

UWDL  
25-1-72

J.M. Dirken

---

MENSELIJKE STUUR- EN REGELTAKEN  
EN INFORMATIEVERWERKING

een algemene inleiding



---

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR PRAEVENTIEVE GENEESKUNDE TNO  
WERKGROEP AUTOMATISERING

1972

## I N H O U D

1	ONTWIKKELING IN DE AANPAK VAN MENS EN TAAK	
	1.1 Een gefaseerde ontwikkeling in de opvattingen over menselijke arbeid. . . . .	
	1.2 Benaderingen van menselijk stuur- en regelgedrag . . . .	
2	SYSTEEMDENKEN EN SYSTEEMSTUREN	
	2.1 Systeembegrip, regeling en informatie. . . . .	
	2.2 Toepassing op werk- en levenssituaties . . . . .	
3	INFORMATIE-AANBIEDING IN KOMPLEKSE REGELNETWERKEN	
	3.1 Ontwerpmogelijkheden van ingrijpende aard. . . . .	
	3.2 Eenvoudige ergonomische verbeteringen. . . . .	
	LITERATUUR	

1.1 Een gefaseerde ontwikkeling in de opvattingen over menselijke arbeid.

In de gevoelsmatige betekenis van het woord arbeid is in duidelijke mate het begrip moeite en last aanwezig, terwijl bij het woord taak meer sprake is van een afspraak, waarbij een bepaald pakket van handelingen naar iemand wordt toegeschoven, waarop diegene het als een plicht op zich neemt. De betekenis van 'werk' is zeer neutraal, maar omdat hiërarchische verhoudingen minder en de samenwerking tegenwoordig meer worden geprononceerd, spreken we liever van 'medewerkers'. De sociaal-psychologische lading van georganiseerde produktieve handelingen en eraan gekoppelde begrippen is steeds aan verandering onderhevig. Ook in het sociaal-wetenschappelijk denken analyseren en beïnvloeden van deze problematiek wordt een wisselende nadruk op verscheidene aspecten gelegd. De ontwikkeling in deze eeuw van het personeelbeleid kan worden gekenmerkt door een toenemende individualisering in de zin van het steeds meer rekening houden met de capaciteiten, voorkeuren en belangen van de enkeling. De sociaal-wetenschappelijke disciplines zijn sinds de Hawthorne studies in de twintiger jaren daarbij steeds sterker - en in een groter aantal gespecialiseerde disciplines - betrokken geraakt en wij kunnen zelfs verwachten dat zij op deze ontwikkeling van enige invloed zijn geweest.

Ofschoon aan elke historische diversiteit door een fasering onrecht wordt gedaan, kan erdoor toch een grotere hanteerbaarheid door worden mogelijk gemaakt. Laten we dus, vooral omwille van het inzicht in de huidige fase, de perioden achtereenvolgens typeren, zij het met de aantekening dat de denkwijzen uit voorgaande fasen nog steeds niet zijn uitgestorven en de 'perioden' dus meer dakpansgewijze over elkaar geschoven liggen. Het is zelfs waarschijnlijk dat we van situatie tot situatie volgens verschillende fasen denken.

In de fase, die aan de sociale verwetenschappelijking van arbeid, produktie en personeelbeleid vooraf ging, werd het werk gezien als de "bittere noodzaak" om in het "zweet Uws aanschijns" het dagelijks brood te verdienen en dus in de primaire levensbehoeften te voorzien. Het beeld van de 'homo economicus' doet opgeld, implicerende dat loon de regulator is van de te leveren inspanning. Menselijke arbeid was toen vooral nog het leveren van mechanische kracht. Men diende te

werken naar vermogen en op vermogens diende dus geselecteerd te worden. Menselijke spierkracht wordt het meest renderend uitgeoefend bij repetitieve handelingen van beperkte omvang en kompleksiteit en dus lopende band.

Bij de intrede van de bedrijfspsychologie was het eerste winstpunt dat het werkend individu niet de enige eenheid bleek waarmee rekening viel te houden. Elton Mayo (1933) (Zie ook Roethlisberger & Dickson 1950) onderkende het primaat van de groep, de informele organisatie en verwachtingspatronen, die van dominerende invloed zijn op de inzet bij het werk. De homo economicus blijkt nog meer een sociaal wezen te zijn en, indien de juiste werksituaties worden geschapen met geborgenheid en waardering, blijken onvermoede bronnen van energie en aandacht voor het werk beschikbaar te zijn. De arbeider wordt werknemer.

In de derde fase wordt de nadruk weer elders gelegd. Onder meer getypeerd in de "theorie Y" van McGregor (1968) wordt, nadat de sociale geborgenheid enigszins zeker is gesteld de behoefte van de werker onderscheiden om zelfstandig te presteren. De taak dient een uitdaging te zijn om eigen krachten te meten, inventiviteit bot te vieren, de neiging tot verantwoordelijkheid te bevredigen, zich te ontplooiën. De werknemer wordt medewerker en zijn taak wordt verbreed en geroteerd en wat inspraak eraan toegevoegd. In het model van de hiërarchie van drijfveren van Maslow (1954) verkrijgen de dynamiek en onderlinge verhouding van deze drie fasen meer reliëf.

Na het begin van die derde fase komt weer een andere denktrant op, die we als vierde fase kunnen betitelen: de ergonomische. Tot dan toe was men min of meer uitgegaan van de werksituatie als onveranderlijk uitgangspunt, althans voor zover het de 'hardware' betrof; immers, men kon er gevoegelijk van uitgaan dat de mens zich wel zou aanpassen. Deze stellingname had tot gevolg dat de aangrijpingspunten de sociale en gedragswetenschappen bijna uitsluitend in de menselijke gedragingen werden gezocht en de situatie oftewel het milieu, grotendeels buiten de scoop bleef. De human engineering, opgekomen in de vijftiger jaren, pretendeerde met menskundige kennis de materiële kanten van leefsituaties menselijker te kunnen ontwerpen, vormgeven en korrigeren. Deze aktiever stellingname is nu duidelijk aan het doorgolven naar andere sociaal-wetenschappelijke disciplines. Men betreedt het terrein van de ingenieur, ekonoom en jurist. Door opleiding alleen kan men mens en milieu niet voldoende in harmonie brengen.

Daarna is een vijfde denktrant ontstaan. De noodzaak tot een productief dienstverband, tot een arbeidzaam leven, wordt minder absoluut geacht. Geleidelijk aan begint de mening post te vatten dat werk slechts een van verscheidene middelen is om deel te hebben aan de maatschappij en om zich te ontplooien. Men wordt langer opgeleid, eerder gepensioneerd, wordt makkelijker sociaal ondersteund en maakt kortere werkjaren. Arbeid kalft af en verdwijnt geleidelijk uit het middelpunt van de maatschappelijke dynamiek, ofschoon het nog lange tijd het structurerende principe zal blijven voor organiseren en de verdeling van rollen, macht en consumptie. Aan deze ontwikkeling zijn duidelijke voorwaarden verbonden in de zin van beschikbaarheid van grondstoffen en een hoogwaardig, immens netwerk van productie, transport en dienstverlening, waaraan individu en organisatie worden aangepast of welke aan mens en groep worden aangepast. Een essentiële voorwaarde voor dit al is echter de regeling van deze complexe netwerken van onderling afhankelijke materialen en mensen. De vaardigheid van besturen, plannen en regelen en dus van menselijke informatieverwerking, is niet de sterkste schakel in de keten.

## 1.2 Benaderingen van menselijk stuur- en regelgedrag

De menselijke spierkracht is niet alleen voor lange tijd een voorwerp van aanhoudende zorg geweest van arbeidsgeneeskundigen en bedrijfspsychologen, tevens heeft dit type werk model gestaan voor de wetenschappelijke analyse en beïnvloeding van andere typen van arbeid. Naast handenarbeid was er hoofdarbeid, naast de spierbelasting dus "mentale belasting". De meetbaarheid en voorspelbaarheid van de lichamelijke arbeidsbelasting suggereerde dat eenzelfde benadering van 'het andere type' van arbeid met evenveel succes in een kosten en baten afweging kon worden gevolgd. Pas na langdurig uitblijven van succes hierbij worden in de bedrijfspsychologie en ergonomie andere benaderingen en begrippen gangbaar betreffende menselijke informatieverwerking en speciaal die bij stuur- en regeltaken.

De kostenanalyse bij spierarbeid werd op de volgende, zeer kort aan te geven gedachtengang gebaseerd: lichamelijke arbeid impliceert dynamische spierarbeid en die wordt redelijkerwijs naar intensiteit beschreven door verbranding en die weer door zuurstofopname. Er is een meeteenheid: de milliliter zuurstof per tijdseenheid en een systeem met een maximum en leefbaar minimum; respektievelijk het respiratoire-

kardiovaskulaire systeem met een aerobe capaciteit en een basaal metabolisme. Tijdens of na het werk (Van der Sluijs en Dirken 1970; Bonjer 1965) kan de zuurstofwisseling bepaald worden en kan de arbeidsintensiteit worden gerelateerd aan het individuele maximum of minimum, respectievelijk belastingsgraad en aktiviteitsgraad. Men mete dus capaciteit en inzet en men dele!

Toen de menselijke energie door mechanische steeds meer werd vervangen en de menselijke taken toch iets aan de werkers bleken te kosten, werd in analogie het begrip mentale belasting ingevoerd. Deze analogie bleek des te hoopgevender toen enkele empirische vondsten werden geïnterpreteerd naar het bestaan van één kanaal, waardoor alle menselijke informatieverwerking en besluiten zouden stromen en welk kanaal een beperkte capaciteit had, evenals het ademhaling-hartvaat systeem. Twee gelijktijdige taken zouden net als gesepareerde stromen van lichte en zware vloeistof een mentaal kanaal vullen. Als de ene stroom meetbaar werd gemaakt tot een gestandaardiseerde 'tweede taak', zou de variatie op de tijdas ervan een indicatie vormen van de mentale belasting, die de eerste en eigenlijk te meten werktaak aan de hoofdarbeider oplegde. De informatieleer en kommunikatietechnologie droegen toen bovendien aan een mogelijke meeteenheid voor de menselijke informatieverwerking, de 'bit' of tweekeuze. Men diende in het laboratorium het maximum aan bitconsumptie vast te stellen en in de werkplek de last van in-, through- en output in bits uiteen te rafelen, om in maat en getal de kosten te hebben geïnventariseerd.

In de leerpsychologie en denkpsychologie was echter allang gebleken dat de eenheden van waarnemen, beslissen en handelen wisselen per individu, situatie en type, nivo en fase van informatieverwerking en dat slechts in enkele, uiterst geformaliseerde situaties, de codering van de informatiestroom kan worden benaderd. Tevens dat het eigen is aan het menselijke funktioneren om verscheidene taken of informatiestromen tegelijk, of in ieder geval in snelle afwisseling, en in wisselende onderlinge beïnvloeding te volvoeren. De heuristische, analoge informatieverwerking door de mens met groeiende strategieën en variabele bewustzijnsgraad bleek komplekser dan welk rekentuig of telefoonkanaal dan ook.

Heetgraag als de gedragswetenschappers terecht zijn, werd vervolgens de aandacht gevestigd op het verschijnsel dat de eertijds 'autonoom' genaamde fysiologische variaties met de intensiteit van elke

arbeidsvorm meeresoneerden. Verscheidene parameters van het hartvaatsysteem, pupillometrie, hormoonmetingen en dergelijke werden als indikator voor de intensiteit van het mentale functioneren beproefd. Vanuit een andere hoek van de gedragswetenschappen, de psychosomatiek, was echter al bekend gemaakt dat de vegetatieve verschijnselen ook en waarschijnlijk meer, typisch zijn voor de individuele konstitutie dan voor de situatie en taak, waarin een persoon zich bevindt: sommigen reageren bijvoorbeeld digestief, anderen vooral vasculair. Ook was er gebleken dat voor het uitgangsnivo bij elke meting diende te worden gekorrigeerd en dat andere methodische eisen uiterst kompliserend werkten; tevens dat de zogenaamd autonome verschijnselen in sommig opzicht onder wilskontrolle stonden. Zo bijvoorbeeld is de regelmaat van de hartslag grotendeels een functie van de regelmaat van de ademhaling en is deze gevoelig voor spierarbeid en andere gewilde beweging. Nog belangrijker evenwel was dat de vegetatieve verschijnselen vooral resoneren met de emoties en het aktivatie-nivo en dus eerder iets als 'emotionele belasting' indiceren dan de 'kognitieve inspanning bij informatieverwerking' (zie bijv. Dirken 1969). Het hele begrip kognitieve vermoeidheid bleek op een wankel empirische basis te staan.

Langzaam begint de denktrant af te buigen van de begrippen zoals vermoeidheid, belasting, capaciteit en dergelijke en zijn er een drietal nieuwe benaderingen, die in onderlinge wisselwerking, ontwikkeld worden.

De eerste, die wij daarbij noemen, is een fusie van de denkpsychologie, die herleefde onder invloed van de computertechnologie en die het menselijk probleemoplossen probeerde in model te brengen en te simuleren. Newell, Simon, Shaw (bijv. 1971) en andere namen zijn hierbij bekend. De tweede partner van de fusie is de psychometrie rond de intelligentiemetingen, waar een grote variëteit van intellectuele prestaties herhaaldelijk bij duizenden personen geregistreerd tot een beperkt aantal dimensies is teruggebracht. Vooral Guilford heeft met zijn "Structure of Intellect" de eenheden, operaties en produkten van de menselijke informatieverwerking in kaart gebracht (Guilford and Hoepfner 1971) Kritisch en beperkt gebruik makend van de informatie- en kommunikatietechnologie en van de 'molaire' menselijke gedragingen in testsituaties en leefsituaties, wordt langzaam gebouwd aan het inzicht in de verscheidenheid van 'bits' en 'kanalen' bij de menselijke informatieverwerking.

Een tweede benadering is enerzijds geënt op de juist genoemde gedachtengang, anderzijds op de klassieke tijd-bewegingstudie. Als men in abstrakto een lange lijst opstelt van verschillende typen van informatieverwerking, zoals die bijvoorbeeld bij stuur- en regeltaken voorkomen (Berliner e.a. 1964; Rabideau 1964), zou het ideaal zijn als de opeenvolging en duur van elk van deze typen tijdens de taakuitvoering zouden worden geregistreerd. Omdat men echter daartoe op introspektie is aangewezen en deze onbetrouwbaar is en de taakuitvoering stoort, dient men afleidingen van deze cognitieve activiteiten voor lief te nemen. Uiterlijk observeerbare gedragingen kunnen betrouwbaar worden geregistreerd op de tijdas en via iteratieve berekeningen en heuristieken kunnen parameters worden uitgerekend, die verschillende stuur- en regeltaken typeren (Verschoor 1967 en 1970; Van der Sluijs en Dirken 1970). Ook is het mogelijk hierbij meer de nadruk te leggen op het beslissingsnetwerk (Crossman 1960; Kitchin and Graham 1961; Christensen and Mills 1967). De normering in de zin van een referentie, waarop het extreem zijn van een parameterwaarde kan worden gebaseerd en waardoor men misschien weer van de 'intensiteit van informatieverwerking' kan gaan spreken, kan in een landelijk onderzoek worden verkregen. Plannen dienaangaande zijn bij TNO in een vergevorderd stadium.

In een derde type van aanpak wordt, evenmin als bij de twee voorgaande, uitgegaan van mentale belasting en vermoeidheid. De denktrant is hier vooral ergonomisch en richt zich op de inbreng van allerlei gedragswetenschappelijke vuistregels in het ontwerp van de hardware en de organisatie van een stuur- en regeltaak. Vanuit een analyse van het systeem en zijn regeling wordt de aanbieding van informatie aan de mens gewogen en geselecteerd en uiteindelijk zo 'menselijk' mogelijk vorm gegeven. Pas nadat in een volgend deel van deze uiteenzetting een verdere behandeling van de begrippen, systeem, regeling en informatie heeft plaatsgevonden en is ingegaan op het voorkomen en belang van menselijke stuur- en regeltaken, kunnen we in een derde deel nader op de informatie-aanbieding in complexe regelnetwerken ingaan.

## 2    SYSTEEMDENKEN EN SYSTEEMSTUREN

### 2.1   Systeembegrip, regeling en informatie

In het gedragswetenschappelijk spraakgebruik is sinds enige tijd het begrip 'systeem' opgenomen in navolging van de mathematisch gevanceerder disciplines. Als zodanig verwijst het naar de bereidheid



om in de sektor van menselijke gedragingen systemen en subsystemen te onderscheiden in de zin van totalen van enigszins samenhangende variabelen. Men heeft daarbij oog voor variaties langs een beperkt aantal, bepaalde dimensies en de onderlinge invloeden van deze variaties worden weer gewogen tegen de achtergrond van de zin die men aan dat totaal toekent. In enkele opzichten is het een wijze van denken die aan de Gestaltschool en andere holistische fasen in de gedragswetenschappen doet herinneren en die een mogelijk tegenwicht kan zijn tegen te vergaande moleculaire uiteenrafeling.

Niet nieuw eraan is het individu, de groep, de maatschappij, of de machine als eenheid te zien. Wel nieuw is het aan het systeem een doelstelling toe te kennen in een dermate meetbare vorm, dat de variabele afwijking ervan van moment tot moment als toestand van het systeem kan worden gemeten en de positieve of negatieve bijdrage van elk van de interakties tussen de deelhebbende variabelen tot dit doelgericht gedrag kan worden geschat of vastgesteld. Een grote verscheidenheid aan verschijnselen wordt dus, zeer eenzijdig, naar winst ten opzichte van één doel waargenomen; alle andere verschijnselen zijn ruis, evenals elke afwijking van doelmatigheid een fout is.

Regeling dient dan dus te worden opgevat als het doelgericht houden van een systeem door het, afhankelijk van mogelijkheden en wensen, periodiek of kontinu, te meten, afwijkingen te interpreteren en bij te sturen. Tot zover is dit een direkt ontlenen aan wijsheid, die de meten en regeltechniek met veel succes bij het beheersen van technische systemen aan de dag legt. Waakzaamheid is evenwel geboden bij het vertalen van begrippen en methoden vanuit de technische sektor naar die van de menselijke gedragingen. Het definiëren van een eenzijdige doelstelling van een systeem is voor technische systemen meestal weinig riskant, omdat het ontwerp ervan is gebouwd in de richting van een specifiek produkt of dienst. Het meten van de systeemvariabelen naar doelgerichte bijdrage stuit er evenmin op veel moeilijkheden, want elke andere variatie van de technische onderdelen is een technische maakfout.

Systemen van menselijke gedragingen kan tekort worden gedaan door eenzijdige definiëring van doelstelling en van doelgerichte variabelen. Men denke aan het door Brunswik (1955) ingevoerde begrip van het vikaariaat van het doelgericht gedrag, waarmee tot uitdrukking wordt gebracht met welk een verscheidenheid en afwisseling mensen capaciteiten

kunnen inzetten om een en hetzelfde doel te bereiken. Als illustratie van hoe moeizaam en tegelijk hoe waardevol het systeemdenken zich in de gedragswetenschappen ontwikkelt, zij geattendeerd op het werk van J.G. Miller (1965 en 1972). Zolang men zich de beperking van het systeembegrip voor ogen houdt, is er echter ook op het nivo van de molaire gedragingen enige winst te boeken. Ook sociale organisaties kunnen worden gezien als een kompleks regelnetwerk, waarin een doelstelling door het totaal wordt nagestreefd door gereguleerde bijdragen van subgroepen en individuen, die elk de rondgaande informatiestromen volgens hun taakopvatting moduleren.

Bij systeemdenken is het nuttig het gedrag van het totaal te zien als een netwerk van informatiestromen, waarin de knooppunten elk hun specifieke overdrachtsfunctie hebben, om informatie te veranderen, te verarmen of te verrijken. De benadering leent zich binnen de gedragswetenschappen relatief nog het meest bij die problemen, waar gesproken kan worden van mens-machine systemen; dus daar waar een technisch systeem in interactie staat met een bediener, bestuurder. Er is dan sprake van een min of meer kompleks regelnetwerk van "hardware and software components", waarin een taak is ingelast om volgens een overdrachtsfunctie, die beter of makkelijker door de mens kan worden vervuld, een bijdrage tot de doelgerichtheid te geven. In sommige van die systemen wordt het doel en, of het totaalgedrag door de mens gedomineerd, bijvoorbeeld bij een prothese of een eenvoudig voertuig; bij andere is de menselijke bediener slechts een nietig radertje in het systeem, nog draaiend omdat hij voorlopig nog iets goedkoper is.

De geschetste denkwijze bij het oplossen van problemen in mens-machine systemen is eigen aan de psychologische ergonomie.

## 2.2 Toepassing op werk- en levenssituaties

Het denken en analyseren volgens systeembegrippen, regelnetwerken en informatiestromen is adequaat toe te passen op menselijke gedragingen, voorzover dus aan totalen op een meetbare wijze doel en bijdrage daartoe van konstituerende variabelen kunnen worden onderscheiden. Die meetbaarheid en funktionele ondergeschiktheid van variabelen laat in de gedragswetenschappen nog wel te wensen over. Ook in technische regelnetwerken, waar de menselijke taak maar één knooppunt bezet, is het definiëren van die ene doelgerichte variabele uiterst moeilijk. Dit is minder verwonderlijk als men rekenschap geeft aan de, vaak impliciete,

rationale van de menselijke taak in een kompleks regelnetwerk. Evenals ieder ander knooppunt wordt via een of verscheidene kanalen informatie aangeboden, die wel dan niet selektief, volgens een subdoelstelling dient te worden getransformeerd. Een toestand dient binnen bepaalde marges konstant te worden gehouden, of dient volgens een onafhankelijke variabele in de omgeving te worden bijgericht, of dient volgens een bepaald programma in de tijd te worden ontwikkeld, of dient volgens een vooraf bepaald criterium te worden geoptimaliseerd (zie bijvoorbeeld Cool e.a. 1969).

Een knooppunt komt echter pas in aanmerking voor een menselijke taak, indien de overdrachtsfunctie niet of nauwelijks technisch kan worden opgelost: Daar waar in het netwerk de overdrachtsfunctie niet of nauwelijks te definiëren valt, wordt de mens met zijn mogelijkheden tot "vikariërend" handelen ingezet. In tegenstelling tot de technische componenten van het systeem, dient er dus een taak te worden vervuld, die gekenmerkt wordt door improviseren, besluiten op grond van onvolledige, stochastische gegevens, voorspellen van ontwikkelingsrichtingen van verschillende waarschijnlijkheid, patroonherkennen en dergelijke. Het menselijk regelgedrag in die situaties kan meestal achteraf zo beschreven worden, dat een mechanische regelaar met rekeneenheid hetzelfde kan nabootsen; alleen blijkt dan de verholpen ontregeling zulk een lage waarschijnlijkheid van voorkomen te hebben dat geen programmeur die had kunnen bedenken, of dat het in ieder geval niet lonend is een opvang mechanisch in het systeem te bouwen.

Naast het kenmerk van opvang van onwaarschijnlijke toestanden, is er nog een tweede typering te geven aan de menselijke stuur- en regeltaken en die betreft de kontakten met het bovengeordend systeem. Dit verdient enige toelichting. Een mens-machine systeem kan weer worden beschouwd als onderdeel van een groter systeem; het is een onderdeel van een produktieproces van een firma, van een vervoerstroam en dergelijke. Waar een vertaling moet plaats hebben van het omvattende systeem naar het subsysteem, is de mens met zijn niet-gespecialiseerde veelzijdigheid het meest geschikt. De instructies en plannen van leidinggevers worden door de mens, die half in het subsysteem staat, eraan doorgegeven.

Er is een duidelijke ontwikkelingsgang waar te nemen, dat het inordenen van systemen van steeds hoger nivo niet meer aan de menselijke stuur- en regelgedragingen wordt overgelaten, maar technisch en vooral

met "computerization on line" wordt verwezenlijkt. Energiecentrales en chemische fabrieken draaien op het eerste gezicht mensloos. Steeds echter is er in dat grote netwerk een gat te bespeuren, waar een doelwinst functie door mensen wordt bijgestuurd; men noemt dat dan niet meer de taak van een bediener of operator, maar van een manager of directeur of, zeer terecht: bestuurder.

Naast baten, voortkomend uit verkiezen van een menselijke boven een technische regelaar, zijn er duidelijk kosten. Er dienen twee raakvlakken te worden ontworpen tussen mens en machine, die elk eigen eisen stellen van ergonomische aard. In het ene vlak dient de informatie uit het systeem dusdanig te worden vertaald, dat de aandachtswaarde, onderscheidbaarheid en betekeniswaarde van de informatiedragers aan algemene eisen voldoet, gebaseerd op fysiologische en psychologische vuistregels en aan specifieke eisen, gebaseerd op de eigenschappen van het systeem en meer nog van zijn bedieners. In het andere contactvlak, dat niet geheel als een spiegelbeeld van het voorgaande mag worden beschouwd, dient menselijke motoriek in adequate stuurhandelingen te worden omgezet. Daar zijn de snelheid, plaatsing en patroon van uit te oefenen krachten en de voor het verloop noodzakelijke somaesthetische en anderszintuiglijke terugkoppelingen van belang. In de ergonomie is echter ruim kennis aanwezig over knoppen, hendels, compatibiliteit en dergelijke (Zie bijvoorbeeld McCormick 1970 en Morgan 1963) en de moeilijkheid bij het probleemoplossen inzake de taakgeving van de mens in een kompleks regelnetwerk is dus vooral gelegen in het ontwerpen van de informatie-aanbieding.

De situaties, waar de gesignaleerde problematiek optreedt, zijn legio. Veel zullen nog aan de psycholoog en ergonoom ontgaan, omdat technologen nog niet bewust ervaren hebben hoe de menselijke regelaar de zwakste schakel in het systeem is, of hoe door ergonomisch ontwerpen de taakuitoefening en het welzijn kunnen worden verbeterd. Komplekse regelnetwerken zijn het cement van ons maatschappelijk bouwwerk en de basis van onze westerse, te relativieren, welvaart. Onze bevolkingsdichtheid, mobiliteit, funktiespecialisering en kwistigheid met materialen, kunnen voortbestaan bij de gratie van komplekse energieregeling, geregelde netwerken van transport en verlading, besturing van gigantische voer-, vaar- en vliegtuigen en vooral niet te vergeten procestechieken voor de produktie van halffabrikaten en massaprodukten. Vanuit een onverwachte hoek ontstaan taken die soortgelijk zijn, te weten de interactie tussen de mens en een rekensysteem. Niet alleen ten dienste van

het realiseren en optimaliseren van al deze technische systemen, of ten bate van de arbeidsvreugde van de bedieners, die slechts een fractie van het landelijk totaal aan arbeidsplaatsen bezetten, maar ook voor het grote aantal van personen, die van deze netwerken afhankelijk zijn, dient de informatie-aanbieding in complexe regelnetwerken gedragswetenschappelijk verder te worden geanalyseerd en met actief ontwerpen te worden verbeterd.

### 3 INFORMATIE-AANBIEDING IN KOMPLEXE REGELNETWERKEN

#### 3.1 Ontwerpmogelijkheden van ingrijpende aard

De ergonomische inbreng is zeer succesrijk geweest op het punt van het verbeteren van de temporele organisaties in menselijke taken en tevens van de erbij horende samenwerkingsstructuren. Typischer voor het ergonomisch beïnvloeden is echter het doen veranderen van de 'harde goederen', waarbij vooral succes is geboekt door het verder doorvoeren van mechanisering en het invoeren van communicatieve hulpmiddelen. In de meeste gevallen heeft de ergonomische inbreng echter pas verbeteringen van reeds lang bestaande mens-machine systemen betroffen en heeft dus een kuratieve aanpak ingehouden, in tegenstelling tot de gewenster preventieve aanpak, waarbij de ergonomie in de ontwerpfase temidden van andere technologische disciplines een kans krijgt.

Een aantal mogelijkheden van verbeterde ontwerpen van menselijke stuur en regeltaken, waarbij de regelbaarheid en effectiviteit van het gehele netwerk toeneemt, laten wij nu volgen. De nadruk zal daarbij, vanuit de achtergrond van het gehele systeem, vallen op het contactvlak tussen de machine en de mens waar de informatie wordt aangeboden door de machine. De twee andere belangrijke contactvlakken, dat van de stuurhandelingen en dat van de communicatie met het bovengeordende, (sociale) systeem, zullen daarbij zijdeling zijn inbegrepen.

Een van de belangrijkste vuistregels bij de ergonomische analyse van een netwerk is dat niet alle procesinformatie van gelijk belang is voor iedereen op alle momenten. Een operator, een chef, een reparateur, een instrumentalist en een systeemanalist hebben verschillende typen en hoeveelheden informatie nodig. Bovendien geldt voor ieder dat bij normaalloop, storingen of opstarten, eveneens verschillen in de benodigde informatie zijn te onderscheiden. De eerste doelstelling zal dus moeten zijn de informatie te richten op noodzaak van aanbieding en op begripsvermogen en belangstelling van elk type taakuitvoerder. Te veel infor-

matie voor een bestuurder is schadelijk. Er treedt verwarring op, meer tijd voor beslissingen zijn nodig; bij emotionerende situaties zijn onjuiste beslissingen dan nog waarschijnlijker; er is een langere leertijd nodig; de beslissingsstrategie ofwel het mentale stuurmodel is moeilijker te eksplisiteren, voor de verschillende bestuurders gelijk te schakelen en door instructies bij de sturen.

De informatie dient dus in een hiërarchie te worden ondergebracht, gericht op de noodzaak van menselijk ingrijpen. Het eerste daartoe benodigde onderscheid is dat tussen de statische en de dynamische componenten van het systeem. De statische componenten zoals de ruimtelijke en mechanische details van de machines, de aard van de vigerende taak en dergelijke, kunnen op vele manieren in een elektronisch visueel geheugen worden opgeslagen en naar believen in elke gewenste graad van detaillering worden opgeroepen. Een strukturaarschema op een vast paneel kan worden gebruikt om het overzicht te onderhouden en het zoeken te vergemakkelijken.

In de dynamische informatie kan op twee manieren worden gehiërarchiseerd. De ontwikkeling van elke belangrijke parameter van het proces wordt bij afwijking van een bepaalde grens geregistreerd in een geheugen, maar pas bij het overschrijden van een nog kritischer grens als informatie aangeboden. De ontwikkeling van een parameter sinds die 'schrijfgrens' dient dan op een beeldbuis te verschijnen. Het is ook technisch mogelijk om het meest waarschijnlijke verder verloop, bij uitblijven van een menselijke koerswijziging, als een gestippelde vervolgcijve aan te bieden, nadat deze door de computer is berekend. Op deze wijze kunnen een of twee beeldbuizen een uitgebreid paneel vervangen of aanzienlijk vereenvoudigen. Naast deze passieve aanbieding van informatie, gedikteerd door de procestoestanden, dient het voor de bestuurder/operator ook mogelijk te zijn naar believen elke parametertoeestand visueel op te roepen en op de tijdas te laten vastleggen in verloop.

Een tweede mogelijkheid, die de voorgaande enigszins kan vervangen of ondersteunen betreft het hiërarchiseren van de informatie door de verschillende informatiepunten een weloverwogen plaats te geven in het funktionele gezichtsveld, waarbij de meest urgente informatiebron de middenpositie inneemt. Deze ruimtelijke groepering dient vooral op urgentie en frekwentie van waarnemen en handelen te worden gebaseerd. Het nabootsen van de fysische procesgang van links naar rechts komt pas in de derde plaats in aanmerking.

Zowel door stijgende eisen van economische aard, als door groei in meet- en regeltechnische mogelijkheden, worden regelnetwerken niet alleen veelvuldiger, maar ook steeds groter. De looptijden in de regelketens, voor zover het ons hier aangaat te typeren als de tijd die verloopt tussen menselijke stuurhandeling en het moment waarop de juistheid van de ingreep te controleren valt, worden als maar langer. De mens heeft voor zijn stuurgedrag een onmiddellijke kennis van resultaat nodig en dergelijke looptijden worden dus ongewenst. Als men na uren kan konstateren of een ingreep fout is geweest, is er niet alleen sprake van een onmogelijke 'span of control', maar ook van grote verliezen in energie en materiaal. Men is daarom al enige tijd bezig om procesparameters te gaan konseptualiseren en operationaliseren, die zo vroegtijdig mogelijk de meest waarschijnlijke vervolgoestanden aangeven. Niet worden daartoe meer de gebruikelijke fysische en chemische grootheden gebezigd, zoals druk, stroming, temperatuur, zuurgraad en dergelijke, maar nieuwe samengestelde parameters, die als het ware door multipiele korrelaties in een procesanalyse tot stand zijn gekomen. Deze ontwikkeling biedt bij uitstek de mogelijkheid om de vertaling van de machine-informatie naar het menselijk begripsvermogen te verbeteren. Het is immers evident, ofschoon tot nu toe genegeerd, dat het menselijk denken bij sturen en regelen allerminst plaats vindt in diskrete, digitale, fysisch-chemische variabelen. Een menselijke bestuurder denkt in analoge grootheden, zoals 'neemt gevaarlijk snel toe', 'm'n tank is bijna leeg', 'dat ging wat te snel' enzovoort. Juist door de flexibele mogelijkheid van visualiseren door middel van elektronische beeldbuizen, kunnen de samengestelde procesparameters en hun ontwikkeling op de tijdas op een begrijpelijke wijze in schaal en vorm worden aangebracht.

Een volgende mogelijkheid betreft de schaalverkleining. Doordat instrumentalist en ontwerpers in het algemeen geneigd zijn de ruimtelijke hoedanigheden van het historische prototype in geavanceerder ontwerpen te behouden, worden in de procesindustrie panelen gebouwd in straatvorm met grote, logge instrumenten, alsom het netwerk van ketels en buizen ruimtelijk te simuleren; hetzelfde treft men aan bij regelstations van transport en verlading. Ook in de opleiding van de bestuurders bespeurt men een teveel aan ambachtelijke kennis gericht op de fysisch-chemische aspecten van het proces en een te weinig aan meet- en regeltechnische kennis en stuurvaardigheid. De miniaturisering van de regelzalen kan gebaseerd worden op gezichtsscherpte,

ruimte voor stuurhandelingen en ruimte voor kommunikatie. De ontwikkelingsgang van scheepsbrug tot straaljagercockpit diene daarbij tot voorbeeld.

De voortschrijdende computerisatie van regelnetwerken, en dit zowel 'on-line' als door een fleksibele koppeling aan grote rekeneenheden met 'time-sharing', biedt mogelijkheden om de interactie tussen mens en machine meer inhoud te geven. Al eerder hebben we benadrukt dat de typisch menselijke taak in dergelijke systemen vooral neerkwam op improviseren bij niet te voorziene toestanden en dus op het vinden van heuristieken. De volgende denkbare stap zou kunnen zijn dat het machinale geheugen deze heuristieken opslaat en eventueel verder generaliseert en stroomlijnt, zodat de machinale leerling op een juiste wijze van de menselijke meester leert en hem behulpzaam is.

Ook is in dit verband een andere optimalisering denkbaar. Een van de grote problemen bij deze improviseertaken is dat vaak te weinig storingen optreden, er te weinig voor de operator te doen valt en dus zijn waakzaamheid afneemt. Ondanks alle oprechte motivering, is het waakzaamheidsnivo vooral een functie van de intensiteit, frekwentie en diversiteit van eksterne prikkeling. Van half ingedutte bestuurders kan niet worden verwacht dat zij in twee sekonden tot hoogwaardige inventiviteit omschakelen; reden van de eertijds geslaakte verzuchting dat men voor deze taken wezens nodig heeft die voor 99 procent van de tijd chimpansee zijn en voor 1 procent hoogleraar in meet- en regeltechniek (Dirken 1970). Het is uitvoerbaar dat een computerprogram de waakzaamheid van de operator op peil houdt, een wel dan niet voor het proces nuttige neventaak laat volvoeren, of zelfs door middel van geprogrammeerde instructies de operator in gewenste richting verder onderwijst. Reactietijden en nivo van oplossing van aangeboden probleempjes kunnen het terugkoppelingssignaal voor de waakzaamheid vormen. Ofschoon deze en voorgaande mogelijkheden de schijn kunnen wekken van science fiction te zijn, is de technische realisering geen probleem en al deels geschiedt en wacht de invoering op een juister economisch afwegen van de winst, die ermee geboekt wordt in opleiding, werksatisfactie, produktie in neventaken en in de regelbaarheid en fleksibiliteit van het gehele technische systeem (Dirken 1971).

### 3.2 Eenvoudige ergonomische verbeteringen

Het zou van weinig realiteitszin getuigen, indien de bedrijfspsycholoog-ergonoom zijn werkterrein geheel naar de tekenkamer van het



ontwerpburo zou willen verleggen en er zelfs een dominerende positie zou willen opeisen. Men kan ontegenzeggelijk bespeuren dat door de verschuiving van hardware naar software veel meer gedragswetenschappelijke inbreng in het ontwerp van regelnetwerken nuttig en wenselijk is, getemperd meer door schroom van psychologen dan door kooperativiteit van technologen. Er zijn echter vele ingrepen van eenvoudiger en minder verstrekkende aard denkbaar, waarmee al vast kan worden aangevangen en warm gelopen.

Naast de reeds aangeduide aangrijpingspunten in de temporele organisatie binnen en rond taken en de verbeteringen in de structuur van samenwerking, is er ook op het gebied van de informatie-aanbieding veel te doen. Er zijn verschillende goedkope en omkeerbare mogelijkheden om de informatie-aanbieding te groeperen en te rangschikken. Bijeenhorende wijzerplaten, lineaire schalen, lampjes, schrijvers en knoppen en regelaars kunnen door kleurvlakken worden gekategoriseerd; gekleurd plastic plakband kan zowel het functioneel bij elkaar horen, als de suksessie in de procesgang aangeven; de kadrering van de onderdelen in panelen kan door kleur, door vorm of door beide ook een betere onderscheidbaarheid verkrijgen.

Iets ingrijpender, zij het nog weinig schendend voor de territoriale gevoelens van de instrumentalist, is de ergonomische verbetering van de grafische vormgeving van indicatoren (Zie voor een overzicht bijvoorbeeld Crowel en Dirken 1972). Een vereenvoudiging van de lettering en markering, een verplaatsing van symbolen, vervanging van kwasi-eksakte schalen door gekleurde zones en dergelijke, is meestal eenvoudig uit te voeren. Een veranderen van wijzers, draairichting, begin- en eindpunt van de schaal en het schaalbereik is weer een stapje verder.

Er is nog een aantal stappen te onderscheiden, die steeds driester zijn in de zin, dat een diepergaande systeemanalyse, een nauwere samenwerking met technologen en een akkurater gedoseerde invoering van de verandering bij de operator, geboden zijn. Het veranderen van het type van de indikator, bijvoorbeeld vervanging van een schaal door een teller of van een schrijver door een beeldbuis, is zulk een volgende stap. Logischerwijs volgt hierop de ruimtelijke hergroepering op het paneel en het bestrijden van de overmaat aan informatie door weglating en hiërarchisering. Bij deze stap kan ook de miniaturisering worden nagestreefd met meer een vliegtuigcockpit dan een regelzaal als ideaal. Daarna pas komt de aansluiting op de geavanceerder mogelijkheden met

beeldbuizen en computerisatie, waarvan wij eerder gewag maakten.

In de ergonomische handboeken (bijvoorbeeld McCormick 1970 en Morgan e.a. 1963) zijn de vuistregels voor de eenvoudige stappen uitgebreid te vinden. Het is goed erop te attenderen dat betere indicators dan nu traditioneel geïnstalleerd worden na enig zoeken ook wel op de instrumentenmarkt te vinden zijn.

Het is een geruststellende gedachte dat de verdere ontwikkeling van komplekse netwerken een ontwerp van menselijke stuur- en regel-taak en korresponderende informatieverwerking vergt, waarbij de gedragswetenschappelijke inbreng, door wie dan ook aangedragen, onmisbaar is.

- BERLINER, C., D. ANGELL & J.W. SHEARER (1964): Behaviour, measures and instruments for performance evaluation in simulated environments. Sympos. & Workshop Quantification on Human Performance. Albuquerque N.M., aug. 1964.
- BONJER, F.H., rapp. (1965): Fysiologische methoden voor het vaststellen van belasting en belastbaarheid. Rapport CARGO-TNO, Van Gorcum, Assen, 1965.
- BRUNSWIK, E. (1955): The conceptual framework of psychology. Intern. Encycl. Unified Science vol. 1 no. 10 (Neurath, O., R. Carnap and C. Morris, eds.) The university of Chicago Press, Chicago 1955.
- CHRISTENSEN, J.M. & R.G. MILLS (1967): What does the operator do in complex systems. Hum. Fact. 4 (1967) 329-40.
- COOL, J.C., F.J. SCHIJFF & T.J. VIERSMA (1969): Regeltechniek. Agon-Elsevier, Amsterdam 1969.
- CROSSMAN, E.R.F.W. (1960): Automation and skill. Problems of progress in industry. no. 9. H.M. St. off., dept. scientific and industrial research, London 1960.
- CROUWEL, W. & J.M. DIRKEN et al. (1972): Lezen en leesbaarheid. hfdst. 2 in: Het ontwerpen van puntenalfabetten. Tussenafdeling (i.o.) Industriële Vormgeving T.H. Delft 1972.
- DIRKEN, J.M. (1969): Psychophysiologie und das Problem der psychischen Beanspruchung. Deutsch-Niederl. Werksärztagung Arnheim, Ned. Inst. v. Praev. Geneesk. TNO, Leiden 1969.
- DIRKEN, J.M. et al. (1970): Taken van operators in de procesindustrie. Speciaal no. Mens & Onderneming nov. 1970. Wolters-Noordhoff, Groningen 1970.
- DIRKEN, J.M. (1971): Ergonomic aspects of information display in computerized processes. hfdst. 9 in: Transfer of information in the practice of process computer control. Afd. Regeltechn., Kon. Inst. v. Ingenieurs. Leiter-Napels, Maastricht 1971.
- GUILFORD, J.P. & R. HOEPFNER (1971): The analysis of intelligence. McGraw-Hill, New York etc. 1971.
- KITCHIN, J.B. & A. GRAHAM (1961): Mental loading of process operators: an attempt to devise a method of analysis and assessment. Ergonomics 4 (1961) 1-15.
- MAYO, E. (1933): The human problems of an industrial civilization. Macmillan, New York 1933.
- MASLOW, A.H. (1954): Motivation and personality. Harper, New York 1954.
- MCCORMICK, E.J. (1970): Human Factors Engineering. 3rd. ed. McGraw-Hill, New York etc. 1970.
- MCGREGOR, D. (1968): De menselijke kant van het ondernemen. Samsom, Alpen a/d Rijn (2nd. ed.) 1968.
- MILLER, J.G. (1965): Living systems. Behavl. Sci. 10 (1965) 193-237; 337-79; 380-411.
- MILLER, J.G. (1972): Living systems, the Organization. Behavl. Sci. 17 (1972), special issue january.
- MORGAN, C.T. et al. (eds.) (1963): Human engineering guide to equipment design. McGraw-Hill, New York etc. 1963.

- NEWELL, SIMON & SHAW (19 ) (specificatie volgt)
- RABIDEAU, G.F. (1964): Field measurement of human performance in man-machine systems. Hum. Fact. 6 (1964) 663-7.
- ROETHLISBERGER, F.J. & W.J. DICKSON (1950): Management and the worker. Harvard Univ. Press, Cambridge (Mass.) 1950.
- SLUIJS, H. VAN DER & J.M. DIRKEN (1970): Dagelijks energieverbruik van de Nederlandse industriearbeider, methode ter bepaling en normen. Wolters-Noordhoff, Groningen 1970.
- SLUIJS, H. VAN DER & J.M. DIRKEN (1970): Taakbeschrijving van operators in de procesindustrie. Mens & Onderneming 24 (1970) 357-72.
- VERSCHOOR, A.M. (1967): Systematische observatie van operatorfuncties in de procesindustrie; methoden en enige resultaten. Ned. T. Psychol. 22 (1967) 289-300.
- VERSCHOOR, A.M. (1970): Operatorfuncties in de procesindustrie. hfdst. 17 in: Bedrijfspsychologie, onderzoek en evaluatie (P.J.D. Drenth, P.J. Willems & J. de Wolff eds.) Kluwer-van Loghum Slaterus, Deventer 1970.