

Interne procesrepresentatie bij leerling-operators

Citation for published version (APA):

Landeweerd, J. A. (1978). *Interne procesrepresentatie bij leerling-operators*. [Dissertatie 1 (Onderzoek TU/e / Promotie TU/e), Industrial Engineering and Innovation Sciences]. Technische Hogeschool Eindhoven.
<https://doi.org/10.6100/IR76454>

DOI:

[10.6100/IR76454](https://doi.org/10.6100/IR76454)

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1978

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

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

INTERNE PROCESREPRESENTATIE
BIJ LEERLING-OPERATORS

J. A. LANDEWEERD

INTERNE PROCESREPRESENTATIE BIJ LEERLING-OPERATORS

INTERNE PROCESREPRESENTATIE BIJ LEERLING-OPERATORS

INTERNAL REPRESENTATION OF A PROCESS BY OPERATOR TRAINEES

(with summary in English)

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor in de technische wetenschappen aan de Technische Hogeschool Eindhoven, op gezag van de rector magnificus, prof.dr. P. van der Leeden, voor een commissie aangewezen door het college van dekanen in het openbaar te verdedigen op vrijdag 13 oktober 1978 te 16.00 uur.

door

JAN ALBERT LANDEWEERD

geboren te Holten

Dit proefschrift is goedgekeurd door:

de eerste promotor: prof.dr. M.J.M. Daniëls

de tweede promotor: prof.dr. P.J.D. Drenth

Aan Riet
Aan mijn ouders

I. INLEIDING	7
II. DE AARD VAN DE PROCESKENNIS	13
2.1. Instructie en prestatie	13
2.1.1. Inleiding	13
2.1.2. Onderzoekingen naar de relatie instructie- prestatie	13
2.1.3. Interne representatie als mogelijke verklaring van de gevonden resultaten	20
2.2. Interne representatie en cognitieve psychologie	22
2.3. Interne representatie en systeemleer	27
2.3.1. De school van Leplat	28
2.3.2. Het besturingsparadigma	29
2.4. Interne representatie van het proces bij operators	32
2.5. Samenvatting	35
III. MODEL EN ORGANISATIE VAN HET ONDERZOEK	37
3.1. Het model van het onderzoek	37
3.2. De situering van het onderzoek	41
3.2.1. De opleiding en de cursisten	41
3.2.2. De simulator	42
3.3. Fasering van het onderzoek	43
3.4. Het verloop van de proeven	46
3.4.1. De standaardinstructie	46
3.4.2. De I.R.-vragenlijsten	47
3.4.3. De proeven	47
3.4.4. Vastleggen biografische en diagnostische ge- gevens	48
IV. BESCHRIJVING VAN DE INSTRUCTIES, PROEVEN EN MEETINSTRU- MENTEN; DE HYPOTHESEN	49
4.1. De standaardinstructies	49
4.1.1. De klassikale standaardinstructie	50
4.1.2. De standaardinstructie aan de simulator	50
4.2. De interne representatie van het proces	51
4.2.1. Het mentaal procesmodel	52
4.2.2. Het mentaal procesbeeld	55
4.2.3. Somscore voor interne representatie	55

	<u>BLZ.</u>
4.3. Prestatiemaat I: storing oplossen aan de simulator	56
4.3.1. Kijk- en actiegedrag	57
4.3.1.1. Methoden van vastleggen van kijk- en actiegedrag	57
4.3.1.2. De procedure bij het hoofdonderzoek	59
4.3.1.3. De maten	61
4.3.1.4. Hypothesen m.b.t. kijk- en actiegedrag	63
4.3.2. De systeemoutput	63
4.3.2.1. Toptemperatuur en refluxverhouding	64
4.3.2.2. Verloop hoeveelheid bodemproduct	65
4.3.2.3. Hypothese m.b.t. systeemoutput	65
4.4. Prestatiemaat II: storingsdiagnose bij de proef "meters vragen"	65
4.4.1. Voorgaand onderzoek	66
4.4.2. De proefopstelling	67
4.4.3. Het afnemen van de proef	68
4.4.4. Hypothesen m.b.t. de proef "meters vragen"	69
4.5. Prestatiemaat III: de proef "belangrijkheidsoordeel meters"	69
4.5.1. Voorgaand onderzoek	70
4.5.2. Procedure bij de proef "belangrijkheidsoordeel meters"	71
4.5.3. De norm	73
4.5.4. Hypothese m.b.t. belangrijkheidsoordeel	73
4.6. Prestatiemaat IV: Examenuitslag OCT	73
4.6.1. Het VAPRO-examen	73
4.6.2. Hypothese m.b.t. de examenuitslag	73
4.7. Modererende factoren	74
4.8. De achtergrondfactoren intelligentie en opleiding	75
4.9. Vooronderzoek	76
4.10. Samenvatting	77
V. RESULTATEN	79
5.1. Inleiding	79
5.2. Intercorrelaties IR-maten	80
5.3. Intercorrelaties der prestatie-maten	81
5.4. De relaties tussen IR en de diverse prestatie-maten	82
5.4.1. De simulatorproef	82

	<u>BLZ.</u>
5.4.2. De proef "meters vragen"	88
5.4.3. De proef "belangrijkheidsoordeel meters"	91
5.4.4. De OCT-examens	93
5.4.5. Samenvatting m.b.t. relaties tussen IR en prestatiematen	95
5.5. Modererende variabelen	96
5.6. Achtergrondfactoren en IR	99
5.6.1. Intelligentie	100
5.6.2. Vorderingen OCT	101
5.6.3. Vooropleiding	104
5.6.4. Stage-ervaring	104
5.7. Toetsing van het alternatieve model	105
5.8. Enkele additionele resultaten	106
5.8.1. Nadere analyses kijkgedrag	106
5.8.2. Belangrijkheidsoordelen in relatie tot kijk- en actiegedrag	110
 VI. DISCUSSIE EN CONCLUSIES	 115
6.1. De maten voor interne procesrepresentatie	115
6.1.1. Opmerkingen over begripsvaliditeit	115
6.1.2. Beeld en model	117
6.2. Interne procesrepresentatie en prestatie	119
6.3. Aanbevelingen voor opleiding	122
6.4. Aanbevelingen voor selectie	125
6.5. Aanbevelingen voor het ontwerp van informatiesystemen	127
6.6. Open vragen	128
 SAMENVATTING	 131
 SUMMARY	 134
 LITERATUURLIJST	 137
 BIJLAGEN	 143
Bijlage 1. Klassikale standaardinstructie	144
Bijlage 2. De oefening "memoriseren plaats paneelinstrumenten"	146
Bijlage 3. Standaardinstructie aan de simulator	147

Bijlage 4. Vragenlijst mentaal model A	149
Bijlage 5. Item-analytische berekeningen mmA en mmB	156
Bijlage 6. Vragenlijst "mentaal model B"	158
Bijlage 7A. Instructie mentaal beeld	160
Bijlage 7B. Voorbeelden van twee tekeningen	161
Bijlage 7C. Scoringswijze "mentaal beeld"	163
Bijlage 8A. Instructie "updaten" bij de simulatorproef	166
Bijlage 8B. Instructie "storing oplossen" bij de simulatorproef	167
Bijlage 9. Kijk- en actiegedrag: te scoren mogelijkheden	168
Bijlage 10. Scoringswijze verloop hoeveelheid bodemproduct	169
Bijlage 11. Beschrijving van de storingen bij "meters vragen"	170
Bijlage 12. Goede strategieën bij de proef "meters vragen"	172
Bijlage 13. Instructie proef "meters vragen"	175
Bijlage 14. Instructie belangrijkheidsoordeel	177
Bijlage 15. Vastlegging norm bij belangrijkheidsoordeel	180
Bijlage 16. Vooropleiding	182
Bijlage 17. Correlaties tussen de prestatiematen	183
Bijlage 18. Gemiddeldes, spreidingen en frequentieverdelingen van de belangrijkste variabelen	184
Bijlage 19. Multipele correlaties der drie IR-maten met de diverse prestatie-maten	197

I. I N L E I D I N G

Het werk dat door mensen wordt gedaan, zowel in industriële- als niet-industriële organisaties, is aan verandering onderhevig. Vooral de laatste jaren is een tendens te bespeuren naar vermindering van zwaar lichamelijk werk. Steeds meer taken doen een beroep op de mentale eigenschappen van de mens. De verantwoordelijkheid die wordt gedragen in de uitoefening van dergelijke taken neemt toe: vaak heeft men de zorg voor dure installaties en foutieve bediening kan ver-reikende gevolgen hebben voor mens en milieu. Het ontwerpen van die taken en het voorbereiden van mensen op de uitvoering ervan is dan ook van grote maatschappelijke betekenis.

Wij noemen enkele voorbeelden van deze ontwikkeling:

De treinverkeersleider bedient de wissels van sporen niet meer met handkracht, maar centraal aan een bedieningspaneel; daarbij is gewoonlijk zelfs het directe visuele contact met het spoor verbroken. De bedieningsvakman in de procesindustrie draait afsluiters niet langer met de hand open en dicht, maar bevindt zich nu in een centrale meet- en regelkamer; van daaruit superviseert hij het verloop van het proces. De draaiër aan een conventionele draaibank wordt bij een numeriek bestuurd draaibank programmeur, gereedschapsteller en/ of "operator" (zie van Leusden, 1970).

Deze verandering in taakinhoud betekent, dat de relatie tussen mens en proces steeds meer *indirect* wordt. Het selecteren van relevante informatie over het proces, het verwerken hiervan en het nemen van beslissingen over al dan niet ingrijpen worden taakaspecten van steeds grotere betekenis. Meer inzicht in de wijze waarop de mens in dit soort taaksituaties werkt en de determinanten ervan zijn van groot belang.

In het hier beschreven onderzoek is de centrale vraag in welke mate er verband is tussen de wijze waarop een chemisch proces *intern* bij leerling-operators is *gerepresenteerd* en de prestaties die zij op een aantal proeven met betrekking tot procesregeling leveren.

Wij verstaan onder *de interne representatie van een proces* de wijze waarop dit proces in het lange termijn geheugen is afgebeeld; het begrip "representatie" is te prefereren boven "afbeelding", daar deze laatste term te zeer met een visuele voorstelling wordt geassocieerd.

Ook de term "intern procesmodel", zoals bv. door Stassen (1976) en Veldhuyzen (1976) gehanteerd, lijkt ons minder goed in dit verband, daar zij nogal exclusief aan dynamica van het proces, c.q. een wiskundige weergave daarvan refereren. Wij gaan in hoofdstuk 2 (met name par. 2.2.) uitgebreider op deze begrippen in.

Inzicht in relaties tussen interne representatie en het regelgedrag van operators kan tot het oplossen van praktijkproblemen bijdragen. Wij noemen een tweetal gebieden:

1. *Selectie en opleiding*

De vraagstellingen in dit onderzoek ontstonden als gevolg van een aantal problemen met betrekking tot de opleiding van procesoperators; echter ook ten aanzien van selectie zijn er verbanden te leggen. Selectie- en opleidingsprogramma's dienen gebaseerd te zijn op een gedegen analyse van taken en vaardigheden. Juist echter bij mentale vaardigheden zoals het interpreteren en verwerken van informatie en het nemen van beslissingen over al of niet en wijze van ingrijpen is de analyse zeer moeilijk: de betreffende processen zijn niet voor directe observatie toegankelijk. Dit klemt te meer daar een belangrijke vraag bij het ontwerp van opleidingen voor operators betrekking heeft op de wijze waarop de kennis over de structuur en het functioneren van het proces intern wordt gerepresenteerd. Verondersteld wordt dat mensen wat betreft deze interne procesrepresentatie onderling verschillen; dat bepaalde persoonsfactoren met de kwaliteit van deze interne procesrepresentatie verband houden (men denke bv. aan intelligentie-aspecten); dat de interne procesrepresentatie via leerprocessen ontstaat; en tenslotte: dat de kwaliteit van de representatie verband houdt met prestatie-aspecten van het regelen van processen. Een aantal van deze veronderstellingen willen wij in het onderhavige onderzoek nader analyseren.

2. *Ontwerp van mens-machine raakvlakken ("interfaces")*

Juist de laatste jaren zijn aan de technische kant de mogelijkheden van informatie-presentatie aan de mens en het ontwerp van bedie-

ningsmiddelen sterk vergroot. De opkomst van beeldschermen bv. verhoogde de flexibiliteit bij het ontwerp.

Een belangrijke vraagstelling is: welke informatie dient mensen (rekening houdend met hun onderlinge verschillen) bij verschillende omstandigheden (normaal bedrijf, storingen) gepresenteerd te worden en ook: op welke wijze dient dat te gebeuren?

Wederom is inzicht in de manier waarop informatie wordt geselecteerd en verwerkt nuttig voor het beantwoorden van deze vraagstelling. Zo is inzicht in de wijze waarop ervaren operators onder verschillende procescondities de informatiebronnen (displays) bekijken van belang voor het ontwerp van informatiesystemen. Dit geldt ook voor hun opvatting over de belangrijkheid van de verschillende informatiebronnen onder de gegeven condities.

In hoofdstuk 2 worden een aantal onderzoeken naar de relatie tussen instructiewijze en het regelen van een proces behandeld die verwijzen naar de vraagstellingen van het huidige onderzoek. Wij beginnen daarbij met het onderzoek van Crossman en Cooke (1962; zie ook 1974); vervolgens ons eigen onderzoek uit 1968 (Landeweerd, 1968; zie ook Kragt en Landeweerd, 1973 en 1974); daarna dat van Brigham en Laios (Brigham en Laios, 1975) en tenslotte de doctoraalscriptie van Seegers (Seegers, 1977).

Daarna vermelden wij een aantal onderzoeken en theoretische overwegingen die betrekking hebben op veronderstellingen over de wijze waarop kennis over het proces wordt opgeslagen c.q. gebruikt door mensen die processen regelen (wij gebruiken hiervoor in het vervolg de term: operators). Daarbij komen begrippen uit de cognitieve psychologie en de systeemleer aan de orde. Tenslotte volgt een discussie over de begrippen interne representatie en proceskennis.

In hoofdstuk 3 wordt het onderzoeksmodel geïntroduceerd. Centraal staat daarin het begrip "*interne procesrepresentatie*" (in het vervolg korten wij dit af als "IR"). Een aantal hypothesen wordt geformuleerd met betrekking tot de relatie tussen de kwaliteit van de IR en de prestatie op een aantal proeven die aspecten van het regelen van processen bedoelen te operationaliseren; enkele andere hypothesen hebben betrekking op het verband tussen een aantal achtergrondfactoren zoals

intelligentie, vooropleiding en ervaring enerzijds en de kwaliteit van de IR anderzijds. Voorts wordt onderzocht in hoeverre een aantal persoonsfactoren modererend werkt op de relatie tussen IR en prestatie.

Daarna volgt een beschrijving van de onderzoekssituatie, met name de structuur van de opleiding tot procesoperator op het OCT (Opleidings-centrum Technologie) van de DSM Geleen, alwaar het onderzoek plaatsvond en de pneumatische processimulator waarop het merendeel der instructies en proeven betrekking had. Tenslotte wordt in dit hoofdstuk de onderzoeksopzet en -fasering kort beschreven.

In hoofdstuk 4 wordt de ontwikkeling van de instructies, proeven en meetinstrumenten behandeld, alsmede de hypothesen. De ontwikkeling van een uitgebreide standaardinstructie die de ppn. werd aangeboden wordt eerst beschreven. Vervolgens wordt de ontwikkeling van de meetinstrumenten voor de kwaliteit van de interne procesrepresentatie behandeld. Daarna wordt ingegaan op de te meten prestatie-aspecten bij het regelen van processen.

In hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd en besproken. Wij geven eerst enkele resultaten met betrekking tot de IR-vragenlijsten, dan de intercorrelaties tussen de prestatie-maten. Daarna volgen de resultaten met betrekking tot de veronderstelde relatie tussen de kwaliteit van de IR en de prestatie op de verschillende proeven, evenals de invloed van eventuele modererende variabelen. Dan komen de resultaten aan de orde met betrekking tot het verband tussen de zgn. achtergrondfactoren (intelligentie, vorderingen op het OCT, vooropleiding en stage-ervaring) en de kwaliteit van de IR. Tenslotte wordt nagegaan of de relatie tussen IR en prestatie standhoudt indien intelligentie en OCT-vorderingen via partiële correlatie-rekening constant worden gehouden.

In hoofdstuk 6 wordt allereerst de wijze waarop het IR-begrip is geconceptualiseerd en geoperationaliseerd nader beschouwd in het licht van de gevonden resultaten. Deze analyse werpt meer licht op de begripsvaliditeit van de meetinstrumenten voor IR. Daarna worden de resultaten met betrekking tot de relatie IR-prestatie samengevat. Tenslotte worden enkele consequenties besproken voor het opleiden

en selecteren van operators, alsmede voor het ontwerp van informatie-systemen.

II. DE AARD VAN DE PROCESKENNIS

2.1. *Instructie en prestatie*

2.1.1. *Inleiding*

Opleidingen tot procesoperator vallen te onderscheiden in algemene en specifieke operator-opleidingen. Algemene opleidingen zijn niet gericht op een bepaald proces, maar op het bijbrengen van algemene kennis en vaardigheid. Specifieke opleidingen zijn juist op een bepaald proces gericht. Daarmee komt reeds een eerste probleem op: verdient een brede, algemene opleiding van operators de voorkeur, of dienen opleidingen specialistisch te zijn?

Ook rijzen vragen over de afweging van theorie en praktijk. Opleiders en instructeurs worstelen met de vraag, hoeveel en welk type kennis men de leerling-operator over het proces en/of het regelen ervan dient aan te bieden. Bovendien vraagt men zich af op welke wijze men de kennis het best kan aanbieden. Vaak wordt verondersteld, dat men eerst de "theorie" moet leren in een meer of minder geformaliseerde opleidings situatie en dat men die vervolgens in de praktijk dient toe te passen. Gewoonlijk zorgt men ervoor niet te weinig informatie over te dragen; daarom wordt over fysische en chemische details diepgaand gesproken. In de praktijk blijken juist deze onderdelen van de opleiding veel leerlingen grote problemen te geven. Ook is er wel twijfel aan het belang van dit soort kennis voor het goed uitvoeren van de taken die hem wachten.

Er zijn enkele onderzoekingen die op het bovenstaande probleem enig licht werpen. Wij gaan daarop wat uitvoerig in, daar zij de aanleiding vormen tot het centrale thema van dit onderzoek.

2.1.2. *Onderzoekingen naar de relatie instructie-prestatie*

Crossman en Cooke (1962; zie ook 1974) rapporteren als onderdeel van een breder onderzoeksproject over het effect van verschillende instructiewijzen. Zij hadden een laboratoriumtaak ontworpen die volgens hen een groot aantal kenmerken bezat die men ook aantreft in typische industriële situaties van procesregeling.

Een bak met water werd verwarmd d.m.v. een verhitte waarvan de

stroomtoevoer tussen 0 en 200 volt was te regelen. De watertemperatuur werd gemeten met behulp van een gewone kwikthermometer. De ppn. werd gevraagd de temperatuur van een vast uitgangspunt (70°C) naar een gewenste waarde (85°C) te brengen en haar gedurende een bepaalde periode daar te houden. Temperatuur en voltage werden continu geregistreerd op een schrijver (die onzichtbaar was voor de pp.). Er waren situaties van verschillende moeilijkheidsgraad gecreëerd. Zij onderzochten met name de invloed van twee factoren op de prestatie: ervaring en instructie.

Ten aanzien van *ervaring* concludeerden zij, dat overdracht van ervaring met een moeilijkere versie naar een gemakkelijke waarschijnlijk beter is dan omgekeerd (dat ligt ook in de rede). Bovendien meenden zij, dat de ingreepfrequentie (voltage-instellingen) en observatiefrequentie (kijken naar de thermometer) per tijdseenheid gebruikt kunnen worden als indicaties van regelvaardigheid, met name als de regelprestatie (uitgedrukt als gemiddelde absolute afwijking van de doelwaarde) toch al goed is.

Ten aanzien van *instructie* concludeerden zij, na vergelijking van het effect van verschillende typen instructie op de regelprestatie, dat ppn. die inzicht in chemie en fysica van warmte-overdracht was bijgebracht slechter regelden dan ppn. aan wie eenvoudig gezegd was welke volt-waarden waarschijnlijk tot verschillende temperaturen leidden en hoeveel vertraging men ongeveer had te verwachten. Helaas gaven zij met betrekking tot dit effect geen data. Ook gingen zij niet na of de instructie begrepen was door de ppn.

Landeweerd (1968, 1971; zie ook Kragt en Landeweerd, 1973 en 1974) onderzocht wat uitgebreider het effect van omvang van instructie. Twee groepen ppn. werden verschillend geïnstrueerd met betrekking tot de structurele- en fysische achtergronden van het proces.

Een groep, met procesinformatie (MP, $n=15$), kreeg uitgebreid informatie over het proces aan de hand van proces- en bedieningsschema's benevens inspectie van de werking van de proefopstelling (een proces met ingebouwde vertraging waarbij de temperatuur van een luchtstroom moest worden geregeld). Een andere groep, zonder procesinformatie (ZP, $n=16$), kreeg deze informatie niet; hun werd alleen verteld dat men om de temperatuur van de luchtstroom te regelen aan een bepaalde knop moest draaien.

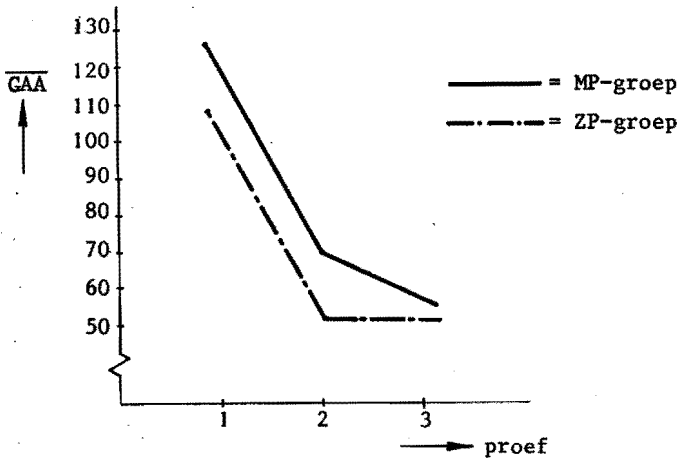
Het prestatie criterium werd gedefinieerd als de gemiddelde absolute afwijking (GAA) van de door de pp. geregelde temperatuur t.o.v. de gewenste temperatuur (120°C) over een proef (duur van een proef: 10 minuten).

$$GAA = \int_0^{10} |e_t| dt.$$

De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.1. en fig. 2.1.

Tabel 2.1. Resultaten van het experiment; \overline{GAA}

	proef 1		proef 2		proef 3		totaal
Z.P.-groep (n=16)	107,63] n.s.	51,31] n.s.	51,19] n.s.	74,71
M.P.-groep (n=15)	125,20		69,20		57,13		83,84



Figuur 2.1. Gemiddelde criteriumscores van de groepen over 3 proeven van tien minuten.

De ZP-groep levert systematisch betere prestaties, maar de verschillen zijn statistisch niet significant (Mann-Whitney U-toets, twee-

zijdig, $\alpha=.05$).

Het blijkt dus niet, dat de groep *met* procesinformatie een betere regelprestatie levert dan de groep *zonder* procesinformatie. Eerder is, hoewel niet statistisch significant, het tegendeel het geval. Uit verbale protocollen, die naar aanleiding van de vraag hardop te denken werden vastgelegd, zou kunnen blijken dat de mogelijk slechtere prestaties van de groep *met* procesinformatie te wijten zijn aan het feit dat de details uit de instructie te complex waren om goed te worden verwerkt. Sommige proefpersonen spreken namelijk aanvankelijk in termen van kleppen die geopend of gesloten worden, de hoeveelheid toegevoerde koude lucht etc.; later echter over wijzers die meer of minder naar boven of naar beneden gaan. De resultaten zouden verklaard kunnen worden door het begrip "mentaal model van het proces" te postulieren. De genoemde ppn. leerden het proces dan te regelen in termen van een minder complex mentaal model dan oorspronkelijk aan hen was aangeboden.

In Kragt en Landeweerd (1973 en 1974) wordt in dit verband gesproken van een routine-model, dat operators zouden hanteren in situaties waar een zeer beperkte kennis over het proces kennelijk voldoende is. Meer dan deze minimale kennis zou (afgezien van het feit dat het meer tijd kost ze over te dragen), niet van belang zijn voor het regelen in dergelijke situaties. Het zou, gezien de resultaten, zelfs de taakuitvoering negatief kunnen beïnvloeden.

Brigham en Laios (1975) deden een poging enkele nadelen van bovengenoemde onderzoekingen op te heffen. Zij maakten gebruik van een meer complexe proefopstelling met drie overlopende waterbakken (de zgn. "leaky cans plant"). Zij onderzochten het effect van vier onafhankelijke variabelen:

- *Intermediate information* (II). Men meende, dat informatie over de toestand van "intermediërende" variabelen (tussen ingreep van de pp. en output van het systeem) voor de pp. van nut kon zijn. Deze informatie kon de pp. verkrijgen, doordat de waterbakken (van glazen cilindres), de verbindingen tussen de bakken en het water (bv. de hoogte ervan in de bakken) kon worden gezien. In de conditie dat er geen intermediërende informatie werd gegeven, waren deze infor-

matiebronnen afgedekt en waren alleen de bedieningsknop en de wijzers die de instelling van de bedieningsknop en de output van de "fabriek" aangaven, zichtbaar.

- *Structure and dynamics* (SD). Hiermee wordt bedoeld informatie over de componenten, verbindingen en relaties in het systeem. Het verschil met de vorige conditie ligt met name in het *expliciet* maken van deze informatie, vóórdat men begon met regelen.
- *Time-history* (TH). Hieronder wordt verstaan informatie over het verloop van ingrepen en output door middel van een schrijvende meter. De alternatieve vorm was de schrijver te bedekken, zodat alleen de actuele waarden van de input naar- en output van het te regelen systeem beschikbaar waren.
- *Automatic controller* (AC). Deze variabele hield in, dat men ppn. de wijze van regelen door een automatische regelaar liet zien, voordat zij zelf gingen regelen. Bovendien analyseerde men met de pp. de door de schrijvers vastgelegde acties van de automatische regelaar.

Zo had men vier factoren, elk met twee niveau's nl. aanwezig of niet.

De opdracht voor de ppn. was de output (waterniveau in derde bak) van een bepaalde waarde zo snel en precies mogelijk naar een andere te brengen en deze daar te houden (zes proeven). De data werden geanalyseerd in termen van twee experimentele opzetten, die resp. betrekking hadden op factoriële combinaties van IIxSDxTH (alle zonder AC) en IIxSDxAC (alle zonder TH), met "proeven" als een verdere tussenpersonen factor in elk van de beide gevallen.

De belangrijkste resultaten van een variantie-analyse waren als volgt:

- In de eerste opzet, waarin II, SD en TH waren opgenomen was alleen het hoofdeffect van II significant (5% niveau). Het bleek, dat het bezitten van "intermediate information" de foutenscore vrijwel halveert.
- Er is een gering, maar niet-significant effect als gevolg van SD.
- Met betrekking tot de tweede opzet waarin II, SD en AC waren opgenomen, bleken geen significante hoofdeffecten te worden gevonden (het hoofdeffect II was echter bijna significant).
- Met betrekking tot de ingreepscore als afhankelijke variabele (ge-

middelste absolute afwijking tussen waarde van de ingreepknop en de waarde die deze aannam bij de gewenste output) werden geen significante effecten gevonden, hoewel bij II het effect groot was.

De belangrijkste conclusie uit het onderzoek lijkt, dat informatie over gebeurtenissen tussen ingreep en output, vooral indien ook nog gepaard met structurele- en dynamische informatie vooraf, bij het regelen van een betrekkelijk complex traag-reagerend systeem een positief effect op de prestatie heeft. Dit is in tegenstelling met de bevindingen van Crossman en Cooke en Landeweerd. De verklaring hiervoor ligt mogelijk in de complexiteit van het te regelen proces. Wellicht geldt voor routine-situaties en bij eenvoudige processen dat zulke informatie van minder belang is en wellicht zelfs nadelig werkt.

Brigham en Laios voeren als belangrijke reden voor de positieve invloed van II en SD aan, dat dit de ppn. in staat stelt een predictief model van het proces op te bouwen. Op grond van II en SD zijn zij in staat de output van het derde vat te voorspellen en op die voorspelde output actie te ondernemen.

Seegers (1977)* verrichtte onderzoek aan een processimulator: deze betreft een nog complexer proces dan door Brigham en Laios gebruikt. Bovendien is het een simulatie van een in de praktijk bestaand destillatieproces. Voor nadere gegevens over deze simulator verwijzen wij naar Verhagen (1976, 1977). Er werden drie onafhankelijke variabelen onderzocht:

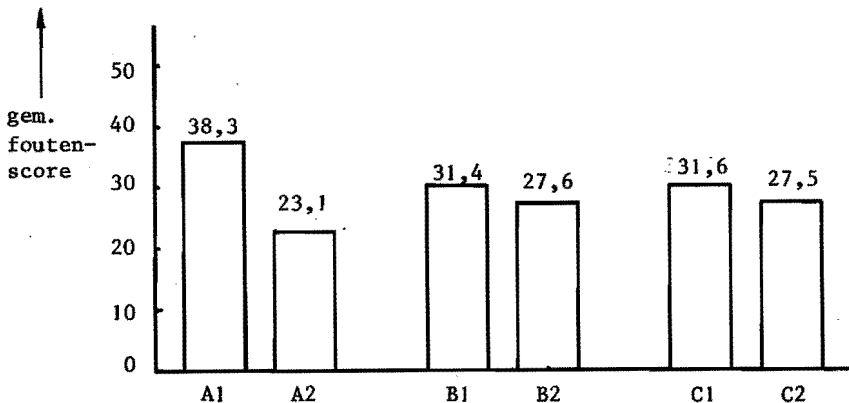
1. *Instructie*. Twee condities werden onderscheiden, nl.: één (A1) waarbij slechts informatie werd gegeven over richting, hoeveelheid en interactie van de verschillende regelvariabelen (dus geen enkele informatie over het proces zelf) en één (A2), waarbij naast deze regelinformatie ook nog informatie over het proces zelf werd gegeven (procesinformatie). De eerstgenoemde instructie werd via een videoband gegeven, waarop een "pp" voor het paneel de wijze van regelen "voor deed"; vervolgens werden met een "regelschema" nog eens de belangrijkste punten doorgenomen.

*Het onderzoek van Seegers werd gedaan in het kader van een stage bij de afdeling Bedrijfskunde aan de Technische Hogeschool Eindhoven.

De procesinformatie werd aangeboden via een geprogrammeerde instructie over het destilleren in theorie en praktijk en over het aflezen van de paneelometers.

2. *Opleiding.* Ook hier twee condities, nl. een groep leerlingen van een lager praktisch-technisch gerichte opleiding (de Philips Bedrijfsschool; conditie B1) en een groep leerlingen uit de hoogste klassen V.W.O. met een uitgebreid B-pakket (conditie B2).
3. *Visueel voorstellingsvermogen.* Seegers operationaliseerde deze factor door de V.V.I.Q. (Vividness of Visual Imagery Questionnaire) van Marks (1973) te vertalen. Deze L.V.V.V. (Levendigheid van Visuele Voorstellingen Vragenlijst) was het instrument om een groep die hierop hoog scoorde (C1) en een groep die hierop laag scoorde (C2) te vormen.

De afhankelijke variabele die hier van belang is betref de *regelprestatie*; dit was een gewogen som van de afwijkingsintegraal van de waarden van top- en bodemconcentratie ten opzichte van een normwaarde. Enkele resultaten (zie ook fig. 2.2.):



Figuur 2.2. De gemiddelde foutenscore per variabele (n=16).

1. Proefpersonen die naast regelinformatie ook nog procesinformatie kregen leverden significant betere prestaties ($\alpha=.05$) dan proefpersonen die alleen regelinformatie kregen.
2. In tegenstelling tot de aanvankelijke verwachting bleken ppn. met een hogere score op de L.V.V.V. een tendens te vertonen slechter te regelen dan ppn. met een lagere score.

3. Er bestond een tendens, dat ppn. met een hogere technisch gerichte opleiding (VWO-B) betere resultaten boekten dan ppn. met een lagere technisch gerichte opleiding (Philips Bedrijfsschool).

2.1.3. *Interne representatie als mogelijke verklaring van de gevonden resultaten*

In de verklaring van de bevindingen bij de diverse auteurs treffen wij veelvuldig begrippen aan als "mentaal model", "predictief model" en "interne procesrepresentatie".

Zo veronderstelde Crossman (1960) reeds, dat operators van het door hen geregelde proces een "intern beeld" zouden hebben. Wanneer Crossman het beslissen als belangrijkste aspect van regelvaardigheid ("control skill") noemt, vermeldt hij ook dat een operator dit op een drietal manieren kan doen:

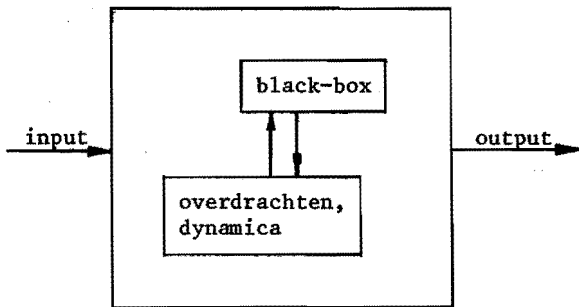
1. Hij kan gebruik maken van eenvoudige algoritmes die hij uit ervaring, desnoods via trial-and-error, maar waarschijnlijk via eenvoudige vuistregel-instructie, heeft verkregen.
2. Hij kan rationeel gebruik maken van een "conceptueel model" van de fabriek.
3. Hij kan gebruik maken van een intuïtief "gevoel" voor het proces, ontstaan ook door ervaring (Crossman noemt dit een "mental model or idea of the process").

Crossman maakt echter niet erg duidelijk wat het verschil is tussen een conceptueel en een mentaal model. De grens tussen het tweede en derde geval is wel zeer vaag.

Landeweerd (1968) verklaarde zijn resultaten door aan te nemen dat de proefpersonen een mentaal model van het te regelen proces verwierpen (op grond van de instructie en bij het regelen zelf: de ervaring). Met name zouden de ppn. met procesinformatie langzamerhand leren regelen in termen van een eenvoudiger mentaal model dan hun in de instructie was aangeboden. De aanvankelijk slechtere prestatie van de groep met procesinformatie zou dan gedeeltelijk te wijten zijn aan de extra-inspanning die zij zich hebben moeten getroosten om de overbodige informatie te onderdrukken en een eenvoudiger model op te bouwen (iets, dat de ZP-groep al van het begin af aan in de instructie meekreeg).

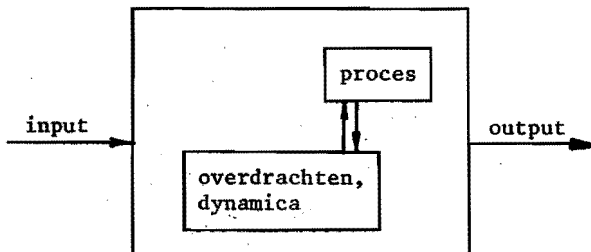
Brigham en Laios namen aan, dat de ppn. die informatie over de fabriek (vooraf: verbaal en met schema's; tijdens het regelen: in de fabriek zelf) kregen daardoor in staat waren een predictief model (zij spreken van een "anticipatory model") van het proces op te bouwen. Daardoor konden zij tot betere regelprestaties komen. Seegers verklaarde een aantal van zijn bevindingen door in analogie met Kragt en Landeweerd (1973 en 1974) te wijzen op twee vormen van informatie die tot een goede interne procesrepresentatie zouden leiden, nl.:

1. *Type-I informatie*: informatie over de drie belangrijkste taakvariabelen "richting", "hoeveelheid" en "interactie" (regel informatie). Deze informatie bevat alleen input-output relaties, overdrachten en dynamische aspecten van het proces. Het proces zelf blijft een black-box (zie fig. 2.3.).



Figuur 2.3. Type-I informatie.

2. *Type-II informatie*: deze bevat naast type-I informatie ook nog informatie over het te regelen proces zelf: de black-box wordt ingevuld (regel- en procesinformatie), zie fig. 2.4.



Figuur 2.4. Type-II informatie

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de wijze waarop operators zich mogelijk een voorstelling vormen van een proces. Wij bespreken daarbij eerst de gezichtspunten die vanuit de cognitieve psychologie tot deze vraagstelling kunnen bijdragen. Daarna gaan wij na wat de systeemleer ons in dit opzicht te bieden heeft. Tenslotte spitsen wij ons betoog toe op de taaksituatie van operators en gaan wij ook na wat de plaats van het begrip "proceskennis" is.

2.2. *Interne representatie en cognitieve psychologie*

Zowel op theoretisch als op praktisch vlak is de laatste jaren een hernieuwde belangstelling te bespeuren voor "mentalistiche" begrippen, voor cognitieve processen, voor denken en probleemoplossen. Het begrip "cognitie" (als vertaling van het Engelse "cognition") heeft betrekking op alle processen waardoor wat via onze zintuigen binnenkomt getransformeerd, gereduceerd, verwerkt, opgeslagen, tevoorschijn gehaald en gebruikt wordt (Neisser, 1967).

Cognitieve psychologen zijn geïnteresseerd in een breed onderzoeksgebied, nl. hoe mensen kennis vergaren, representeren, herinneren en gebruiken (Norman en Rumelhart, 1975). Zij willen meer te weten komen over de representatie van informatie in het menselijk geheugen. Belangrijk in het kader van ons thema is vooral na te gaan waar de cognitieve psychologie ons kan helpen de gedachten rond de interne procesrepresentatie te oriënteren en te structureren. Nagegaan wordt hoe door cognitieve psychologen wordt gedacht over de wijze waarop wij (aspecten van) de buitenwereld intern representeren; vervolgens wordt getracht hun concepten toe te passen op de operator-proces-situatie.

Het is in de geschiedenis van de psychologie niet steeds en overall geaccepteerd, dat men zich bezighield met cognitieve structuren en processen. Na het werk van de Würzburger school (Mayer en Orth, 1901; Ach, 1905; Messer, 1906) die aantoonde dat bepaalde onderdelen van onze denkprocessen een niet-sensorisch karakter hadden, raakte het spreken over mentale processen, -beelden en -voorstellingen in diskrediet (een uitzondering vormt de Gestalt school, bv. Köhler, 1929, Duncker, 1935). Vooral onder invloed van het behaviorisme werden "mentalistiche" begrippen uit de wetenschappelijke psychologie

verbannen.

Wij zien echter de laatste jaren een hernieuwde belangstelling voor het menselijk leren, denken en probleemoplossen vanuit intermediaire processen. Waarom bestudeert men (weer) cognitieve processen?

Neisser (1976) vat de argumenten ervoor als volgt samen:

..."The basic reason for studying cognitive processes has become as clear as the reason for studying anything else: because they are there. Our knowledge of the world must be somehow developed from the stimulus input Cognitive processes surely exist, so it can hardly be unscientific to study them"...

Men vindt gewoonlijk ook geen verantwoording voor het bestaan van, of het zich bezighouden met cognitieve processen. Zo begint Janssen zijn dissertatie (1976) als volgt:

... "In his dealings with the outer world man makes use of internal representational structures. These have the function of permitting him to evaluate the outcome of an intended act without actually having to perform it. To understand behavior, therefore, it is important to know what the nature of internal representation is"... Ook vanuit praktische vraagstellingen, zoals die rondom het functioneren van mensen in geautomatiseerde productiesystemen, ontstond deze belangstelling. Immers steeds meer verrichten mensen mentaal werk. Problemen met betrekking tot het verkrijgen van inzicht in mentaal werk heeft men wel trachten te ontlopen door zich bezig te houden met de resultaten van dat werk, d.w.z. de productie (Leplat en Pailhaus, 1971). Maar er vindt een toename plaats van werk waarbij de resultaten van de activiteiten van operators pas na lange tijd waarneembaar zijn. Zelfs dan is het niet altijd goed mogelijk het resultaat te herleiden tot de activiteiten van de mens. Vaak ziet men gedurende lange tijd geen waarneembare acties van de operator. Toch wil dat niet zeggen dat niet gewerkt wordt; het werk is echter vooral mentaal van aard.

Hoe moeten wij ons voorstellen, dat interne representaties (IR's) van de buitenwereld tot stand komen en worden gebruikt?

De opvatting in de huidige cognitieve psychologie is ongeveer als volgt te omschrijven:

Voor een goed begrip van het menselijk gedrag is het niet voldoende de relaties tussen stimuli (input, situatie, omgeving) en responses (output, gedrag, reacties) te specificeren.

Met name is het nodig hypothesen te formuleren over de aard van de verschillende systemen van verwerking en representatie van informatie die de mens bezit. De actuele opvattingen over informatie-opslag bij de mens gaan over het algemeen uit van een drietal systemen:

1. *Een sensorisch geheugen*. Alle binnenkomende informatie wordt allereerst in dit systeem ingevoerd. Het is van korte duur (in de orde van 0,5 sec.), maar heeft een grote capaciteit (zie bv. Sperling, 1960). Men kan dit sensorisch geheugen het best opvatten als een systeem, waarin de fysische energie die het zintuig prikkelde gerepresenteerd is als zenuwprikkelingen; in feite dus een afbeelding van de prikkelsituatie in zenuwimpulsen. Neisser (1967) spreekt van "iconic storage". Hij legt er bovendien nogal de nadruk op dat men niet meteen anatomische- en neurologische interpretaties moet nastreven, maar dat men eerst het mechanisme en zijn eigenschappen dient te identificeren. Het sensorisch geheugen als concept blijkt vooral nuttig om inzicht te verkrijgen in het verschijnsel dat bv. een visuele gewaarwording langer duurt dan de stimulus.
2. *Het korte-termijn geheugen* (short-term memory). Dit systeem heeft een geringe capaciteit (het kan ongeveer zeven eenheden tegelijk bevatten), maar deze kunnen (tenzij door andere binnenkomende eenheden verdrongen) zeer lang hierin verblijven. Door repetering wordt deze verdringing tegengegaan.
3. *Het lange-termijn geheugen* (long-term memory). Het aantal nieuwe elementen dat per eenheid van tijd hierin kan worden opgenomen is beperkt, maar het heeft een zeer grote "opslag-capaciteit". Men meent wel, dat wat er eenmaal in is neergelegd niet meer verloren gaat; slechts zou het vermogen de vastgelegde informatie terug te vinden verminderen (bv. von Neumann, 1960). Van Parreren (1962) daarentegen verklaart het vergeten zowel uit de mogelijkheid dat factoren die (in zijn terminologie) een bepaald sporensysteem kunnen reactiveren onvoldoende functioneren als uit de mogelijkheid dat klontering van sporen plaatsvindt, waardoor een actualisering van afzonderlijke sporen bemoeilijkt wordt.

Het is vooral het lange-termijn geheugen dat ons interesseert. De huidige gedachten hierover zijn, dat wij ons moeten voorstellen dat dit lange-termijn geheugen bestaat uit twee systemen; wij noemen deze resp. het *kennis-systeem* en het *heuristisch systeem*.

Dörner (bv. 1976) omschrijft het eerste systeem (dat hij "epistemische Struktur" noemt) als een structuur die een aantal modellen bevat met betrekking tot die onderdelen van de buitenwereld ("Realitätsbereiche") die voor de mens van belang zijn, inclusief zijn actie-mogelijkheden daarin. Onder het heuristisch systeem ("heuristische Struktur") verstaat hij de verzameling plannen om oplossingsmethoden te construeren (hij noemt zulke plannen "heurismen"). De vergelijking met Neisser's "data base" en "executive" dringt zich op, evenals trouwens zijn opmerking dat wij voorzichtig moeten zijn met het toepassen van "computer modellen" op de mens. Zo is de mens bv. in staat wezenlijke veranderingen aan te brengen in zijn heuristisch systeem op grond van ervaring. Anderson (1975) spreekt van het "representational system" en het "executive system". In feite onderscheidt Anderson een "superordinate" en een "subordinate" executive system. In het "superordinate executive system" worden plannen gevormd en in de eerste fasen van het leren uitgevoerd. Later verlopen deze meer automatisch en Anderson neemt aan dat de "plannen" in het "subordinate executive system" worden opgenomen.

Neisser maakt een vergelijkbaar onderscheid als hij bv. schrijft: ... "One might well say that the executive "uses" the other routines, which are "subordinate" to it...".

Norman en Rumelhart (1975) onderscheiden tussen de "representation of information" en de "representation of plans". Dat wij ook "plannen", "procedures" kunnen representeren betekent bij de mens dat hij ook plannen kan leren, kan veranderen en ten uitvoer kan brengen. Dörner (bv. 1976) onderscheidt, zoals wij zagen, in het kennis-systeem een subsysteem waarin beelden van bepaalde *omgevingsaspecten* zijn vastgelegd en een subsysteem met "beelden" van *actiemogelijkheden* daarin. Er is dan te onderscheiden tussen afbeeldingen van "standen van zaken" en van "actieprogramma's". Ook Manis (1971) wijst erop, dat wij de buitenwereld en allerlei actiemogelijkheden daarin in symbolische termen intern kunnen representeren. Hij spreekt van het representeren van *situaties* en van *responses*. Dörner (1976) spreekt op bepaalde plaatsen ook van het *sensorische*- en het *motorische* deel van geheugenbeelden. Het sensorische deel bevat informatie over dingen en gebeurtenissen, het motorische deel bevat informatie over de manieren waarop de mens in de buitenwereld kan ingrijpen. Leplat e.a. (1974-1975) onderscheiden situaties waarin

sprake is van het leren van "une représentation d'un contenu nouveau" en van "les schèmes opératoires correspondantes".

Wij wijzen er op dit moment wel op, dat onderscheid moet worden gemaakt tussen de representatie van de actiemogelijkheden en wat Dörner de "heuristische Struktur" en Neisser bv. de "executive" noemt.

In het laatste geval gaat het immers om het zoeken van goede "plannen" voor dat type problemen waar de actieprogramma's niet direct voorhanden zijn. (Dörner noemt alleen dat type situaties "Probleme"; hij noemt situaties waar men voor komt te staan en waarbij wel direct een actieprogramma voor de hand ligt "Aufgaben". Bij "Probleme" is de oplossingsmethode niet direct uit het geheugen op te roepen, maar deze moet worden geconstrueerd; bij "Aufgaben" is dit wel het geval). Een vraag die momenteel verschillende onderzoekers bezighoudt betreft de vorm waarin wij (aspecten van) de buitenwereld intern representeren. Er zijn voorstanders van een zgn. "dual code" opvatting: informatie uit de buitenwereld zou op twee manieren kunnen worden gecodeerd en bewaard in het geheugen. Men denkt dan vooral aan een meer visuele- en een meer verbale codering of representatiewijze (zie Paivio, 1971). Anderen (o.a. Pylyshyn, 1973) postuleren het bestaan van een meer abstracte representatiewijze, die noch met de visuele-, noch met de verbale representatie samenvalt; er zou sprake zijn van onderliggende symbolische representatiewijzen (hij noemt propositionele representaties, data-structuur representaties en procedure representaties). Hij baseert deze stelling op het feit, dat wij van een visuele representatiewijze gemakkelijk in een verbale kunnen overgaan en omgekeerd, bv. van de visuele voorstelling van een situatie naar een beschrijving in meer verbale termen.

Pylyshyn meent dan dat ... "we are forced to conclude that there must be a representation which encompasses both. There must, in other words, be some common format or interlingua"...

Janssen (1976) bestrijdt dat daarom de begrippen "visuele voorstelling" en "verbale voorstelling" verlaten zouden moeten worden: het hangt van het niveau van analyse af, of het zinnig is dit onderscheid te maken. Ook Norman en Rumelhart (1975) vinden het onderscheid niet van wezenlijke aard. Zij onderscheiden een *propositioneel systeem*, (een representatievorm waarin het gaat om conceptuele relaties tussen de items in een bewering) en een *analoge representatie*, waarin een (accuraat) beeld van het oorspronkelijke object

wordt bewaard. Hun slotargument luidt: ... "But because the fundamental differences between the two forms of representation are not clear, and because it appears to be possible to transform one form of representation into the other, we do not feel that this apparently basic issue is, in reality, a fundamental one about mental representation...".

Voor een operator in geautomatiseerde systemen is een wezenlijk onderdeel van de buitenwereld het proces dat hij dient te besturen. Daarvoor dient hij te beschikken over wat Crossman (1960) "control skill" (regelvaardigheid) noemde. Onder de aspecten van regelvaardigheid noemt deze bv. "voorspellen van de toekomstige ontwikkelingen in het proces indien niet zou worden ingegrepen" en "kennis van ingreepmogelijkheden en de effecten daarvan".

Met betrekking tot het voorspellen is door een aantal auteurs gewezen op de noodzakelijkheid van de aanname, dat hiervoor een interne voorstelling nodig is over het proces. Deze aanname lijkt te meer zinvol, naarmate het verband tussen stimuli en responses minder direct is. Vooral bij het regelen van ingewikkelde processen is dit aannemelijk. Wij wezen in par. 2.1. reeds op de opmerkingen van Brigham en Laios en van Kragt en Landeweerd hierover. Over de aard van zulk een interne representatie is en wordt, zoals wij in par. 2.2. zagen verschillend gedacht. Wij komen op de toespitsing van de algemeen geformuleerde opvattingen in deze paragraaf op taaksituaties van operators terug, nadat wij eerst een korte beschouwing hebben gewijd aan enkele bevindingen uit de systeemleer die ons van nut kunnen zijn.

2.3. Interne representatie en systeemleer

Wij willen in deze paragraaf twee stromingen die hun begrippenkader uit systeemtheoretische opvattingen hebben afgeleid nader belichten. In par. 2.3.1. zullen wij een overzicht geven van de belangrijkste bevindingen van een aantal onderzoekers uit de school van Leplat, terwijl wij in par. 2.3.2. zullen nagaan waar het zgn. besturingsparadigma uit de systeemleer van dienst kan zijn bij het verkrijgen van inzicht in de wijze waarop operators zich een voorstelling van een proces maken.

2.3.1. De school van Leplat

Enkele onderzoekers uit de school van Leplat hebben gepoogd een formeel kader te scheppen -met gebruikmaking van begrippen uit de systeemleer- om aspecten van de representatie van een te regelen of te besturen proces meer inzichtelijk te maken (Leplat, 1972; Leplat e.a., 1972; Cuny e.a., 1971; Cuny e.a., 1972).

Een belangrijke overweging voor het scheppen van zo'n kader was voor Leplat dat de psycholoog die zijn bevindingen ook graag praktisch ziet toegepast (als hij bv. wil meewerken aan het ontwerpen van de informatieverzorging aan operators i.c. paneelontwerp) voor problemen wordt gesteld wat betreft de taal waarin hij zijn resultaten zal presenteren. Met name zou naar mogelijkheden moeten worden gezocht om de opvattingen en denkwijzen die technici hebben over het gedrag en de activiteiten van operators in een systeem meer in overeenstemming te brengen met wat dit gedrag feitelijk is. Immers, technici zullen gewoonlijk de informatieverzorging concipiëren en ontwerpen. Een gezamenlijk te hanteren duidelijke en formele taal waarin het gedrag van operators kan worden beschreven zou hierbij van nut kunnen zijn. Bovendien zou dit een hulpmiddel kunnen zijn bij het ontwikkelen van goede opleidingsprogramma's; het zou van dienst kunnen zijn bij de evaluatie van de kennis die operators van het proces bezitten en mogelijk ook bij de beoordeling van de procedures en werkwijzen die zij hanteren.

Teneinde de visie van Leplat e.a. zo duidelijk mogelijk te presenteren geven wij een samenvatting van wat in de verschillende geschriften naar voren komt. Het meest geprononceerd is de beschrijving die te vinden is in Cuny e.a. (1971). Daar wordt een drietal beschrijvingsniveau's geïntroduceerd van het technische systeem:

1. *Blauwdruk-beschrijving*: ("description correspondant au schème de principe"). Deze zeer uitgebreide omschrijving bevat alle elementen die nodig zijn om het systeem te laten functioneren en te kunnen besturen (dit is dus geen interne representatie).
2. *Subjectieve beschrijving*: ("description du fonctionnement telle que peut la fournir un opérateur en place"). Deze beschrijving geeft de kennis van een operator over het functioneren van het technische systeem weer.
3. *Minimaal effectieve beschrijving*: ("description du fonctionnement

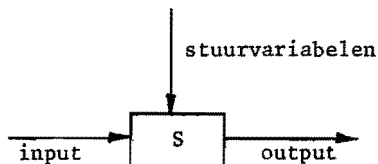
de la machine pertinente à la fonction de l'opérateur). Deze beschrijving omvat die verzameling elementen die juist voldoende is voor de taakuitvoerder om zijn taak goed te verrichten. Deze is dus minder uitgebreid en wellicht anders van aard dan de blauwdrukbeschrijving. De minimaal effectieve beschrijving wordt dus bepaald door de taak en wat als "goed verrichten" daarvan wordt beschouwd.

Cuny e.a. (1971 en 1972) hebben gepoogd met behulp van een hierop gebaseerde formele beschrijvingsmethode meer inzicht te krijgen in taakaspecten van operators in een walserij. Zij concludeerden dat de interne representatie van een vijftal door hen bestudeerde operators minder elementen bevatte dan de "blauwdruk beschrijving". Een beschrijving van de "machine minimale" (minimaal effectieve beschrijving), aangevuld met een inventarisatie van procedures, geordend naar criteria zoals technisch-economisch rendement, veiligheid, snelheid etc., zou met name een functie kunnen vervullen bij het ontwikkelen van opleidingsprogramma's, kennisevaluatie, procedurebeoordeling en verbetering van informatiepresentatie, zoals hiervoor genoemd.

2.3.2. *Het besturingsparadigma*

Het besturingsparadigma, onderdeel van de systeemleer, biedt een verwante invalshoek. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het algemene model zij verwezen naar de betreffende literatuur (de Leeuw, 1972, 1974, 1975; Kragt, Landeweerd en de Leeuw, 1973; Conant en Ashby, 1970; Tocher, 1970; Kramer en de Smit, 1974). Wij ontleen het volgende vooral aan de Leeuw en Kramer. Onder besturing wordt zeer algemeen verstaan elke vorm van gerichte beïnvloeding. In de operator-proces situatie is dan ook sprake van de *besturing* van processen: operators willen het proces gericht beïnvloeden. Het besturingsparadigma is door de Leeuw (1974) omschreven als "een klasse abstracte systemen, elk bestaand uit een te besturen systeem, een omgeving en een besturend orgaan. Zij zijn volgens nader te expliciteren criteria rationeel op elkaar betrokken. Daarbij geldt de these dat deze klasse van abstracte systemen voor elk interessant verschijnsel een systeem bevat dat als model van dat verschijnsel kan dienen".

Uitgangspunt van het besturingsparadigma is de eenvoudige situatie zoals in figuur 2.5. is aangegeven.



Figuur 2.5. Basisschema van het besturingsparadigma.

Voor besturing is een doelstelling vereist. Gewoonlijk neemt men daarvoor een deel G van de outputruimte $D(y)$ met daarin de gewenste outputs.

Er bestaat nu, volgens Tocher (1970) onder de volgende condities een precies omschreven besturingsprobleem ("control problem"):

1. Er moet een verzameling tijdstippen zijn waarop actie mogelijk is.
2. Op elk van deze tijdstippen moet er een specifieke verzameling acties zijn waaruit keuze mogelijk is.
3. Er dient, afhankelijk van het doel van de besturing, een model te zijn waaruit men de toekomstige geschiedenis van het systeem onder de verschillende actiemogelijkheden moet kunnen voorspellen.
4. Er moet een criterium of doelstelling zijn, waarop de actiekeuze wordt gebaseerd doordat het voorspelde systeemgedrag met het doel wordt vergeleken.

Met betrekking tot dit laatste punt wijzen wij ook op de omschrijving door Kelley (1968), van het begrip "manual control" (in tegenstelling tot "automatic control"). Bij "manual control" vindt immers ook actie plaats op grond van het vergelijken van een voorspelde toekomstige toestand van een te besturen systeem met een dan gewenste toestand.

Sommerhof (1950) onderkent bij besturing de volgende kenmerken:

1. Een verzameling Z van outputs die kunnen vóórkomen.
2. Een verzameling G van gewenste outputs (deelverzameling van Z).
3. Een verzameling R van mogelijke acties van het besturend orgaan.
4. Een verzameling S van systeemtoestanden.
5. Een verzameling D van storingen.

Veel auteurs beschouwen het voorspellen als één van de belangrijkste processen bij besturing. Vaak koppelt men aan deze bewering de these, dat dit voorspellen in het kader van besturing slechts mogelijk is,

indien de bestuurder (het besturend orgaan) beschikt over een model van het te besturen systeem.

"To discover if (the controller) needs to take action, he must have a prediction about the future.... Control is impossible without this predictive ability. This can be achieved only by the use of a model of the controlled system. At the heart of every control system there is a model". (Tocher, 1970).

Naar aanleiding van de zojuist genoemde kenmerken van Sommerhof (1950) schrijven Kramer en de Smit (1974):

... "R krijgt informatie binnen over storingen inwerkend op S. Om de invloed hiervan na te kunnen gaan, moet R in feite voorspellen wat voor gevolgen deze verstoringen zullen hebben voor de outputs ... Aangezien R hierbij in het algemeen geen gebruik kan maken van S zelf (duurt te lang, maatregelen komen te laat, etc.), moet R een (isomorf/homomorf) model van S tot zijn beschikking hebben om, na voorspelling omtrent de gevolgen van verschillende beheersingsmaatregelen in combinatie met de waargenomen verstoring, de meest optimale maatregel te kunnen kiezen aan de hand van een criterium...".

Bij Kelley (1960) vinden wij de volgende uitspraken:

... "What the operator wants to happen reflects the operator's planning of the desired future state.... what the operator thinks is going to happen represents the prediction process, the extrapolation into the future of the state of the controlled variable in the operator's dynamic internal model of the environment. Prediction thus plays a key role in the process of manual ("human" J.A.L.) control..".

Het is blijkbaar mogelijk over besturing door mensen of door niet-menselijke besturende organen (B.O.'s) op een aantal punten in gelijke bewoordingen te spreken. Dat wil natuurlijk niet zeggen dat besturen door mensen of door andere B.O.'s hetzelfde is; slechts dat wij op sommige aspecten het menselijk functioneren kunnen beschouwen op een wijze die ook voor andere B.O.'s kan gelden. Voorzover wij de mens als een bestuurder (regelaar, beheerser) van een te besturen systeem (bv. een chemisch proces) kunnen beschouwen geven de uitspraken binnen het besturingsparadigma een aantal aanwijzingen over een verstandige beschouwingwijze van dat aspect van zijn functioneren.

2.4. *Interne representatie van het proces bij operators*

Men kan aan regelvaardigheid de volgende componenten onderscheiden (iетwat vrij naar Crossman, 1960; 1974):

1. *Detectie en discriminatie* van signalen, hetzij vanaf een paneel, hetzij direct uit het proces;
2. *Interpretatie* van deze signalen in relatie tot elkaar zodat men weet wat er gebeurt;
3. *Voorspellen* van toekomstig gedrag van het proces als niet zou worden ingegrepen;
4. *Kennis van ingreepmogelijkheden*, de effecten van elk en hun onderlinge relaties;
5. *Beslissen*, welke actie het meest waarschijnlijk tot het gewenste resultaat zal leiden of ongewenste ontwikkelingen zal vermijden.

Wij zagen reeds bij Crossman (par. 2.1.) een verwijzing naar een bepaalde interne afbeelding van het proces (de fabriek), om met name inzichtelijk te maken op grond waarvan operators beslissingen nemen. Na hem hebben verschillende auteurs ter verklaring van hun onderzoeksbevindingen begrippen als "mentaal model" en "interne procesvoorstelling" gehanteerd.

Hieronder geven wij een samenvatting en toespitsing van verschillende gedachten over interne representatie op de voorstelling van operators met betrekking tot het proces.

Wanneer wij over de interne (in de persoon-, i.v.c. in het lange-termijn geheugen aanwezige) "afbeelding" van (aspecten van) de buitenwereld spreken, gebruiken wij als algemeen begrip de term "interne representatie" (IR). De term "afbeelding" verwijst te zeer naar iets visueel, hetgeen niet de bedoeling is. De term "representatie" is neutraler.

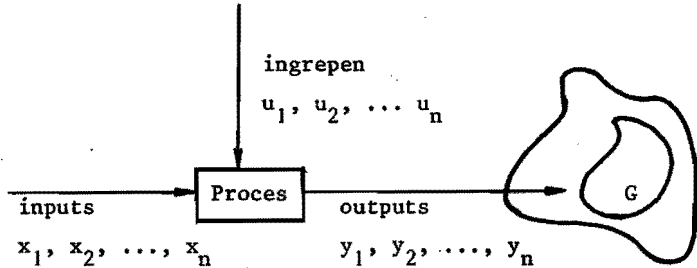
Daar wij in de IR van het *proces* bij *operators* zijn geïnteresseerd verstaan wij in het vervolg onder IR gewoonlijk de "interne *proces*-representatie".

Wij onderscheiden twee vormen van IR van een proces, nl.:

1. het mentale procesmodel
2. het mentale procesbeeld.

Ad 1. Het mentale procesmodel

Onder het mentale procesmodel verstaan wij de IR van het *functioneren* van het proces. Het gaat daarbij steeds om relaties tussen procesvariabelen onderling en/of tussen ingrepen en procesvariabelen. Wij illustreren een en ander aan de hand van onderstaand schema (figuur 2.6.).



G = verzameling gewenste outputs.

Figuur 2.6. Schema van relaties tussen procesvariabelen en ingrepen.

Het mentale procesmodel van de operator bestaat uit de kennis, die hij heeft over relaties tussen variabelen in dit schema, met name:

- 1) relaties tussen veranderingen in de input of ingrepen (bv. bij een destillatiekolom: stoom, temperatuur invoer) en op grond daarvan veranderende outputs (procesvariabelen zoals temperatuur in de top van de kolom, hoeveelheid top- en bodemproduct etc.).
- 2) relaties tussen ongewenste outputs en op grond daarvan te verrichten ingrepen die moeten leiden tot gewenste outputs.

Het onderscheid is vergelijkbaar met Dörner's interne afbeelding van "Sachverhalten" en van "Handlungen" (Dörner, 1976) of van het sensorische en motorische deel van afbeeldingen van de werkelijkheid. Het sensorische deel bevat informatie over objecten en gebeurtenissen (processen), die in het betreffende gebied kunnen optreden. Het motorische- (c.q. handelings-) deel bevat informatie over de mogelijkheden die de persoon heeft om in het gebeuren in te grijpen, welke gevolgen deze hebben en onder welke omstandigheden deze kunnen plaatsvinden.

Deze laatste opmerkingen wijzen erop, dat bij de IR van ingreepmogelijkheden sprake moet zijn van:

- een afbeelding van condities die een handeling kunnen oproepen;
- een afbeelding van de actie-uitvoering zelf (een motorisch programma);
- een afbeelding van het resultaat van de handeling.

Met betrekking tot het mentale procesmodel kunnen wij dan zeggen, dat het in het tweede onderscheiden geval gaat om de interne representatie van *procescondities* die bepaalde ingrepen kunnen oproepen, de interne representatie van de *ingrepen zelf* en de interne representatie van de op grond hiervan *veranderde outputs*.

Ad 2. Het mentale procesbeeld

Onder het mentale procesbeeld verstaan wij de IR van de *structuur* van het proces, c.q. de fabriek. In de procesindustrie betreft dit bv. de plaats van de diverse vaten, kolommen, verbindingen, afsluiters etc. Dit mentale procesbeeld is te beschouwen als relatief visueel en concreet van aard. Wij denken bij het mentale procesbeeld vooral aan wat velen (bv. Paivio) "visual image" noemden. Met name als het gaat om concrete objecten of gebeurtenissen zouden wij volgens Paivio geneigd zijn de buitenwereld in ons geheugen visueel te representeren (of anders en wellicht beter gezegd: de op een of andere wijze intern gerepresenteerde buitenwereld in visuele, concrete vorm tevoorschijn te roepen).

Het onderscheid tussen het mentale procesmodel en het mentale procesbeeld is vergelijkbaar met Norman en Rumelhart's onderscheid tussen *propositionele* en *analoge* representaties (Norman en Rumelhart, 1975). Zij spreken ook alleen in het laatste geval van ... "an accurate *image* of the original scene...". Volgens deze auteurs zouden mensen nogal flexibel zijn in de wijze van representeren van informatie in het geheugen of het gebruiken ervan in een format dat zij het meest vinden passen bij de vraagstelling of het probleem waarmee zij geconfronteerd worden. Soms moeten zij patronen herkennen of mentaal met objecten manipuleren, soms moeten zij conceptuele relaties hanteren.

Ook bij Oshanim (1966) vinden wij een vergelijkbaar onderscheid; hij meent dat het "operative image" van operators (wij zouden spreken van "interne procesrepresentatie") informatie over structurele en dyna-

mische kenmerken van het te besturen object bevat.

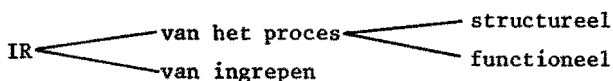
Met betrekking tot de verhouding van het begrip IR tot het begrip "proceskennis" enkele opmerkingen:

1. Juist omdat het gaat om de wijze waarop operators zich een beeld (model) vormen van het proces is het begrip interne representatie zinnig. Dan vinden wij ook duidelijk aansluiting bij theoretische opvattingen over denken en probleemoplossen uit de cognitieve psychologie.
2. Het begrip IR van een proces is breder dan wat een aantal auteurs onder proceskennis verstaan. Zo onderscheidt Bainbridge (1972) bv. tussen "data or knowledge" en "routines and sequences", m.a.w. "kennis" (knowledge) betreft andere zaken dan "actiemogelijkheden" terwijl wij IR's van beide kunnen bezitten. Ook zij bevestigt terecht, dat beide, IR's van procesgegevens en IR's van actiemogelijkheden, voor een goed begrip van het gedrag van operators nodig zijn. Zo schrijft zij bv. ... "his knowledge of the proces is inseparable from the routines he uses in making control decisions..".
3. Het mentale procesmodel betreft, zou men kunnen zeggen, kennis over de relaties tussen procesvariabelen; het mentale procesbeeld kennis over structurele en concrete ("visuele", zichtbare en tastbare) aspecten van het proces, c.q. de fabriek.

2.5. *Samenvatting*

De inhoud van dit hoofdstuk is als volgt samen te vatten.

1. Onderzoekingen naar het effect van instructie op prestatie bij procesregeling deden vermoeden, dat de aard en de kwaliteit van de interne procesrepresentatie een belangrijke factor was in de verklaring van de gevonden resultaten.
2. Vanuit de gedachten binnen de cognitieve psychologie leidden wij af, dat wij bij een interne representatie de volgende onderscheidingen konden maken:



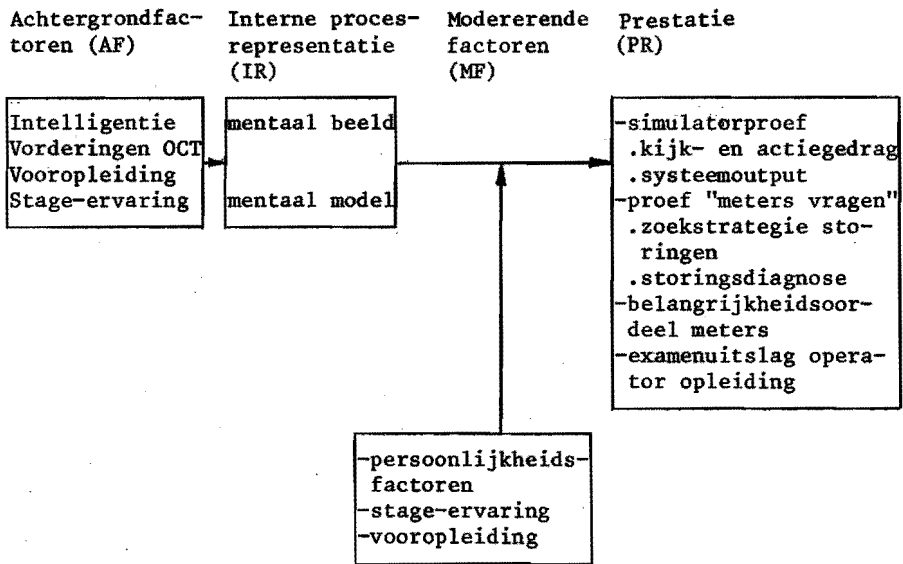
3. De systeemleer bood ons de gelegenheid de IR, vooral met betrekking tot het functionele aspect, nader te vertalen als relaties tussen inputs, ingrepen en outputs (gesplitst in gewenste i.e. doelstellingen, en ongewenste).

4. In de operator-proces situatie onderscheiden wij in overeenstemming met het voorafgaande tussen het mentale procesbeeld en het mentale procesmodel. Beide zullen, nemen wij aan, van invloed zijn op het gedrag van operators met betrekking tot het proces.

III MODEL EN ORGANISATIE VAN HET ONDERZOEK

3.1. Het model van het onderzoek

Wij noemen het gedrag dat operators vertonen bij het uitvoeren van een regeltaak "regelgedrag". Daarbij onderscheiden wij observeerbaar gedrag zoals waarnemende en uitvoerende activiteiten en niet observeerbaar gedrag zoals informatieverwerkende activiteiten en storingsdiagnose. Als het gedrag wordt gerelateerd aan een norm, spreken wij van de *prestatie*. In fig. 3.1. wordt het onderzoeksmodel weergegeven.



Figuur 3.1. Onderzoeksmodel.

Hieronder gaan wij kort op enkele factoren in dit onderzoeksmodel in:

1. *Prestatie*. Het is steeds een probleem geweest, op welke wijze de prestatie in dit type taken geoperationaliseerd moet worden. De prestatie waarin de praktijkman uiteindelijk het meest is geïnteresseerd, is de *systeemprestatie*. Daaronder verstaat men de mate waarin voldaan wordt aan de doelstelling van het systeem (zoals het maken van een goede kwaliteit product).

McCormick (1974) onderscheidt systeemprestatie en mensprestatie.

Onder systeemprestatie wordt gewoonlijk de systeemoutput verstaan,

in relatie tot een norm (de gewenste output). Onder mensprestatie wordt dan verstaan de bijdrage van de mens aan de systeemoutput. Vaak gebruikt men echter (bij een constant gehouden systeem) een systeemprestatie (bv. productkwaliteit) als maatstaf voor de mensprestatie. Voor een uitgebreide discussie over de bovengenoemde problematiek zij verwezen naar Paternotte (1973 en 1974).

Wij kunnen de systeemprestatie vergelijken met het in de testtheorie veel gehanteerde begrip "uiteindelijk criterium". In de verderop beschreven simulatorproef zal dan ook een aspect van de systeemprestatie als één van de maten voor de regelprestatie worden gebruikt: het gaat er daarbij om, dat de ppn. onder een storingsconditie toch nog een zo goed mogelijke kwaliteit product leveren.

In de literatuur (samenvatting in Edwards en Lees, 1973 en 1974) vinden wij veelal ook "tussenliggende" criteria, zoals het kijken en actiegedrag van operators, de inschatting van de belangrijkheid der diverse informatiebronnen, het diagnosticeren van storingen, of (zoals bij operator-opleidingen) de examenresultaten. De veronderstelling is, dat de operator zijn taak beter verricht naarmate hij op deze tussenliggende criteria beter voldoet. Tijdens de proeven die onze ppn. uitvoerden, werden dan ook bovengenoemde prestatie-aspecten vastgelegd:

- de wijze waarop de ppn. bij het opheffen van de gevolgen van een storing aan een processimulator naar de verschillende paneelinstrumenten kijken en ermee ingrijpen.
- de wijze waarop zij bij diverse storingen informatie over het proces opvragen om deze te diagnosticeren, alsmede de diagnose zelf (zie de verderop beschreven proef "meters vragen").
- het beoordelen van de paneelinstrumenten naar hun belangrijkheid onder diverse procescondities (zoals vastgelegd bij de proef "belangrijkheidsoordeel meters").
- tenslotte werden de resultaten van de opleiding, uitgedrukt in de examencijfers vastgelegd.

2. *Interne procesrepresentatie (IR)*. Hieronder verstaan wij de wijze waarop het te regelen proces intern is afgebeeld, te onderscheiden (zoals vermeld in hoofdstuk 2) in het mentale procesbeeld en het mentale procesmodel.

Uit hoofdstuk 2 moge eveneens blijken dat wij veronderstellen dat de kwaliteit van de IR van invloed is op de prestatie.

3. *Achtergrondfactoren (AF)*. Wij veronderstellen dat de kwaliteit van de IR afhankelijk is van intelligentie-factoren, de vorderingen die de leerling op het OCT (Opleidingscentrum technologie van DSM) maakt, zijn vooropleiding en van het feit of hij al of niet praktijkervaring heeft gehad.
4. *Modererende factoren*. Voor een aantal persoonsfactoren wordt nagegaan of zij modererend werken op de relatie tussen kennis (i.c. IR) en prestatie.
 - *Geslacht, vooropleiding, ervaring*. Ghiselli (1963) en Dunnette (1966) beschrijven onderzoeken waaruit blijkt dat deze variabelen modererend kunnen werken op de relatie tussen tests en criteria (vooral schoolprestaties en beroepssucces).
 - *Angst*. Onderzoek van Grooms en Endler (1960) toonde aan, dat de relatie tussen aanleg- en schoolvorderingentests enerzijds en criteriumprestaties (bij hen: schoolexamens) anderzijds gemiddeld werd door een angst-variabele. Zij gebruikten voor de operationalisering van angst de Taylor Manifest Anxiety Scale. De correlaties waren hoger voor angstige ppn.
 - *Prestatiemotivatie*. Door Hermans is herhaalde malen gewezen op de modererende rol van prestatiemotivatie (zie bv. Hermans, 1967). Het betrof bij hem veelal relaties tussen tests en opleidingscriteria.
 - *Habituele actiebereidheid*. Dirken (1968) wijst in feite ook op de mogelijke modererende rol van zijn variabele "habituele actiebereidheid", als hij opmerkt (zie handleiding H.A.B.-test) dat ... "de wijze waarop capaciteiten worden ingezet, waarop zij worden gericht en welke fractie van het maximale kunnen wordt gebruikt met dit soort begrippen kan worden uitgelegd...".

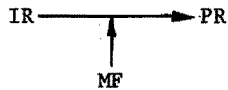
- *Extraversie, emotionaliteit, impulsiviteit en "sensation seeking"*. De vier persoonlijkheidsvariabelen, waarvoor door Fey (1978) schalen werden ontworpen, werden meegenomen daar zij aan de reeds genoemde persoonsfactoren gerelateerd zijn.

Op grond van het bovenstaande zullen wij allereerst via een principale componentenanalyse de volgende persoonlijkheidsvariabelen tot een aantal basisdimensies reduceren: habituele actiebereidheid, prestatiemotivatie, positieve faalangst, negatieve faalangst, emotionaliteit, "sensation seeking", impulsiviteit, extraversie (uit Fey's zelfbeoordelingslijst) en de drie A.B.V.-variabelen extraversie, neuroticisme en "somatisme" (de Wilde, 1963). Van de verkregen basisdimensies onderzoeken wij de modererende rol, evenals van vooropleiding en stage-ervaring.

De hypothesen

Wij onderscheiden twee groepen van hypothesen:

1. Hypothesen die betrekking hebben op de relaties tussen kwaliteit van de IR enerzijds en prestatie anderzijds; daarbij gaan wij ook na of sommige persoonsfactoren modererend op deze relatie werken. Schematisch:

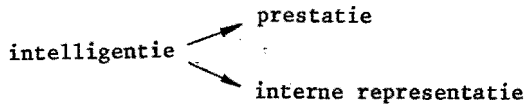


2. Hypothesen die betrekking hebben op de relaties tussen de achtergrondfactoren (intelligentie, opleidingsvorderingen, genoten vooropleiding en praktijkervaring) enerzijds en de kwaliteit van de IR anderzijds. Schematisch:



Tenslotte gaan wij nog na of de relatie IR-prestatie standhoudt indien wij voor IQ en opleidingsvorderingen controleren; in feite toetsen wij dan ons onderzoeksmodel tegen een alternatief model, waarbij wordt nagegaan of de directe correlatie tussen IQ (en opleidingsvorderingen) en prestatie niet te zeer een verklaring

vormt voor de verbanden tussen IR en prestatie, aldus:



Het onderzoek is correlatieueel van aard. Wij hebben dus de gebruikelijke problemen met het concluderen tot oorzakelijke verbanden. De pijlen in het onderzoeksmodel geven onze opvatting over de richting van de verbanden weer. Deze richting is echter strikt genomen slechts op grond van theoretische overwegingen plausibel te maken.

3.2. *De situering van het onderzoek*

Voor het onderzoek naar de betreffende relaties zochten wij een situatie, die aan een aantal eisen zou voldoen:

- De aanwezigheid van 75 à 100 ppn., die voor de proeven uit hun dagelijks werk gehaald konden worden;
- De aanwezigheid van een te regelen proces; dit moest:
 - a) niet te eenvoudig zijn (dan missen wij een aantal belangrijke elementen die kenmerkend zijn voor het regelen van in de praktijk voorkomende processen); maar ook
 - b) niet te complex zijn (dan kunnen wij de situatie experimenteel niet meer goed aan);
 - c) vertragingen bevatten (zo zijn nu eenmaal de processen waarnaar wij onze resultaten willen generaliseren).

Een situatie zoals boven omschreven troffen wij aan bij het Opleidingscentrum Technologie (OCT) van de DSM, Geleen. Daar wordt jaarlijks een honderdtal leerling-operators opgeleid. Bovendien (en dit was voor ons onderzoek belangrijk) bevindt zich daar een processimulator waaraan de leerlingen oefenen. In par. 3.2.1. beschrijven wij de structuur van de opleiding en in par. 3.2.2. gaan wij kort in op de simulator.

3.2.1. *De opleiding en de cursisten*

De doelstelling van cursus en leerplan "operator-opleiding" is bij de DSM als volgt omschreven: Op te leiden tot het vakmansniveau, zoals

omschreven in het totaalprogramma voor de procesoperator B van de Stichting Vakopleiding Procesindustrie.

De waarde van een operator wordt in belangrijke mate afgemeten naar zijn kennis van het procesgebeuren en het spaarzaam maar afdoende ingrijpen in het procesgebeuren bij veranderingen en storingen. Het bezitten van een ruime werkervaring is een functie-eis.

Het cursusprogramma bestaat uit theorie (zoals het hanteren en toepassen van de Nederlandse taal, rekenvaardigheid en vaktheorie, met name natuurkunde en scheikunde) en praktijk (zoals oefeningen met betrekking tot bedieningsaspecten en onderhoud).

Het leerplan kent twee fasen:

Fase 1: een periode van zes maanden op het Centrum.

Fase 2: een praktijk-stage van zes maanden op de bedrijven, gewoonlijk in twee verschillende situaties, elk met een duur van drie maanden; men komt dan nog één dag per week voor theoretische scholing naar het OCT. Daarna volgt plaatsing op de toekomstige arbeidsplaats.

Welke werkzaamheden een leerling tijdens zijn stage verricht, hangt sterk af van de complexiteit van het proces en van de leiding ter plaatse; gewoonlijk zijn de werkzaamheden beperkt tot activiteiten buiten de meetkamer.

Tot 1976 waren een 200 operators aldus opgeleid. Hiertoe behoorden een groot aantal ex-mijnwerkers die in het kader van het omscholingsbeleid deze opleiding volgden. De laatste tijd wordt meer op de vrije markt geworven. De vooropleiding varieert nogal: er zijn leerlingen met slechts een L.O.-opleiding; enkele jaren MULO (MAVO) of LTS (TS) komt veel voor, maar ook volledige MULO- (MAVO-) of LTS-opleiding. De tendens is, dat het opleidingsniveau de laatste tijd wat hoger is dan voorheen.

3.2.2. *De simulator*

In het kader van de opleiding tot proces-operator krijgen de cursisten van het OCT o.a. een training aan een pneumatische simulator. Deze door Harmsen en Valk (1972) ontwikkelde simulator bevat een reactorgedeelte en een destillatiegedeelte.

Voor het onderhavige onderzoek kozen wij het destillatiegedeelte, daar in het laboratorium van de afdeling Bedrijfskunde van de THE ook een destillatieproces wordt gesimuleerd en wij dus met dit type proces ervaring hadden. De redenen waarom bij de afdeling Bedrijfskunde voor een destillatieproces is gekozen zijn elders uiteengezet (zie bijvoorbeeld Daniëls e.a., 1974). Waar in het vervolg over het proces en de simulator wordt gesproken, bedoelen wij het destillatieproces en het destillatiegedeelte van de OCT-simulator. In figuur 3.2. wordt het proces schematisch weergegeven.

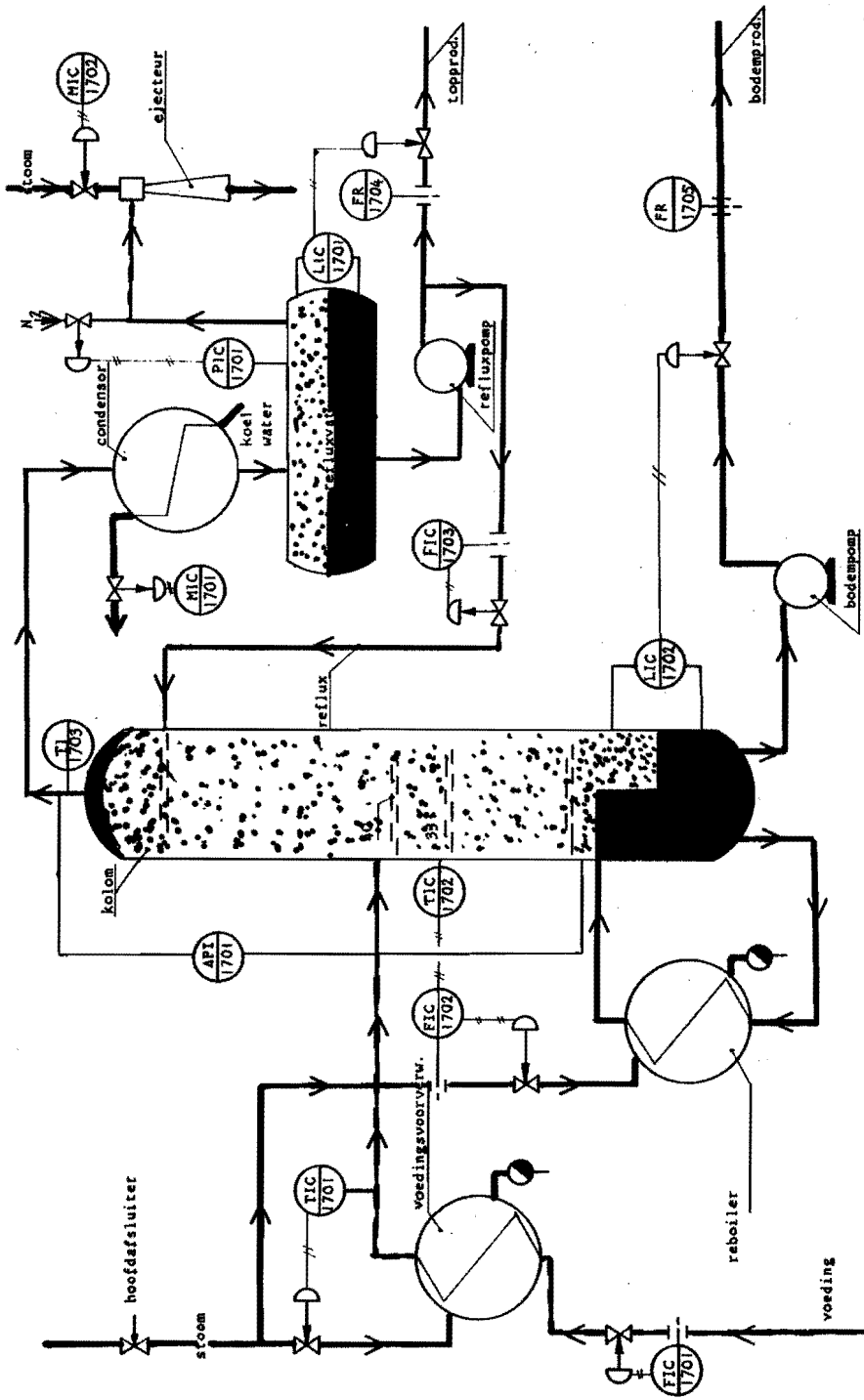
Vanuit een tank wordt een mengsel van twee vloeistoffen, na vóórverwarming te zijn, naar de destillatiekolom gevoerd. Het door de destillatie verkregen zuiverder (en lichter) "topproduct" wordt gekoeld en naar de refluxtank gevoerd. Vandaar verlaat een deel als zuiver product het proces. Een ander deel gaat terug naar de destillatiekolom. Het "bodemproduct" wordt afgevoerd.

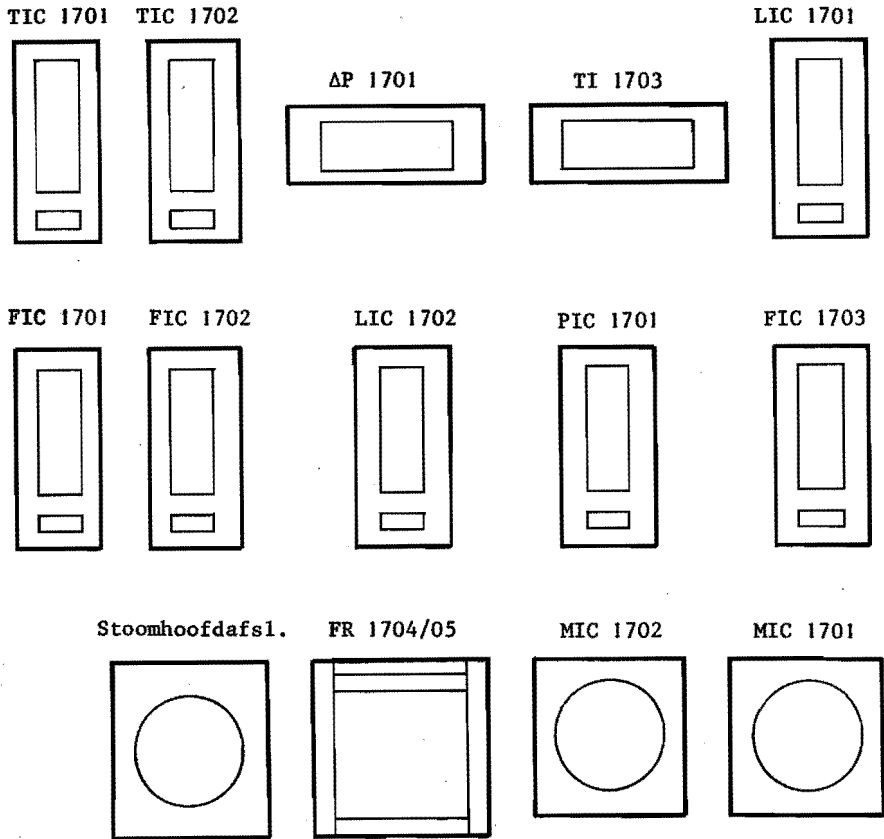
De kwaliteit van top- en bodemproduct is bij het gesimuleerde proces niet direct na te gaan, omdat de daartoe nodige analyse niet is meegesimuleerd.

De simulatie geschiedt, als gezegd, pneumatisch. De benodigde instrumenten en regelknoppen zijn op een paneel bijeengebracht (figuur 3.3.). Op een afzonderlijke lessenaar bevinden zich nog enige alarmeringen en ingreep-mogelijkheden.

3.3. *Fasering van het onderzoek*

- Tijdens twee oriëntaties op het OCT werden contacten gelegd tussen de opleidingsstaf en de onderzoeker. De eerste oriëntatie (januari 1974) was vooral bedoeld om meer inzicht te krijgen in de operatoropleidingen op het OCT. De tweede oriëntatie vooral om ons nader te oriënteren aan de simulator die bij de opleiding gebruikt wordt en om na te gaan of enkele eerste ideeën over een mogelijk onderzoek te realiseren waren.
- Een aantal vooronderzoekingen (Schalkwijk, 1974; Tersteeg, 1974 en Verhagen, 1975) waren nodig voor het ontwikkelen van een observatietechniek met het oog op de registratie van kijk- en actiegedrag aan het paneel.





Figuur 3.3. Het paneel van de simulator.

Voor nadere bijzonderheden zij verwezen naar hoofdstuk 4.

- Daarna is een onderzoeksvoorstel opgesteld (Landeweerd, 1975) waarin de opzet en te toetsen hypothesen zijn vermeld.
- Er vond een vooronderzoek plaats bij acht leerling-operators (cursisten van het OCT).
- Na enkele verbeteringen in de onderzoeksopzet vond het hoofdonderzoek plaats in de periode van februari '76 - juni '76.

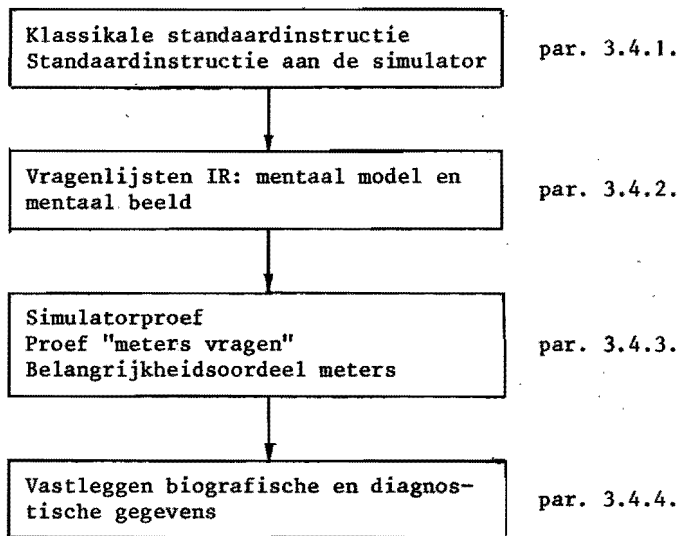
3.4. Het verloop van de proeven

Voor het onderzoek naar de relaties zoals beschreven in hoofdstuk

3.1. (figuur 3.1.) hadden wij de beschikking over:

1. de pneumatische processimulator;
2. de cursisten van acht klassen ($n = 87$), die hun toestemming hadden gegeven.

In figuur 3.4. wordt in schematische vorm het verloop van het onderzoek voorgesteld. Wij gaan op de verschillende onderdelen hier slechts kort in. In hoofdstuk 4 wordt elke fase uitgebreid behandeld.



Figuur 3.4. Verloop van het onderzoek.

3.4.1. De standaardinstructie

De ppn. kregen van ons een standaardinstructie met betrekking tot het destillatieproces en het regelen daarvan op de simulator. Deze instructie bestond uit een klassikaal gedeelte (meer theoretisch) van ongeveer twee uur en een praktisch gedeelte aan de simulator zelf, van ook ongeveer twee uur.

3.4.2. De I.R.-vragenlijsten

Na afloop van de instructies wordt de kwaliteit van de IR van het proces vastgelegd met behulp van hiervoor ontworpen instrumenten, nl. de vragenlijsten mentaal model A en B en de procestekening ("mentaal beeld"); zie hiervoor hoofdstuk 4.

3.4.3. De proeven

- *De simulatorproef.* De ppn. werd allereerst gevraagd zich, staande voor het paneel van de simulator, een situatie zoals bij ploegovername voor te stellen en zich op de hoogte te stellen van de toestand van het proces ("up-daten"); het proces is daarbij in een storingstoestand gebracht. Hij had daarvoor twee minuten de tijd. Vervolgens kreeg hij als opdracht het verhelpen van de gevolgen van de storing die in het proces was ingevoerd (duur: 5 minuten). Geregistreerd werd welke informatiepunten de pp. daarbij bekijkt en aan welke knop(pen) hij ingrijpt. Bovendien werd nagegaan in welke mate hij erin slaagde aan de opdracht te voldoen, die inhield dat hij moest zorgen toch nog een goede kwaliteit product te maken.
- *De proef "meters vragen".* Bij een vijftal storingstoestanden zijn van de meters op het paneel dia's gemaakt. Enkele technische voorzieningen maakten het mogelijk, met een overhead-projector het gehele paneel te projecteren, maar ook meters af te dekken. Wij confronteerden de cursist met één meter (die wij dus "openklappen"), die niet in de goede stand staat. Daarna moest hij zolang andere meters opvragen tot hij de storing kon identificeren. Geregistreerd werd aantal, tempo en de volgorde van opvragen van meterstanden, benevens de uiteindelijke diagnose; duur van de proef ongeveer 45 minuten.
- *Belangrijkheidsoordeel meters.* De cursist werd gevraagd voor een aantal nauwkeurig omschreven omstandigheden de belangrijkheid van elk instrument op het paneel te beoordelen. Deze omstandigheden zijn "opstarten", "normaal bedrijf" en een "storingstoestand". Daarbij werd de meter onderscheiden naar zijn *informatieverschaffende* functie en naar de mogelijkheid van *ingrijpen* die deze biedt; duur ongeveer 20 minuten.

3.4.4. *Vastleggen biografische en diagnostische gegevens*

Tenslotte werden, deels door de Psychologische Dienst van DSM, deels door ons, nog een aantal tests afgenomen. Deze betroffen metingen van intelligentie, prestatiemotivatie, positieve en negatieve faalangst, extraversie, emotionaliteit, impulsiviteit, "sensation seeking", neuroticisme en habituele actiebereidheid.

In par. 4.7. gaan wij hierop nader in.

IV BESCHRIJVING VAN DE INSTRUCTIES, PROEVEN EN MEETINSTRUMENTEN; DE HYPOTHESEN

Voor het onderzoek naar de relaties die in fig. 3.1. zijn weergegeven diende in de eerste plaats een standaardinstructie voor de ppn. te worden ontwikkeld. Hierop gaan wij in par. 4.1. nader in. Vervolgens diende te worden nagegaan hoe wij de IR naar haar verschillende aspecten zouden moeten operationaliseren. De systeemleer, met name het besturingsparadigma, bood ons aanknopingspunten voor het ontwikkelen van vragenlijsten. Wij behandelen dit in par. 4.2. Dan diende de prestatie van de ppn. op een aantal activiteiten die nauw met het regelen van processen samenhangen te worden vastgelegd. Wij hebben hiervoor drie proeven ontworpen, nl. een opdracht aan de simulator (de simulatorproef), een proef om de zoekstrategieën bij het identificeren van storingen en het diagnosticeren ervan vast te leggen (de proef "meters vragen") en tenslotte een proef om na te gaan of men de belangrijkheid van de verschillende paneelinstrumenten onder verschillende procescondities juist inschat (het "belangrijkheidsoordeel meters"). Deze proeven worden behandeld in resp. de paragrafen 4.3., 4.4. en 4.5. De vierde prestatiemaat is het OCT-examen; deze wordt in par. 4.6. besproken. In par. 4.7. en 4.8. gaan wij tenslotte nader in op de modererende factoren en de invloed van de zgn. achtergrondfactoren. In par. 4.9. wordt het vooronderzoek kort besproken.

4.1. *De standaardinstructie*

Om de acht klassen qua instructie vergelijkbaar te maken, werd een standaardinstructie ontworpen. Deze bestond uit twee delen, nl. een klassikale instructie en een instructie aan de simulator zelf. Aan deze instructies is veel zorg besteed; met name dient te worden opgemerkt, dat hier niet volstaan kon worden met een korte verbale inleiding, zoals men bij veel psychologische experimenten aantreft. Ook een lange verbale instructie zoals door Bainbridge (1972) ontworpen voor haar studie van een operator aan een processimulator past weinig bij de meer op praktische en concrete instructies ingestelde cursisten in het onderhavige onderzoek.

4.1.1. *De klassikale standaardinstructie*

Het doel van de klassikale standaardinstructie was tweeledig, nl.:

1. Het in standaardvorm herhalen van reeds geleerde theorie m.b.t. het destilleren.
2. Het in standaardvorm introduceren van het aanwezige destillatieproces en van het werken aan de simulator (hier dus klassikaal; in par. 4.1.2. beschrijven wij de instructie aan de simulator zelf).

De vorm van de instructie leek op een geprogrammeerde instructie: in feite een gestandaardiseerd vraag- en antwoordspel met de klas met behulp van overhead-projector sheets (zie bijlage 1). Deze instructie duurde ongeveer twee uur.

Tijdens de bespreking van de simulator werden het processchema en een kleurenfoto van het paneel bestudeerd en toegelicht. Met name de paneelinstrumenten en de regelkringen werden stuk voor stuk behandeld, evenals de waarden bij "normaal bedrijf". Bovendien werd reeds een begin gemaakt met het doornemen van de opstartprocedure. Het is van belang te vermelden dat ook werd geoefend in het memoriseren van de plaats van de verschillende instrumenten op het paneel. Wij zijn immers niet geïnteresseerd in de mate waarin de ppn. de plaats van de diverse instrumenten op het paneel al of niet goed heeft weten te onthouden. Vandaar dat wij deze variantiebron in het kijkgedrag door overleren wilden uitsluiten. Dit gebeurde door een oefening in de standaardinstructie in te lassen waarop ook feedback werd gegeven. Deze oefening bestond uit het invullen van de instrumentcode (bv. TI 1703) op een kaart waarop de instrumenten waren weergegeven. (Zie voor de instructie bijlage 2).

Deze oefening werd op twee tijdstippen tijdens de instructie gedaan, waardoor de plaats van de instrumenten verder geen probleem meer vormde voor de leerling; zeker niet, als men bedenkt, dat zij ook tijdens de instructie aan de simulator nog twee keer met deze instrumenten bezig zijn.

4.1.2. *De standaardinstructie aan de simulator*

De ontwikkeling van deze standaardinstructie vond plaats op grond van

observatie van enkele instructies aan de simulator zoals die door de leraren als onderdeel van de opleiding werden verzorgd.

De procedure bij deze standaardinstructie was, dat twee ppn. tegelijkertijd werden geïnstrueerd. Dit gebeurde om twee redenen:

- Dit onderdeel duurt bij individuele instructie te lang.
- De ppn. zijn deze werkwijze uit de gang van zaken bij de opleiding gewend (zij worden ook tijdens de opleiding bij dit soort werk in paren geïnstrueerd).

De vorm van de instructie lijkt ook hier enigszins op een geprogrammeerde instructie, nl. een vraag- en antwoordspel tussen pl. en de ppn. Het verschil met de klassikale instructie is vooral, dat de ppn. nu voor de simulator staan en aan het paneel moeten *ingrijpen*.

Tijdens de instructie wordt de opstartprocedure doorgenomen. Dit is conform de wijze van werken door de leraren zelf en heeft het voordeel, dat allerlei problemen met de regeling van dit proces aan de orde komen.

Het verloop van de instructie is:

1. Opstartprocedure door de twee ppn. volgens standaardinstructie (1 uur).
2. 15 Minuten zelfwerkzaamheid van de twee ppn.
3. Opstartprocedure nogmaals volgens standaardinstructie doornemen (1 uur).

Voor de inleiding op de instructie en de vorm van de instructie zelf zij verwezen naar bijlage 3.

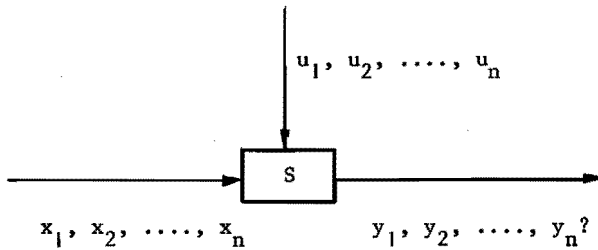
4.2. *De interne representatie van het proces*

4.2.1. *Het mentaal procesmodel*

Onder het mentaal procesmodel verstaan wij de interne representatie van het functioneren van het proces, gebaseerd op kennis van inputs, systeem, outputs, ingrepen en van doeleinden, maar vooral op het terrein van de *relaties* tussen deze.

De operationalisering van het mentaal procesmodel is gezocht in de ontwikkeling van een tweetal vragenlijsten, namelijk de vragenlijsten "mentaal model A" (mmA) en "mentaal model B" (mmB). Het besturingsparadigma uit de systeemleer bleek een nuttig hulpmiddel bij het con-

strueren van deze vragenlijsten; onderstaande figuur 4.1. fungeerde daarbij als basis voor de vragenlijst "mentaal model A" en figuur 4.2. voor die van de vragenlijst "mentaal model B".



Figuur 4.1. Basisschema besturingsparadigma ten behoeve van de vragenlijst "mentaal model A".

De vraagstellingen met betrekking tot het *functioneren* van het proces die op figuur 4.1. zijn gebaseerd, zijn van het type:

"Wat is het effect van input x_1, x_2, \dots, x_n of van ingreep u_1, u_2, \dots, u_n op y_1, y_2, \dots, y_n ?"

Waarbij: x_i = input
 y_i = output
 u_i = ingreep
 S = systeem.

De vragenlijst bevat een aantal *vragen*. Zo'n vraag heeft betrekking op een verandering in een input, c.q. een (ver-)storing. Iedere vraag bevat een aantal *items*, die elk het effect van de verandering op een procesvariabele betreft. Als voorbeeld:

Vraag: Wat gebeurt er als het koelwater op de condensor wegvalt?

Items (een tweetal): - de temperatuur op plaat 33 gaat (omhoog, omlaag, blijft nagenoeg constant)
 - de hoeveelheid topproduct (wordt groter, wordt kleiner, blijft nagenoeg constant).

De vragenlijst "mentaal model A" (mmA) bestaat uit vragen en items van dit type met meervoudige antwoordkeuze-mogelijkheid (zie bijlage 4).

Voor het invullen van de vragenlijsten kregen de ppn. een uitgebreide instructie; bovendien werd een processchema en een kleurenfoto van het paneel verstrekt; wij willen immers niet toetsen of men de plaats van de meters en de procesonderdelen kan onthouden, maar of men inzicht in relaties heeft. Bovendien had dit het voordeel, dat de wat abstracte en verbale vorm van de vragenlijsten werd aangevuld met visueel materiaal.

Voor het scoren van de vragenlijst *mmA* is het nodig over een norm te beschikken: wij moeten weten wat het goede antwoord is. Daartoe is de eerste versie van de vragenlijst voorgelegd aan zes instructeurs. Na systematische verwerking van hun antwoorden en oordelen is een lijst van 10 vragen (met in totaal 65 items) samengesteld.

De vragenlijsten *mmA* en *mmB* zijn tweemaal afgenomen, nl. direct na de standaardinstructies (dus vlak vóór de proeven; *mmA-1*) en nogmaals na de afloop van alle proeven (*mmA-2*). Dit had o.a. tot doel na te gaan of er na de proeven veel veranderingen in de invulling plaatsvonden. Een groot aantal "overstappers" (eerste maal antwoord goed, tweede maal fout en omgekeerd) op een item is aanleiding het item kritisch te bezien met betrekking tot zijn betrouwbaarheid. Dit geldt te meer indien het aantal overstappers in beide richtingen ongeveer even groot is. Dit is het geval. De *eerste afname* is gebruikt voor hypothesetoetsing.

Met betrekking tot de opname van items in de bij de resultatenverwerking (hoofdstuk 5) gebruikte versie is uitgegaan van de volgende overwegingen:

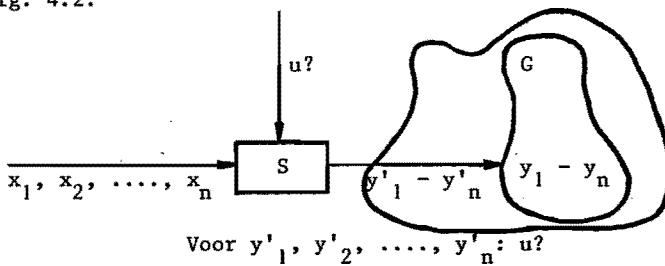
1. Items met een p-waarde $>.85$ of $<.33$ worden niet opgenomen (19 items)
 2. Items waarop meer dan een derde van de ppn. bij de tweede afname van de lijst een andere score behaalde dan bij de eerste afname ("overstappers"), worden niet opgenomen (6 items).
- In totaal bleven 10 vragen met 38 items over (zie bijlage 4).

Met betrekking tot de scoring dient nog te worden vermeld, dat de vier categorieën van variabelen waarnaar wordt gevraagd (effecten op automatische regelaars, druk, temperatuur en hoeveelheid) als categorie even zwaar worden gewogen.

In bijlage 5 zijn de resultaten van enkele item-analyses weergegeven. Hieruit blijkt, dat de ppn. bij de tweede afname consistentere antwoorden dan bij de eerste afname. Berekening van de KR-20 geeft eveneens een indicatie van de interne consistentie. Deze bedraagt voor mmA-1 .89 en voor mmA-2 .93.

In bijlage 18 zijn van mmA-1 en van mmA-2 gemiddelden, spreidingen en frequentieverdelingen opgenomen.

De ontwikkeling van de vragenlijst "mentaal model B" (mmB) was gebaseerd op fig. 4.2.



Figuur 4.2. Basisschema besturingsparadigma ten behoeve van de vragenlijst "mentaal model B".

De vraagstellingen, eveneens met betrekking tot het *functioneren* van het proces, zijn van het type:

"Welke ingreep "u" pleegt U om -gegeven input x_1, x_2, \dots, x_n , leidend tot de ongewenste y'_1, y'_2, \dots, y'_n - te komen tot de gewenste output y_1, y_2, \dots, y_n ?"

Waarbij: x_i = input

y_i = output (gewenst)

y'_i = output (ongewenst)

u_i = ingreep

S = systeem

G = verzameling gewenste outputs.

Als voorbeeld: Het topproduct wordt onzuiver. Wat zou jij doen? Welke strategie zou jij volgen?

De vragenlijst "mentaal model B" bestaat uit items van dit type met meervoudige antwoordkeuze. Onafhankelijke invulling door een panel van 5 deskundigen (allen op de hoogte met destillatieprocessen), gevolgd door een discussie over de resultaten leidde tot een norm. Elk item werd als goed of fout gescoord. De totaalscore bestond uit de som van het aantal goed gescoorde items.

Met betrekking tot de opname van items in de bij de resultatenverwerking gebruikte versie is uitgegaan van dezelfde overwegingen als bij *mmA* (p-waarden en "overstappers"). Van de 12 items bleven er acht over. In bijlage 6 zijn deze opgenomen. In bijlage 5 tenslotte zijn de item-totaal correlaties opgenomen. Berekening van de KR-20 laat zien, dat deze zowel voor *mmB-1* als voor *mmB-2* lager liggen dan bij *mmA-1* en *mmA-2*. Zij bedragen resp. .43 en .47. Er dient echter te worden bedacht, dat *mmB* uit slechts acht items bestaat en *mmA* uit 38. Desalniettemin lijkt *mmB* wat minter intern consistent dan *mmA*. In bijlage 18 zijn voor *mmB-1* en *mmB-2* de gemiddeldes, spreidingen etc. opgenomen.

4.2.2. *Het mentaal procesbeeld (mb)*

Het onderzoek vond plaats rond een simulator: er stond geen fabriek achter het paneel. Het intern procesbeeld is dan ook alleen maar te begrijpen als de IR die ontstaan is door confrontatie met het proces-schema en in het geheugen van de ppn. aanwezige voorstellingen van soortgelijke processen. Als men de pp. vraagt de structuur van het achterliggende proces of de achter het paneel te denken "fabriek" te beschrijven, zal hij waarschijnlijk trachten het processchema te reproduceren.

Toch wilden wij enige greep op de IR van de structuur krijgen; wij vroegen onze ppn. daarom een tekening te maken van de betreffende destillatie-fabriek. Deze tekening werd vervolgens gescoord naar de aanwezigheid van belangrijke onderdelen. In bijlage 7 wordt de scoringswijze besproken en worden enkele voorbeelden van tekeningen gegeven. In bijlage 18 is voor *mb* gemiddelde, spreiding etc. opgenomen.

4.2.3. *Somscore voor interne representatie*

Bij de toetsing van de hierna te beschrijven hypothesen wordt eerst

getracht een globaal inzicht in de relaties te krijgen. Daarom wordt als samenvattende maat voor de kwaliteit van de interne procesrepresentatie een somscore IR gehanteerd, waarin de scores van een pp. op mmA, mmB en mb zijn samengevoegd. Deze somscore komt tot stand door per IR-maat een kwartielindeling te maken met als toegekende scores resp. 0, 1, 2 en 3 en deze vervolgens over de drie maten op te tellen. De maximaal te behalen "somscore IR" is dus 9 punten, de minimale 0 punten. Na globale toetsing van de hypothesen wordt uiteraard het verband tussen elke IR-maat en de prestatie-aspecten afzonderlijk vastgelegd.

4.3. Prestatiemaat I: storing oplossen aan de simulator

In ons onderzoeksmodel veronderstelden wij een relatie tussen de kwaliteit van de interne procesrepresentatie (geoperationaliseerd als de scores op mmA, mmB en mb), en de prestaties op een aantal proeven. Wij behandelen nu eerst de prestatie bij het oplossen van een storing aan de simulator. Wij noemden dit de simulatorproef. De storing betrof de simulatie van een drastische vermindering in de hoofdstoomtoevoer. De belangrijkste gevolgen van deze storing zijn (zie ook figuur 3.3.):

- de temperatuur invoer (TIC 1701) gaat omlaag
- de temperatuur plaat 33 (TIC 1702) gaat omlaag
- de "slave" (FIC 1702) gaat volledig open
- de toptemperatuur (TI 1703) gaat omlaag
- het druk verschil over de kolom (ΔP 1701) wordt kleiner
- de hoeveelheid topproduct (FR 1704) gaat omlaag
- de hoeveelheid bodemproduct (FR 1705) gaat omhoog.

De kwaliteit van het product daalt sterk; de belangrijkste indicatoren hiervoor zijn de toptemperatuur en de refluxverhouding. De pp. krijgt twee minuten de gelegenheid om staande voor het paneel zich op de hoogte te stellen van de procestoestand. Daarna moet hij de storing "opvangen". De instructies voor de proef zijn vermeld in bijlage 8. Hij kreeg voor het voldoen aan de opdracht precies 5 minuten de tijd.

Tijdens en na afloop van de proef werden de volgende gegevens vastgelegd:

- kijk- en actiegedrag tijdens de proef (par. 4.3.1.);

- de systeemoutput (par. 4.3.2.).

Het kijk- en actiegedrag heeft de status van "afhankelijke" variabele. Daar wij het kijk- en actiegedrag relateren aan een *norm*, kunnen wij spreken van de *prestatie* van de ppn. in dit opzicht. Dat geldt ook voor de systeemoutput, die immers aangeeft de mate waarin de pp. het doel bereikt. Wij gaan op elk wat dieper in.

4.3.1. *Kijk- en actiegedrag*

In deze paragraaf gaan wij na hoe wij tot operationalisering van de kwaliteit van het kijk- en actiegedrag zijn gekomen. Voor ons is vooral van belang te weten of ppn. met een goede IR zich "meer" bezighouden (zowel in het kijken naar de verschillende meters als in het handelen eraan) met "goede" instrumenten, dat wil zeggen met instrumenten die van belang zijn voor het zo goed mogelijk opvangen van de gevolgen van de storing. Daartoe zijn een drietal indicatoren van kijk- en actiegedrag ontworpen:

1. oogfixaties op "goede" instrumenten
2. handelingen aan "goede" instrumenten
3. kijk- en actieschakels tussen "goede" instrumenten.

Een voorwaarde voor de operationalisering van elk der drie indicatoren is, dat op relatief betrouwbare wijze het kijk- en actiegedrag is vast te leggen.

4.3.1.1. *Methoden van vastleggen van kijk- en actiegedrag*

Voor wat het *actiegedrag* betreft is het betrouwbaar vastleggen nauwelijks een probleem: elke observator kan vrijwel zonder fouten vaststellen aan welke knop een pp. actie pleegt. Het *kijkgedrag* geeft wel problemen.

Vastleggen van kijkgedrag bij personen die zich betrekkelijk vrij moeten kunnen bewegen, kan op een drietal manieren:

1. Men kan oogbewegingen c.q. oogfixaties met technische apparatuur vastleggen. Voorbeelden hiervan zijn de eye-mark recorder en de registratie van de actiepotentialen van de oogspieren, gekoppeld aan vastleggen van het gezichtsveld m.b.v. een t.v.-camera die vast op het hoofd is gefixeerd.

Deze technieken zijn nogal omslachtig en hebben vele nadelen (zie

ook van Boxtel, 1973):

- het afstellen van de apparatuur voor elke pp. levert vaak moeilijkheden; soms mislukt het totaal.
 - de techniek bezorgt de pp. veel last (zware camera op het hoofd, opgeplakte electrodes, etc.).
 - de ppn. worden snel vermoeid.
 - er is vrijwel steeds sprake van "drift"-verschijnselen, waardoor de pp. steeds opnieuw gevraagd moet worden zich te laten "ijken". Dergelijke technieken leken ons niet erg bruikbaar voor onze situatie.
2. Men kan van de pp. verlangen een actie te plegen telkens als hij een meter wil raadplegen (bv. door meters met flappen af te dichtten, die men bij een observatie moet optillen). De ppn. wordt dan eigenlijk gevraagd een "observing response" te geven. Een voorbeeld is het onderzoek van Krivohlavy (1965). Het belangrijkste onderdeel van deze techniek is, dat het verlangde gedrag toch wel ver af staat van het gedrag dat ons eigenlijk interesseert, nl. het kijkgedrag. Bovendien is het niet onaannemelijk, dat de kijk-"strategie" door een duidelijke actie te verlangen wordt beïnvloed. Ook deze techniek leek ons niet goed bruikbaar.
3. Men kan een observator laten observeren (en registreren) waar een pp. naar kijkt. Belangrijk is vooral de vraag of de beoordelaar/observator het punt waar een pp. naar kijkt trefzeker (betrouwbaar) kan vaststellen.

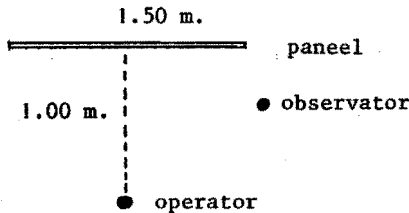
Schalkwijk (1974), Tersteeg (1974) en Verhagen (1975) verrichtten deelonderzoekingen naar deze mogelijkheid. Tersteeg (1974) onderzocht de mogelijkheid het kijkgedrag met behulp van een achter het paneel gemonteerde video-camera vast te leggen en later te analyseren. De belangrijkste bevindingen waren:

- Slechts 46% van de observaties waren juist.
- Wanneer de "operator" op 1,5 m. afstand van het paneel staat, zijn de resultaten beter dan op 2,5 m.

Conclusie: deze techniek is voor ons doel niet betrouwbaar genoeg. Verhagen (1975) werkte met een mock-up van het paneel, waaraan wij ons onderzoek verrichtten. Hij onderzocht of een observator, schuin voor de "operator" geplaatst (figuur 4.1.) redelijk betrouwbaar het kijkgedrag kon observeren en of kapjes, geplaatst over de instru-

menten (figuur 4.2.) de betrouwbaarheid van de observaties positief beïnvloeden. Immers dan zijn hoofdbewegingen nodig om de meters af te lezen en dit kan de observatie misschien gemakkelijker maken. Enkele conclusies waren:

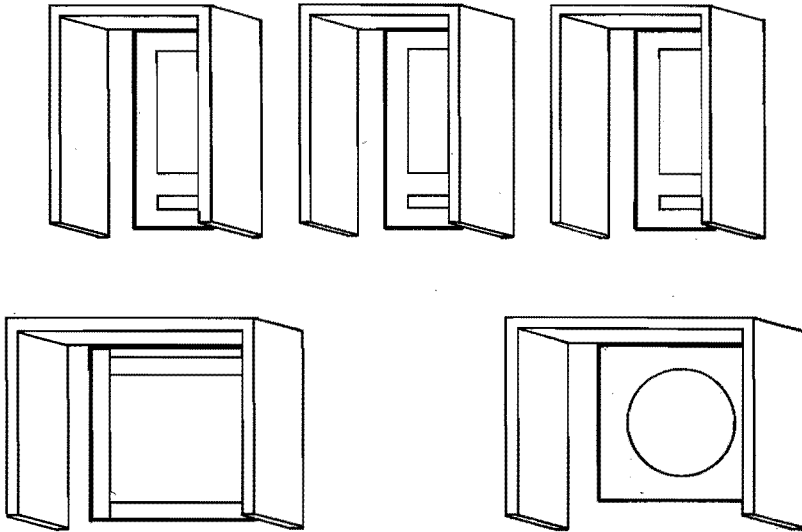
- het percentage goede observaties was, gemiddeld over de observatoren 90,5%.
- bij een fixatie-tijd van 2, 4 en 6 seconden door de "operator" waren de percentages resp. 89,2%, 92,4% en 92,9%.
- plaatsing van kapjes leidde niet tot betere resultaten.
- wanneer korter dan 2 sec. naar een instrument wordt gekeken, wordt de observatie belangrijk slechter. Zulke korte tijden kwamen in ons onderzoek vrijwel niet voor.



Figuur 4.1. Positie van observator.

4.3.1.2. De procedure bij het hoofdonderzoek

Op grond van de in par. 4.3.2.1. gegeven overwegingen kozen wij voor het vastleggen van kijk- en actiegedrag met behulp van een observatie-procedure. De observator stelt zich daarbij schuin voor de pp. op (zie figuur 4.1.) en spreekt in een draagbare cassette-recorder in code in, naar welk instrument de pp. zijn inziens kijkt of aan welk instrument hij handelt. Er zijn 28 mogelijkheden, nl. *kijken* naar de verschillende paneelinstrumenten (14), *kijken* naar processchema of normblad, ander kijkgedrag dan genoemd, *handelen* aan de verschillende paneelinstrumenten waaraan dat in principe kan (10 mogelijkheden) en "geen actie". In bijlage 9 zijn de verschillende mogelijkheden volledig opgenomen.



Figuur 4.2. Enkele meters met kapjes.

De procedure bij de simulatorproef is dan als volgt:

1. Pl. leest de instructie (zie bijlage 8A) hardop voor, terwijl de pp. meeleest.
2. Pp. zet oorbeschermers op (dit werd ingevoerd om te voorkomen, dat de pp. door het inspreken van de observator gestoord of beïnvloed werd; bovendien sloot het enigszins het omgevingslawaai buiten).
3. Pp. stelt zich, staande voor het paneel van de toestand van het proces op de hoogte (tijd: 2 minuten), terwijl de pl. het kijkgedrag inspreekt.
4. Na beëindiging van de 2 minuten "updaten" leest de pl. de instruc-

tie met betrekking tot het oplossen van de storing voor (zie bijlage 8B).

5. Pp. voert daarna gedurende 5 minuten de opdracht uit, terwijl een schrijver voor registratie van de hoeveelheid bodemproduct in werking is gesteld. De pl. spreekt het kijk- en actiegedrag in.

De op de cassette-recorder ingesproken codes m.b.t. het kijk- en actiegedrag van de operators werden op een tijdas van 300 seconden (5 minuten) gezet en per seconde werd gescoord, welke van de 28 mogelijke gedragingen de pp. vertoonde. Dit vergde voor de 87 ppn. bijzonder veel en nauwkeurig werk. De omzetting van de gegevens op de cassetteband tot ponsband waarop per pp. per seconde een code voor het vertoonde gedrag geschiedde met behulp van het observatiesysteem van het NIPG te Leiden en de medewerking van het Rekencentrum van R.U. te Leiden.*

De registratie van kijk- en actiegedrag zou meer efficiënt kunnen geschieden door de geobserveerde gegevens met een in de hand gehouden toetsenbord direct of indirect in een computer in te voeren. Deze mogelijkheid was ten tijde van dit onderzoek in ontwikkeling en is intussen gerealiseerd (zie Paternotte en Verkoeijen, 1978).

4.3.1.3. De maten

Er werden drie maten ontwikkeld om het kijk- en actiegedrag te scoren:

1. *Fractie van de totaal gekeken tijd dat goede oogfixaties zijn gedaan.*

$$\text{fractie goede fixaties} = \frac{\text{aantal sec. dat naar "goede" informatiepunten is gekeken}}{\text{totaal gekeken tijd (vrijwel altijd = 300 sec.)}}$$

onder "*informatiepunten*" verstaan wij de paneelinstrumenten, het processchema en het normblad. Onder "*goede*" informatiepunten verstaan wij de informatiepunten die van belang zijn voor het goed oplossen van de storing.

*Wij zijn het NIPG en het Rekencentrum van de R.U. Leiden veel dank verschuldigd voor hun medewerking.

Eénduidig werd door een panel van deskundigen (leraren) ook ons idee bevestigd, dat dit de volgende paneelinstrumenten betrof:

TI 1703 (toptemperatuur)

FIC 1701 (hoeveelheid voeding)

FIC 1703 (hoeveelheid reflux)

TIC 1702 (temperatuur plaat 33)

FR 1704/05 (hoeveelheid top- en bodemproduct).

2. *Fractie van de tijd, dat goede handelingen zijn verricht*

$$\text{fractie goede handelingen} = \frac{\text{aantal sec. dat aan "goede" meters is gehandeld}}{\text{totaal aantal sec. dat aan meters is gehandeld}}$$

Onder "goede" meters wordt in dit verband verstaan, de FIC 1701 (hoeveelheid voeding) en de FIC 1703 (hoeveelheid reflux); handelen aan een andere meter is fout. Er is genormeerd naar het totaal aantal sec. dat gehandeld is om te corrigeren voor persoonlijke trekken, zoals "veel aan de knoppen zitten" of juist "weinig aan de knoppen zitten".

3. *Fractie goede schakels*

$$\text{fractie goede schakels} = \frac{\text{aantal goede schakels}}{\text{totaal aantal schakels}}$$

Onder een schakel tussen twee instrumenten wordt verstaan het synchroon of sequentieel plaatsvinden van kijk- of actiegebeurtenissen aan die twee instrumenten. Er is sprake van een *schakel* tussen de meters A en B als er:

of direct na een kijk- of actiegebeurtenis aan A een kijk- of actiegebeurtenis aan B volgt,

of tegelijkertijd met een kijk (of actie-) gebeurtenis aan A een actie- (of kijk-) gebeurtenis aan B plaatsvindt.

Bij de telling van het aantal schakels werden de volgende regels gehanteerd:

1. Het gedurende langere tijd (meerdere seconden) tegelijkertijd bezig zijn met de meters A en B levert slechts één schakel op.
2. Wanneer na een periode waarin langere tijd met A en B is ge-

werkt (gekeken en gehandeld) een periode volgt waarin alleen met A wordt gewerkt, dan wordt slechts één schakel A-B geteld (dus niet òn een synchrone òn een sequentiële).

Een goede schakel bevat twee "goede" meters.

Samenvattend: Het kijk- en actiegedrag wordt door observatie en registratie via een cassette-recorder vastgelegd; in vooronderzoekingen is vastgesteld dat dit relatief betrouwbaar kan geschieden. Door dit gedrag aan een *norm* te relateren, krijgen wij een indruk van de *prestatie* van de ppn. in dit opzicht. Er zijn zo drie maten ontwikkeld, die in de tekst zijn beschreven, namelijk "fractie goede fixaties", "fractie goede handelingen" en "fractie goede schakels".

Als samenvattende maat voor kijk- en actiegedrag is de "*somscore kijk- en actiegedrag*" ingevoerd. Dit is de som van de per maat voor kijk- en actiegedrag toegekende kwartielscore-waarden, volgens dezelfde procedure bij de "*somscore IR*" werd toegepast.

4.3.1.4. *Hypothese m.b.t. kijk- en actiegedrag*

Met betrekking tot de relatie tussen IR en kijk- en actiegedrag formuleren wij nu de volgende hypothese:

Hypothese 1: Ppn. met een betere IR zullen tijdens de simulatorproef beter kijk- en actiegedrag vertonen bij het oplossen van een storing dan ppn. met een minder goede IR.

4.3.2. *De systeemoutput*

Een aantal indicatoren aan de output-kant van het systeem geeft aan in welke mate het regeldoel ("toch nog een goede kwaliteit product draaien") wordt bereikt, namelijk:

- de waarden van toptemperatuur en refluxverhouding (par. 4.3.2.1.);
- het verloop van de hoeveelheid bodemproduct (par. 4.3.2.2.).

4.3.2.1. *Toptemperatuur en refluxverhouding*

De pp. wordt gevraagd om -ondanks de storing- toch nog een zo goed mogelijke kwaliteit product te realiseren.

De kwaliteit van het product wordt vooral door twee factoren bepaald, nl.:

- *De temperatuur in de top van de kolom (TI 1703)*

Is deze te hoog, dan is de concentratie zware component in het top-product te groot; is de temperatuur te laag, dan is de concentratie zware component in het topproduct te gering.

- *De refluxverhouding*; De hoeveelheid reflux heeft invloed op de samenstelling van de vloeistof in de top van de kolom. Te weinig reflux (een te lage refluxverhouding) betekent een slechtere kwaliteit topproduct.

Ppn. die erin slagen tijdens hun proef te komen tot een goede top-temperatuur door de voeding te verminderen en die daarbij de reflux-hoeveelheid zodanig aanpassen dat weer de goede refluxverhouding ontstaat leveren een betere regelprestatie dan zij die dit niet of in onvoldoende mate doen. Daarom wordt aan het eind van de proef de stand van TI 1703 en van FIC 1703 genoteerd.

Twee maten worden nu onderscheiden:

1. *Afwijking toptemperatuur*. Deze score bestaat uit de absolute afwijking in °C van de normwaarde van 90°C. Aan het eind van de proef wordt de bereikte waarde genoteerd.
2. *Afwijking refluxverhouding*. Deze refluxverhouding is te bepalen door de hoeveelheid reflux te delen door de hoeveelheid voeding. De zo ontstane ratio moet de normwaarde "3" zo dicht mogelijk naderen.

De score "afwijking reflux" definiëren wij nu als de verhouding van de door de pp. verkregen refluxverhouding met de normwaarde "3", ofwel -wat preciezer geformuleerd-:

$$\text{Afw. refl.} = \max \left\{ \frac{3}{\text{verkregen refl. verh.}}, \frac{\text{verkregen refl.verh.}}{3} \right\}$$

Een pp. met een verkregen refluxverhouding van 6 krijgt zo eenzelfde score toegekend als een pp. met een verkregen reflux-

verhouding van 1,5. Aan het eind van de proef wordt de bereikte verhouding genoteerd.

4.3.2.2. *Verloop hoeveelheid bodemproduct*

Het verloop van de hoeveelheid bodemproduct is nauw gerelateerd aan het verloop van de toptemperatuur. Het verloop van de hoeveelheid bodemproduct werd gedurende de observatieperiode m.b.v. een speciaal daartoe aangebrachte schrijver nauwkeurig geregistreerd. Deze registratie geeft een indruk van de wijze waarop de pp. gedurende de observatieperiode de opdracht uitvoerde. Daar bekend is hoe het verloop van het bodemproduct zou zijn onder de ideale wijze van ingrijpen is als maat voor de regelprestatie de integraal genomen van de absolute afwijking van het door de pp. veroorzaakte verloop met de "norm" (zie bijlage 10). Dit vormt de score "afwijking verloop hoeveelheid bodemproduct", afgekort: "afw. bod."

Ook hier definiëren wij op de reeds beschreven wijze een samenvattende maat voor systeemoutput, namelijk de "*somscore systeemoutput*".

4.3.2.3. *Hypothese m.b.t. systeemoutput*

Wij formuleren m.b.t. de relatie tussen IR en systeemoutput de volgende hypothese:

Hypothese 2: Ppn. met een betere IR zullen bij de simulatorproef een betere output verkrijgen dan ppn. met een minder goede IR.

4.4. *Prestatiemaat II: Storingsdiagnose bij de proef "meters vragen"*

Een tweede proef die wij onze ppn. voorlegden was het opvragen van meterstanden teneinde storingen te diagnosticeren. Wij waren zowel geïnteresseerd in het zoekproces zelf (de zoekstrategie) als ook in het resultaat ervan, de "diagnose" van de storing. Uit het onderzoeksmodel moge blijken dat wij ook hier vermoeden, dat de prestaties

die de ppn. leveren beïnvloed worden door de kwaliteit van de IR. Wij gaan in par. 4.4.1. nader in op enkele mogelijkheden storingsdiagnose te operationaliseren. In par. 4.4.2. beschrijven wij de ontwikkeling van de proefopstelling en de storingen en in par. 4.4.3. tenslotte geven wij kort de procedure bij afname van de proef tijdens het onderzoek weer, waarbij zowel de zoekstrategieën als de diagnose aan de orde komen.

4.4.1. *Voorgaand onderzoek*

Storingsdiagnose als belangrijk onderdeel van het werk van operators vereist:

- het opnemen van informatie over het proces; dit betekent in onze situatie het raadplegen van paneelinstrumenten
- het interpreteren van deze informatie, waardoor de storing wordt geïdentificeerd.

Hoffman en Rothe (1970) onderzochten de wijze waarop operators in een electriciteitscentrale storingen identificeerden. Hun ppn. konden, nadat een afwijking van een belangrijke procesvariabele was aangekondigd, de pl. vragen naar de waarden, die de verschillende procesvariabelen hadden. Deze waarden waren per procesvariabele op een kaartje geschreven in de vorm van een uitspraak of deze "te hoog", "te laag" of "normaal" waren.

Deze kaartjes konden door de pp. geraadpleegd worden. De volgorde van opvragen werd genoteerd.

Een vergelijkbare procedure werd door Iosif en Ene (1975) gevolgd. Zij hadden echter de verschillende meterstanden grafisch op kaartjes voorgesteld, met de wijzer in de positie, die deze bij de betreffende storing aannam. Zij confronteerden een pp. met een kaartje waarop de stand van de procesvariabele met "signaalwaarde" stond. Dit is de procesvariabele die als "eerst ontdekt symptoom" geldt. De pp. begint dan wat zij noemen de "search of information", met het doel de oorzaak van de afwijking van deze eerste procesvariabele na te gaan. De pl. houdt de stapel kaartjes in de hand en reikt die, welke de pp. vraagt aan hem over.

Duncan en Shepherd (1975) werkten met een systeem van "back-projection" van dia's van het "paneel" onder verschillende storingscondi-

ties (het "paneel" is in feite een geconstrueerd model van het echte paneel). Hun voornaamste interesse betrof training.

De beschreven procedures brachten ons op het idee van onze proef. In de volgende paragraaf zullen wij beschrijven hoe wij tot onze proefopstelling zijn gekomen.

4.4.2. De proefopstelling

Bij het ontwikkelen van de proefopstelling die wij gebruikten bij de proef "meters vragen" kunnen de volgende fasen onderscheiden worden:

a. *Onderzoek naar storingseffecten* door proefnemingen aan de simulator en door gesprekken met de opleidingsstaf.

b. *Keuze van storingen* die in het onderzoek te gebruiken zijn.

Aan de te kiezen storingen werden de volgende eisen gesteld:

- de storingen moeten ook in de praktijk voorkomen;
- storingen waarbij auditieve signalen optreden zijn voor de proef onbruikbaar;
- de storingen moeten op de simulator te realiseren zijn;
- de storingen moeten leiden tot duidelijk waarneembare verschillen met de normwaarden van de procesvariabelen op het paneel;
- de storing moet niet door de werking van automatische regelaars worden opgeheven.

Een vijftal storingen voldeed aan deze criteria, nl.:

- . verontreiniging koelwater; vervuiling condensor
- . te weinig stoom door ejecteur
- . gedeeltelijk wegvallen hoofdstoomtoevoer
- . openvallen klep van de reflux
- . vervuiling stoomzijde invoerverwarmer.

(Voor de nadere uitwerking, zie bijlage 11.)

c. *Prepareren van de proefopstelling*

Nadat per storing was vastgesteld, welke de meterstanden waren die als gevolg ervan werden ingenomen, werd van elk ervan een dia gemaakt. Door deze op de juiste plaats op een plastic folie te monteren en de instrumentcodes aan te brengen, ontstond de mogelijkheid het paneel in verschillende storingscondities via een overhead-projector te presenteren. Bovendien konden naar believen instrumenten afgedekt worden, of (indien afgedekt) opengeklapt worden.

d. *Scoringswijze ontwerpen*

- Per storing werd in overleg met de opleidingsstaf beslist, welke meter als "procesvariabele-met-signaalwaarde" zou worden vastgesteld (wij kozen vijf storingen; één ervan werd twee keer aangeboden, maar met een verschillende "beginmeter", zodat wij feitelijk zes maal een storing aanboden).
- Per storing werd vastgesteld wat "goede" zoekstrategieën zijn; dit gebeurde door een panel van instructeurs.
- Een scoringswijze werd ontworpen om vast te stellen hoe goed de individuele zoekstrategie van een pp. is.

Per storing zijn verscheidene strategieën "goed" (d.w.z. worden door de opleidingsstaf als "goed" beoordeeld). Er wordt nu per storing het aantal "fouten" dat een pp. heeft gemaakt geteld.

Onder een "fout" verstaan wij"

- een *teveel* opgevraagde meter (de storing had al kunnen worden geïdentificeerd)
- een te *weinig* opgevraagde meter (de diagnose kon nog niet on-dubbelzinnig worden gesteld)
- een *verwisseling* in volgorde (de belangrijkheid van de informatie is niet goed afgeschat).

Men gaat na, welke goede strategie de pp. het meest benadert en waar-bij dus de foutensom het geringst is, en neemt deze som als score voor de betreffende storing. De "score zoekstrategie" is de som van de zes deelscores. In bijlage 12 zijn de "goede" strategieën per storing opgenomen.

4.4.3. *Het afnemen van de proef*

De procedure bij de proef "meters vragen" is als volgt:

- a. Instructie m.b.t. "storingsdiagnose" voorlezen (zie bijlage 13).
- b. Het achtereenvolgens aanbieden van de storingen
 - noteren: . tijd tot opvragen le meter
 - . totaal-tijd per storing
 - . (in volgorde) de opgevraagde meters
 - . de gestelde diagnose.

De proef "meters vragen" zoals boven omschreven, heeft als voordelen:

1. De pp. zit bij de projectie als het ware voor het paneel. Dit bevordert de levensechtheid van de situatie (vgl. bv. het uitreiken of uitzoeken van kaartjes bij de onderzoeken van Rothe c.s. en Iosif c.s.).
2. Het systeem is uiterst flexibel. Er kunnen naar believen storingen worden gesimuleerd. Bovendien is het systeem gemakkelijk transporteerbaar.
3. Individuele zoekstrategieën zijn expliciet en kunnen betrouwbaar worden vastgelegd.
4. Tenslotte kan het systeem ook worden gebruikt voor trainingsdoel-einden.

Nadeel blijft -zoals met alle vergelijkbare systemen die bedoeld zijn zoekstrategieën op het spoor te komen- dat de pp. gedwongen wordt sequentieel bezig te zijn. In de praktijk kan (denk bv. aan het herkennen van storingspatronen) ook parallel werken voorkomen.

4.4.4. Hypothesen m.b.t. de proef "meters vragen"

Wij formuleren m.b.t. de relatie tussen IR en de proef "meters vragen" een tweetal hypothesen, waarvan de eerste betrekking heeft op de zoekstrategie en de tweede op de diagnose.

Hypothese 3: Ppn. met een betere IR zullen tijdens de proef "meters vragen" betere zoekstrategieën bij storingsdiagnose vertonen dan ppn. met een minder goede IR.

Hypothese 4: Ppn. met een betere IR zullen tijdens de proef "meters vragen" vaker de goede diagnose stellen dan pp. met een minder goede IR.

4.5. Prestatiemaat III: De proef "belangrijkheidsoordeel meters"

Hieronder wordt de proef "belangrijkheidsoordeel meters" beschreven. Kragt (1971), Paternotte (1974) en Foeken (1973) noemen enkele be-

vindingen die voor ons belangrijk zijn:

- Sommige paneelinstrumenten hebben voor een operator een "informatie"-functie (hij vindt ze al of niet belangrijk vanwege de informatie die de meter geeft), andere hebben een "regel"-functie (hij vindt ze al of niet belangrijk vanwege de mogelijkheid die de meter biedt om in het proces *in te grijpen*).
- De belangrijkheidsoordelen over meters worden beïnvloed door de *procestoestand*.

4.5.1. Voorgaand onderzoek

Krivohlavy (1965) betrok in zijn onderzoek de belangrijkheidsopvatting van een tiental operators met betrekking tot de 18 meters op het door hem geanalyseerde paneel. De doelstelling van zijn onderzoek was met name te komen tot adviezen bij een nieuw paneelontwerp in een elektriciteitscentrale.

Zijn scoringswijze van de belangrijkheidsoordelen bestond hierin, dat hij elke operator vroeg tenminste 5 instrumenten te noemen die hij als de minst belangrijke beschouwde en (maar dit valt moeilijker uit de tekst op te maken) ook de vijf als meest belangrijk beschouwde weer te geven. Een instrument ontving voor elke keer dat het in de eerste categorie gescoord werd een negatief punt en voor elke keer dat het in de tweede categorie voorkwam een positief punt. Door optelling verkreeg hij per instrument een belangrijkheidsindex.

De (rang-)correlatie tussen deze over de operators gemiddelde *belangrijkeheidsindex* en de in par. 4.3.1.1. genoemde (over de operators gemiddelde) *raadplegingsfrequentie* was .50 voor de 18 meters.

Ook Kragt (1971) was, eveneens met als doel een mogelijk verbeterd paneelontwerp, geïnteresseerd in de belangrijkheidsoordelen over de verschillende meters op het paneel van het door hem onderzochte proces. De 10 betrokken meters werden daartoe eerst door elk van de operators op een driepuntsschaal beoordeeld ("zeer belangrijk", "tamelijk belangrijk" en "niet zo belangrijk"). Vervolgens werden ze paarsgewijs vergeleken.

Ook Paternotte (1974a) hanteerde de methode der paarsgewijze vergelijking. Hij vroeg een drietal operators van een batchdestillatieproces naar de belangrijkheidsoordelen over een aantal paneelinstrumenten.

Hij onderscheidde twee procescondities, nl. het opwarmen van de ketel en het afvoeren van de fractie. Ook maakte hij onderscheid tussen informatie- en ingreepfunctie. Bestudering van de data liet bij de tweede procesconditie intransitiviteiten zien (inconsistente ordeningen).

Waldus (1975) stelde acht operators vragen over de belangrijkheid van 14 instrumenten op het paneel van een destillatieproces. Hij onderscheidde vijf procescondities, nl. opstarten, verstoring^{*}, normale productie, stoppen en storing^{**}.

Hij maakte echter geen onderscheid tussen de informatie- en ingreepfunctie van de meters. Hij hanteerde de techniek van de "alternation ranking", d.w.z. dat hij van zijn ppn. vroeg uit de 14 meters de meest belangrijke en de minst belangrijke te kiezen (onder de betreffende procesconditie). Na verwijdering van deze (op kaartjes aangeboden) meters werd voor de resterende de vraag opnieuw gesteld. Hij kreeg aldus voor de vijf procescondities per operator een volgorde van belangrijkheid.

4.5.2. Procedure bij de proef "belangrijkheidsoordeel meters"

Wij kozen de volgende procescondities:

- opstarten
- normaal bedrijf
- storing (nl. de reeds genoemde vermindering in stoomtoevoer bij de simulatorproef).

Per conditie werd naar de belangrijkheidsoordelen gevraagd voor zowel de informatie-functie (hoe belangrijk vindt U de meter m.b.t. de informatie die hij U kan verschaffen?) als de ingreepfunctie (hoe belangrijk vindt U de meter m.b.t. de mogelijkheid van *ingrijpen* die deze biedt?).

^{*} een langzame verandering van de waarde van één of meer procesvariabelen.

^{**} een plotselinge verandering van de waarde van één of meer procesvariabelen.

De pl. biedt nu per conditie en per functie de te beoordelen paneel-instrumenten één voor één in willekeurige volgorde op kaartjes aan en verzoekt de pp. de kaartjes op een zevenpuntsschaal naar belangrijkheid te beoordelen. Bij de informatie-functie worden 13 meters beoordeeld; bij de ingreep-functie 9 meters.

De procedure van de proef was, samengevat, als volgt:

1. Pl. neemt met de pp. de instructie door (zie bijlage 14).
2. Achtereenvolgens worden de volgende condities afgewerkt:
 - normaal bedrijf, info-functie
 - opstarten, info-functie
 - storing, info-functie
 - normaal bedrijf, ingreepfunctie
 - opstarten, ingreepfunctie
 - storing, ingreepfunctie.
3. Per conditie wordt vastgelegd:
 - de schaalwaarden van de oordelen (zevenpuntsschaal)
 - de tijd (en dus ook de totale tijd).

Enkele opmerkingen:

1. In de instructie werd uitgebreid op het verschil tussen de informatie- en de ingreepfunctie ingegaan. Op deze wijze werd tot op zekere hoogte het probleem voorkomen, dat de proef tot inconsistente resultaten zou kunnen leiden door een verschil in interpretatie van het woord "belangrijk" door de ppn. Ook door uit te gaan van een drietal duidelijk omschreven procescondities wordt dit probleem ondervangen.

Het onderzoek van Krivohlavy (die deze onderscheidingen niet maakt) doet echter wel vermoeden, dat operators wellicht ook een -over de verschillende condities gegeneraliseerde- globale belangrijkheidsopvatting per meter bezitten.

2. Om de ppn. te helpen zich zo goed mogelijk in te leven werd een foto van het paneel en een processchema ter beschikking gesteld. Zo kunnen zij zich snel het typenummer van de meter, maar vooral ook de plaats op het paneel voor de geest halen. Bovendien stond elke conditie bij aanbidding nog eens met grote letters op een kaart vóór de pp.

4.5.3. De norm

Het oordeel over de belangrijkheid van de paneelinstrumenten onder de diverse condities is beter, naarmate deze meer overeenstemt met de opvatting die een panel van deskundigen (instructeurs technologie OCT) hierover hebben. De proef is daartoe ook bij een vijftal instructeurs uitgevoerd. De uitkomsten zijn weergegeven in bijlage 15. Het blijkt, dat door hen over het algemeen zeer consistent wordt gescoord. Slechts één van de 14 meters (bij de informatiefunctie) wordt niet eenduidig opgevat. Deze wordt bij de verwerking niet meegenomen. De norm per conditie per meter is het op gehele getallen afgeronde rekenkundige gemiddelde van de vijf beoordelingen. De score van een pp. is de (absolute) afwijking van deze norm, waarbij een afwijking van 1 schaalwaarde wordt toegestaan.

Zo verkrijgen wij een score per conditie. De "score belangrijkheidsoordeel" bestaat uit de sommatie van de scores over deze zes condities.

4.5.4. Hypothese m.b.t. belangrijkheidsoordeel

Ten aanzien van de relatie tussen IR en de prestatie op de proef "belangrijkeitsoordeel meters" formuleren wij de volgende hypothese:

Hypothese 5: Ppn. met een betere IR zullen betere oordelen hebben over de belangrijkheid der diverse paneelinstrumenten dan ppn. met een minder goede IR.

4.6. Prestatiemaat IV: Examenuitslag OCT

4.6.1. Het VAPRO-examen

Als vierde "afhankelijke variabele" is in het onderzoeksmodel de examenuitslag voor procesoperator B van de Stichting Vakopleiding Procesindustrie (VAPRO) opgenomen. Het examen bestaat uit drie onderdelen" theorie, praktijk "bediening" en praktijk "onderhoud". Hoewel enigszins anders van aard dan de overige prestatie-maten leek deze maat ons behalve om de in par. 3.1. genoemde redenen ("tussenliggend

criterium") ook om praktische redenen (selectie, opleiding) van voldoende belang om mee te nemen in dit onderzoek.

4.6.2. *Hypothese m.b.t. de examenuitslag*

Ten aanzien van de examenuitslag formuleren wij de volgende hypothese:

Hypothese 6: Ppn. met een betere IR zullen hogere cijfers behalen op de examenonderdelen dan ppn. met een minder goede IR.

4.7. *Modererende factoren*

1. *Persoonlijke aspecten*

- . Habituele Actiebereidheidstest (Dirken, 1968)
- . Prestatiemotivatietest (Hermans, 1967)
- . Amsterdamse Biografische Vragenlijst (de Wilde, 1963)
- . Zelfbeoordelingsschaal Fey (Fey, 1978)

Factor-analytisch onderzoek van Fey (1978) toonde aan dat bij een vergelijkbare reeks van tests (slechts de H.A.B. ontbrak bij hem) een viertal redelijk interpreteerbare factoren werd gevonden. Wij voerden een principale componenten-analyse op de elf variabelen uit (H.A.B., PMT-P, F-, F+, ABV-N, NS, E, Fey's schaal: Ex, Em, Ss, Imp). Daarvoor zij verwezen naar par. 5.5. De vier geïnterpreteerde componenten dienden als aanknopingspunt voor het onderzoek naar moderator-variabelen. Van elk van de componenten wordt nagegaan of zij modererend werken op de relatie tussen IR en de verschillende prestatie-maten.

2. *Vooropleiding*

Onderscheid wordt gemaakt tussen technische en niet-technische vooropleidingen; daarbinnen wordt onderscheid gemaakt naar niveau van de opleiding (hoog, laag).

In bijlage 16 is de indelingswijze opgenomen. Ook hier willen wij nagaan of deze factor modererend werkt.

3. *Stage-ervaring*. Deze variabele is voor elke pp. bekend.

Wij formuleren nu ten aanzien van deze drie variabelen de volgende hypothese:

Hypothese 7: Persoonlijkheidsaspecten, vooropleiding en stage-ervaring hebben een modererende invloed op de relatie tussen IR en de verschillende prestatiematen.

Verondersteld wordt, dat de relatie tussen IR en prestatie sterker zal zijn bij de subgroep met een technische c.q. een hoge vooropleiding. Met betrekking tot de persoonlijkheidsaspecten wordt verondersteld dat de relatie sterker zal zijn bij de "angstige" ppn.

4.8. De achtergrondfactoren intelligentie en opleiding

In het onderzoeksmodel is gepostuleerd dat een aantal achtergrondfactoren van invloed zijn op de kwaliteit van de IR. In dit verband houdt dat in, dat het effect van de instructies op het ontstaan van goede IR's door deze factoren worden medebepaald. Deze factoren zijn (zie onderzoeksmodel, fig. 3.1.): intelligentie, vorderingen OCT, vooropleiding en stage-ervaring.

Wij beschikken via de gegevens van de Psychologische Dienst van DSM over de volgende intelligentiematen:

- *Luning-Prak IQ* (schaal A, model 2). Het betreft hier over het algemeen nogal schoolse, verbale opgaven.
- *T-niveau Centrum Test*. Dit is een test die door het Directoraat Generaal voor de Arbeidsvoorziening (afd. beroepskeuzevoorlichting) wordt gebruikt. De 9 subtests zijn: technisch inzicht, spoortrekken, natekenen, blokken tellen, uitslagen, visueel geheugen, balkenproef, rekenen en stillezen. Het T-niveau wordt uitgedrukt in een score van 0 - 8.
- *Raven's Progressive Matrices*
- Voor gemiddeldes en spreidingen met betrekking tot deze maten zij verwezen naar bijlage 18.

Als samenvattende maat hanteren wij de "somscore intelligentie", die

op de reeds besproken wijze wordt bepaald.

Ten aanzien van de *vooropleiding* is reeds in par. 4.7. de wijze van operationalisering ervan aan de orde geweest. Het al of niet bezitten van *stage-ervaring* is bekend (we hebben immers deze twee groepen ppn. speciaal opgenomen). Ten aanzien van de factor *vorderingen OCT* zij hier opgemerkt dat een factor-analyse van de cijfers op een negental "vakken" tot drie interpreteerbare factoren leidde (zie par. 5.6.). Hypothese 8 luidt dan als volgt:

Hypothese 8: Ppn. met een hogere intelligentie, een hogere-, c.q. technisch gerichte vooropleiding, met stage-ervaring en betere vorderingen op de OCT-opleiding zullen een betere IR bezitten dan ppn. die deze attributen niet (c.q. minder) bezitten.

4.9. Vooronderzoek

Teneinde de ontwikkelde proeven en meetinstrumenten op hun bruikbaarheid te toetsen werd een vooronderzoek verricht bij 8 leerlingen (een klas) van het OCT. Zij waren in hun opleiding zover gevorderd, dat zij vlak voor hun eerste praktijkstage stonden.

Tijdens het vooronderzoek werd de klassikale instructie door één van de leraren gegeven. Deze instructie vormde de basis van de in het hoofdonderzoek gebruikte klassikale standaardinstructie.

Tijdens het vooronderzoek bleek, dat de ppn. te weinig gelegenheid hadden gehad de plaats van de verschillende instrumenten op het paneel direct te identificeren. Zo bleek tijdens de simulatorproef en uit gesprekken met de ppn. achteraf, dat een gedeelte van de geobserveerde oogfixaties op de instrumenten beschouwd moet worden als het zoeken naar een bepaalde meter. Daarom werden tijdens het hoofdonderzoek in de klassikale standaardinstructie twee oefeningen hierop gericht.

De instructie voor de belangrijkheidsbeoordeling werd na het vooronderzoek uitgebreid en verbeterd; bovendien werden onder de ingreepconditie alleen meters opgenomen waaraan kan worden ingegrepen.

De vragenlijsten werden tenslotte op enkele punten verbeterd.

4.10. *Samenvatting*

In dit hoofdstuk werd de ontwikkeling van de verschillende instructies, proeven en meetinstrumenten beschreven. De ppn. krijgen alle een standaardinstructie over het proces en de simulator, zowel klassikaal (meer "theoretisch") als aan de simulator zelf (meer "praktisch"). Deze instructies werden in par. 4.1. beschreven.

In par. 4.2. werd de ontwikkeling beschreven van de vragenlijsten "mentaal model A" en "mentaal model B" (die het inzicht in het functioneren van het proces betreffen) en werd de vraag naar een tekening van het proces behandeld (waarmee wij het zgn. mentale procesbeeld, dat betrekking heeft op de structuur van het proces trachtten te achterhalen). Daarna werden een viertal situaties beschreven waarin aspecten van gedrag en prestatie werden vastgelegd die van belang lijken voor het goed regelen van processen, nl. de prestatie aan de simulator (storing verhelpen), par. 4.3.; de prestatie op de proef "meters vragen" (storingsdiagnose), par. 4.4.; de prestatie op de proef "belangrijkheidsoordeel meters", par. 4.5. en tenslotte de examenuitslag aan het eind van de opleiding, par. 4.6. Vervolgens werden de variabelen besproken waarvan de modererende rol bij de relatie IR-prestatie wordt onderzocht (par. 4.7.). Na een kort overzicht van de achtergrondfactoren (par. 4.8.) werd het vooronderzoek behandeld.

V R E S U L T A T E N

5.1. *Inleiding*

Het hoofdonderzoek vond plaats in de periode van januari-februari 1976 bij 9 klassen, met in totaal 87 leerling-operators. Van deze 87 leerlingen werden er 41 onderzocht op een tijdstip dat lag vlak vóór zij hun stage-periode ingingen (dus na bijna een half jaar opleiding) en 46 op een tijdstip dat lag vlak vóór het eind van de stage, (dus na bijna 1 jaar opleiding). Hun gemiddelde leeftijd was 25,2 jaar (sd=3,9). Per klas waren twee tot drie dagen nodig om de verschillende onderdelen van het onderzoek af te ronden. Het onderzoeksteam bestond uit twee of drie proefleiders (studenten bedrijfskunde of psychologie in een gevorderd stadium van hun studie).

De uit het onderzoek verkregen data werden verponst en op pack opgeslagen.

Een groot gedeelte van de gegevensverwerking vond plaats met behulp van het SPSS-software pakket (Statistical Package for the Social Sciences), zoals dat geïmplementeerd is op de Burroughs van de T.H. Eindhoven.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Leidraad daarbij zijn de hypothesen, zoals die in het vorige hoofdstuk zijn weergegeven. Bovendien worden enkele additionele resultaten en analyses besproken. In par. 5.2. worden de intercorrelaties tussen de IR-maten gepresenteerd. In par. 5.3. worden de relaties tussen de prestatie-maten onderling besproken. In par. 5.4. komt de relatie tussen de interne procesrepresentatie en de verschillende prestatie-maten aan de orde; in par. 5.5. wordt de rol van de mogelijke modererende variabelen nagegaan. In par. 5.6. wordt het verband onderzocht tussen enerzijds de achtergrondfactoren (intelligentie, vooropleiding, OCT-vorderingen en stage-ervaring) en anderzijds de kwaliteit van de interne procesrepresentatie; vervolgens wordt in par. 5.7. een alternatief model met het hier gehanteerde onderzoeksmodel vergeleken. In par. 5.8. volgen nog enkele additionele resultaten. Tenslotte zij erop gewezen, dat in bijlage 18 van de belangrijkste variabelen gemiddeldes, spreidingen en frequentieverdelingen (c.q. histogrammen) zijn opgenomen.

5.2. Intercorrelaties IR-maten

In tabel 5.1. zijn de intercorrelaties tussen de IR-maten (zowel voor de eerste- als tweede afname) opgenomen (n is steeds 87 of iets minder ingeval van incidenteel ontbrekende gegevens).

Tabel 5.1. Intercorrelaties tussen de IR-maten (n \approx 87)*

	mmA 1	mmA 2	mmB 1	mmB 2	mb-a**	mb-b**	mb
mmA 1	-						
mmA 2	.46	-					
mmB 1	.13	.21	-				
mmB 2	.18	.29	.61	-			
mb-a	-.02	.17	.02	.12	-		
mb-b	.01	.19	.11	.25	.65	-	
mb	-.01	.19	.04	.17	.97	.82	-

Met betrekking tot tabel 5.1. dient het volgende nog te worden opgemerkt:

1. De correlatie tussen mmA 1 en mmA 2 is .46, hetgeen niet zeer hoog is; die tussen mmB 1 en mmB 2 ligt redelijk hoog, nl. .61. Men dient te bedenken, dat de correlaties niet geheel geïnterpreteerd kunnen worden als indicaties voor herhaalbetrouwbaarheid, daar tussen de eerste en tweede afname de diverse proeven plaats vonden.

* Bij een aselechte steekproef uit een populatie is bij n=80 een waarde van .185 significant bij $\alpha=.05$ (eenzijdig). Hoewel onze groep ppn. (n=87) geen aselechte steekproef is, beschouwen wij een $r=.18$ niettemin als een "interessante" grens. Een "significante" r wordt onderstreept. Dit geldt ook voor alle volgende tabellen.

** mb-a: score op de eerste 21 items, die vragen naar aanwezigheid van procesonderdelen in de tekening

mb-b: score op de laatste 5 items, die vragen naar het al of niet op de juiste plaats, of -wijze getekend hebben van de procesonderdelen.

2. De onderdelen van de procestekening (mb-a en mb-b) correleren redelijk hoog (.65) en beide vertonen (uiteraard) een hoge correlatie met mb (.97 en .82).
3. Tussen de drie IR-maten bestaan bij de eerste afname geen significante correlaties. Bij tweede afname is dit wel het geval (de correlaties zijn resp. .29, .19 en .17). Aangenomen dat de drie maten aspecten van IR meten, wijst dit erop, dat deze (bij onze ppn. uiteraard en bij eerste afname) betrekkelijk los van elkaar staan. Wij verwijzen ook naar de discussie in par. 6.1.2.

5.3. Intercorrelaties der prestatie-maten

Alvorens de relatie tussen IR en de prestaties op de diverse proeven te bespreken, worden hieronder enkele opmerkingen over de intercorrelaties tussen de diverse prestatiematen gemaakt (voor de intercorrelatietabel, zie bijlage 17).

Hieronder volgen enkele opmerkingen ten aanzien van deze tabel:

1. Tussen de drie maten voor kijk- en actiegedrag bestaan hoge correlaties (resp. .82, .73 en .59); deze zijn te verwachten, als men bedenkt dat het handelen aan een bepaalde meter vaak tevens inhoudt dat naar dezelfde meter wordt gekeken, tenzij het observatieprotocol anders vermeldt. Ook komen meters waarnaar vaak wordt gekeken juist daarom veel in schakels voor. Er zit dus een stuk "spuriousness" in deze correlaties.
2. De systeemoutput-maten vertonen onderling vrij hoge correlaties (resp. .72, .52 en .38). Daarvan is die tussen "afw.toptemp" en "verloop bodemprod." ($r=.72$) deels op grond van procestechnische overwegingen te verwachten.
3. Tussen de maten voor kijk- en actiegedrag en de maten voor systeemoutput bestaan vrij redelijke correlaties (deze liggen tussen de .37 en de .18; gemiddeld is de correlatie .30). In deze correlaties manifesteert zich dus het feit, dat het zich bezighouden (wat kijken en handelen betreft) met goede meters in verband staat met een goede systeemoutput. Dat de correlaties niet nog hoger zijn valt snel in te zien, indien men bedenkt dat bv. handelen aan goede meters niet gelijk is aan *goed* handelen aan die meters.

4. De twee maten voor prestaties op de proef "meters vragen" (zoekstrategieën en storingsdiagnose) vertonen een correlatie van .45. Dit wijst erop, dat het op juiste wijze zoeken van informatie bij storingen ook verband houdt met een groter aantal juiste diagnoses.
5. De drie onderdelen van het examen vertonen niet al te hoge intercorrelaties (resp. .24, .25 en .26). Dit wijst erop dat de drie examenonderdelen (theorie, bediening en onderhoud) niet bijzonder veel met elkaar te maken hebben.
6. Tussen de diverse proeven (simulatorproef, meters vragen, belangrijkheidsoordeel, examens) bestaan over het algemeen lage correlaties. Zij betreffen (in elk geval voor de in dit onderzoek gebruikte ppn. en deze situatie) kennelijk nogal onafhankelijke prestatie-aspecten.
7. Er is nog een principale componentenanalyse op bovenstaande correlatiematrix verricht. Deze leverde vier interpreteerbare componenten op, die vrijwel volledig samenvielen met de gebruikte proeven, nl. kijk- en actiegedrag, systeemoutput, meters vragen en examen. Slechts de proef "belangrijkheidsoordeel" bleef nogal oninterpreteerbaar.

5.4. De relatie tussen IR en de diverse prestatie-maten

In par. 5.4.1. gaan wij in op de prestaties aan de simulator, nl. het *kijk- en actiegedrag* en de *systeemoutput*. In par. 5.4.2. bezien wij de proef "meters vragen", in par. 5.4.3. de belangrijkheidsoordelen en in par. 5.4.4. de examenresultaten.

5.4.1. De simulatorproef

A. *Kijk- en actiegedrag aan het paneel.*

Hypothese 1 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen tijdens de simulatorproef beter *kijk- en actiegedrag* vertonen bij het oplossen van een storing dan ppn. met een minder goede IR.

In tabel 5.2. zijn de correlaties weergegeven die voor de toetsing van deze hypothese van belang zijn.

Tabel 5.2. Correlaties tussen IR en kijk- en actiegedrag (n ≈ 87)[✱]

	somscore k-a gedrag	fractie goede fix.	fractie goede hand.	fractie goede schak.
somscore IR	<u>.30</u>	.17	<u>.26</u>	<u>.37</u>
mmA	<u>.24</u>	<u>.25</u>	<u>.18</u>	<u>.29</u>
mmB	.14	.03	.10	.17
mb	<u>.19</u>	.14	.17	<u>.25</u>

In de figuren 5.1.a t/m 5.1.d geven wij de relaties nog eens weer door de groep ppn. naar oplopende scores op somscore IR in vijf subgroepen (met in elk zoveel mogelijk evenveel ppn.) te verdelen en voor elk de gemiddelde score op de betreffende "afhankelijke variabele" te bepalen.

Bovendien voeren wij, hoewel na de correlatieberekening enigszins overbodig, een variantie-analyse uit en toetsen de relatie op lineariteit.

Bij elke figuur staan de volgende indices:

- F-prob.: geeft de kans aan, dat de gevonden verschillen tussen de subgroepen toevallig zijn
- F-lin. : geeft de overschrijdingskans van de toets op aanwezigheid van een lineaire trend.

[✱]Zie opmerking bij tabel 5.1. Opgemerkt zij ook nog eens, dat tenzij anders vermeld n steeds 87 bedraagt of zoveel minder als er in incidentele gevallen ontbrekende gegevens zijn.

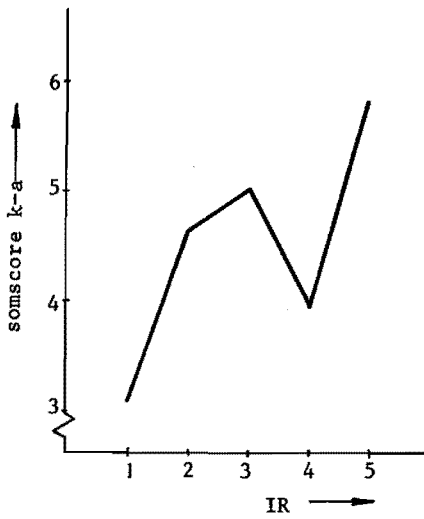


Fig. 5.1.a Relatie tussen
IR en somscore k-a gedrag
F-prob. = .07
F-lin. = .03

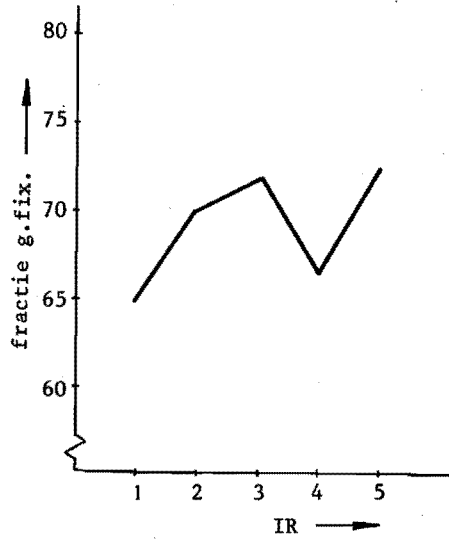


Fig. 5.1.b Relatie tussen
IR en fractie goede fixaties
F-prob. = .40
F-lin. = .26

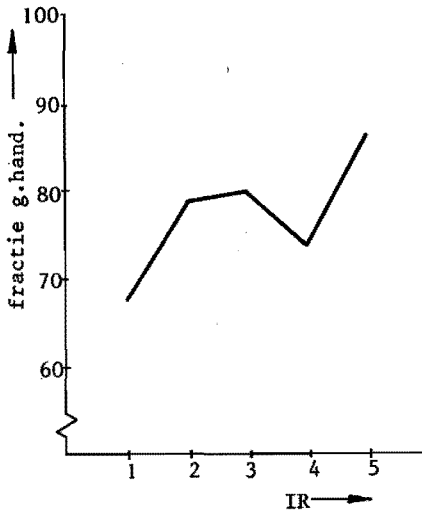


Fig. 5.1.c Relatie tussen
IR en fractie goede handelingen
F-prob. = .21
F-lin. = .08

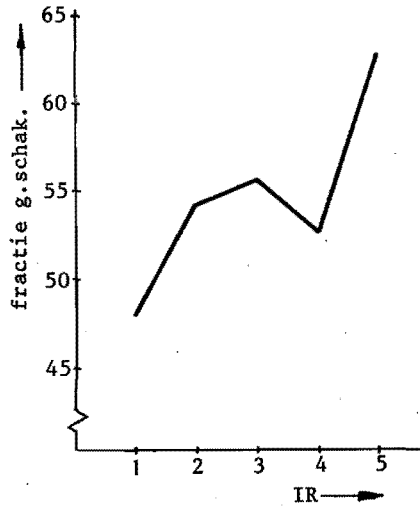


Fig. 5.1.d Relatie tussen
IR en fractie goede schakels
F-prob. = .02
F-lin. = .01

Groep 4 lijkt enigszins uit de toon te vallen. Dit is hoogstwaarschijnlijk een toevallige uitschieter. Daar de maten onderling niet onafhankelijk zijn, zal dit effect bij elk van de vier figuren te zien zijn.

Op grond van tabel 5.3. concluderen wij, dat hypothese 1 over het algemeen bevestigd wordt. Ppn. met een betere IR vertonen "beter" kijk- en actiegedrag dan ppn. met een minder goede IR: de product-moment correlatie tussen de somscore IR en de somscore k-a gedrag is .30. Bij nadere inspectie valt op, dat de hypothese vooral wat betreft mmA wordt bevestigd. Het algemeen patroon is, dat voor de drie maten van kijk- en actiegedrag de relatie met mmA steeds onze grens van .18 overschrijdt. Het weet hebben van relaties tussen procesvariabelen (vooral met betrekking tot het functioneren van het proces), kennis van "wat leidt tot wat", is kennelijk van belang voor een "goed" kijk- en actiegedrag. Het minst duidelijk is het verband met mmB: de product-moment correlatie is in geen van de gevallen $\geq .18$. Opvallend is nog, dat de correlaties tussen de somscore IR en de maten voor kijk- en actiegedrag oplopen in de volgorde goede fixaties, goede handelingen, goede schakels. Deze volgorde lijkt er een te zijn van een toenemende mate van integratie van gedrag (alleen kijken, handelen, kijken en handelen).

B. De systeemoutput

Hypothese 2 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen bij de simulatorproef een betere output verkrijgen dan ppn. met een minder goede IR.

In tabel 5.3. zijn de correlaties tussen de IR-maten en de maten voor systeemoutput weergegeven. Wij verwachten negatieve correlaties met deze maten, daar het om foutenscores gaat (de somscore is omgepoold).

Tabel 5.3. Correlaties tussen IR en systeemoutput.

	somsc.outp.	afw. bod.	afw. refl.	afw. temp.
somscore IR	<u>.21</u>	-.13	-.09	<u>-.24</u>
mmA	<u>.27</u>	<u>-.21</u>	-.14	<u>-.25</u>
mmB	.07	-.05	-.08	-.11
mb	.11	-.08	-.03	-.17

In de figuren 5.2.a t/m 5.2.d worden in analogie met fig. 5.1. de relaties nog eens visueel weergegeven; de vijf groepen zijn op dezelfde wijze naar oplopende IR-score ingedeeld.

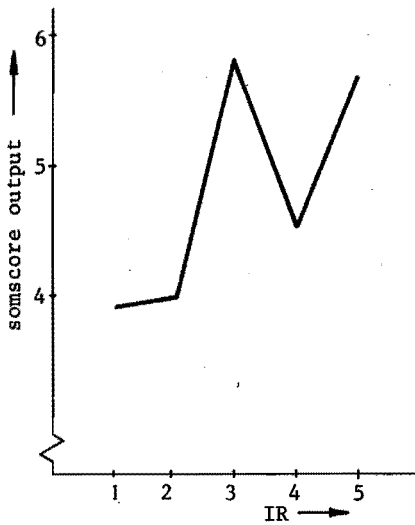


Fig. 5.2.a Relatie tussen IR en somscore output
 F-prob. = .10
 F-lin. = .04

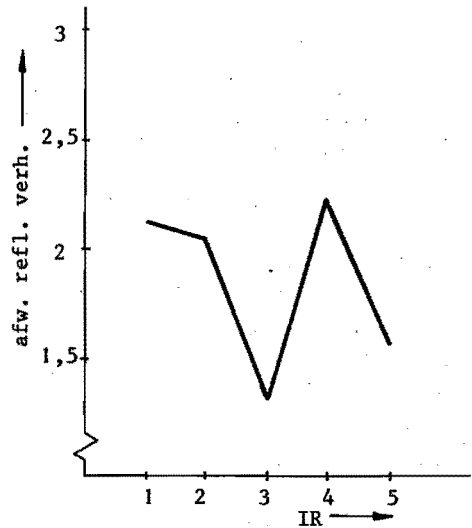


Fig. 5.2.b. Relatie tussen IR en afwijking refl. verh.
 F-prob. = .53
 F-lin. = .51

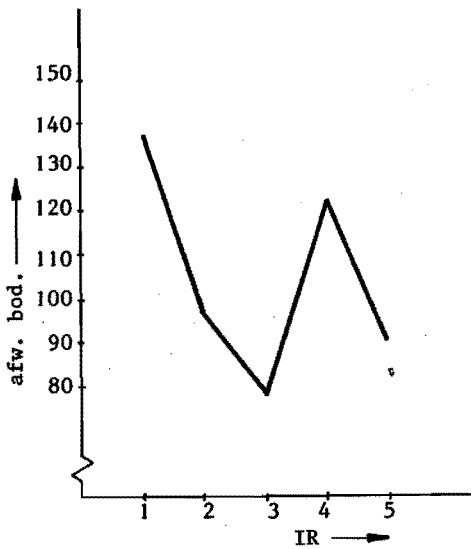


Fig. 5.2.c Relatie tussen IR en afwijking bodemproduct
 F-prob. = .05
 F-lin. = .16

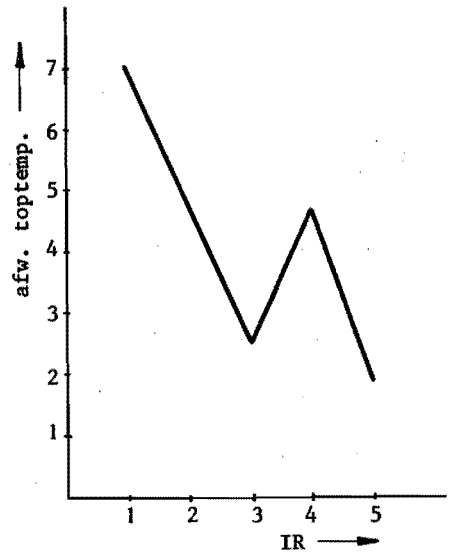


Fig. 5.2.d Relatie tussen IR en afwijking toptemperatuur
 F-prob. = .16
 F-lin. = .04

Concluderend merken wij op, dat er aanwijzingen zijn, dat hypothese 2 vooral steun krijgt voor wat betreft het verband tussen mmA en de output-maten: de correlatie tussen mmA en de somscore output bedraagt .27. Voor deze correlatie is dan vooral het verband met afw. totemp. en afw. bodemprod. verantwoordelijk die zoals wij reeds zagen ook onderling sterk samenhangen. Evenals bij het kijk- en actiegedrag het geval was lijkt het ook hier, dat kennis van het functioneren van het proces nog het meest samenhangt met de prestaties van de ppn . ten aanzien van het leveren van een goede systeem-output. De overige correlaties zijn, hoewel in de goede richting, uiterst laag. Verband tussen de IR-maten en het verkrijgen van een goede refluxverhouding lijkt niet of nauwelijks aanwezig (hoewel met mmA nog het meest). Mogelijk heeft het aanpassen van de refluxverhouding aan de veranderde invoer (meer een "weetje", waaraan de pp . moet denken) als zodanig minder dan de andere outputmaten te maken met inzicht in de relaties tussen procesvariabelen. Dit kan een oorzaak van de relatief geringe correlatie tussen de IR-maten en de afwijking refluxverhouding zijn.

5.4.2. De proef "meters vragen"

A. Zoekstrategieën. Hypothese 3 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen tijdens de proef "meters vragen" betere zoekstrategieën bij storingsdiagnose vertonen dan ppn. met een minder goede IR.

Onderstaande tabel 5.4. geeft de correlaties tussen de IR-maten en de "score zoekstrategie".

Tabel 5.4. Correlaties tussen de IR-maten en zoekstrategieën

	somsc. IR	mmA	mmB	mb
score strat.	<u>.21</u>	.12	.01	<u>.31</u>

In figuur 5.3. is de relatie (op dezelfde wijze als in fig. 5.1.) in beeld gebracht:

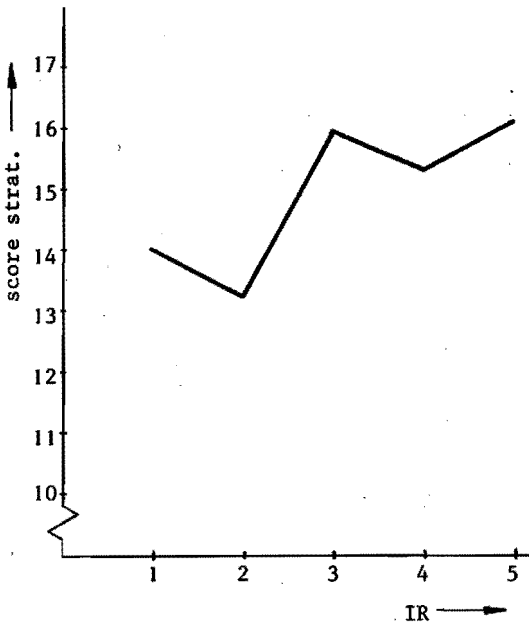


Fig. 5.3. IR en zoekstrategieën, F-prob. = .30, F-lin. = .07

Met betrekking tot hypothese 3 is op te merken, dat deze vooral met betrekking tot het verband tussen *mb* en de "score zoekstrategie" steun krijgt. Inzicht in de structuur van het proces (geoperationaliseerd als de kwaliteit van de procestekening) is kenmerkend van de drie IR-maten het meest van belang voor het op de juiste wijze aftasten van de informatiebronnen ter identificatie van storingen ($r=.31$).

De opdracht tot het tekenen van de fabriek werd door de ppn. zo uitgevoerd dat zij processchema's produceerden. Wij kunnen dus gevoelig aannemen dat de kwaliteit van de getekende processchema's (zijn de verschillende elementen vertegenwoordigd en juist weergegeven?) verband houdt met de prestaties van de ppn. bij het zoeken naar informatie. Dit is te begrijpen als men bedenkt, dat bij de opdracht gestart werd met een meter die een ongewenste waarde aangaf. De procestekening nu geeft allerlei verbindingen aan van en naar het punt waar de informatie over het proces, die op die meter wordt gerepresenteerd, wordt opgenomen. De pp. redeneert waarschijnlijk vanuit het "foute" punt en de tekening waarop de processtructuur is weergegeven biedt hem daartoe de gelegenheid en geeft hem daarbij steun. Veel moeilijker is dit, wanneer wordt geredeneerd vanuit allerlei inputs en het effect ervan op de verschillende procesvariabelen (zoals bv. bij *mmA*). Het gaat er bij deze proef juist om, vanuit de procesvariabelen terug te redeneren naar de storing! Hoewel wij het dus eens zijn met de bewering van Iosif en Ene (1975) dat het proces van informatie-zoeken bij storingsdiagnose ... "depends on the operator's knowledge of the process" ..., lijken de resultaten erop te wijzen dat het vooral de kennis van de concrete structuur van het proces is, die hier van invloed is en minder de in *mmA* gevraagde relaties tussen inputs en de effecten ervan.

B. *Storingsdiagnose*

Hypothese 4 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen tijdens de proef "meters vragen" vaker de goede diagnose stellen dan ppn. met een minder goede IR.
--

Tabel 5.5. geeft de correlaties tussen de IR-maten en de "score storingsdiagnose".

Tabel 5.5. Correlatie tussen de IR-maten en storingsdiagnose.

	somsc. IR	mmA	mmB	mb
score diagn.	<u>.26</u>	<u>.20</u>	.06	<u>.22</u>

In figuur 5.4. is de relatie nog eens visueel voorgesteld:

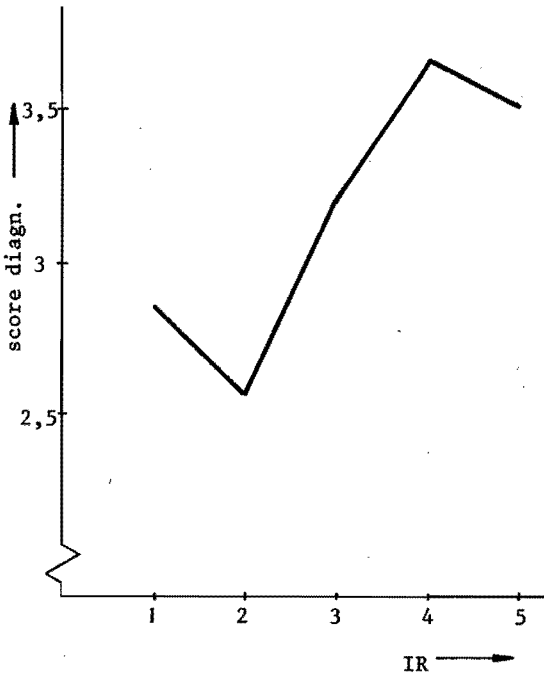


Fig. 5.4. IR en storingsdiagnose

F-prob. = .11

F-lin. = .02

Met betrekking tot hypothese 4 zij opgemerkt, dat globaal gezien steun wordt verkregen door de daarin vervatte veronderstelling dat

de IR-maten positief correleren met de prestaties bij storingsdiagnose. Wel valt op, dat naast mb hier ook mmA nog een zekere rol speelt. Het blijkt bovendien, dat mmB wederom geen of nauwelijks verband houdt met deze prestatie maat. De resultaten lijken erop te wijzen, dat naast de kennis van de processtructuur (mb) ook kennis van de effecten van inputs op de procesvariabelen (mmA) van invloed is op de juistheid van de storingsdiagnose. Bezien wij onderstaande tabel, waarin voor zowel zoekgedrag als diagnose de correlaties met de IR-maten nog eens zijn weergegeven (tabel 5.6.).

Tabel 5.6. Correlaties tussen de IR-maten en "score strat.", resp. "score diagn". (tabel 5.4. en 5.5. samengevoegd).

	mmA	mmB	mb
score strat.	.12	.01	<u>.31</u>
score diagn.	<u>.20</u>	.06	<u>.22</u>

Wellicht één van de redenen, dat ook mmA met score diagn. nog een correlatie $\geq .18$ oplevert, is dat na het zoekproces van informatie (waarbij structurele aspecten kennelijk belangrijk zijn) maar vóór de diagnosestelling nog een *verificatie* plaatsvindt, waarbij nu wél vanuit de betreffende input (i.c. storing) nagegaan wordt wat de effecten ervan zijn; dit nu is juist datgene waarnaar in mmA wordt gevraagd.

Schematisch is *tijdens het zoeken* het denkproces mogelijk als volgt voor te stellen:

symptoom → lijnen naar oorzaken,

terwijl *bij de diagnose* nog een proces volgt, nl.:

(symptoom → lijnen naar oorzaken) → effecten

Dit laatste is dan te beschouwen als een verificatie- of bevestigingspoging met betrekking tot het gevondene.

5.4.3. De proef "belangrijkeidsoordeel meters"

Hypothese 5 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen betere oordelen hebben over de belangrijkheid der diverse paneelinstrumenten dan ppn. met een minder goede IR.

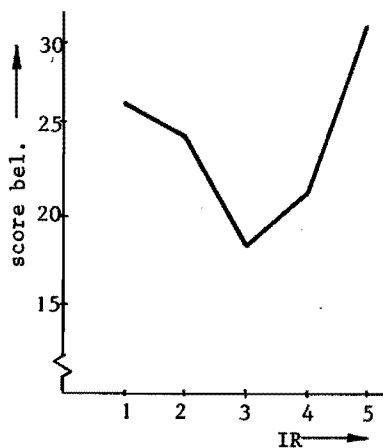
De correlaties tussen de IR-maten en de "score belangrijkheidsoordeel" zijn weergegeven in tabel 5.7.

Tabel 5.7. Correlaties tussen de IR-maten en belangrijkheidsoordeel

	somsc.IR	mmA	mmB	mb
score bel.	.08	.10	.06	.11

Ten aanzien van hypothese 5 moet worden opgemerkt dat geen van de bevindingen de hypothese steun geeft. De gevonden correlaties zijn niet significant afwijkend van .00. (Wij verwachtten negatieve correlaties daar het afwijkingsscores van de norm betreft.)

Inspectie van het scattergram en de visualisering van de relatie in figuur 5.5. wekken echter sterk het vermoeden, dat er sprake is van een u-vormig verband. De resultaten van de variantie-analyse bevestigen deze veronderstelling: er is sprake van een significante kwadratische component (F -kwadr. = .03).



Figuur 5.5. De relatie tussen IR en belangrijkheidsoordeel.

Het lijkt erop, dat zowel ppn. met een relatief *lage* als met een relatief *hoge* score op IR een minder goede score behalen op het beoordelen van de belangrijkheid van de diverse informatiebronnen dan ppn. met een middelmatige IR-score. Wellicht treedt hier het verschijnsel op, dat de "lage IR-groep" om andere redenen dan de "hoge IR-groep" relatief slechts scoort. Ppn. met een lage IR-score hebben niet voldoende proceskennis voor een goede score op deze proef; ppn. met een hoge IR-score "denken" bij hun oordelen mogelijk teveel condities "erbij".

Een vergelijkbaar verschijnsel doet zich ook wel voor bij multiple-choice tentamens. Bij de nog volgende bespreking van de relatie tussen intelligentie en interne representatie zullen wij hierop terugkomen.

5.4.4. De OCT-examens

Hypothese 6 luidde:

Ppn. met een betere IR zullen hogere cijfers behalen op de examenonderdelen dan ppn. met een minder goede IR.

De correlaties tussen de IR-maten en de examencijfers zijn weergegeven in tabel 5.8.

Tabel 5.8. IR en examenresultaten OCT-opleiding

	examenonderdelen		
	theorie	praktijk bediening	praktijk onderhoud
somscore IR	<u>.48</u>	.14	<u>.20</u>
mmA	<u>.18</u>	.06	.14
mmB	<u>.31</u>	-.10	.16
mb	<u>.34</u>	<u>.19</u>	<u>.18</u>

In figuur 5.6.a t/m 5.6.c zijn de belangrijkste verbanden weer grafisch voorgesteld.

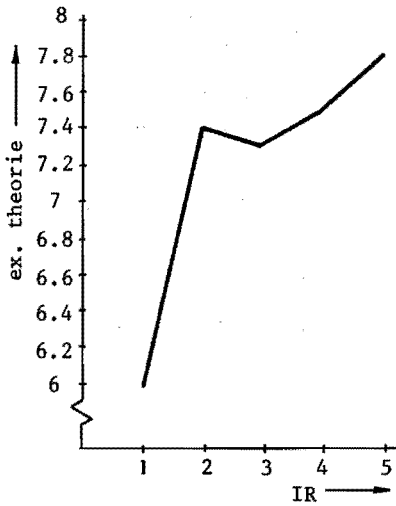


Fig. 5.6.a IR en cijfer
theorie-examen

F-prob. < .001

F-lin. < .001

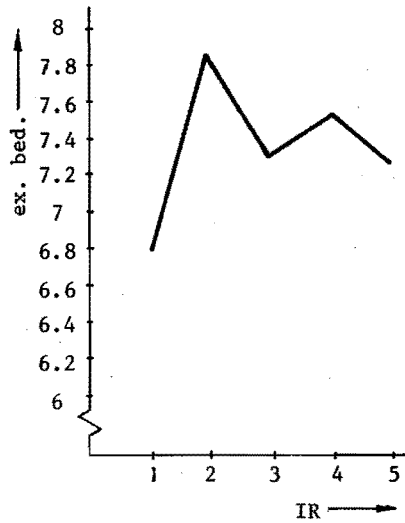


Fig. 5.6.b IR en cijfer
praktijkexamen bediening

F-prob. = .03

F-lin. = .14

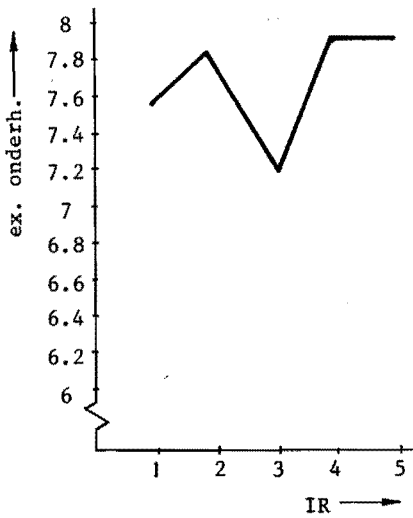


Fig. 5.6.c IR en cijfer praktijkexamen onderhoud

F-prob. = .05

F-lin. = .18

Hypothese 6 wordt hiermee bevestigd: cursisten met een hoge IR-score blijken betere resultaten op het examen te leveren dan leerlingen met een lage IR-score; dit geldt echter met name voor het theorie-examen. In tegenstelling tot de wijze waarop wij bij de vorige hypothesen de bevindingen bezagen, nl. door vooral te letten op het verschil in resultaat voor de drie IR-maten, valt het op, dat er hier vooral een "kolom" uitspringt: immers met name het theorie-onderdeel van het examen correleert vrij hoog met alle IR-maten, terwijl over de hele lijn de correlaties met het bedienings- en onderhoudsgedeelte veel lager zijn.

5.4.5. *Samenvatting m.b.t. relaties tussen IR en prestatiematen*

In tabel 5.9. zijn de correlaties tussen de IR-maten en de prestatie-maten in volgorde van hoogte van de correlatie-coëfficiënten weergegeven. De correlaties met "belangrijkheidsoordeel meters" is weggelaten daar geen enkele significant was.

Tabel 5.9. Correlaties tussen IR en prestatie-maten.

somsc. k-a gedrag	somsc. output	score strat.	score diagn.	ex.cijfer theorie	ex.cijfer bedien.	ex.cijfer onderh.
mmA (.24)	mmA (.21)	mb (.31)	mb (.32)	mb (.34)	mb (.19)	mb (.18)
mb (.19)	mb (.11)	mmA (.12)	mmA (.20)	mmB (.31)	mmA (.06)	mmB (.16)
mmB (.14)	mmB (.07)	mmB (.01)	mmB (.06)	mmA (.18)	mmB (-.10)	mmA (.14)

Het blijkt dat mmA van de drie IR-maten het hoogst met de prestaties bij de simulatorproef correleert. Mb vertoont de hoogste correlaties bij de andere proeven. Interessant is ook, dat mmB slechts redelijk hoog correleert met de prestaties op het theorie-examen. In par.

6.1. komen wij op deze en andere bevindingen ten aanzien van de drie IR-maten terug.

5.5. *Modererende variabelen*

Hypothese 7 luidde:

Persoonlijkheidsaspecten, vooropleiding en stage-ervaring hebben een modererende invloed op de relatie tussen IR en de verschillende prestatiematen.

Hierbij werd aangetekend, dat een sterkere relatie tussen IR en de prestatiematen werd verondersteld bij ppn. met een (hoge) technische vooropleiding en bij "angstige" ppn.

In par. 4.7. zijn als te onderzoeken modererende variabelen genoemd:

1. de persoonlijkheidsvariabelen
2. vooropleiding
3. stage-ervaring.

Er zijn toen de volgende persoonlijkheidsvariabelen genoemd: habituele actiebereidheid, prestatiemotivatie, positieve faalangst, negatieve faalangst, extraversie, neuroticisme, somatisme, impulsiviteit, emotionaliteit en sensation seeking.

In bijlage 18 zijn van deze variabelen de gemiddeldes en spreidingen opgenomen.

Teneinde een meer handzame verzameling variabelen te verkrijgen is op deze persoonlijkheidsvariabelen, gemeten zoals in par. 4.7. vastgelegd, een principale componentenanalyse met varimax-rotatie uitgevoerd. Op grond van het verloop van de eigenwaarden is gekozen voor een interpretatie met vier componenten die samen 66,7% van de variatie verklaren. Na varimax-rotatie ontstond de volgende matrix (decimaalpunten weggelaten):

	comp. 1	comp. 2	comp. 3	comp. 4
HAB	<u>54</u>	35	-27	-12
EX	12	<u>76</u>	04	-16
EM	-02	-04	<u>88</u>	-06
IMP	40	39	16	<u>59</u>
SS	<u>-48</u>	<u>66</u>	-31	24
PMT-P	<u>77</u>	03	-15	10
F-	-38	-06	<u>69</u>	-29
F+	<u>56</u>	17	-18	<u>51</u>
ABV-N	<u>-54</u>	-07	<u>60</u>	01
NS	10	13	19	<u>-77</u>
E	21	<u>78</u>	-08	15

De verschillende componenten zijn betrekkelijk goed te interpreteren. *Component 1* wordt gekenmerkt door variabelen die te maken hebben met activering, prestatie, actiebereidheid en *niet* met neurotisch bepaalde angst. Wij noemen deze component dan ook (*prestatiegerichte*) *activatie*.

Component 2 is duidelijk een factor die gekenmerkt wordt door *extra-versie*.

Component 3 interpreteren wij als een duidelijke *angst* component.

Component 4 tenslotte heeft betrekking op *somatisme* (en enigszins op negatieve faalangst) in tegenstelling tot impulsiviteit en positieve faalangst.

De scores van de ppn. op elk der componenten is als volgt op eenvoudige wijze bepaald: per component worden de scores op de hoogst-ladende variabelen (uiteeraard na standaardisering van de scores) opgeteld (en bij negatieve correlatie afgetrokken). Deze som wordt beschouwd als de score op die component. In bovenstaande tabel zijn de hoogst-ladende variabelen per component onderstreept. Wij verkrijgen aldus de volgende uitwerking:

$$\text{Activatie} = \text{HAB} - \text{SS} + \text{P} + \text{F+} - \text{N}$$

$$\text{Extraversie} = \text{EX} + \text{SS} + \text{E}$$

$$\text{Angst} = \text{EM} + \text{F-} + \text{N}$$

$$\text{Somatisme} = \text{NS} - \text{IMP} - \text{F+}$$

Voor deze vier componenten, als ook voor de variabelen *stage-ervaring* en *vooropleiding*, werd nagegaan of zij modererend werken op de relatie tussen IR en de prestatie-aspecten. Daartoe werd de groep ppn. bij de mediaan op deze variabelen gedichotomiseerd en werden de correlaties tussen somsc. IR en de prestatiematen voor elke subgroep afzonderlijk berekend. In tabel 5.10. zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 5.10. Correlatiecoëfficiënten tussen somsc. IR en de prestatie-maten over de totale groep en de op basis van de eventuele modererende variabelen geformeerde subgroepen.

	somsc. k en a	somsc. outp.	score strat	score diagn.	score bel.	ex.th.	ex.bed.	ex.oh.
Totale groep	.30	.21	.21	.26	.08	.48	.14	.20
F1 (activ.) +	.24	.23	.03]	-.03]	.25]	.33]	.18	.27
-	.24	.19	.40]	.54]	.00]	.64]	.18	.28
F2 (extr.) +	.31	.21	.08]	.20	.30]	.47	.12	.20
-	.29	.15	.31]	.26	-.14]	.45	.17	.24
F3 (angst) +	.29	.16	.47]	.39]	.05	.56	.19	.40]
-	.25	.19	-.11]	.13]	.18	.40	.17	.10]
F4 (somat.) +	.13]	.10	.50]	.46]	-.08]	.54	.30]	.19
-	.42]	.24	-.12]	.07]	.31]	.48	.07]	.38
Stage-erv. +	.34	.08]	.29	.34]	.17			
-	.32	.33]	.19	.12]	-.00			
techn.vooropl. geen techn. vooropl.	.45]	.25	.12]	.26	-.20]	.57]	.35]	.28]
	.10]	.17	.34]	.26	.43]	.34]	-.11]	.08]
hoge niet-t. vooropl.	.24]	.18	.53]	.34	.41	.32	-.08	.10]
lage niet-t. vooropl.	-.23]	.35	.10]	.26	.41	.23	-.21	-.39]
hoge techn. vooropl.	.42	.26	.05]	.22	-.04]	.73]	.50]	.32
lage techn. vooropl.	.51	.24	.26]	.34	-.40]	.36]	.09]	.27

Een aanwijzing voor modererende werking van een variabele wordt verkregen wanneer tussen de beide subgroepen van zulk een variabele een duidelijk verschil in correlatie tussen IR en de prestatiematen is waar te nemen. Hoewel er argumenten voor verschillende waarden die zo'n verschil moet aannemen te vinden zijn, kiezen wij voor een eenvoudige procedure: indien het verschil $\geq .20$ bedraagt lijkt een nadere

beschouwing de moeite waard; in dergelijke gevallen zijn in de tabel de correlaties door een accolade verbonden. Wij bezien de tabel vooral ook op consistente patronen. Niet juist lijkt ons de procedure die bv. Hermans (1967) volgt: deze beschouwt alleen het verschijnsel, dat bij de ene subgroep wel en bij de andere geen significante correlaties worden gevonden.

Ten aanzien van de resultaten in tabel 5.10. zijn de volgende opmerkingen te maken (zie ook par. 6.2.):

1. Vooral met betrekking tot "meters vragen" blijkt consistent, dat men bij weinig actieve-, weinig extraverte-, (faal-)angstige en "somatische" ppn. beter op grond van hun IR-score de prestatie kan voorspellen dan bij ppn. die niet of minder deze kenmerken bezitten. Dit resultaat stemt overeen met de bevindingen van Grooms en Endler (1960).
2. Met betrekking tot stage-ervaring doet zich het verschijnsel voor, dat zij die nog geen stage-ervaring bezaten (dus nog in hun eerste half-jaar OCT-opleiding zaten) ten aanzien van somscore output hogere maar ten aanzien van "meters vragen" minder hoge correlaties vertonen. Dit kan iets zeggen over de stage, namelijk dat de cursist op stage wel mee mag denken, maar niet aan de knoppen zitten. Misschien is op het OCT kennis nog wat meer gerelateerd aan doen?
3. Met betrekking tot vooropleiding lijkt het erop, dat bij ppn. met een technische vooropleiding de relatie tussen IR en prestaties op de meeste proeven sterker is dan bij ppn. met een niet-technische vooropleiding. Dit geldt bij de examenonderdelen vooral voor ppn. met een *hoge* technische vooropleiding. Slechts voor zoekstrategieën geldt het omgekeerde: bij ppn. met een (hoge) *niet-technische* vooropleiding is het verband sterker.

5.6. Achtergrondfactoren en IR

Hypothese 8 luidde:

Ppn. met een hogere intelligentie, een hogere-, c.q. technisch gerichte vooropleiding, met stage-ervaring en betere vorderingen op de OCT-opleiding zullen een betere IR bezitten, dan ppn. die deze attributen niet (c.q. minder) bezitten.

5.6.1. *Intelligentie*

De correlaties zijn weergegeven in onderstaande tabel 5.11.

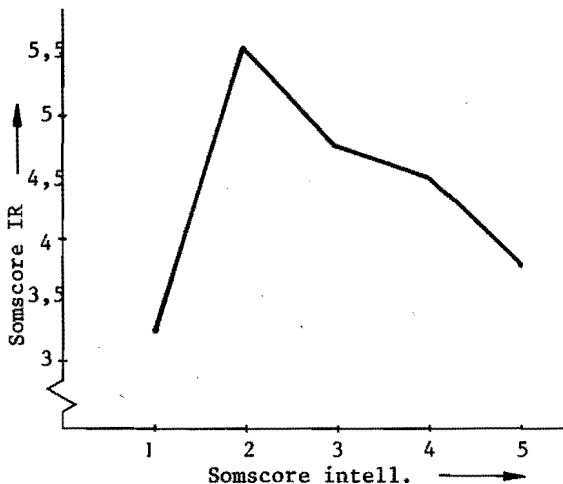
Tabel 5.11. Correlaties tussen somscore intelligentie en de IR-maten (n is steeds 64).

	somsc.IR	mmA	mmB	mb
somsc. intell.	.11	.03	.05	<u>.22</u>

Het blijkt dat er nauwelijks of geen correlatie te zien is tussen intelligentie en de IR-maten. Inspectie van het scattergram geeft aanleiding tot het veronderstellen van een omgekeerd u-vormig verband. Teneinde dit nader te onderzoeken werd de groep naar oplopende intelligentie-score opgesplitst in een vijftal subgroepen, zodanig dat in elke subgroep zoveel mogelijk evenveel ppn. waren opgenomen. Vervolgens werd voor elke subgroep de gemiddelde somscore IR berekend (zie fig. 5.7.). Variantie-analyse levert niet een significante lineaire term, wel een significante kwadratische (F-kwadr. = .01).

Hypothese 8 wordt dus v.w.b. de relatie tussen *intelligentie* en IR niet bevestigd in die zin, dat deze relatie lineair zou zijn. Het lijkt aannemelijk van een niet-lineair omgekeerd u-vormig verband uit te gaan.

Ppn. met een relatief lage *en* met een relatief hoge intelligentie behalen een betrekkelijk lage score op IR. Ppn. met een "gemiddelde" (voor deze groep) intelligentie verkrijgen de beste resultaten op de IR-maten.



Figuur 5.7. Relatie tussen intelligentie en somscore IR.

F-prob. = .07

F-lin. = .88

F-kwadr. = .01

Dit resultaat is wellicht mede te verklaren als wij veronderstellen dat ppn. met een relatief hoge somscore intelligentie om andere redenen laag scoren op IR dan ppn. met een relatief lage somscore intelligentie, nl. omdat de eerstgenoemde bij de IR-opgaven er "veel bijdenken", m.a.w. allerlei condities bedenken waaronder de beantwoording van de IR-vragenlijsten anders zou moeten zijn dan wat "op het eerste gezicht" goed scheen (zie ook par. 5.4.3. bij "belangrijkeheidsoordeel"). Ppn. met een lage intelligentie hebben dan moeite met de IR-maten, daar zij bepaalde basisbekwaamheden (zoals door intelligentie-tests vastgelegd) in te geringe mate bezitten, ofwel daar hun intelligentie te gering is om na de instructies goede scores op de IR-maten te behalen.

5.6.2. *Vorderingen OCT*

Op het OCT worden tijdens de opleidingsperiode op gezette tijden proefwerken etc. afgenomen m.b.t. de vakken die tijdens de opleiding gedoceerd worden.

Wij bezien nu deze (gemiddelde) proefwerkcijfers c.q. beoordelingen op de volgende studie-onderdelen:

Wiskunde, natuurkunde, scheikunde, technologie, meten en regelen, afsluiting OCT-tijd 2e halfjaar, eerste stage (3 mnd.), tweede stage (3 mnd.), eendoordeel stage.

Op deze onderdelen werd een principale componenten-analyse uitgevoerd. Er werd gekozen voor een oplossing met drie componenten, die samen 79,3% van de variantie verklaren. Na varimax-rotatie ontstaat de volgende matrix (decimaalpunten weggelaten):

	component 1	component 2	component 3
wiskunde	27	-00	<u>90</u>
natuurkunde	<u>66</u>	20	50
scheikunde	<u>79</u>	07	34
technologie	<u>92</u>	10	05
meten en regelen	<u>79</u>	35	11
OCT-2e halfjaar	<u>75</u>	31	14
stage 1	28	<u>68</u>	-27
stage 2	15	<u>94</u>	17
stage eendoordeel	17	<u>96</u>	11

Door onderstreping zijn per component de hoogst ladende variabelen aangegeven. Wij interpreteren de componenten als volgt:

Component 1: Hierop laadden hoog: technologie, natuurkunde, scheikunde, meten en regelen, eendoordeel theoretische opleiding. Wij interpreteren dit als een *vaktheoretische* component.

Component 2: Hierop laadden hoog: stage-beoordeling 1e periode, stage-beoordeling 2e periode, stage eendoordeel. Wij interpreteren dit als een *praktijk* component.

Component 3: Hierop laadde slechts wiskunde hoog. Natuurkunde en scheikunde laadden enigszins hierop. Wij interpreteren dit als een *fundamenteel-theoretische* component.

Om nu een beeld te krijgen van de vorderingen OCT bepalen wij 3 scores, nl.:

1. *Vaktheorie*. Dit is het gemiddelde van de gestandaardiseerde scores op de variabelen die een hoge lading op de vaktheoretische componenten hebben.
2. *Praktijk*. Dit is de gemiddelde gestandaardiseerde score op de variabelen die hoog laden op de praktijk-component.
3. *Wiskunde*. Dit is het wiskunde-cijfer.

In tabel 5.12. zijn de correlaties tussen deze componenten en de IR-maten aangegeven.

Tabel 5.12 Correlatie "vorderingen OCT" en IR-maten

	vaktheorie	praktijk	wiskunde
somscore IR	<u>.47</u>	<u>.20</u>	<u>.26</u>
mmA	<u>.27</u>	.05	.17
mmB	<u>.25</u>	.05	<u>.27</u>
mb	<u>.33</u>	<u>.20</u>	.06

Hypothese 8 wordt hiermee v.w.b. de relatie tussen *vorderingen OCT* en IR bevestigd. Het blijkt, dat de vorderingen die een leerling op het OCT maakt verband houden met de kwaliteit van zijn IR. Vooral geldt dit t.a.v. de vorderingen op het vaktheoretische gedeelte. Wat de praktijkvorderingen en "wiskunde" betreft geldt dit in mindere mate. Interessant is wellicht, dat wiskunde significant correleert met mmB (en niet met mb) terwijl praktijkvorderingen significant correleert met mb (en niet met mmB). Dit zou erop kunnen wijzen, dat mmB toch meer een beroep doet op fundamenteel-theoretische kennis, terwijl mb meer betrekking heeft op vaktheorie c.q. prestaties in de praktijk. In dit verband is ook van belang, dat bij toetsing van hypothese 6 (waarbij de relaties tussen de IR-maten en de examenresultaten OCT werden nagegaan) bleek, dat mmB slechts met het theoretisch gedeelte van het examen een vrij redelijke correlatie vertoonde ($r=.31$) en laag of zelfs negatief correleerde met meer praktijkgerichte onderdelen (zoals voor bediening!). De correlaties met de praktijkonderdelen gaven ook hier alleen voor mb een $r \geq .18$ te zien. In hoofdstuk 6 komen wij op enkele van bovenstaande overwegingen terug.

5.6.3. Vooropleiding

Bij de variabele vooropleiding wordt onderscheid gemaakt tussen:

- een technische vooropleiding (T)
- een niet-technische vooropleiding (NT).

Bij elk wordt een hoge en een lage vooropleiding onderscheiden door de vooropleidingscategorieën (zie bijlage 16) te dichotomiseren bij de mediaan.

Nagegaan is, of voor de vier aldus ontstane mogelijkheden (T-hoog, T-laag, NT-hoog, NT-laag) de gemiddelde scores op de somscore IR significant in de verwachte richting verschillen. De resultaten geven geen significante verschillen te zien ($\alpha=.05$). Hypothese 8 wordt dus niet bevestigd v.w.b. de relatie *vooropleiding-IR*.

5.6.4. Stage-ervaring

Wanneer wij de leerlingen opsplitsen in de groep *met* ($n=46$) en de groep *zonder* ($n=41$) stage-ervaring en we vergelijken de scores van elk op de IR-maten dan ontstaat het volgende beeld (zie tabel 5.13.) (t-toets bij $\alpha=.05$).

Tabel 5.13. Stage-ervaring en IR-maten

Variabele		n	m	s	t
Somscore IR	geen stage	40	4,85	2,07	1,53 (ns)
	wel stage	46	4,17	2,03	
mmA	geen stage	40	66,70	12,43	-0,13 (ns)
	wel stage	46	67,06	12,89	
mmB	geen stage	40	12,10	3,88	2,16 (sign.)
	wel stage	46	10,34	3,71	
mb	geen stage	40	16,63	5,29	0,85 (ns)
	wel stage	46	15,65	5,33	

Het blijkt niet, dat stage-ervaring verband houdt met IR (met uitzondering van mmB). Interessant wat mmB betreft is dat de uitkomst de tegenovergestelde richting uitgaat dan wij verwachtten: cursisten met stage-ervaring behalen een lagere score op mmB.

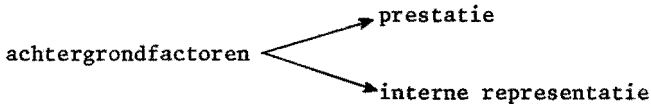
Een mogelijke verklaring is, dat zij door de stage nogal "uit" de theorie zijn, terwijl juist mmB mogelijk een beroep doet op fundamenteel-theoretische kennisaspecten.

5.7. Toetsing van het alternatieve model

Het in dit onderzoek gehanteerde model voor de relaties tussen achtergrondfactoren, interne representatie en prestatie is als volgt weer te geven:

achtergrondfactoren → interne representatie → prestatie

Gezien de centrale rol van het begrip "interne representatie" lijkt het nuttig na te gaan of dit model beter overeenstemt met de data dan het alternatieve model, dat hierna wordt beschreven. In dit alternatieve model wordt aangenomen, dat de correlaties tussen interne representatie en prestatie een gevolg zijn van de gemeenschappelijke "oorzakelijk" achtergrondfactoren. Het alternatieve model is als volgt voor te stellen:



Wij toetsen dit model voor de meest in aanmerking komende achtergrondfactoren, nl.: "intelligentie" en OCT-vorderingen "vaktheorie". Het alternatieve model verdient de voorkeur boven het in dit onderzoek gehanteerde, als de partiële correlaties tussen interne representatie en prestatie .00 zijn of in elk geval aanzienlijk kleiner dan de "gewone" correlaties tussen interne representatie en prestatie.

In de tot nu toe gevolgde redenering wordt steeds uitgegaan van lineaire relaties tussen de drie genoemde variabelen, zodat hun onderlinge samenhang met behulp van correlaties zijn te beschrijven. Eerder is echter aangetoond, dat de relatie tussen intelligentie en interne representatie niet lineair is. In tabel 5.14. zijn de partiële correlaties tussen interne representatie en prestatie dan ook nog eens bepaald onder constanthouding van (soms. intell.)², gede-

finieerd door (somsc. intell.- m somsc. intell.)².

Tabel 5.14. Partiële correlaties tussen somsc. IR en prestatie onder controlering voor twee achtergrondfactoren (n is resp. 60 en 82)

	somsc. gedrag	somsc. outp.	score strat.	score diagn.	score bel.	gem. examen cijfer
somsc. IR "oorspronkelijk"	.30	.21	.21	.26	.08	.42
somsc. intellig. constant	.28	.26	.18	.20	-.06	.45
(somsc.int.) ² constant	.19	.24	.22	.21	-.04	.44
somsc. intell., (somsc. intell.) ² constant	.18	.23	.19	.19	-.04	.43
vaktheorie constant	.19	.14	.19	.17	-.03	.21

De resultaten geven aan, dat het oorspronkelijke model de voorkeur verdient boven het alternatieve model. De partiële correlaties tussen somsc. IR en de prestatiematen zijn niet .00, noch aanzienlijk kleiner dan de oorspronkelijke correlaties. Slechts voor de relatie tussen interne representatie en het gemiddeld examencijfer is de partiële correlatie nogal teruggelopen. Dit lijkt aannemelijk, daar met name het theorie-examen nogal verwant is met het soort variabelen waarop de component "vaktheorie" is gebaseerd (nl. proefwerk-achtige opgaven).

5.8. Enkele additionele resultaten

5.8.1. Nadere analyses kijkgedrag

Voor een nadere analyse van het kijkgedrag aan de simulator wordt uitgegaan van de matrix van kijkovergangen; wij spreken van een kijkovergang wanneer *van* een bepaalde meter (hieronder wordt ook het processchema en normblad begrepen) de blik *naar* een andere wordt ge-

richt. De matrix (tabel 5.15) is tot stand gekomen door van seconde tot seconde deze overgangen na te gaan en te sommeren over alle ppn. De meters waarnaar of vanwaaruit bijzonder weinig wordt gekeken, werden samen gevoegd tot een restcategorie (dit zijn de MIC 1701, MIC 1702, LIC 1701, stoomhoofdafsluiter, het normblad en het proces-schema).

Tabel 5.15. Overgangsmatrix kijkgedrag

van meter	naar meter											totaal
	4	6	7	8	9	10	12	13	14	15	rest	
4 (FR 1704/05)	1787	55	12	41	31	53	94	31	44	8	64	2220
6 (FIC 1703)	50	1537	31	20	11	72	318	28	18	2	59	2146
7 (PIC 1701)	24	27	458	35	8	7	60	44	5	3	28	669
8 (LIC 1702)	61	7	22	606	27	11	45	50	17	4	24	874
9 (FIC 1702)	46	9	8	36	1266	66	64	39	194	12	35	1775
10 (FIC 1701)	40	74	5	14	78	2175	203	62	195	58	39	2943
12 (TI 1703)	110	322	87	33	41	245	4461	166	111	25	129	5730
13 (AP 1701)	32	19	25	54	40	34	209	999	104	12	33	1571
14 (TIC 1702)	30	31	2	13	219	143	170	101	2762	60	68	3599
15 (TIC 1701)	3	2	2	4	12	54	25	10	78	250	16	456
rest	43	71	42	22	37	55	97	44	73	17	1708	2209
totaal	2226	2154	704	878	1770	2915	5746	1574	3601	451	2203	24222

De diagonaalwaarden geven de totaaltijd in seconden aan gedurende welke door alle ppn. tesamen naar de onderscheiden meters is gekeken. De buitendiagonale elementen geven "echte" overgangen aan. Er zij nog opgemerkt, dat een aanwijzing voor de betrouwbaarheid in de osbervaties daarin tot uiting komt, dat de randtotalen per meter vrijwel vol-

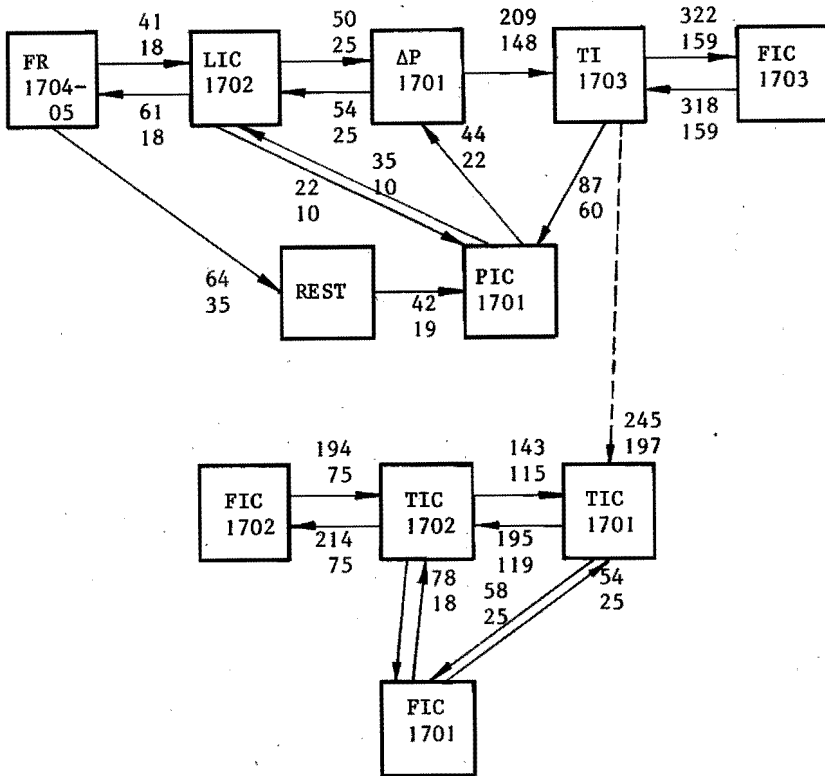
ledig overeenstemmen. Er wordt nu op enkele aspecten van het kijkgedrag nader ingegaan.

Eerst wordt nagegaan of de hypothese verworpen kan worden dat de overgangen beantwoorden aan een volledig random-model, waarin alleen rij- en kolomtotalen zijn gegeven. Het is correcter bij het beantwoorden van deze vraag de diagonaalwaarden buiten beschouwing te laten. De vraag wordt met behulp van de Pearson goodness-of-fit toets voor quasi-onafhankelijkheid in een incomplete tabel (zie bv. Bishop e.a., 1975) getoetst. Dit levert een $\chi^2=2310,58$ op (df=89). Deze uitkomst is significant ($p<.001$); wij verwerpen dus de veronderstelling van random kijkgedrag: Uitgaande van de randtotalen blijkt het onjuist, te veronderstellen dat de ppn. willekeurig hun blik van de ene meter naar de andere wenden. Dit is uiteraard volgens verwachting.

Wij gaan vervolgens na bij welke overgangen er een relatief groot verschil bestaat tussen de waargenomen- en bij quasi-onafhankelijkheid verwachte frequentie, met andere woorden welke overgangen grote bijdragen leveren aan de zojuist berekende χ^2 .

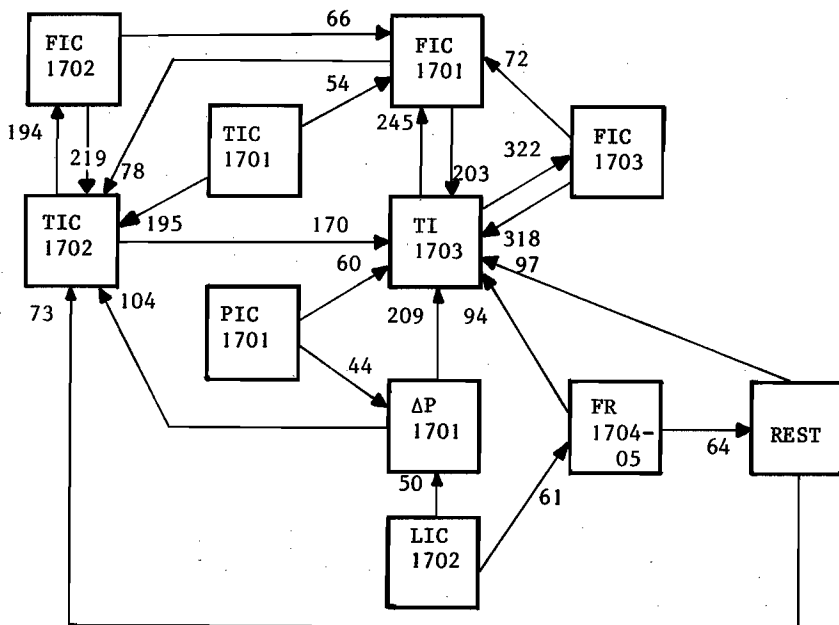
Op grond hiervan kunnen twee groepen meters worden onderscheiden: *binnen* elke groep zijn de overgangsfrequenties aanmerkelijk hoger dan verwacht, *tussen* de beide groepen komt slechts één overgang voor met een grotere frequentie dan verwacht. In figuur 5.8. is het resultaat weergegeven.

De tweede groep is daarom interessant, omdat de vier meters waaruit deze groep bestaat alle betrekking hebben op de input-kant van het proces, nl. de FIC 1701 (hoeveelheid voeding), TIC 1701 (temperatuur voeding), TIC 1701 (temperatuur op plaat 33) en FIC 1702 (de "slave" die de stoomtoevoer regelt naar de reboiler welke de kolom opwarmt).



Figuur 5.8. Overgangen met χ^2 -bijdrage $> +9,0$ (χ -bijdrage $> +3,0$)
 bovenste getal bij einde pijl = geobserveerde aantal
 onderste getal bij einde pijl = verwachte aantal.

Wordt niet uitgegaan van de verwachte aantallen overgangen, maar worden alleen de waargenomen frequenties bezien, dan ontstaat een enigszins ander beeld: wij gaan van elke meter de twee meest frequente overgangen na. Zo verkrijgen wij figuur 5.9.



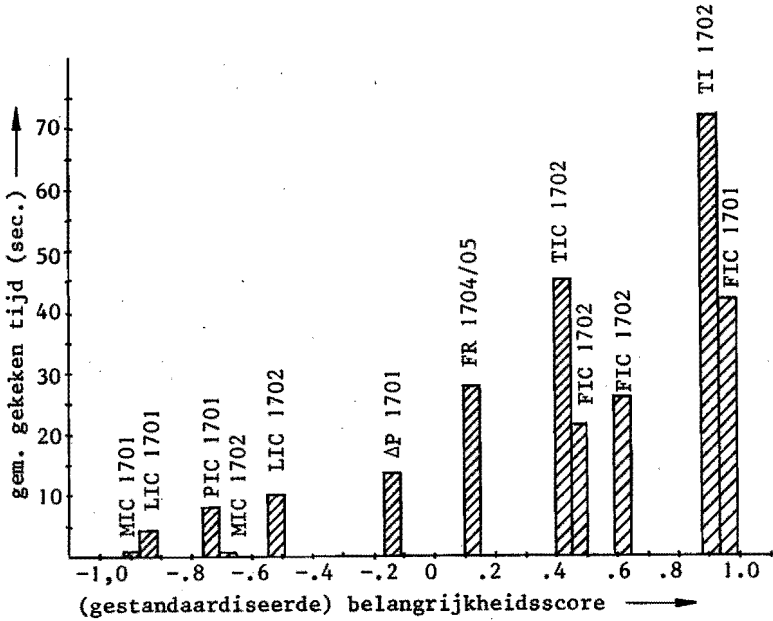
Figuur 5.9. Overgangen tussen meters, uitgaande van de twee meest frequente.

De pijl geeft de richting aan. Bij de punt van elke pijl staat het waargenomen aantal overgangen. Uit figuur 5.9. blijkt duidelijk de centrale rol van de TI 1703 (toptemperatuur). Deze meter vormt de grootste "afnemer", vanwaar men ook komt. Een nadeel van deze wijze van presentatie is, zoals gezegd, dat naar de TI 1703 relatief zeer veel wordt gekeken en hij dus ook in veel overgangen zal voorkomen.

5.8.2. Belangrijkheidsoordelen in relatie tot kijk- en actiegedrag

Nagegaan wordt in welke mate verband bestaat tussen belangrijkheidsoordelen en kijk- en actiegedrag. Dit geeft ook enige indicatie over de consistentie waarmee deze onderdelen van het onderzoek door de ppn. zijn uitgevoerd. Wij gaan daartoe uit van de belangrijkheidsoordelen onder de *storingsconditie*.

- In de eerste plaats zijn de over de totale groep ppn. gemiddelde belangrijkheidsscores (welke eerst per persoon zijn gestandaardiseerd) onder de conditie "info-functie" vergeleken met de gemiddelde tijd dat naar ieder van de meters* is gekeken. Onderstaande figuur (figuur 5.10) geeft een beeld van de resultaten.

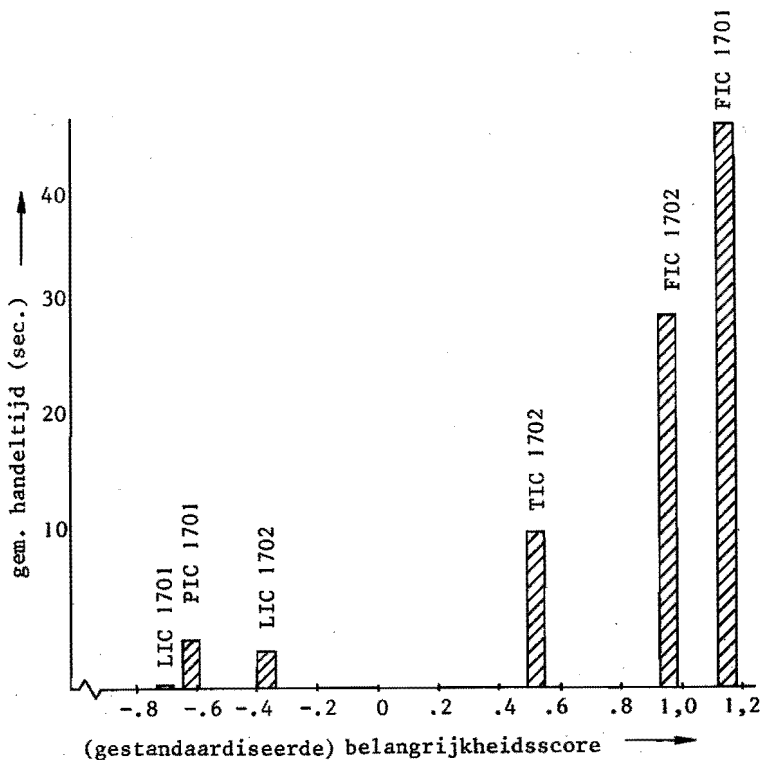


Figuur 5.10. Belangrijkeidsoordeel meters (info-functie, storing) en gemiddeld gekeken tijd per meter (hogere belangrijkheidsscore betekent: beoordeeld als belangrijker).

De rangcorrelatie (r_s) tussen de belangrijkheidsoordelen en de gemiddeld gekeken tijd, bedraagt .90 ($n=12$; $p < .01$).

- Hetzelfde werd nagegaan voor de relatie tussen belangrijkheidsoordeel onder de conditie "ingreepfunctie" en de gemiddelde handeltijd per meter. Voor deze vergelijking zijn 6 meters beschikbaar (meters waarmee in principe ingegrepen kan worden). Onderstaande figuur (figuur 5.11.) geeft de resultaten weer.

*Wij sluiten de TIC 1701 uit, daar volgens de instructie ingrijpen hieraan niet was toegestaan in deze proef



Figuur 5.11. Belangrijkheidsoordeel meters (ingreepfunctie, storing) en gemiddeld gehandelde tijd per meter.

De rangcorrelatie bedraagt hier .94 (n=6; $p < .01$).

Wij concluderen uit deze resultaten, dat er toch wel indicaties zijn voor consistentie bij het uitvoeren van de diverse proeven: meters die de ppn. belangrijk achten ter verkrijging van informatie worden bij het werken aan de processimulator ook vaak bekeken en omgekeerd. Hetzelfde geldt voor meters die de ppn. belangrijk achten om mee *in te grijpen* en het handelen eraan bij de simulatorproef.

De correlaties die wij vonden zijn belangrijk hoger dan die welke door Krivohlavy (1965) werden gerapporteerd (.50). Een reden hiervoor zou kunnen zijn, dat hij bij de vraag naar de belangrijkheid geen onderscheid in procesconditie of meterfunctie maakte. Dit zou tot enige verwarring bij de respondenten aanleiding kunnen geven.

Voor onderzoek (bv. ten behoeve van paneel-layout) geeft deze bevinding aanleiding te overwegen in plaats van het nogal omslachtige *observeren* van kijk- en actiegedrag onder diverse omstandigheden ervaren operators te vragen naar de *belangrijkheid*. Daarbij dient dan wel het onderscheid in procescondities en meterfunctie te worden gemaakt.

VI DISCUSSIE EN CONCLUSIES

6.1. De maten voor interne procesrepresentatie

Hieronder volgen enkele opmerkingen over de IR-maten, voorzover de resultaten ons daartoe aanleiding geven. Er dient echter vooraf te worden opgemerkt, dat de gevonden correlaties in de meeste gevallen niet erg hoog zijn. Daarom dienen de in dit hoofdstuk besproken conclusies met de nodige voorzichtigheid te worden gezien.

6.1.1. Opmerkingen over begripsvaliditeit

- Steeds wordt in de vragenlijst *mmA* gevraagd de effecten van allerlei inputs c.q. (ver)storingen op de verschillende procesvariabelen te beschrijven. De vragenlijst peilt dus kennis van "wat leidt tot wat"-relaties. Het lijkt erop, dat dit soort kennis van belang is bij het werken aan de opheffing van (ver)storingen (zie tabel 5.2. en 5.3.) en bij het verifiëren van de diagnoses (zie tabel 5.5.). Ook lijkt het, dat daarbij een *vaktheoretische* component een rol speelt: immers de correlatie tussen *mmA* en de vaktheoretische component die verkregen werd uit de principale componentenanalyse van de OCT-vorderingen bedraagt .27 (terwijl de correlaties met de praktijk- en de wiskunde component resp. .05 en .17 zijn, zie tabel 5.12.). Op deze vaktheoretische component laadt het vak "technologie" nog het hoogst, hetgeen wederom een aanleiding vormt voor de veronderstelling, dat *mmA* toch meer op "praktische" c.q. vaktheorie (zoals bij "technologie") dan op "fundamentele" theorie (zoals bv. bij het vak wiskunde) betrekking heeft. Dit zou mede de reden kunnen zijn, dat *mmA* van de drie IR-maten het hoogst met het werken aan het paneel (de simulatorproef) correleert (.24 met somscore *k-a*; *mb* en *mmB* correleren resp. .19 en .14; zie ook tabel 5.2.).
- De vragenlijst *mmB* lijkt meer betrekking te hebben op *fundamenteel-theoretische* kennis, hoewel de aard van de items ("wat zou je doen?") dit niet direct doet vermoeden. Er zijn echter de volgende aanwijzingen:
 - . *Mmb* blijkt slechts met één van de prestatiematen, nl. het theoretisch examen, een redelijke correlatie te vertonen (.31).

- . Mmb blijkt van de drie IR-maten het hoogst te correleren met het tijdens de OCT-opleiding behaalde cijfer op wiskunde (nl. .27, terwijl de correlaties daarvan met mma en mb resp. .17 en .06 bedroegen).
- . Als wij de relatie tussen elk van de drie IR-maten en stage-ervaring bezien valt op (zie tabel 5.13) dat tussen de groep die wel en de groep die nog geen stage heeft gelopen slechts op mmB een significant verschil bestaat, waarbij de ppn. met stage-ervaring een lagere score op mmB behalen dan de ppn. zonder stage-ervaring. Het feit dat de leerlingen tijdens de stage wat "uit" de "theorie" zijn, zou ertoe kunnen leiden dat mmB minder goed wordt beantwoord.
Praktische vaardigheid is, zo lijkt het, niet of zelfs negatief gerelateerd aan het goed beantwoorden van mmB. Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Williams en Whitmore (1959) die aantoonde dat de kennis van de theorie bij onderhoudsmensen van elektronische apparatuur het grootst was bij het verlaten van de opleiding en met het toenemen van de praktijkjaren steeds afnam (terwijl daarentegen het vermogen om fouten op te sporen en te herstellen toenam).
- . Ook de zwak negatieve correlatie (-.10) tussen mmB en de resultaten op het praktijkexamen bediening wijst enigszins in dezelfde richting.

Samenvattend lijken de betrekkelijk hoge correlaties met prestaties op fundamenteel-theoretisch gebied en de (zwak) negatieve verbanden met praktijk-prestaties erop te wijzen, dat mmB vooral een beroep doet op theoretische kennis. Interessant blijft wel de vraag, of deze bevinding gebonden is aan onze proefgroep (leerlingen). Het is mogelijk dat deze ppn. om tot goede beantwoording te komen nogal een beroep moeten doen op hun abstract denkvermogen. Bij ervaren operators wordt mogelijk een ander beeld gevonden.

- Bezien wij mb, dan lijkt het dat deze maat niet alleen op proces-structurele kennis betrekking heeft, maar ook het inzicht in relaties peilt. In dit opzicht is het verschil tussen mb en mma en mmB wellicht niet zo groot als het op het eerste gezicht lijkt.

Zo blijkt bv. dat zowel *mb* als *mmB* vrij redelijk met het theoretisch examen correleren (nl. resp. .34 en .31; *mmA* blijft wat achter: deze correlatie bedraagt .18; zie tabel 5.8.).

Bezien wij de twee praktijk-onderdelen van het examen (bediening en onderhoud) dan is slechts met *mb* de correlatie nog $\geq .18$. Ook bij het kijk- en actiegedrag is naast *mmA* slechts met *mb* nog een zeker verband aanwezig. Het lijkt dat bij een proef die vooral op het doordenken van relaties vanuit een bepaald punt in het proces betrekking heeft (zoals bij "meters vragen") alleen *mb* nog vrij redelijk met de prestatie correleert (.31).

Voegen wij hieraan nog de bevinding toe, dat *mb* (naast een correlatie van .38 met de vaktheoretische component bij de OCT-vorderingen) als enige van de drie IR-maten nog correlatie (.20) met de praktijk-component vertoont (tegenover *mmA* en *mmB* beide .05), dan wijst dit er ons inziens op, dat *mb* een variabele is die kennis peilt welke zowel voor meer theoretisch- als meer praktische gerichte opgaven van nut kan zijn.

6.1.2. *Beeld en model*

In dit onderzoek is een onderscheid gemaakt tussen het mentale proces*beeld* en het mentale proces*model*.

De vraag kan gesteld worden in hoeverre een dergelijk onderscheid zinvol is. Immers, er zijn onderzoekers die van mening zijn dat een onderscheid tussen een meer visuele-, concrete afbeelding van (aspecten van) de werkelijkheid om ons heen en een meer verbale, c.q. abstracte afbeelding in feite niet erg zinvol is; zij wijzen er dan op dat wij kennelijk in staat zijn tot beide en ook van de ene representatiewijze betrekkelijk gemakkelijk in de andere kunnen overgaan (zie bv. Pylyshin, 1973). Ook Bainbridge (1972) lijkt op sommige plaatsen dit standpunt in te nemen, bv. als ze schrijft dat ... "a more complete account of the behaviour (van een operator, JAL) would be given by a description of a general integrated structure of knowledge about the process...". In verband met ons onderscheid tussen mentaal model en mentaal beeld zijn wij het eens met de uitspraak van Janssen (1976), die zegt ... "it is difficult to see for what logical reasons the concept of imagery (or of verbal mediation

for that matter) should be abandoned or replaced by a symbolic mode of representation. The issue really is the old one of levels of analysis...".

Wij zouden aan dit laatste nog kunnen toevoegen dat er omstandigheden denkbaar zijn, waarin het onderscheid zinvol is. Dit is het geval als het mentale beeld met andere prestatie-aspecten verband houdt dan het mentale model (zoals inderdaad een aantal malen door ons is gevonden). De wijze waarop wij onze ppn. naar hun interne procesrepresentatie vroegen, bepaalt natuurlijk het type codering dat men krijgt (verbaal-abstract of meer visueel-concreet). Dit geldt uiteraard voor elke vorm van conceptualisering van de werkelijkheid. Wij hebben in onze opzet ernaar gestreefd in overeenstemming met wat uit voorgaand onderzoek en theorievorming te leren valt onze concepten te kiezen; het meest in aanmerking komt dan het onderscheid tussen mentaal beeld en mentaal model. Om de opgaven die wij onze ppn. voorlegden goed te verrichten lijkt kennis over het proces van belang. De aard van deze kennis die voor de verschillende opgaven nodig is, is kennelijk niet steeds dezelfde.

Met betrekking tot de correlaties tussen de IR-maten onderling (zie tabel 5.1.) is reeds opgemerkt, dat (aangenomen dat relatief betrouwbaar drie aspecten van de IR gemeten worden) deze drie aspecten vrij weinig samenhang vertonen. Bij vergelijking van de correlaties voor de eerste afname en de tweede afname valt op, dat de correlaties tussen de drie aspecten voor de tweede afname hoger zijn. Dit zou erop kunnen wijzen, dat de ppn. aanvankelijk een weinig geïntegreerd kennispakket over het proces bezitten, maar dat de proeven die ze in het kader van het onderzoek verrichten ertoe leiden, dat er een meer samenhangend geheel van kennis ontstaat.

In dit verband wijzen wij er ook op, dat de gemiddelde scores van de ppn. op de eerste en tweede afname van *mmA* en *mmB* niet significant van elkaar verschilden. Kennelijk hebben de proeven vooral het effect, dat het kennispakket over het proces meer homogeen wordt, maar niet of minder dat er een meer uitgebreid kennispakket ontstaat. Norman (1977) maakt met betrekking tot het menselijk leren een onderscheid tussen het leren als *toename van kennis* en het leren als *toename van organisatie*. Hij spreekt over "the size problem" of "amount of knowledge" en over "knowledge organization" of "memory organization".

De proeven die de ppn. tijdens het onderzoek verrichten, leiden mogelijk meer tot een betere kennis *organisatie* dan tot een vergroting van kennis. Dit kan bv. het geval zijn als zich duidelijker een overkoepelend kennissysteem aftekent, waaruit wordt geput.

Wij tekenen hierbij echter aan, dat ook andere verklaringen voor de toegenomen correlaties te bedenken zijn. Strikt genomen kan ook de gewenning aan de testsituatie c.q. het meer vertrouwd zijn geraakt met het soort problemen dat in de vragenlijsten wordt aangesneden het gevonden effect hebben; kortom, het is mogelijk dat een toename van samenhang tussen elementen door andere factoren dan een toegenomen organisatiegraad wordt veroorzaakt.

6.2. *Interne procesrepresentatie en prestatie*

Zonder een interne representatie van het proces is er geen mogelijkheid tot het toepassen van de betreffende kennis in het handelen. "Zonder kennis geen toepassing van kennis uiteraard, zonder kennis ook geen inzicht" (Meuwese, 1970). "Knowledge of the present and potential behaviours of the external world and of their importance and cost, is basic to choosing appropriate actions" (Bainbridge, 1978). Bainbridge onderscheidt daarbij nog de keuze tussen het al of niet verrichten van een handeling, de grootte en timing van de handeling en het al of niet nagaan van de resultaten van de handeling. Deze drie keuzes kunnen volgens haar slechts op de juiste wijze worden gedaan als naar een kennissysteem met betrekking tot het procesgedrag wordt verwezen. Dit betekent niet, dat dit keuzeproces steeds bewust en expliciet zo plaatsvindt. Zo wordt tijdens een autorit zelden bewust en expliciet onder referentie aan kennis van de structuur en dynamica van de auto gereden. Bij het regelen van processen of het diagnosticeren van storingen gebeurt dat wellicht meer op een bewust niveau.

Uit ons onderzoek naar de relatie tussen IR en prestatie volgt als belangrijkste conclusie, dat voor veel prestatie-aspecten significante verbanden zijn gevonden met de IR-maten. Echter, over het algemeen waren deze correlaties niet hoog. De hoogste correlaties werden gevonden tussen IR en het theorie-examen ($r=.46$).

Bezien wij de IR-maten afzonderlijk, dan valt op dat mmA het meest consistent met de verschillende prestatie-aspecten correleert. Het blijkt, dat mmB het minst vaak met de prestaties correleert. Mb blijkt in enkele gevallen met *andere* prestatie-aspecten te correleren dan mmA, resp. mmB. Wij spraken reeds over de vrij redelijke correlatie van mb met zoekstrategieën bij storingen en de correlatie van .31 tussen mmB en het theorie-examen. Kennis van het proces blijkt dus over het algemeen verband te houden met de prestaties; het hangt echter af van de wijze waarop de verschillende prestatie-aspecten zijn geoperationaliseerd, welke vorm van proceskennis de meeste invloed heeft.

Moderator variabelen

Bij het onderzoeken van de relatie tussen IR en prestatie dient men zich te realiseren, dat bij mensen (in tegenstelling tot computers) deze relatie niet een directe is. Of kennis daadwerkelijk tot prestaties leidt hangt bij mensen van nogal wat omstandigheden af, waaronder als belangrijkste gewoonlijk een aantal persoonlijkheidsvariabelen worden gerekend. In ons onderzoek is het "moderator-variabele" model gehanteerd om op de rol van deze persoonlijkheidsvariabelen enig zicht te krijgen. Op grond van de resultaten kan een aantal aanwijzingen verkregen worden (zie ook tabel 5.10.):

1. Ten aanzien van *vooropleiding*: Bezien wij de prestaties op het *examen* dan valt op, dat een technische vooropleiding een modere-rende rol vervult op de relatie IR-examenprestatie.

Dit geldt zowel voor het theoretisch- als voor het praktisch gedeelte van het examen. Beperken wij ons tot de ppn. met een technische vooropleiding dan valt de hoge correlatie tussen IR en het theorie-examen, resp. het examen bediening op bij de groep met een *hoge* technische vooropleiding (r is resp. .73 en .50, i.t.t. resp. .36 en .09 bij de groep met een relatief *lage* technische vooropleiding).

Met betrekking tot de proeven die de ppn. uitvoerden valt het volgende op: Tussen IR en het *kijk- en actiegedrag* is er een redelijk hoge correlatie ($r=.45$) voor de groep met een *technische* vooropleiding (bij de groep die geen technische vooropleiding had was $r=.10$).

Tussen IR en de *zoekstrategieën* is de correlatie redelijk hoog (ze bedraagt .34) bij de groep die een *niet-technische* vooropleiding heeft. Vooral lijkt bij een *hoge* niet-technische vooropleiding het verband sterk ($r=.53$).

Samenvattend lijkt het erop, dat bij een *lage niet-technische* vooropleiding de relatie tussen IR en de prestaties op de diverse proeven het geringst is. Bij een *technische* vooropleiding (waarbij gewoonlijk praktische vaardigheden worden geleerd) lijkt er vooral een relatie te zijn tussen IR en de prestatie op proeven die meer direct met de praktijk van het regelen te maken hebben (simulatorproef, examen bediening). Bij een *niet-technische* vooropleiding (waarbij meer abstract-verbale vaardigheden worden geoefend) lijkt dit vooral het geval te zijn bij proeven die meer van theoretische aard zijn c.q. een "denk"-karakter hebben (bv. zoekstrategieën). Er is dus waarschijnlijk een interactie tussen IR en vooropleiding. Of en in welke mate kennis over de structuur en het functioneren zich manifesteert in goede prestaties op de diverse proeven hangt af van het soort vooropleiding, dat is genoten. Het is ook voor opleiders belangrijk dit soort informatie te bezitten. Men zou, als men dit wil, niet-technisch geschoolden voor sommige taken een extra bijscholing kunnen geven, evenals technisch geschoolden voor andere taken.

2. Ten aanzien van "zorgelijkheid" is reeds de bevinding genoemd dat bij zorgelijke ppn. de correlaties tussen IR en de prestaties op de beide opgaven bij "meters vragen" duidelijk hoger zijn dan bij minder zorgelijke ppn. Dit geldt consistent voor alle componenten die in dit verband in aanmerking komen, nl. passiviteit, introversie, angst en somatisme. Het lijkt erop dat de relatie tussen IR en prestatie bij de proef "meters vragen" sterker is bij degenen die kennis over het proces het meest nodig hebben, c.q. daarin steun zoeken (de meer passieve, angstige ppn.) dan bij degenen voor wie dit minder het geval is.

Wij zijn ons ervan bewust, dat de interpretaties van de gegevens hier en daar speculatief zijn. Eigenlijk zijn zij hypothesen voor verder onderzoek.

Wij menen echter dat deze analyse van modererende variabelen mogelijk een aanzet is om uit de impasse te geraken waarin het onderzoek met betrekking tot de rol van persoonsfactoren bij operator-gedrag is geraakt (zie bv. Edwards en Lees, 1974).

Multipele correlaties

Er is nog nagegaan of de berekening van multipele correlaties tussen de IR-maten en de diverse prestatie-aspecten tot enige verdieping van inzicht in de relaties tussen IR en prestatie leidde. In bijlage 19 zijn de betreffende multipele correlaties opgenomen, evenals de enkelvoudige correlaties.

Over het algemeen worden er geen dramatische verbeteringen gevonden in de correlaties tussen de IR-maten en de prestatie-maten. Slechts bij de correlaties met de somscore k-a gedrag en het theorie-examen is de multipele correlatie vrij veel hoger dan de hoogst-correlerende IR-maat, afzonderlijk bezien (bij het theorie-examen bv. .47 in vergelijking met .34 met mb en bij de somscore k-a gedrag .33 in vergelijking met .24). Er dient te worden aangetekend dat mmB met de meeste prestatie-maten zeer lage correlaties vertoont en dus ten aanzien van de betreffende maten praktisch geen verklarend vermogen heeft (de uitzondering ten aanzien van het theorie-examen is reeds eerder genoemd).

6.3. Aanbevelingen voor opleiding

Reeds in hoofdstuk 2 is erop gewezen, dat de vraagstelling van dit onderzoek is gerezen vanuit problemen bij het inrichten van operator-opleidingen. Die problemen hebben vooral betrekking op de hoeveelheid en aard van proceskennis die moet worden aangebracht. In het hier beschreven onderzoek is vooral de aard van de proceskennis aan de orde geweest. Er is een poging gedaan deze in verband te brengen met belangrijke prestatie-aspecten bij het regelen van processen. Wij geven in onderstaande punten enkele opmerkingen die vanuit de verkregen data te maken zijn en die voor het opleiden van operators van belang lijken:

1. Het lijkt weinig zinvol tijdens operator-opleidingen grote nadruk op fundamenteel-theoretische kennis te leggen. Het feit, dat tussen mmb (waar nogal een beroep op fundamenteel-theoretische kennis wordt gedaan) en de diverse prestaties geen- of zelfs een zwak negatieve correlatie bestaat duidt erop, dat dit type kennis weinig nuttig is bij het uitvoeren van het type taken dat aan onze ppn. werd voorgelegd.

In dit verband wijzen wij ook op het feit, dat degenen met stage-ervaring gemiddeld een significant lagere score op mmb behaalden dan de ppn. zonder stage-ervaring. Het aanbrengen van theorie in een opleidingssituatie die later in de praktijk moet worden toegepast lijkt dus weinig zinvol. Naarmate de theorie meer fundamenteel is ("theoretische" theorie) en minder "vaktheorie" geldt dit des te sterker.

Echter niet voor alle aspecten van het werk van operators hoeft dit te gelden. Misschien geldt bij zeer complexe systemen en navolgend hogere eisen aan operators iets anders. Ook dient men te bedenken, dat aanbrengen van "theorie" om andere redenen dan met het oog op directe praktische toepassing kan gebeuren; men denke bv. aan bijzonder geïnteresseerde cursisten en/of aan loopbaan-overwegingen.

Het reeds in par. 6.1. beschreven experiment van Williams en Whitmore (1959) die aantoonde dat de theoretische kennis van onderhoudstechnici het grootst was bij het beëindigen van hun formele opleiding en bij toename van het aantal praktijkjaren steeds verder afnam (terwijl hun prestaties bij het vinden en repareren van storingen en fouten in de apparatuur steeds toenam) heeft Duncan en Gray (1975) ertoe gebracht een bepaalde wijze van opleiden (die zij "functional context training" noemen) te propageren die niet uitgaat van theorie, maar van bij de leerling bekende *principes* (zoals bij destilleren: koken) en "*dingen*" (zoals: petroleum, gas).

Zo'n functionele training heeft echter als bezwaar, dat zij uiteraard is toegespitst op een bepaalde functie. Wil men juist mobiele operators opleiden die ook bij andere processen kunnen worden ingezet, dan verdient wellicht een andere aanpak de voorkeur (met als consequentie mogelijk wel hogere eisen aan vooropleiding en/of abstractievermogen).

2. Ten behoeve van het zoeken naar storingen en het diagnosticeren ervan lijken de gegevens erop te wijzen, dat vooral belangrijk is de stappen tussen *effect* en *oorzaak* op een juiste wijze te doorlopen.

De vrij hoge correlatie tussen mb en de zoekstrategieën doen vermoeden, dat een visuele voorstelling van de processtructuur belangrijk is. Daarbij is immers de mogelijkheid geschapen vanuit het effect (i.c. de meter-met-signaalwaarde) "lijnen" te trekken naar de diverse mogelijke oorzaken.

Er is ons inziens enige overeenkomst met een reiziger, die in een min of meer bekende stad verdwaald is en zich probeert voor te stellen, welke wegen hij sinds een bekend punt heeft afgelegd. Duncan en Gray (1975) wijzen er ook op, dat het bij operator-opleidingen gebruikelijk is de leerling duidelijk te maken, dat allerlei omstandigheden bepaalde te observeren indicaties op het paneel opleveren (vgl. de vragenlijst mma). Echter, zoals reeds in par. 5.4.2. is opgemerkt, is dit in tegenspraak met wat bij het zoeken naar storingen in eerste instantie wordt gevraagd. Daar begint men juist met het waarnemen van een afwijking op het paneel die men, eventueel na het bekijken van additionele informatiebronnen, moet interpreteren. Men zou er daarom beter aan doen de operators te helpen, gegeven een of meer van de norm afwijkende meterstanden, met het stellen van goede vragen (die via de informatieverschaffing over het proces beantwoord kunnen worden) zodat de storing kan worden geïdentificeerd. Dit stellen van goede vragen hebben zij in een beslissingsboom geoperationaliseerd. Het lijkt aannemelijk, dat de combinatie van een goede visuele en concrete voorstelling van het proces en een voorstelling van een dergelijke beslissingsboom (leerling-) operators het meest van dienst kunnen zijn bij storingsdiagnose.

3. Het werk van operators omvat diverse deeltaken (bijvoorbeeld storingen identificeren, de gevolgen van storingen minimaliseren, op juiste wijze informatie zoeken uit de diverse informatieverschaffers, de belangrijkheid der informatiebronnen goed beoordelen etc.). Daarom zullen zij tijdens de opleiding ook hiertoe moeten worden toegerust. Zowel een meer verbaal-abstracte als een meer visueel-concrete representatiewijze zijn, blijkens onze resultaten,

voor de verschillende taakaspecten van belang. Daarom dienen beide wijzen van coderen van de werkelijkheid te worden bevorderd. Zo zal een aan de eisen van de taak aangepaste procesvoorstelling (bv. een processchema) tijdens zo'n opleiding een duidelijke plaats moeten hebben, maar ook zal een verbaal-abstracte wijze van bezig zijn met de relaties tussen de procesvariabelen moeten worden gestimuleerd. Daarbij kan gedacht worden aan handleidingen zoals die van Duncan en Gray (1976). Tenslotte is van belang, dat van de ene in de andere wijze van voorstellen kan worden overgeschakeld. Dit kan tijdens de opleiding bevorderd worden door het visueel-concreet bezig zijn (bv. oefenen aan de simulator) af te wisselen met verbaal-abstract bezig zijn (zoals door gesprek en geschrift). Ook kan de proefopstelling voor de proef "meters vragen" in dit kader gebruikt worden. Men kan bv. diverse storingen op deze wijze op overhead-sheets brengen en telkens -beginnend bij een bepaalde meter-met-signaal-waarde- klassikaal of individueel vragen welke meterstanden men achtereenvolgens wil opvragen. De keuze wordt dan ter discussie gesteld, waarbij de waarde van de diverse informatiebronnen ter sprake kan komen.

6.4. Aanbevelingen voor selectie

Enkele bevindingen die ons inziens voor het inrichten van selectieprocedures voor operators van belang zijn zullen nu worden besproken.

1. *Coderingswijzen van de werkelijkheid.* Daar uit het onderzoek blijkt, dat zowel een meer verbaal-abstracte wijze van procesrepresentatie (mentaal model) als een meer visueel-concrete wijze (mentaal beeld) voor de verschillende proeven van belang zijn (zij het dat sommige proeven meer met de ene - en andere proeven met de andere representatiewijze verband houden), lijkt een redelijke hypothese dat een selectie op de mate van visueel of verbaal voorstellingsvermogen nut kan afwerpen. Wij tekenen hierbij echter aan, dat wellicht nog belangrijker het vermogen is om -gegeven de verschillende omstandigheden bij het besturen en regelen van processen- flexibel van de ene in de andere representatiewijze over te schakelen en vooral die representatie te kiezen die voor de gegeven probleemstelling het meest adequaat is. Het zou aanbeveling

verdienen hiervoor een test te ontwerpen.

2. *Moderator variabelen.* Ten behoeve van de selectie verdient het aanbeveling nader te onderzoeken of de voorspellende waarde van in aanmerking komende tests niet kan worden vergroot door ook moderator variabelen in de beschouwing te betrekken. Afhankelijk van de probleemstelling zouden de tests die de vier componenten constitueren die na factoranalyse op de persoonsvariabelen zijn onderscheiden, kunnen worden ingevoerd. Ook geven de data aanleiding de rol van de verschillende vooropleidingen nader te bezien. Ondanks het feit, dat een technische vooropleiding (c.q. een *hoge* technische vooropleiding) op veel proeven een indicatie is voor een goede voorspellingsmogelijkheid van prestatie *uit* kennis, lijkt het, gezien de omgekeerde bevinding bij de zoekstrategieën niet aan te bevelen steeds de voorkeur aan technisch geschoolde kandidaten te geven. Bovendien, en dat is minstens zo belangrijk, is het illustratief voor de criteria (in dit verband de door ons gehanteerde prestatiematen), dat voor sommige de relatie tussen "kennis" en "prestatie" sterker is bij technisch geschoolden en voor andere juist bij niet-technisch geschoolden (zie ook par. 6.2.).

3. *Prestatie-maten.* De problemen waarmee de ppn. tijdens de diverse proeven werden geconfronteerd bezitten het voordeel, dat zij over het algemeen wat dichter bij de werkelijke problemen van procesoperators staan dan de vaak als criterium bij selectie gehanteerde opleidingsresultaten (i.c. *examencijfers*): het zijn meer "ultimate" criteria. Daarom verdient het aanbeveling prestatiematen van het door ons gehanteerde type (maar met meer gevarieerde opgaven) als criteria te gebruiken. Een analyse van de selectieprocedure vanuit deze criteria zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot een gedifferentieerder inzicht in de eigenschappen waarop een beroep wordt gedaan en dus tot een verbetering van de procedure. Een vergelijking met de bij personeelsbeoordeling momenteel opkomende "assessment centers" ligt voor de hand.

6.5. Aanbevelingen voor het ontwerp van informatiesystemen

Een informatiesysteem over het proces dient ertoe de operator in staat te stellen zijn taak zo goed mogelijk te verrichten. Hieronder volgen enkele aanwijzingen voor het ontwerp hiervan, die naar aanleiding van onderzoekgegevens zijn te geven.

1. Een informatiesysteem helpt de operator zich een goede interne procesrepresentatie te verwerven. Vooral operators-in-opleiding (c.q. onervaren operators) zullen behoefte hebben aan hulp bij het opbouwen van een voorstelling van de processtructuur. Daarom zal een visuele en concrete informatiewijze waaruit deze structuur blijkt nodig zijn (bv. een processchema of een procesvoorstelling op het paneel). Voor storingsdiagnose lijkt zo'n visualisering ook van belang.

Een informatiesysteem zou de operator in staat moeten stellen zich de diverse procesvariabelen en de relaties ertussen vanuit elke variabele voor te stellen en "in gedachten" (gesteund door het informatiesysteem) te doorlopen.

2. Wanneer de operator door het informatiesysteem in staat zou zijn het belang der informatiebronnen en het belang van de relaties (vooral bv. bij storingsdiagnose) beter te beoordelen, zou dit een grote hulp bij zijn taakuitvoering zijn. Een informatiesysteem, gesteund door een computer (met een goed procesmodel) zou -gegeven de procesconditie- de variabelen en relaties die het meest van belang zijn op meer pregnante wijze kunnen presenteren.

3. Hulpmiddelen voor procesregeling, (bv. de grafische voorstelling van een beslissingsboom zoals ook in handboeken voorkomt, zie Duncan en Gray, 1976) kunnen met behulp van een aan een computer gekoppelde display wellicht worden vervolmaakt. Zo kan de operator geholpen worden met grotere kans op succes in te grijpen.

4. Flexibel overschakelen van visuele - naar verbale wijzen van procesrepresentatie kan wellicht worden bevorderd door beide mogelijkheden in het systeem op te nemen en de operator al naar gelang zijn voorkeur de ene of andere wijze te laten oproepen. Verder

onderzoek hiernaar is gewenst.

5. Analyse van kijk- en actiegedrag biedt de mogelijkheid tot verbetering in het paneelontwerp. Zowel kijk- en actiefrequentie en -duur als schakels tussen informatiebronnen kunnen de ontwerper van nut zijn. Interessant is in dit verband ook het feit, dat door het vragen van belangrijkheidsoordelen reeds snel informatie over een belangrijk paneelindelingsprincipe is te verkrijgen.

De proef "meters vragen" dwong de pp. sequentieel bezig te zijn. Wij zezen reeds op de problemen die dit met zich meebrengt ten aanzien van het generaliseren naar praktijk-situaties van procesregeling, waar veelal de informatieverschaffing parallel geschiedt. Dan immers wordt de operator meer in staat gesteld tot patroonherkenning. Toch zien wij steeds meer dat tot sequentieel werken wordt overgegaan, met name door de invoering van visuele display units, maar ook doordat de omvang van de panelen en de hoeveelheid informatiebronnen daarop als gevolg van schaalvergroting te zeer toenam.

Bij beeldschermgebruik vragen operators informatie op. Uit de resultaten van ons onderzoek lijkt de conclusie getrokken te kunnen worden, dat de wijze waarop het informatiesysteem over het proces geraadpleegd wordt beïnvloed wordt door het mentale procesbeeld. Een goede voorstelling van de processtructuur is kennelijk van belang. Wellicht kan zo'n algemene visuele voorstelling positief worden beïnvloed door een goede procesvoorstelling op het paneel, terwijl voor bv. storingsdiagnose het opvragen van informatie (mede daardoor) beter plaatsvindt. Tenslotte kan men zich ook hierbij afvragen of de computer, gevoed met een procesmodel, niet hulp kan bieden in de vorm van suggesties voor deze opvraging. Meer onderzoek is hier op zijn plaats.

6.6. *Open vragen*

Operationalisering IR

De operationalisering van IR kan verbeterd worden. Denkend aan verbeteringen binnen de in dit onderzoek gebruikte aanpak zouden pogingen moeten worden gedaan tot vergroting van de betrouwbaarheid van de vragenlijsten *mmA* en *mmB*.

Ten aanzien van mb is reeds opgemerkt, dat het processchema dat gewoonlijk wordt geproduceerd niet geheel getrouw onze oorspronkelijke bedoeling (operationalisering van de visueel-concrete interne voorstelling) weergeeft en dus ten aanzien van dit begrip niet geheel valide geacht mag worden.

Men zou ppn. die een werkelijk bestaand proces besturen (en geen gesimuleerd proces) moeten vragen tekeningen van de "fabriek" te maken. Echter ook dan worden nog vaak processchema's getekend (zie bv. Kragt, 1971).

Ook lijkt het van belang na te gaan of de factorstructuur van de IR-maten niet met de toenemende ervaring van de operators verandert (vgl. Fleishman, 1954). Dat zou inzicht in de rol van een toenemende ervaring met het regelen van processen en de invloed daarvan op de aard van de proceskennis vergroten.

Andere onderzoekpopulaties

Het onderzoek vond plaats bij leerling-operators. Het zou aanbeveling verdienen een vergelijkbaar onderzoek te doen bij ervaren operators. Natuurlijk is het moeilijk operators hiervoor vrij te maken. Echter zo'n onderzoek zou om vele redenen zinvol zijn; wij noemen bv. het feit dat het generaliseringsgebied wordt verruimd naar een dergelijke populatie (in dit onderzoek kan strikt genomen slechts naar leerling-operators worden gegeneraliseerd en dan nog slechts in zoverre de ppn. een representatieve steekproef uit deze groep vormen!). Bovendien zou het van belang zijn te weten of de trend die wij signaleerden bij de tweede afname van de IR-vragenlijsten naar een meer homogene organisatie van proceskennis zich zou doorzetten. Dat zou de theoretische status van het begrip "interne procesrepresentatie" verstevigen.

Onderzoek naar procescomplexiteit

Sommige onderzoekers (bv. Brigham en Laios, 1976 en Seegers, 1977) wezen erop dat de procescomplexiteit van invloed zou kunnen zijn op de relatie tussen instructie en prestatie bij het regelen van traag-reagerende systemen. Dit zou ook kunnen opgaan voor de relatie tussen verschillende wijzen van interne procesrepresentatie en prestatieaspecten. Zo zou men bij processen die in complexiteit verschillen bepaalde onderdelen van ons onderzoek kunnen repliceren.

Dan dient echter het begrip procescomplexiteit te worden geoperationaliseerd. Dit zou te meer nuttig zijn, naarmate zo'n complexiteitsmaat bij diverse proeven kan worden toegepast (daarmee worden de generaliseringsmogelijkheden verhoogd).

S A M E N V A T T I N G

In het hier beschreven onderzoek worden een aantal hypothesen getoetst met betrekking tot het verband tussen de interne procesrepresentatie enerzijds en aspecten van regelgedrag en regelprestatie anderzijds. Het onderzoek is uitgevoerd bij 87 leerling-operators van het Opleidingscentrum Technologie van de DSM.

In *hoofdstuk één* wordt ingegaan op de taaksituatie van operators. Bevestigd wordt dat dit een voorbeeld is van de ontwikkeling naar meer mentale taken die men in veel gevallen van automatisering ziet. Bovendien wordt aangegeven, dat de centrale vraagstelling betrekking heeft op problemen bij selectie en training van operators, alsmede bij het ontwerp van informatiesystemen.

In *hoofdstuk twee* worden een aantal onderzoekingen genoemd naar de relatie tussen instructie en prestatie bij het regelen van traag-reagerende processen. Teneinde de resultaten van hun onderzoek te verklaren voeren de meeste auteurs begrippen als "mentaal beeld", "mentaal model" en "interne representatie" in. Een beschouwing van het begrip "interne representatie" vanuit de cognitieve psychologie laat het onderscheid zien tussen een meer visueel-concrete wijze van representeren van (aspecten van) de werkelijkheid en een meer verbaal-abstracte. De systeemleer, met name het besturingsparadigma, biedt aanknopingspunten voor het postuleren van een model van o.a. het bestuurd systeem en de systeembestuurder. De theoretische beschouwingen vormen de aanleiding bij procesoperators een "interne procesrepresentatie" te postuleren. Twee aspecten daarvan worden onderscheiden, namelijk het "mentale procesmodel" (de interne representatie van het functioneren van het proces) en het "mentale procesbeeld" (de interne representatie van de structuur van het proces).

In *hoofdstuk drie* wordt het model en de organisatie van het onderzoek besproken. De centrale vraagstelling heeft betrekking op de relatie tussen de interne procesrepresentatie (mentaal model en -beeld) en een aantal prestatie-aspecten bij het zoeken naar- en diagnosticeren van storingen, het opheffen van de gevolgen van een storing en het inschatten van de belangrijkheid van diverse informatiebronnen over

een proces. Ook is van belang de relatie tussen enkele achtergrondfactoren (zoals intelligentie en vooropleiding) en de kwaliteit van de interne procesrepresentatie. Tenslotte wordt nog op de mogelijke modererende rol van enkele persoonlijkheidsvariabelen op de relatie tussen interne representatie en prestatie gewezen.

Hierna volgt de beschrijving van de onderzoekssituatie en de bij het onderzoek gebruikte simulator van een destillatieproces. Het verloop van het onderzoek wordt kort beschreven: eerst krijgen de ppn. (cursisten van het opleidingscentrum) een standaardinstructie, vervolgens wordt de kwaliteit van hun mentale model en -beeld vastgelegd, dan volgen een drietal proeven (een storing oplossen aan de simulator; storingen diagnosticeren en belangrijkheid van informatiebronnen beoordelen), tenslotte worden een aantal tests afgenomen.

In *hoofdstuk vier* wordt de ontwikkeling van de instructies, proeven en meetinstrumenten beschreven, alsmede de te toetsen hypothesen. Zo wordt het mentale model door middel van een tweetal vragenlijsten vastgelegd en het mentale beeld door de ppn. te vragen een tekening van de "fabriek" te maken. Ook wordt de operationalisering van de prestatie-maten in detail beschreven.

In *hoofdstuk vijf* worden de resultaten gepresenteerd. Na een analyse van de prestatie-maten en hun relaties volgt een nader onderzoek naar de vragenlijsten met beyrekking tot de interne representatie. Dan volgt de toetsing van de hypothesen. Geconcludeerd wordt, dat er over het algemeen positieve verbanden tussen de maten voor interne representatie en de prestatie-maten bestaan. Ook zijn er aanwijzingen voor de modererende rol van sommige persoonlijkheids- en biografische gegevens. Enkele additionele resultaten betreffen een nadere analyse van het kijkgedrag van de ppn. aan het paneel en een vergelijking van kijk- en actiegedrag met de belangrijkheidsoordelen over de diverse paneelinstrumenten. De invloed van de achtergrondfactoren blijkt afwezig of ingewikkelder dan aanvankelijk vermoed. Tenslotte wordt het onderzoeksmodel getoetst tegen een alternatief model, waarbij via partiële correlatierekening nagegaan wordt of de gevonden relaties tussen interne representatie en prestatie stand houden bij controle-ring voor de invloed van intelligentie en opleidingsvorderingen.

In *hoofdstuk zes* tenslotte worden de resultaten samengevat en worden lijnen getrokken naar de opleiding en selectie van operators, alsmede naar het ontwerp van informatiesystemen voor hen. Met het noemen van enkele nog open vragen wordt het geheel afgesloten.

S U M M A R Y

The investigation reported in this dissertation concerned the testing of a number of hypotheses related to the internal representation of a process on one hand and the control behaviour and performance on the other. The subjects tested were 87 process operator trainees from an operator training school in the chemical industry.

In chapter one an account was given of the work situation for process operators and it was argued that their work shows the development of mental tasks, so well known in many situations of automation. The central theme of the research reported in this dissertation is introduced and its relevance to practical problems of selection and training, as well as to the design of information systems, i.e. displays and controls, is pointed out.

In chapter two, a number of investigations was described concerning the relationship between instruction and performance when controlling slow-response systems. Many investigators in this field have explained the results of their findings by introducing concepts such as "mental image", "mental model" and "internal representation". A study of developments in cognitive psychology showed that internal representation often concerns a distinction between a mainly visual or concrete mode of representation of reality and a mainly verbal or abstract mode. Systems science, especially the control paradigm offered possibilities for postulating a model of the controlled system and the controller of the system. Following the abovementioned theoretical considerations an internal representation of the process was assumed to exist in process operators. A distinction was made between two forms, the "mental model" of the process (the internal representation of process function) and the "mental image" of the process (the internal representation of process structure).

In chapter three, the research model and the organisation of the research project were described. The central research question was concerned with the relationships between the internal representation of a chemical process (mental model and mental image) and the performance of certain tasks; for example, searching and diagnosing disturbances, reducing the effects of a disturbance and judging the importance of panel instruments under various process conditions. An analysis, moreover, was made of the relationship between some back-

ground variables (such as intelligence and education) on one hand and the quality of the internal representation on the other. Finally, an analysis was made of some variables that might have a moderating effect on the relationship between internal representation and performance. Then followed a description of the research situation and the simulator for the distillation process that was used in the investigation. A short review was given of the research procedure; firstly, the subjects were given a standard instruction, next the quality of their mental model and mental image was measured, then they were given three experimental tasks (reducing the effects of a disturbance at the process simulator; searching and diagnosing six disturbances; judging the importance of panel instruments under various conditions); finally, the subjects completed a number of psychological tests.

In chapter four, the design of the standard instruction, the experimental tasks and the instruments were described; as well as the hypotheses to be tested. The mental model, for example, was measured by means of two questionnaires and the mental image was measured by asking the subject to make a drawing of the "plant". Also, the methods for measuring performance were described in detail.

In chapter five, the results were presented. Firstly an analysis was made of the performance measurements and their interrelationships; then, of the mental model questionnaires. After that the hypotheses were tested. It was concluded that, generally, positive relationships exist between the scores for internal representation and the various aspects of performing the experimental tasks. Also, there were indications of a moderating effect of certain variables on these relationships. Some additional results were given concerning a more detailed analysis of the information sampling behaviour of the subjects when working at the control panel. Also, the relationships between the judgement of instrument-importance and information-sampling behaviour (as well as the control behaviour itself) were investigated. The effect of background factors was shown to exist, but there were indications that this effect was more complicated than originally assumed. Finally, the research model was tested against an alternative model. It was tested to see whether the relationships that were found between internal process-representation and the performance measures continued when intelligence and

training-school performance were held constant by partial correlation. This turned out to be the case.

Finally, in chapter six, the results were interpreted and conclusions were drawn for the training and selection of operators. Also, some implications for information systems design were discussed. A few open questions remained and they were discussed, e.g. methods for measuring different aspects of internal representation and problems concerning the limits of this investigation (e.g. the restriction to this population of subjects).

L I T E R A T U U R L I J S T

- Ach, N.: Ueber die Willenstätigkeit und das Denken; Vanderhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1905.
- Anderson, B.F.: Cognitive Psychology; Academic Press, New York/London, 1975.
- Bainbridge, L.: An analysis of verbal protocol from a process control task; Ph.D.thesis, University of Bristol, 1972.
- Bainbridge, L.: Forgotten alternatives in skill and work-load; Ergonomics, 1978, vol. 21, no. 3, p. 169-185.
- Bishop, Y.M.M., Feenberg, S.E., Holland, P.W.: Discrete multivariate analysis; M.I.T. press, Cambridge, 1975.
- Boxtel, P.A.A. van: Afstudeerverslag, T.H. Twente, afdeling Chemische Technologie, 1973.
- Brigham, F.R. and Laios, L.: Operator performance in the control of a laboratory process plant; Ergonomics, 1975, p. 58-66.
- Coburn, R.: Human guide to ship system development; Naval Electronics Lab. Centre, San Diego, California, 1973.
- Conant, R.C. and Ashby, W.R.: Every good regulator of a system must be a model of that system; International Journal of Systems Science, 1, 1970, 2.
- Crossman, E.R.F.W.: Automation and skill; Her Majesty's Stationary Office, London, 1960.
- Crossman, E.R.F.W. and Cooke, J.E.: Manual control of slow-response systems; International Congress on Human Factors in Electronics, Long Beach, California, 1962.
- Crossman, E.R.F.W.: Automation and skill (extract). In: Edwards, E. and Lees, F.P., The human operator in process control; Taylor and Francis, London, 1974.
- Crossman, E.R.F.W. and Cooke, J.E.: Manual control of slow-response systems. In Edwards, E. and Lees, F.P., The human operator in process control; Taylor and Francis, London, 1974.
- Cuny, X., Leplat, J., et Pailhous, J.: Le système technique: schéma de conception ou modèle d'utilisation, Studia Psychologica XIII, 1971, 4, p. 333-334.
- Cuny, X. et Deransart, P.: Charge de travail et analyse des activités cognitives; Le Travail Humain, 1972, 35-1, p. 1-16.

- Daniëls, M.J.M. e.a.: Bijdrage aan het programma van de werkgroep Mens-Machine-systemen i.o.; Technische Hogeschool Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, W.O.M.-rapport nr. 2, 1974.
- Dirken, J.M.: De vragenlijst HAB; NIPG, Leiden, 1968.
- Dirken, J.M.: Aanleiding tot de studie; enkele achtergrondgegevens, technische ontwikkeling, taakbeschrijving; Mens en Onderneming, 1970, 24, pag. 337-372,
- Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung; Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1976.
- Duncan, K.D. and Gray, M.J.: An evaluation of a fault-finding training course for refinery process operators; J. occup. Psychol., 1975, 48, p. 199-218.
- Duncan, K.D. and Shepherd, A.: A simulator and training technique for diagnosing plant failures from control panels; Ergonomics, 1975, vol. 18, p. 627-641.
- Duncker, K.: On problem solving; Psychological Monographs 58, 1945 (eerste publicatie in 1935).
- Dunnette, M.D.: Personnel selection and placement; Tavistock Publications Ltd., London, Wadsworth Publishing Company Inc., Belmont, California, 1966.
- Edwards, E. and Lees, F.P.: Man and computer in process control; Taylor and Francis Ltd., London, 1974.
- Edwards, E. and Lees, F.P.: The human operator in process control; Taylor and Francis Ltd., London, 1974.
- Ekkers, C.L. e.a.: Onderzoek in geautomatiseerde mens-machinesystemen; Mens en Onderneming, 30e jaargang mrt/april 1976. Themanummer Stuur- en Regeltaken, NIPG, Boom, Meppel, 1976.
- Fey, J. In druk; dissertatie Vrije Universiteit, 1978.
- Fleishman, E.A. and Hempel, W.E.: Changes in factor structure of a complex psycho-motor test as a function of practice; Psychometrika, 1954, 12, p. 239-252.
- Ghiselli, E.E.: Moderating effects and differential reliability and validity; Journal of Applied Psychology, 1963, p. 81-86.
- Grooms, R.R. and Endler, N.S.: The effect of anxiety on academic achievement; Journal of Educational Psychology, 1960, no. 51, p. 229-304.

- Harmsen, H.B. en Valk, P.K.W.: Processimulatie voor trainingsdoel-
einden; Interne publicatie DSM, Geleen, 1972.
- Hermans, H.J.M.: Motivatie en prestatie; Swets en Zeitlinger,
Amsterdam, 1972.
- Hoffman, J. and Rothe, H.J.: Untersuchung zur Algoritmisierung der
Störungsidentifikation bei der Steuerung eines technologischen
Teilprozesses im Kraftwerk; Probleme und Ergebnisse der Psychologie,
1970, Heft 33, p. 79-93.
- Iosif, G. and Ene, P.: Diagnosis function in thermopower station
operators; Rev. Roum. sci. sociales, serie de psychologie, 1976,
19, p. 179-197
- Jansen, W.: On the nature of mental image; Dissertatie, R.U.
Groningen, 1976.
- Kelley, C.R.: Manual and automatic control; Wiley, New York, 1968.
- Köhler, W. Gestalt Psychologie; Liveright, New York, 1929.
- Kragt, H.: De operator in de chemische procesindustrie als element
van het man-machine systeem; Afstudeerverslag, T.H. Eindhoven,
Afdeling der Bedrijfskunde, 1971.
- Kragt, H. en Landeweerd, J.A.: Mentale vaardigheden in de procesin-
dustrie; in Drenth, P.J.D. e.a.: Arbeids- en Organisationspsychologie;
Kluwer, Deventer, 1973.
- Kragt, H., Landeweerd, J.A. en Leeuw, A.C.J. de: On the concept of
"mental model" in the human control of production systems;
Proceedings of the CIRP seminar on manufacturing systems;
Ljubljana, 1973.
- Kragt, H. en Landeweerd, J.A.: Mental skills in process control, in:
Edwards, E. and Lees, F.P. (eds.): The human operator in process
control; Taylor and Francis, London, 1974.
- Kramer, N.J.T.A. en Smit, J. de: Systemdenken; Senfert en Kroese,
Leiden, 1974.
- Krivohlavy, J.: L'application des resultats de l'analyse algorithmique
d'un système comprenant un élément humain à la construction des
panneaux de réglage dans une usine électrique; Actes du troisième
congrès de la S.E.L.F., Paris, oct. 1965.
- Landeweerd, J.A. Regelvaardigheid en ergonomie; Intern rapport DSM,
Geleen, 1968; tevens doctoraal scriptie Vrije Universiteit,
Amsterdam.

- Landeweerd, J.A.: The effect of instruction on performance when controlling a slow-response system; Paper presented at the Int. Congr. of Psychology, Luik, 1971.
- Landeweerd, J.A.: De interne representatie van een productieproces - een onderzoeksvorstel; Intern W.O.M.-rapport, Technische Hogeschool Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1975.
- Leeuw, A.C.J. de: Enige aantekeningen bij de cursus Systeemleer; T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1972.
- Leeuw, A.C.J. de: Systeemleer en Organisatiekunde, Senfert en Kroese, Leiden, 1974.
- Leeuw, A.C.J. de: Systeemleer en Organisatiekunde, Intermediair II, 1975.
- Leeuw, A.C.J. de: The control paradigm as an aid for understanding and designing organisations; Paper presented to the Third European Meeting on cybernetics and system research, Wenen, 1976.
- Leplat, J.: Planification de l'action et régulation d'un système complexe; Bull. Psych., 1972, p. 533-538.
- Leplat, J. et Pailhous, J.: L'activité intellectuelle dans le travail sur instrument; Bulletin de Psychologie, 1972, XXVI 12-13, p. 673-680.
- Leusden, B. van: Taakstructuur en numerieke besturing; Dissertatie T.H. Twente, 1970.
- Manis, M.: An introduction to cognitive psychology; Brooks/Cole, Belmont, California, 1975.
- Marks, D.F.: Visual imagery differences and eye-movements in the recall of pictures; Perception and Psychophysics, 1973, no. 14, p. 407-412.
- Mayer, A. und Orth, J.: Zur qualitativen Untersuchungen der Assoziation; Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, 1901, p. 1-13.
- Messer, A.: Experimental-psychologische Untersuchungen über das Denken; Archiv für die gesammte Psychologie, 1906, 8, p. 1-224.
- Meuwese, W.A.T.: Onderwijsresearch; Het Spectrum, Utrecht, 1970.
- Neisser, U.: Cognitive Psychology; Appleton-Century-Crofts, New York, 1967.
- Neisser, U.: Cognition and reality; Freeman and Company, San Francisco, 1976.

- Neumann, J. von: Die Rechenmaschine und das Gehirn, Oldenbourg, München, 1960.
- Norman, D.A. and Rummelhart, D.E.: Explorations in cognition; Freeman, San Francisco, 1975.
- Norman, D.A.: Notes towards a theory of complex learning; Paper presented at the NATO Int. Cong. on Cogn. Psychol. and Instruction, Amsterdam, June 13-17, 1977.
- Oshanin, D.A.: The operative image of a controlled object in "man-automatic machine" systems; XVIII Int. Congr. of Psychology, Moscow, 1966.
- Paivio, A.: Imagery and verbal processes; Holt, New York, 1971.
- Parreren, C.F. van: Psychologie van het leren; van Loghum Slaterus, Arnhem, 1967.
- Paternotte, P.H.: De ontwikkeling van een maat voor de regelprestatie ten behoeve van een gesimuleerd productieproces; Afstudeerrapport, T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, W.O.M.-rapport nr. 3, 1974 (a).
- Paternotte, P.H.: De belangrijkste meter; Interne publicatie, T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1974 (b).
- Paternotte, P.H. en Verkoeyen, G.H.: Een observatie-instrument voor het registreren van kijkgedrag; Ergonomie, 1978, nr. 1, p. 8.
- Pylyshyn, Z.W.: What the mind's eye tells the mind's brain; a critique of mental imagery. Psychological Bulletin, 1973, p. 1-24.
- Schalkwijk, K.: Observatie van kijk- en actiegedrag van een operator aan een paneel; Stageverslag, T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1974.
- Seegers, H.J.J.L.: De invloed van instructie, vooropleiding en voorstellingsvermogen op de regelprestatie in een gesimuleerd industrieel proces; doctoraalscriptie Universiteit van Nijmegen, tevens W.O.M.-rapport nr. 21, T.H. Eindhoven, 1977.
- Sommerhof, G.: Analytical Biology; Oxford, 1950.
- Sperling, G.: The information available in brief visual presentations; Psychological Monographs, Whole, no. 498, 1960.
- Stassen, H.G.: Mens-machine systemen: regel-, stuur- en bewakings-taken; in: Michon, J.A. e.a. (eds.): Handboek der psychonomie, Van Loghum Slaterus, Deventer, 1976.
- Tersteeg, P.: "Ik zie, ik zie, wat jij niet ziet"; Stageverslag, T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1974.

- Tocher, K.D.: Control; Operations Research Quarterly 21, 1970, p. 159.
- Veldhuyzen, W.: Ship manoeuvring under human control; Ph.D.thesis, Delft University of Technology, 1976.
- Verhagen, F.: "Naar welke meter kijkt de operator?"; W.O.M.-rapport nr. 11., T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1974.
- Verhagen, L.H.J.M.: Assistentie programmatuur ten dienst van ergonomische experimenten met behulp van een gesimuleerd proces; Afstudeerverslag, T.H. Eindhoven, Afdeling der Electrotechniek, 1975.
- Waldus, B.H.: Verslag praktijkperiode; T.H. Eindhoven, Afdeling der Bedrijfskunde, 1974.
- Wilde, G.J.S., de: Neurotische labiliteit gemeten volgens de vragenlijst-methode; van Rossum, Amsterdam, 1963.
- Williams, W.L. and Whitmore, P.J.: The development and use of a performance test as a basis for comparing technicians with and without field experience; Hum. Resources Res. Off., Washington University, Washington, tech. report no. 52, 1959.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 *Klassikale standaardinstructie*

Hieronder volgen twee pagina's in de klassikale standaardinstructie nl. de eerste pagina en een pagina waarin de simulator voor het eerst ter sprake komt. De gebruikte sheets zijn in de tekst omkaderd aangegeven.

Bls. 1.:

Vr. Wat is eigenlijk precies destilleren?

A. Het scheiden van een vloeistofmengsel door verdampen en condenseren.

Een voorbeeld is, dat je "bier" door destilleren kunt scheiden in:

1. Een damp die meer alcohol bevat dan bier.
2. Een achterblijvende vloeistof die meer water bevat dan bier.

Vr. Waarom bevat die damp meer alcohol dan het oorspronkelijke bier?

A. Het kookpunt van alcohol ligt lager dan dat van water.

Laten we nog eens kijken naar het volgende voorbeeld.

Stel we hebben een mengsel van 50% water en 50% alcohol.

Vr. Wie weet wat het kookpunt van alcohol is bij 1 atm.?

A. 78°C.

Van water natuurlijk 100°C.

Dus:

Kookpunt alcohol 78°C (351°K)
Kookpunt water 100°C (373°K)
Gezamenlijk kookpunt minder dan $\frac{100 + 78}{2}$

Vr. Wat is dan hun gezamenlijk kookpunt?

A. Iets minder dan $(100 + 78) : 2$.

Ze gaan, zoals je weet, gelijktijdig verdampen, maar het percentage alcohol is in de damp alleen groter.

Vr. We hebben gezegd dat bij 1 atm. het kookpunt van water bij 100°C ligt. Wat gaat er gebeuren als die druk lager zou liggen, als we dus water aan de kook zouden brengen bij een druk van by. 0,5 atm.

A. Het kookpunt zou lager komen te liggen, in dit geval 80°C. Bij 0,2 atm. is het 60°C.

Bij koken:

Drukverhoging Kookpuntverhoging (meer warmte nodig om te verdampen)

Drukverlaging Kookpuntverlaging (minder warmte nodig om te verdampen)

Blz. 7.:

Laten we het nu eens over een echt proces hebben, nl. het destilla-
tieproces zoals dat beneden aan de simulator plaatsvindt.

Hier is het processchema

(vertoon processchema op overhead-projector)

Laten we beginnen bij de voeding (WIJS AAN).

De hoeveelheid voeding wordt geregeld door een FIC-regeling (WIJS AAN
OP PROCESSHEMA), de FIC 1701.

Hier is ook een voorstelling van het paneel. Waar zit hier de FIC
1701? (PL. WIJST AAN).

De voedingshoeveelheid wordt dus door de FIC 1701 constant gehouden.

Vervolgens wordt de voeding voorverwarmd; hier zie je de voedings-
voorverwarmer (WIJS AAN). Om te zorgen dat die voedingstemperatuur
constant blijft zit hier (WIJS AAN) een TIC-regeling, de TIC 1701.
Die ziet hier op het paneel (WIJS AAN).

De voeding komt binnen op plaat 40 (daar is de samenstelling gelijk
aan die van de voeding!) (WIJS AAN).

Vr. Hoe wordt de temperatuur in de kolom constant gehouden?

A. Door een cascade-regeling (TIC-FIC), nl. de TIC 1702 en de FIC
1702.

Vr. Waar zitten ze op het paneel? (WIJS AAN)

Vr. Wat wordt door deze TIC-FIC regeling geregeld?

A. De hoeveelheid stoom naar de reboiler.

..... etc.

BIJLAGE 2 *De oefening "memoriseren plaats paneelinstrumenten"*

INSTRUCTIE

Plaats van de meters op het paneel.

Voor verschillende proefjes is het nodig, dat jullie weten waar de verschillende meters beneden op het paneel zitten. We gaan daarom oefenen. Jullie krijgen zo dadelijk een tekening van het paneel met daarop de 14 meters. Deze tekening ziet er als volgt uit (zie sheet). We gaan het volgende doen: Ik noem zo meteen één meter, bv. de top-temperatuur (TI-1703). De bedoeling is, dat jullie kijken, waar deze naam thuis hoort en hem op de desbetreffende plaats erbij schrijft. (Pl. voordoen op een sheet) Begrepen? Dan zijn hier de tekeningen en beginnen we.

- hoeveelheid stoom voor de reboiler (FIC-1702)
- niveau in het refluxvat (LIC-1701)
- temperatuur van de invoer (TIC-1701)
- niveau in bodem van de kolom (LIC-1702)
- hoeveelheid koelwater voor de condensor (MIC-1701)
- hoeveelheid voeding (FIC-1701)
- hoeveelheid stoom voor de ejecteur (MIC-1702)
- druk in refluxvat (PIC-1701)
- hoeveelheid reflux (FIC-1703)
- toptemperatuur (TI-1703)
- drukverschil over de kolom (ΔP -1701)
- hoeveelheid bodem- en topproduct (FR-1704/1705)
- temperatuur op plaat 33 (TIC-1702)
- hoofdafsluiter stoom

Pl. laat nu de goede combinaties zien op de tekening van het paneel.

BIJLAGE 3. *Standaardinstructie aan de simulator*

Hieronder volgen de eerste twee pagina's uit de standaardinstructie aan de simulator.

- Vr. 01: Wat zou je nu het eerst doen?
A. 01: We moeten natuurlijk eerst de alarmeringen die bij het inschakelen gaan flikkeren uitzetten.
Ga je gang maar.
C. 01: Pl. ziet erop toe, dat pp. op de juiste wijze de alarmeringen uitzet en biedt, waar nodig, hulp.
- Vr. 02: Wat moeten we nu doen? We moeten nu eerst overbruggen.
C. 02: Pl. laat pp. overbruggen en biedt, waar nodig, hulp.
- Vr. 03: We hebben dus nu de alarmeringen uitgezet en overbrugd. Wat moeten we nu doen?
A. 03: We moeten checken of alle instrumenten op handbediening staan. Ga je gang.
C. 03: Pl. ziet toe dat dit gebeurt en checkt of het goed gebeurt.
- Vr. 03: a. Je heb dus nu gekeken of alles op handbediening staat. Wat moeten we nu doen?
A.03: a. Kijken of alle regelkleppen in de nulstand staan.
- Vr. 04: Wat moeten we nu doen?
A. 04: We moeten de stoomhoofdafsluiter, het koelwater voor de condensor en de stoom voor de ejecteur bijzetten. (Pl. laat aanwijzen op processchema en paneel).
- Vr. 05: Waarom zetten we de hoofdafsluiter open?
A. 05: Om de voedingsvoorverwarmer en de reboiler te kunnen verwarmen.
- Vr. 06: Zet de hoofdafsluiter maar op 100. (PL. ZIET TOE)
- Vr. 07: Je heb dus zojuist de hoofdstoomtoevoer verzorgd. Welke afsluiters of regelaars zou je -vóór het eigenlijke opstarten begint- ook nog kunnen openen?
A. 07: Koelwater op de condensor bijzetten en stoomtoevoer voor de ejecteur.
C. 07: De volgorde waarin deze twee genoemd worden is onbelangrijk.
- Vr. 08: Laten we beginnen met het koelwater op de condensor bij te zetten. Waarmee gaan we dat doen?
A. 08: Met de MIC 1701. (PL. WIJST AAN OP PROCESSHEMA EN OP PANEEL). We zetten hem op 15, ga je gang maar.
- Vr. 09: Nu moeten we nog de stoomtoevoer voor de ejecteur bijzetten. Waarmee doen we dat?
A. 09: Met de MIC 1702. Die zetten we ook op 15. Ga je gang.

- Vr. 10: Er komt nu stoom. Toch worden de voedingsvoorverwarmer en de reboiler nog niet warm. Waarom niet?
- A. 10: Dat komt, omdat de klep van de TIC 1701 en de FIC 1702 zijn gesloten. De stoom komt dus maar tot hier (WIJS AAN OP PROCESSHEMA).
- C. 10: Pl. wijst tijdens deze zin op het processchema de TIC 1701 en de FIC 1702 aan.
- Vr. 11: We gaan nu eerst *langzaam* de voedingsvoorverwarmer op temperatuur brengen. Dat doen we met de (VRAAG AAN PP.) TIC 1701. Hoeveel graden moet hij worden? (LAAT PP. EVENTUEEL OPZOEKEN IN BLAUW INSTRUCTIEBOEK).
- A. 11: 110°C.
- Vr. 12: Wat voor waarde op de schaal van de TIC 1701 betekent dit dan?
- A. 12: 55.

BIJLAGE 4. *Vragenlijst mentaal model A*

We hebben je een heleboel verteld over het destillatieproces en het regelen ervan. Je hebt ook aan de simulator gestaan en we hebben een groot aantal problemen met het opstarten en regelen doorgenomen.

We gaan nu een aantal vragen over het proces stellen. Daarvoor hebben we een vragenlijst meegebracht, die nu voor je ligt. Er zijn veel moeilijke vragen bij, dat weten wij. Niemand kan ze allemaal goed beantwoorden. Maar er zullen er zeker ook bij zijn, waar je het antwoord op weet. Wij gaan eens kijken, hoever wij komen.

Even uitleggen: Bij elke vraag zijn een aantal antwoorden vermeld. *Je moet telkens het goede aangeven.* Er is er maar één goed.

Stel je bij elke vraag voor DAT HET PROCES OP

 staat.

Hier is zo'n vraag als voorbeeld

WAT GEBEURT ER ALS WE DE VOEDINGSHOEVEELHEID VAN DE DESTILLATIEKOLOM VERHOGEN?		
1. ΔP 1701	<input type="radio"/> wordt groter ↑	<input type="radio"/> wordt kleiner ↓
(drukverschil over de kolom)	<input type="radio"/> blijft nagenoeg constant	

WAT GEBEURT ER DUS MET DE ΔP 1701 ALS WE DE VOEDINGSHOEVEELHEID VERHOGEN? *MAAK HET RONDJE VOOR HET GOEDE ANTWOORD MAAR ZWART.* Dus zo

1. ΔP 1701	<input type="radio"/> wordt groter ↑	<input type="radio"/> wordt kleiner ↓
(drukverschil over de kolom)	<input type="radio"/> blijft nagenoeg constant	

Als je wilt verbeteren zet je een *kruisje* door je fout en *maakt dan het goede rondje zwart.* Dus zo:

1. ΔP 1701	<input checked="" type="radio"/> wordt groter ↑	<input type="radio"/> wordt kleiner ↓
(drukverschil over de kolom)	<input type="radio"/> blijft nagenoeg constant	

- Sla geen vragen over. Als je iets persé niet weet, kun je beter gokken, dan niet beantwoorden.
- Je hebt ruim de tijd.

Sla nu de vragenlijst maar open, dan kun je beginnen.

VRAAG 1. WAT GEBEURT ER ALS WE DE HOEVEELHEID VOEDING VAN DE DESTILLATIEKOLOM VERHOGEN?

- | | | | |
|--|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1. ΔP 1701
(drukverschil over de kolom) | 0 wordt groter ↑ | 0 wordt kleiner ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 4. LIC 1702
(niveau in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 2. WAT GEBEURT ER ALS WE DE VOEDINGSHOEVEELHEID VAN DE DESTILLATIEKOLOM VERLAGEN?

- | | | | |
|--|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1. TIC 1702
(temperatuur plaat 33) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. ΔP 1701
(drukverschil over de kolom) | 0 wordt groter ↑ | 0 wordt kleiner ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 4. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 5. LIC 1701
(niveau in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 3. WAT GEBEURT ER ALS DE HOEVEELHEID STOOMTOEVOER NAAR DE REBOILER TE LAAG WORDT?

- | | | | |
|--|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. ΔP 1701
(drukverschil over de kolom) | 0 wordt groter ↑ | 0 wordt kleiner ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 4. LIC 1701
(niveau in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 7. WAT GEBEURT ER ALS WE DE REFLUXHOEVEELHEID PLOTSELING VERHOGEN?

- | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 1. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. TI 1703
(temperatuur in top kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 4. LIC 1701
(niveau in refluxtank) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 8. WAT GEBEURT ER ALS DE SAMENSTELLING VAN DE VOEDING VERANDERT VAN 70% TOPPRODUCT EN 30% BODEMPRODUCT NAAR 65% TOPPRODUCT EN 35% BODEMPRODUCT?

- | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 1. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. LIC 1701
(niveau in refluxtank) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 9. WAT GEBEURT ER ALS DE TEMPERATUUR OP PLAAT 33 IN DE KOLOM WORDT VERHOOGD?

- | | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 1. LIC 1702
(niveau in bodem kolom) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. LIC 1701
(niveau in refluxtank) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

VRAAG 10. WAT GEBEURT ER ALS DE BODEMPOMP UITVALT?

- | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 1. TIC 1702
(temperatuur plaat 33) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 2. PIC 1701
(druk in refluxvat) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |
| 3. LIC 1701
(niveau in refluxtank) | 0 gaat omhoog ↑ | 0 gaat omlaag ↓ | 0 blijft nagenoeg constant |

BIJLAGE 5. *Item-analytische berekeningen mmA en mmB.*

Vraag-totaal correlaties mmA

vragen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
vraag-totaal mmA 1	.35	.47	.39	.56	.17	.39	.38	.33	.24	.19
vraag-totaal mmA 2	.55	.58	.63	.62	.33	.58	.59	.46	.41	.30

Item-totaal correlaties mmA
(decimaalpunten weggelaten)

Item	$r_{it-tot. A1}$	$r_{it-tot. A2}$
vr. 1		
1	35	42
2	10	40
3	29	23
4	21	45
vr. 2		
5	23	46
6	26	43
7	34	43
8	31	20
9	32	46
vr. 3		
10	08	21
11	36	55
12	15	31
13	11	35
14	34	36
vr. 4		
15	-03	30
16	-04	-01
17	13	43
18	53	34
19	57	32
vr. 5		
20	11	20
21	18	39
vr. 6		
22	15	26
23	28	39
24	25	48
25	25	51

Item	$r_{it-tot. A1}$	$r_{it-tot. A2}$
vr. 7		
26	10	30
27	39	46
28	20	53
29	26	44
vr. 8		
30	30	32
31	31	40
32	21	44
vr. 9		
33	15	37
34	25	25
35	21	42
vr. 10		
36	03	05
37	23	24
38	16	38

Item-totaal corr. mmB

Item	r _{it-tot.} B1	r _{it-tot.} B2
1	69	51
2	50	50
3	41	47
4	41	45
5	44	46
6	45	64
7	45	43
8	26	47

KR-20 berekening

Vragenlijst	KR-20
mmA-1	.89
mmA-2	.93
mmB-1	.43
mmB-2	.47

BIJLAGE 6. *Vragenlijst "mentaal model B"*

Hierachter volgen nog een aantal vragen. Er wordt telkens gevraagd wat *jij* zou doen. Je kunt kiezen uit een aantal mogelijkheden. Als je in de praktijk meer dan één ding zou doen, dan maak je bij een vraag ook meer dan één rondje zwart.

Let op: niet invullen wat je allemaal zou *kunnen* doen, maar wat *jij* in die situatie zou doen.

Ga je gang. Succes.

VRAAG 1. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. HET BODEMPRODUCT WORDT ONZUIVER. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 voedingshoeveelheid	0 vergroten	0 verkleinen
TIC 1701 temperatuur van de voeding	0 verhogen (vaste invoerhoogte)	0 verlagen (vaste invoerhoogte)
TIC 1702-FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	0 vergroten	0 verkleinen
FIC 1703 refluxhoeveelheid	0 vergroten	0 verkleinen
	0 proces stoppen	

VRAAG 2. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. HET TOPPRODUCT WORDT ONZUIVER. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	0 vergroten	0 verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	0 verhogen (vaste invoerhoogte)	0 verlagen (vaste invoerhoogte)
TIC 1702-FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	0 vergroten	0 verkleinen
FIC 1703 (refluxhoeveelheid)	0 vergroten	0 verkleinen
	0 proces stoppen	

VRAAG 3. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. DE VOEDING BEVAT EEN GROTER PERCENTAGE BODEMPRODUCT. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	0 vergroten	0 verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	0 verhogen (vaste invoerhoogte)	0 verlagen (vaste invoerhoogte)
TIC 1702-FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	0 vergroten	0 verkleinen
FIC 1703 (refluxhoeveelheid)	0 vergroten	0 verkleinen
	0 proces stoppen	

VRAAG 4. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. DE VOEDING BEVAT EEN GROTER PERCENTAGE TOPPRODUCT. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	<input type="checkbox"/> verhogen (invoerhoogte aanpassen)	<input type="checkbox"/> verlagen (invoerhoogte aanpassen)
TIC 1702-FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
FIC 1703 (reflux-hoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten <input type="checkbox"/> proces stoppen	<input type="checkbox"/> verkleinen

VRAAG 5. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. DE BODEMPOMP VALT UIT. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	<input type="checkbox"/> verhogen (vaste invoerhoogte)	<input type="checkbox"/> verlagen (vaste invoerhoogte)
TIC 1701-FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
FIC 1703 (reflux-hoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten <input type="checkbox"/> proces stoppen	<input type="checkbox"/> verkleinen

VRAAG 6. HET PROCES STAAT *HANDGEREGELD*. DE TEMPERatuur VAN DE HOOFD-STOOMTOEVOER WORDT LAGER. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	<input type="checkbox"/> verhogen (vaste invoerhoogte)	<input type="checkbox"/> verlagen (vaste invoerhoogte)
FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
FIC 1703 (reflux-hoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten <input type="checkbox"/> proces stoppen	<input type="checkbox"/> verkleinen

VRAAG 7. HET PROCES STAAT *HANDGEREGELD*. ER TREEDT EEN GERINGE VERVUILING OP VAN DE CONDENSOR. WAT ZOU JIJ DOEN? WELKE STRATEGIE ZOU JIJ VOLGEN?

FIC 1701 (voedingshoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
TIC 1701 (temperatuur van de voeding)	<input type="checkbox"/> verhogen (vaste invoerhoogte)	<input type="checkbox"/> verlagen (vaste invoerhoogte)
FIC 1702 (stoomtoevoer naar reboiler)	<input type="checkbox"/> vergroten	<input type="checkbox"/> verkleinen
FIC 1703 (reflux-hoeveelheid)	<input type="checkbox"/> vergroten <input type="checkbox"/> proces stoppen	<input type="checkbox"/> verkleinen

VRAAG 8. HET PROCES STAAT OP AUTOMATISCH. WAT MOET ER GEBEUREN ALS DE TEMPERatuur OP PLAAT 33 WORDT VERHOOGD?

FIC 1703 (reflux-hoeveelheid)	<input type="checkbox"/> moet groter worden <input type="checkbox"/> moet gelijk blijven	<input type="checkbox"/> moet kleiner worden
-------------------------------	---	--

BIJLAGE 7A. *Instructie mentaal beeld.*

Je hebt de vorige keren over het destillatieproces en het regelen ervan op de simulator gehoord. We hebben het ook aan de simulator zelf geoefend.

Wij willen nu graag, dat je een *zo goed en compleet mogelijk* beeld van dit proces geeft.

Denk je maar eens in dat je in een meetkamer voor dit proces verantwoordelijk bent; dan weet je ook hoe de fabriek "*buiten*" eruit ziet. Stel je maar eens voor, *hoe* de fabriek achter het paneel, dus in werkelijkheid, eruit zou zien.

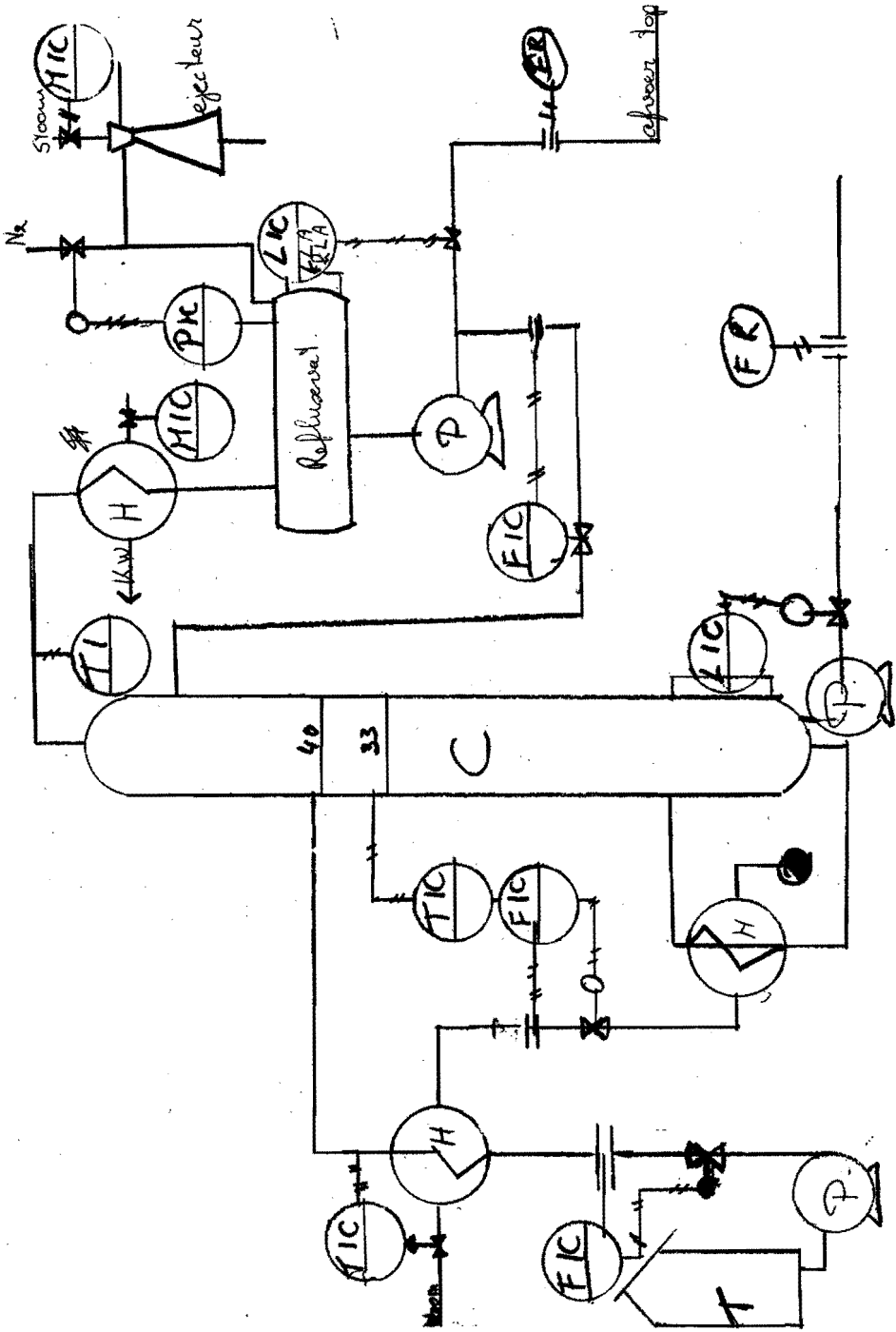
Maak maar eens een *tekening* waarin je een *zo goed mogelijk* beeld geeft van deze destillatiefabriek.

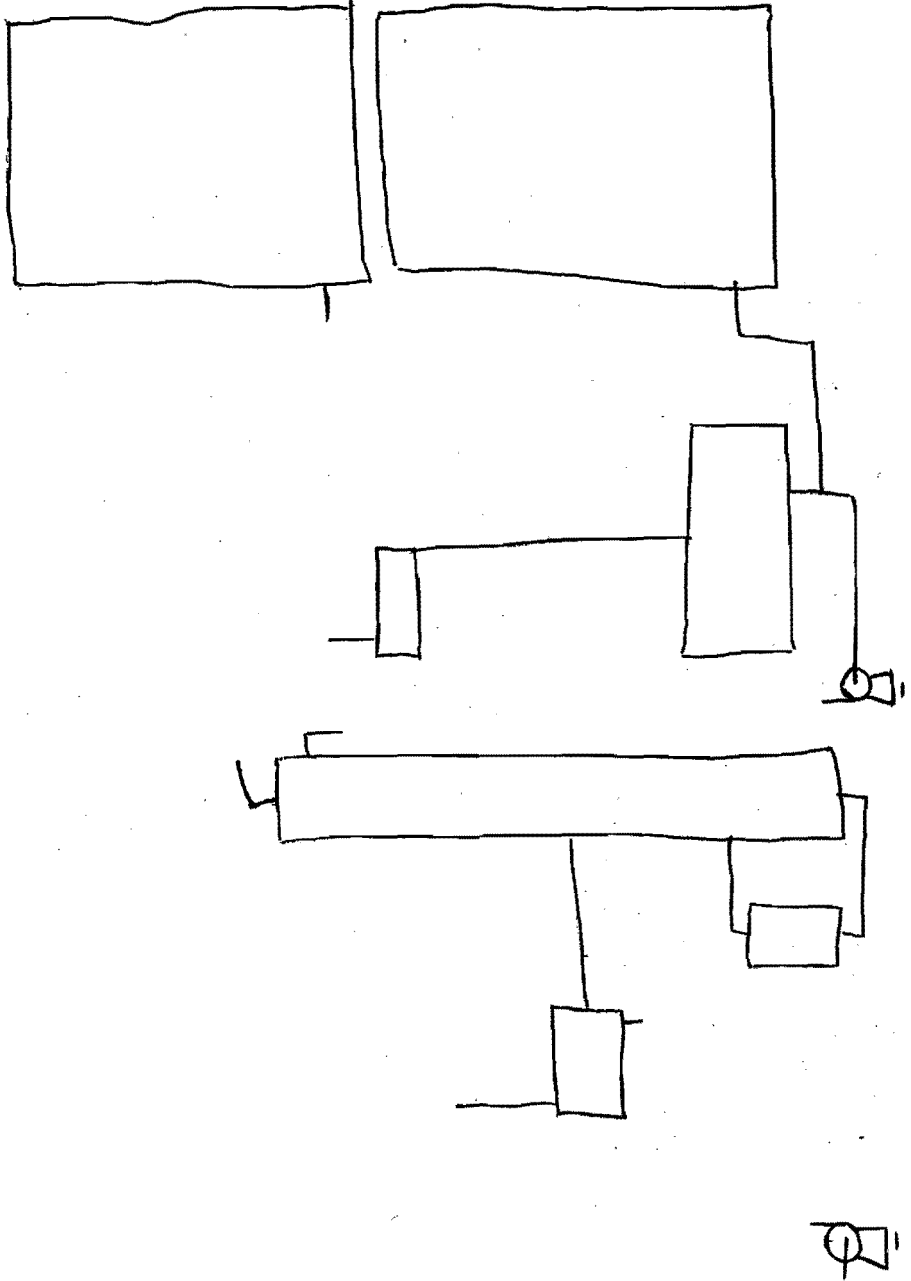
Het gaat er *niet* om, dat je het netjes doet, maar wel dat er in staat wat erin moet staan.

Je hebt 20 minuten de tijd. Ga je gang.

Gebruik voor de tekening de achterkant van dit vel.

BIJLAGE 7B. Voorbeelden van twee tekeningen





BIJLAGE 7C. *Scoringwijze "mentaal beeld"*

Bij de beoordeling van de tekening is onderscheid gemaakt tussen:
- het aanwezig zijn van de verschillende elementen en regelaars en
- de manier waarop de regelaars zijn weergegeven.

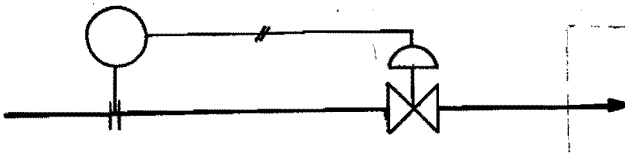
De noodzakelijk aanwezige elementen zijn:

1. kolom
2. refluxvat
3. voedingsvoorverwarmer
4. condensor
5. reboiler
6. ejecteur
7. voedingspomp
8. bodempomp
9. refluxpomp
10. stoom hoofdafsluiter
11. afsluiter koelwater condensor MIC-1701
12. afsluiter stoom ejecteur MIC-1702
13. meetpunt toptemperatuur TI-1703
14. drukverschil over de kolom ΔP -1701
15. voedingsregeling FIC-1701
16. voedingstemperatuurregeling TIC-1701
17. temperatuurregeling kolom TIC/FIC-1702
18. niveauregeling bodem LIC-1702
19. niveauregeling refluxvat LIC-1701
20. refluxregeling FIC-1703
21. drukregeling PIC-1701

Met betrekking tot de manier waarop de regelaars (punt 15 t/m 21) moeten worden weergegeven kunnen we de volgende gelijksoortige groepen onderscheiden:

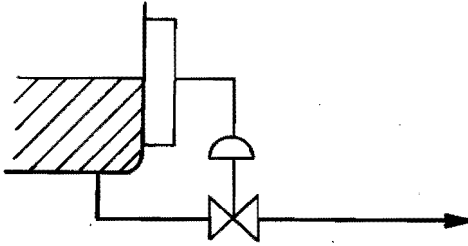
22. hoeveelhedsregelingen (punt 15 en 20).

Aanwezig moet zijn: een meetpunt en een regelpunt (klep).



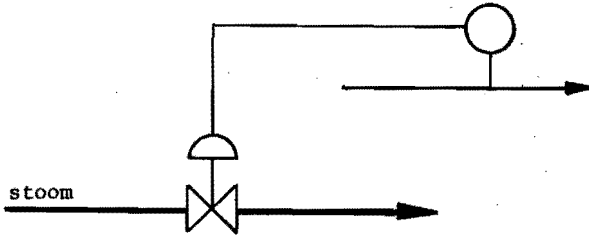
23. niveauregeling (punt 18 en 19).

Aanwezig moet zijn een niveau-indicator op de kolom, die de klep in de afvoer stuurt.



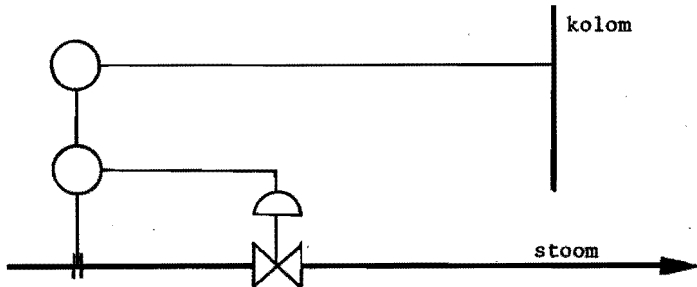
24. enkelvoudige temperatuurregeling (punt 16).

Aanwezig moet zijn een meetpunt (voeding) en een regelpunt (stoom).



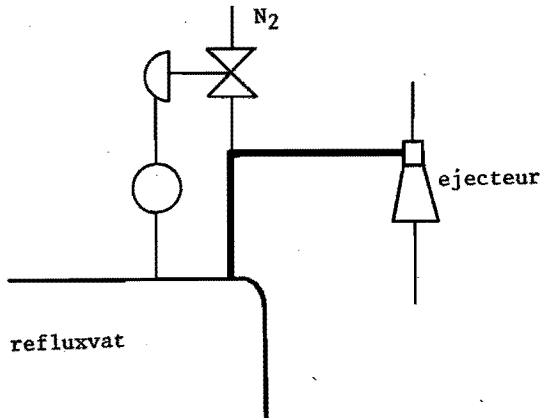
25. tweevoudige temperatuurregeling (cascaderegeling (punt 17).

Aanwezig moet zijn: een indicator voor de hoeveelheid stoom; klep in de stoomleiding verbonden aan de indicator; een indicator voor de temperatuur, gekoppeld aan de indicator voor de hoeveelheid.



26. drukregeling (punt 21).

Aanwezig moet zijn: vacuüminstallatie (ejecteur); klep in de stikstoftoevoer gekoppeld aan de indicator; een indicator op het refluxvat.



Scoringwijze

- De aanwezigheid van punt 1 t/m 21 voor ieder element 1 punt (afwezigheid 0 punten).
- Het op de juiste wijze weergeven van de regelingen per groep 1 punt. (Een groep wordt als goed beoordeeld, als tenminste een regeling per groep goed is weergegeven.)

Dit algoritme leidt tot een maximaal haalbaar aantal punten van $21 + 5 = 26$.

De eerste tekening leidt zo tot een score van $20 + 5 = 25$ punten, de tweede tot een score van $7 + 0 = 7$ punten.

BIJLAGE 8A. *Instructie "updaten" bij de simulatorproef*

We hebben de vorige keren een heleboel verteld over het proces en we hebben de simulator opgestart, je herinnert je dat nog wel. We gaan nu een paar proefjes aan de simulator doen. Het eerste wat we gaan doen is het volgende:

Stel je eens voor dat je operator van dit proces bent. Je bent een paar dagen niet in de meetkamer geweest en nu (bv. na een weekend of bij een ploegovernamen) kom je de meetkamer binnen. Je wilt je natuurlijk zo goed mogelijk op de hoogte stellen van het proces, of dat er misschien niet iets aan de hand is. Ik wil je nu vragen je van de toestand van het proces op de hoogte te stellen. Daarom loop je straks naar het paneel en je kijkt of alles goed loopt. Om zo goed mogelijk op de hoogte te raken kun je het best eerst naar de belangrijkste instrumenten kijken, dus die je de meeste inlichtingen geven over de toestand van het proces. Je mag natuurlijk ook naar 't processchema en normenblad kijken.

Ik spreek straks van alles in deze microfoon in, maar daar moet je je maar niets van aantrekken. Je gaat maar helemaal je eigen gang. Om te zorgen dat ik je bij dit proefje niet teveel stoort met dat praten kunt je het beste deze lawaai beschermer opzetten. Dus je stelt je nu zometeen op de hoogte van de procestoestand.

Bekijk alles maar op je gemak. Je hebt ruim de tijd.

Ik waarschuw je wel als we stoppen; dat is na ongeveer twee minuten.

Overigens je mag alleen maar kijken. Dus nergens aan draaien.

Zet nu de lawaai beschermers maar op, dan kunnen we beginnen.

BIJLAGE 8B. *Instructie "storing oplossen" bij de simulatorproef*

Je hebt wel gezien dat er te weinig stoom is. Er is namelijk een telefoontje binnengekomen, dat de hoofdstoomtoevoer drastisch is verminderd. Dat simuleren we door deze afsluiter te knijpen. Wil je er nu voor zorgen dat de gevolgen ervan zo goed mogelijk worden opgevangen. Dat er dus toch nog een *zo goed mogelijke kwaliteit product* wordt gemaakt.

Je mag natuurlijk niet aan de hoofdafsluiter komen.

Even ter herinnering:

De temperatuur van de voeding (TIC-1701) wordt bepaald door de plaat waarop deze voeding in de kolom binnenkomt (plaat 40). Daar moet je dus niet aan draaien. Je hebt 5 minuten de tijd.

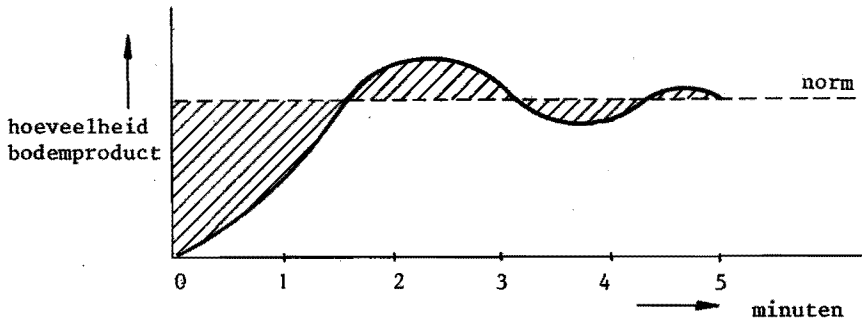
Zet de lawaai beschermer maar op en ga je gang.

BIJLAGE 9. *Kijk- en actiegedrag: te scoren mogelijkheden:*

De verschillende mogelijkheden die zich kunnen voordoen voor de pl.-
observator en die hij in code inspreekt zijn de volgende:

1. kijken naar TIC 1701
2. " " TIC 1702
3. " " ΔP 1701
4. " " TI 1703
5. " " LIC 1701
6. " " FIC 1701
7. " " FIC 1702
8. " " LIC 1702
9. " " PIC 1701
10. " " FIC 1703
11. " " stoomhoofdafsluiter
12. " " FR 1704/1705
13. " " MIC 1701
14. " " MIC 1702
15. " " processchema
16. " " normblad
17. Ander kijkgedrag dan genoemd
18. Handelen aan MIC 1701
19. " " MIC 1702
20. " " FIC 1703
21. " " PIC 1701
22. " " LIC 1702
23. " " FIC 1702
24. " " FIC 1701
25. " " LIC 1701
26. " " TIC 1702
27. " " TIC 1701 en FIC 1703 tegelijk
28. Geen actie

BIJLAGE 10. *Scoringwijze verloop hoeveelheid bodemproduct*



De scoring bestaat hieruit dat de grootte van het gearceerde oppervlak wordt bepaald. Dit is in ons geval op eenvoudige wijze gebeurd, nl. door het aantal ruitjes op het papier dat in het gearceerde gebied lag te tellen.

BIJLAGE 11. *Beschrijving van de storingen bij "meters vragen"*

1. *Geringe verontreiniging van koelwater/condensor vervuilt*

Door deze vervuiling zal niet alle damp, die boven uit de destillatiekolom ontwijkt condenseren. Een gedeelte van de damp ontwijkt (wordt afgevoerd).

Hoeveel dit is, kan met de aanwezige apparatuur niet worden gemeten. Omdat minder gecondenseerd wordt, moet, willen we het niveau in het bad althans constant houden, minder worden afgevoerd. Dit regelen van het niveau van het bad vindt plaats door het verder open en dicht zetten van de klep van LPV-1701 (dit geschiedt automatisch).

Een ander gevolg van geringere condensatie, is een toename van de druk in de top van de kolom (ΔP -1701 zakt).

De meterstanden, waaraan de operator kan zien, dat een vervuiling van het koelwater is opgetreden zijn: klep op meter LIC-1701 meer dicht en minder topproduct (FR-1704 lager) en drukverschil over de kolom kleiner (ΔP -1701 lager).

2. *Minder stoom door de ejecteur*

Als er te weinig stoom door de ejecteur wordt gevoerd, zal er een gering vacuüm in de venturi optreden.

M.a.w. er wordt minder damp aangezogen.

Om nu te voorkomen, dat de druk in het reservoir, door te geringe afvoer van damp oploopt, moet de weerstand in de stoomafvoerleiding worden verminderd. De meterstanden, waaraan de operator kan zien, dat er minder stoom door de ejecteur wordt gevoerd zijn: MIC-1702 geeft een lagere waarde aan, de klep van de meter PIC-1701 staat op maximum.

3. *Gedeeltelijk wegvallen van de hoofdstoomtoevoer*

Door het verminderen van de hoofdstoomtoevoer, komt er minder energie vrij voor:

a. Het op de juiste temperatuur brengen van de input.

b. Het herverwarmen van een gedeelte van het bodemproduct.

Om zo goed mogelijk aan de vereiste temperatuurwaarden te voldoen zal geprobeerd worden de toegevoerde warmte op te voeren door de weerstanden in de leidingen zoveel mogelijk op te heffen. (Klep-pen zover mogelijk open.) De meterstanden waaraan de operator dit kan zien zijn: de klepstanden van de meters TIC-1701, TIC-1702 en FIC-1702 (kleppen gaan verder open).

Als de kleppen volledig geopend zijn en de warmtetoevoer is nog onvoldoende, treedt een verlaging van de input-temperatuur op. (Aanwijzing van TIC-1702 lager.)

Deze inputtemperatuurdaling heeft een directe invloed op de temperatuur in de top van de kolom (TI-1703 wordt lager), waardoor ook minder product over de top wordt afgevoerd (klep van LIC-1701 gaat verder dicht). De hoeveelheid topproduct neemt af (aanwijzing van FR-1704 wordt lager).

Een ander gevolg van een temperatuurdaling is, dat het drukverschil over de kolom afneemt (ΔP -1701 wordt lager).

4. *Openvallen van de klep van de reflux*

Door het openvallen van de reflux-klep komt er meer reflux in de top van de kolom. (Topproduct valt weg; FR-1704 wordt nul.) De temperatuur van de reflux is t.o.v. de damptemperatuur laag, waardoor warmte wordt onttrokken aan de in de top van de kolom aanwezige vloeistof/damp.

De temperatuur daalt (TI-1703 wordt lager) en het drukverschil over de kolom neemt toe (ΔP -1701 wordt hoger). Na enige tijd (in de praktijk ca. 1 min.) is de koude reflux gekomen op de plaat waaraan de temperatuurindicator TIC-1702 is gemonteerd. FIC-1702 (in cascade met TIC-1702) ontvangt dan de impuls meer stoom te leveren, waardoor de temperatuurwaarde in het midden van de kolom kan worden hersteld. (Klep van FIC-1702 verder open, aanwijzing en set point hoger.) Is de stoomtoevoer maximaal, dan is het mogelijk, dat de gewenste temperatuur in de top niet bereikt wordt.

5. *Vervuiling stoomzijden van H 1701 (invoer verwarmers)*

Om nog zoveel mogelijk warmte aan de input af te staan, wordt de weerstand in de stoomtoevoerleiding verkleind (klep van TIC-1701 gaat meer open, aanwijzing neemt toe). Als de warmte-toevoer dan nog onvoldoende is, daalt de temperatuur in het midden van de kolom. Dit euvel kan worden opgeheven door de warmte-toevoer naar H-1703 te vergroten (klep van TIC-1702 en FIC-1702 gaat verder open; aanwijzing- en set point-waarden nemen toe). De lagere inputtemperatuur veroorzaakt tevens een geringe toename van de ΔP -1701.

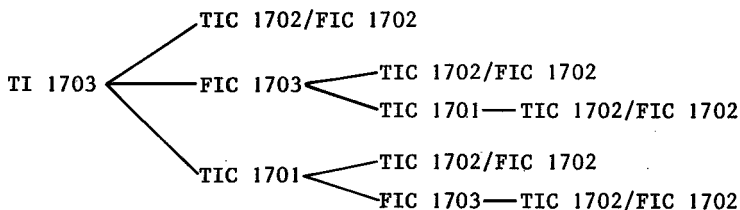
BIJLAGE 12. *Goede strategieën bij de proef "meters vragen"*

Individuele strategieën dienen met een norm vergeleken te worden om inzicht in de kwaliteit ervan te krijgen. Deze norm zou bv. de theoretisch beste strategie of strategieën kunnen zijn. Uit fysische en technische gegevens omtrent de werking van het proces (i.c. het gesimuleerde proces) zou men zo'n norm moeten afleiden. Dit is echter in het geval van de OCT-simulator onbegonnen werk. Men zou dan immers moeten beschikken over kansen van vóórkomen van diverse storingen en over de informatie-inhoud van elk der meters, gegeven een foute stand van de gepresenteerde meter. Het eerste is principieel onmogelijk daar een simulator geen voorgeschiedenis van storingen heeft (slechts door een aangepaste instructie zouden hierover kansopvattingen bij de ppn. aangebracht kunnen worden; dit leek ons een heilloze weg), het tweede is slechts mogelijk bij een zeer gedetailleerde fysische en technische analyse, waarbij de kans op een succesvol afsluiten van deze analyse niet erg hoog is.

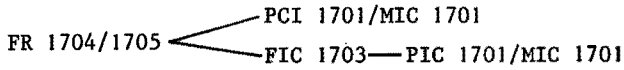
Om de hierboven genoemde redenen kozen wij ervoor onze norm te halen bij diegenen die de simulator en het proces door en door kennen, i.c. de technologie leraren van het OCT.

De resultaten van een onderzoek hiervan geven per storing een aantal als "goed" beoordeelde strategieën. Deze worden hieronder vermeld. Zij vormen onze norm; via de verderop beschreven procedure worden de individuele strategieën van de ppn. hiermee vergeleken (een stippellijn wil zeggen dat op die plaats ook de genoemde meter mag worden opgevraagd).

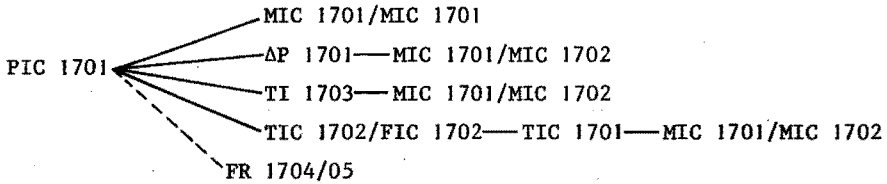
Storing 1. Gedeeltelijk wegvallen hoofdstoomtoevoer (c.q. te lage stoomtemperatuur, of te weinig stoom naar de reboiler.



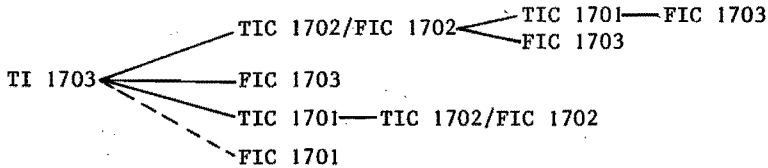
Storing 2. Condensor vervuild (c.q. te weinig koelwater condensor).



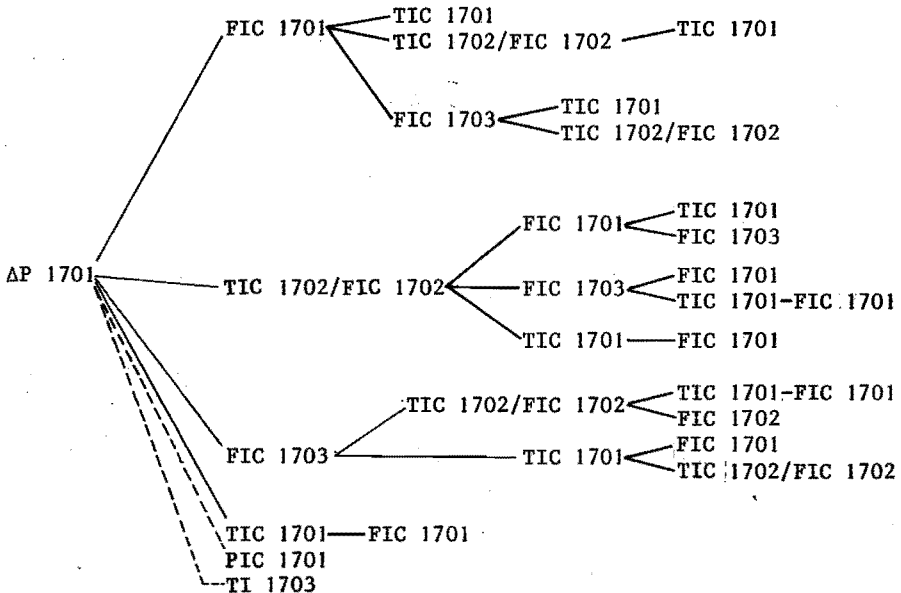
Storing 3. Minder stoom door ejecteur (c.q. te weinig stoom)




Storing 4. Openvallen klep reflux (c.q. teveel reflux).



Storing 5. Vervuiling stoomzijde voedingsvoorverwarmer.



Storing 6. (4a!)

FIC 1702 
FIC 1703
TIC 1701/FIC 1701 - FIC 1703
TI 1703

Afwijkingen van een goede strategie kunnen in drie categorieën worden ondergebracht, nl. toevoegingen, weglatingen en verwisselingen van volgorde. Uiteraard komen combinaties van deze afwijkingen voor. Wij gaan ervan uit, dat elke categorie even zwaar weegt.

Met betrekking tot de scoringswijze gaan wij eerst na, of er een (herkenbare) strategie is gevolgd. Zo nee, dan is de score 0 punten. Zo ja, dan tellen wij het aantal afwijkingen zoals boven vermeld.

De scoringswijze is dan:

0 fouten : 5 punten

1 fout : 4 punten

2 fouten : 3 punten

3 fouten : 2 punten

4 fouten : 1 punt

5 of meer fouten: 0 punten.

BIJLAGE 13. *Instructie proef "meters vragen"*

We gaan zometeen een proefje doen, dat te maken heeft met de simulator en het rectificatieproces.

Je herinnert je het proces zeker nog wel; hier is nog eens het schema en ook een overzicht van het paneel (A A N W I J Z E N).

Laten we nog even een paar zaken doornemen. Je weet misschien nog wel zo ongeveer waar alle meters op moeten staan als het proces normaal loopt, maar we hebben die norm waar nodig ook nog eens precies aangegeven.

Na het opstarten, als alles tot rust is gekomen, dan staat de op (ALLE INSTRUMENTEN NALOPEN AAN DE HAND VAN HET OVERZICHT VAN HET PANEEL BIJ NORMAAL BEDRIJF). Je ziet dat de rode pijltjes telkens aangeven wat de norm is. Daar kun je dus aan zien waar de meter op moet staan. Maar: je weet dat er in een proces natuurlijk wel eens storingen zijn. In de praktijk kan er van alles gebeuren, bv. er kan een pomp uitvallen of wat dan ook. We hebben zo een paar problemen en storingen uit de praktijk nagebootst.

Wij gaan dan het volgende doen. We hebben een soort dia gemaakt van het hele paneel terwijl er zo'n storing aan de gang was. Straks krijg je achter elkaar daarvan een aantal meterstanden, één voor één, te zien. Je kunt ze mij namelijk één voor één opvragen.

De bedoeling is dat je aan de hand van die meterstanden erachter komt om wat voor storing het gaat.

Laten we eens een voorbeeld nemen, dat is dan gelijk onze eerste opgave. We beginnen met één meter, bv. de TI 1703 (de toptemperatuur). (LAAT DEZE EERSTE METER VAN STORING 1 ZIEN.) Je ziet: hij staat niet goed, want hij moet staan op 90. We hebben die norm -daar waar hij op zou moeten staan- met een rood pijltje aangegeven.

Nu je deze ene meterstand hebt bekeken zul je nog wel niet weten, *wat* de storing is, *wat* er nu precies aan de hand is. Je kunt nu aan mij ook andere meterstanden opvragen. Je kunt mij nu een andere meter opvragen, die jou de *meeste inlichtingen* geeft over wat er misschien aan de hand is. Je moet dus die meter opvragen waarvan jij vindt dat hij je de meeste informatie geeft over de storing die er aan de hand is. Ik laat je dan die meterstand ook zien; zo kun je net zolang meters opvragen tot je zeker weet wat er aan de hand is.

Ik herhaal nog even:

- Ik laat je een meterstand zien.
- Als je die gezien hebt, kun je bij mij meters opvragen en wel die, die je zoveel mogelijk informatie geven over wat de storing kan zijn.
- Als je denkt zeker te weten wat er aan de hand is, zeg je mij dat en dan stoppen we.

Zo doen we een vijftal storingen.

Dan gaan we nu beginnen. Hier komt de eerste meterstand. Je ziet, de TI 1703, de toptemperatuur, staat niet goed. Je kunt nu zodra je dat wilt de volgende meter opvragen.

(Na elke meter: "hier is de; heb je er nog meer nodig of weet je dat al?")

BIJLAGE 14. *Instructie belangrijkheidsoordeel*

We hebben op het paneel een groot aantal instrumenten. Hier ligt een foto waar ze allemaal nog eens op staan.

Instrumenten kunnen je informatie geven over het proces, je kunt er iets op aflezen, bv. de TI-1703 laat je zien wat de toptemperatuur is, aan de TIC-1701 zie je wat de temperatuur van de invoer is en aan de FIC-1703 kun je zien hoe groot de hoeveelheid reflux is.

Dus: Instrumenten kunnen je *informatie* geven; je kunt er iets aan *zien* over het proces

We noemen dit de *informatie-functie*.

Maar je kunt met een aantal instrumenten het proces ook veranderen. Zo kun je bv. met de MIC-1702 de hoeveelheid stoom vergroten of verkleinen, of met een LIC-1701 het niveau in het refluxvat veranderen.

Dus: instrumenten worden ook vaak gebruikt om er mee *in te grijpen*; je kunt er iets mee veranderen in het proces.

We noemen dit de *ingreepfunctie*.

Proef 1. Info-functie, normaal bedrijf

Denk je nu eens die *informatie-functie* in, dus dat je aan instrumenten kunt zien hoe het proces draait.

Denk je ook eens in, dat het proces normaal loopt, dus de situatie "NORMAAL BEDRIJF".

Hier is een kaartje waar dit ook nog eens op staat. In zo'n situatie wil je natuurlijk op de hoogte blijven of het proces inderdaad goed blijft lopen. Je ziet hier voor je ook een aantal *kaartjes* liggen. Op elk kaartje staat één van de instrumenten van het paneel. Verder zie je hier *zeven bakjes*, waarop achtereenvolgens staat: *uiterst belangrijk, een beetje belangrijk, niet belangrijk en ook niet onbelangrijk, een beetje onbelangrijk, behoorlijk onbelangrijk, uiterst onbelangrijk*. (DE BAKJES EEN VOOR EEN AANWIJZEN)

De bedoeling is, dat je nu elk kaartje met zo'n instrument erop dat ik je geef bekijkt en alnaargelang jouw mening *telkens in één van deze bakjes legt*. Let op: je moet je bij elk kaartje dus indenken:

1. Het proces is in de situatie "normaal bedrijf".
2. Het gaat om *de informatie* die je van het instrument krijgt (dus niet of je ermee kunt ingrijpen). (WIJS OP DE KAART!)

Bijvoorbeeld: Dit eerste kaartje, de; hoe belangrijk of onbelangrijk.

Proef 2. "Opstarten", info-functie

We gaan nu nog eens hetzelfde doen, maar je moet je nu voorstellen, dat we het proces aan het *opstarten* zijn. Wat is naar jouw mening de belangrijkheid van elk instrument als je aan het opstarten bent? Je moet dus weer telkens aangeven hoe belangrijk je de *informatie* vindt die je van dat instrument krijgt (WIJS OP DE KAART), bv., de hoe belangrijk vindt je de informatie van de als je aan het opstarten bent? Leg het kaartje maar in de bak die het meest met jouw mening overeenkomt. Etc. met de andere kaartjes.

Proef 3. "Storing", info-functie

We gaan nu nog eens hetzelfde doen, maar je moet je nu voorstellen, dat er een *storing* is, namelijk het probleem dat je net hebt proberen op te lossen aan de simulator. Er is dus een grote vermindering in de *hoofdstroomtoevoer*. Hoe belangrijk vind je nu de *informatie* die je van elk instrument krijgt? Bijvoorbeeld de, hoe belangrijk of onbelangrijk vind je de *informatie* die je van de krijgt (WIJS OP DE KAART). Leg het kaartje maar in de bak die het meest met *jouw* mening overeenkomt. Etc. met de andere kaartjes.

Proef 4. "Normaal bedrijf", ingreepfunctie

We gaan ons nu iets heel anders voorstellen. Zojuist ging het om de *informatie* die je van elk van de instrumenten kreeg. Nu moet je dat maar even helemaal vergeten, want we gaan nu eens na *wat je met de verschillende instrumenten kunt veranderen*; je kunt immers vaak ingrijpen met behulp van de instrumenten. Stel je weer de situatie "normaal bedrijf" voor, dus het proces loopt normaal. (WIJS OP DE KAART!)

Hoe belangrijk of onbelangrijk is dan de, als je ermee wilt ingrijpen in het proces, als je er iets mee wilt veranderen?

Leg het kaartje maar in het bakje die het meest met jouw mening overeenkomt (etc. met de andere kaartjes).

Proef 5. "Opstarten", ingreepfunctie

We gaan nu nog eens hetzelfde doen, en kijken we hoe belangrijk of onbelangrijk elk instrument is als we ermee willen *ingrijpen*, als we er iets mee willen veranderen. Maar nu in de situatie van "opstarten". Dus bij het opstarten; bijvoorbeeld de; hoe belangrijk of onbelangrijk vind je de om daarmee het proces mee te regelen, ermee in te grijpen? Leg het kaartje maar weer in het bakje dat het meest met jouw mening overeenkomt. Etc. met de andere kaartjes.

Proef 5. "Storing", ingreepfunctie

We gaan nu nog eens hetzelfde doen, en we bekijken hoe belangrijk of onbelangrijk elk instrument is, als we ermee willen ingrijpen, als we er iets mee willen veranderen. Maar nu stellen we ons weer de storing voor, dus een grote vermindering van de hoofdstroomtoevoer.

Hoe belangrijk of onbelangrijk vind je nu de om ermee in proces in te grijpen? Leg het kaartje maar weer in het bakje dat het meest met jouw mening overeenkomt. Etc. met de andere kaartjes.

BIJLAGE 15. *Vaststelling norm bij belangrijkheidsoordeel*

Een panel van 5 deskundigen (leraren OCT) heeft de belangrijkheid van de verschillende paneelinstrumenten onder de zes condities ingeschat, met het doel een norm te creëren. De procedure was daarbij als volgt:

1. Afname van de proef bij de vijf deskundigen.
2. Discussie over grote onderlinge verschillen in scoring; ev. herzien van het oordeel (de scoring loopt van 1 = uiterst belangrijk tot 7 = uiterst onbelangrijk).
3. Per instrument en per conditie bepaling van het gemiddelde van de vijf oordelen; deze fungeerde (afgerond op een geheel getal) als norm.

Onderstaande tabel geeft de resultaten weer.

1. NORMAAL BEDRIJF (informatiefunctie)

meter													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
afgerond gemidd.													
5	3	4	4	3	4	4	3	3	4	1	-	2	3

2. OPSTARTEN (informatiefunctie)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	-	2	4

3. STORING (informatiefunctie)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	2	3	2	3	4	4	2	4	1	1	-	2	3

4. NORMAAL BEDRIJF (ingreepfunctie)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	2	3	2	2	4	4	2	2	

5. OPSTARTEN (ingreepfunctie)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	2	3	2	2	2	2	2	3	

6. STORING (ingreepfunctie)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	-	1	2	4	3	2	3	

Enkele opmerkingen:

1. Meter 12 (de FR 1704/05, hoeveelheid top- en bodemproduct) is niet verder verwerkt vanwege te inconsistente scoringen. Dat geldt ook voor meter 3 (AP 1701) onder conditie 6.
2. De score van een pp. is de absolute afwijking van de norm, waarbij een afwijking van 1 is toegestaan.

BIJLAGE 16. *Vooropleiding*

a. *Algemeen opleidingsniveau:*

Categorie	Score
1 jr. MAVO/HAVO; 1 of 2 jr. LTS	1
2, 3 jr. MAVO/HAVO; dipl. LEAO; lagere detailhandelschool; LTS 3, 4 jr. al of niet met diploma	2
1 of 2 jr. MTS	3
4 jr. MAVO, MEAO zonder diploma	4
MAVO dipl.; 4 of 5 jr. HAVO; MEAO diploma, Handelsavondschool; volt. vakopleiding na LTS	5
MTS diploma; HAVO diploma	6
Gymnasium diploma	7

b. *Niet-technische opleidingen*

Categorie	Score
1 jr. MAVO/HAVO	1
2, 3 jr. MAVO/HAVO; diploma LEAO; lagere detailhandelschool	2
4 jr. MAVO, MEAO (zonder diploma)	3
MAVO diploma; 4/5 jr. HAVO zonder diploma; MEAO diploma. Handelsavondschool	4
HAVO diploma	5
Gymnasium diploma	6

c. *Technische opleidingen*

Categorie	Score
1, 2 jr. LTS	1
3, 4 jr. LTS, geen diploma	2
LTS diploma	3
MTS 1 jr.	4
MTS 2 jr. zonder diploma	5
Vakopleiding afgerond na LTS	6
MTS diploma	7

	fractie g.fix.	fractie g.hand.	fractie g.sch.	afw. top temp.	afw. bod. verl.	afw. refl.	score strat.	score diagn.	score bel.h.	ex. theorie	ex. onderh.
fractie g. fix.											
fractie g.hand.	59										
fractie g.sch.	82	73									
afw. top temp.	-37	-33	-24								
afw. bod. verl.	-36	-27	-18	71							
afw. refl.	-35	-37	-27	38	53						
score strat.	15	23	13	-06	-09	02					
score diagn.	10	07	05	-07	-07	06	45				
score bel.h.	-04	-04	00	-18	00	-01	05	11			
ex. theorie	18	22	14	-19	-30	-14	09	24	-00		
ex. onderh.	-08	01	-01	-04	-05	21	15	19	14	24	
ex. bed.	-02	18	10	-04	-11	13	15	-06	-12	25	26

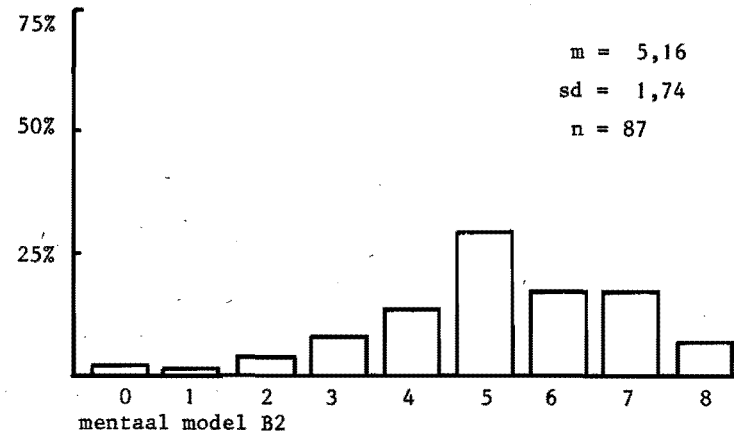
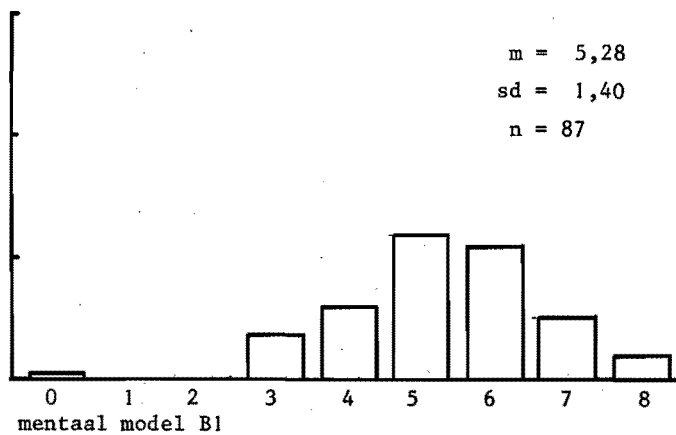
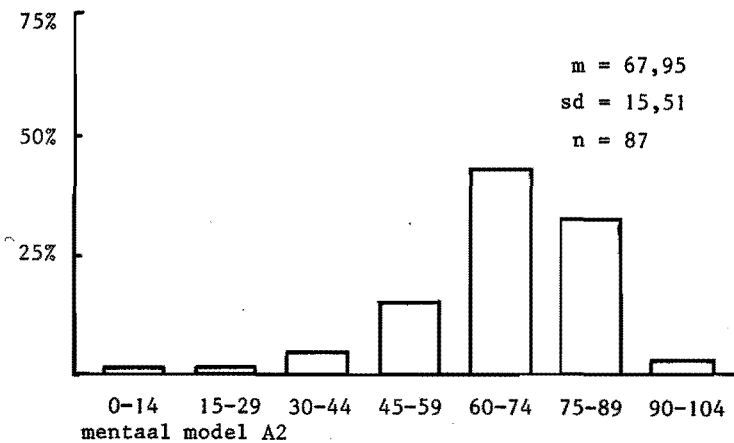
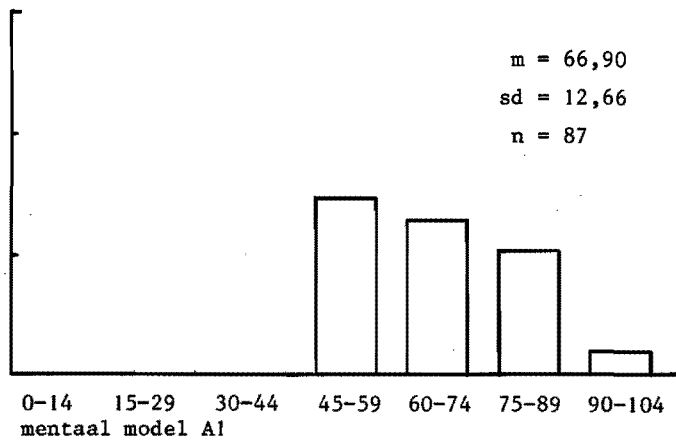
BILJAGE 17. *Correlaties tussen de prestatiepunten (decimaal punten weggelaten)*

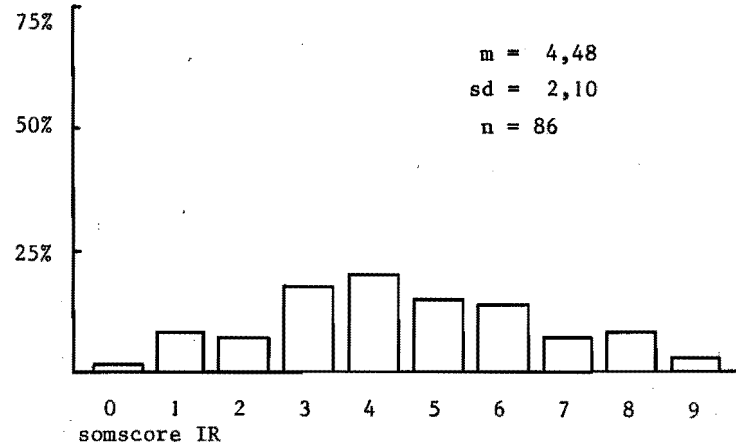
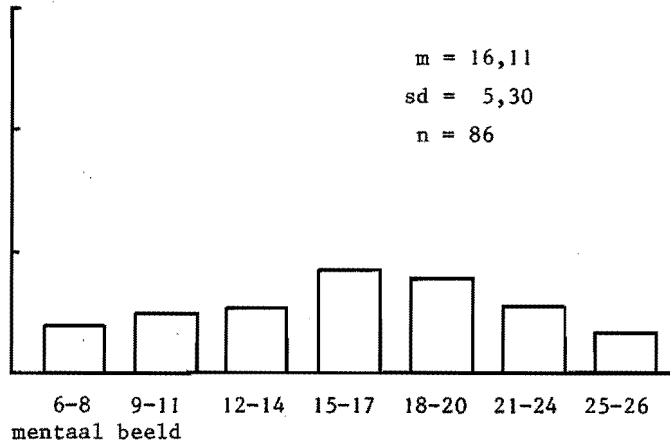
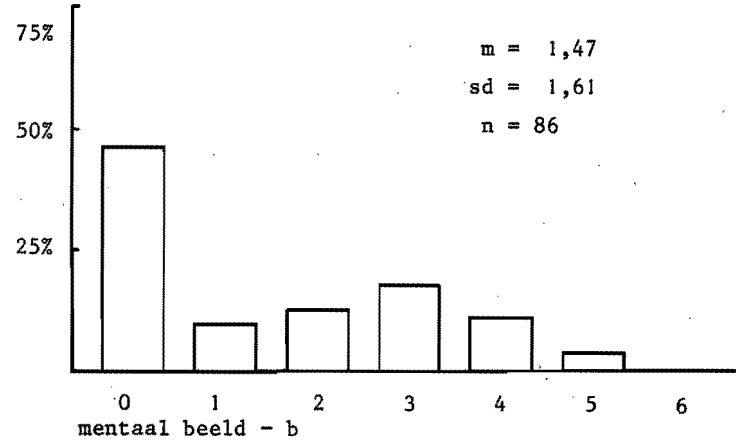
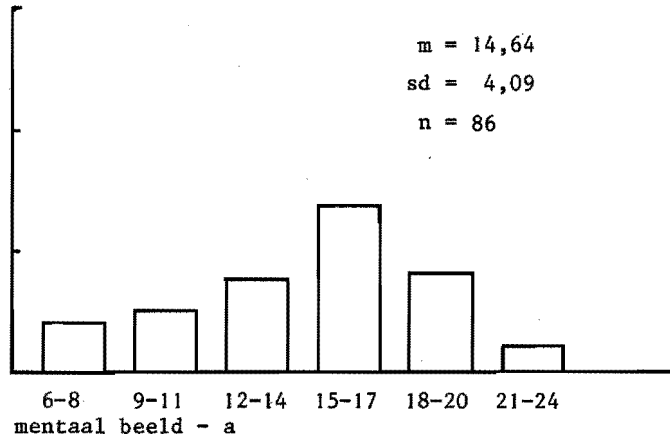
BIJLAGE 18. *Gemiddeldes, spreidingen en frequentieverdelingen van de belangrijkste variabelen.*

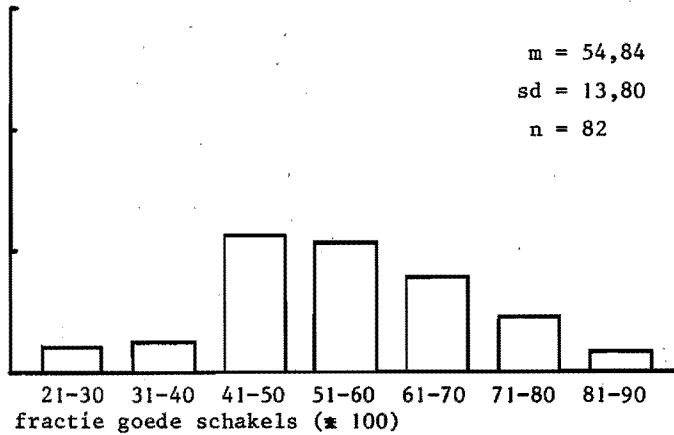
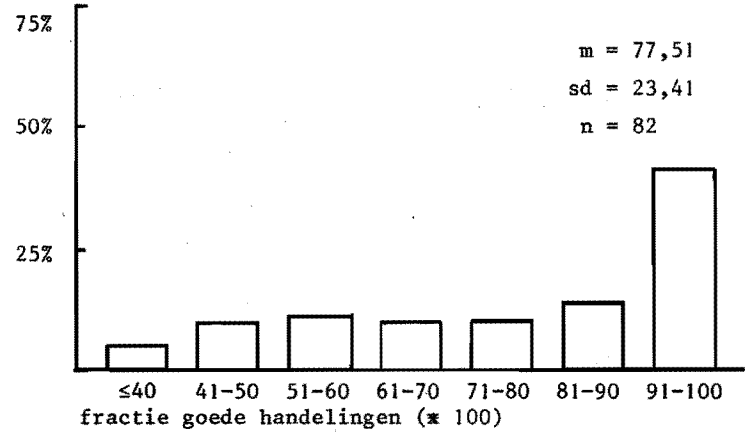
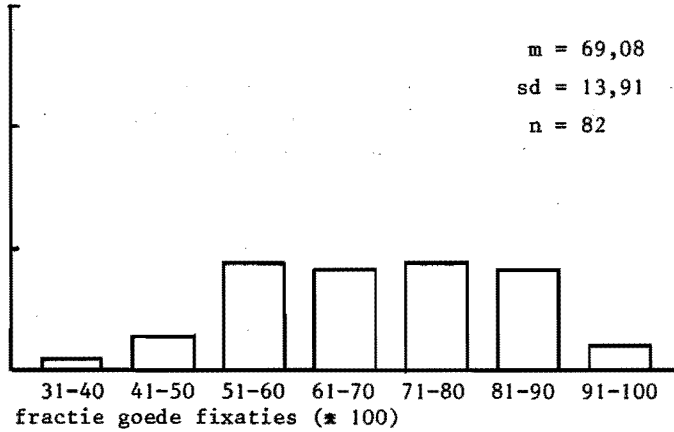
Variabele	m	sd	n
mmA-1 (na weging items volgens par. 4.2.1)	66,9	12,66	87
mmA-2 (id.)	68,0	15,51	87
mmB-1	5,3	1,4	87
mmB-2	5,2	1,7	87
mb-a	14,64	4,09	86
mb-b	1,47	1,61	86
mb	16,11	5,30	86
somscore IR	4,5	2,1	86
fractie goede fixaties (* 100)	69,1	13,9	82
fractie goede handelingen (* 100)	77,5	23,4	82
fractie goede schakels (* 100)	54,8	13,8	82
afw. toptemperatuur	3,89	6,00	83
afw. refluxverhouding	19,29	18,00	83
afw. verloop bodemproduct	107,3	63,0	82
score zoekstrategieën	15,1	4,51	87
score diagnoses	3,22	1,34	87
score belangrijkheidsoordeel meters	24,52	16,35	87
examen theorie	7,3	1,20	84
examen praktijk onderhoud	7,7	0,69	71
examen praktijk bediening	7,5	0,85	83
cijfers meten en regelen	7,3	1,20	85
cijfers wiskunde	7,9	1,18	85
cijfers natuurkunde	7,6	1,40	85
cijfers scheikunde	7,4	1,48	85
cijfers technologie	7,4	1,14	85
H.A.B. (dit onderzoek)	26,7	6,7	86
H.A.B. (ind. arbeiders; zie Dirken, 1968)	29,4	6,5	316
P.M.T.-P (dit onderzoek)	23,6	7,5	84*
P.M.T.-P (loketbediendes P.T.T.; zie Hermans, 1968)	24,3	9,1	83
P.M.T.-P (sociologie-studenten; zie Hermans, 1968)	22,0	10,10	153
P.M.T.-F ⁻ (dit onderzoek)	7,7	4,5	84*
P.M.T.-F ⁻ (loketbediendes)	11,7	5,7	83
P.M.T.-F ⁻ (sociologie-studenten)	12,6	5,6	153
P.M.T.-F ⁺ (dit onderzoek)	9,7	3,7	84*
P.M.T.-F ⁺ (loketbediendes)	9,1	5,0	83
P.M.T.-F ⁺ (sociologie-studenten)	8,1	5,6	153

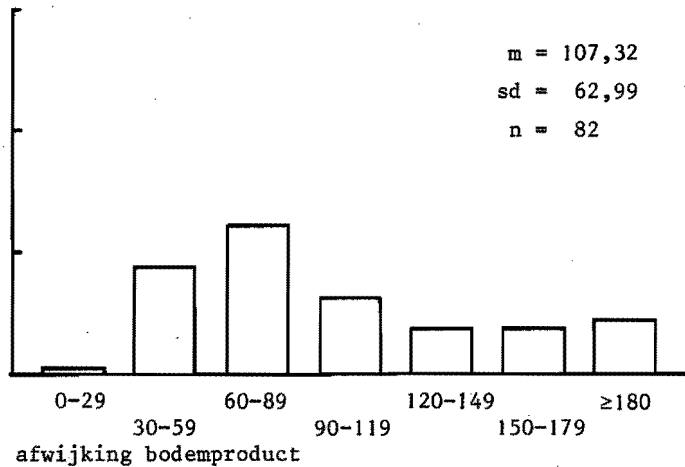
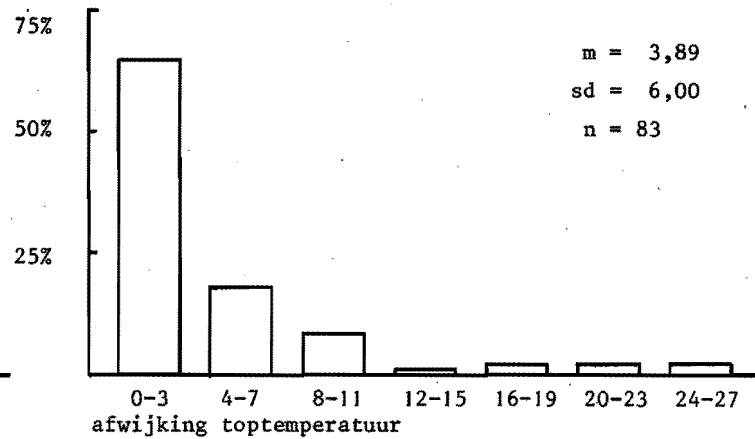
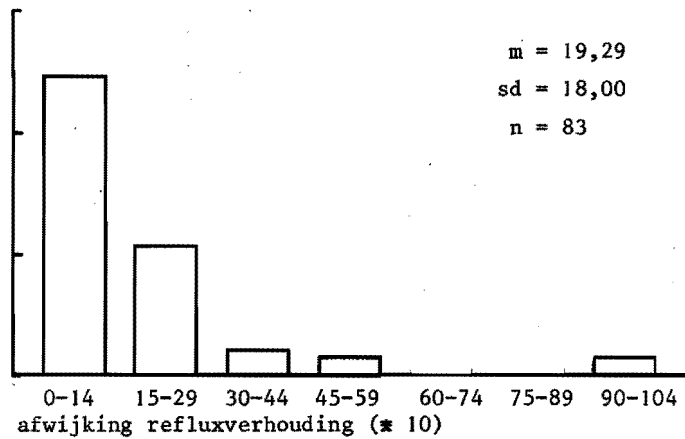
Variabele	m	sd	n
Emot. (dit onderzoek)	28,9	11,4	86
Emot. (psychologie-studenten; zie Fey, 1978)	31,7	11,5	254
Extrav. (dit onderzoek)	37,2	15,5	86
Extrav. (psychologie-studenten)	31,8	17,8	254
Impuls. (dit onderzoek)	24,0	10,3	86
Impuls. (psychologie-studenten)	24,0	12,9	254
Sens. seeking (dit onderzoek)	38,0	15,3	86
Sens. seeking (psychologie-studenten)	42,3	17,7	254
A.B.V.-N (dit onderzoek)	40,3	17,3	85*
A.B.V.-N (mediaan normgr. 20-30 jr.; de Wilde, 1963)	42,5		
A.B.V.-NS (dit onderzoek)	11,9	6,0	85*
A.B.V.-NS (mediaan normgr.)	15		
A.B.V.-E (dit onderzoek)	61,6	15,2	85*
A.B.V.-E (mediaan normgr.)	55		
T-niveau Centrum Test	6,9	1,00	72*
Luning Prak IQ	116,5	7,8	86*
Raven's P.M.	47,9	4,9	78*

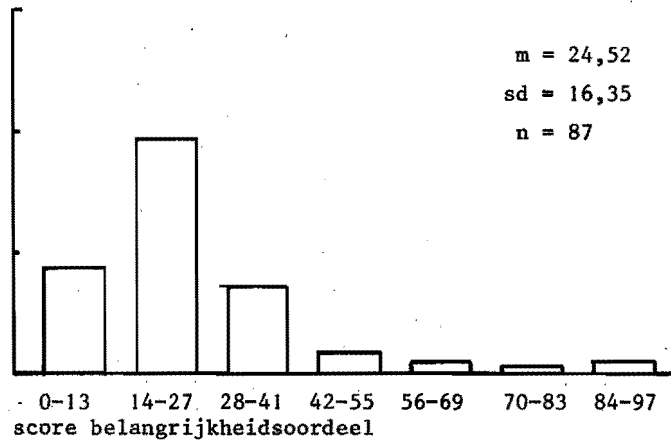
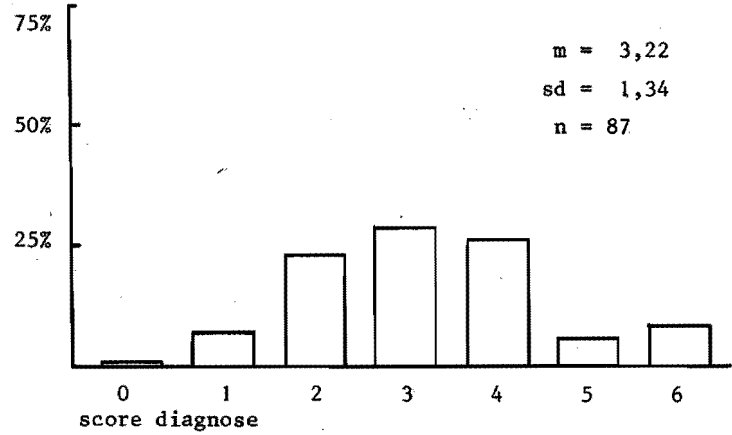
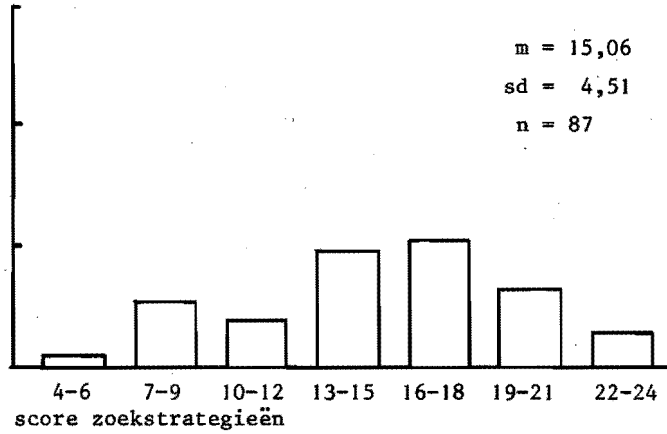
*Op deze variabele is bij aanname de selectie mede gebaseerd geweest.

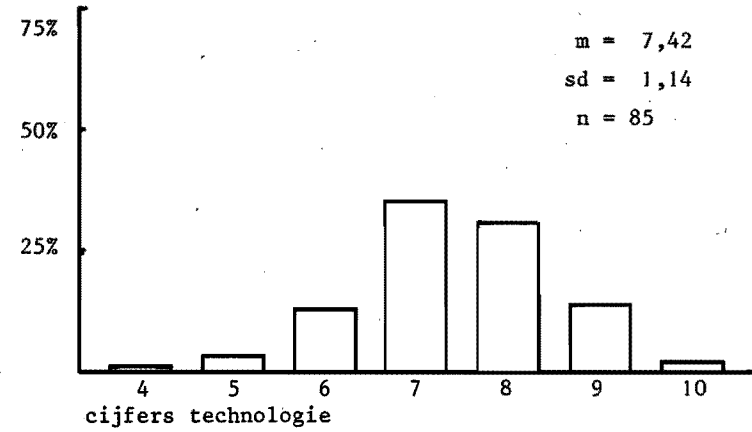
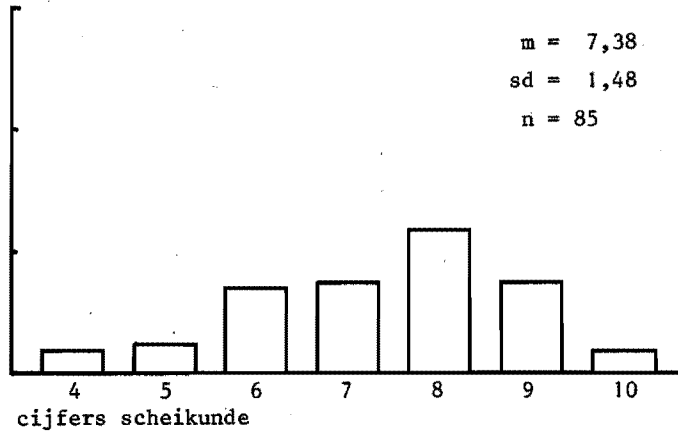
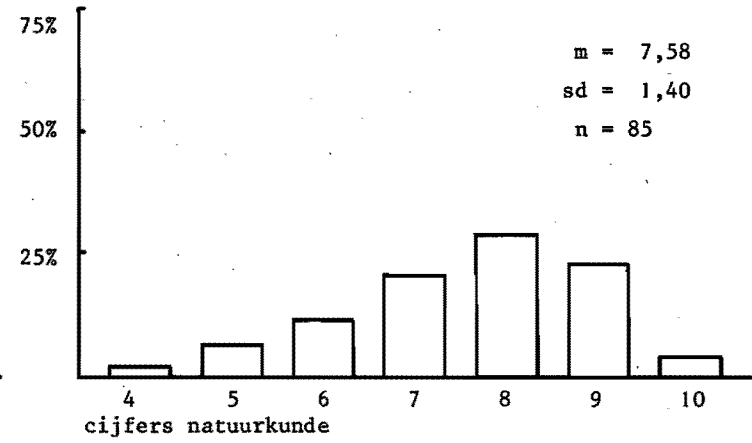
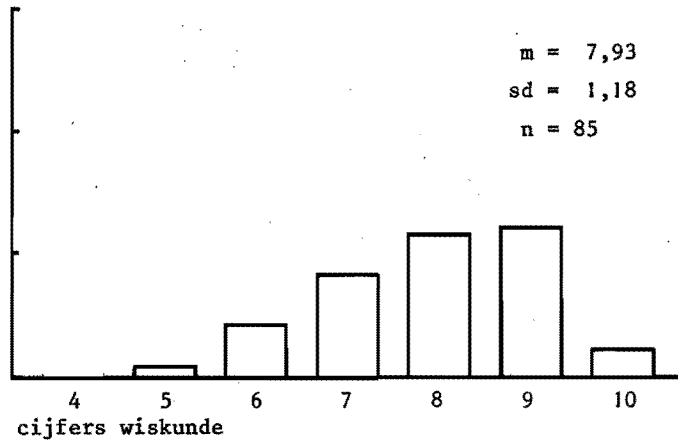


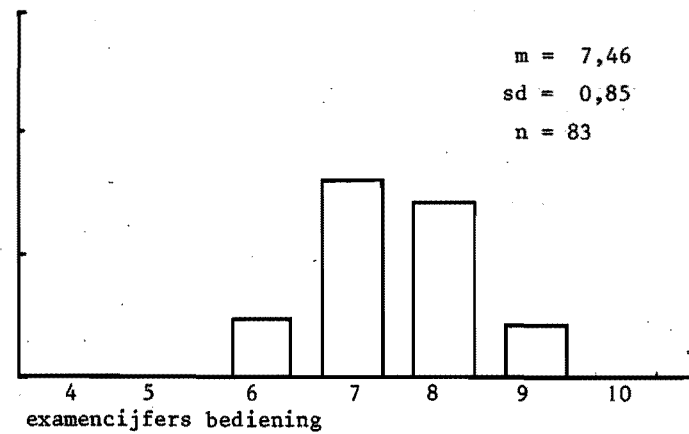
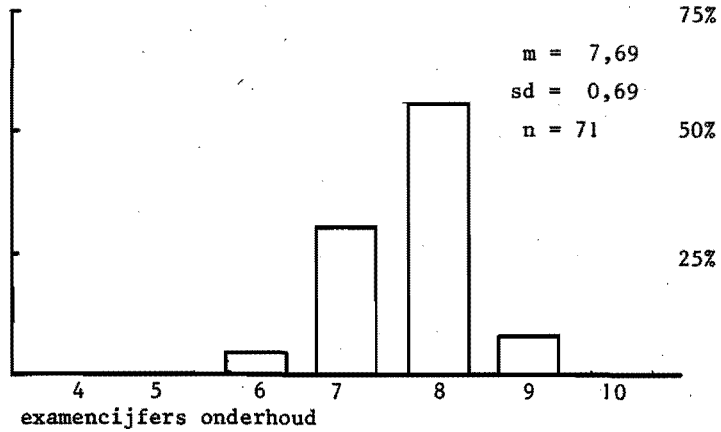
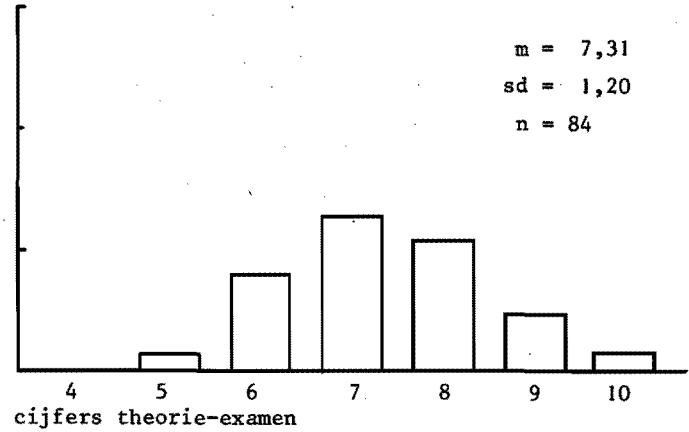
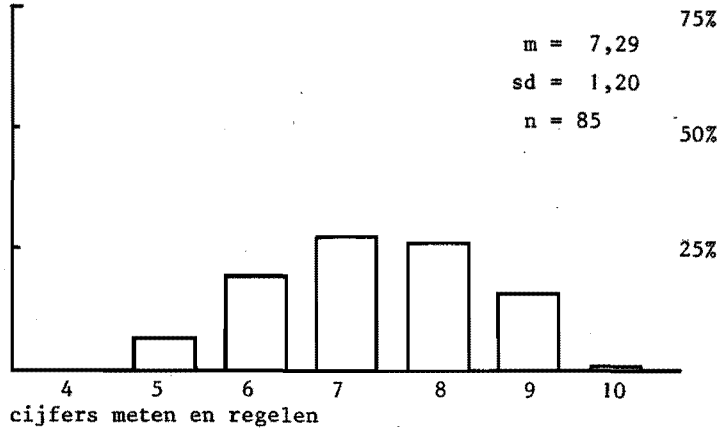


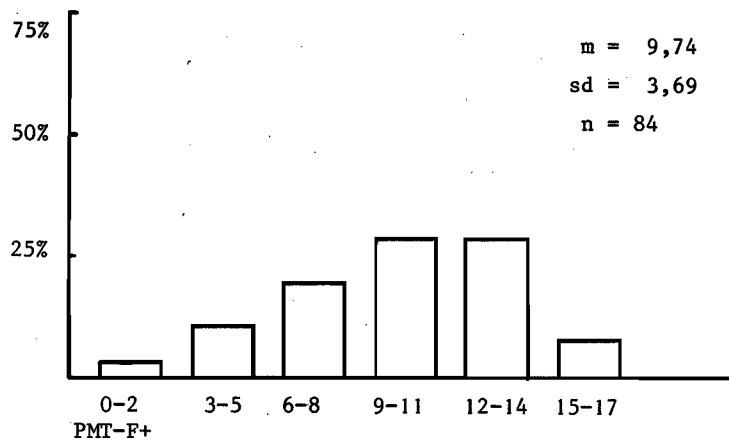
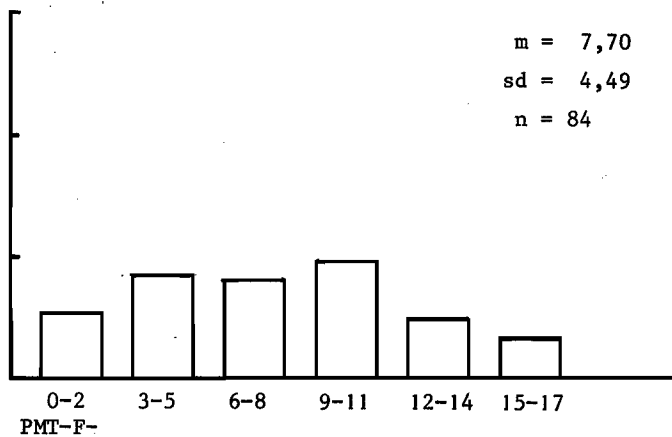
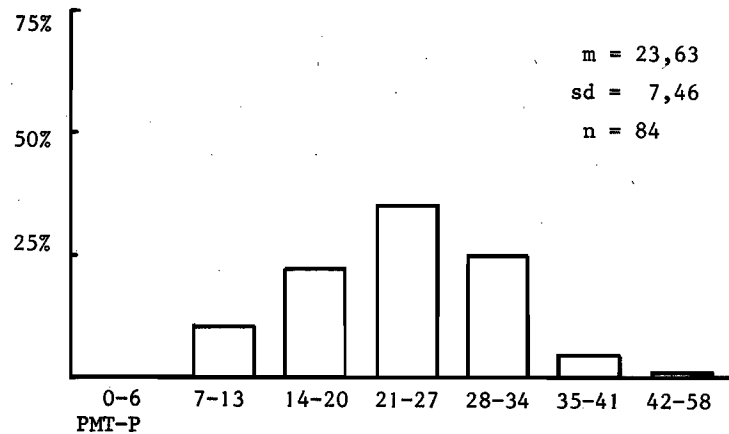
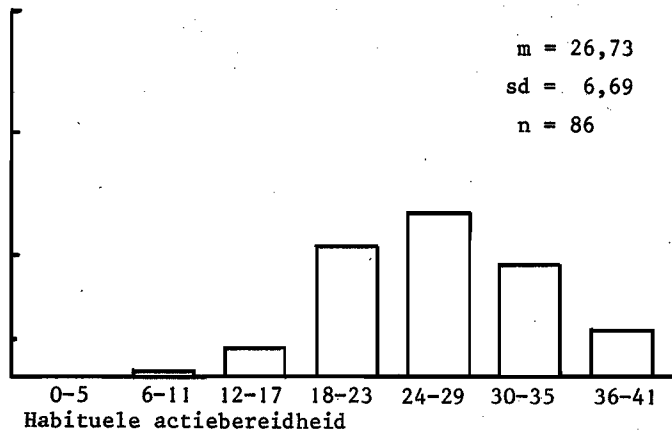


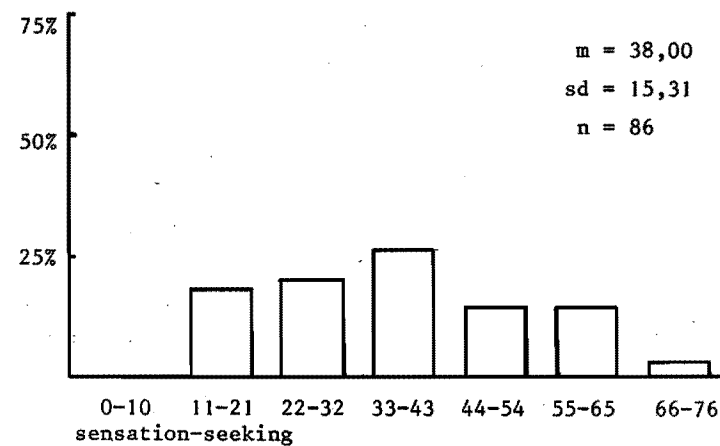
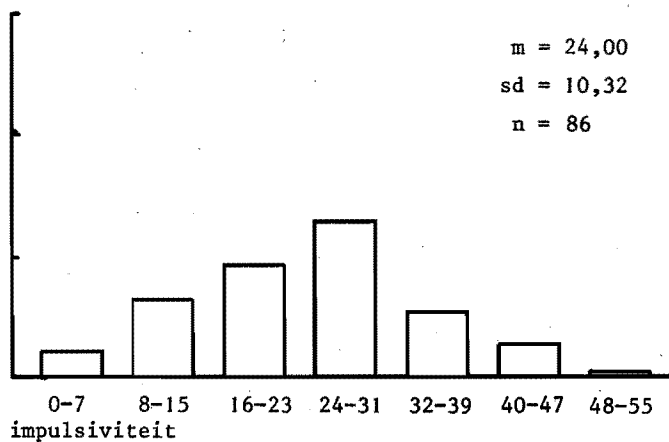
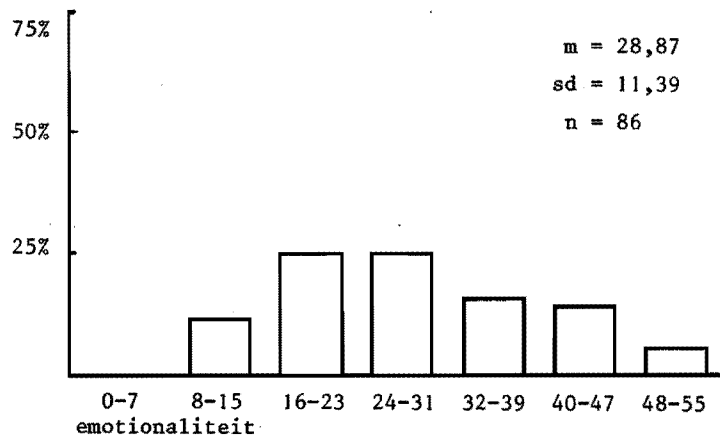
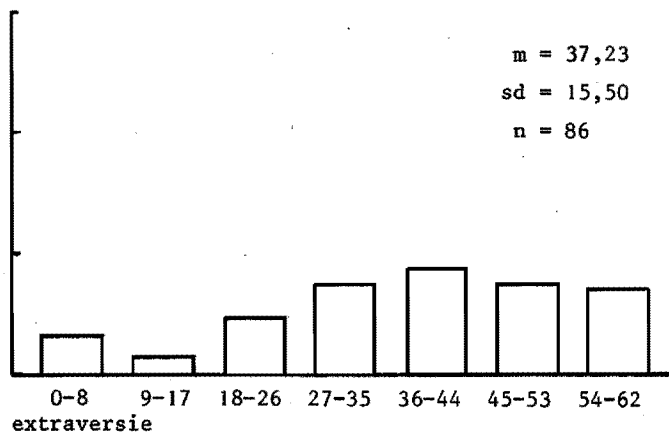


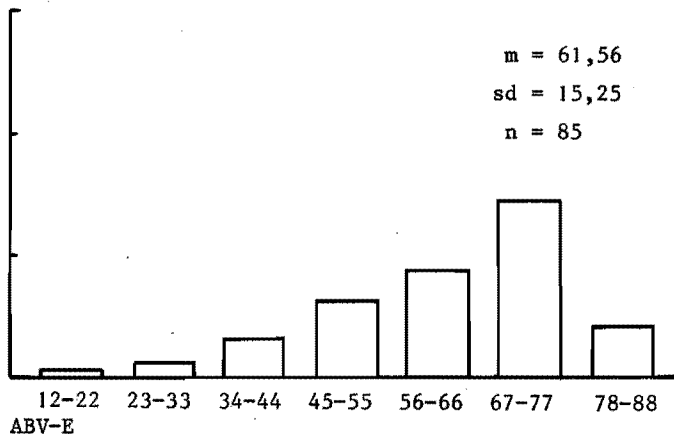
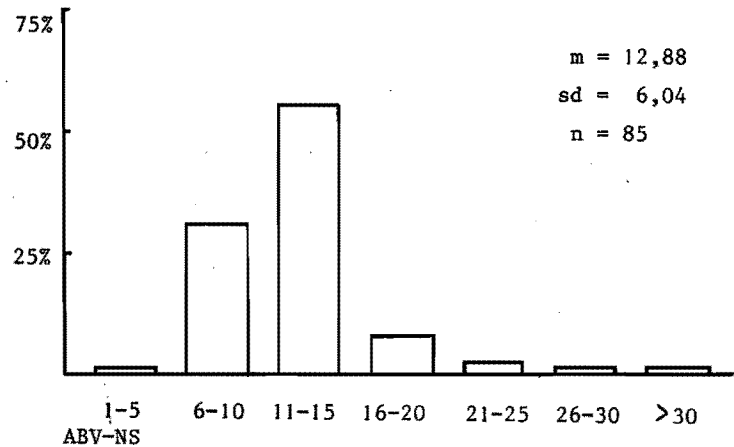
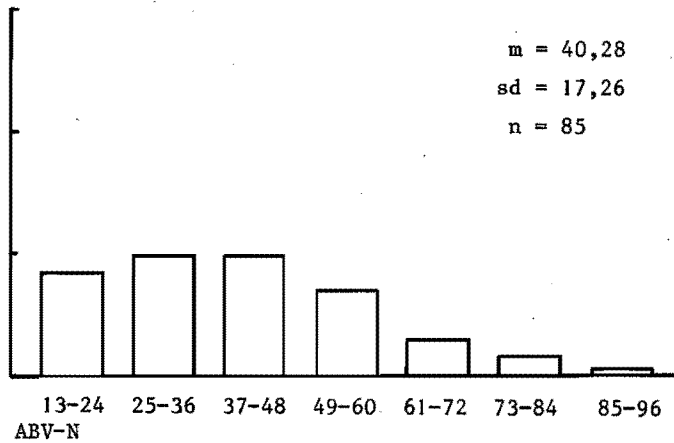


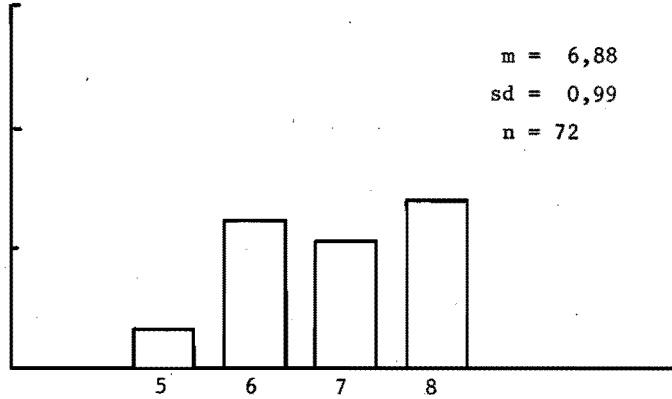




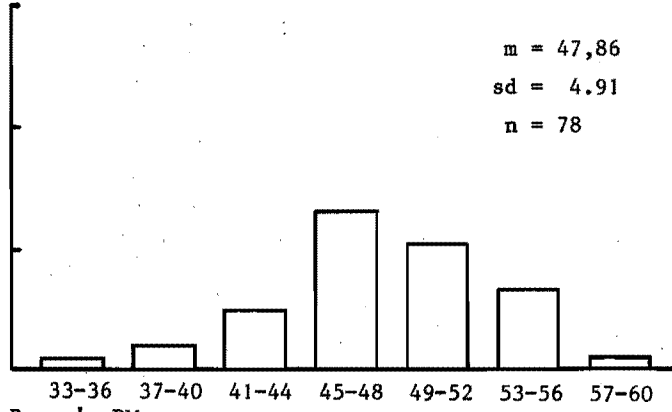




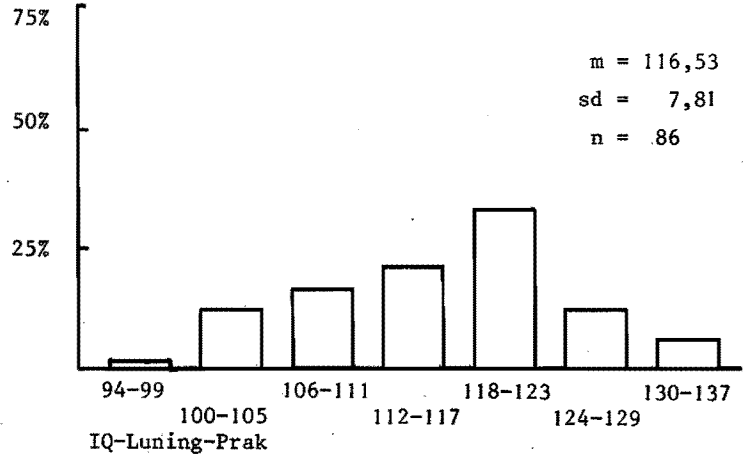




T-niveau



Raven's PM-score



IQ-Luning-Prak

BIJLAGE 19. *Multipele correlaties der drie IR-maten met de diverse prestatie-maten*

	enkelv. corr. mmA	enkelv. corr. mmB	enkelv. corr. mb	multipele corr. mmA, mmB, mb
Somscore k-a gedrag	.24	.14	.19	.33
somscore output	.27	.07	.11	.29
score strat.	.12	.01	.31	.34
score diagn.	.20	.06	.22	.30
score bel.	.08	.06	.11	.15
ex. theorie	.18	.31	.34	.47
ex. bediening	.06	-.10	.19	.23
ex. onderhoud	.14	.16	.18	.25

DANKWOORD

Nu dit proefschrift is voltooid wil ik van deze gelegenheid gebruik maken mijn waardering uit te spreken jegens allen die direct of indirect een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming ervan. Allereerst gaat mijn dank uit naar prof.dr. M.J.M. Daniëls, mijn eerste promotor. Zijn stimulerende en kritische begeleiding zijn voor mij uiterst waardevol geweest. Ook prof.dr. P.J.D. Drenth, mijn tweede promotor, ben ik veel dank verschuldigd voor zijn bijdragen. De leerlingen van het Opleidingscentrum Technologie van de D.S.M. Geleen die aan dit onderzoek hebben meegewerkt ben ik zeer dankbaar, evenals de staf van het OCT vanwege hun ongemeen ruime medewerking en belangstelling. Met name zij hier genoemd de heren Harmsen, Mevis, Vaessen, Valk en Ummels.

Het vele werk dat ir. P.A. Canton, R. Koster, drs. H.J.J.L. Seegers en ir. F. Verhagen hebben verzet tijdens het hoofdonderzoek en bij de verdere bewerking verdient alle lof.

Ir. J. Praagman en R. Kieft hebben consciëntieus en met veel inzet meegewerkt aan de statistische verwerking van de data. Voor hun vele werk, dank.

De leden van de vakgroep Organisatiepsychologie dank ik voor hun kritische bijdragen in woord en geschrift.

Door Marleen van Baalen, die het geduld had steeds opnieuw de gewijzigde bedenksels te typen, heeft het geheel mede zijn vorm gekregen. Ook ir. Lily Jacobs en ir. Jean Buskens hebben aan de definitieve vormgeving bijgedragen.

Tenslotte zij vermeld, dat dit proefschrift mede tot stand is kunnen komen dank zij een (reis)subsidie van Z.W.O.

CURRICULUM VITAE

- 1943 Geboren op 18 juni te Holten
- 1961 Eindexamen Gymnasium- α te Almelo
- 1968 Doctoraal examen Psychologie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam; hoofdvak: bedrijfspsychologie
- 1968-1969 Militaire Dienst
- 1969-heden Wetenschappelijk medewerker bij de vakgroep "Organisatiepsychologie", afd. Bedrijfskunde, Technische Hogeschool Eindhoven

STELLINGEN

behorende bij het proefschrift

INTERNE PROCESREPRESENTATIE BIJ LEERLING-OPERATORS

van

J.A. Landeweerd

13 oktober 1978

I

Nauwere samenwerking tussen onderzoekers op het gebied van de cognitieve psychologie en hen die zich bezighouden met de studie van mentale taakaspecten van werkers aan geautomatiseerde processen zou voor beide groeperingen nuttig zijn.

n.a.v. Neisser, U.: Cognition and reality, Preface; Freeman and Comp., San Francisco, 1976.

II

Voor het aanduiden van een ontwerpmethodede vanuit ergonomische optiek verdient de term "ergonomisch systeemontwerpen" de voorkeur boven "systeemergonomisch ontwerpen" en zeker boven "systeemergonomie".

Singleton, W.T.: Psychological aspects of man-machine systems. In: Warr, P.B. (ed.): Psychology at work; Penguin Books, Middlesex, Engeland, 1971.

III

Directe observatie door een getraind observator wordt te zelden voor het vastleggen van het kijkgedrag van operators gehanteerd.

IV

Een belangrijk probleem bij de analyse van kijkgedrag van operators is, dat kijken niet altijd zien inhoudt.

V

Als een te hoge mentale belasting dreigt, kan de mens van strategie veranderen. Dit is een argument om bij het ontwerp van meer of minder geautomatiseerde systemen de mogelijkheid daartoe in te bouwen en de operators tot het gebruik ervan te trainen.

n.a.v. Bainbridge, L.: Problems in the assessment of mental load; Le travail humain, 1974, tome 37, nr. 2, p. 279-302.

VI

Het verdient terwille van de mogelijkheden tot operationalisering aanbeveling in de definitieve Arbeidsomstandighedenwet de term "welzijn" te vervangen door "welbevinden".

Bepalingen in het belang van de veiligheid, de gezondheid en het welzijn in verband met de arbeid (Arbeidsomstandighedenwet); ontwerp van wet, Kamerstuk nr. 14497, nrs. 1 en 2, zitting 1976-1977.

VII

Evenals anatomische en fysiologische eigenschappen horen ook 's mensen motivationele eigenschappen in de ergonomie volle aandacht te krijgen.

Kraiss, K.F. and Moraal, J.: Introduction to human engineering; TUEV Rheinland, 1976.

VIII

Een inleiding in de ergonomie zou verplicht onderdeel van elke ingenieursopleiding moeten zijn.

IX

Een gedegen analyse van taken in termen van te vertonen gedrag is een belangrijk middel om de afstemming van trainingen op de praktijk te vergroten.

X

Het verdient aanbeveling bij onderzoek naar oorzaken van stress of arbeids(dis)satisfactie de daarmee samenhangende taakfactoren ook onafhankelijk van de interpretatie van de onderzochten vast te stellen.

Vucht Tijssen, J. van e.a.: Middenkader en stress; C.O.P., 's-Gravenhage, juni 1978.

XI

De zinsnede in het amendement op het wetsvoorstel tot wijziging van de wegenverkeerswet waarin gesteld wordt dat tenminste 5% van de voertuigen, waarvoor na een keuring een keuringsbewijs is afgegeven, steekproefsgewijs aan een herkeuring moet worden onderworpen, getuigt niet van veel, wel van een kostbaar inzicht in de statistische aspecten van het samenstellen van steekproeven.

Amendement op het wetsvoorstel tot wijziging van de Verkeerswet, Kamerstuk nr. 14020, nr. 12, zitting 1977.

XII

Eén van de grote voordelen van lunchbesprekingen is, dat elk der deelnemers op gezette tijden zijn mond houdt.