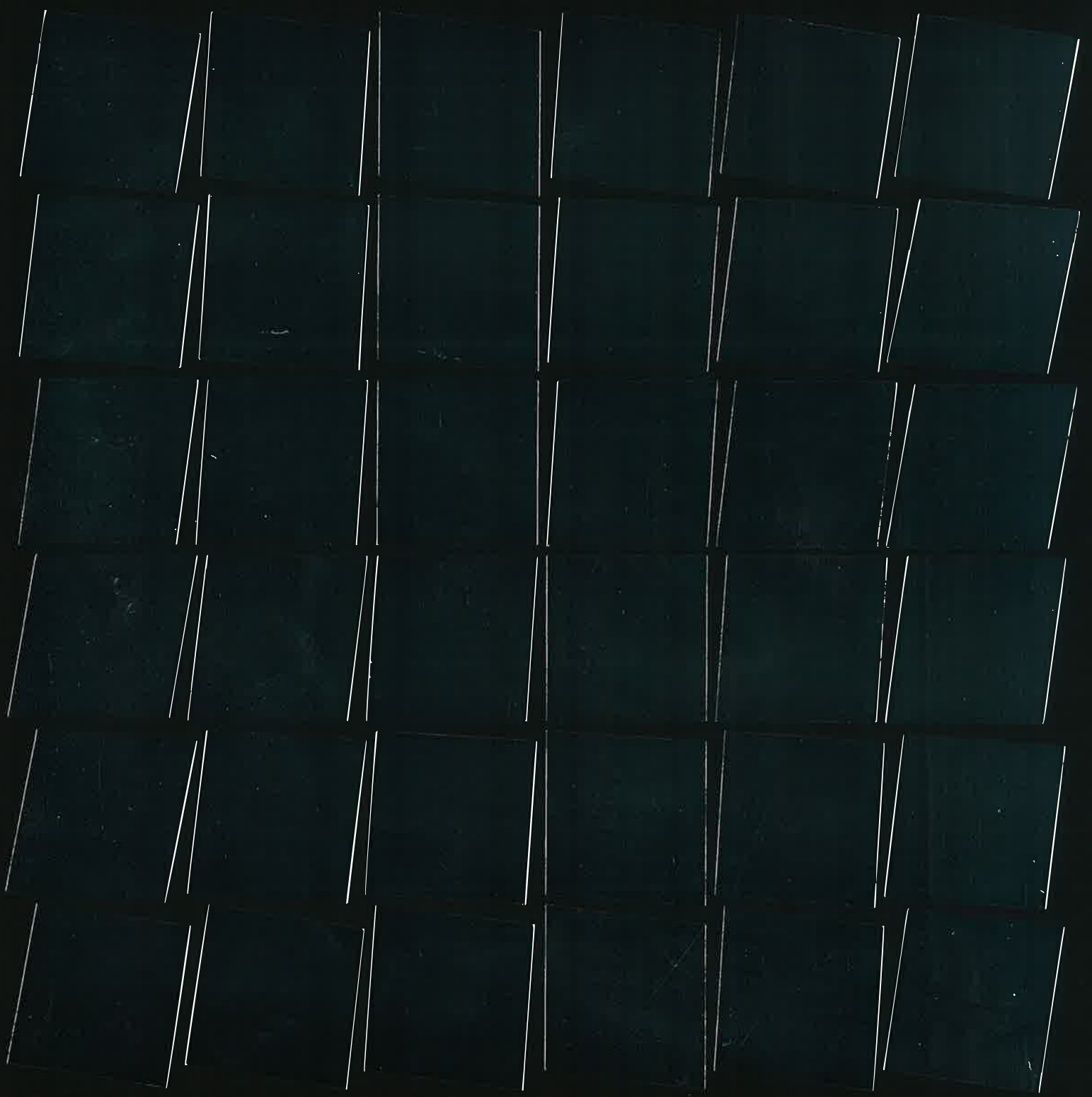




Instituut voor
Zintuigfysiologie
TNO

Goed bekeken?



Goed bekeken?

Als u het goed heeft bekeken, zag u uzelf in stukken weerspiegeld. Terwijl u dat deed, verwerkte u informatie.

Deze brochure gaat over menselijke informatieverwerking. Op de volgende pagina's vindt u alle stukken samengevoegd.

Inleiding

Deze brochure gaat over het wetenschappelijk onderzoek en de expertise van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO). Centraal thema in het onderzoek is de beschrijving van menselijke functies en de toepassing daarvan bij de vormgeving van taken die mensen uitvoeren en de aanpassing van de technische omgeving aan de menselijke mogelijkheden. Het IZF is een onderdeel van de Hoofdgroep Defensieonderzoek van TNO en de capaciteit staat primair ten dienste van de Krijgsmacht. Ook bij andere overheidsinstellingen en het bedrijfsleven bestaat echter een grote behoefte aan ergonomische adviezen. Ongeveer 25% van de capaciteit wordt hiervoor ingezet. Binnen de Hoofdgroep Defensieonderzoek is het de missie van het IZF de belangen van de menselijke factor in een overwegend technisch georiënteerde omgeving te behartigen en daarmee bij te dragen tot de doelmatige afstemming tussen mensen en materieel.

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Thema's	2
Hoe komen opdrachten tot stand?	3
Kwaliteitszorg	3
Zintuiglijke waarneming	4
Informatieverwerking	6
Ergonomie	8
Vaardigheid en taakbelasting	10
Ten slotte	12
Contactadressen	12

Hoe komen opdrachten tot stand?

Het Instituut voor Zintuigfysiologie voert opdrachten uit voor overheid, bedrijfsleven en overige organisaties en instellingen. Het grootste deel van de capaciteit wordt ingezet voor de Krijgsmacht. De wijze waarop projecten van de Krijgsmacht tot stand komen en uitgevoerd worden, verschilt met projecten van 'civiele' opdrachtgevers en overheden.

Het Ministerie van Defensie hecht groot belang aan permanente wetenschappelijke ondersteuning. Het IZF is voor Defensie meer dan een uitvoerder van veel verschillende opdrachten geworden. Een groot deel van de capaciteit wordt doorlopend besteed aan oriëntatie op de actuele en toekomstige behoeften van de Krijgsmacht en de kennisopbouw die daarvoor nodig is. Dat komt tot uitdrukking in de financiering van het onderzoek, grotendeels in de vorm van een integrale subsidie. Ruwweg 2/3 deel van de capaciteit ten laste van deze subsidie is beschikbaar voor onderzoeksopdrachten van de Krijgsmachtdelen.

Bij militaire opdrachten vervullen de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling (DWO) of de Hoofden Wetenschappelijk Onderzoek (HWO) van de Krijgsmachtdelen (Marine, Landmacht, Luchtmacht) een bemiddelende rol. Daaraan vooraf gaat meestal overleg tussen de feitelijke opdrachtgevers en medewerkers van het IZF, waarbij de probleemstelling en werkmethode worden geformuleerd. De officiële weg is dan vervolgens dat DWO of één van de HWO's de opdracht aan het IZF verstrekt. Bij weinig omvangrijke adviezen die meer het karakter hebben van bijstand kan het contact beperkt blijven tussen opdrachtgever en IZF.

Civiele (niet-militaire) opdrachten beginnen ook met overleg over de probleemstelling en de werkwijze. Er volgt dan meestal een offerte van het IZF of soms een directe opdracht van de opdrachtgever. Tenzij anders overeengekomen zijn de leveringsvoorwaarden van TNO van toepassing. Het civiele onderzoek wordt per project verrekend op basis van manuurtarieven of vaste prijsafspraken. Met enkele grote opdrachtgevers zijn omvangrijke langlopende raamovereenkomsten gesloten waar steeds nieuwe opdrachten bij worden ondergebracht.

Kwaliteitszorg

Een deel van het onderzoek wordt besteed aan verkennend en verdiepend onderzoek op voorstel van het IZF. Voor de Krijgsmacht wordt ongeveer 1/3 van de capaciteit ten laste van Defensie hieraan besteed. Het IZF maakt daarvoor voorstellen die worden getoetst aan de lange termijn behoefte van de Krijgsmacht. De Raad voor Defensie Onderzoek moet deze voorstellen goedkeuren. Ook een deel van het civiele onderzoek is gericht op de verwerving van nieuwe kennis. Dit achtergrondonderzoek bepaalt in hoge mate de kwaliteit van het onderzoek van de directe opdrachten.

Het IZF onderhoudt contacten met diverse soortgelijke buitenlandse instellingen en met de Nederlandse universiteiten. Onderzoekers van het IZF proberen op deze wijze alle beschikbare kennis, ook buiten het eigen onderzoek, te betrekken in de adviezen. Hierdoor toetst men tegelijkertijd permanent het kwaliteitsniveau aan nationale en internationale opvattingen.

Thema's

Menselijke taken zijn zeer verschillend, maar er is steeds sprake van drie elementaire processen: de zintuiglijke waarneming, de verwerking van het waargenomen en het verrichten van handelingen als reactie daarop. Vaak ontstaat een cyclisch verloop dat zelfs dikwijls het karakter aanneemt van een regelkring: een snel, automatisch en nagenoeg onbewust proces. Fietsen en autorijden zijn daar goede voorbeelden van. De cyclus van waarnemen, denken en doen kan ook bedachtzaam en bewust worden doorlopen zoals bij de commandovoering over een bataljon of bij de bewaking van een fabricageproces. Het IZF legt zich toe op het verwerven van inzicht in deze cycli zowel op het regelkringniveau als op het cognitieve niveau. De kringloop van waarnemen, verwerken en handelen treft men in het bijzonder aan bij de continue bediening van mens-machinesystemen. Bij de ontwikkeling van mens-machinesystemen moet de taakverdeling tussen mens en machine zorgvuldig worden overwogen. Uitgangspunt bij het onderzoek van het IZF is dat de mens mogelijkheden en beperkingen heeft waarmee bij het systeemontwerp rekening gehouden moet worden. Kennis over het functioneren van de menselijke component is daarbij minstens even belangrijk als kennis over de technische componenten. Het onderzoek van het IZF is een multidisciplinaire aangelegenheid. Het wordt uitgevoerd door fysici, ingenieurs, psychologen en biologen met als gemeenschappelijke benadering de 'harde' natuurwetenschappelijke methode.

Op de volgende pagina's worden in het werk van het IZF vier thema's onderscheiden:

- Zintuiglijke waarneming
- Informatieverwerking
- Ergonomie
- Vaardigheid en taakbelasting

In de eerste drie thema's vindt men de elementaire functies terug van de cyclus waarnemen, verwerken, handelen. Het vierde thema haalt een belangrijk actueel aspect van de integrale taakvervulling naar voren: hoe zwaar is het werk, wat is de taakprestatie en hoe kan men die door opleiding en oefening verbeteren?



Zintuiglijke waarneming



Informatieverwerking

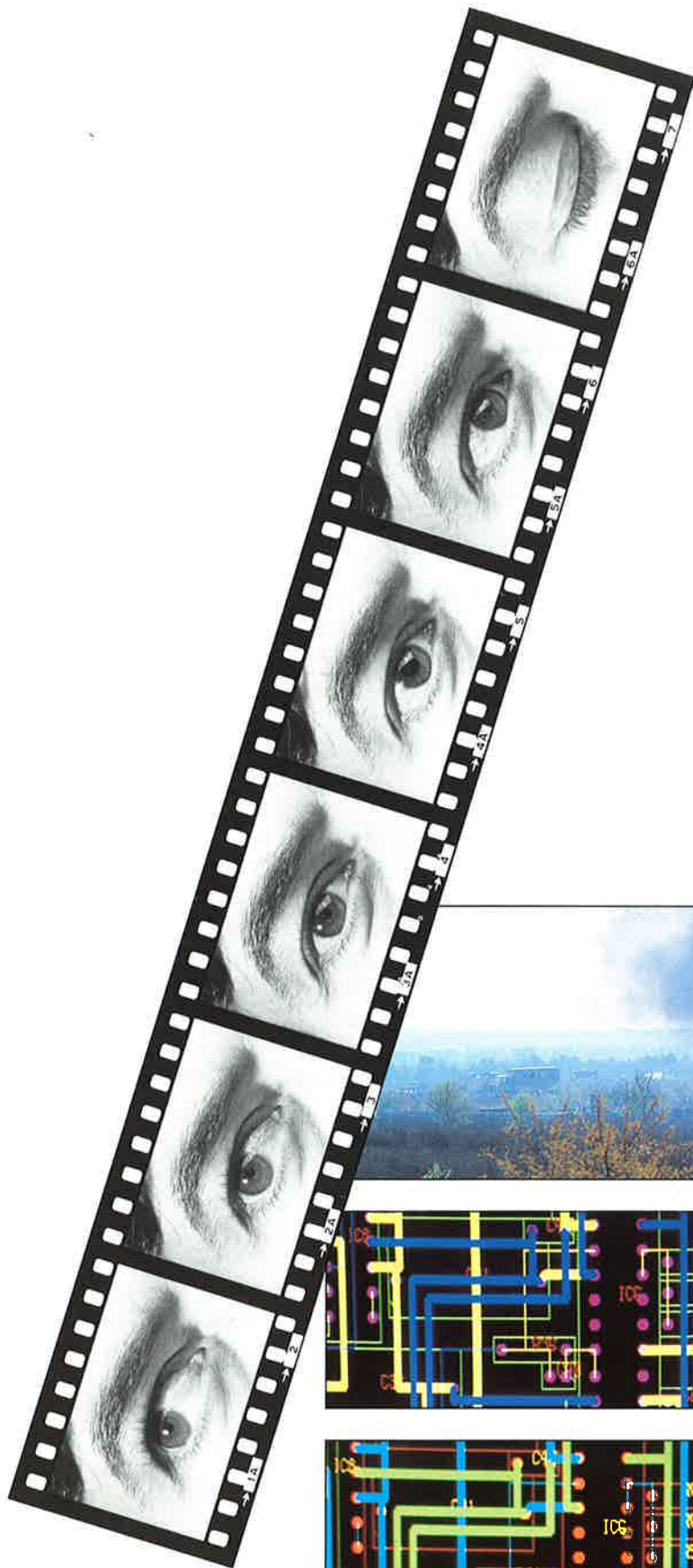


Ergonomie

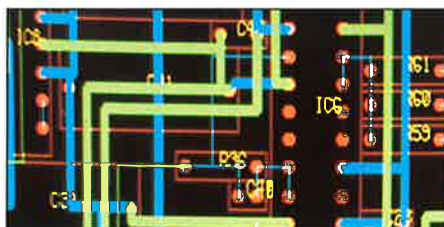
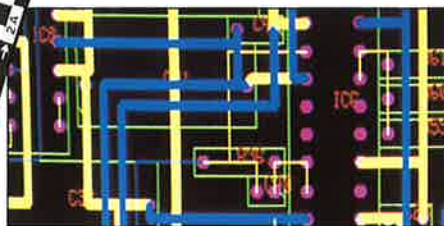


Vaardigheid en taakbelasting

Zintuiglijke waarneming



Bij alles wat een mens doet speelt de zintuiglijke waarneming een primaire rol. Vrijwel iedere handeling is op te vatten als een reactie op iets wat men ziet, hoort, ruikt of voelt. Inzicht in de menselijke waarnemingsprocessen heeft dan ook een groot praktisch belang, vooral in gecompliceerde technische taaksituaties. Bij het IZF is door fysici, ingenieurs, biologen en psychologen in nauwe interdisciplinaire samenwerking een omvangrijke expertise opgebouwd. De uitgangspunten voor het fundamenteel onderzoek zijn steeds praktische vraagstellingen. Uiteindelijk wil men weten op welke afstand men een vijandelijke tank kan zien aankomen of een signaallicht kan herkennen. Welke eisen moet men op grond van onze kennis van de gehoorzin stellen aan een radioverbinding om een goede spraakoverdracht te bereiken? En als je een bepaalde taak moet verrichten, waaraan moeten de gezichtsscherpte en de gehoordrempel dan voldoen? Welke g-krachten kunnen mensen verdragen en wanneer worden ze zeeziek? Hoe reageert het lichaam op extreme warmte of koude? Op grond van de



opgebouwde expertise worden adviezen uitgebracht over de waarnemingsprestaties die systeemontwerpers mogen verwachten, over selectiemethoden, over functie-eisen en over belastingsgrenzen. Kennis van de visuele en auditieve waarneming is ook van doorslaggevende betekenis voor de aanpassing van moderne beeld- en geluidsapparatuur aan de eigenschappen van oog en oor. Het volgende overzicht geeft een indruk van de onderwerpen waarvoor men bij het IZF terecht kan op het gebied van de zintuiglijke waarneming.

Zien

- Reikwijdte van het blote oog in veld en verkeer
- Reikwijdte van kijkers, helderheidsversterkers en warmtebeeldapparatuur
- Beeldkwaliteit van elektro-optische displays
- Nachtzien, kleurenzien, bewegingszien, dieptezien
- Integratie van warmtebeelden en tv-beelden
- Zoektaakmodellen

Horen en spraak

- Lawaaihinder van en op oefenterreinen en schietbanen
- Normgeving op het gebied van impulslawaai
- Effecten van lawaai op spraakverstaanbaarheid
- Gehoordrempels en toonhoogte-onderscheiding
- Kwaliteit van spraakoverdracht en spraakbewerking
- Bediening van apparatuur door automatische spraakherkenning

Evenwicht en beweging

- Gevoeligheid voor bewegingsziekten
- Ruimtelijk oriëntatievermogen onder invloed van g-krachten
- Dosis-effect relaties evenwichtsorgaan

Warmtebalans

- Warmtebalans in relatie tot klimaat, kleding en arbeid
- Werk-rust schema's voor zwaar werk in beschermende kleding
- Protectie van handen en voeten tegen extreme koude



Pag. 5, rechts
Het IZF heeft samen met het Instituut voor Revalidatievraagstukken een methode ontwikkeld waardoor een rolstoel met de stem kan worden bediend.



Pag. 4, linksboven
Het IZF onderzoekt het effect van rookgordijnen op de afstand waarop men militaire objecten kan waarnemen.

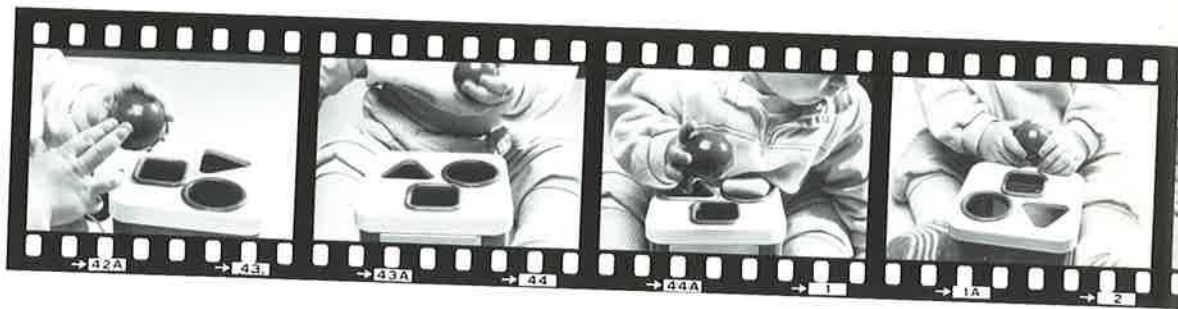
Pag. 4, linksonder
Maken kleuren op een beeldscherm het beeld overzichtelijker? Het IZF bekijkt welke kleurencombinaties het beste zijn. Boven is fout, onder is goed.

Pag. 4, rechtsboven
Bij elektronische beeldopslag, bijvoorbeeld van kaarten, worden onnodig veel overgangskleuren vastgelegd. Kennis van het kleurenzien maakt het mogelijk dat tot een minimum te beperken.

Pag. 4, rechtsonder
Kan men ondanks gehoorbeschermers de richting vaststellen van waarschuwingssignalen? De foto toont een experiment in de akoestisch dode kamer van het IZF.

Pag. 5, links
In de klimaatkamer van het IZF wordt de warmtebalans van het menselijk lichaam gereconstrueerd.

Informatieverwerking

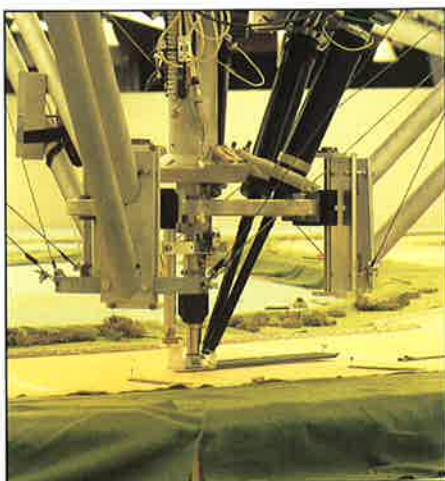


Tussen de zintuiglijke waarneming en de handelingen die daaruit voortvloeien speelt zich het proces van de menselijke informatieverwerking af. Dit proces kan tamelijk snel, automatisch en nagenoeg onbewust zijn, zoals bij fietsen of autorijden. Men spreekt dan over regelkringgedrag. Het kan ook een bedachtzaam, bewust cognitief proces zijn, zoals de besluitvorming in een commandocentrum. Teams van regeltechnische ingenieurs, informatica-deskundigen en cognitieve psychologen beschikken bij het IZF over goed gefundeerde kennis van de menselijke informatieverwerking zowel op het regelkringniveau als op het cognitieve niveau. Net als bij zintuiglijke waarneming zijn steeds de praktische vragen het uitgangspunt. Hoe houden automobilisten en roergangers koers? Hoe nauwkeurig houden zij koers en welke informatie gebruiken ze daarbij? Hoe bemonsteren procesbewakers de diverse meters en displays en hoe houden zij een goed overzicht van de gebeurtenissen bij? In hoeverre nemen mensen rationele beslissingen? Hoe is

menselijke kennis gestructureerd? De ontwikkeling van de informatietechnologie onderstreept het belang van dit soort vragen. Wie een informatieverwerkend systeem wil ontwerpen zal zich moeten beraden over de rol die de mens daarin speelt en moet over inzicht in de menselijke informatieverwerking beschikken. Het IZF is gespecialiseerd in de menselijke informatieverwerking die een rol speelt bij autorijden, verkeersgedrag, scheepsbesturing, afstandsbediening, procesbewaking, cognitieve functies en besluitvormingsprocessen.

Autorijden en verkeersgedrag

- Modellen voor koersperceptie en stuurgedrag
- Bestuurbaarheid van wegvoertuigen
- Aandachtsverdeling in het visuele veld
- Snelheidsgedrag en risicoperceptie
- Routekeuze van automobilisten
- Infosystemen voor wegvoertuigen





Scheepsbesturing en afstandsbediening

- Modellen voor stuurgedrag
- Bestuurbaarheid van schepen
- Vormgeving van waterwegen
- Scheepsbrugontwerp
- Afstandsbediening van RPV's (Remotely Piloted Vehicles)

Procesbewaking

- Netwerkanalyse van processen
- Ontwikkeling van beeldschermstations voor procesbewaking
- Monitorgedrag van operators
- Gebruik en ontwerp van computergrafiek

Cognitieve functies en besluitvormingsprocessen

- Structuur en prestaties van het geheugen
- Patroonherkenning
- Beslisgedrag
- Kansschatting en risicoperceptie
- Gespreide besluitvormingsprocessen
- Inrichting van commandosystemen
- Kenniselicitatie (verbaliseren van kennis) voor expert-systemen



Pag. 6, links

Hoe veilig is het transport met zesbakduwvaart? Experimenten met een simulator, gebouwd door het IZF, maken een goede analyse van kritische en gevaarlijke situaties op vaarwegen mogelijk.



Pag. 6, midden

Werken in een commandocentrale stelt hoge eisen aan de besluitvaardigheid van de operator: hij ontvangt veel informatie van verschillende bronnen en heeft beperkte tijd voor reactie. Het IZF onderzoekt op welke wijze de besluitvormingsprocessen kunnen worden ondersteund.

Pag. 6/7, middenboven

Hangt de snelheidskeuze van de automobilist samen met de inrichting van de weg? De foto toont het onderzoek van het IZF met een geïnstrumenteerde auto; de resultaten dragen bij tot een grotere verkeersveiligheid.

Pag. 6/7, middenonder

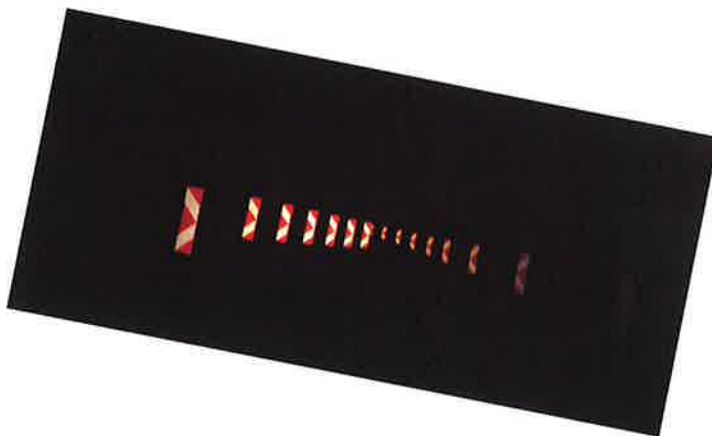
Het IZF is in staat om met kaartgegevens te manipuleren. Het onderzoek wordt toegepast bij het snel actualiseren van digitale kaarten bij tactische manoeuvres.

Ergonomie

Kernthema van de ergonomie is dat bij het ontwerp van gereedschappen, bedieningsmiddelen, kleding, werkplekken, werkprocedures, kortom van de werkomgeving in algemene zin, rekening wordt gehouden met de eigenschappen van de menselijke gebruiker. Bij het IZF houdt een groep van ingenieurs en psychologen zich bezig met ergonomische adviezen aan de Krijgsmacht, diverse andere overheidsinstellingen en het bedrijfsleven. Zij hebben daartoe kennis opgebouwd over de motoriek van hand- en voetbediening. Zij hebben een unieke verzameling van antropometrische gegevens aangelegd. Met specifieke onderzoeksmethoden is veel ervaring opgedaan, zoals de bouw van levensgrote mock-ups voor de inrichting van speciale werkruimten. Voor het ontwerpen van ergonomisch verantwoorde werkprocedures worden levensechte processimulaties ontwikkeld. Daarnaast maken deze onderzoekers gebruik van de kennis en ervaring die het IZF in zijn geheel heeft over de onderwerpen die bij ergonomisch onderzoek een rol



spelen. Dit zijn onder andere visuele en auditieve waarneming, voertuig- en scheepsbesturing, procesbewaking, cognitieve informatieverwerking, fysiologie van de warmteregeling van het menselijk lichaam en kennis van opleiding, selectie en mentale belasting. Zoals ook gesteld en nagestreefd wordt in de Arbeidsomstandighedenwet moet de ergonomie bijdragen aan optimale doelmatigheid, veiligheid en comfort in de werksituatie. Bij het IZF is een speciaal team gevormd om snel en doeltreffend te adviseren over verbetering van de ergonomie van werkruimten. Het volgende overzicht geeft een indruk van de onderwerpen op het gebied van de ergonomie waarover het IZF adviezen uitbrengt.





Ergonomie van weg en verkeer

- Verlichting, bebording en belijning van wegen
- Beoordeling van wegontwerp
- Effecten van verkeersregulering
- Ongevalseanalyse
- Ontwikkeling van automatische analyse van video-beelden

Visuele ergonomie

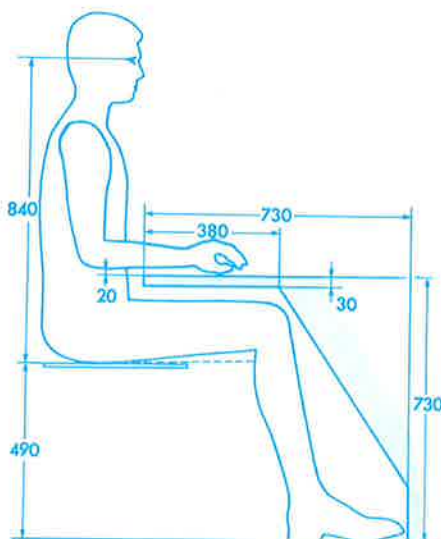
- Speciale verlichtingsadviezen
- Ontwerp en leesbaarheid van drukwerk
- Herkenbaarheid van signalen en figuren
- Functie-eisen en hulpmiddelen voor visuele inspectie-taken

Werkplekinrichting

- Inrichting commandovoertuigen
- Mock-upbouw M-fregatten
- Inrichting computerruimten
- Adviezen ARBO-wet
- Scheepsbrugontwerp '90 jaren

Kleding en uitrusting

- Draagbaarheid van kleding
- Bepakking en uitrusting voor infanteristen
- Ontwikkeling van speciale beroepskleding en kleding-systemen
- Effecten van kleding en uitrusting op de taakprestaties



99,5% man; $L_0=1975$ mm

Pag. 8, linksboven

Hoe komt de optimale vormgeving tot stand van bebakenings- en markerings-middelen? Het IZF bepaalt door middel van diapresentaties aan proefpersonen de juiste vormgeving.

Pag. 8, rechtsboven

Hoe groot moet een lettertype zijn om nog door een 80-jarige gelezen te kunnen worden? Het IZF onderzoekt de leesbaarheid van drukwerk voor ouderen.

Pag. 8, onder

Voor de Koninklijke Marine werd een klassieke machinekamercontrolepost (links) met behulp van mock-ups (midden) gewijzigd in een technische centrale voor bewaking van diverse technische scheepsinstallaties.

Pag. 9, links

Met traceergas bepaalt het IZF de ventilatie en vochtafvoer van kleding.

Pag. 9, rechts

Het meubilair op een werkplek moet afgestemd zijn op lange (tekening) en korte mensen.

Vaardigheid en taakbelasting

Veel menselijke werkzaamheden vergen een vaardigheid die door instructie en oefening verworven moet worden. Als die vaardigheid eenmaal verworven is, kunnen sommige taken toch nog een zware belasting betekenen. De mate waarin een taak als belastend wordt ervaren, hangt naast de intrinsieke taakinhoud af van de oefening en de persoonlijke geschiktheid. Deze kan door selectie worden vastgesteld. Bij het IZF concentreert zich een groep psychologen en psychofysiologen op de beschrijving van taakeisen, prestaties, de fysiologische reacties op taakbelasting en op de ontwikkeling van methoden en apparatuur voor het meten van mentale taakbelasting. De inzichten die onderzoekers hierover verwerven, zijn van direct belang voor de inzet van personeel en voor de beoordeling van stressverwekkende arbeidssituaties. Een andere groep van psychologen en informaticadeskundigen richt zich op de analyse van leerprocessen, de mate waarin vaardigheden door oefening ontwikkeld kunnen worden en de overdracht van

vaardigheden van de leersituatie naar de praktijk. Deze vragen zijn zeer actueel geworden door de nieuwe mogelijkheden van computer-aided-instruction en het gebruik van trainingssimulatoren. Het volgende overzicht geeft aan waarop onderzoekers van het IZF op het gebied van vaardigheid en taakbelasting zich hebben toegelegd.

Selectie, instructie en oefening

- Selectie voor en tijdens duik- en vliegopleidingen
- Ontwerp van instructieprogramma's
- Inrichting en gebruik van trainingssimulatoren
- Behoud van vaardigheden en van kennis bij langdurige onderbreking

Mentale belasting

- Taakanalyse, functie-eisen en taakbelasting
- Ontwikkeling van methoden voor het meten van mentale taakbelasting
- Beoordelen van arbeidsomstandigheden



Vermoeidheid en stress

- Inventarisatie van stressverwekkende factoren van de arbeid
- Identificatie van risicogroepen voor stress
- Fysiologische indicatoren van vermoeidheid en stress
- Effecten van stressoren (slaapgebrek, farmaca, tijdsdruk) op taakprestaties en fysiologische reacties
- Effecten van bewegingsziekten en g-krachten op de taakuitvoering



Pag. 10, links

De Krijgsmacht werkt veel met simulatoren. Het is de taak van het IZF om simulatoren te valideren en te optimaliseren. De foto toont de Leopard II die is aangepast voor de rij-opleiding.

Pag. 10, rechts

Deze interactieve leercomputer gebruikt het IZF voor onderzoek naar fundamentele leerprocessen. Een toepassingsgebied is het maken van leer- en testprogramma's voor materieelherkenningsopleidingen van de Krijgsmacht.

Pag. 11, boven

Het IZF heeft met de Koninklijke Luchtmacht een centrifuge-experiment opgezet in het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Geneeskundig Centrum om de belasting van g-krachten op een piloot te meten. De broek van de piloot voorkomt dat te veel bloed naar zijn benen stroomt.

Pag. 11, onder

Stress kan de gezondheid schaden. Het IZF ontwikkelt methoden om stress te meten en schadelijke gezondheidseffecten vast te stellen.



Ten slotte

Deze brochure heeft een indruk gegeven van het onderzoek dat bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO wordt verricht. Wellicht wilt u meer weten of heeft u over bepaalde elementen in deze brochure vragen. Wij willen u graag helpen. U kunt zich voor meer informatie of voor een gesprek wenden tot een van de contactpersonen op deze pagina.

Contactadressen

Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO
Kampweg 5,
3769 DE Soesterberg
Postbus 23,
3769 ZG Soesterberg
Telefoon 03463 - 6211
Telefax 03463-3977

Directeur: Dr.ir. A. van Meeteren
Onderdirecteur: Prof. drs. J. Moraal
Voorlichter: J. Boogaard

Research afdelingen

Visuologie: Prof.dr. D. van Norren
Zien, visuele ergonomie

Audiologie: Dr.ir. T. Houtgast
Horen, spraak, evenwicht

Cognitieve Psychologie: Dr. J.G.W. Raaijmakers
Cognitieve functies, besluitvormingsprocessen

Technische Menskunde: Dr.ir. H. Schuffel
Scheepsbesturing, procesbewaking, afstandsbesturing, werkplekinrichting

Verkeersgedrag: Dr.ir. J. Godthelp
Autorijden, verkeersgedrag, ergonomie van weg en verkeer

Thermofysiologie: Drs. W.A. Lotens
Warmtebalans, kleding en uitrusting

Verrichtingspsychologie: Prof.dr. A.W.K. Gaillard
Selectie, opleiding, mentale belasting, stress

Informatie over werkgebieden van TNO

TNO-wegwijzer
Ing. A.C. Lakwijk
Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft
Telefoon 015 - 69 69 69

Colofon

Productie en vormgeving
Centrale Stafafdeling In- en Externe
Communicatie TNO

Fotografie
zwart/wit: Joost Guntenaar, Amsterdam
kleur: TNO

Ontwerp omslag
Gerard Bik, 's-Gravenhage

Druk
Drukkerij/Uitgeverij Lakerveld BV, 's-Gravenhage

© TNO maart 1988