

UDDE  
D 51

Nederlands Instituut  
voor  
Praeventieve Geneeskunde.

D E E R G O N O M I E I N E N G E L A N D

globale oriëntatie betreffende werktheorieën.

Een verslag van een studiereis.

drs J.M. Dirken.



INHOUDSOPGAVE:

	pag.
0. Doelstelling.	
0.1. Ergonomie in het algemeen	1
0.2. De Ergonomie in Engeland	2
0.3. Het nut en de aard van de studiereis	2
0.4. Het programma van de studiereis.	3
1. Poging tot samenvatten van theoretische achtergronden.	4
1.1. Informatie-theorie en Psychologie	4
1.2. Toepassing van informatie-theorie op experimentele Psychologie en Ergonomie	5
1.3. Probleemgebieden	6
1.4. Een samenvattend model	9
1.5. Werktheorieën.	11
2. Behandeling van werktheorieën.	13
2.1. Het activatie-niveau	13
2.2. De kanaal capaciteit	16
a: Reactietijden	16
b: Het korte geheugen	17
c: Het coderen	18
2.3. Overschot in mentale belastbaarheid	21
2.4. De voorspelbaarheid	23
2.5. De strategievorming	24
2.6. De ruis	27
2.7. De kennis van resultaten	29
2.8. Vigilantie, detectie en decisie	29
2.9. Slot over werktheorieën.	32
3. Enige aspecten van methodiek.	32

DE ERGONOMIE IN ENGLAND,  
globale oriëntatie betreffende werktheorieën. Een verslag van een  
studiereis 18/3 - 19/4 1963.

Deze studiereis werd mogelijk gemaakt door financiële steun van de  
Europese Gemeenschap voor Kolen&Staal en door de welwillende ontvangst  
van Dr. D.E. Broadbent en Dr. E.R.F.W. Crossman en hun medewerkers,  
die mij hun laboratoria lieten zien, mij uitleg gaven over hun werk  
en mij publicaties ter hand stelden.

0. DOELSTELLING:

0.1. De Ergonomie in het algemeen:

De Ergonomie heeft de laatste jaren een snelle ontwikkeling doorgemaakt. De grote vooruitgang van de techniek gedurende en na de tweede wereldoorlog heeft een industrialisatie bewerkstelligd, die vaak leidde tot zeer ingewikkelde productiesystemen, waarbij de taak van de arbeider, die de machine bedient, soms zeer zwaar werd. De resultaten van de complexere machines zijn vaak een betere en snellere productie, maar soms blijkt dat de eisen, die men aan de bedienende werknemer (operator) stelt, te hoog zijn. Men wordt dan geconfronteerd met de beperktheid van de menselijke capaciteiten en men dient de belastbaarheid van de operator te onderzoeken: Hoe zwaar mag men hem fysiek belasten; kan hij de beslissingstaak aan; hoe lang kan hij waakzaam zijn voor signalen? Indien deze fysieke, mentale, perceptieve e.d. belastingen te hoog zijn, heeft dit niet alleen invloed op de gezondheid van de operator, maar ook op de efficiency van het productieproces. Men dient dus in dergelijke gevallen de mogelijkheid na te gaan om de machine aan de mens aan te passen i.p.v. andersom, omdat de aanpassing van de mens biologische limieten blijkt te hebben.

Deze nieuwe problematiek, die zich in de industrie voordeed, leidde tot een nieuwe wetenschappelijke benadering, die in de eerste plaats gekenmerkt wordt door de samenwerking van beoefenaars van technische en gedragswetenschappen. Bij een dergelijke inter-disciplinaire samenwerking kan men productieingenieurs, arbeidsfysiologen, bedrijfspsychologen, psychofysici, antropometrici, experimenteel-psychologen,

ontwerpingenieurs, arbeidsanalisten e.d. aantreffen. De groepen wisselen sterk in samenstelling en samenwerking en bij vergelijking van verschillende landen kan men ook wel een verschil in nadruk onderkennen betreffende het onderwerp en de discipline, die de centrale plaats inneemt

#### 0.2. De Ergonomie in Engeland:

Ofschoon het moeilijk is om een vergelijking te maken tussen de Ergonomie van verschillende landen voorzover het de kwaliteit van de onderzoeksresultaten betreft, kan men toch wel stellen dat Engeland hierin een belangrijke plaats inneemt. De eerste vereniging voor Ergonomie werd in Engeland gesticht, een der weinige ergonomische tijdschriften is van engelse editie en ook de wetenschappelijke denk- en werkwijze van enkele engelse ergonomiegroepen is voor menige continentale ergonomiegroep een voorbeeld, dat ook metterdaad wordt nagevolgd. De onlangs gestichte nederlandse vereniging voor Ergonomie zoekt dan ook nauw contact met haar engelse zustervereniging.

#### 0.3. Het nut en de aard van de studiereis:

Omdat de nederlandse Ergonomie in vergelijking met de engelse jonger is en minder uitgewerkt, kan het nuttig zijn dat nederlandse ergonomie-beoefenaars hun engelse collegae in laboratoria en veldwerk opzoeken om van hun bredere ervaring te profiteren. Een van de moeilijkheden bij een dergelijk bezoek is gelegen in de selectie. De Ergonomie is een verre van afgebakend terrein en de huidige definities, die haar doelstelling en wetenschappelijk gebied trachten te omschrijven, laten de mogelijkheid open om een bijna onbeperkt aantal wetenschappelijke disciplines "ergonomisch" werkzaam te laten zijn. Omdat er zoveel relevante specialisaties zijn, die hierboven gedeeltelijk werden opgenoemd, kan men dan ook slechts vanuit een bepaalde discipline als psychologie, fysiologie e.d. een beperkt gedeelte bekijken. Vanuit een bepaling als: "aanpassing van de machine aan de mens", kan men trachten zijn bijdrage te leveren door toepassing van methodieken en theorieën van de eigen discipline, zij het dan dat een nieuw element wordt gevormd door de eis tot coördinatie met vele andere disciplines.

Indien men als experimenteel psycholoog, zoals verslaggever is, zich wil oriënteren over de engelse Ergonomie, dient men vooraf te bepalen van welk partje men wil kennis nemen en op welke aspecten men de nadruk wil leggen. Omdat verslaggever op het Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde werkzaam is op arbeidspychologisch terrein en daarnaast veel samenwerkt met arbeidsgeneeskundigen, werd besloten in Engeland twee instituten te bezoeken, waarin bekende experimenteelpsychologen zich o.a. met ergonomische problematiek bezig houden en ook een fysiologisch laboratorium te bezoeken. Voor een bredere oriëntatie werd besloten de jaarlijkse conferentie van de "Ergonomics Research Society" bij te wonen. Na het vast stellen van de te bezoeken plaatsen is de selectie nog niet voldoende, omdat de grote hoeveelheid van onderzoeksresultaten van deze Instituten een in korte tijd niet te overziene informatie vormt. Daarom werd de beperking verder doorgevoerd tot: Theorieën, waarvan men bij het experimenteren uitgaat en welke men met relevantie voor de Ergonomie ontwikkelt.

0.4. Het programma van de studiereis:

datum	plaats	naam instituut	onderwerp
18-30 mrt	Cambridge	Applied Psychology Research Unit of the Medical Research Council	experimentele Ergonomie
1-4 april	Cranfield	Cranfield Ergonomics Laboratory of the College of Aeronautics	Annual Conference
5 april	Londen	Department of Physiology of the Medical Research Council	fysiologische apparatuur
8-19 april	Oxford	Institute of Experimental Psychology of the University of Oxford	experimentele Ergonomie.

1. POGING TOT SAMENVATTEN VAN THEORETISCHE ACHTERGRONDEN :

Het lijkt ons het beste om eerst te trachten een samenvatting te geven van een algemeen theoretisch model, dat min of meer expliciet door de wetenschappelijke onderzoekers van de beide bezochte, psychologische instituten wordt gehanteerd. Ofschoon een dergelijk algemeen model zeer onvolledig moet zijn, omdat een samenvatting van verschillende sub-theorieën nog niet geheel mogelijk is en ofschoon het zelfs, omwille van de abstraherende voorstelling, op sommige punten minder juist is, kan onderstaande weergave de plaats en de waarde van sub-theorieën verduidelijken.

1.1. Informatie-theorie en Psychologie:

De voornaamste engelse grondlegger van die experimentele psychologie, die zich nu met vrucht op ergonomische problemen laat toepassen, is Sir Frederic Bartlett. Hij is een hoogleraar in de Psychologie te Cambridge met een sterk experimentele en technische belangstelling, maar ook met een fysiologische en antropologische achtergrond. Men zou de door hem gestichte school op het ogenblik misschien kunnen kenmerken door te spreken van psychologisch toegepaste informatietheorie.

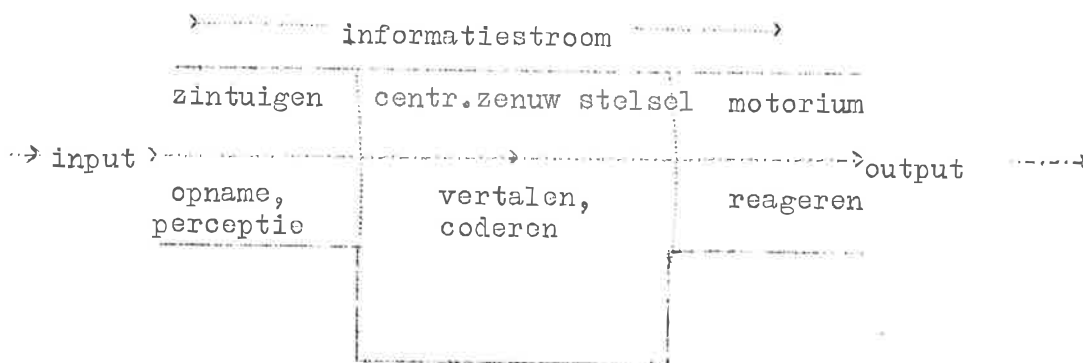
Men kan, zoals de neo-positivistische filosoof Carnap heeft gedaan, de studie van talen, symboolsystemen, informatie, indelen in drie niveaus. Deze niveaus worden genoemd: syntactisch, semantisch en pragmatisch. Op het syntactische niveau houdt men zich bezig met de onderlinge verhoudingen van de symbolen zonder op hun betekenis te letten; als voorbeeld: de regels van de algebra. Op het tweede niveau bestudeert men de relaties tussen de symbolen en de objecten; hier gaat het dus om de betekenis van de tekens. De pragmatische benadering tenslotte richt zich op het praktische gebruik van de tekens, dus welke regelmatigheden kan men in het daadwerkelijke gebruik aantreffen; als voorbeeld: de studie van het idioom.

De school van Bartlett dan legt in de psychologisch toegepaste informatietheorie de nadruk op het semantische en vooral op het pragmatische. De informatietheorie zelf is bijna uitsluitend van syntactisch niveau en dit impliceert dat men op nogal hoog abstracte wijze naar wetmatigheden speurt in de overdracht van informatie,

waarbij het terrein van toepassing vooral is de optimale verzending bij tele-communicatie. Het blijkt evenwel dat informatieverwerking door de mens geschiedt op andere wijze dan door electro-technische apparatuur. De mens blijkt bij informatieoverdracht niet zo optimaal te werken. Het is dus vooral aan de psycholoog om op te zoeken met welke wetmatigheden het informatieverwerkend gedrag van de mens is te voorspellen, zonder dus direct aan de optimale electrotechnische systemen te denken. Bovendien kan bij de mens, naast de makkelijk te quantificeren kenmerken, de betekenis van de informatie ook een rol spelen en dit is een tweede afwijking van de oorspronkelijke syntactische benadering van de informatietheorie. De psychologische benadering hierbij is dus pragmatisch in zoverre ze de daadwerkelijke informatieverwerking onderzoekt en is semantisch in zoverre ze de betekenis van de informatie erbij betreft.

### 1.2. Toepassing van informatietheorie op experimentele Psychologie en Ergonomie:

Voor de ergonomische studie is deze achtergrond vooral dat de mens een informatieverwerkend systeem is met een beperkte kanaalcapaciteit. Men kan nl. de mens opvatten als een informatieverwerkend kanaal. Er komen gegevens via de zintuigen binnen en er wordt verwerkt tot reacties.



De binnen komende gegevens kunnen worden verwerkt, vervormd, gegroepeerd e.d. en dit is van belang voor de motorische reacties, waaruit het gedrag voor een groot gedeelte bestaat. De informatietheoretische term voor de opgenomen informatie is: Input; voor de uitgaande informatie: Output.

Er wordt dus een vergaande parallel getrokken met communicatie-apparatuur. Het telex-apparaat heeft een ontvanger (zintuigen) voor de van elders overgezonden elektrische stimulatie en vertaalt deze door middel van een programma (centraal zenuw stelsel) tot gedrukte letters en cijfers (motorische reacties). Er is een maximum aan de snelheid van deze apparatuur, zowel in ontvangst als wel in het afdrukken, een maximum aan verschillende tekens dat kan worden vertaald en het vertaalprogramma kan variëren in de efficiency, waarin de informatie wordt verwerkt. Het telexapparaat kan wel dan niet op volle toeren draaien en kan dus in verschillende mate belast zijn. Evenzo spreken we bij de informatieverwerkende mens van perceptief-mentale belasting.

Als men spreekt van de mens met een beperkte kanaalcapaciteit, dan liggen die beperkingen in: 1) de hoeveelheid informatie, die tegelijkertijd kan worden opgenomen.

2) de snelheid van verwerking ervan.

3) de efficiency van de codering ervan.

Men zoekt naar de fundamentele regelmatigheden van de perceptief-mentale belasting en dan vooral naar de psychologische, biologische limieten van de inputcapaciteit.

Aan de ene kant staat hierbij vooral in de belangstelling de korte, intensieve input, die direct moet worden verwerkt en aan de andere zijde de langdurige, monotone input. Deze twee gebieden worden wel of niet met toevoeging van verstorende, niet ter zake doende prikkels ( ruis ) onderzocht.

### 1.3. Probleemgebieden:

A- Deze inputcapaciteit wordt vooral gemeten door middel van reactietijden en de studie van het korte geheugen, waarbij de afnemende informatie in successieve, zeer korte tijdseenheden wordt gemeten.

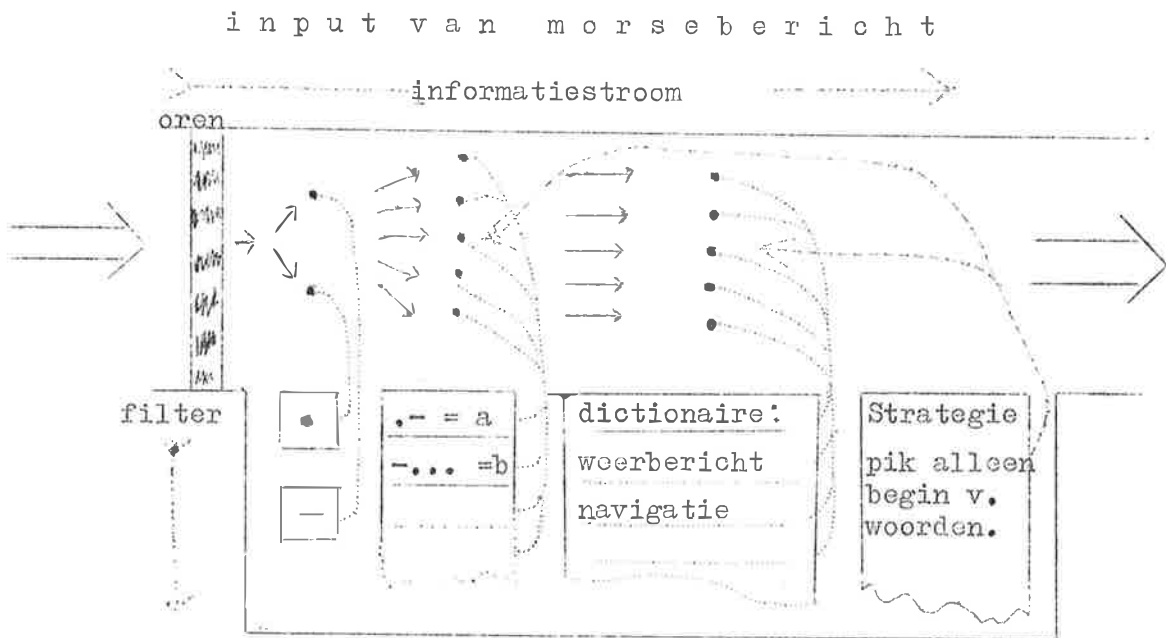
B- Deze aspecten van informatie-opname staan echter onder directe controle van centraler processen en worden dus niet alleen bepaald door de zintuigelijke hoedanigheden. Deze centrale processen vormen daarom dan ook een zeer belangrijk onderzoeksgebied. Men onderzoekt: 1) Welke regulerende rol speelt voor de opname van informatie de voorgaande ervaring; wat voor invloed wordt er uitgeoefend door een



bepaalde instructie, die, voordat de persoon met de informatie-  
verwerkende taak begint, aan hem wordt gegeven. Wat voor invloed  
gaat er verder uit van het feit dat hij een van de komende ge-  
beurtenissen al zo vaak heeft meegemaakt, terwijl een andere ge-  
beurtenis in de komende taak nog betrekkelijk nieuw voor hem is;  
m.a.w. hoe wordt het verwachtingspatroon beïnvloed door  
frequentiekenmerken van vroeger verwerkte informatie.

2) Welke rol wordt er verder gespeeld door een zich ontwikkelend  
plan, dat de persoon al van te voren heeft of in de loop van de  
taak opstelt, om de informatie op deze en deze manier aan te pakken.  
Op welke wijze gaat hij de binnenkomende informatie in vakjes  
indelen; wat voor etiketjes zal hij als het ware op ieder van die  
vakjes plakken.

Als fictief voorbeeld: Een marconist ontvangt morse-tekens.



alleen geluids-  
golven tussen  
20-20.000 Hz.

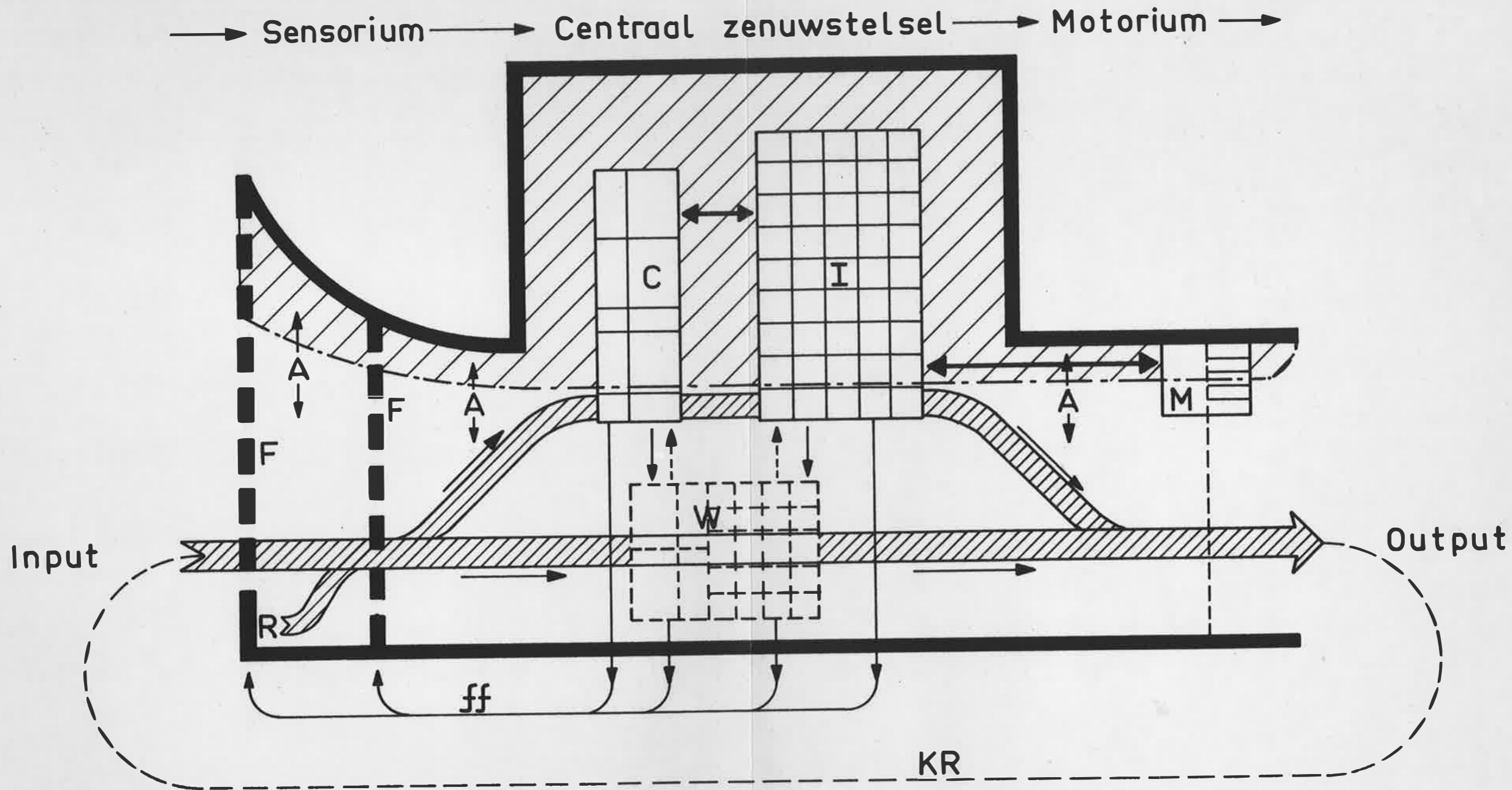
Groeperen van gegevens, volgens indelingen,  
die centraal aanwezig zijn:  
coderen/klassificeren/strategie van aanpak.

Zijn oor vangt alleen geluidsgolven en dan die van een bepaalde  
range op. Hij deelt ze als het ware in in punten en strepen; een  
tweede groepering is die volgens alfabet letters; een derde  
volgens woorden etc. Men kan spreken van een selectie via filters

en indelingen in vakjes. Het kan zijn dat hij als aanpak heeft alleen het eerste gedeelte van een woord goed te beluisteren, de rest weet hij dan wel en die tijd gebruikt hij om op te schrijven.e.d.

3) Welke invloed wordt er op deze codering uitgeoefend door verschillende wijzen van kennis nemen van resultaten: informatie terugkoppeling.

C- Naast de problematiek van inputcapaciteit en van codeersystemen kan men als derde gebied noemen de studie van het activatie-niveau ( level of arousal). Men kan , gesteund door neurologische bevindingen een activatie peil van het centrale zenuwstelsel onderkennen, dat van invloed is op de informatieverwerkende prestatie van de mens.



- ↑  
A  
↓ = Activatie-niveau; het gearceerde gedeelte is het niet gebruikte deel van het kanaal.
- F = Filters.
- ff = Filter-feedback; de centrale regelt het zeven van de informatie.
- R = Ruis, dat door het kanaal zelf wordt gegenereerd.
- C = Codeer opslag.
- I = Informatie opslag.
- W = Werkeenheid, werkgeheugen.
- KR = Kennis van resultaten.
- M = Motorische organisator.

- Terugkoppelingen :
- 1) C - W
  - 2) C - I
  - 3) I - W
  - 4) M - IC
  - 5) F - IC
  - 6) W - F
  - 7) KR.

1.4. Een samenvattend model:

In het nevenstaande schema is getracht op globale wijze de theorie weer te geven, om straks de meer specifieke begrippen te kunnen verduidelijken.

I: De informatie input wordt gefilterd en vervormd:

- 1) De fysiologische hoedanigheden van de zintuigen bepalen dat niet alle prikkels uit de buitenwereld worden opgenomen.
- 2) Verder kan er een min of meer impliciet verwachtingspatroon zijn, dat gebaseerd is op de vroeger ervaren waarschijnlijkheidskenmerken van dezelfde input elementen en dat dus ook de input selecteert.
- 3) Ook is er sprake van een in zeer korte tijdseenheden sterk afnemende kanaalcapaciteit: binnen de eerste seconde al blijkt de retentie te verminderen.
- 4) Verder is er een toevoeging van ruis, die uit het kanaal zelf komt.

II: De nieuwe informatie wordt op centraler niveau verder gecodeerd onder invloed van de oude informatie en codes van het geheugen. De nieuwe informatie zelf kan deze centrale geheugen-opslag ook beïnvloeden. Bovendien kan deze nieuwe informatie het proces van selectie en structurering, dat in I werd vermeld, sturen. In het voorbeeld van de marconist zou men kunnen zeggen, dat bv. de informatieopslag van de morsetokens door het binnenkomende bericht wordt verstevigd: hij leert door deze taak.  
( zie fig. op blz. 7 )

III: Indien er sprake is van een soort continuïteit van de aard van informatieverwerking voor een bepaalde periode: taak, kan men zich indenken dat er in een soort werk-geheugen ( naar analogie met computer) een verwerkingsstrategie/ plan de campagne/ codeersysteem wordt ontwikkeld, dat voor een efficiënte informatie verwerking zorgt met het oog op de te verrichten taak. In een computer kan een bepaald gedeelte van de geheugencellen worden bestemd voor een tijdelijke opslag. Bv. bij optellen wordt de som van de tot dan toe opgetelde getallen even vast gehouden, dan komt het volgende getal erbij en de som verandert weer. Of men kan zich voorstellen van een gemiddelde even een paar waarden worden vast gehouden voordat de uiteindelijke deling

door N plaats vindt. Ook kan er in zulk een werkgeheugen een soort instructie worden vast gehouden, die slechts voor een bepaald gedeelte van het materiaal geldt; bv. "kwadrateer het zeventiende en achttiende getal dat binnenkomt".

Een dergelijke strategie kan ook na afloop van de taak in het menselijk geheugen bij andere codes en informatie worden opgeslagen. Bij een slechts eenmaal voorkomend type van informatieverwerking kan men zich indenken dat het niet komt tot een werk-strategie, maar dat op directe wijze van vroegere codes wordt gebruik gemaakt.

IV: Het activatiepeil bepaalt als het ware de momentane kanaal-breedte. Als het activatiepeil in deze tekening stijgt, kan er meer informatie binnenkomen en zijn grotere gedeeltes van de centrale opslag toegankelijk en werkzaam.

v o o r b e e l d :

Als illustratie bij het getekende model en de voorgaande tekst: Een persoon luistert naar muziek en wil bepalen wie deze muziek heeft gecomponeerd.

I: Luchtrillingen van een beperkte range worden door zijn oren opgenomen. Zijn oor staat slechts open voor muziek van een westers toonsysteem en van andere algemene kenmerken. Er is in zekere mate een waarnemen volgens verwachtingen. De veelheid van tonen in korte tijdseenheid blijft slechts zeer kort in het geheugen. De nerveuze ruis van het gehoor (tinnitus) wordt toegevoegd.

II: De gefilterde geluidsgolven worden verder gestructureerd, zodat ze worden waargenomen als klanken, die zeer specifieke relaties en kenmerken hebben. Deze codering kan leiden tot de hypothese dat de muziek wel eens van de componist X zou kunnen zijn en volgens het codeersysteem, dat de luisteraar omtrent X heeft, wordt het geheel gefilterd en geanalyseerd etc.

III: Indien de taak zou zijn het achtereenvolgens herkennen van meerdere composities, kan in een werkgeheugen een systeem van aanpak ontstaan; bv. ik luister eerst naar ..., dan bepaal ik in welke tijd het is gecomponeerd.... etc.

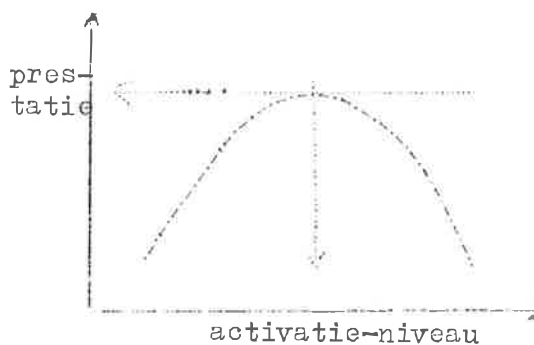
IV: De vermoeidheid van de luisteraar kan het activatiepeil doen dalen; sterke motivatie daarentegen kan zijn kanaalcapaciteit verhogen: zijn oren staan helemaal en alleen maar open voor de muziek.

### 1.5. Werktheorieën:

In het volgende worden enkele belangrijke theoretische punten in termen van het voorgaande model vermeld ( zie de tekening van het model, die in naar boven gevouwen toestand steeds bij de tekst kan worden gehouden). Deze punten zullen in afdeling 2. van het verslag uitgebreider worden behandeld.

1.5.1. Het activatie-niveau(level of arousal) is in dit model de plaats van de lijn, die het niet-gebruikte, niet toegankelijke deel van het informatieverwerkende kanaal scheidt van het gebruikte deel. Dit wordt resp. aangegeven door het gearceerde en het niet-gearceerde gedeelte. Indien de aangegeven lijn zou dalen, zou de kanaalcapaciteit afnemen en de toegankelijkheid van de centrale informatie-opslag ook. Men kan zich voorstellen dat een dergelijk iets bij vermoeidheid, bij sterke emoties of bij "drugs" optreedt.

De prestatie gaat echter niet lineair samen met het activatie niveau. Men denkt het zich meestal zoals het in de rechtse figuur is aangegeven. Bij een bepaalde prestatie ligt zijn optimale punt bij een specifiek activatie peil.



1.5.2. De kanaalcapaciteit is de kwantitatieve aanduiding van de in een bepaalde tijdseenheid verwerkbare informatie. Dit hangt dus af van de kanaalbreedte : hoeveel elementen kunnen er tegelijkertijd worden opgenomen, en van de doorstromings-snelheid : bv. reactietijd. Deze verwerking hangt ook af van de mate, waarin de informatie efficiënt wordt gecodeerd. De biologische limiet wordt mede gevormd door de toestand, waarin het activatie-niveau zich bevindt.

- a: De reactietijd is een maat voor deze doorstromings-snelheid.
- b: Het korte geheugen kent de sterke afname van informatie-hoeveelheid in de eerste fractie van de eerste seconde na opname.
- c: Het coderen is dus de klassificatie en eraan verbonden selectie.

1.5.3. Overschot in mentale belastbaarheid( mental spare capacity) duidt op het gegeven dat bij het vervullen van een taak niet altijd

zoveel informatie benodigd is dat het gehele kanaal als het ware bezet is. Dit kan men bijvoorbeeld nagaan door een tweede taak tegelijkertijd te laten verrichten. De mate waarin het de persoon gegeven is om de tweede taak naast de eerste te verrichten, kan een maat zijn voor de mentale-perceptieve belasting, die de eerste taak van de persoon vergt.

1.5.4. De voorspelbaarheid is de opslag in het geheugen van frequentie-karakteristieken van informatie elementen en van hun combinaties. Voor het gemak worden er in het model op de plaats van de centrale verwerkingseenheid twee magazijnen gedacht: Eén voor de elementen, informatieopslag genoemd; bv. de letters van het alfabet; en één voor de "gewichten" en frequentiekarakteristieken van deze elementen in verschillende situaties; bv. de waarschijnlijkheden van digrammen, trigrammen, woord-approximaties van verschillende ordes etc.

1.5.5. De strategievorming duidt op het ontstaan van een codeer-informatiesysteem in het werkgeheugen. Men kan dus nagaan onder welke voorwaarden en in welke vorm deze besliskundige strategieën worden ontwikkeld en hoe deze optimaal zouden kunnen zijn. Vooral omdat een dergelijk werksysteem na afloop van de taak in de centrale magazijnen kan worden opgenomen en kan worden aangewend voor volgende situaties, is dit ook <sup>van</sup> belang voor de studie van de begripsvorming.

1.5.6. De ruis is de verwerking van informatie, die niet in het relevante codeersysteem thuishoort; deze wordt ook gedeeltelijk door het kanaal zelf gegenereerd.

1.5.7. Kennis van resultaat (knowledge of results) kan een belangrijke terugkoppeling vormen bij het verrichten van de taak en voor de ontwikkeling van de strategie. Indien het resultaat van een willekeurige beslissing wordt waargenomen, kan dit aanleiding zijn tot een correctie met het gevolg dat de volgende keer een juistere beslissing wordt uitgevoerd.

1.5.8. Vigilantie is de mate van waakzaamheid bij het verrichten van een min of meer langdurige en monotone taak, die neerkomt op het ontdekken van signalen, die met een bepaalde frequentie in de

tijd worden aangeboden. Deze vigilantie wordt beïnvloed door de voornoemde negen punten.

## 2. BEHANDELING VAN WERKTHEORIEËN:

### 2.1. Het activatie-niveau:

De Amerikaanse theoretici Hebb, Lindsley en Duffy hebben het begrip activatie-niveau op een degelijke wijze in de gedragswetenschappen geïntroduceerd. De gedachte is in algemene termen dat men een activatie- of "reageerbaarheids"-dimensie kan onderkennen, waarvan het ene uiteinde wordt gevormd door de slaaptoestand; de dimensie gaat hogerop over in het ontwaken, verder nog in belangstelling, alertheid en positieve emoties en het andere uiteinde is dan emotionele verwarring en angst, zodat men dus op teveel prikkels tegelijkertijd en te intensief reageert. Bij activatie-niveau wordt meer aan de mogelijkheid tot een bepaald peil van activiteit gedacht dan aan de activiteit zelf. Het neurologische correlaat zoekt men vooral in de intensiteit van a-specifieke stimulatie, die door de formatio reticularis op de cortex wordt uitgeoefend. Vooral de neo-pavlovianen houden zich sterk met deze laatste problematiek bezig.

Men zou een vergelijking kunnen trekken met het toerental in vrijloop van een machine. Men dient het idee van rendement erbij te betrekken. Hebb nl. lanceerde de nu algemeen aanvaarde wet dat er een relatie is tussen de efficiëntheid van de prestatie en het activatie-niveau, die de vorm van een omgedraaide U heeft. (zie hiertoe de figuur van blz 11). Dit wil dus zeggen dat er een maximale, specifieke prestatie is bij een specifiek activatiepeil en dat zowel bij hogere als bij lagere activatie het rendement daalt.

2.1.1. Het meten van het activatie-niveau is nog een dubieuze zaak. Meestal kiest men een fysiologische maat uit de volgende groep: polsfrequentie, zuurstofverbruik, electromyografie van de pronatoren van de niet actieve onderarm, galvanische huidreactie van de handpalm, excretie van katechol-aminen in de urine, onderdrukking van alfa ritme bij electro-encefalografie. Het is evenwel de vraag of elk van deze maten afzonderlijk voldoende correleert met het bedoelde



activatie-niveau.

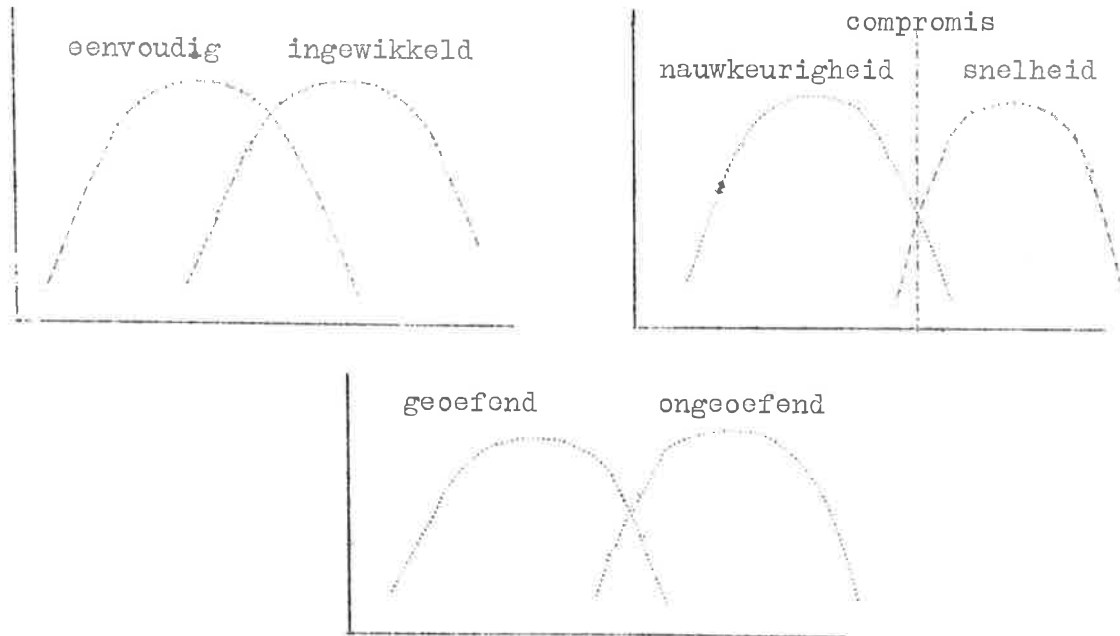
2.1.2. Ofschoon het idee van activatie-niveau voor het eerst in de Psychologie kwam in het kader van persoonlijkheidstheorieën, is het duidelijk dat dit begrip van groot belang kan zijn voor ergonomische probleemstellingen. Juist dit begrip kan slechts onderzocht worden door team-work van fysiologen, farmacologen en psychologen.

Als voornaamste variabelen, die men in verband met het activatie-niveau onderzoekt, kan men noemen: vegetatief dag-nacht ritme; tekort aan slaap, complexiteit van taken, nauwkeurigheid en snelheid van prestatie, de mate van vertrouwdheid met een taak, lengte van taak, signaalfrequentie bij vigilantietaak, de invloeden van lawaai, drugs en beloningen.

2.1.3. Vegetatief dag-nacht ritme: het toerental van de menselijke machine blijkt zich aan de dag-nacht cyclus aan te passen en er is bovendien een min of meer algemeen patroon van schommelingen te onderkennen tijdens de dag. Dit vindt zijn neerslag in prestatie-niveaux, rendement e.d.

2.1.4. Tekort aan slaap: langdurige slapeloosheid leidt meestal tot een verlaagd activatie-niveau. Het blijkt dat dit niet altijd het geval behoeft te zijn, omdat andere variabelen, ondanks het gemis van rust, compenserend kunnen werken. Het bleek bv. dat een lawaaïge omgeving weer zoveel kon stimuleren, dat het activatie-niveau weer steeg en de prestatie, ondanks 60 uur zonder slaap, gelijk bleef aan die aan het begin van de taak, toen men nog niet slaperig was. Er zijn aanwijzingen dat een dergelijke voortzetting van een taak op dit niveau extra veel energie kost en dat myografische gegevens de achterliggende motivatie van de proefpersoon zouden kunnen aanduiden; dus nu niet als activatiemaat, maar als maat voor de gemotiveerdheid.

2.1.5. Complexiteit, nauwkeurigheid en snelheid van prestatie en bekendheid met de taak: Men veronderstelt dat de "omgekeerde U curve" van plaats verschuift onder invloed van de drie bovengenoemde variabelen. Deze dimensies zouden dus eisen vormen, die aan het activatie-niveau worden gesteld om een optimaal rendement te behalen:



Omdat een ingewikkelde taak een tamelijk hoog activatiepeil zou eisen, zou deze makkelijker negatief kunnen worden beïnvloed door veranderingen in het activatie-niveau dan een eenvoudiger taak. Evenzo zou de snelheid van de prestatie eerder kunnen worden aangetast dan de nauwkeurigheid en ook eerder de ongeoefende taak dan de geoefende taak.

2.1.6. Kennis van resultaat, lawaai, taaklengte en signaalfrequentie: Men veronderstelt dat de vier juistgenoemde factoren het activatie-niveau direct kunnen beïnvloeden. Kennisname van de resultaten van de handeling, die wij reeds als een belangrijke terugkoppeling noemden ( zie het grote model), zou de activatie kunnen verhogen. Hetzelfde geldt bij een vigilantietaak voor lawaai, voor het verlengen van de taak en voor het verhogen van het aantal signalen, dat wordt aangeboden. Bij deze factoren geldt echter dat zij slechts een positieve bijdrage kunnen zijn tot een bepaalde waarde: een te langdurige taak zou de rust verhinderen, zodat de activatie weer daalt etc.

2.1.7. Ofschoon de onderzoeksresultaten betreffende het activatieniveau veelbelovend zijn en vooral voor de ergonomische theorievorming van veel belang blijken, kan men toch zeggen dat de in dit probleemgebied gehanteerde begrippen nog vaag zijn en nog veel empirische specificatie behoeven. De tot nu toe gevonden resultaten vormen in de meeste gevallen echter een achtergrond, waarvan men bij praktische problemen van stress en belastbaarheid kan uitgaan.

## 2.2. De kanaalcapaciteit:

### A: Reactietijden:

Het onderzoek van reactietijden is van belang voor de studie van de arbeid. Het snel kunnen reageren in mens-machine situaties staat dan ook in het centrum van de ergonomische belangstelling. Vooral de laatste tijd heeft men een groot aantal nieuwe factoren ontdekt, die op deze snelheid van korte informatiedoorstroming van invloed zijn. Men komt er langzamerhand toe om de discriminatieve processen aan input-zijde van die van output-zijde te scheiden en men vindt regelmatig dat het aantal motorische alternatieven, waarmee gereageerd moet worden van groter belang is dan het aantal categorieën van stimuli, waarop moet worden gereageerd. Eveneens onder invloed van een informatietheoretische oriëntatie is men ertoe gekomen om de reactiesnelheid niet als een sensori-motorische constante te zien, maar als een proces, dat in hoge mate door centraler processen wordt beïnvloed. Zo vindt men dat de vertrouwdheid met reactie- en stimulusalternatieven van groot belang is en dat het oude idee dat de reactietijd een directe functie is van het aantal alternatieven niet opgaat als voldoende training heeft plaats gevonden. Een andere gelijksoortige factor is de kennisname door de reagerende persoon van de relatieve frequenties van alternatieven; indien deze ongelijk zijn, is zijn perceptie van de verschillen in relatieve waarschijnlijkheid van invloed. Een derde factor is de zogenaamde compatibiliteit; deze komt hierop neer dat de structuur van het stimuluspatroon in verschillende mate kan lijken op de structuur van het reactiepatroon. Indien bv. vier in een vierkant geplaatste lichten de prikkels zijn en vier knoppen de vier corresponderende reactiemogelijkheden, dan

blijkt de reactietijd korter, als de knoppen in een gelijke ruimtelijke verhouding staan als de lichtjes; dus ook in een vierkant.

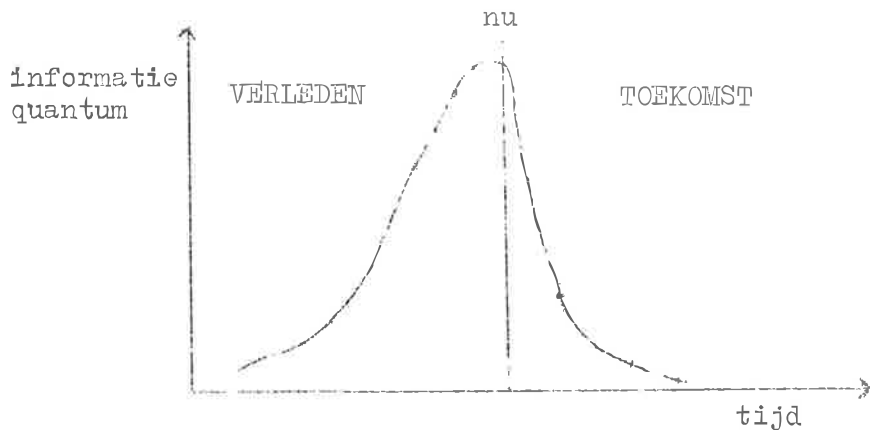
B: De kanaalcapaciteit: Het korte geheugen:

Het zich herinneren van gegevens over kortere tijd is van belang voor het direct en frequent reageren op informatie. Het gaat bij de directe reactie om het voor een korte tijd vasthouden van veel informatie. De informatie moet na de reactie worden losgelaten, omdat hij anders met het volgende zou interfereren. De capaciteit om veel, kort vast te houden is een belangrijke factor voor de input-capaciteit. Het blijkt dat de hoeveelheid input onmiddellijk na aanbieding veel groter kan zijn dan men zich tot voor kort realiseerde. De hoeveelheid informatie neemt echter snel en sterk af, zelfs in de eerste fracties van de 1e seconde, en is dus zeer kwetsbaar.

Men heeft zich afgevraagd of het "vervagen van geheugensporen" veroorzaakt wordt door de tijd alleen, we zouden ons hierbij met de tijd aflopende biochemische processen kunnen voorstellen; of dat de afname geschiedt door de interferentie van ander, nieuw materiaal, dat het vorige verdringt. Er zijn vele argumenten, die ervoor pleiten dat een geheugenspoor een zeer korte tijd van bestaan heeft, als het niet opnieuw wordt geactiveerd. Een herhaaldelijk voor zich opzeggen van een telefoonnummer zou dus steeds het spoor reactiveren, zodat het als reproduceerbare informatie blijft behouden. De aard van de reactivatie schijnt ook van belang te zijn: als er motorisch op een gegeven is gereageerd, blijkt het spoor een langere levensduur te hebben. Het is echter duidelijk dat ook ander materiaal het behouden van voorgaande input kan storen. Het is het meest waarschijnlijk dat zowel de tijd( Decay-theory ) als nieuwe input ( Interference theory ) determinerende factoren zijn.

We hebben hier dus te doen met een intensief selectiesysteem, dat bepalend is voor de informatieopslag en de codeeropslag in centraler gebieden, zoals dit op het grote model staat weergegeven. Deze centrale magazijnen spelen zelf ook een rol in de filterprocessen.

Door sommige onderzoekers wordt het geheugen op langere termijn, het betreft hier dus een definitiever informatieopslag, verbonden met de hoeveelheid van informatie die men in de toekomst op verschillende tijdstippen verwacht.



Meestal resulteert er ongeveer een curve, zoals die hierboven is weergegeven. Bij een langdurige taak van informatieopname kan men op een <sup>ge-</sup>geven moment vragen wat er nog herinnerd wordt van het tijdstip 20 minuten terug, van 18 minuten terug, 16 minuten etc. en men kan dan ook vragen wat men in de eerstkomende twee minuten gaat verwachten aan informatie, wat over 4 minuten etc. Het aantal gegevens, dat men zich herinnert uit verschillende tijdstippen in het verleden, zou aflopen, zoals links staat aangegeven en het aantal gegevens dat men op grond van die linkse informatie verwacht, voorspelt, zou verlopen, zoals in het rechter gedeelte van de curve staat getekend. Beide uiteinden zijn ongeveer asymptotisch. Bij het schatten van tijd van vroegere gebeurtenissen schijnt er in het begin, d.i. dichtbij het huidige moment, meestal een overschatting van tijd plaats te vinden en daarna meestal een onderschatting van tijdsduur.

C: De kanaalcapaciteit: Het coderen:

De constante stroom van prikkels uit de buitenwereld, die onze huid en zintuigen bereikt, wordt niet alleen naar modaliteit geselecteerd door de specifieke gevoeligheden van specifieke zintuigen en in nerveuze potentialen vertaald, maar ook wordt hij op meer molair, mentaal niveau in wijde klassen onderverdeeld.

De informatieopslag en het codeersysteem, dat in het grote model werd getekend, duidt dus op de "dictionnaireenheden" die werden opgeslagen tezamen met de mogelijkheid om deze elementen via verschillende systemen te groeperen, te categoriseren. Men veronderstelt soms dat een volwassen individu min of meer constante categorisatieschemata heeft. De een let b.v. bij het beoordelen van mensen altijd en bijna uitsluitend op intelligentie; een ander weer op goede manieren e.d. De flexibiliteit van de codering zal echter per gebied en per situatie verschillen. Vindt het coderen meestal plaats middels algemene lijnen, die min of meer typisch zijn voor een individu, de meer gedetailleerde codering echter blijkt minder voorspelbaar, maar is van groot belang bij de studie van informatieverwerking. Het klassificeren van binnenkomende informatie kan nl. op efficiënte of minder efficiënte wijze geschieden; het kan overzichtelijk zijn, maar veel informatieverlies vertonen, het kan onoverzichtelijk zijn en zeer redundant e.d. Deze algemene theoretische overwegingen worden experimenteel geconcretiseerd bij de studie van de strategievorming, die in punt 2.5. zal worden behandeld.

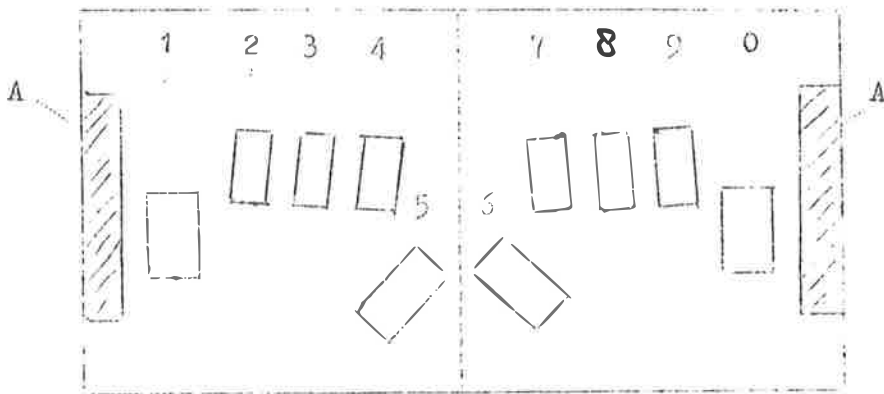
Codeerproblemen, zoals de optimale keuze van aard en plaatsing van symbolen voor het kenmerken en onderscheiden van veel elementen zijn meer specifieke vraagstellingen uit de telecommunicatie e.d. Deze blijken ook met vrucht ergonomisch te kunnen worden onderzocht. Als voorbeeld van een concreet onderzoek volgt hier de aanpak van Conrad, die voor de Engelse P.T.T. een optimaalcodeersysteem probeert te ontwikkelen bij het sorteren van brieven.

Het met de hand sorteren van brieven naar plaatsnaam, zodat elke brief in het vakje van de corresponderende wijk, stad of provincie komt te liggen, is een zware belasting voor de postambtenaar. Hij dient alle adressen te kunnen groeperen en snel in het juiste van de vele vakjes te plaatsen. Reeds 30 jaar wordt er in verschillende landen, waaronder ook in Nederland gezocht naar een gedeeltelijke mechanisering van het proces. Indien de sorteerder de plaatsnamen kan coderen en op overeenstemmende knoppen drukt, kan de brief mechanisch in het juiste vak worden gebracht. De moeilijkheid ligt evenwel in het codesysteem. De meeste codeersystemen, die men in verschillende laboratoria ontwikkelde, bleken niet efficiënt, omdat of de tijd om het te leren ge-

bruiken te lang duurde, of het in het geheel niet leerbaar bleek. Indien men de ambtenaarstypen leert op een gewone schrijfmachine en men dus op deze wijze codeert, verschijnt de moeilijkheid, dat het hebben van typevaardigheid voor de sorteerdere betere functies in het vooruitzicht stelt en zij dus van de sorteertaak afzien.

De oplossing van Conrad is in het kort deze.

Na een frequentie-en redundantie-analyse van de 1800 Engelse towns bleek dat de combinatie van de eerste 3 en de laatste 2 letters van de stad voldoende is om 99% correct te differentieren. Na het vaststellen van dit 5 letterprincipe, ontwierp hij het volgende toetsenbord:



waarbij de volgende bedieningsregels gelden:

- 1) altijd worden twee knoppen tegelijk ingedrukt
  - 2) altijd wordt er één knop rechts en één links ingedrukt
- op de volgende wijze komt men dan tot 25 letters (K. i.p.v. Q)

Links	Rechts	
1	6	: a
1	7	: b
1	8	: c
1	9	: d
1	0	: e
2	6	: f

bij het voorkomen van getallen wordt een van de A knoppen ingedrukt en hebben de toetsen de in de tekening aangegeven getalwaarde; dus de regels worden behouden.

Het criterium voor de waarde van deze oplossing ligt voornamelijk in de tijd die men nodig heeft om aan sorteerdere de taak te leren en niet

zozeer in de snelheid waarmee de taak uiteindelijk wordt uitgevoerd; omdat men veronderstelt dat die laatste bij verschillende systemen uiteindelijk gelijk blijft, het gaat dus om de winst in de trainingsperiode.

Eveneens worden i.v.m. deze problemen uitgebreide studies gemaakt over de optimale plaatsing en aard van drukknoppen (vorm van de knop, drukafstand, contactafstand, tegendruk, paneelstand e.d.). Ook heeft men belangstelling voor de optimale codering van lange reeksen homogene gegevens. De gevonden principes zijn o.a.:

- zorg voor een plaats orientatie in de reeks. b.v. door markeren met strepen per 5 elementen; de eenheden automatisch numeriek op tellers weer te geven; de grens van de eenheden met een geluidsklikje te accentueren e.d.
- houd rekening met de relatieve frequenties der elementen
- maak gebruik van verschillende sensorische modaliteiten
- geef directe kennis van de resultaten (goed, fout) en dit vooral bij een auditieve taak
- optimaliseer de tijdsintervals tijdens leerproces

### 2.3. Overschot in mentale belastbaarheid: (Mental spare capacity)

Ook dit punt valt onder het idee van de beperkte kanaalcapaciteit. Het begrip "overschot" is a.h.w. uit het model herleid en blijkt een zeer vruchtbaar en veelbelovend concept te zijn. In de Ergonomie is men reeds lange tijd in staat om op een objectieve wijze aan de hand van fysiologische meetuitslagen de fysieke belasting bij het verrichten van eentaak vast te stellen. De stofwisseling, polsfrequentie, gewichtsverlies e.d. zijn tamelijk nauwkeurig quantitatief weer te geven en geven een goed inzicht in belasting en belastbaarheid. Het is niet verwonderlijk dat men naar analogie van deze fysieke belasting naar middelen zoekt om ook de perceptief-mentale belasting te meten. Afgezien van het feit dat psychologen nog nauwelijks weten wat men onder perceptief-mentale belasting kan verstaan en zij dus nog niet nauwkeurig weten wat zij meten willen, blijkt dat de methodische moeilijkheden nog zeer groot zijn. B.v. noemen wij het punt dat het meetinstrument niet al te veel het gemetene mag veranderen; dat de flexibele informatieverwerking zich nog iets moeilijker laat



pakken dan  $O_2$  moleculen en hartpotentialen e.d. De oplossing is dan ook voorlopig nog niet in zicht.

De wijze echter waarop men nu "mental spare capacity" kan meten lijkt het begin van de goede weg. Deze methode wordt vooral door I.D. Brown toegepast bij het bestuderen van de mentale belasting tijdens auto rijden. Het principe, zoals reeds op pag. 12 weergegeven, berust op het volvoeren van een neventaak die ongeveer continu naast de hoofdtaak moet worden uitgevoerd. De verschillen in de prestaties in de neventaak met de tijd zouden een indicatie zijn van de mate van concentratie e.d. die de hoofdtaak van de chauffeur vraagt. Bij de chauffeurproblemen is de hoofdtaak het besturen van een auto over een bepaald traject. De neventaken, die dus in feite het meetinstrument zijn, kunnen van verschillende aard zijn en men is met de studie van de "gevoeligheid" van meerdere bezig. Om enkele te noemen: het min of meer continu optellen van steeds 3 cijfers; het ontdekken van het ene cijfer in een rij van 8 cijfers dat anders is dan die uit de vorig opgenoemde reeks. Nu is men van plan om als neventaak te geven: het zo veel mogelijk at random opnoemen van maand-namen. Hierbij kan men een informatie-maat met 2e of 3e approximatie hanteren voor de prestatie in deze neventaak. De bevindingen tot nog toe zijn, dat de nevenprestaties inderdaad differentieren tussen het rijden in een druk stadsgedeelte en het rijden op een rustiger weg. Een nauwkeuriger differentiatie is echter nog moeilijk vast te stellen, omdat men nog te weinig inzicht heeft in de hoofdtaak zelf d.i. het auto rijden. De experimentele auto, die Brown heeft ontworpen, biedt de mogelijkheid om de rij-taak nauwkeuriger te analyseren. De oscillaties van het stuur, de rem, de versnelling, de clutch, het aantal malen dat de auto stopt, de longitudinale en de transversale acceleraties, worden alle automatisch op tellers geregistreerd. De proefnemingen onder condities van vermoeidheid, alcohol, verschillende rij-opleiding en chauffeur-selectie zijn in volle gang.

Het idee van de variabele nevenprestatie kan waarschijnlijk in veel bedrijfssituaties waar men enig inzicht wil krijgen in de mentaal-perceptieve belasting met vrucht worden toegepast.

#### 2.4. De voorspelbaarheid:

De voorspelbaarheid van een informatie-element is een frequentiekenmerk, dat dit element heeft gekregen door voorafgaande ervaring van de persoon en dat in het geheugen is opgeslagen en op grond waarvan de herkenningdrempel van dit element ten opzichte van de drempels van andere elementen hoger of lager ligt. Men kan dit ook noemen: een soort van subjectieve waarschijnlijkheid van dit element in een gegeven situatie. Dit begrip blijkt van waarde voor de theorie van coderen, onthouden, leren, lezen e.d. De waarneming en verwerking b.v. van te lezen informatie wordt vergemakkelijkt door de kennis die men reeds van de regelmatigheden van gedrukte taal bezit. Daarom kunnen wij bij het lezen met minder informatie volstaan dan wordt gegeven en kunnen wij sneller verwerken. Men zou kunnen zeggen dat wij vaak het laatste gedeelte van een woord en het laatste gedeelte van een zin nauwelijks zien en gebruiken, omdat we na kennisname van de voorgaande gedeelten de rest al kunnen voorspellen. Dit gegeven is een klassiek thema in de informatietheorie, en vooral de experimenten van Shannon met het raden van letters in een zin zijn een goede illustratie. Hij nam het aantal keer dat geraden werd tot de goede letter werd gegist als maat en vond steeds dat naarmate de gissende persoon verder kwam in een woord en in de zin, hij minder gissingen nodig had. Ook blijkt experimenteel dat na kennisname van een gedeelte van de zin de herkenningstijd van de rest van de zin korter is. De informatietheorie wordt dus hier gebruikt bij het vinden van factoren die reactietijden, herkenningdrempels e.d. bepalen. Bij de studie van het efficiënt lezen heeft deze aanpak tot goede resultaten geleid. Het oude psychologische begrip "Einstellung" kan nu op een meer geformaliseerde wijze worden onderzocht. Het bleek b.v. dat de instructie, die voorafging aan een vigilantie taak en die betrekking had op de signaalfrequentie van grote invloed was op de prestatie: de subjectieve waarschijnlijkheden vormen dus a.h.w. een filter in de input (zie het grote model). In leerexperimenten is verder gebleken dat bij het leren van gepaarde associaties van nonsenselettergrepen de waarschijnlijkheid van ligrammen van meer belang bleek dan de betekenisvolheid. Dit zou een argument kunnen zijn voor een syntactische aanpak in

vele psychologische problemen waar men zich tot nog toe tot de semantische aanpak beperkte. Het begrip predictability impliceert dus dat de toegankelijkheid van elementen uit de buitenwereld door een frequentie-opslagplaats wordt geregeld. Deze centrale waarschijnlijkheidsbron is evenwel ook bepalend voor de generatie van elementen vanuit het geheugen. Indien men een persoon b.v. vraagt om zoveel mogelijk elementen uit een bepaalde categorie te noemen blijkt de tijd die voor de generatie van een element nodig is omgekeerd gecorreleerd te zijn met de waarschijnlijkheid van dit element binnen die categorie.

Dit besturen van de output-selectie blijkt zo sterk te zijn, dat de opdracht om at random elementen te genereren uit een bepaalde categorie bijzonder moeilijk blijkt. Op blz.22 werd er dan ook over gesproken dat men het zoveel mogelijk at random zeggen van maandnamen als tweede taak gebruikte voor het meten van de mentaal-perceptieve belasting bij auto rijden. Het afwijken van de frequentie-karakteristieken van digrammen, trigrammen e.d. blijkt een inspanning te zijn die bij belasting in de hoofdtak minder goed kan worden verricht.

## 2.5. De strategievorming:

Bij het verrichten van een taak kan men vaak een ontwikkeling constateren in de aanpak die de persoon aanwendt. Door voorafgaande ervaring en ervaringen aan het begin van de taak kunnen de taakhandelingen worden gestructureerd en efficiënter worden. Dit schematiseren kan op meer of mindere wijze bewust geschieden; het komt vaak voor dat de handelende persoon zijn eigen strategie niet expliciet kent. In termen van het **bijgevoegde, grote** model kan men spreken van het ontstaan van een werkgeheugen, dat in het begin wordt samengesteld door elementen uit de code en informatieopslag in het centrum en dat daarna door de ervaringen aan de taak kan worden vervolledigd en gecorrigeerd. Deze schematisering kan beschreven worden in termen van voorspelbaarheid (punt 2.4.) en vooral van coderen (punt 2.2.c.). Vooral in termen van het laatste wordt de relatie van strategievorming en begripsvorming duidelijk. In beide gevallen nl. is er sprake van het onderbrengen van de stimulistroom in een klein aantal relevante categorieën.

Het probleem van coderen en strategieën is door informatie-technici op het gebied van de telecommunicatie intensief aangepakt. In de meeste gevallen zoekt men echter naar een optimaal systeem van informatie-overdracht. Voor ergonomische vraagstellingen is echter een andere aanpak gewenst, omdat de strategieën van de mens niet optimaal zijn en het dus in de eerste plaats nodig is om de strategieën te onderkennen die mensen bij de oplossing van problemen daadwerkelijk en spontaan aanwenden. Pas als men een brede kennis heeft gekregen in deze "spontane strategieën" kan men denken aan algemene wetmatigheden van optimalisering.

Men experimenteert b.v. met de gevolgde strategieën bij een volgende taak: In een eenvoudige tabel staan de waarden weergegeven, die de objecten A, B, C ... op de tests I, II, III ... hebben gekregen. De opdracht is om het "beste object" te kiezen aan de hand van deze gegevens bij verschillende manieren van informatieaanbieding.

	A	B	C
I	1	2	3
II	3	1	2
III	1	3	2

Komt men sneller tot de oplossing als de kolommen afzonderlijk en achtereenvolgens worden gegeven dan wanneer men de rijen achtereenvolgens aanbiedt; welke strategie wordt gevolgd als de proefpersoon cel voor cel afzonderlijk mag bekijken etc.? Op deze manier kan men vorming van een werkgeheugen onderzoeken.

Een ander soort probleem van strategievorming, dat meer relevant is voor de ergonomie is de aanpak bij taken waarbij het bedoelde effect na actie enige tijd uitblijft. Indien men op een knop drukt om de olietoevoer te laten toenemen en dit effect verschijnt pas na 20 seconden, biedt dit een extra aantal moeilijkheden. Eerstens komt de kennis van het resultaat niet direct, zodat het soms vereist is om in die periode van 20 seconden blindelings te reageren en ten tweede geeft dit meestal een verlenging van de stuurperioden. Vooral voor machine-sturing met vele, enige tijd nemende, feed-back loops is dit van belang.

In een experiment onderzocht men dit door aan proefpersonen de opdracht te geven de temperatuur van water in een bepaald vat te regelen door middel van een verwarmingselement, dat in een ander vat stond, waarin het eerste was geplaatst: Bij verhogen van de calorische output stijgt eerst het water in de omgevende bak en daarna pas in de kom, waarin de temperatuur moet worden gestuurd; dan treedt over-shooting; en under-shooting e.d. op.

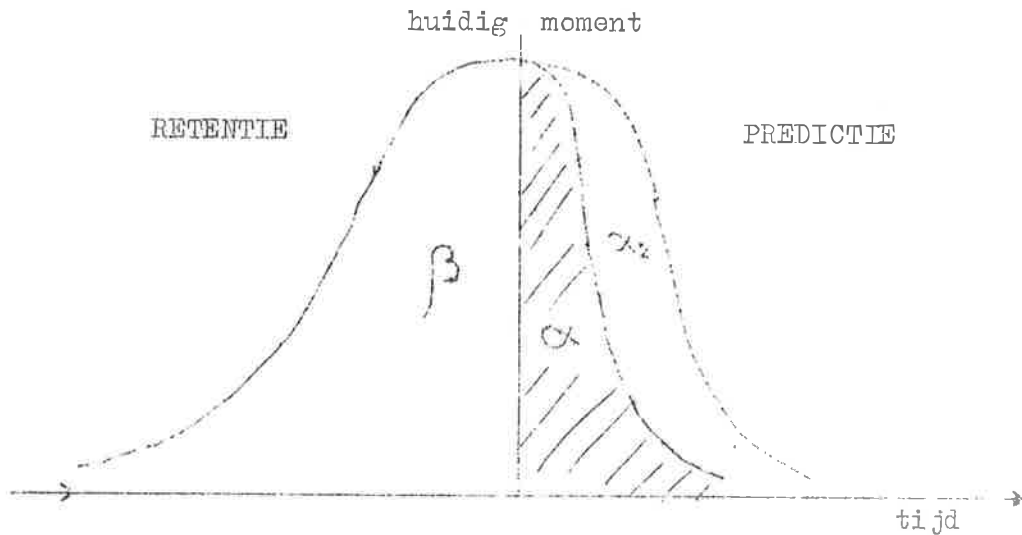
Een andere wijze van strategie-onderzoek betreft het ontdekken van de oorzaken van storingen in ingewikkelde elektronische apparatuur. Men heeft dit onderzocht door een apparaat te vertonen waarbij



series van lichtjes in serie staan geschakeld. Indien een bepaalde lijn van lichtjes uitvalt, hoe kan men dan zo snel mogelijk de fout vinden. Kennis van electrotechniek blijkt niet voldoende om een optimale strategie te ontwikkelen. De strategie is optimaal indien de apparatuur in gedachte in enkele eenheden wordt verdeeld en door steeds een vraag te stellen en te onderzoeken, die ongeveer de helft van de apparatuur uitsluit: Is de fout in de reeks eenheden A + B + C + D of in de reeks eenheden E + F + G. Blijkt de fout in de eerste reeks te zijn, is hij dan in A + B of in C + D etc.

De algemene conclusies, die men uit deze experimenten kan trekken zijn ongeveer als volgt:

- 1) Men heeft na de instructie en voor de aanvang van de taak reeds een strategie, afhankelijk van de kennis, waarop verwachtingen kunnen worden gebaseerd
- 2) Men ontwikkelt meestal impliciete strategieën
- 3) De strategie impliceert meestal een abstractie tot een schaal van een paar categorieën: bij die groep van stimuli moet die reactie volgen e.d.
- 4) Omdat men een beperkte kanaalcapaciteit heeft voor gedetailleerde informatie, wordt deze ontwikkeling gedetermineerd door geheugen en predictie, zoals bij voorbeeld in het volgende model wordt weergegeven.



$\alpha$  = kennis zonder ervaring in de taak.

$\beta$  = retentie van ervaring in de taak.

gewonnen informatie door taakhandelingen is  $\alpha - \beta$ .

De predictie (strategie) neemt toe met ervaring:  $\alpha_2$ .

Men kan b.v. denken aan een taak, die bestaat uit het successievelijk oplossen van een aantal vierkantsvergelijkingen.

De proefpersoon herinnert zich nog zijn ervaring hiermee op school en kan deze aan het begin toepassen ( $\alpha$ ). Door de eerste confrontaties kan hij weer nieuwe ervaring opdoen ( $\beta$ ) en misschien zelfs nieuwe regels zelf vinden ( $\beta - \alpha$ ).

Die nieuwe regels vormen a.h.w. winst ( $\beta - \alpha$ ), die hij als strategie voor de nog komende vergelijkingen kan aanwenden.

- 5) De strategie heeft een min of meer constante structuur, die omschreven kan worden als opslag van de relatieve waarschijnlijkheden van S-R-mogelijkheden (predictability).

## 2.6. Ruis:

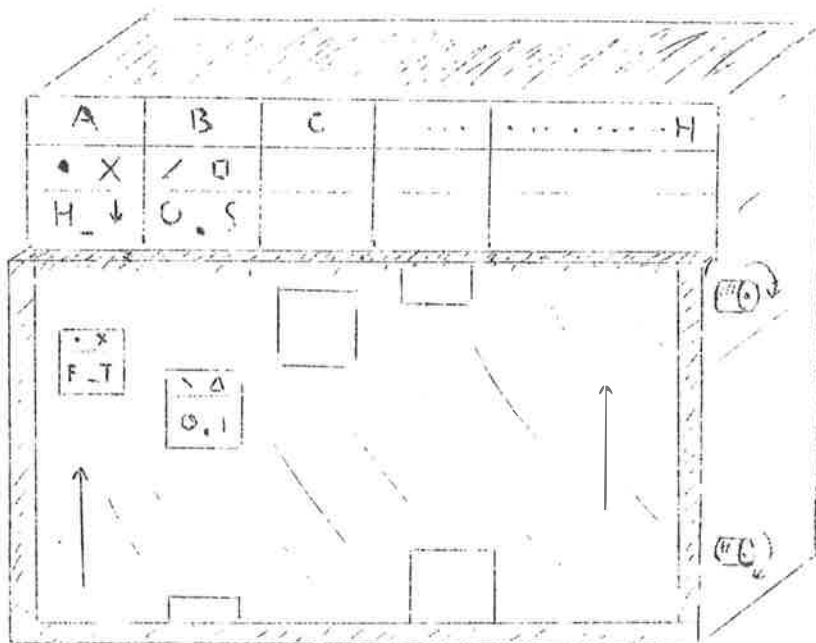
Ruis kan in het grote model worden gedefinieerd als het binnenkomen van informatie, die irrelevant is voor het verrichten van de momentane taak. Ofschoon het filter- en codeersysteem zoveel mogelijk ruis verwijdert, kan de ruis toch verstorend werken, omdat het selectiesysteem niet juist is of onvoldoende filtert; dit laatste zal vooral plaats vinden als de ruis een grote proportie van de inkomende informatie vormt; men kan b.v. denken aan een auditieve discriminatietask,

waarbij het achtergrondlawaai zeer intensief is, of waarbij het een grote gelijkenis met het critieke stimulus materiaal vertoont.

In ergonomische experimenten wordt ook meestal aan ruis gedacht in de vorm van lawaai. Dit is dan ook een concreet en veel voorkomend probleem in de industrie. Men stelt meestal dat lawaai boven een luidheid van 90 dB duidelijke vermindering van de prestatie geeft; deze grens verschilt per toonhoogte, bij lagere frequenties ligt deze iets lager en bij hogere frequenties iets hoger dan 90 dB.

Van de vele experimenten die op dit terrein worden gedaan volgt hieronder één illustratie.

De invloed van korte lawaaistoten van 100 en 110 dB op een decisie-taak werd nagegaan. De taak bestond uit het vergelijken van variabele gegevens met standaarden.



Deze gegevens schuiven op een rol voor een raam zodat een wisselend aantal in wisselende constellatie te zien is. Van elk voortschuivend blokje informatie moet worden gezegd hoeveel elementen ervan gelijk zijn aan de verticaal erboven liggende standaard. Dus A : 3, B 2 e.d. De snelheid van de rol kan worden gevarieerd. Deze taak werd ontworpen om inzicht te krijgen in beslissingstaken bij het commando-voeren over oorlogsschepen.

De resultaten waren dat de gemiddelde prestatie niet terugliep door deze lawaaistoten, dat na een stoot echter wel even een lagere snel-

heid van prestatie optrad, maar dat deze door een kleine spurt weer werd ingehaald. De variabiliteit in de prestaties neemt dus toe. Soms vindt men zelfs dat de accuratesse gelijk blijft en de snelheid toeneemt. Dit brengt ons op het volgende. Lawaai wordt ook onderzocht naar de invloed die het kan hebben op het activatie-niveau. Dit werd in punt 2.1. vermeld.

#### 2.7. Kennis van resultaten:

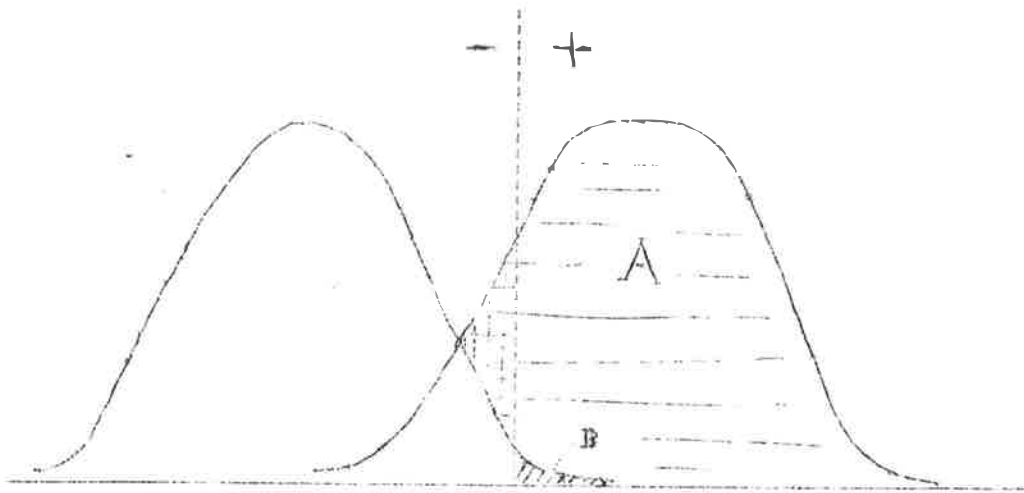
Door experimenten is het duidelijk geworden dat bij elke taak, waarbij van moment tot moment door de operator moet worden gestuurd, de onmiddellijke kennis van het resultaat van de voorgaande handelingen, een vereiste is. Elke handeling kan op deze wijze worden gezien als een hypothese die wordt getoetst waarbij het resultaat van de toetsing de opstelling van de volgende hypothese kan verbeteren, zodat een reeks van hypothesen (handelingen) kan ontstaan, die in toenemende mate worden gespecificeerd, relevant en efficiënt zijn. In de psychologie was dit reeds een bekend feit, maar de informatietheorie en vooral de cybernetica hebben de nadruk op deze informatie-feed back vergroot, zodat de ergonomie dit principe uitgebreid is gaan toepassen. Er wordt zelfs van gesproken, dat de kennis van resultaten een *incentief* (beloning) is, die het activatie-peil kan doen stijgen. Dit begrip wordt nu algemeen geaccepteerd en in vele experimenten als extra-variabele gehanteerd.

#### 2.8. Vigilantie, detectie en decisie:

Het verrichten van een langdurige min of meer monotone taak, waarbij de opdracht bestaat uit het ontdekken van weinig frequente signalen, komt meer en meer in de industrie voor. In de "science fiction" verhalen geeft men het schrikbeeld van de arbeider die in een grote zaal vol met glimmende geluidloze instrumenten zit en wiens taak het alleen maar is om een knopje in te drukken als een rood lichtje gaat branden, hetgeen zeer zelden voorkomt. Dit voorbeeld van ogenschijnlijk zeer lichte, maar in feite zeer zware perceptief-mentale belasting, zal men in werkelijkheid zelden of nooit aantreffen en het is de taak van



ergonomen om deze situaties te voorkomen. Wel komen er vigilantie-taken voor die op dit extreme voorbeeld lijken. Men kan b.v. denken aan uitkijkposten, radarposten, controleurs van series producten op lopende band e.d. Vooral op dit punt is het duidelijk geworden dat het voortdurend waakzaam zijn en het in termen van fysieke belasting dus voortdurend "niets doen", een zware taak is. Juist bij deze problemen is de waarde van het begrip: perceptief-mentale belasting duidelijker geworden. De theorieën omtrent de vigilantie kunnen nauw verbonden worden met die over het activatie-niveau. Het meest afschrikwekkende nl. in het bovengegeven science fiction-beeld is de isolatie van de operator. Hij ziet geen collega's, geen veranderingen in zijn gezichts- of gehoorveld, geen fysieke taak met tactiele input etc. Deze toestand lijkt op die van "sensory deprivation". Onderzoekingen over dit laatstgenoemde begrip maken het waarschijnlijk, dat er een minimum aan "kanaalbezetting" aanwezig moet zijn. Bij afsluiten van input uit de buitenwereld gaat de centrale informatie-opslag zelf genereren en komt het tot hallucinaties. De informatieverwerking kent dus niet alleen een maximum, maar ook een minimum en dit laatste kan soms benaderd worden bij vigilantie-taken. Vandaar dat men denkt in termen van de a-specifieke stimulatie, die de formatio reticularis op de cortex uitoefent. Bij een vigilantie-taak neemt het activatie-peil af als er te weinig stimulatie uit de buitenwereld komt. Bij slaperige operators is dit natuurlijk nog duidelijker en van monotone taken kan men snel slaperig worden! Vandaar dan ook de bevindingen dat de prestatie in een vigilantie-taak kan stijgen door de signaalfrequentie te doen toenemen, ook als deze stijging door irrelevante signalen komt; door b.v. de taak complexer te maken; of door b.v. een achtergrondslawaai te produceren. Met deze laatste manieren kan men daling van prestatie, slaperigheid en zelfs het effect van langdurig slaapttekort tegengaan, ondanks het feit dat de beslissings-taak toeneemt. De decisie-theorie is o.a. door Tanner en Swets met vigilantietheorie verbonden. Zij ontwierpen het hierna weergegeven model, dat op vele punten nog niet aan de werkelijkheid is getoetst, maar waaruit een belangrijke conclusie kan worden getrokken voor praktische vigilantie- en detectie-situaties.



De getekende schaal kan voorgesteld worden als die van subjectieve signaal waarde. De rechtse normaalverdeling is die van de signalen, die ontdekt moeten worden in de vigilantie-taak en de linkse die van de ruis, dus iets als de irrelevante signalen, die door het sensorisch-centrale informatie-kanaal zelf worden geproduceerd. De normaalverdelingen zouden tot stand komen door een randomiserende functie in de receptor, die dus tot een dergelijke dispersie leidt. De veronderstelling is dus, dat de ruis en de detectiesignalen elkaar gedeeltelijk overlappen. De in het midden getekende verticaal stelt dan een soort grens voor: rechts ervan rapporteert de persoon het signaal en links ervan niet. Dit betekent dat de operator dus sommige werkelijke signalen niet rapporteert, maar ook dat hij sommige keren een signaal rapporteert, indien dit er in werkelijkheid niet is; dit is het gebied van de zg. "false-positifs", het gebied B. Nu blijkt dat men de prestatie van de operator meestal evalueerde door op het aantal onjuist-positieve signalen te letten. Indien dit er veel waren, vond men de prestatie slecht. Uit dit model blijkt evenwel dat een verhoging van dit aantal onjuiste rapporteringen meestal samengaat met een grotere winst aan positieve rapporteringen. Men zou kunnen zeggen, dat de operator waakzamer is en daardoor automatisch en dus onoverkomelijk wat meer onjuist-positieve reacties heeft. Op deze wijze redenerend kan men stellen, dat een zeer klein aantal van dit soort fouten juist zou wijzen op een geringe waakzaamheid. In praktijkgevallen begint deze redeneratie zeer acceptabel te lijken. In het model zijn echter een aantal dubieuze axioma's opgenomen en men kan zich afvragen hoe men het ge-

heel empirisch kan toetsen. Bovendien komen er nog andere vragen naar voren als: verschuift de getekende verticaal tijdens toenemen van de vermoeidheid of komen de normaalverdelingen dichterbij elkaar e.d. Men kan zich situaties voorstellen, waarbij men het verschil tussen de twee modi kan operationaliseren: b.v. bij het ontdekken van de keren dat een steeds aanflitsende lamp een iets hogere illuminatie heeft dan gewoonlijk, zou men het illuminatie-verschil als verschil tussen de gemiddelden van de twee normaalverdelingen kunnen opvatten. Het is dan ook denkbaar, dat men uit berekening van aantal ontdekte signalen (A) tegenover het aantal niet-ontdekte een indruk krijgt van het oppervlak van de verdeling; de zo belangrijke spreidingen echter moet men gissen. Men zou vijf axiomata kunnen onderkennen, waarvan alleen de eerste twee enigszins aanvaardbaar zijn

- 1) Normaalverdeeldheid van de twee verdelingen
- 2) Het verschil tussen de gemiddelden operationaliseren als boven
- 3) Snijpunt van cut-off score met fysische schaal die de operationalisatie is van de verschillen in gemiddelde
- 4) Standaardafwijking van werkelijke signalen,
- 5) Standaardafwijking van ruis signalen.

Ofschoon er dus voorlopig nog weinig empirisch houvast is, is de conclusie aangaande waakzaamheid - onjuiste positievenwaardevol gebleken.

## 2.9. Slot over werktheorieën:

De voorgaande behandelde punten zijn tot op zekere hoogte een willekeurige keuze uit het brede theoretische gebied, waaruit men bij de experimentele ergonomie put.

De punten hangen vaak sterk samen en staan dus niet afzonderlijk; bovendien zijn ze in dit rapport slechts oppervlakkig behandeld. Naar wij hopen kan het voorgaande dienen als het geven van een paar ankerpunten, waardoor men enig inzicht krijgt in de recenten ook oudere theoretische trends.

## 3. ENIGE ASPECTEN VAN METHODIEK:

De experimentele psychologen, die zich in Engeland met de ergonomie bezig houden hebben een exacte en technische instelling. Het eerste kan men zien als een gedeeltelijk gevolg van de lessen van

Sir Frederic Bartlett en informatietheorie, het tweede wegens het feit dat velen een technische graad behaalden voor zij zich met de psychologie gingen bezig houden. Deze technische vaardigheid heeft tot consequentie dat zij minder afhankelijk zijn van niet-ergonomische technici bij de ontwikkeling van benodigde experimentele apparatuur en dat zij sneller in termen van instrumentalisatie zullen denken. Vooral de door hen ontwikkelde instrumenten bij experimenteren met vigilantie, geluidshinder en de op pag.22 vermelde experimentele auto kunnen een voorbeeld zijn voor continentale ergonomie-groepen. Enkele instrumenten, die op die van Oxford en vooral Cambridge zijn geïnspireerd, zullen dan ook in binnenkort plaats vindende onderzoeken op het Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde worden gebruikt.

Een geheel ander punt betreft een nieuwe beschrijvingsmethodiek van ingewikkelde productieprocessen, die door enkele Oxford-psychologen, met name vooral door Beishon, in praktijk wordt gebracht. Men zou deze uit Amerika afkomstige methode kunnen omschrijven als een soort cybernetische algebra van systeem-analyse. Vooral bij machines, die meerdere, langdurige feed-back mechanismen hebben, die door een menselijke operator moeten worden gestuurd, kan dit soort descriptie veel inzicht in de knelpunten van de bediening geven. Wij volstaan slechts met erop te attenderen, aangezien een verdere behandeling te veel ruimte zou innemen. Naast een verdere verdieping van kennis van informatietheorie kan een studie van deze systeem-algebra voor ergonomie-beoefenaars zeer nuttig zijn.

Weer een ander punt betreft het probleem van het werven van proefpersonen. In de A.P.U. te Cambridge ontvangt men dagelijks een tiental proefpersonen van de Royal Navy. Deze kunnen meerdere malen terug komen, indien dit voor een proef wenselijk is en kunnen ook 's nachts verschijnen. Een dergelijke oplossing zou ook voor ons Instituut zeer prettig zijn.