

Enkele aspecten van technische menskunde

P. J. Houtzagers en A. Lazet

resp. staffunctionaris en hoofd afdeling TM, IZF-TNO

Historisch gezien heeft de mens tot voor kort weinig moeite gehad met de bediening van zijn werktuigen en hulpmiddelen. De ontwikkeling was zo langzaam en geleidelijk gegaan, dat ze een „natuurlijk” verlengstuk waren van zijn patroon van denken en handelen.

Met de steeds sneller gaande technologische evolutie is deze situatie drastisch gewijzigd. De relatie tussen mens en machine, tussen mens en zijn (werk)omgeving is een onderwerp geworden dat om grondige studie vraagt. Bij deze confrontatie dreigt de mens hoe langer hoe meer in het gedrang te komen. Ingenieuze apparatuur wordt ontwikkeld waarvan de ontwerpers hoge verwachtingen koesteren. In talloze gevallen is de uitkomst teleurstellend omdat het menselijk kunnen niet of onvoldoende in beschouwing is genomen. Uit de praktijk zijn vele voorbeelden te geven, van de meest eenvoudige gebruiksvoorwerpen tot zeer ingewikkelde apparatuur, die door de mens niet doelmatig en optimaal kunnen worden bediend.

Het doel, de mens zo efficiënt mogelijk te kunnen laten sturen en reageren, heeft de basis gelegd voor een tak van wetenschap die technische menskunde wordt genoemd (Am.: human engineering; Eur.: ergonomie). Het is een zeer uitgebreid gebied. Factoren als visuele en auditieve waarneming, verlichting en kleur, vormgeving, indeling van werkruimten, vibratie en temperatuur spelen

In het meinummer (Mil. Spect. 143(1974)(5) 197) werd aandacht besteed aan de activiteiten van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Door twee deskundigen van dat instituut wordt nu, in nevenstaand artikel, uiteengezet welke belangrijke rol in het wetenschappelijk onderzoek wordt gespeeld door de ergonomie, die een optimale combinatie mogelijk kan maken tussen enerzijds de mens en anderzijds zijn gereedschap in de ruimste zin des woords.

Red.

een rol, waarbij steeds moet worden uitgegaan van de mogelijkheden van de mens als biologische eenheid. Het betekent dat bij het ontwerpen van apparatuur in de ruimste zin des woords de mens voortdurend moet worden getoetst aan zijn kunnen om informatie op te nemen, te verwerken, te beslissen en te handelen.

Over technische menskunde zijn vele handboeken verschenen en is veel gepubliceerd.* Het is onmogelijk, in kort bestek het gehele terrein te behandelen. Wij hebben ons derhalve beperkt tot enkele onderwerpen en illustraties, welke laatste — naar wij hopen — voor zich zelf spreken.

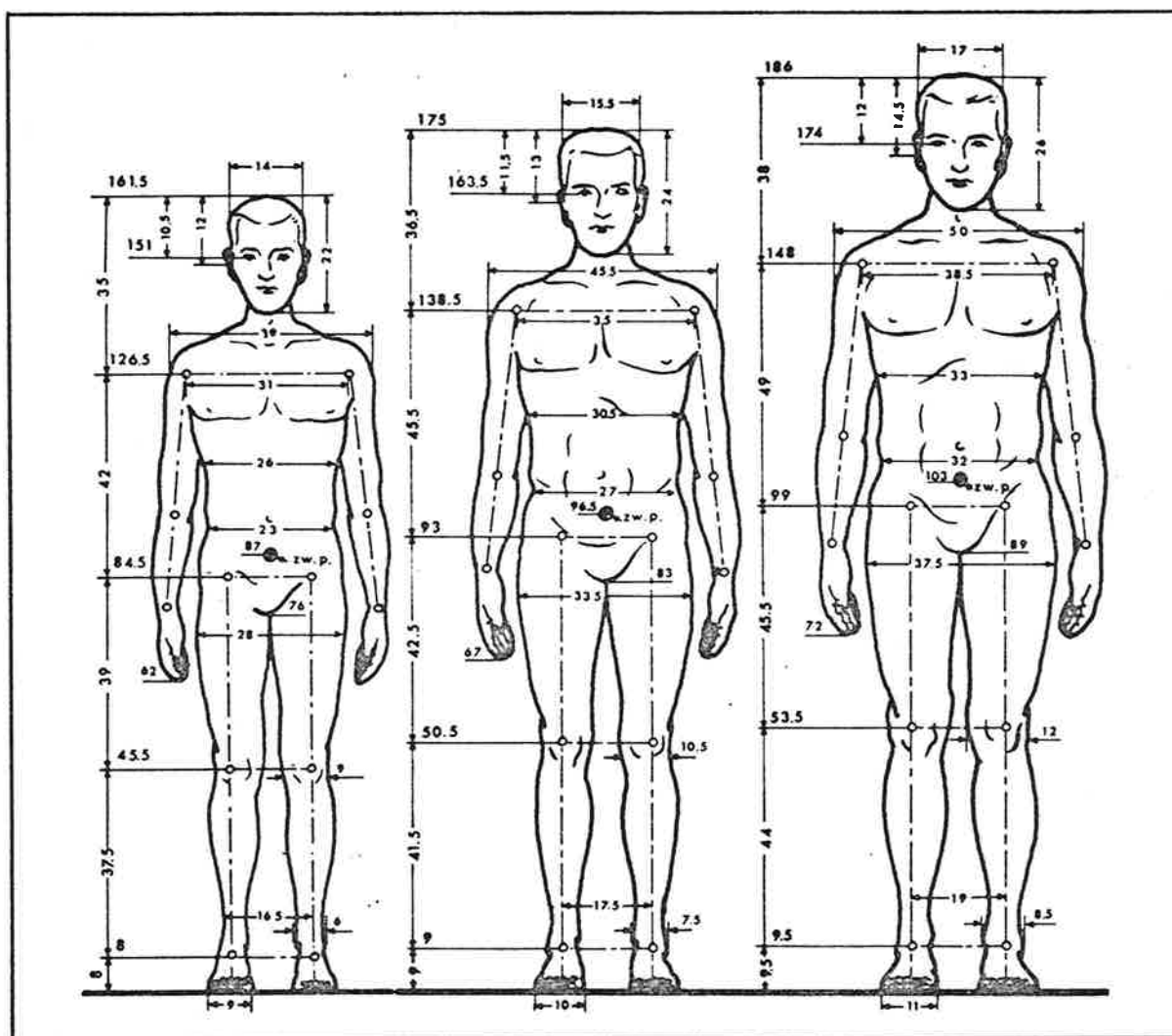
Mens en beweging

De mens moet passen in zijn werkruimte; hij moet zich er kunnen bewegen voor het bedienen van machines e.d., en zich niet méér hoeven te bewegen dan strikt noodzakelijk is. Of hij bij zijn werk moet staan of zitten is onverschillig, mits hij zich maar gemakkelijk kan bewegen om starheid te voorkomen. De belangrijkste factoren zijn hierbij de lichaamsafmetingen in verschillende houdingen (staan, zitten, hurken, kruipen, enz.), de bewegingsmogelijkheden van ledematen en de toelaatbare belasting van gewrichten en spieren in bepaalde (werk)houdingen; ter illustratie hiervan de afbeeldingen 1 en 2.

De grafiek van afb. 3 geeft de lichaamslengte van de Nederlandse bevolking aan. Hierbij moet worden opgemerkt, dat die lengte in de loop der laatste jaren steeds toeneemt. Dit is een feit dat doorwerkt op de afmetingen van werkruimten, instelbaarheid van stoelen, enz.

Kan men aan de hand van bovenstaande gegevens uitgaan van de bewegingsmogelijkheden om de apparatuur aan te passen, een andere benadering

* Het is ondoenlijk een literatuurlijst te geven. Voor meer informatie raadplege men: A. Lazet — Gids voor technische menskunde, Kon. Van Gorcum & Comp. N.V., Assen (1967); hierin wordt voorts een zeer uitgebreide literatuurlijst gegeven.

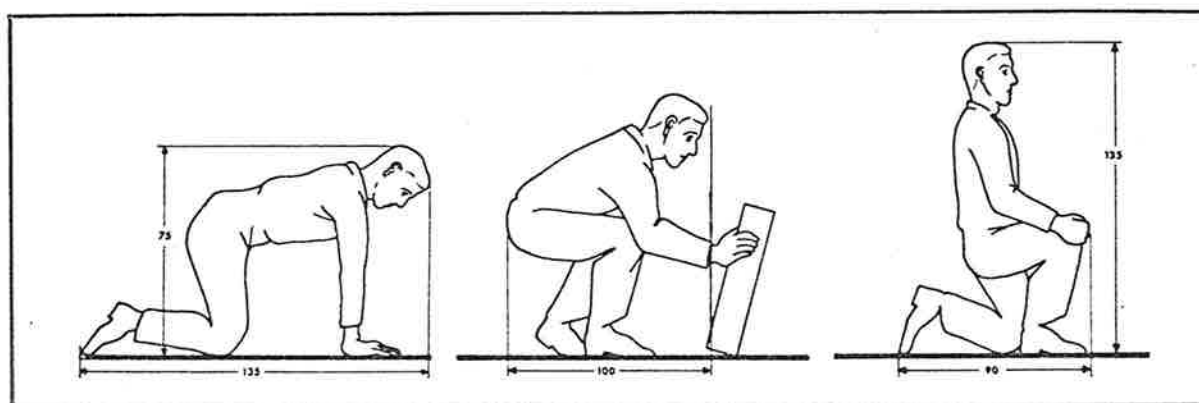


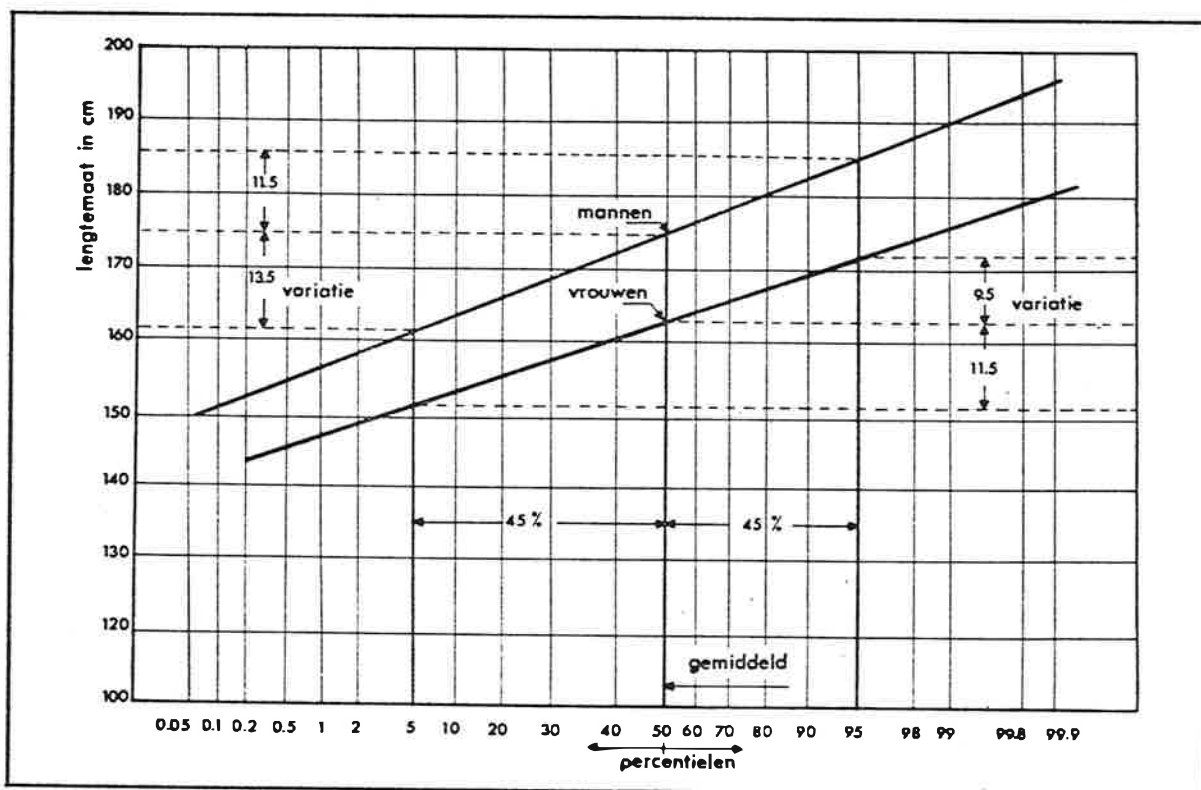
is het analyseren van de handeling. Die handeling moet binnen de mogelijkheden van een natuurlijke beweging zijn. Het is gebleken dat een dergelijke handeling de prestatie meer opvoert dan langdurige ervaring met een minder natuurlijke beweging.

Vermindering van (krampachtige) spierspanning

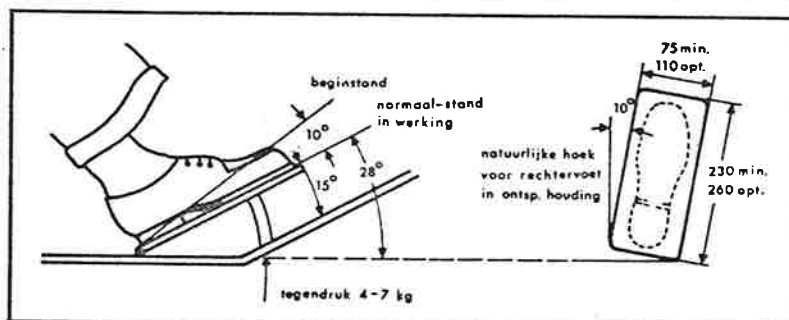
Afb. 1 Maatverhouding (vooraanzicht) van verschillende lichaamsdelen voor mannen met de percentiele rang 5, 50 en 95 uit de grafiek van afb. 3 (Dreyfuss 1960); maten in cm, zw.p. = zwaartepunt

Afb. 2 Afmetingen (in cm) bij resp. kruipen, bukken en knielen





Afb. 3 De lichaamslengte van de Nederlandse bevolking van 18 tot 64 jaar



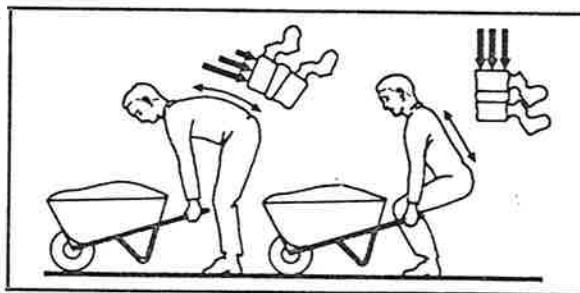
Afb. 4 Maatverhouding en positie van een gaspedaal (Dreyfuss 1960); maten in mm

Afb. 5 De invloed van een gebogen rug op de wervelschijven bij het heffen van een last (Grandjean 1963)

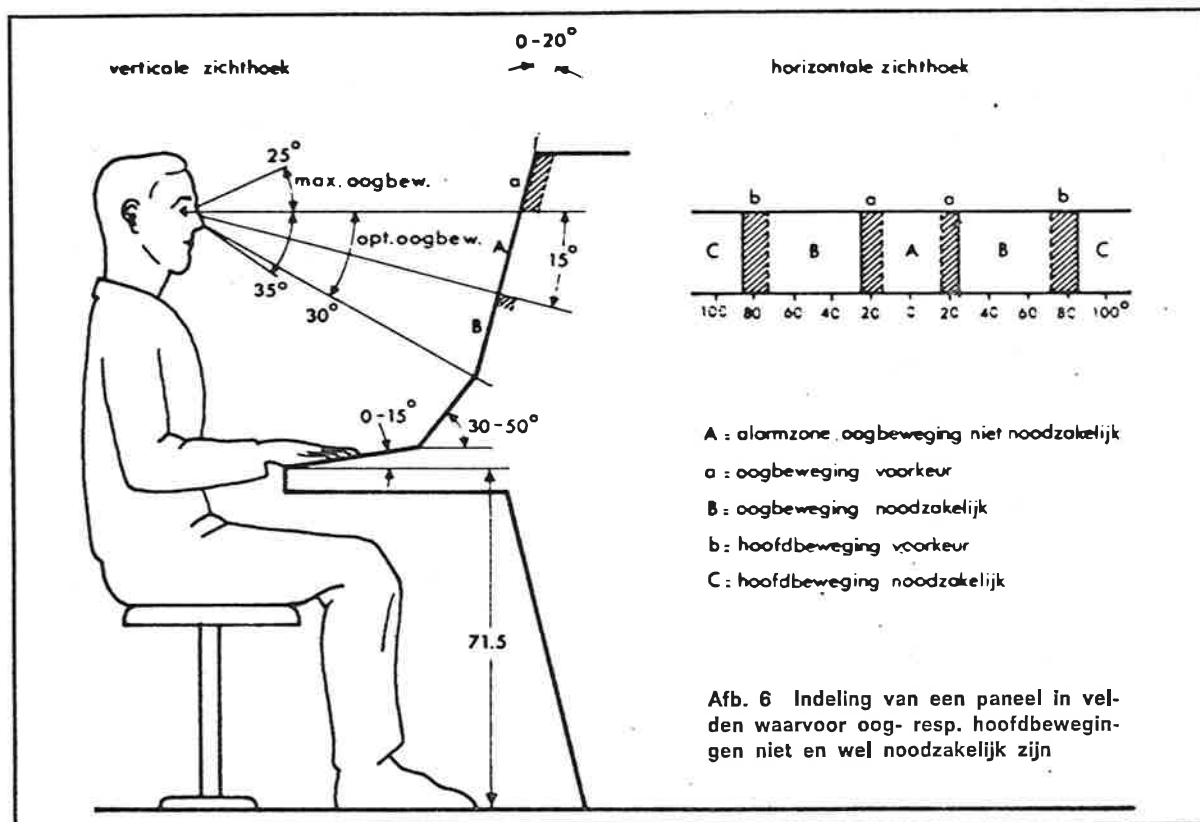
gen en vermindering van benodigde energie is ook op andere manieren te realiseren. Het betrokken lichaamsdeel moet hiertoe goede steun hebben en voorts dient het te bedienen object, om trillingen te voorkomen, een afgewogen weerstand te bieden. Als voorbeeld is hiervoor het gaspedaal gekozen (afb. 4).

De kracht die gedurende lange tijd mag worden gebruikt, zonder dat kramp of vermoeidheid optreedt, is 10% van de maximale spierkracht. Sterk gebogen of onnatuurlijke houdingen moeten worden vermeden.

Zo zal het tillen van zwaar materiaal met gestrekte rug en doorgebogen knieën een aanzienlijk verschil uitmaken op de belasting en de als gevolg

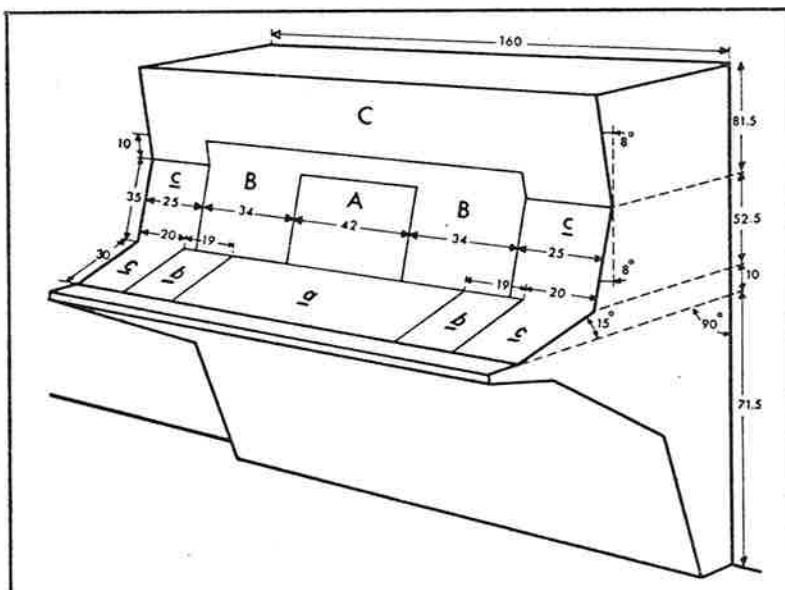


hiervan optredende vermoeidheid; afbeelding 5 toont dit aan. Is de rug horizontaal voorover gebogen, dan drukt op de tussenwervelschijf van de vijfde lendewervel een kracht van 300 kg, uitgaande van een gewicht van de gebogen romp van 45 kg en een hefboomarm van 35 cm. Wordt nu op deze wijze een last getild van 50 kg dan neemt de kracht op de tussenwervelschijf toe tot 700 kg.



Afb. 7 Afmeting en indeling van een paneel (Kellerman 1963); maten in cm

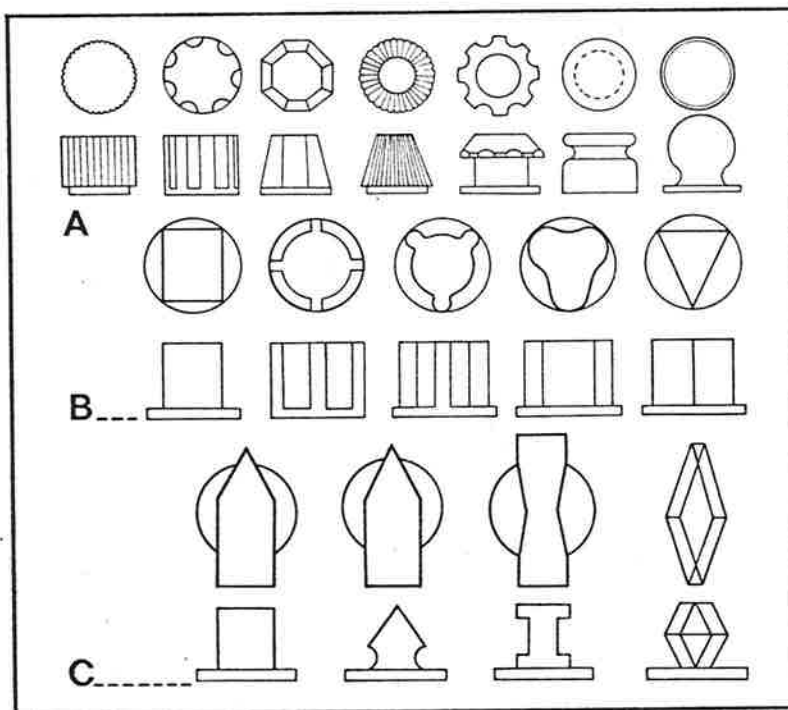
- A gebied voor belangrijkste en meest gebruikte meters
- a gebied voor belangrijkste en meest gebruikte bedieningsmiddelen
- B gebied voor minder belangrijke meters
- b gebied voor minder belangrijke bedieningsmiddelen
- C gebied voor meters die weinig aandacht vragen of zeer weinig worden gebruikt
- c gebied voor bedieningsmiddelen die weinig aandacht vragen of zeer weinig worden gebruikt



Met het voorgaande zal zijn aangetoond, dat de lokatie en de nodige spierkracht voor het bedienen van handwielen, pedalen, hefbomen, knoppen en druktoetsen grondige studie vereisen. Dit komt in nog sterkere mate tot uiting, indien de bediening bestaat uit meer handelingen waarbij er combinaties zijn van hefbomen, pedalen, knoppen, e.d. Men denke aan het besturen van een auto.

Vormgeving en indeling van een paneel

Bij de vormgeving en indeling van panelen dienen alle hiervoor genoemde factoren in aanmerking te worden genomen. In het bijzonder gaat het hierbij om de waarneming, de tastzin voor wat betreft de vorm en afmetingen van knoppen en schakelaars, de plaats van bedieningshefbomen en



Afb. 8 Mogelijke vormen van knoppen

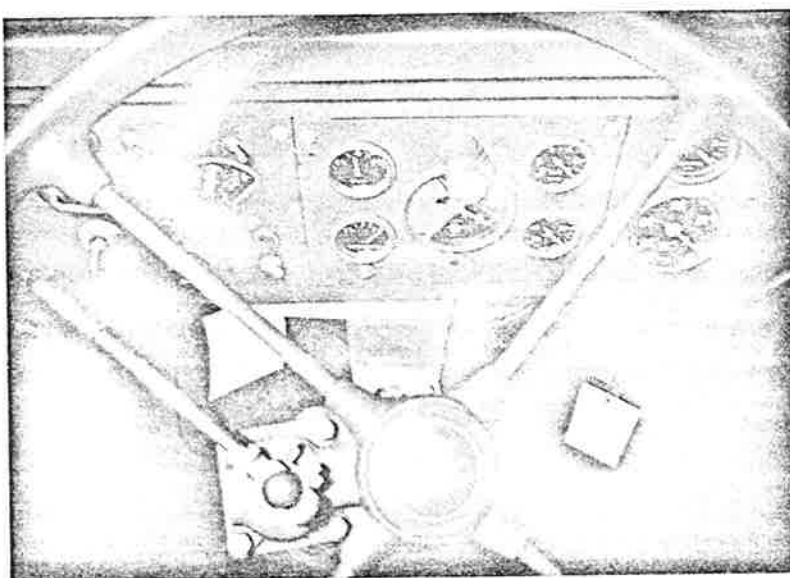
- A knoppen voor doorgaande draaiing; knoppositie niet belangrijk
- B knoppen voor stapsgewijze draaiing; knoppositie niet belangrijk
- C knoppen voor stapsgewijze draaiing; knoppositie wél belangrijk

-pedalen, onder meer in verband met de hiertoe benodigde spierkracht.

De afbeeldingen 6 en 7 geven de algemene indeling voor wat betreft de visuele aspecten en de lokatie van meters en bedieningsmiddelen voor een door één man te bedienen paneel. Afbeelding 8 geeft informatie over mogelijke vormen van knoppen. Zo zijn er eveneens regels voor de afmetingen van knoppen en de lokatie en vorm van hefboomen. Het hier gegeven paneel zouden we kun-

nen aantreffen in air control centres, op scheepsbruggen, telefooncentrales, e.d.

De thans voor ons wel zeer eenvoudige vorm van een bedieningspaneel is het dashboard van een auto. Dat hierbij niet altijd rekening wordt gehouden met bepaalde ergonomische eisen, moge blijken uit afbeelding 9: het enige lampje, dat overigens niet de capaciteit heeft het gehele dashboard te verlichten, is zo gemonteerd, dat de snelheidsmeter tussen 40 en 60 km/h niet kan worden afgelezen. De controlelampjes zijn niet functioneel



Afb. 9 Dashboard in werkelijke uitvoering

verdeeld; men kan niet met één oogopslag zien welk lampje bij welke schakelaar hoort. De schakelaars voor de startmotor en voor de ruitenwisser zijn nagenoeg gelijk van vorm en naast elkaar geplaatst. Een kleine vergissing „op de tast” kan nare gevolgen hebben. De tachometer is te veel uit het centrum geplaatst. Bij het schakelen wordt deze meter veelvuldig afgelezen, dikwijls in combinatie met de snelheidsmeter.

Een betere indeling is gegeven in afbeelding 10. De verlichting is hier indirect, zoals bij alle auto's gebruikelijk is.

Het zou overigens zeer nuttig zijn de indeling van dashboards en de lokatie van schakelaars, hefboomen, enz. voor verlichting, ruitewissers en -sproei-ers, richtingaanwijzers, enz. in alle motorvoertuigen — zeker ook de civiele — te standaardiseren. Het zou heel wat zoeken in instructieboekjes of — erger nog — fatale vergissingen voorkomen.

Indeling van een werkruimte

In een ruimte met verscheidene panelen, meer apparatuur, meer waarnemers en/of bedienend personeel is een goede communicatie tussen al deze „schakels” een eerste vereiste. Een lijst van dergelijke schakels is gebaseerd op de volgende gegevens:

- het aantal betrokken personen en instrumenten;
- de frequentie van de verbindingen;
- de importantie van de verbindingen.

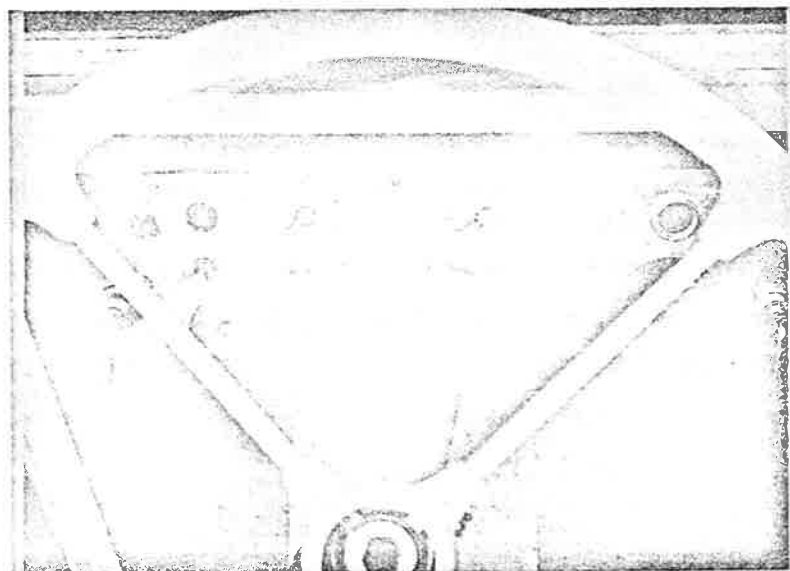
Er zijn drie typen schakels: machine—machine,

machine—mens en mens—mens. De informatie-overdracht loopt vrijwel parallel aan deze indeling: hoofdzakelijk langs resp. automatische, visuele en auditieve weg.

De frequentie en importantie worden elk uitgedrukt in een cijfer (3 hoogste, 2 middelmatig, 1 gering) en in de praktijk uitgedrukt in één cijfer (het produkt van de beide waarderingen) van 9 tot 1.

Afb. 11 geeft een voorbeeld van een dergelijke schakellijst voor het op afb. 12 gegeven indelings-schema. Uitgaande van deze principes kan de indeling van gevechtsvoertuigen, scheepsbruggen, commandocentrales en soortgelijke ruimten worden bestudeerd.

Als praktijkvoorbeeld is de indeling van een scheepsbrug van de Koninklijke Marine gekozen. De meeste schepen hebben een lang leven en moeten lang mee. De ontwikkeling van nieuwe apparatuur voor de navigatie, detectie, waarneming, vuurleiding, enz., staat echter niet stil. Deze nieuwe apparatuur moest op de brug worden ondergebracht. Gebrek aan ruimte en de noodzaak kostbare modificaties te beperken leidden dikwijls ertoe deze instrumenten aan te brengen op plaatsen die een optimaal gebruik nauwelijks toelieten. Aan de genoemde voorwaarden voor het doelmatig laten functioneren van de communicatieschakels werd niet voldaan. Afb. 13 geeft deze toestand gedeeltelijk weer. Bij de bouw van nieuwe schepen is van meet af aan getracht hierin verbetering te brengen. Beginnend met een model 1:10 werd de indeling als geheel in beschouwing genomen. Vervolgens werden in een mock-up 1:1 in



Afb. 10 Gewijzigd dashboard (mock-up)

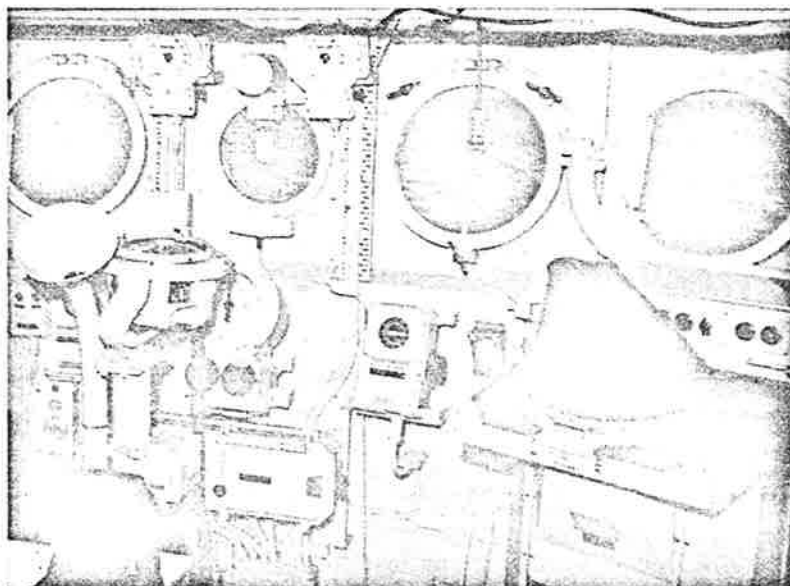
		INSTRUMENTEN				PERSONEEL				totaal
		A	B	C	D	1	2	3	4	
PERSONEEL	1	---- 9 ---- 9	---- 6				 6	 6		36
	2	---- 6	---- 6	---- 6		 6			 3	27
	3			---- 9 ---- 9		 6				24
	4				— 9 ---- 9 9		 3			30
INSTRUMENTEN	A		— 9	— 9		---- 9 ---- 9	---- 6			42
	B	— 9				---- 6	---- 6			21
	C	— 9					---- 6	---- 9 ---- 9		33
	D								---- 9 ---- 9 9	27

Afb. 11 Schakellijst voor automatische (—), visuele (---) en auditieve (.....) verbindingen, waarbij 4 waarnemers en 4 machines met paneel zijn betrokken

detail de verschillende problemen met de opdrachtgevers en de constructeurs bestudeerd. Dit resulteerde in een brug als getoond in afbeelding 14.

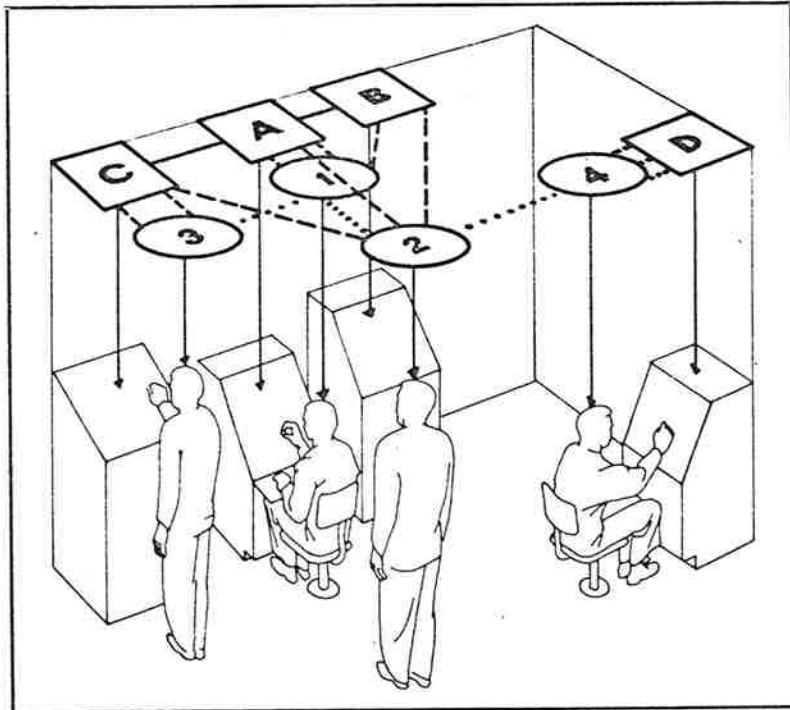
De ontwikkeling van een nieuw type tank of pantserinfanteriegevechtsvoertuig zal veelal een confrontatie zijn van enerzijds de tactische en technische eisen en anderzijds de ergonomische. Aan-

gezien er in het bijzonder met de ruimte moet worden gewoerd is het niet gemakkelijk aan alle voorwaarden op het gebied van de technische menskunde te voldoen. In vele gevallen blijft er niets anders over dan een compromis. Eisen als snelheid, wendbaarheid, het rijdend vuur kunnen uitbrengen, de overdruk in het voertuig, de noodzaak er ook langere tijd in te kunnen verblijven



Afb. 13 Gedeelte van de brug van een oorlogsschip zoals die vroeger was

Afb. 12 Indelingsschema van de schakellijst van afb. 11; hierbij is ervan uitgegaan dat de machines aan de wand zijn geplaatst (Woodson 1954)

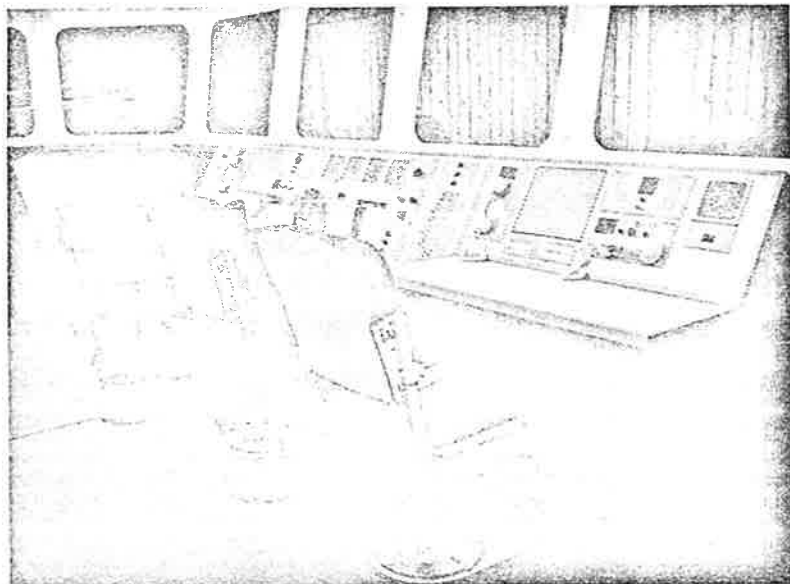


scheppen vele ergonomische problemen. De voorname zijn de vibratie, observatie, temperatuurregeling en klimaatbeheersing, geluidhinder veroorzaakt door zowel het voertuig als het vuren, voldoende ruimte om van houding te kunnen veranderen en verkramping te voorkomen, eenvoudige doch noodzakelijke voorzieningen op hygiënisch gebied, een doelmatige kleding en uitrusting, interne verlichting, enz.

In verband met het feit dat bij nacht gevechten zullen worden gevoerd, moet het verschuiven van

de bij de mens normale dag-nachtcyclus worden bestudeerd. Het langer gedwongen samenzijn in een besloten ruimte kan leiden tot onderlinge spanningen; een probleem op het terrein van de sociale en groepspsychologie.

Voegt men aan deze verre van volledige lijst nog vraagpunten toe aangaande de indeling, verdeling, vorm, enz., van de apparatuur, dan is het duidelijk dat er talloze interacties optreden waarvoor oplossingen moeten worden gevonden. ▷



Afb. 14 Moderne brug (mock-up)

Slotopmerkingen

In de inleiding werd reeds gezegd dat de technische menskunde een uitgebreid gebied bestrijkt. Uit dit „mer à boire” konden slechts enkele voorbeelden worden gegeven.

Het *Instituut voor Zintuigfysiologie TNO* heeft vele mogelijkheden onderzoeken te doen en adviezen uit te brengen. Het onderhoudt nauwe contacten met soortgelijke instellingen in de andere NAVO-landen.

Een eerste vereiste is dat de deskundigen *tijdig* om raad wordt gevraagd. Het komt nog te veel voor dat ontwerpen voor nieuw materieel worden gemaakt, dat prototypen worden gebouwd en dat materieel zelfs in productie wordt genomen, zon-

der adviezen en medewerking van ergonomische deskundigen. Dit is begrijpelijk, omdat deze materie zo logisch lijkt; een kwestie van „common sense”. Om budgetaire redenen zijn modificaties in een later stadium veelal onmogelijk. Het resultaat is in vele gevallen materieel, waarvoor veel geld is uitgegeven doch dat niet optimaal kan worden gebruikt.

Het IZF maakt deel uit van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Dat betekent dat de krijgsmacht een beroep kan doen op research en advies; er is alles voor te zeggen, dat van die gelegenheid veelvuldig gebruik wordt gemaakt: zulks komt weer ten goede aan de meest doelmatige opbouw van ons defensieapparaat.

