

## Mentale vaardigheden in de procesindustrie

***Citation for published version (APA):***

Kragt, H., & Landeweerd, J. A. (1972). *Mentale vaardigheden in de procesindustrie*. Technische Hogeschool Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1972

***Document Version:***

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

***Please check the document version of this publication:***

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

[Link to publication](#)

***General rights***

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

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

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

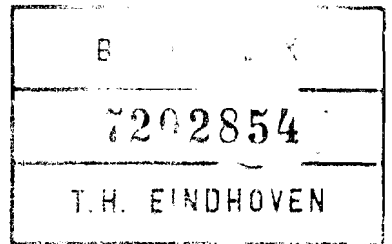
[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



VOORWOORD

Binnen de vakgroep organisatie-psychologie wordt in het kader van het vak Ergonomie onderzoek verricht op het gebied van het operator-processysteem. Met name zijn wij geïnteresseerd in de wijze waarop een operator een proces bewaakt en bestuurt en wat de consequenties daarvan zijn voor selectie, opleiding & training, taakallocatie en paneelontwerp.

In deze publicatie worden de resultaten van twee onderzoeken vermeld die als eerste aanzet gezien moeten worden.

Ir. H. Kragt.

Drs. J.A. Landeweerd.

## MENTALE VAARDIGHEDEN IN DE PROCESINDUSTRIE.

### 1. INLEIDING.

In alle taken die door mensen worden uitgeoefend, spelen receptor-, centrale- en effectorprocessen een rol. (Zie bv. Sanders, 1967, p.106). In hooggeautomatiseerde systemen ziet men een vermindering van taken die de mens motorisch belasten. Ook taken die een fijne oog-hand coördinatie vereisen en waarin handvaardigheden een belangrijke rol spelen, komen daar steeds minder voor. Men ziet daarentegen een toename van taken waarin op vaardigheden een beroep wordt gedaan die wel worden omschreven als "mental skills". (Zie bv. Crossman, 1960; Beishon, 1967; Welford, 1968 en Bainbridge, 1969. Zo schrijft Bainbridge (1969) o.a. .... "More important aspects (than motor aspects) of process control are the mental skills of organizing serial attention to several parallel continuous variables and integrating this information in making control decisions".

Het typerende van taken die mentale vaardigheden vereisen is, dat de centrale processen van eminent belang zijn. De uiterlijk waarneembare handelingen moeten slechts gezien worden als het resultaat van dat centrale proces. Als voorbeeld van een dergelijke taak noemen wij die van een operator in de meet- en regelkamer van een chemisch bedrijf. Vanuit deze meet- en regelkamer - de werkruimte van de operator - beheerst hij met behulp van meet- en regelapparatuur, aangebracht op het paneel, de continue chemische productiegang. In figuur 2 is schematisch de situatie weergegeven waarin zo een operator zich bevindt. (Behalve via de apparatuur op het paneel kan de operator ook direct, dus buiten de meetkamer, ingrijpen in het proces).

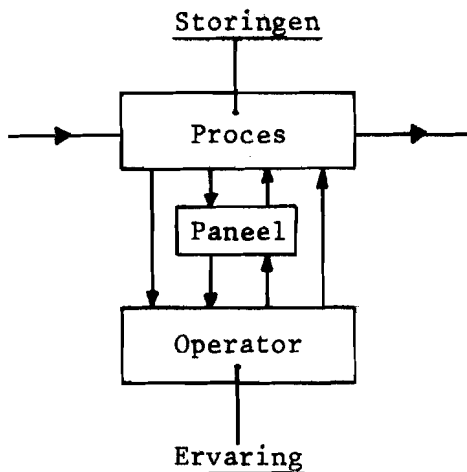


Fig. 1. De operator-processituatie.

Teneinde de taak van de operator te kunnen omschrijven, willen wij een onderscheid maken tussen de begrippen storing en verstoring.

Onder een verstoring verstaan wij: (ongewenste) veranderingen in de proces-parameters. Deze veranderingen kunnen het gevolg zijn van uitwendige oorzaken bv. kwaliteitsvariaties van grond- en hulpstoffen, zij kunnen ook inwendige oorzaken hebben zoals bv. veroudering of vergiftiging van katalysatoren.

Onder een storing verstaan wij: een omstandigheid die het continue proces plotseling onderbreekt, zoals bv. het wegvallen van de druk in een toevoerleiding of het uitvallen van een pomp.

De taak van de operator - het bewaken en het besturen van een proces - is drieledig:

1. de controle en zonodig, na optreden van een verstoring, het bijsturen van het proces.
2. het minimaliseren van de gevolgen van optredende storingen.
3. (eventueel) het stoppen en het weer opstarten van het proces.

Niet alle operators verrichten die taak op dezelfde wijze. In eenzelfde situatie blijken zij verschillende handelingen te verrichten. Wij stellen ons voor, dat zij een idee, een mentaal beeld, een "model" hebben van het onzichtbare proces dat zij bewaken en besturen, en

Flangrame

strategie

dat dat model mede richting geeft aan hun handelen. Zo schrijft Bainbridge (1969) bv. .... "one can suggest that the human controller has available some sort of simulation language for thinking about the process ....." . Zij noemt dit: "the controller's internal model of the process".

Hoe dat model tot stand komt en of (c.q. hoe) dat model in de loop van de tijd - ervaring! - wordt gewijzigd; waarom het niet voor allen gelijk zou zijn; dat zijn vragen die ons inziens gesteld moeten worden en nader onderzoek behoeven.

Wij zullen hier een tweetal onderzoeken vermelden die tot doel hebben meer inzicht te verkrijgen in dat model en in de eerder genoemde mentale vaardigheden (onderzoek 1), en in de wijze waarop de operator een proces bewaakt en bestuurt (onderzoek 2).

## 2. ONDERZOEK 1.

Een probleem bij de opleiding van operators is de inhoud van de leerstof, met name de hoeveelheid informatie die moet worden gegeven over de fysische en chemische achtergronden van het proces die een rol spelen in de betreffende fabriek. In het artikel van Crossman en Cooke (1962) komt dit probleem ook reeds zijdelings ter sprake.

### 2.1. Probleemstelling.

Is het nodig, dat een operator gedetailleerde informatie krijgt over de fysische en chemische achtergrond van het proces waarvoor hij verantwoordelijk is, of kan hij met informatie over de concrete relatie tussen de procesparameters ook een goede prestatie leveren?

### 2.2. Methode, procedure.

Twee equivalente groepen werkten aan een regeltaak. Hun taak was de temperatuur van een luchtstroom van 90°C op 120°C te brengen en daar constant te houden. In verband met het feit dat in chemische processen

tussen een ingreep en het effect ervan een looptijd optreedt, is ook in onze proefopstelling een vertraging ingebouwd.

De ene groep (leerlingen van een technische vakschool, n = 15) kreeg vooraf uitgebreide informatie over de werking van het apparaat en het verloop van het proces. Dit gebeurde aan de hand van een proces-schema, een bedieningsschema en inspectie van het apparaat, benevens uiteraard een aangepaste instructie. (De M.P. - groep: met proces informatie).

De anderé groep ( n = 16) werd vooraf niets verteld over de werking van het apparaat, nōch over de procesachtergrond. Het enige dat zij wisten was dat het ging om het regelen van de temperatuur van een luchtstroom en dat ze daartoe aan een bepaalde knop moesten draaien. (De Z.P. - groep: zonder procesinformatie).

De proef bestond uit drie trials van elk 10 minuten.

Wij definieerden onze afhankelijke variabele (de regelprestatie) als de gemiddelde absolute afwijking van het actuele door de pp. geregelde temperatuurverloop ten opzichte van de gewenste 120°C over de tijd (3 trials, per trial 10 minuten):

$$\int_0^{10} |e_t| dt$$

waarin  $\int_0^{10}$  = de integraal van 0 tot 10 minuten.

$|e_t|$  = de absolute afwijking van de temperatuur (T) van de gewenste waarde (120°C).

dt = de toename over de tijd.

Dit is een foutenscore, m.a.w. hoe hoger deze waarde, hoe slechter men regelt.

### 2.3. Resultaten.

Wij noemen hier alleen de meest interessante resultaten. In tabel 1 en fig. 3 zijn de gemiddelde prestaties van de ppn. weergegeven. (Zie ook Landeweerd, 1968).

	trial 1	trial 2	trial 3	totaal
Z.P. - groep	107.63	51.31	51.19	74.71
M.P. - groep	125.20	69.20	57.13	83.84

Tabel 1. Resultaten van het experiment.

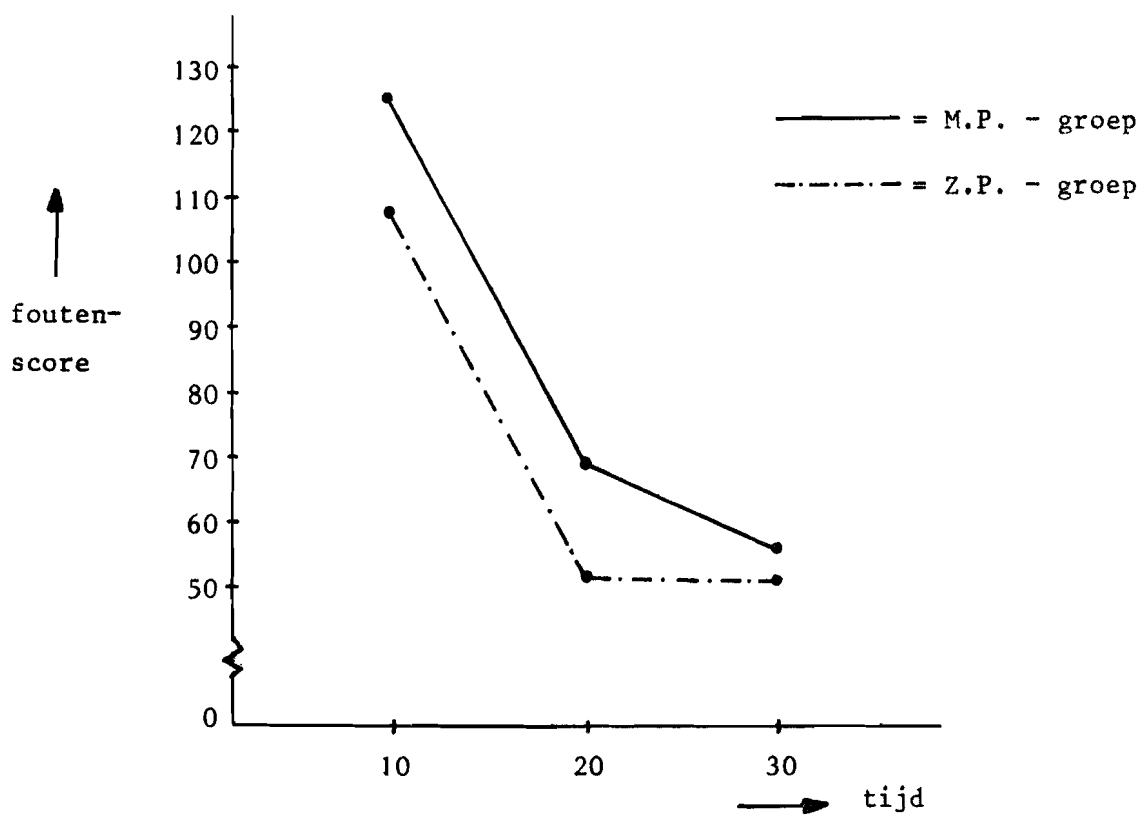


Fig. 3. Gemiddelde criteriumscores van de groepen over 3 trials van tien minuten.

De verschillen blijken steeds niet significant. (Mann-Whitney U toets, tweezijdig,  $\alpha < .05$ ).

Wij kunnen slechts spreken van een tendens dat de Z.P. - groep betere resultaten behaalde dan de M.P. - groep.

Wel is sprake van een leereffect: beide groepen leveren in de loop van de drie trials steeds betere prestaties.

#### 2.4. Discussie.

Op basis van deze bevindingen kan men stellen dat de groep met procesinformatie niet beter regelt dan de groep zonder procesinformatie; er was zelfs een tendens in omgekeerde richting. Blijkbaar is het voor het regelen van een dergelijk traag-reagerend systeem niet nodig dat men, om goed te regelen, uitgebreide procesinformatie heeft.

Wij veronderstellen - zoals in de inleiding reeds is gesteld - dat operators bij het leren regelen van processen een mentaal model opbouwen van het regelen systeem. Dit model kan te complex zijn aangeboden voor de taak die men uitvoert. Dat resulteert dan in eerste instantie in fouten en slechtere prestaties. Het model kan ook te eenvoudig zijn, met soortgelijke consequenties (zie bv. Montmollin, 1967, p.95 en 96).

Wij menen dat de informatie over proces en apparaat van de M.P. - groep te complex was.

Het feit, dat de beide leercurves (zie fig. 3) convergeren, kan men verklaren door aan te nemen dat de M.P. -groep in de loop van het experiment leerde regelen in termen van een minder complex model dan dat zij aangeboden hadden gekregen. Deze wijze van leren kan gekenschetst worden als "learning by discovery". (Zie Bass en Vaughan, 1966). De M.P. - ppn. gaan inzien dat een minder complex model ook effectief is. Deze hypothese vindt steun in onze bevinding dat in verbale commentaren van de M.P. - ppn, die wij expliciet van hen vroegen, aanvankelijk gesproken werd over bv. een klep die open en dicht ging en over bv. koude lucht die werd toegevoerd, maar later over wijzers die op en neer gingen.



### 3. ONDERZOEK 2.

#### 3.1. Probleemstelling.

Hoe werkt de operator? Wat doet hij en wat denkt hij bij de uitvoering van zijn taak? Is het mogelijk door middel van interviews inzicht te verkrijgen in de wijze waarop de operator in de meet- en regelkamer een proces bewaakt en bestuurt?

#### 3.2. Methode, procedure. *ES?*

Bij dit onderzoek zijn wij uitgegaan van de veronderstelling dat het interview meer inhoud krijgt, indien de onderzoeker zelf eerst een proces aanleert. Wij kozen voor een fabriek, waarbij operators zowel binnen als buiten de meetkamer verantwoordelijk zijn voor het bewaken en besturen van processen. Door mee te lopen in de continudienst werd al doende één proces aangeleerd. *c*

Bij het vraaggelrek is gekozen voor de open-end vorm. Wij konden ons deze vorm veroorloven omdat het aantal respondenten beperkt was tot twaalf. Een gevolg van het hanteren van de open-end vorm was evenwel, dat het gesprek verbatim moest worden vastgelegd. Omdat de respondenten geen bezwaar hadden tegen een bandrecorder, is daarvan dankbaar gebruik gemaakt.

Als gesteld, was het doel van het vraaggelrek meer informatie te verkrijgen over de operator-processituatie uit figuur 1. Tijdens het interview kwamen o.a. onderstaande punten aan de orde:

1. Procesvraag: "Wilt U mij eens in eigen woorden precies vertellen hoe het proces werkt?" *o*
2. Spelsituatie: "Stelt U zich nu eens voor, dat U volledig verantwoordelijk wordt gesteld voor het proces. In verband met werkzaamheden elders kunt U echter niet voor 100% van de tijd in de meetkamer aanwezig zijn, maar het proces moet wel goed gestuurd blijven. *gi*

Nu staat tot Uw beschikking een aantal mensen (bv. stagiaires), die het proces niet kennen en die niet allen even goed zijn. U heeft de tijd om deze mensen te instrueren en U kunt net zoveel mensen kiezen als Uzelf denkt nodig te hebben voor het besturen van het proces.

Mijn vraag aan U is:

Wat zoudt U de mensen die tot Uw beschikking staan, vertellen opdat zij bij Uw afwezigheid in staat zullen zijn het proces zo goed mogelijk te besturen?"

3. Critical incidents: "U heeft mij zo het een en ander verteld over het proces, zijn er nu in de jaren dat U het proces heeft bewaakt en bestuurd (of althans de verantwoordelijkheid ervoor heeft gehad) weleens moeilijke situaties voorgekomen?"

Na de vraagstelling in de bovengenoemde punten geconcretiseerd te hebben, is een proef -("pilot")- interview gehouden met een der operators. Daarna is dit interview geëvalueerd, waarbij die operator zelf ook betrokken was. Naar aanleiding van deze evaluatie is elk van de bovenstaande punten opgesplitst in een aantal deelvragen die aan de orde moesten komen. Deze deelvragen kregen zo de vorm van een checklist met behulp waarvan de overige elf operators zijn geïnterviewd.

Voorts hebben wij met behulp van de methode van de paarsgewijze vergelijking de operators tien meters laten kwalificeren naar volgorde van belangrijkheid bij het bewaken en besturen van het proces. De "belangrijkheid" van een meter bleek in het algemeen voor de operators een moeilijk begrip. Immers, zij menen dat deze afhangt van de toestand waarin het proces zich bevindt. In elke mogelijke proces-toestand zijn het weer andere meters die voor hem het belangrijkste zijn. Uitspraken hierover zijn ons inziens wel vast te leggen door de condities waaronder het proces wordt beschouwd vooraf eenduidig te bepalen.

### 3.3. Resultaten.

Wij vermelden hier alleen de belangrijkste resultaten. Voor uitgebreide beschrijving verwijzen wij naar Kragt, 1971. De kennis waarover de operator beschikt, verdelen wij in: a. instructiekennis, b. "stafkennis" en c. ervaring.

- ad a. De algemene kennis betreffende het proces, de instrumentatie en het onderhoud waarover de operator is geïnstrueerd; voorzover die bij het interview bij hem aanwezig bleek te zijn.
- ad b. De kennis die de operator gedurende incidentele bezoeken van stafleden aan de meetkamer heeft opgedaan; niet iedereen heeft daardoor dezelfde achtergrondkennis over bepaalde zaken.
- ad c. De specifieke kennis betreffende het proces die de operator zichzelf in de loop van de tijd aan de post heeft eigen gemaakt. Aan de hand van een eigen mentaal procesbeeld heeft hij inzicht verkregen in het bewaken en besturen van een bepaald proces, d.w.z. hij heeft onderlinge relaties tussen de procesparameters ontdekt; hij heeft een tactiek ontwikkeld voor het bijsturen; hij kent mogelijke oorzaken van plotseling optredende omstandigheden. Hij zal zich voortdurend de gevolgen van die omstandigheden op het proces realiseren evenals de gevolgen van zijn ingrijpen op het proces. Te oordelen naar de antwoorden op de vraag naar de "critical incidents", geschiedt het ingrijpen vanuit een standaarddenkpatroon (subroutine). Dit zou dan leiden tot een standaardhandelingenpatroon.

De feitelijke proceskennis zou dan ook zijn: het kennen van beslissingsregels, van procedures waarbij de kwaliteit van de uitvoering van de operatortaak ons inziens gelegen is in het feit dat de operator op het juiste moment de juiste subroutine weet te hanteren.

De taak van de operator is zoals vermeld in de inleiding, drieledig:

1. de controle en zonodig, na optreden van een verstoring, het bijsturen van het proces.
2. het minimaliseren van de gevolgen van optredende storingen.
3. (eventueel) het stoppen en het weer opstarten van het proces.

Aan de hand van het beslissingsschema in figuur 3 willen wij ons in dit kader beperken tot enkele opmerkingen betreffende bovengenoemde activiteiten. Wij definiëren hiertoe eerst de volgende begrippen:

STATE : de toestand waarin het totale proces zich bevindt; deze toestand wordt de operator voornamelijk gewaar via de hem ter beschikking staande meters en signaleringen op het paneel in de meetkamer. Hiertoe behoort ook 'de kwaliteit' van het eindproduct, gemakshalve is deze in figuur 3 echter onderscheiden van de STATE.

State : de toestand waarin dat deel van het proces zich bevindt dat relevant is voor het bijsturen van het proces.

Storing: een omstandigheid die het continue proces plotseling doet onderbreken.

SR<sub>i</sub> : een standaarddenkpatroon c.q. -handelingenpatroon (subroutine).

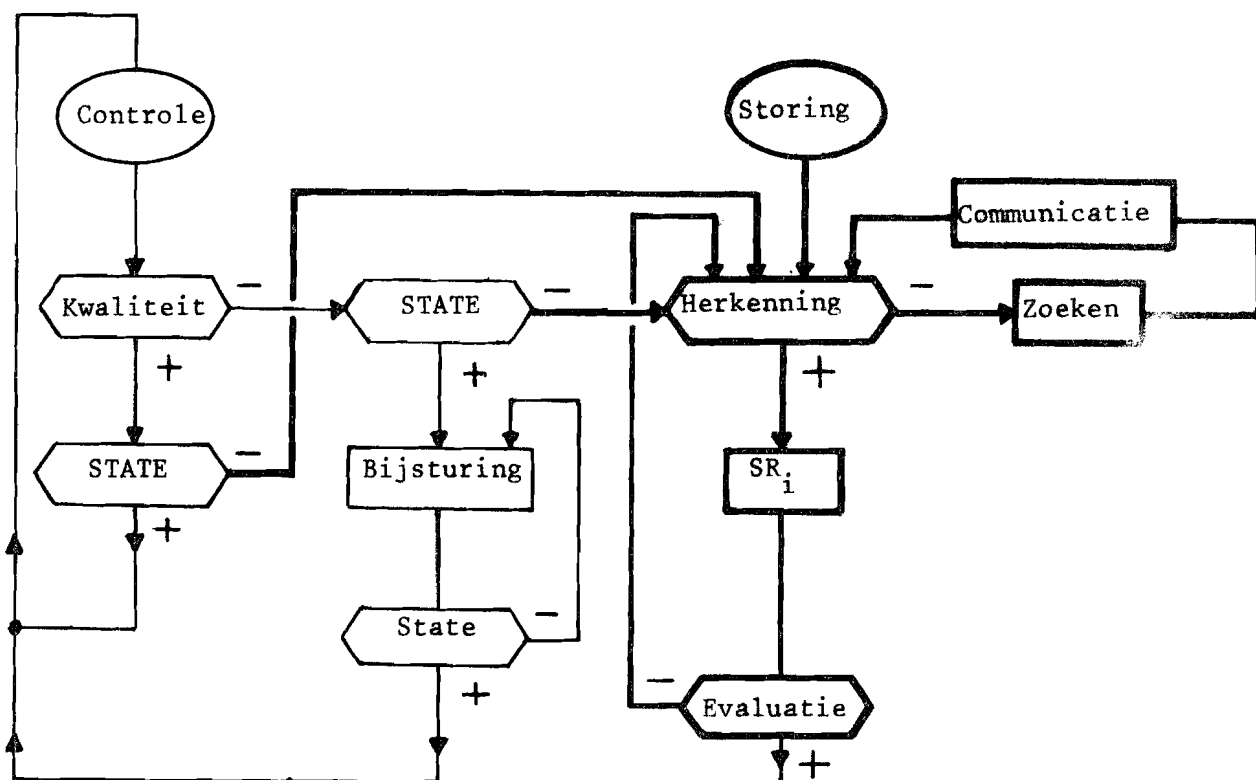


Fig. 3. Beslissingsschema operator.

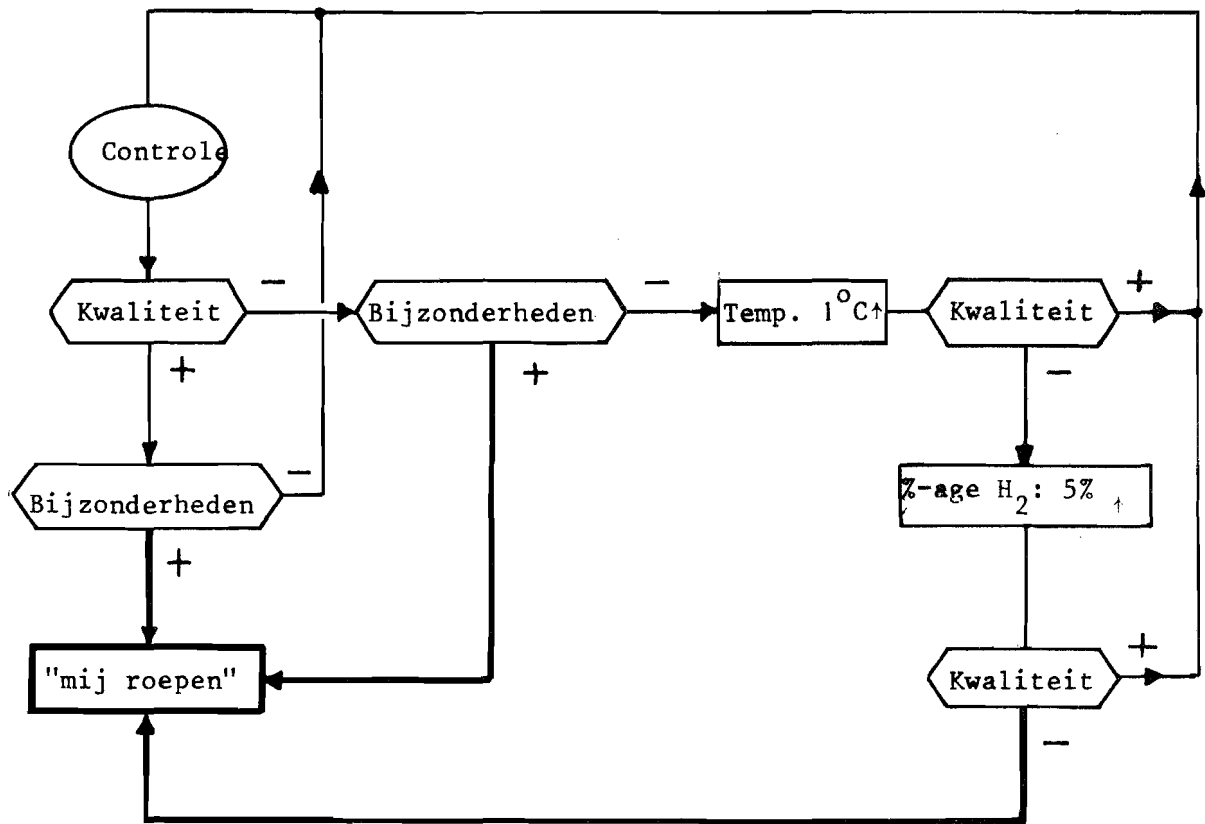


Fig. 4. Beslissingsschema 'leek' (spelsituatie).

3.3.1. Opmerkingen.

De situatie van de operator wordt gekenmerkt door een combinatie van grote verantwoordelijkheid en uiterste monotomie (prikkelarmoede). Het tijdstip van optreden van een storing is onvoorspelbaar en het gedrag dat de operator vertoont bij de controle en het bijsturen van het proces (zie de dun-getekende loops in fig. 3) verschilt sterk van zijn gedrag bij het optreden van een storing (zie de dik-getekende loops in fig. 3). In feite is de situatie van de operator er één waarbij een functionaris met veel kennis van zaken zit te wachten op de infrequente, onvoorspelbare ogenblikken waarop hij die kennis kan toepassen.

Indien de operator een optredende omstandigheid (bv. een storing) niet herkent als gevolg van het feit dat een dergelijke omstandigheid zich

*Handwritten note: 1/20*

*Handwritten mark: !*

nog nooit heeft voorgedaan of althans niet aan hem (beperkte ervaring), dan zal hij in dat geval gaan zoeken, waarbij hij in de regel een beroep zal doen op zijn collega's van de ploeg (zie fig. 3). Het is in deze situatie dat de ploeg zich kan manifesteren als een functionele eenheid, waarbij opgemerkt zij dat men zich bij een rationalisatie zal moeten realiseren dat met het terugbrengen van het aantal operators per ploeg ook de mogelijkheid tot het uitwisselen van informatie wordt beperkt. Bovendien kan men zich de vraag stellen of naast het registreren van opgetreden storingen (wachtboek), ook niet zal moeten worden vastgelegd hoe men de gevolgen van storingen heeft geminimaliseerd, opdat de operator desgewenst die 'know-how' zou kunnen raadplegen.

Bij de spelsituatie (zie vraag 2 van het interview) was het opvallend dat de operator de activiteit van de "de leek" beperkt wenste te zien tot de controle en zondig tot het bijsturen van het proces (zie de figuren 3 en 4). Tevens viel op, dat de operator het overdragen van de bewaking aan leken wilden beperken tot één persoon. Het bewaken en besturen van een proces door meerdere personen werd afgewezen op grond van het feit dat men elkaar daarbij zou kunnen tegenwerken, omdat het effect van een mogelijke ingreep op andere procesvariabelen als gevolg van looptijden niet altijd direct zichtbaar is. Wat betreft het bijsturen, zou deze leek òf het percentage waterstof òf de temperatuur (of beide) mogen opvoeren. Het meest opvallende in figuur 4 is evenwel het feit dat de operator geroepen wenst te worden zodra er "bijzonderheden" optreden. Immers, stelt hij, de man moet zich wel enige ervaring betreffende het bewaken en besturen hebben eigen gemaakt - een ervaring die niet in korte tijd is over te dragen - alvorens hij überhaupt in staat zal zijn die "bijzonderheden" te kunnen oplossen. De vraag is nu, of operators deze ervaring, die naar zij zelf zeggen "noodzakelijk is om je op de post rustig te voelen", slechts kunnen opdoen door aan de betreffende post een tijdlang mee te lopen.

Wij menen dat nã een inventarisatie van de mogelijk optredende storingen en van de gevolgen daarvan op het proces, met vrucht onderzocht kan worden of bij de opleiding van de operator door middel van simulatie of door introductie van storingen in een lopend proces 's mans ervaring in kortere tijd kan worden vergroot.

Tot slot een tweetal citaten uit de interviews:

Interviewer: "Welke storing vond U het ergste?"

Operator A : "Ik vind geen één storing erg, want je steekt er wat van op".

Operator B : "Ik vind geen één storing erg, want anders zou het een te saaie boel worden".

#### 4. SAMENVATTING.

De twee hier beschreven onderzoeken hebben het inzicht in de mentale vaardigheden waarop de operator in de meet- en regelkamer van een chemisch bedrijf bij het bewaken en besturen van een proces een beroep doet, vergroot.

Verder onderzoek zal noodzakelijk zijn teneinde meer inzicht te verkrijgen in de wijze waarop "een mentaal model", dat wij als hypothetisch construct hebben ingevoerd, tot stand komt en of (c.q. hoe) dat model in de loop van de tijd - ervaring - wordt gewijzigd. Voorts zal het onderzoek gericht moeten zijn op het beantwoorden van vragen als: wie komt voor de functie van operator in aanmerking (selectie); hoe moet de operator voor die functie worden opgeleid (opleiding & training); waarop wordt de operator beoordeeld (functiewaardering); in welke vorm dient de informatie aan de operator te worden gepresenteerd (paneel-ontwerp); en, hoe is de feitelijke kennis van de operator te mobiliseren teneinde in samenspraak met hem te komen tot een aangepaste vorm van procesbewaking en -besturing.

LITERATUUR

- Bainbridge, L. The nature of the mental model in process control. International Symposium on Man-Machine Systems at St. John's College Cambridge. England, 8-12 Sept. 1969.
- Bass, B.H.  
J.A. Vaughan Training in industry. Tavistock, London, 1966.
- Beishon, R.J. An analysis and simulation of an operator's behaviour in controlling continuous baking ovens. In: The simulation of human behaviour. Edited by de Brisson; Dunod, Paris, 1967.
- Crossman, E.R.F.W. Automation and skill. Her Majesty's Stationary Office, London, 1960.
- Crossman, E.R.F.W. Manual control of slow-response systems. International Congress on Human Factors in Electronics, Calif. 1962.
- J.E. Cooke
- Kragt, H. De operator in een chemische procesindustrie als element van het man-machine systeem. N.V. Nederlandse Staatsmijnen/D.S.M. Geleen, 1971. Niet gepubliceerd.
- Landeweerd, J.A. Regelvaardigheid en Ergonomie. N.V. Nederlandse Staatsmijnen/D.S.M. Geleen, 1968. Niet gepubliceerd.
- Montmollin, M. de Les systèmes hommes-machines. Dunod, Paris, 1967.
- Sanders, A.F. De psychologie van de informatieverwerking. Van Loghum Slaterus, Arnhem, 1967.
- Welford, A.T. Fundamentals of Skill. Methuan, London, 1968.