

C 259

BIBLIOTHEEK Hoofdkantoor TNC
Gravenhage

27 MEI 1974



1949-1974

27 MEI 1974

25 JAAR INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE TNO

II

HET IN DE AFDELINGEN VERRICHTE ONDERZOEK

Soesterberg, 1974

Dit boekje kwam tot stand onder redactie van mej. H. de Groot en de heren H. van Dam en A. van Meeteren. De opmaak werd verzorgd door mej. H. de Groot en de heer A.M. Mimpfen, de typografie door mevr. H.V.M. Gebbink, mej. M.E. Knopper en mej. A.P. H.M. van der Werff, de fotografie door de heer C.M. van Eck, de figuren door de heer J. Wolff en de omslag door mevr. A.T. van de Hazel.

INHOUD

HOOFDLIJNEN VAN HET ONDERZOEK	A. van Meeteren	1
HET VISUEEL ONDERZOEK	A. van Meeteren	2
<i>Nachtzien</i>		2
<i>Kleurenzien</i>		3
<i>Verblindings- en netvliesverbranding</i>		5
<i>Waarnemingsinstrumenten</i>		6
<i>Elektrofysiologie</i>		7
<i>Testen</i>		9
<i>Diversen</i>		11
OVERZICHT VAN 20 JAAR AUDIOLOGISCH ONDERZOEK	R. Plomp	12
<i>Gehoorschadiging en geluidhinder</i>		12
<i>Detektie en diskriminatie van geluiden</i>		13
<i>Spraakverstaanbaarheid</i>		14
<i>Stand van zaken rond 1964</i>		15
<i>Gehoorscherming en geluidhinder</i>		16
<i>Detektie en diskriminatie van geluid-</i> <i>signalen</i>		17
<i>Spraakonderzoek</i>		18
EXPERIMENTELE PSYCHOLOGIE OP HET IZF	A.F. Sanders	20
<i>Het begin</i>		20
<i>Het eerste driemanschap</i>		20
<i>Onderzoek ten behoeve van verkeer</i>		21
<i>Fundamenteel onderzoek na 1966</i>		22
<i>Hoe verder?</i>		23
TWINTIG JAAR TECHNISCHE MENSKUNDE	H. van Dam	24
<i>De eerste stappen</i>		24
<i>Uitbouw in de jaren zestig</i>		24
<i>Het bonte palet</i>		26
<i>Dynamische simulatie</i>		27
<i>Perspektief</i>		28
VIJF JAAR ONDERZOEK VAN VERKEERSGEDRAG	W.H. Janssen	30
<i>Keuze en handhaving van een koers</i>		31
<i>De perceptie van de manoeuvres van</i> <i>medeverkeersdeelnemers</i>		33
<i>Mentale voorstellingen en het nemen</i> <i>van beslissingen</i>		34
<i>Het kleinere werk</i>		35
<i>Slot</i>		35

HOOFDLIJNEN VAN HET ONDERZOEK

De volgende overzichten van het onderzoek in de verschillende afdelingen zijn beperkt van opzet. In de eerste plaats is niet gestreefd naar een volledige opsomming van alle opdrachten en opdrachtjes, projekten en projektjes. Men kan die in de jaarverslagen terug vinden. Getracht is alleen hoofdlijnen te schetsen, in het besef, dat dat tot verschillende vervormingen leidt. Zo worden de tijd en de inspanning besteed aan tot routine uitgegroeide onderzoekingen verkleind weergegeven. Ten tweede ontstaat er een positieve selectie op succesvol verlopen onderzoek. De lezer moet zich realiseren, dat het hier opgetrokken bouwsel mede gefundeerd is op het onmisbare puin van een zeker percentage probeersels. Ten derde komt veel kruimelwerk niet aan de orde, zoals de dagelijkse, soms telefonisch verstrekte adviezen, die een wezenlijk onderdeel uitmaken van het TNO-werk. Ook bij het noemen van namen treedt een vervormende beperking op. Als men leest "in 1964 onderzocht X het effect van ...," dan betekent dit in de regel dat de direkt verantwoordelijke X dit onderzoek alleen kon verrichten dankzij de direkte hulp van één of meer assistenten, dankzij van Putten's instrumentmakerij, Schipper's elektronika-groep, Spiekman's komputerbeheer en Looyé's inkoopactiviteiten. En natuurlijk staan daarachter meteen alle anderen uit de Dienstensektor.

Een belangrijke beperking is verder, dat het beschreven onderzoek hier niet of slechts vaag in het kader van de vakliteratuur wordt geplaatst. Voor de kritische literatuurstudies die nodig zijn om aan te tonen dat de verschillende onderzoekingen relevant waren en het wetenschappelijk front hielpen verschuiven, kan men in de regel terecht in de betreffende wetenschappelijke publikaties, zoals die worden opgesomd in de kumulatieve bibliografie. Voor zover het om de hoofdlijnen gaat kan in verschillende gevallen melding gemaakt worden van internationale erkenning. Dezelfde soort beperking geldt voor het beschreven opdrachtenwerk. De vraag hoe het na afloop van het onderzoek verder ging met de uitgebrachte adviezen komt lang niet altijd aan de orde. Wierp het rendement af? In dit geval mag er op worden gewezen, dat vele opdrachtgevers regelmatig terug zijn gekomen met nieuwe opdrachten.

A. van Meeteren

HET VISUEEL ONDERZOEK

Nachtzien

Het eerste werkprogramma van de toenmalige Werkgroep Waarneming was in 1949 voornamelijk gewijd aan het nachtzienvermogen. Hoe kan de selectie en de training van met nachtelijke waarnemingsstaken belast personeel worden verbeterd? Wat is er waar van de bewering, dat het gebruik van vitamine A of zuurstofbeademing de gevoeligheid van het oog gunstig kan beïnvloeden? Ten behoeve van dit onderzoek werd allereerst gezocht naar geschikte apparatuur voor massale adaptometrie, liefst bestand tegen simulanten. Een bevredigende oplossing werd in overleg met de fabrikant bereikt door modifikatie van de Haag-adaptometer. Vastgesteld kon worden, dat de effecten van vitamine A en zuurstofbeademing niet van praktische betekenis zijn.

Van meet af aan werd groot belang gehecht aan fundamenteel onderzoek naast het beantwoorden van praktische vragen en het verschaffen van direkte adviezen. Dit onderzoek knoopt direkt aan bij Bouman's proefschrift "On the quanta explanation of vision". Daarmee wordt de probleemstelling in eerste instantie bepaald tot de fysika van het zien en dat geldt voor de afdeling Visuologie nog altijd. Van der Velden's twee-kwanten hypothese, uitgewerkt en experimenteel onderbouwd in Bouman's proefschrift, vormt aanvankelijk de leidraad. Met ontwapenende eenvoud stelt de twee-kwanten hypothese, dat een visuele sensatie wordt opgewekt zodra twee lichtkwanten samentreffen binnen één bepaald klein gebiedje van het netvlies en binnen één bepaald klein tijdsinterval.

Naast de zogenaamde absolute drempels voor het zien van een lichtflits bij duisternis zijn ook de contrastdrempels voor het zien van lichtflitsen tegen achtergronden van lage helderheid van belang voor de beschrijving van het nachtzienvermogen. In 1950 publiceert Bouman over zulke metingen van de contrastgevoeligheid en daarmee vindt een confrontatie plaats tussen de kwanten-koïncidentie hypothese en de fluktuatie-theorie van de Vries en Rose. De fotonenstroom die korrespondeert met een bepaalde achtergrondhelderheid is behept met statistische fluktuaties. Deze nemen toe met de wortel uit de helderheid. Volgens de fluktuatie-theorie moet dan ook de contrastdrempel toenemen met de wortel uit de helderheid. Bouman, vasthoudend aan het koïncidentie-principe, verschaft de fluktuatietheorie nu een mechanisme, door te stellen dat het koïncidentie-getal, beginnend met 2 bij de absolute drempel, ook

toeneemt met de helderheid. Later zal het idee als wortel-scaler verder worden uitgewerkt door Bouman en zijn leerlingen aan de Universiteit van Utrecht. De samenhang tussen de koïncidentiefactor en de achtergrondshelderheid zou ook het verschijnsel van donkeradaptatie kunnen verklaren: na blootstelling aan licht kost het de koïncidentiefactor geruime tijd om naar een laag niveau terug te keren.

Binnen het kader van zijn studie over de waarneming van bewegende objecten onderzocht van den Brink tussen 1950 en 1957 de mate waarin het netvlies de energie van twee flitsen bij elkaar optelt in afhankelijkheid van de onderlinge afstand in plaats en tijd. De verkregen gegevens over de grootte van de sommatiegebiedjes en het sommatietijdinterval leverden gekombineerd met de kwanten-koïncidentie hypothese een goede voorspelling op van de detektiedrempels voor bewegende flitsen.

Een tegenstem binnen eigen kring werd in 1966 vertolkt door Latour, die via een detektie-theoretische analyse tot de konklusie kwam, dat de absolute drempel door inwendige sensorische ruis wordt bepaald, een gedachte die in de literatuur al langer leefde. Evenals van den Brink onderzocht Latour de interactie tussen twee flitsen, met name de diskriminatie tussen dubbele en enkele flitsen. Daarbij treedt facilitatie aan de dag: als er één flits over de drempel is volgt de tweede gemakkelijker, alsof daarvoor de drempel verlaagd is, indien althans die tweede flits binnen circa 0.1 sec na de eerste wordt aangeboden. Deze facilitatie blijkt zich over een groot retinaal gebied uit te strekken.

Natuurlijk kwam ook het nachtzien met behulp van kijkers aan de orde. Daarop komen we in de paragraaf over waarnemingsinstrumenten terug.

Kleurenzien

Ook het kleurenzienonderzoek wortelt in het allereerste werkprogramma van de Werkgroep Waarneming. Cirka acht procent van de mannelijke bevolking is met kleurzienstoornissen behept. Welke eisen moeten in dit opzicht aan de diverse kategoriën militair personeel gesteld worden? Hoe komt men tot een goede selectie? Wat is de beste kleur voor signaallichten? Later komt daar uit de civiele sektor nog de vraag bij naar de tolerantie bij het reproduceren van kleuren. In hoeverre mogen kleuren van elkaar verschillen voordat het wordt opgemerkt?

Vanaf 1953 werd het kleurenzienonderzoek gedragen door P.L. Walraven.

Daarvóór was er sinds 1949 samenwerking geweest met dr. P. Kremer, die in 1953 bij een verkeersongeval om het leven kwam. In die eerste periode werd gewerkt aan het maken van goed gedefinieerde kleuren, vooral ten behoeve van kleurenzientests. Dat bleek een technisch moeilijke opgave. In 1954 resulteerden de inspanningen na verschillende andere probeersels in een geëlektrificeerde colorimeter, uitgerust met wat men tegenwoordig een "special purpose computer" zou noemen. De ontwikkeling van een kleuropuntmeter, begonnen in 1966 om de kleur van lichtfakkels tijdens de vlucht te kunnen meten blijkt technisch eveneens moeilijk te zijn maar nadert thans in handen van Varkevisser zijn voltooiing. Het onderzoek op het gebied van het kleurzien-testen zal in de paragraaf over het testen worden gememoreerd.

Het spreekt vanzelf dat het werk aan een zo gekompliceerde functie als het kleurzien niet aan de oppervlakte kon blijven. De klassieke theorieën van Young en Helmholtz enerzijds en van Hering anderzijds die min of meer tegenover elkaar leken te staan, behoeften nadere kwantitatieve uitwerking, en bevatten geen bevredigend detektie-model. Experimenten over de kleurverschuivingen, die optreden als men het licht scheef op het netvlies laat invallen (Stiles-Crawford effect) en als de helderheid wordt opgevoerd (Bezold-Brücke effect) brachten Walraven tot de overtuiging dat het kleurzienmechanisme, zoals ook Donders en verschillende anderen al eerder veronderstelden, minstens twee "zónes" omvat: drie soorten receptoren (Young-Helmholtz) voeden twee antagonistische kleurkanalen en een helderheidskanaal (Hering). Vervolgens introduceerde Walraven de fluktuatietheorie (zie boven) in dit model. Uitgaande van de juiste spektrale gevoeligheidskarakteristieken kon nu het golflengteonderscheidingsvermogen met succes worden voorspeld en kwam men tot een eenvoudige duiding van de verschillende kleurziestoornissen. In de laatste jaren brachten Vos en Walraven nog verfijningen aan, met name wat betreft de dichtheden en gevoeligheden van de receptorpopulaties.

De verkregen inzichten in de achtergronden van de diverse kleurziestoornissen maakten het mogelijk verkeerslichten voor kleurziengestoorden te optimaliseren. De verworven kennis werd verder dienstbaar gemaakt bij nationaal en internationaal normalisatie- en adviezenwerk.

Experimenten om de kleurverschuivingen te meten, die in een testveldje optreden na voorafgaande adaptatie met gekleurd licht, mondden uit in uitgebreid onderzoek van kleurcontrasten door J. Walraven vanaf 1968. Onder kleurcontrast verstaat men het verschijnsel, dat kleuren door andere naburige kleuren worden beïnvloed. Een geel testveldje wordt als groen gezien naast

een sterk rood veldje. J. Walraven maakt bij dit onderzoek gebruik van de verrassend goede reproduceerbaarheid waarmee men op het oog geelinstellingen kan maken. Voor een belangrijk deel kan het kleurcontrast worden herleid tot de adaptatie door strooilicht. Rood strooilicht van een rode omgeving kan ter plaatse van een geel testveldje de roodgevoeligheid door adaptatie verminderen en zo een verschuiving naar groen veroorzaken. Daarnaast blijkt er echter ook een laterale beïnvloeding van neurale oorsprong op te treden.

Verblindings- en netvliesverbranding

Sterke lokale lichtbronnen kunnen het zien in hun omgeving ernstig bemlemmen. Vrijwel iedereen kent de verblindende werking van de koplampen van tegemoetkomend verkeer. Dit verblindingsverschijnsel belandt in 1955 op het werkprogramma van het IZF in verband met gevechtsveldverlichting door fakkels en duikt later in tal van variaties weer op: bij het verkeersonderzoek bij de advisering van de Rijks Luchtvaartdienst over de lichtsterkteregeling van vliegveldverlichting, en bij het afschatten van flitsblindheid. Hoewel praktische vragen over het effect van verblindingsverschijnsel bevredigend konden worden beantwoord met behulp van de bekende empirische formule van Holladay was de herkomst van het verschijnsel onduidelijk. Berustte het op neurale overspraak langs het netvlies of was het tot optische verstrooiing te herleiden?

Met deze vraag onder meer hield Vos zich tussen 1956 en 1963 bezig. Het effect van verblindingsverschijnsel bleek geheel vergelijkbaar te zijn met dat van een lichtwaas. De helderheid van dit strooilichtwaas bleek evenredig te zijn met de sterkte van de verblindingsbron. Dat maakt neurale overspraak als verklaringsgrond overbodig en minder waarschijnlijk. Bovendien bleek het mogelijk ruwweg even grote bijdragen van cornea, lens en oogbodem in het strooilichtwaas te onderscheiden.

In de jaren '50 drongen verhalen door, dat kijken in de flits bij atoombomexplosies tot blijvende oogschade door netvliesverbranding kon leiden. In 1959 berekende Vos op grond van een eenvoudig warmtetechnisch model de te verwachten lokale temperatuursverhoging in het netvlies bij afbeelding van felle lichtbronnen. Deze berekeningen zijn in de loop der tijden een belangrijk uitgangspunt gebleken bij het evalueren van de kansen op netvliesverbranding. Kortgeleden kon er weer op worden teruggevallen bij het specificeren van aanvaardbare doses laserstraling op verzoek van de Gezondheidsraad. De vrees voor een plaatselijke netvliesverbranding bij atoombomexplosies

bleek overigens minder gegrond dan de vrees voor tijdelijke verblinding over grote delen van het gezichtsveld, speciaal in verband met navigatiemogelijkheden bij laagvliegen.

Waarnemingsinstrumenten

Een stroom van projekten en projektjes heeft van het begin af aan betrekking gehad op het zien met behulp van waarnemingsinstrumenten zoals brillen, nachtkijkers, infraroodkijkers en helderheidsversterkers. Vragen over zonnebrillen, veiligheidsbrillen en gewone brillen treft men regelmatig verspreid over de hele periode aan. De lichtverzwakking door zonnebrillen moet cirka een faktor 10 bedragen, niet veel meer en niet veel minder. Dure brillenglazen met verfijnde korrektie zijn zelden beter dan goede normale. Speciale adviezen werden uitgebracht voor het dragen van brillen onder gasmaskers.

Een erfenis uit de tweede wereldoorlog was de herontdekking van de nachtmyopie. Bij duisternis blijkt het oog enigszins bijziende te zijn. Ten dele, maar niet helemaal, komt dat door de verschuiving in spektrale gevoeligheid gekombineerd met de chromatische aberratie. De rest moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan de sferische aberratie van het oog, die tot gevolg heeft dat de oogoptiek gemiddeld sterker wordt als de pupil zich verwijdt. Tussen 1953 en 1961 wijdde van den Brink een reeks experimenten aan de oogoptiek. Hij kwam tot de konklusie, dat de aberraties van het oog weliswaar een onregelmatig karakter hebben, maar dat de bovengenoemde verklaring van de nachtmyopie in zijn algemeenheid juist is. In verband met de nachtmyopie werd in 1961 geadviseerd eventuele vaste okulairs op -0.75 dioptrie in te stellen.

De introductie van infrarood-kijkers en schijnwerpers in de vijftiger jaren riep speciale vragen op. Tot welke waarnemingsprestaties kon men komen? Hoeveel zichtbaar licht laten de gebruikte infrarood-filters nog door? Eén van de konklusies van waarnemingsproeven in 1959 is, dat een "objekt" als "man" kan worden herkend onder een hoek gelijk aan cirka 6 maal het oplossend vermogen. Op de infrarood-kijkers volgden de passieve helderheidsversterkende kijkers (hv-kijkers), waarbij geen infrarode of andere hulpverlichting meer wordt gebruikt. Reeds in 1952 werd de Werkgroep Waarneming betrokken bij de vraag of men van dergelijke hv-kijkers winst kon verwachten in vergelijking met konventionele nachtkijkers. Men was aanvankelijk skeptisch gestemd. Het netvlies, mits goed geadapteerd, zou vrijwel net zo gevoelig zijn als de toenmalige fotokathodes. In de praktijk manifesteerde zich echter een behoor-

lijke winst en tegenwoordig vinden hv-kijkers in allerlei soorten en maten toepassing. Systematisch experimenteel onderzoek van de mogelijke winst en de daartoe noodzakelijke lichtversterking werd tussen 1965 en 1973 door van Meeteren verricht. Bij voldoende lichtversterking wordt het zien met hv-kijkers - afgezien van enkele verliesposten - in principe begrensd door de fluktuaties in de door de kathode gedetekeerde fotonenstroom. Het is als zodanig volkomen vergelijkbaar met het ongewapende zien (zie boven). Uit een kwantitatieve vergelijking volgt, terugredenerend, dat de kwanten-efficiëntie bij het ongewapende zien cirka 1% moet bedragen. De winst van hv-kijkers ten opzichte van konventionele nachtkijkers kan een faktor 100 bedragen.

Het zojuist beschreven onderzoek werd uitgevoerd met behulp van spatiële sinuspatronen, om aansluiting te verkrijgen bij de huidige gewoonte om de afbeeldingskwaliteit van optiek met modulatieoverdrachtsfuncties (MTF's) te beschrijven. Ook de kwaliteit van de oogoptiek wordt in de literatuur sedert een tiental jaren met experimenteel bepaalde MTF's beschreven. Uitgaande van onafhankelijke literatuurgegevens betreffende de diverse geometrische aberraties van het oog konden deze experimentele MTF's door berekening worden bevestigd.

De gebruiker van waarnemingsinstrumenten ziet de MTF's daarvan graag vertaald in realistische waarnemingsprestaties. Daartoe werd naar een standaardmethode toegewerkt om de detektie en de herkenning van militaire objecten te bemeten. Deze methode sluit aan bij onderzoek over de interpretatie van luchtfoto's in 1968 in samenwerking met de afdeling Psychologie. Ook gedeeltelijk in samenwerking met deze afdeling werden diverse experimenten gedaan betreffende het rijden met infrarood-rijperiskopen of met hv-rijperiskopen.

Elektrofysiologie

Het fundamenteel onderzoek opgesomd in het voorgaande heeft vrijwel steeds duidelijk verbinding met probleemstellingen uit de praktijk. In de meeste gevallen is het daaruit voortgekomen en soms vindt het er later ook weer toepassing in. Dat is veel minder het geval met het elektrofysiologische onderzoek van het visuele systeem. Er was niettemin een goede reden, ook voor een TNO-instituut, om er toch op zekere schaal aan deel te nemen: men zou zichzelf buiten het internationale wetenschappelijk front stellen door het niet te doen.

Regelmatig onderzoek van het elektroretinogram (ERG), dat is het poten-

tiaal verschil tussen een op de cornea geplaatste elektrode en een elders geplaatste referentie-elektrode, werd vanaf 1960 ondernomen door Troelstra, in samenwerking met de oogarts Schweitzer. De aandacht werd in de eerste periode gekoncentreerd op het skotopische systeem. Het ERG hangt op ingewikkelde, niet-lineaire, wijze van allerlei parameters af. Door systeem-analytische aanpak en systematisch experimenterwerk slaagde Troelstra erin orde te scheppen in de relatie tussen sterkte en duur van lichtflitsen en het bijbehorende ERG. Het bleek dat de responsies kunnen worden begrepen uit een lineair overdragend element voorafgegaan door een niet-lineaire gevoeligheidsfaktor. De op grond van het model te voorspellen responsies op sinusfuncties werden experimenteel bevestigd.

Sinds 1965 respectievelijk 1968 wordt het elektrofysiologisch onderzoek van het visueel systeem door Padmos en van Norren bedreven. Het ERG-werk werd sterk bevorderd door de introductie van de op fase-gevoelige detectie berustende vektorvoltmeter, waarmee de responsies op ritmisch onderbroken lichtsignalen voortaan kontinu konden worden bemeten. Speciaal het fotopische systeem werd hierdoor beter toegankelijk voor het ERG-onderzoek. Dit onderzoek kwam meer in het verlengde te staan van het psychofysische kleurenzienonderzoek en de daaruit voortvloeiende modelvorming, dan in dat van de vroegere systeemanalytische benadering van het skotopische ERG. Zo werd allereerst vastgesteld, dat de spektrale gevoeligheid van het ERG overeenstemt met de visueel gemeten ooggevoeligheid, waarop het lichteneenhedenstelsel is gebaseerd. Vervolgens bleek het heel goed mogelijk selectieve adaptatie te verkrijgen en lukte het met name voor het eerst de spektrale gevoeligheid van de "blauwe" kegeltjes objektief te meten. Inmiddels blijkt ook elders belangstelling te bestaan voor de hier ontwikkelde vektorvoltmetermethode. Zeer kort geleden, in 1973, werd een merkwaardige ontdekking gedaan: het verdovingsmiddel halothaan vertraagt de donkeradaptatie. Heeft men hier een handgreep gevonden voor verder onderzoek van de nog steeds niet volledig begrepen donkeradaptatiemechanismen? Veel van dit ERG-onderzoek werd gedaan met apen als proefdieren, mede om na te gaan in hoeverre hun kleurzienvermogens representatief zijn voor die van de mens. Dit is van belang voor het onderzoek van hersencelpotentialen bij apen. Er werden geen belangrijke verschillen in het ERG gevonden.

In 1960 rapporteerde de Amerikaan DeValois voor het eerst over kleurantagonistische potentialen in het corpus geniculatum laterale bij apen. Deze vondst past uitstekend in het eerdergenoemde zône-model van het kleurenzien.

In 1966 bracht DeValois zijn "sabbathsjaar" bij het IZF door, hetgeen aanleiding was het elektrofysiologisch werk hier ook in die richting uit te breiden. Dit soort onderzoek vergt een forse investering aan instrumentatie en technische vaardigheid op uiteenlopend gebied. Men denke bijvoorbeeld aan de anaesthesie van de proefdieren, de chirurgische ingrepen bij het aanbrengen der elektroden, het zoeken en herkennen van de gewenste celtypen en de elektronische bewerking der gegevens. Aanvankelijk werd gehoopt een verband te kunnen leggen tussen het "navuren" van celpotentialen en neurale kleuradaptatie, maar dat is niet gelukt. Wel bleek de responsie van de cellen in het corpus geniculatum laterale op sinusvormige lichtsignalen overeen te komen met klassieke psychofysische flikker-fusie gegevens. Tijdens en na een verblijf van Padmos bij de National Institutes of Health in Washington werd de aandacht verlegd naar de visuele hersenschors. Het bleek mogelijk bij apen permanent een matrix van elektroden onder de schedel op de hersenschors aan te brengen, om daarmee regelmatige, over een langere periode uit te breiden experimenten aan dezelfde aap te kunnen uitvoeren. De aldus gemeten visueel opgewekte kortikale responsies vertonen overeenkomst met vergelijkbare psychofysische kleuradaptatie-experimenten en weerspiegelen weer de aanwezigheid van kleurantagonismen ergens tussen netvlies en cortex. In het algemeen werd het netvlies gestimuleerd met egale spatieel niet gestructueerde velden. Er zijn allerlei aanwijzingen dat het visuele systeem sterker reageert op spatiële patronen. De vraag rijst dan of, ondanks hun eenvoudige definitie, egale velden wel de optimale stimulering vormen? Experimenteel bleek er echter van bijzonder sterke patroonresponsies in de visueel opgewekte kortikale potentiaal bij de aap geen sprake te zijn.

Testen

Keuringen en selectie van krijgsmacht personeel voor gewone en bijzondere visuele taken stonden centraal op het eerste werkprogramma van de Werkgroep Waarneming. Het latere IZF heeft in deze zijn afkomst nooit verloochend. Tegenwoordig wordt dit werkkerrein vooral door Boogaard behartigd. Kenmerkend voor de inspanningen op dit gebied is dat zij, aangesneden door de militaire opdrachtgever ook meteen civiele toepassing kunnen vinden: een dankbaar stuk dienstverlening. Het omgekeerde doet zich trouwens ook voor.

In de eerste tijd werd gezocht naar een objectieve methode om de gezichts-scherpte te bepalen. Gebruik werd gemaakt van de optokinetische nystagmus, de

ritmische oogbewegingen die worden opgewekt als de onderzochte een lijnenpatroon ziet bewegen. Het bleek niet mogelijk op de detektie van deze oogbewegingen (subjektief door de onderzoeker zelf) een voldoende nauwkeurige en betrouwbare visus-bepaling te baseren.

In 1967 werd in opdracht van de Commissie Arbeids-Geneeskundig Onderzoek (CARGO) een nieuwe optotypen-kaart voor de gezichtsscherpte-bepaling ontworpen. De bestaande letterkaarten voldeden voor de gewone vergelijkbare visus-bepaling eigenlijk wel. Nu echter voor allerlei taken en beroepen keurings-eisen worden geformuleerd is meer en meer een gestandaardiseerde visus-bepaling gewenst. De nieuwe Landolt-ringkaart voorziet daarin, zeker nu zij dankzij intensieve nazorg op de markt is gekomen en reeds in ruime kring wordt gebruikt.

Aangezien in de handel verkrijgbare kleurzientests soms geen duidelijke uitspraak toelaten over de herkenning van gekleurde signaallichten werd daartoe een direkt op deze praktijk afgestemde testapparatuur samengesteld, die nu al weer vele jaren bij het keuren van vliegers in twijfelgevallen uitsluitend geeft. In de loop der jaren werden diverse kleurzientests op hun bruikbaarheid beoordeeld. Als krachtigste test kwam de zogenaamde HRR te voorschijn, in het bijzonder als haar uitkomsten iets anders worden gewogen dan volgens voorschrift. De opgebouwde deskundigheid wordt thans ingebracht in een internationale studie-kommissie voor de standaardisatie van kleurzientests, en incidenteel benut bij bijzondere selectie-problemen.

In 1969 werd de hulp van het IZF ingeroepen bij de selectie van tank-schutters met een goed dieptezienvermogen. Met behulp van ruispatronen (informatieloze vlakvulling met kriebeltjes en vlekjes) werd daartoe een nieuwe test ontwikkeld, waarbij de detektie van diepteverschillen wordt herleid tot het herkennen van optotypen. Dit levert een beter testkriterium op dan het toch altijd enigszins abstrakte begrip diepte zelf. Voor de kavalerie werd op deze basis een speciaal testapparaat vervaardigd. Voor civiel gebruik, in het bijzonder voor het tijdig opsporen van "luie" ogen bij kleine kinderen, werd een boekje met testkaarten in de handel gebracht.

Een boeiende vraag bij alle testerij betreft de relevantie van de normen zelf. Juist in de laatste tijd worden die kritischer bezien. Zo vraagt men zich bij de krijgsmacht af of men niet wat minder brildragers en kleurziengestoorden voor allerlei functies zou kunnen afkeuren. In de civiele sektor is de vraag hoe goed men nu eigenlijk moet kunnen zien om te mogen autorijden aan de orde.

Diversen

Een aantal onderwerpen valt buiten de geschetste hoofdstromen. In vogelvlucht willen we er hier een aantal noemen. In 1954 werd experimenteel vastgesteld met welke nauwkeurigheid bewegende doelen visueel kunnen worden gevolgd. In datzelfde jaar werd ook een studie gemaakt over de beste strategie bij visuele zoektaken. Sedert 1957 werden voor gebruik door anderen een aantal door het IZF ontwikkelde handflikkerfotometers vervaardigd. Latour onderzocht tussen 1960 en 1966 de drempelverhoging, die optreedt tijdens oogbewegingen en bracht de timing daarvan in verband met een algemene inwendige hersenklok. Sedert 1964 werden enkele bijdragen geleverd tot de beschrijving van het temporele zien aan de hand van psychofysische overdrachtsfuncties (De Lange karakteristieken). In het begin van de jaren '60 werd een automatische pupillograaf ontwikkeld, mede omdat ook in de experimentele psychologie belangstelling bestaat voor het registreren van de pupilreflex als objektief teken van emotie, aandacht en vermoeidheid. Ongeveer in diezelfde tijd onderzocht Dunnewold de klinische bruikbaarheid van het Stiles-Crawford-effekt en het Campbell-effekt, volgens welke de gevoeligheid, respektievelijk de gezichtsscherpte afnemen naarmate men het licht meer excentrisch door de pupil laat binnenkomen. Eerder was bij het IZF al een klinisch Stiles-Crawford toestel ontwikkeld, dat zijn weg naar enkele andere laboratoria vond. Met regelmaat werden proeven gedaan over de waarneembaarheid van objekten en de hinder van lichtbronnen bij het waarnemen in het vrije veld. Genoemd werden reeds het onderzoek over de lichtsterkte-regeling bij landingsbanen. Andere voorbeelden: het beste flitskarakter voor boeien, het bereik van helderheidsversterkers. Bij al deze onderzoeken was kennis van de atmosferische eigenschappen nodig, een kennis die in 1961 o.a. uitmondde in de konstruktie van een nachtzichtmeter.

Er is in deze rubriek nog veel meer te noemen maar we zetten hier een betrekkelijk willekeurige punt, na op de valreep te hebben vermeld, dat over de hele periode voor anderen, binnen en buiten het IZF, lichtmetingen en ijkingen werden verricht.

A. van Meeteren

OVERZICHT VAN 20 JAAR AUDIOLOGISCH ONDERZOEK

Slechts enkele jaren nadat de Werkgroep Waarneming was opgericht werd vanuit de krijgsmacht delen de behoefte gevoeld het werkprogramma uit te breiden met audiologisch onderzoek. Omstreeks 1953 waren de klinieken voor keel-neus- en oorheelkunde aan de rijksuniversiteiten de enige centra in Nederland waar het horen van de mens in studie was. Het bestuur van de Rijksverdedigingsorganisatie wendde zich tot drs. J.J. Groen, hoofd van het Audiologisch Laboratorium aan de KNO-kliniek van de Rijksuniversiteit te Utrecht. Sinds 1 januari 1953 trad hij op als leider van de afdeling Audiologie van de Werkgroep Waarneming. Daar het duidelijk was dat een wetenschappelijk medewerker full-time met dit onderzoek diende te worden belast, werd R. Plomp nog voor zijn afstuderen als natuurkundig ingenieur aan de Technische Hogeschool te Delft in 1953 aan de werkgroep verbonden om zich onder leiding van drs. Groen speciaal bezig te houden met het audiologisch onderzoek.

De eerste vragen die aan de afdeling Audiologie werden voorgelegd weerspiegelen reeds de terreinen waarop deze afdeling zich in de loop der jaren zou ontwikkelen. Deze vragen betroffen de gehoorbescherming tegen overmatig lawaai, de audiometrie als voorbeeld van de problematiek van de detektie en diskriminatie van geluidsignalen en de spraakverstaanbaarheid onder ongunstige condities van omgevingslawaai e.d. Daar in de ontwikkeling van de afdeling Audiologie een keerpunt rond 1964 te bespeuren valt, zal het werk op deze gebieden gedurende de eerste tien jaren afzonderlijk worden behandeld.

Gehoorbescherming en geluidhinder

De eerste vragen op het terrein van de gehoorbescherming betroffen de kwaliteit van bepaalde gehoorbeschermende middelen, zowel door de Kon. Marine als door de Kon. Luchtmacht aan de orde gesteld. Het werd echter al spoedig duidelijk dat de toepassing van deze persoonlijke beschuttingsmiddelen niet los gezien kon worden van de vraag in welke mate bepaalde lawaaitypen leiden tot gehoorverliezen van het aan het lawaai blootgestelde personeel. Reeds in 1955 werd een rapport uitgebracht over de gehoorverliezen die rijinstrukteurs van tanks hadden opgelopen ten gevolge van de hoge geluidniveaus in deze voertuigen. Nadat in 1956 de KNO-arts D.W. Gravendeel op part-time basis en A.M.

Mimpen als technicus aan de werkgroep verbonden werden, kon dit probleem uitvoeriger worden bestudeerd. Veel aandacht werd gegeven aan de nadelige effecten van de mondingsknallen van vuurwapens, met name de handvuurwapens. Niet alleen werden uitvoerige audiometrische studies over de gehoorverliezen van het bedienend personeel verricht, maar ook werd het effect van gehoorbeschermers op de tijdelijke drempelverhoging ten gevolge van het schieten onderzocht, werden de kanalen fysisch geanalyseerd en werd de uitvoering van schietbanen in het onderzoek betrokken. In de periode 1956-1964 verschenen hierover niet minder dan 11 rapporten, waarvan 3 tevens in een vaktijdschrift werden gepubliceerd. Als resultaat van deze onderzoeken werden in de krijgsmacht bindende voorschriften over het gebruik van gehoorbeschermers op schietbanen uitgegeven en akoestische verbeteringen aan deze banen gerealiseerd.

Echter niet alleen het lawaai van het schieten, maar ook de meer continue lawaaitypen, met name in tanks en rondom proefdraaiende vliegtuigen, werden uitvoerig onderzocht op hun nadelige effecten op de mens. Daarnaast bleven de op de markt komende gehoorbeschermers aandacht vragen en werden vele metingen verricht in werkplaatsen, bunkers, aan boord van schepen enz. die mede hebben geleid tot het opstellen van aanbevelingen met betrekking tot de geluidhinder.

Naast en in aanvulling op deze praktijkmetingen werd in het laboratorium onderzocht in welke mate sterk geluid van verschillende frekwenties tot tijdelijke drempelverhogingen leidt. Op grond van vergelijkingen van dergelijke resultaten met permanente gehoorverliezen kon worden vastgesteld dat er een grote overeenkomst tussen de tijdelijke en blijvende effecten van overmatig geluid bestaat.

Detektie en diskriminatie van geluiden

In de loop van de eerste jaren bleek steeds meer dat een goede achtergrond van meer fundamenteel onderzoek noodzakelijk geacht moet worden om de vele vragen vanuit de praktijk adequaat te kunnen beantwoorden. Hiervoor werd in de eerste jaren als onderwerp gekozen de detektie van enkele en periodieke toonstoten als functie van hun duur, toonhoogte en aantal per seconde. Voor dit onderzoek moest eerst de noodzakelijke apparatuur worden ontworpen en gebouwd. In 1954 werd hiervoor M.G. Boorsma aan de afdeling toegevoegd, die na zijn vertrek in 1956 opgevolgd werd door A.M. Mimpen, reeds eerder genoemd. Uit de onderzoeken bleek dat het gehoororgaan de geluidenergie integreert

met een tijdconstante van 0,1 à 0,2 seconden. De resultaten werden in een tweetal artikelen in 1959 resp. 1961 gepubliceerd. Zij droegen in belangrijke mate bij tot het leggen van contacten met onderzoekers in het buitenland.

Na zijn promotie in 1957 op een visueel onderwerp, hield dr. G. van den Brink zich tot zijn vertrek in 1963 eveneens met gehooronderzoek bezig. Hij richtte zijn aandacht primair op de overeenkomst in sommatie-eigenschappen van oog en oor.

In dit verband kan worden opgemerkt dat de medewerkers ir. R. Plomp en A.M. Mimpfen in 1957 "verhuisden" uit de hen in het Audiologisch Laboratorium in het Academisch Ziekenhuis te Utrecht ter beschikking gestelde ruimten naar het gebouw van het Luchtvaartgeneeskundig Centrum te Soesterberg waar de Werkgroep Waarneming gehuisvest was. Hoewel de relatie met drs. J.J. Groen ook hierna nog wel behouden bleef door zijn adviseursschap van het audiologisch onderzoek, duidde de verhuizing in feite toch op het volwassen worden van deze in de kliniek geboren afdeling.

Spraakverstaanbaarheid

Als derde veld van onderzoek werd in de aanvang de spraakverstaanbaarheid onder ongunstige condities genoemd. Reeds vanaf het begin is hieraan permanent een gedeelte van de activiteiten gewijd geweest. Door ir. R. Plomp werd in 1954, mede op basis van talrijke in fotokopie uit de Verenigde Staten ontvangen rapporten, een uitvoerige literatuurstudie verricht over de factoren die de kwaliteit van spraakoverdracht bepalen. Het lijvige rapport heeft vele jaren daarna als goede basis voor verder onderzoek gediend.

Naast vragen over de bruikbaarheid van telefonie-apparatuur kwam de kwestie aan de orde in hoeverre een goede spraaktraining van het bedienend personeel nuttig zou kunnen zijn. Om hieraan nadere aandacht te kunnen schenken, kwam in 1955 G. Leget, die een logopaedische opleiding had gevolgd, in dienst. Mede in verband met zijn vertrek na een half jaar, heeft deze ontwikkeling zich niet kunnen doorzetten.

Van de andere onderzoekingen die in deze jaren werden uitgevoerd kan nog de vraag genoemd worden in welke mate het dragen van een gasmasker de spraakverstaanbaarheid beïnvloedt. In 1963 werd een nieuwe fysische methode ontwikkeld, waarbij de kwaliteit van de spraakoverdracht wordt afgeleid van de geluidverzwakking van het gasmasker over het gebied van de spraakfrequenties. Voorspellingen op basis van deze methode bleken goed met de resultaten van

direkte verstaanbaarheidsmetingen te korreleren. Ook in het buitenland heeft deze methode bekendheid gekregen.

Stand van zaken rond 1964

Zoals gezegd, kan men 1964 in zekere zin als een markeringspunt in de ontwikkeling van de afdeling audiologie beschouwen. Men zou ook van een kritisch jaar kunnen spreken. In 1963 hadden zowel de inmiddels gepromoveerde dr. D.W. Gravendeel als dr. G. van den Brink het Instituut voor Zintuigfysiologie verlaten, zodat ir. R. Plomp en A.M. Mimpfen als enige medewerkers voor audiologisch onderzoek waren overgebleven. Het part-time dienstverband van de KNO-arts dr. J.H. Rietjens leidde door zijn spoedig vertrek niet tot een eigen inbreng. Voor de continuïteit van het werk was dit alles zeer nadelig, terwijl het ook niet mogelijk was de activiteiten op dezelfde schaal als voorheen voort te zetten.

Gelukkig kon deze ongunstige toestand door het aantrekken van nieuwe medewerkers binnen enkele jaren aanzienlijk worden verbeterd. In 1964 trad ir. T. Houtgast in dienst, een jaar later H.J.M. Steeneken als hoger elektronikus en in 1966 ir. L.C.W. Pols na reeds zijn militaire dienst als gedetacheerde bij de afdeling te hebben doorgebracht. Als student werkte G.F. Smoorenburg eveneens reeds in 1966 bij het instituut, waarna hij via een enige jaren durend dienstverband met ZWO in 1971 opnieuw bij de afdeling kwam.

Niet alleen personeel, maar ook materieel zijn de laatste 10 jaren bijzonder gunstig geweest. In 1968 kwamen in het nieuwe gebouw voor het eerst uitstekende meetruimten ter beschikking die specifiek voor het gehoor- en spraakonderzoek waren ontworpen. Sinds in 1966 de eerste digitale komputer zijn intrede bij het instituut deed, is in toenemende mate van deze voor ons onderzoek zo bijzonder geschikte apparatuur gebruik gemaakt.

De uitbreiding met nieuwe medewerkers betekende enerzijds dat het werk voortgang kon vinden, anderzijds dat nieuwe onderzoekingen konden worden aangevangen. In de loop van de laatste 10 jaren is de afdeling Audiologie uitgegroeid tot een volwaardige groep die zowel nationaal als internationaal goede bekendheid heeft gekregen. De ontwikkeling in de loop van 20 jaar wordt weerpiegeld in het aantal rapporten en publikaties zoals deze in de onderstaande tabel zijn samengevat. De tussen haakjes vermelde cijfers geven aan hoeveel van de rapporten betrekking hebben op onderzoek voor civiele opdrachtgevers.

De tabel laat duidelijk zien dat na 1964 veel meer aandacht dan voorheen

geschonken kon worden aan de onderzoekgebieden 2 en 3 en dat het aantal publikaties sterk toenam, hetgeen o.a. een gevolg is geweest van de grotere ruimte voor de noodzakelijke achtergrondresearch. Laten we nu aan de hand van de driedeling de ontwikkeling vanaf 1964 nader onder de loep nemen.

onderzoekgebied	1953-1958	1959-1963	1964-1968	1969-1973
1. gehoorbescherming en geluidhinder waarvan publikaties	17 (1) 2	23 (3) 6	28 (4) 4	32 (9) 3
2. detektie en diskriminatie van geluidsignalen waarvan publikaties	1 -	9 7	23 22	25 (1) 18
3. spraakonderzoek waarvan publikaties	7 -	2 (1) -	16 (1) 1	44 (1) 21
totaal waarvan publikaties	25 (1) 2	34 (4) 13	67 (5) 27	101 (11) 42

Gehoorbescherming en geluidhinder

De aandacht die dit werkgebied in de laatste 10 jaren gekregen heeft, was zeker niet minder dan in de jaren daarvoor. Deze aandacht betrof in de eerste plaats de akoestische kwaliteiten van gehoorbeschermers. Naast opdrachten van de krijgsmacht delen voor de evaluatie van nieuw op de markt gekomen gehoorbeschermers, die meestal via een vergelijkend onderzoek van een aantal fabrieken werden onderzocht, wendden zich steeds vaker de fabrikant of importeur rechtstreeks tot het instituut voor een onderzoek van hun gehoorbeschermers.

Daarnaast heeft het lawaai bij het schieten met lichte maar ook zware vuurwapens steeds op het programma gestaan, met name het meten en analyseren van de mondingsknallen. Op deze wijze is in de loop der jaren een inventarisatie ontstaan van de geluidsniveaus der diverse wapens, waarvan gebruik gemaakt wordt voor het adviseren van beschermende maatregelen.

Ook het lawaai en de daarmee gekoppelde lawaaihinder van meer continue geluiden kreeg aandacht. Met name aan boord van schepen, in en rondom tanks en in werkplaatsen werden verscheidene meetprogramma's uitgevoerd om te kunnen adviseren t.a.v. de kans op gehoorbeschadiging, de verstoring van de spraakcommunicatie en de verdere hinder van het lawaai. Het zal duidelijk

zijn dat deze praktijkmetingen zich over het algemeen weinig leenden voor publikaties anders dan in rapporten.

Detektie en diskriminatie van geluidsignalen

Zoals uit de tabel blijkt heeft dit gebied sinds 1964 veel meer aandacht gekregen. Vooral met het oog op de spraakperceptie is het noodzakelijk geweest meer inzicht te krijgen in de wijze waarop het gehoororgaan tonen percipieert. Deze onderzoekingen hebben zich in verschillende richtingen uitgestrekt, waarvan er enkele worden genoemd:

1. De mate waarin wij in staat zijn gelijktijdig tonen te diskrimineren. Met behulp van tooncomplexen toonde ir. Plomp aan dat de zgn. kritische bandbreedte als maat voor de filtereigenschappen aan het gehoororgaan op bevredigende wijze de diskriminatiemogelijkheid beschrijft. De publikaties hierover hebben ruime aandacht verkregen.
2. De frekwentie-analyse van het oor is nauw verbonden met vele andere aspecten van het horen, zoals niet-lineaire vervorming, het waarnemen van zweepingen, het optreden van dissonantie en de toonhoogtewaarneming. De onderzoekingen die ir. Plomp hierover verrichtte vormden in 1966 de dissertatie waarop hij bij prof.dr. M.A. Bouman promoveerde.
3. Gedurende einige jaren heeft ir. Houtgast zich voor een gedeelte van de tijd bezig gehouden met het richtinghoren, zowel in meer fundamentele zin als in direkt op de praktijk gerichte experimenten i.v.m. de lokaliseerbaarheid van akoestische waarschuwingssignalen.
4. De bestudering van de niet-lineaire vervorming van het gehoororgaan werd in een door ZWO gesubsidieerd dissertatie-onderzoek voortgezet door drs. Smoorenburg. Deze verbond de kombinatietonen met de toonhoogte van niet-harmonische tooncomplexen en kon o.a. aantonen dat deze kombinatietonen voor bepaalde kondities een grote rol spelen bij de toonhoogte-waarneming. De promotie vond in 1971 plaats.
5. De frekwentie-analyse is eveneens van essentiële betekenis bij het waarnemen van verschillen in timbre of klankkleur. In nauwe relatie met het spraakonderzoek werden hierover door dr.ir. Plomp en ir. Pols sinds 1967 experimenten verricht die de korrelatie met het geluidspektrum fraai illustreerden.
6. Het is ir. Houtgast gelukt aan te tonen dat, vergelijkbaar met de bekende Mach-banden bij het zien, ook bij het horen contrastversterkende mechanis-

men werkzaam zijn die de frekwentie-analyse verscherpen. De onderzoeken hierover zijn samengevat in een dissertatie waarop hij onlangs promoveerde.

Spraakonderzoek

Was in de eerste 10 jaren sprake van een aantal meer incidentele metingen op het gebied van de spraakverstaanbaarheid, na 1964 is zowel op dit gebied als op dat van de spraakanalyse een meer systematische aanpak gekomen. Deze ontwikkeling kwam voort uit de hierboven genoemde studies over de diskriminatie van tonen, met name betreffende frekwentie-analyse en timbreperceptie. Spraak kan immers opgevat worden als een opeenvolging van geluidspektra en de informatie-inhoud is gekoppeld aan ons vermogen deze spektra te onderscheiden. Door ir. Pols werd in samenwerking met dr.ir. Plomp en L.W.M. Spiekman op de in 1966 beschikbaar gekomen computer een aantal studies over de diskriminatie van klinkers in relatie tot hun verschillen in geluidspektra verricht. Op deze spektra werden statistische datareduktietechnieken toegepast om de essentiële informatie uit deze gegevens te halen. Het bleek dat langs deze weg een uitstekende korrelatie met de verschillen tussen klinkers zoals we deze horen werd verkregen. Daarna werd als volgende stap nagegaan of deze datareduktie gebruikt zou kunnen worden voor het machinaal herkennen van gesproken woorden. Vervolgens werd het systeem uitgebreid met de mogelijkheid spraak te synthetiseren op basis van de gereduceerde gegevens. Deze benaderingen zijn bijzonder succesvol geweest en hebben tot een groot aantal publicaties gedurende laatste jaren geleid.

Daarnaast bleef er de vraag in hoeverre de spraakverstaanbaarheid voor een meer fysische benadering dan de traditionele aanpak met sprekers en luisteraars in aanmerking komt. Door ir. Houtgast werd in samenwerking met H.J.M. Steeneken een kunstmatig signaal ontwikkeld waarvan de overdracht via het te onderzoeken communicatiesysteem uitstekend met de verstaanbaarheid korreleert (STIDAS). Deze methode is in de laatste jaren op ruime schaal voor het evalueren van verbindingssystemen toegepast en heeft haar bruikbaarheid bewezen. De grote voordelen liggen in de objectiviteit en snelheid van de metingen. Meer recent is nagegaan of de elders, bijv. in de optiek, bekende modulatie-overdrachtsfunctie bruikbaar is voor het beoordelen van overdrachtsystemen, zoals bijv. in een zaal met nagalm, waarin tijdafhankelijke storingen optreden. Ook deze aanpak heeft tot veelbelovende resultaten geleid die reeds in het buitenland aandacht hebben getrokken.

Resumerend kan worden gezegd dat deze nieuwe ontwikkelingen van het spraakonderzoek tot belangrijke vernieuwingen van de aanpak van enige urgente vragen hebben geleid, waarvan ook in de toekomst nog veel kan worden verwacht.

Overzien we ten slotte, na deze 20 jaren gehoor- en spraakonderzoek, de situatie van dit moment, dan kan worden gezegd dat de afdeling Audiologie zich een duidelijke plaats heeft verworven zowel in nationaal als internationaal opzicht. Dit laatste moge o.a. blijken uit de benoeming in 1972 van dr. ir. Plomp tot buitengewoon hoogleraar in de experimentele audiologie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam en uit het in 1969 gehouden internationale symposium over frekwentie-analyse en periodiciteitsdetectie, waarvan de organisatie aan de afdeling werd toevertrouwd.

R. Plomp

EXPERIMENTELE PSYCHOLOGIE OP HET IZF

Het begin

Het doel van psychologisch werk op het IZF was aanvankelijk nogal geënt op de Nederlandse opvattingen over psychologie in de vijftiger jaren. De aanleiding tot het aantrekken van een psycholoog in 1956 was het verschijnsel dat sommige visuele experimenten aanzienlijk individuele verschillen vertoonden. Vanuit de persoonlijkheidsleer zouden deze verschillen wellicht zinnig verklaard kunnen worden. De oudste psychologische werkstukken dragen dan ook het signatuur van het onderzoek naar individuele verschillen: bij het waarnemen van de stroboskopische beweging en het autokinetisch effect, bij de interpretatie van morse signalen - waaruit een selektietest voor seiners voortvloeide - en met betrekking tot de omvang van de pupilreflex.

Dit type onderzoek is daarna grotendeels verlaten en was na 1959 zeker niet meer het hoofddoel van het psychologisch werk, al wordt er incidenteel nog wel aan selektietests gewerkt (bijvoorbeeld bij het RASURA onderzoek). In de plaats van de individuele verschillen en de persoonlijkheidsleer kwam het onderzoek naar psychologische functies als zodanig, toegespitst op de prestatietheorie.

Het eerste driemanschap

Voordat de afdelingsstructuur in het laboratorium werd ingevoerd bewerkte het psychologisch driemanschap van die tijd (1961-1966), te weten Levelt, Michon en Sanders nogal uiteenlopende onderwerpen. Levelt kreeg te maken met een opdracht over de kwaliteit van fotoïnterpretatie met en zonder stereoskoop, hetgeen hem stimuleerde tot een proefschrift over binokulaire rivaliteit. Michon werkte aanvankelijk aan de toepassing van de informatietheorie, met name aan redundantieverschijnselen. Daarna raakte hij betrokken bij een opdracht van de Gezondheidsorganisatie TNO over de meting van perceptie-motorische last. Als meetinstrument hiervoor werden door hem de mogelijkheden van interval produktie (bijv. tappen) als neventaak nagegaan. De processen, die zich bij het waarnemen en genereren van tijdsintervallen afspelen, boden ruime stof voor een dissertatie. Sanders werkte aan een opdracht over effecten van lawaai op de werkprestatie, waarbij o.a. gevonden werd dat de gevoeligheid voor lawaai afhing van de gezichtshoek die een visuele taak in beslag nam. Dit

was het begin van een projekt over de structuur van het funktioneel gezichtsveld met het idee dat dit onderzoek ook informatie over de perceptieve last van een taak zou opleveren. Uit deze voorbeelden moge blijken hoe elk van de leden van het psychologisch team in die jaren zijn eigen weg vond.

Naast de geschetste onderzoeken werden tussen 1961 en 1966 nog een aantal toegepaste onderzoeken verricht, die vermelding verdienen. Sommige hadden een betrekkelijk beperkte omvang, zoals het werk over het relatief schatten van aantallen leukocyten op een bloedpreparaat en het onderzoek over optimale zoekstrategieën bij radarwaarnemers. Andere onderzoeken waren het begin van een hele reeks: de experimenten over de optimale kleur van werkjasjes voor wegwerkers en klaar-overs luidden het verkeersonderzoek in. Het probleem van de doorvaart van duwbotten in sluzen was het begin van een groot programma over het manoeuvreren van schepen. Voor de Rijksluchtvaartdienst werd een studie verricht over de ergonomische aspecten van een gekomputeriseerd systeem voor verkeersleiding. Dit had een vervolg in verschillende opdrachten met betrekking tot opleiding en training van aspirant verkeersleiders. Ongetwijfeld heeft de experimentele psychologie in de periode 1961-1965 een eigen gezicht binnen het instituut gekregen en zijn bedding gevonden.

Onderzoek ten behoeve van het verkeer

Het invoeren van de afdelingsstructuur in 1966 betekende niet dat abrupt een nieuwe periode werd ingeluid. Wel kwamen in de eerste afdelingsjaren bovengenoemde toegepaste programma's op volle gang wat een fabelachtige groei van het opdrachtenpakket betekende. In die jaren werden ook de kontakten, zowel nationaal als internationaal, sterk uitgebouwd. Voorbeelden hiervan zijn de Attention and Performance symposia en de oprichting van de Nederlandse Stichting voor Psychonomie waarbij medewerkers van de afdeling een belangrijke rol speelden.

In 1968 was de verkeersresearch door de regelmatige opdrachten van de SWOV en van militaire instanties zodanig gegroeid dat tot splitsing van de afdeling werd besloten. Een aparte afdeling werd voortaan belast met de studie van het gedrag van de deelnemer aan het wegverkeer. Vóór de splitsing was o.a. gewerkt aan de zijspiegel van auto's, met name aan het effect van bolle spiegels op het beslissen bij inhaalmanoeuvres, de plaats van de spiegel op de auto, en aan het effect van alcoholgebruik op de rijprestatie. Er was ook een begin gemaakt met de ontwikkeling van een experimentele auto. Al dit werk

werd door de nieuwe afdeling Verkeersgedrag overgenomen en voortgezet.

De afdeling Psychologie had tot 1972 de handen vol aan het pakket over lucht- en zeeverkeer. Voor de luchtvaart waren er twee grote ontwikkelingsprojecten met betrekking tot de vernieuwing van de opleiding van verkeersleiders. Deze werden in 1972 afgesloten.

Het eerste werk over het manoeuvreren van duwbotten in sluizen was in een schaalmodel verricht. Een betere oplossing voor dit soort onderzoek bood de door de komputer gestuurde dynamische simulatie. In samenwerking met het IWECO en later het NSP werden dynamische manoeuvreersimulators ontwikkeld waarin sinds 1968 diverse aspecten van het manoeuvreren van grote zeeschepen in nauw vaarwater zijn bestudeerd. Voorbeelden hiervan zijn het onderzoek naar koersinstabiliteit, over het decca systeem en over walradar. Voor achtergrondresearch over de complexe kognitieve processen, die bij varen een rol spelen, was in het kader van het opdrachtenpakket aanvankelijk weinig ruimte. Maar in 1970 kon er een begin gemaakt worden om dit moeilijke gebied te betreden. Langzamerhand is dit de typische interessesfeer van Truijens geworden. Van groot belang voor dit onderzoek is dat rond 1970 de afdeling een eigen digitale komputer ter beschikking kreeg.

Fundamenteel onderzoek na 1966

Een ander meer fundamenteel projekt dat tussen 1966 en 1972 aan de orde kwam, was dat van Wagenaar over het produceren van willekeurige reeksen en, meer in het algemeen, over subjektieve ideeën van waarschijnlijkheid. Opnieuw een heel ander gebied, dat echter een brug bleek te slaan naar volgordeproblemen in de psychofysika en bovendien expertise kweekte over de vraag hoe mensen kansen beoordelen en, op grond daarvan, beslissingen nemen. Het onderzoek over beslissen was reeds in 1966 als een belangrijk onderwerp in het researchpakket van de afdeling opgenomen - vooral met het oog op verkeersonderzoek - maar de uitbouw raakte door tijdsgebrek wat in het slop.

Verder werd in deze periode (1966-1972) regelmatig onderzoek verricht over onmiddellijk geheugen - als een belangrijke toegang tot de analyse van stimuluskodering - en over het reactieproces. Deze onderwerpen zijn langzamerhand tot het vaste werkpakket van de afdeling gaan behoren. Vooral de studie van het onmiddellijk geheugen wordt thans gestimuleerd doordat Bunt op een ZWO projekt aan deze materie werkt.

Dit pakket werd in 1970 uitgebreid met de studie van psychofysiologische

variabelen - vooral met betrekking tot hersenactiviteit - waaraan Gaillard zijn krachten wijdt. Dit onderzoek wordt in twee richtingen uitgebouwd. Ten eerste wordt gewerkt aan de relatie tussen fysiologie, arbeid en stress (e.g. vermoeidheid). Daarnaast wordt gezocht naar fysiologische korrelaten van reaktie variabelen. De ontwikkeling van dit werk is zeer bevorderd door de aanwezigheid van Näätänen in 1972 op een buitenlandse bezoekersbeurs van ZWO. Trouwens, in het algemeen zijn er sinds 1966 regelmatig buitenlandse gastmedewerkers op de afdeling geweest, zoals van Eyl, Moss, Trumbo en momenteel in 1974, Noble. Hun specialistische kennis heeft zeer stimulerend gewerkt.

Hoe verder?

In dit overzicht is de geschiedenis van de afdeling in een drietal fasen behandeld: hoe het begon (1956-1960), hoe het groeide (1961-1966), en hoe het een vaste structuur kreeg (1966-1973). De indruk is dat de afdeling thans naar een volgende periode groeit waaraan nog moeilijk een naam te geven is. Recente tijden zijn namelijk een aantal dingen veranderd. De grote toegepaste projecten op het gebied van het luchtverkeer en het scheepvaartverkeer zijn vrijwel beëindigd. De vraag rijst in welke richting de dienstverlening van de afdeling zich nu verder moet ontwikkelen. Hieraan verwant is de vraag naar de grenzen van de expertise, die een kleine researchgroep kan opbouwen met handhaving van een minimum aan homogeniteit. Het feit dat Wagenaar, als ervaren kracht, in 1973 de afdeling verliet doet deze vragen nog extra scherp uitkomen. In welke richting een nieuw evenwicht zal groeien is momenteel nog moeilijk te zeggen.

A.F. Sanders

TWINTIG JAAR TECHNISCHE MENSKUNDE

De eerste stappen

Als een aspekt van de cyklus waarnemen-verwerken-beslissen-handelen is de relatie mens-techniek het speciale werkgebied van de ergonomie. Het gaat hierbij om de aanpassing van de werksituatie aan de mogelijkheden van de mens, zowel in fysiek als in geestelijk opzicht.

In het IZF werd reeds vroeg het belang van een eigen aktiviteit in deze richting ingezien. Nadat Lazet in 1954 zijn intrede had gedaan bij de Werkgroep Waarneming begonnen de ergonomische werkzaamheden zich in vastere vormen af te tekenen. De naam "Technische Menskunde" werd in 1961 door Bouman ontworpen als ekwivalent voor ergonomie of human engineering. Binnen het IZF werd op deze wijze de sterk praktisch gerichte doelstelling van de nieuwe groep geaksentueerd, ook al in samenhang met het inzicht dat ergonomische doeleinden in ruimere zin eveneens werden nagestreefd door de reeds bestaande researchgroepen.

Na een start over de vormgeving van instrumentele informatie kwam op basis van experimenteel onderzoek een ontwerp tot stand van standaard letters en -cijfers. Het was niet toevallig dat spoedig hierop, in 1956, nieuwe kontakten met de Koninklijke Marine gelegd werden. Er kwamen vragen binnen over instrumenten en bedieningsmiddelen aan boord van onderzeeboten. Vermelding verdient het feit dat hierbij al aanstonds gestart werd met modelbouw op ware grootte. In de loop der jaren is het maken van deze modellen (mock-up's) steeds weer een onmisbaar hulpmiddel gebleken bij de voortgang van de diverse projekten. Beter dan door een tekening wordt een ontwerp aanschouwelijk gemaakt door een (meestal uit hout vervaardigd) prototype. De mock-up dient enerzijds voor studie en onderzoek, en anderzijds voor een efficiënt overleg met de opdrachtgever. Door de relatief lage bouwkosten en de mogelijkheid velerlei aanpassingen en wijzigingen aan te brengen levert deze werkwijze ook steeds weer technische en ekonomische voordelen op. De eerste civiele opdracht werd uitgevoerd in 1957, voor de AKU; ook in dit geval ging het over de afleesbaarheid van instrumenten.

Uitbouw in de jaren zestig

Geleidelijk breidden nu de werkzaamheden zich uit, met name op de gebie-

den van kleurgeving, verlichting, en de inrichting van technische ruimten. Het eerste werk voor de Koninklijke Luchtmacht werd verricht in 1960; het ging hierbij over de uitvoering van plottafels.

In 1962 zag de eerste editie van het zakboek "Technische Menskunde" het licht. Het werd samengesteld door Lazet en bevatte naast een hoeveelheid eigen praktijkervaring ook de nodige achtergrondinformatie op het gebied van de cyclus waarnemen-verwerken-beslissen-handelen. Het boekje voorzag blijkbaar in een bestaande behoefte; het werd in 1967 in tweede versie uitgegeven als "Gids voor Technische Menskunde".

Van de lopende activiteiten op het gebied van advieswerk en onderzoek vanaf de jaren '60 zijn als voorbeelden te noemen: adaptatie-verlichting in onderzeeboten, ontwikkeling van registratieapparatuur voor oogbewegingen, inrichting van verblijven aan boord van schepen, vormgeving van bedieningsmiddelen en dashboard in vrachtwagens, herkenbaarheid van verkeersborden en van registratietekens op vliegtuigen, ontwerpen van blindschema's en plotsystemen, verlichting van scholen, hospitalen en bunkers, enz. Hiernaast werden enkele tachystoskopische apparaten ontwikkeld (o.a. voor de studie over de herkenbaarheid van verkeerstekens).

In 1963 werd voor het eerst een volledige navigatiebrug als mock-up gebouwd, t.w. voor de fregatten van de Van Speijk-klasse. Het werk voor de Koninklijke Marine groeide sindsdien verder uit tot een vast en vrij omvangrijk gedeelte van de werkzaamheden binnen de afdeling. De opdrachten bleven niet beperkt tot de navigatie als zodanig en tot de inrichting van de brug, maar kregen geleidelijk ook betrekking op andere operationele ruimten, zoals kommandocentrale, technische centrale, onderzeeboot-centrale, en machinekamer-kontrolepost. Een grote verscheidenheid van schepen passeerde hierbij in de loop der jaren de revue, zoals onderzeeboten, mijnenjagers, torpedojagers, diverse typen van fregatten, loods- en betonningsvaartuigen, een hydrografisch vaartuig, en een oceanografisch onderzoekingschip.

De eerste (civiele) contacten met de Rijkswaterstaat ontstonden in 1965, nadat voor het Waterloopkundig Laboratorium onderzoeken waren verricht over optische geleiding en richtmiddelen van duwbooteenheden. Deze problematiek werd verder onderzocht specifiek voor de Volkeraksluizen, voor welk doel een schaalmodel van het sluiscomplex gebouwd werd. In volgende jaren werden aan de Rijkswaterstaat enige malen adviezen gegeven over de inrichting van speciale kabines, in gebruik bij de uitvoering van de Deltawerken en over de inrichting van diverse sluisbedieningsposten. In het geval van

de Kreekraksluizen werden o.a. ook de mogelijkheden van TV-bewaking onderzocht. Naast proefopstellingen en modellen op verkleinde schaal werd ook in deze gevallen voor het eindadvies steeds een mock-up gebouwd. Andere opdrachten van de Rijkswaterstaat hadden betrekking op de inrichting van een onderzoeksvaarttuig, en op de uitvoering van werken aan de nieuwe havenmond te Hoek van Holland. In dit laatste geval ging het o.a. om verlichtingsproblemen en over optische geleidingsmiddelen voor de scheepvaart. Voor dit onderzoek werd een maquette gebouwd van het havenmondgebied; waarnemingsproblemen voor de scheepvaart konden hierbij onderzocht worden o.a. met behulp van een rijdende TV-kamera.

De vestigingsplaats van het Instituut, hoog en droog in Soesterberg, vormde geen beletsel voor nog meer activiteiten verband houdende met het water; voor verschillende opdrachtgevers werd advieswerk verricht betreffende inrichting en bediening van drijvende en varende zandzuigers e.d.

Het bonte palet

De gevaren te land werden echter niet veronachtzaamd; genoemd kunnen bijvoorbeeld worden onderzoeken over de waarneembaarheid van gevarendriehoeken, over achteruitkijkspiegels, over mist-achterlampen, over de verlichting van groot militair transport, en over de inkleding van het z.g. verkeersongevallenrapport (VOR).

Voor de Koninklijke Landmacht werd een vergelijkend onderzoek verricht over de camouflage van straalverbinding apparatuur in het open veld (1966), en in volgende jaren werd vooral vaak advies gegeven inzake verlichting, kleurgeving en inrichting van bunkers, kommando- en verbindingcentrales, wand- en plotborden, enz. Ook werd enige malen deelgenomen aan ontwikkelingsonderzoek in het kader van geklassificeerde projecten. Op het gebied van militaire voertuigen werd onderzoek verricht over geschutskoepels, het effect van trillingen, het gebruik van infraroodkijkers, de plaatsing van periskopen, enz. Ook werd een antropometrisch literatuuronderzoek verricht, mede met het oog op in de toekomst te verwachten ontwikkelingen ten aanzien van de lichaamsafmetingen.

Uit het bovenstaande komt duidelijk naar voren hoe groot de verscheidenheid is van de onderwerpen die in de afdeling aan de orde komen. Dit berust niet op toeval; de veelheid van onderwerpen vloeit rechtstreeks voort uit de doelomschrijving van de ergonomie: de relatie mens-techniek. De lijst

van verrichte werkzaamheden zou dan ook nog aanzienlijk te verlengen zijn. Slechts om het beeld van de voorbije jaren enigszins af te ronden kunnen nog als voorbeelden vermeld worden: inrichting van operationele ruimten en een telefooncentrale voor de Rijksluchtvaartdienst, vormgeving van apparatuur voor een luchtverkeersleidingscentrum, onderzoek over de afleesbaarheid van elektronische displays (in verband met de vormen van cijfers en letters), over de toepasbaarheid van TV voor plotsystemen, over bedieningsaspecten van sonar-apparatuur, over licht- en verlichtingsproblemen in sporthallen en zwembaden, over zit- en staanplaatsen in voetbalstadions, over vorm en opstelling van komputer-randapparatuur. Voor de Belgische Marine is momenteel een vrij omvangrijke opdracht in behandeling betreffende de brug en andere operationele ruimten van eskortevaartuigen.

Dynamische simulatie

De mock-up's die voor grotere opdrachten gebouwd worden zou men kunnen aanduiden als hulpmiddelen voor statische simulatie. Simulatie, omdat ruimte en apparatuur volledig worden weergegeven, maar statisch, omdat het systeem als geheel niet funktioneert. Dit laatste is wel het geval bij dynamische simulatie. Een voorbeeld hiervan is de zg. flight-simulator (met buitenbeeld) waarin piloten precies zo geoefend kunnen worden alsof zij in werkelijkheid een vliegtuig bestuurden. Op overeenkomstige wijze werkt de afdeling de laatste jaren aan de opbouw van een dynamisch simulatiesysteem, met name voor zeeschepen. Het ligt namelijk in de aard der zaak dat bepaalde vraagstellingen alleen op deze wijze toegankelijk zijn voor experimenteel onderzoek. In principe bestaat een dergelijke simulator uit drie gedeelten: a) het te onderzoeken objekt (bedieningsmiddel, instrument, of komplette bedieningsruimte), b) de nabootsing van de uitwendige omstandigheden (de taak wordt aanschuwendelijk gemaakt op een scherm), en c) de komputer, waaraan het wiskundige model (de eigenschappen) van het objekt worden toegevoerd, zodat de gehele simulator op de handelingen van de proefpersoon reageert op precies dezelfde wijze als in de werkelijkheid zou plaats vinden.

Met behulp van dynamische simulatie werd o.a. reeds onderzocht welke bedieningsmiddelen het meest geschikt zijn om een betonningsvaartuig vanaf de brugvleugel (bij éénmans-bediening) zeer nauwkeurig langs een boei te positioneren. Voor bestudering van de simulatietechniek als zodanig werd de besturing van een zeegaand zeiljacht gesimuleerd. In al deze situaties kan men

via de komputer allerlei verstoringsfactoren als stroom, drift en wind op gecontroleerde wijze invoeren. Voltooid werd ook de simulatie van diverse bedieningsprocedures in de technische centrale van een fregat der Koninklijke Marine.

Perspektief

Voor navigatiebruggen tenslotte vordert thans de bouw van een volledige simulator; deze omvat dan een brug, zo veel mogelijk voorzien van echte instrumenten, een maquette van het vaargebied (b.v. een haveningang), waarin "gekeken" wordt met behulp van een groep bestuurbare endoscopen, en een grootbeeldprojectie rondom de brug, waarbij dus het endoscopisch opgenomen beeld aan de proefpersoon gepresenteerd wordt als buitenbeeld. De eerste aanzet tot dit projekt werd gedragen door een opdracht van de Koninklijke Nederlandse Reders Vereniging. Interessant genoeg dit maal dus een onderzoekprogramma, in eerste instantie opgezet ten dienste van de koopvaardij.

Vooraf door twee omstandigheden wordt de realisering van deze simulatieprojekten begunstigd: juist in dit jaar zal de bouw van een geschikte nieuwe ruimte hiervoor gereedkomen, en de afdeling is als groep in vrij hoge mate "self-supporting" geworden voor wat betreft de nodige ergonomische, technische, konstruktieve en elektronische know how. Daar ook de bouw van modellen en maquettes in eigen beheer plaats vindt kan gesproken worden van uitzonderlijk gunstige omstandigheden voor het tot stand brengen van een zo gekompliceerde zaak als een simulator. Het terrein was overigens niet geheel nieuw; reeds eerder was vanuit het IZF deelgenomen in de ontwikkeling en de bouw van simulators elders in Nederland.

Het werken met een simulator opent niet alleen mogelijkheden voor de uitbreiding van het ergonomische en gedragswetenschappelijke onderzoek als zodanig, het is ook een noodzakelijk geworden antwoord op de behoeften van de praktijk. In de scheepvaart vinden snelle ontwikkelingen plaats: de schepen worden groter, de vaarwateren drukker, de automatisering neemt toe, enz. Dit alles roept voortdurend nieuwe vraagstellingen op. Tegen deze achtergrond tekent zich het nut af van een simulator als een veelzijdig stuk gereedschap. Uit de reeks van onderwerpen die men zich voor kan stellen in het simulatieprogramma noemen we als voorbeelden: de werkverdeling tussen mens en (automatische) machine, de invloed van factoren als stress, slaapgebrek, en graad van personeelsbezetting, het nut van instrumenten als prediction displays en rate of turn indicators, ook uit een oogpunt van veiligheid, enz.

Nemen we hierbij nog in aanmerking dat de simulator ook dienst kan doen voor geheel andere doeleinden, zoals op het gebied van de binnenvaart, dan komt het beeld van de toekomstige activiteiten naar voren als een verdieping van het onderzoek over de hele linie der Technische Menskunde.

H. van Dam

VIJF JAAR ONDERZOEK VAN VERKEERSGEDRAG

Het 25-jarig bestaan van het IZF valt samen met het eerste lustrum van het bestaan van de afdeling Verkeersgedrag binnen het instituut. Tevens is er een koïncidentie met het afscheid van prof.dr. J.A. Michon, die de afdeling leidde in de periode waarin ze zich op voet van gelijkheid kon plaatsen met de overige afdelingen.

Is het bestaan van de afdeling Verkeersgedrag tot nu toe voor iemand van nut gebleken? Deze vraag naar het rendement van een werkorganisatie is nooit op simpele wijze te beantwoorden, zeker niet als de output betrekking heeft op een zo complex gebied als het verkeer. Neemt men echter aan dat de voorhanden zijnde hoeveelheid werk, de totale aktuele onderzoeksaktiviteit uit opdrachten en daaruit voortvloeiende eigen projekten, althans in zekere mate samenhangt met de weerklank die het werk van een groep bij de omgeving vindt, dan bestaat er voor de afdeling Verkeersgedrag geen twijfel aan het bestaansrecht. De orderportefeuille is altijd welgevuld geweest, en organisaties als de SWOV en de Koninklijke Landmacht lijken ervan overtuigd dat het gedragsonderzoek van de verkeersdeelnemer bij de afdeling Verkeersgedrag in goede handen is.

Waaruit hebben nu de werkzaamheden in de afgelopen jaren bestaan? De hierna volgende beschouwing wil trachten deze vraag te beantwoorden aan de hand van de methode van het uitpikken van de lekkerste en dikste krenten, d.w.z. met relatief weinig aandacht voor het kleinere werk. Het karakter van de ontwikkeling van de afdeling Verkeersgedrag lijkt zo het best tot uiting te kunnen komen.

Werkzaamheden op het gebied van verkeersgedrag werden al lang vóór 1969 verricht. Op grond van het toenemend aanbod van werk werd de afdeling juist opgericht. Een indeling van de sinds 1969 verrichte werkzaamheden naar aard en doeleinden kan er als volgt uit zien:

- (1) Door theoretische gezichtspunten geïnstigeerd onderzoek, hetzij naar zuiver fundamentele psychonomische problemen, hetzij direkt naar het rijgedrag zelf.
- (2) Oriënterend onderzoek op basis van gaan meten en zien wat er uitkomt, maar niettemin met een (mogelijk vage) theoretische achtergrond.
- (3) Ad hoc onderzoek, meestal met een short-term karakter, met slechts gerin-

ge theoretische konsekventies.

Het is niet zo dat een bepaald projekt altijd in zijn geheel binnen één dezer categorieën valt, of dat er geen overgangen zouden zijn van de ene categorie naar de andere: dit laatste is in vele gevallen wenselijk en onvermijdelijk. Niettemin laat een inventarisatie van de verrichte werkzaamheden zien dat relatief veel werk valt onder de éénmalige ad hoc projecten. Dit is een kenmerk van alle jonge werkorganisaties, aangezien de aanleiding tot hun oprichting meestal een short-term opdracht met een éénmalig karakter is. Uit het zogenaamde testament van Michon (IZF rapport 1973-7), waarin de afdelingsplannen voor de komende jaren omschreven worden, blijkt echter langzamerhand een zekere verschuiving naar langdurende projecten. Hiertoe vallen met name te rekenen de recent gestarte projecten selectie en opleiding van chauffeurs (met name ten behoeve van de Koninklijke Landmacht), ontwikkeling van een rijnsimulator (in samenwerking met de afdeling Technische Menskunde), analyse van 'black spots' (punten in het wegennet die blijkens statistieken een hoge ongevalskans bezitten) en geometrie van de weg, stabiliteit van tweewielers, vermoeidheid en rijprestatie, en routekeuze en routegeleiding. Van drie projecten die gedeeltelijk reeds afgerond zijn, zal nu een beschrijving worden gegeven. Die projecten zijn:

- (1) Keuze en handhaving van een koers
- (2) De perceptie van de manoeuvres van medeverkeersdeelnemers
- (3) Mentale voorstellingen en het nemen van beslissingen.

De projecten (1) en (2) vormen samen het door de SWOV gesubsidieerde projekt 'Analyse van de rijtaak', de ruggegraat van het in de afgelopen jaren verrichte onderzoek.

Keuze en handhaving van een koers

De keuze en handhaving van een koers gedurende het autorijden, en de daarbij betrokken aspecten van de perceptie van eigen beweging (lokomotie), wordt sinds 1969 vooral door Riemersma bestudeerd met behulp van de ICARUS. Deze geïnstrumenteerde auto, een pronkstuk voor op techniek beluste bezoekers, bevat faciliteiten om gedurende het rijden continue metingen te kunnen verrichten aan voertuig en bestuurder. De voertuigvariabelen omvatten de stuurbewegingen, de snelheid, de translatieversnellingen in drie richtingen, ingrepen op rem-, koppeling- en gaspedaal, en de laterale positie op de weg. Aan de bestuurder kunnen oogbewegingen (gesuperponeerd op een simultaan opge-

nomen film of videotape van de buitenscene), α -ritme en hartslag gemeten worden. In december 1972 werd de oude ICARUS I opgevolgd door een verbeterde en gesimplificeerde versie, de ICARUS II.

De met de ICARUS I en II uitgevoerde experimenten over het handhaven van een rechte koers toonden de belangrijke rol aan van een aantal variabelen (zie verderop), zelfs in betrekkelijk sterk gereduceerde experimentele situatie. Een nog onopgelost probleem dat in het hele onderzoekgebied een rol speelt, namelijk welke de criteria zouden moeten zijn voor goed en slecht rijden, kon in deze experimenten (waarin het handhaven van een rechte koers voorgeschreven was) omzeild worden door de standaarddeviatie van de laterale positie als voornaamste afhankelijke variabele te beschouwen.

Een interessante uitkomst van deze experimenten was dat er duidelijk verschillen in gedrag werden gevonden tussen bestuurders met verschillende rij-ervaring. Zeer ervaren rijders bleken hun koers te handhaven door middel van vele kleine stuurbewegingen. Zij bereikten daarmee een nauwkeuriger koers-handhaving dan weinig ervaren rijders, die weinig, maar met grote uitslag, aan het stuur draaiden. Resultaten van dit soort kunnen de basis vormen waarop de te ontwerpen opleiding voor chauffeurs opgezet kan worden. Andere met de ICARUS gevonden effecten waren die van het type wegbelijning, van het beschikbare visuele veld (gevarieerd door selectieve afplakking van gedeelten van de voorruit), met name wat betreft de rol van het centrum van het expansieveld, en van de rijsnelheid.

Met de ICARUS II is het rij- en kijkgedrag bij het nemen van bochten bestudeerd op het verkeersplein Vaanplein bij Rotterdam. De nadruk viel daarbij op de door de bestuurders gemaakte oogbewegingen. De in dit onderzoek gewonnen inzichten met betrekking tot de analyse van oogbewegingen hebben geleid tot de bouw van een video-digitaal omzetter (VDO). Met de VDO is het mogelijk om in het videobeeld aanwezige heldere punten (waaronder de oogmarkeringssport) uit de achtergrond te selekteren en de posities van deze punten in digitale vorm uit te lezen. Aldus is de tijdrovende frame-by-frame analyse van oogbewegingspatronen van de baan.

Ook het handhaven van een koers onder invloed van geringe doses alcohol is met de ICARUS (I) bestudeerd. Er kon worden vastgesteld dat een bloedalcoholgehalte tot 0.8 ‰ weinig of geen invloed uitoefende op stuurbewegingen en baanpositie. Tussen 0.9 en 1.2 ‰ was er echter een duidelijke verandering in het rijgedrag waar te nemen, die in het algemeen wees op een afname in precisie van de rijhandelingen.

Het projekt 'Keuze en handhaving van een koers' is een mengsel van fundamenteel theoretisch onderzoek (b.v., een evaluatie van de rol van het centrum van het visuele expansieveld in de koershandhaving) en onderzoek met een meer oriënterend karakter (b.v. het alcoholonderzoek). Als zodanig is het representatief voor de afdeling verkeersgedrag.

De perceptie van de manoeuvres van medeverkeersdeelnemers

Het andere deel van het projekt 'Analyse van de rijtaak' handelt over de perceptie van voertuigen in de omgeving, en wel met name gedurende het nachtrijden. Er is voornamelijk door Michon en Janssen aan gewerkt.

Het rijden in het donker is, volgens de statistieken, aanzienlijk gevaarlijker dan het rijden bij daglicht (na correctie voor de verminderde 'exposure' gedurende de nacht). De vraag is of daartoe perceptuele factoren bijdragen d.w.z., of de prestaties van de menselijke zintuigen niet inadekwaat geacht moeten worden voor het rijden in het donker. Aangezien verreweg het grootste deel van de botsingen tussen twee auto's van het kop-staart type blijkt te zijn, werd besloten om de capaciteiten van het oog na te gaan in de situatie waarin men een voorligger in het donker volgt. Als het donker is ziet men van die voorligger uitsluitend de achterlichten. Daaraan moet de bestuurder van het achteropkomende voertuig dus aflezen hoe hij zich ten opzichte van de voorligger beweegt. Er kon vastgesteld worden, in laboratorium- en veldexperimenten, dat het perceptieve gegeven waaruit afgeleid wordt of men zich beweegt ten opzichte van de voorligger een verandering in de hoek tussen de achterlichten is, en dat veranderingen in de schijnbare grootte of helderheid van de achterlichten hierbij geen rol spelen. Na omrekening in tijdmaat bleek vervolgens dat in vele situaties het vermogen om een relatieve nadering van de voorligger te detekteren zo beperkt is dat de bestuurder, als hij een nadering eenmaal opgemerkt heeft, niet meer op tijd kan remmen om een botsing te vermijden. Om de bestuurders van achteropkomende voertuigen voor dit gevaar te behoeden kan men denken aan maatregelen zoals het verbeteren van de lichtenconfiguratie van voertuigen of aan andere, radikalere technieken zoals het geforceerd op afstand houden met behulp van een Dopplersysteem. Als bijprodukt van de drempelmetingen werd fundamenteel psychofysisch werk gedaan over de methodologie van drempelmetingen en wel binnen het kader van de signaaldetectie theorie. Op grond van de hieruit verkregen inzichten konden vaste meetroutines en verwerkingsprocedures voor dergelijke metingen op-

gesteld worden.

Naast drempelmetingen zijn er ook scalingproeven uitgevoerd voor de subjektieve snelheid van nadering c.q. verwijdering van een voorligger bij nacht, als waargenomen aan diens achterlichten. Hieruit bleek dat lage snelheden in het algemeen overschat worden, terwijl hoge snelheden onderschat worden. Ook bij bovendrempelige stimulatie blijkt de snelheidsperceptie dus weinig waarheidsgetrouw te zijn.

Het beschreven werk is, afgezien van de signaal-detektie experimenten, a-theoretisch in die zin dat er, b.v., geen theorie van het volgedrag uit opgesteld kan worden. Wel stellen de gegevens randvoorwaarden voor bestaande of nog te ontwikkelen theorieën over zulk gedrag. Van de praktische kant zal de ontwerper van voertuigverlichting met dit soort gegevens rekening moeten houden: de SWOV heeft recentelijk dusdanige aanbevelingen gedaan.

Mentale voorstellingen en het nemen van beslissingen

Reeds vroeg in het bestaan van de afdeling verkeersgedrag is het inzicht ontstaan dat mensen in voertuigen zich niet alleen gedragen op een 'taktisch' short-term niveau (met het koers handhaven als voornaamste bezigheid), maar dat ze tevens gebruik maken van hun 'strategische' capaciteiten. Mensen denken en vormen een plan van actie op grond van hun voorstellingen en verwachtingen omtrent datgene dat ze gedurende een trip zullen tegenkomen. Zo zullen ze b.v., rijdende in een stad, een meer of minder goed uitgewerkte voorstelling (interne representatie) hebben van de geografische structuur van die stad.

Over de ontwikkeling en het gebruik van de interne representatie van datamatrices en -netwerken zijn experimenten verricht door Michon en, later, door Janssen. Hierin werd vooral veel aandacht besteed aan de methodologische problemen die verbonden zijn met het aan de oppervlakte brengen van iemands kennis van een datastructuur. Van de inhoudelijke kant zijn zulke zaken bekeken als het effect van de snelheid van aanbidding van delen van een netwerk, van de wijze van doorlopen van het netwerk en van de netwerkcomplexiteit. In het projekt 'Routekeuze en routegeleiding' wordt één en ander op zijn praktische merites getoetst.

Naast het werk aan de subjektieve representatie van abstracte, vrije complexe structuren is er onderzoek gedaan naar meer elementaire voorstellingen met een 'visueel' karakter. Uit de recentere literatuur die het belang van

mentale voorstellingen voor de geheugenfunctie aantoonde, bleek namelijk een zekere onbekommerdheid over de aard van de zogenaamde 'visuele' voorstelling: de vraag in hoeverre dit soort voorstelling echt een visueel karakter heeft bleek merkwaardigerwijze vrij algemeen over het hoofd gezien te worden. Uit de eigen experimenten bleek dat visuele voorstellingen inderdaad iets gemakkelijker te genereren zijn als men toestaat dat proefpersonen oogbewegingen maken: dit korrespondeert met de normale visuele perceptie van een reëel object. Anderzijds bleken er echter geen effecten van selektieve interferentie met het vormen van een visuele voorstelling te bestaan in een opzet waarbij er gedurende het voorstellen een visuele neventaak verricht moest worden.

Het kleinere werk

Binnen de afdeling werd, naast de beschreven grote projekten, ook gewerkt aan een groot aantal kleinere projekten, die we hier aan de hand van enkele voorbeelden willen typeren.

Een vast punt op het programma waren, tot 1973, de autotests in opdracht van de Consumentenbond. Er werd daarbij steeds een week lang met een aantal proefpersonen rondgereden in een zestal wagens die op punten van komfort en design beoordeeld werden. Andere vergelijkende warenonderzoeken betroffen bromfietsen, rijstrookindicatoren, mistachterlichten en veiligheidsgordels.

Ook andere instanties vonden de weg tot het inwinnen van incidentele adviezen. De landmacht werd geadviseerd haar voertuigen ook overdag lichten te laten voeren. Remlichtmodulatoren (die de remlichten bij sterk remmen doen knipperen) werden op verzoek van de fabrikant op hun perceptieve merites beoordeeld. Aan de SWOV werd een voorstel gedaan tot vervanging van het bestaande systeem van onderborden (de borden onder de eigenlijke verkeersborden, die nadere specificaties geven) door een systeem, dat het de weggebruiker minder moeilijk maakt te zien wat hij wel of niet mag.

Door deze en andere soortgelijke werkzaamheden werd de afdeling met de dagelijkse verkeerspraktijk gekonfronteerd, hetgeen van groot nut kan worden geacht voor het onderzoek in het algemeen.

Slot

De hiervoor geschetste onderzoeksprojekten tonen vooral de typische belangstellings sfeer van de aan de afdeling verbonden psychologen. Inmiddels

zijn de gelederen echter uitgebreid met een tweetal ingenieurs. Het valt te voorspellen dat daardoor de afdeling Verkeersgedrag pas recht een karakter zal ontwikkelen dat haar van alle markten thuis maakt. Dit blijkt ten duidelijkste uit de onderzoeksprojekten van de tweede generatie, die in de inleiding genoemd werden.

Aldus neemt de kans toe dat ook in volgende herdenkingsjaren de bijdragen van deze afdeling in positieve zin beschreven kunnen worden.

W.H. Janssen