve oplossingen. Een te starre oplossing brengt het gevaar met zich mee, dat gewenste wijzigingen of aanpassingen later niet meer zijn te realiseren.

Fase 5: Evaluatie van het ontwerp

De evaluatie vormt een essentieel onderdeel van het ontwerpproces, omdat dan wordt nagegaan of het systeem voldoet aan de oorspronkelijke geformuleerde doelstellingen. Tevens dient bij de evaluatie te worden nagegaan of de allokatie van taken tussen de operator en de automaat een juiste keuze is geweest, of misschien nog bijstelling behoeft. Tenslotte dient te worden nagegaan of de gekozen organisatiestructuur funktioneert op de wijze die het ontwerpteam zich had voorgesteld.

De feitelijke evaluatieperiode wordt in de praktijk over het algemeen voorafgegaan door een zgn. shadow-periode. Tijdens deze periode vindt de feitelijke opbouw van het systeem plaats, waarbij deelsystemen in eerste instantie los van elkaar op de juiste werking worden getest. Ook de eerste voorzichtige integrale systeembeproeving kan men hier nog toe rekenen. Een dergelijke shadow-periode geeft in principe optimale mogelijkheden om op kleine schaal te simuleren, en mogelijke conceptuele fouten in het systeem in een relatief vroeg stadium aan de weet te komen. Voor de uiteindelijke – meestal langdurige – evaluatieperiode begint, kan het ontwerpteam van de verkregen informatie dankbaar gebruik maken om waar mogelijk aanpassingen te maken.

Zoals uit het bovenstaande blijkt, is het niet mogelijk in zijn algemeenheid een gedetailleerd recept te geven voor de inhoud van het ontwerpproces. Het belangrijkste is, dat per geval gestreefd wordt naar een opzet van het ontwerpproces, zoals hierboven is aangegeven. Met name ontbreekt momenteel in vrijwel alle ontwerpen van technische systemen een expliciete inbreng vanuit de invalshoek van de taak en de organisatie. Ook is het opvallend, dat zelden of nooit binnen een bedrijf systematisch gebruik wordt gemaakt van de ervaringen van de operators die bij een oudere, meestal minder hooggeautomatiseerde, versie van het nieuw te ontwerpen systeem werken. Men laat dit vaak achterwege onder het motto, dat men de arbeidsrust niet wil verstoren ('wie gaat bij het nieuwe systeem werken en wie niet?'). Men vergeet hierbij dat op deze wijze een onschatbare hoeveelheid ervaring onbenut blijft, terwijl het systematisch laten meedenken van de operators over de opzet van een nieuw systeem een mogelijkheid is de lange perioden van leegloop op zinvolle wijze op te vullen.

6.2 Aanpassing bestaand systeem

Het verhelpen van problemen welke bij stuur- en regeltaken voor de taakuitvoerder kunnen optreden, vereist een grondige kennis van het

betreffende mens-machine-systeem. Het zal bij bestaande systemen dan ook noodzakelijk zijn om te evalueren, met name ten aanzien van de inhoud van de taak van de operator en aspecten van de organisatie waar de taak is ingepast. Een dergelijke evaluatie (zoals in feite bij dit onderzoek is gebeurd) kan problemen aantonen, die terug te voeren zijn op het in de ontwerpfase van het systeem onvoldoende rekening houden met menselijke criteria.

In hoofdstuk 6.1 werd reeds aangegeven, dat met name de fase waarin taken verdeeld worden tussen het technisch systeem en de operator(s) hier van cruciaal belang is.

Indien men iets aan deesignaleerde problemen wil doen, zijn twee punten van belang:

- Het technisch systeem ligt grotendeels vast, zodat aan de taakverdeling tussen mensen en machines, c.q. de wijze van regeling weinig veranderd kan worden. Wel zijn ergonomische aanpassingen aan het interface en veranderingen in de software vaak nog mogelijk.
- Er is een bestaande populatie operators met een referentiekader gebaseerd op de huidige situatie en met bepaalde verwachtingen en verlangens ten aanzien van wijzigingen hierin. Dit betekent, dat veranderingen slechts plaats kunnen vinden in overleg met de operators, waarbij zoveel mogelijk actieve participatie van die kant gewenst is. Hieruit volgt dat aanpassing van bestaande systemen veel meer het karakter van een veranderingsproces zal hebben, dan het simpelweg van bovenaf aanbrengen van een aantal wijzigingen in het mens-machine-systeem.

Op grond van de resultaten van dit onderzoek is in ieder geval duidelijk, dat allereerst arbeidssituaties bij hooggeautomatiseerde systemen en bij computersystemen voor dit soort veranderingsprojecten in aanmerking zullen komen. Beide soorten systemen vragen specifieke oplossingen voor de problemen die een verschillend karakter dragen. Ook hier geldt, dat elke aanpassing van een bestaand mens-machine-systeem een eenmalig proces is, waarbij niettemin een aantal invalshoeken aangegeven kunnen worden, die mogelijkheden bieden om een aantal problemen op te lossen.

Mogelijke invalshoeken voor verandering zijn:

- Verbetering fysieke arbeidsomstandigheden: verlichting, lawaai, klimaat, e.d.
- Verbetering ergonomische condities: lay-out van de werkplek en het paneel, bijvoorbeeld t.a.v. informatiepresentatie en bediening al dan niet in samenhang met eventuele organisatorische veranderingen (bijvoorbeeld verandering onderlinge taakverdeling).
- Verandering taakinhoud en taakverdeling: veranderingen in de taakinhoud zullen wat betreft de systeemgebonden activiteiten nauwelijks mogelijk zijn. Wel zijn hier nog beperkte mogelijkheden om de tijdsverdeling van de operator(s) aan te passen, met dien verstande dat meer zinvolle bedieningsactiviteiten aan de operator(s) worden toebedeeld. Daarnaast is uitbreiding van de taak vaak mogelijk met activiteiten als planning, werkvoorbereiding, en eventueel onderhoud. Het aanbrengen van veranderingen zal hier het karakter kunnen hebben van een werkstrukturingsproces, waarbij wordt gestreefd naar taakverbreding of -verrijking. Wat betreft de taakverdeling kan gedacht worden aan taakrotatie, aan het verbeteren van de mogelijkheden tot samenwerking en aan het verminderen van het aantal hiërarchische niveaus binnen de ploeg.
- Verandering in de relatie van de ploeg met hogere niveaus in de organisatie: wanneer de problemen liggen in te weinig autonomie bij de taakuitvoering, dan is een mogelijkheid het delegeren van taken

en bevoegdheden van hogere niveaus in de organisatie naar het niveau van de ploeg, waardoor deze als geheel meer autonoom kan functioneren. Eventueel zal hiervoor additionele training voor de operators benodigd zijn.

7 Samenvatting en perspectief

7.1 Samenvatting

In het voorgaande is aandacht besteed aan de invloed die technologische ontwikkelingen, aangeduid als 'automatisering' hebben gehad op de aard en daardoor ook op de kwaliteit van de menselijke arbeid in industriële procesbeheersingssystemen en administratieve computersystemen.

Uitgangspunt was, dat weinig bekend is over de effecten in termen van arbeidstevredenheid, gezondheid e.d. van het werken in deze arbeidssituaties op de mensen die dit soort geautomatiseerde technische systemen vanuit een centraal punt moeten sturen en regelen (zgn. stuur- en regeltaken). Enkele studies uit het begin van de jaren zestig geven een relatief gunstig beeld van het werk in dit soort arbeidssituaties, vergeleken met oudere, minder geautomatiseerde technische systemen en met de gemechaniseerde industrie. De effecten van meer recente technologische ontwikkelingen, die hebben geresulteerd in complexe, grootschalige mens-machine-systemen met een zeer hoog niveau van automatisering, zijn echter nog niet systematisch onderzocht.

In een vergelijkend onderzoek zijn 24 mens-machine-systemen met verschillende graden van automatisering en complexiteit, in verschillende bedrijven (chemische procesindustrie, elektriciteitscentrales, transportsystemen, administratieve computersystemen e.d.) onderzocht. De gegevensverzameling had betrekking op kenmerken van de technische systemen, de organisaties en de individuele taken. Er werden gedragsobservaties verricht, interviews gehouden met 223 taakuitvoerders over arbeidstevredenheid en subjectief welbevinden, en ziekteverzuimgegevens werden verzameld. Op deze wijze is een beeld verkregen van het menselijk functioneren in verschillende typen technische systemen, op grond waarvan uitspraken kunnen worden gedaan over de gevolgen van verschillen tussen technische systemen (bijv. een hoge of een lage automatiseringsgraad) voor de werksituatie van de onderzochte werknemers.

Het totaalbeeld, dat uit de resultaten naar voren komt, is als volgt. De taakverdeling tussen mens en machine bij procesbeheersingssystemen is vanuit het oogpunt van menselijke mogelijkheden en behoeften ongunstiger bij hogere niveaus van automatisering. Het knelpunt bij deze arbeidssituaties wordt niet zozeer gevormd door de fysieke belasting of de arbeidsomstandigheden (hoewel ook op dit punt vaak nog wel verbeteringen mogelijk zijn), maar door de taakinhoud en de wijze waarop de taak is ingepast in de organisatie. Een belangrijk punt is hier het probleem dat de steeds verdergaande automatisering leidt tot een uitholling van de menselijke arbeidstaak. In gevorderde stadia van automatisering is de taak van de mens vaak beperkt tot het eenmalig inschakelen van het technische systeem en vervolgens het passief op afstand bewaken (wachten op alarmsignalen) van het technische systeem. Op deze wijze wordt slechts zeer incidenteel een

beroep gedaan op de capaciteiten van de taakuitvoerder en ontbreken gedurende de meeste tijd mogelijkheden voor het verrichten van zinvolle arbeid.

De operator is onvoldoende bij het functioneren van het systeem betrokken, waardoor hij in een aantal gevallen het gevoel mist het systeem onder controle te hebben. Ook voelt hij zich minder zeker wanneer hij door bedieningshandelingen de werking van het systeem wil beïnvloeden. Dit leidt ertoe, dat de operator niet het gevoel heeft een zinvolle bijdrage te leveren aan het productieproces, doch slechts als 'bewaker' onregelmatigheden in het functioneren moet afwachten en oplossen.

Vanuit de organisatie gezien lijken er mogelijkheden te zijn deze problemen, althans voor een deel te ondervangen. Immers bij hogere niveaus van automatisering en grootschaligheid worden de ploegen groter, zodat een zekere mate van arbeidstevredenheid aan het groepfunctioneren ontleend zou kunnen worden.

Over de samenwerking binnen de ploeg is men over het algemeen inderdaad meer tevreden in de hoger geautomatiseerde systemen. Tegelijkertijd treedt er echter een verlies op aan autonomie van de individuele taakuitvoerder: bij lager geautomatiseerde systemen funktioneert de operator doorgaans zelfstandiger dan bij hoger geautomatiseerde systemen, waar vanuit de hogere hiërarchische niveaus regelmatig in de regeling van het systeem wordt ingegrepen. Dit gebeurt vooral bij bijzondere situaties, zoals storingen, op- en afregelen e.d., dus juist die situaties waarin de operator in tegenstelling tot bij normaal bedrijf, juist wel enige bevrediging zou kunnen vinden in zijn taakuitoefening.

Een apart probleem vormen de arbeidssituaties bij de administratieve computersystemen. Hier heeft de operator weliswaar niet te klagen over gebrek aan activiteit, doch het zeer routinematige karakter van de werkzaamheden die volgens strakke procedures moeten worden uitgevoerd, wordt negatief door de taakuitvoerders ervaren. Hier komt bij, dat de operator het feitelijk functioneren van het systeem nauwelijks kan beïnvloeden en ook de kennis mist om dit functioneren op meer dan oppervlakkig niveau te begrijpen. Ook hier wordt het functioneren in teamverband weliswaar positief ervaren, doch is er tevens het probleem dat de operator het gevoel heeft onvoldoende zelfstandig te functioneren ten opzichte van hogere niveaus in de organisatie.

Bovengenoemde problemen, zowel bij de hooggeautomatiseerde procesbeheersingssystemen als bij de computersystemen, komen zeer duidelijk tot uiting in de scores op de arbeidstevredenheid en in iets mindere mate ook in de resultaten met betrekking tot het subjectief welbevinden en de ervaren gezondheid. Bij het ziekteverzuim komt heel duidelijk een frekwent verzuim bij de hooggeautomatiseerde systemen en de computersystemen naar voren, hetgeen in overeenstemming is met de negatieve beoordeling van dit soort werksituaties door de werknemers.

7.2 Konsekwenties voor ontwerp

Eén van de redenen om dit onderzoek uit te voeren was, dat overwegingen met betrekking tot de vormgeving en de organisatie van de menselijke arbeid in veel gevallen een te geringe rol spelen bij het ontwerpen van geautomatiseerde technische systemen. Dit leidt ertoe, dat de taak van de operator(s) in een systeem in een aantal gevallen niet meer is dan een vrij willekeurige verzameling (deel)taken, die om technische en/of economische redenen niet geautomatiseerd konden worden.

Uiteraard hebben hier dan wel overwegingen een rol gespeeld met betrekking tot de uitvoerbaarheid van deze taken door de

taakuitvoerder (hoewel vaak ook nog niet voldoende), maar dit leidt nog niet tot een taakstructuur die door de operator als zinvol wordt ervaren en ook op langere termijn bevredigend is en motiverend voor een goede taakuitoefening. Deze laatste aspecten moeten echter wel als uitermate belangrijk worden gezien, allereerst op grond van humane overwegingen, maar zeker ook omdat een verslechterde taakuitvoering van de operator door gebrek aan satisfactie en motivatie ernstige gevolgen kan hebben voor het systeem en (in een aantal gevallen) ook de omgeving van het systeem. Ondanks de verdergaande automatisering is de taak van de operator namelijk van cruciaal belang in de meeste geautomatiseerde systemen. Zijn taak is het om plotseling optredende storingen in het functioneren van het systeem onder controle te krijgen met zo min mogelijk schade aan mensen, apparatuur etc. en met een zo gering mogelijk produktieverlies. De operator draagt dan ook vaak een zware verantwoordelijkheid, omdat produktieverlies en apparatuurschade meestal grote financiële konsekventies hebben. Verder speelt bij veel systemen (bijv. kerncentrales, chemische procesindustrie) de verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de in en rondom het systeem aanwezige mensen een grote rol.

In dit licht bezien is het van groot belang dat de taak van de operator zo goed mogelijk voldoet aan de eisen die hieraan vanuit het oogpunt van menselijke mogelijkheden en behoeften gesteld kunnen worden. Het hier beschreven onderzoek is erop gericht geweest na te gaan in hoeverre de thans plaatsvindende technologische ontwikkelingen in dit opzicht als gunstig of ongunstig beoordeeld kunnen worden. Dit is te meer belangrijk omdat we kunnen verwachten dat dit type arbeidssituaties in de toekomst relatief steeds meer zal gaan voorkomen als gevolg van de mogelijkheden die door de zich ontwikkelende technologie geboden worden om allerlei produktiesystemen en administratieve systemen te automatiseren. Uit het onderzoek blijkt dat juist de meest recente technologische ontwikkelingen die hebben geleid tot het ontstaan van hoger geautomatiseerde, grootschaliger en complexere technische systemen, de hierboven aangeduide problemen in sterkere mate naar voren brengen.

Het is daarom van belang dat naar manieren gezocht wordt de moderne technologie zodanig aan te wenden, dat arbeidssituaties ontstaan die voldoende tegemoetkomen aan eisen die vanuit het menselijk functioneren gesteld worden. Gebeurt dit niet, dan zullen de hier aangeduide problemen zich in de toekomst in sterkere mate voordoen.

Op basis van het onderzoek zijn daarom aanbevelingen gedaan voor het hanteren van 'humane' criteria bij het ontwerpen van nieuwe mens-machine-systemen. Hierbij is uitgegaan van een algemeen schema van het ontwerpproces, waarbij in verschillende stadia systematisch overwegingen met betrekking tot het menselijk functioneren in het te ontwerpen mens-machine-systeem kunnen worden ingebracht. Het aksent ligt hierbij vooral op de fase waarin de taken verdeeld worden tussen het technisch systeem en de mens (allokatie taken aan het technisch systeem c.q. de operator). In dit stadium moet ervoor gezorgd worden, dat een zinvol samenhangend geheel van bedieningshandelingen aan de operator(s) wordt toegewezen. Dit kan betekenen, dat bepaalde taken die men op grond van overwegingen, gebaseerd op verschillen in vaardigheden tussen mensen en machines, zou willen automatiseren, toch aan de mens worden overgelaten. Uiteraard kunnen andere overwegingen (kosten, beheersing productieproces, veiligheid e.d.) zich hier weer tegen verzetten. Het uitgangspunt moet echter zijn, dat zowel te ver automatiseren als het overlaten aan de operator van te veel

routinehandelingen zonder dat dit leidt tot een effectieve beheersing van het systeem, ongewenst zijn. Voor reeds bestaande mens-machine-systemen, waarbij technische veranderingen vaak moeilijk realiseerbaar zijn, is aandacht besteed aan organisationele oplossingen voor de gesignaleerde problemen.

7.3 Perspektief

Een probleem bij bovengenoemde aanbevelingen is, dat hierbij slechts kon worden uitgegaan van arbeidssituaties, zoals die momenteel bestaan. Aangezien is vastgesteld, dat de besproken arbeidssituaties in de loop van de tijd veranderingen ondergaan als gevolg van nieuwe technologische ontwikkelingen wordt nu tot slot van dit boekje getracht een blik in de toekomst te werpen en voorzichtig aan te geven, wat voor veranderingen zich de komende tien jaar voor zouden kunnen doen. Hierbij zal worden verwezen naar schema 1 en schema 2 uit paragraaf 2.3, waarin de belangrijkste ontwikkelingen zijn samengevat.

De in hoofdstuk 2 geschetste ontwikkelingen van de procesbeheersingssystemen en de administratieve computersystemen zijn voor een belangrijk deel toegeschreven aan de vooruitgang van de elektronika en met name de halfgeleider-technologie. Het is waarschijnlijk dat de nog steeds doorgaande revolutionaire ontwikkelingen op het gebied van de micro-elektronika in de komende decennia het aanzien van beide groepen systemen voor een groot deel zullen blijven bepalen. Deze ontwikkelingen op het gebied van de hardware hebben als belangrijke konsekwentie dat de kostprijs van de componenten snel daalt. De arbeidsintensieve, en dus steeds duurder wordende computerprogrammatuur (software) wordt in feite steeds belangrijker, en zal in steeds grotere mate gaan bijdragen tot de kostprijs van het totale regelsysteem (bij procesbeheersingssystemen) c.q. administratieve computersysteem. Het gevolg van deze ontwikkelingen voor de taak van de operator in beide groepen zal echter verschillend van karakter zijn. Om deze reden zullen de te verwachten ontwikkelingen bij de procesbeheersingssystemen en de administratieve computersystemen afzonderlijk beschreven worden.

7.3.1 *Procesbeheersingssystemen*

Microprocessoren zijn tegenwoordig in vele soorten en maten verkrijgbaar en luiden waarschijnlijk een volledig nieuw tijdperk in ten aanzien van procesbeheersingssystemen. Voorzien van in- en uitvoeropties en geheugens ontstaat de microcomputer of single-chip computer met vrijwel onbeperkte mogelijkheden. Regelalgoritmes hoeven niet meer louter in software te worden geprogrammeerd maar kunnen gedeeltelijk in hardware worden uitgevoerd, wat op den duur sterk kostenverminderend werkt. Zonder veel extra moeite en kosten kunnen procesbeheersingssystemen redundant (meervoudig en onderling overlappend) worden uitgevoerd, wat de betrouwbaarheid in hoge mate bevordert. Het is dan ook te verwachten dat microprocessoren en microcomputers op steeds grotere schaal bij de beheersing van allerlei processen toegepast zullen gaan worden.

Op het gebied van de software wijst de ontwikkeling in de richting van het beschikbaar komen van hogere, meer op de gangbare konversatietaal lijkende programmeertalen. Deze talen vragen weliswaar meer geheugenruimte en rekentijd, maar gezien de ontwikkelingen in de hardware weegt dit niet meer zo zwaar. Hogere programmeertalen vragen minder tijd bij het programmeren en de

toepassing daarvan drukt zodoende de prijs van de relatief dure software.

Een belangrijke konsekwentie van de geschetste ontwikkelingen is de tendens om weer terug te keren naar decentralisatie van de regelapparatuur. Microcomputers kunnen worden aangebracht op die plaats in het te regelen technische systeem waar dat nodig is en ver van de centrale regelkamer hun taak verrichten. Uiteraard kan men in de centrale regelkamer steeds beschikken over informatie met betrekking tot het functioneren van de verschillende microprocessoren. Indien dat nodig is, kan men via een centrale procescomputer de regeling bijstellen op een wijze die wenselijk is. Welke konsekwenties zullen deze ontwikkelingen nu hebben voor de operator in de centrale regelkamer? Het ziet er naar uit dat de automatiseringsgraad van de systemen geleidelijk zal toenemen en dat de operator met betrekking tot de regeling van het technisch systeem steeds meer een superviserende taak zal vervullen, waarbij hij de werking van het procesbeheersingssysteem bewaakt en controleert. Via de centrale procescomputer kan hij communiceren met de verschillende lokaal geïnstalleerde microcomputers in het technische systeem welke deel uitmaken van het procesbeheersingssysteem. Hiertoe zal hij kunnen beschikken over intelligente terminals (beeldschermen uitgerust met geheugenfaciliteiten en ingreepmogelijkheden in de regeling), welke op een vraag van de operator de gewenste informatie te zien geven. De operator kan via deze pre-processoren met het procesbeheersingssysteem konverseren door gebruik te maken van de reeds beschreven hogere programmeertalen.

In de huidige situatie is de operator bij hoog-geautomatiseerde systemen verantwoordelijk voor opstart- en afregelprocedures, en het terugbrengen van het technisch systeem naar de normale stationaire toestand indien zich een storingssituatie voordoet. Storingen onderscheiden zich van opstart- en afregelsituaties door het onvoorspelbare karakter, zowel ten aanzien van het moment van optreden als het type van de storing. Het opvangen en verhelpen van storingen is dan ook moeilijk te automatiseren, alleen de bekende en meest voorkomende storingen komen hiervoor in aanmerking. Wat anders ligt het met de opstart- en afregelprocedures. Deze procedures zijn goed bekend en in het algemeen reeds in fasen opgedeeld om het de operator tijdens deze situaties gemakkelijk te maken. Er is momenteel een trend om deze procedures te automatiseren, soms gebeurt dit in hardware (volgordeschakelingen, stappenautomatiek) maar meestal wordt dit in software op de procescomputer uitgevoerd (opstart- en afregelprotocollen). De konsekwenties voor de taak van de operator zijn duidelijk. Indien hij ook voor deze situaties het systeem op 'automatisch' kan laten staan zonder tussenbeide te komen, dan beperkt zijn taak zich uiteindelijk tot het opvangen en verhelpen van storingen die weinig optreden en daardoor weinig bekend voor hem zijn.

Momenteel worden experimenten uitgevoerd om ook dit laatste onderdeel van de taak van de operator te laten vervallen, d.w.z. het opvangen van storingssituaties aan de computer over te laten. Hierbij wordt het systeem in geval van een storing automatisch naar een veilige stationaire toestand gebracht, zodat er enige tijd beschikbaar is om een operator te laten komen, die dan de storing kan opheffen. Proeven met deze zgn. 'unmanned plants' vinden voorlopig nog slechts plaats bij betrekkelijk kleinschalige systemen. Niettemin duiden zij een mogelijk eindpunt aan van de ontwikkeling, dat steeds meer onderdelen van menselijke arbeidstaken bij mens-machine-systemen worden overgenomen door de machine. Zolang dit eindpunt nog niet is bereikt, kunnen we verwachten dat veel arbeidssituaties bij hooggeautomatiseerde technische systemen

in toenemende mate onaantrekkelijk zullen worden voor de taakuitvoerders, omdat de schaarse 'aantrekkelijke' elementen in dit soort taken geleidelijk steeds meer geautomatiseerd worden.

7.3.2 Administratieve computersystemen

De grootste ontwikkelingen op het gebied van de administratieve computersystemen lijken te liggen in de toename van de efficiency van informatieverwerking. De benutting van de centrale verwerkingseenheden wordt rendabeler door het gebruiken van meerdere eenheden naast elkaar, bijvoorbeeld in een netwerkstructuur. De randapparatuur, die in feite de verwerkingssnelheid van het totale systeem bepaalt, is sterk in ontwikkeling. De snelheid van de in- en uitvoermedia wordt steeds groter en de zelfwerkzaamheid neemt toe. De flexibiliteit van de moderne systemen maakt het toepassen van teleprocessing (kommunikatie via de computer met externe gebruikers) mogelijk, hetgeen kan leiden tot de vergroting van de administratieve computersystemen (netwerken) maar tevens tot verkleining van de afzonderlijke deelsystemen (bijvoorbeeld de verspreid liggende kantoren). De tendens bestaat dan ook uit het ontstaan van grote netwerkstructuren, waarbij meerdere grote computersystemen en diverse kleinere gebruikers aan elkaar gekoppeld zijn.

Dit heeft tot gevolg dat het aantal personen dat met behulp van een beeldschermterminal met de computer communiceert sterk groeiend is. Naast de traditionele console-operatoraak (het besturen van systemen) ontstaan in toenemende mate taken, waarbij personeel dat tot dan toe geen direct contact met de computer had, nu in directe interactie gebruik maakt van de computer. Algemeen wordt verwacht dat dit proces van administratieve automatisering de inhoud van het kantoorwerk de komende jaren drastisch zal gaan veranderen. Ook hier wordt de taakstructurering in veel gevallen voornamelijk bepaald door technisch-ekonomische overwegingen. Gelet op de in dit onderzoek gesignaleerde problemen bij de console-operators lijkt het gewenst op korte termijn systematisch aandacht te besteden aan mogelijkheden dit type werk inhoudelijk zo goed mogelijk af te stemmen op menselijke behoeften en verwachtingen.

Aanbevolen literatuur

Bibby, K.S., F. Margulies, J.E. Rijnsdorp & R.M.J. Withers. Man's role in control systems. In: Proceedings of the 16th IFAC congress. Oxford, Pergamon Press, 1975.

Blauner, R. Alienation and Freedom; the Factory worker and his industry. Chicago, Univ. Chicago Press, 1964.

Davis, L.E. & J.C. Taylor. Technology, organization and job structure. In: R. Dubin (ed). Handbook of work, organization and society. Chicago, Rand-McNally, 1976.

Edwards, E. & F.P. Lees (eds). The human operator in process control. London, Taylor & Francis, 1975.

Herbst, P.G., Socio-technical design. London, Tavistock, 1974.

Kool, A. de. Technologie en de inhoud van de arbeid. Rotterdam, Interuniv. Inst. normen & waarden samenl., 1978.

Landeweerd, J.A. Systeemergonomie; ergonomisch ontwerpen van mens-machine-systemen. Intermediair, 14, (1978) no. 44, p. 55-9.

Rathenau, G.W. e.a. Maatschappelijke gevolgen van de micro-electronica. 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1980. (Rapport van de adviesgroep Rathenau).

Shepard, J.M. Technology, alienation and job satisfaction. Ann. Rev. Sociol. 3 (1977) 7-21.

Susman, G.I. Process design, automation and worker alienation. Indust. Relat. 11 (1972) 34-45.

Veld, J. in 't. Arbeidsplaats en organisatie. Delft, T.H./Afd. Werktuigb., 1976.

