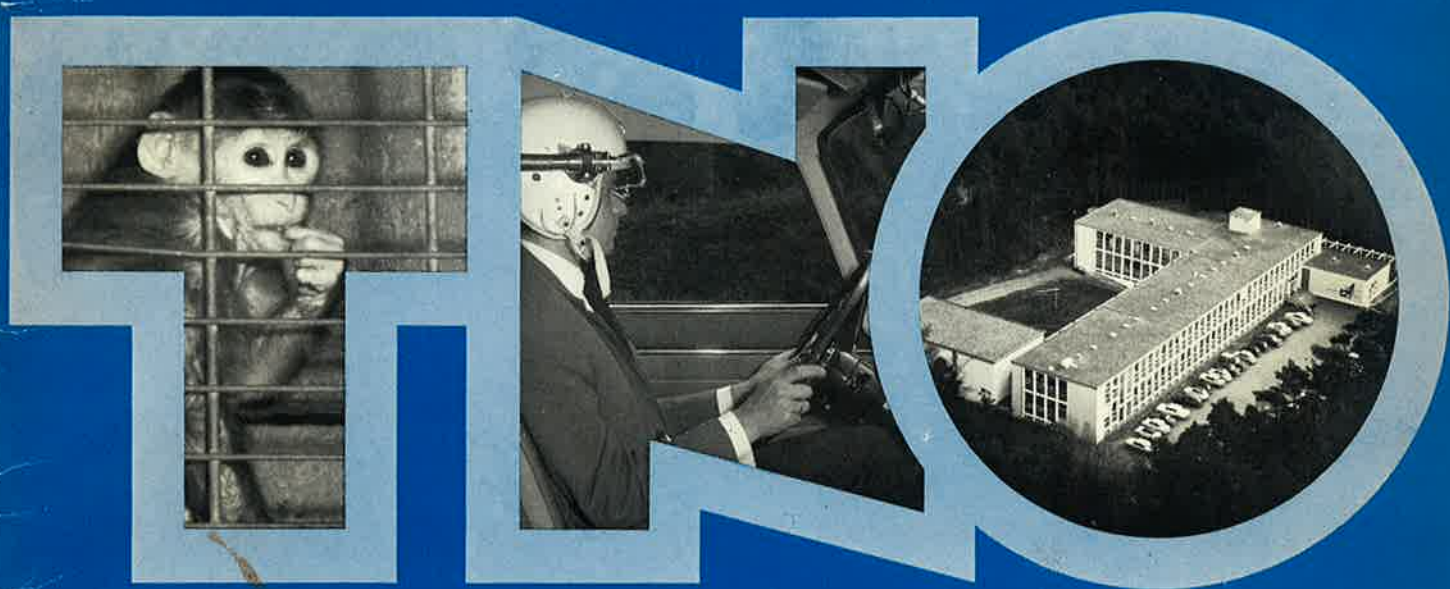


# INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE

rijksverdedigingsorganisatie



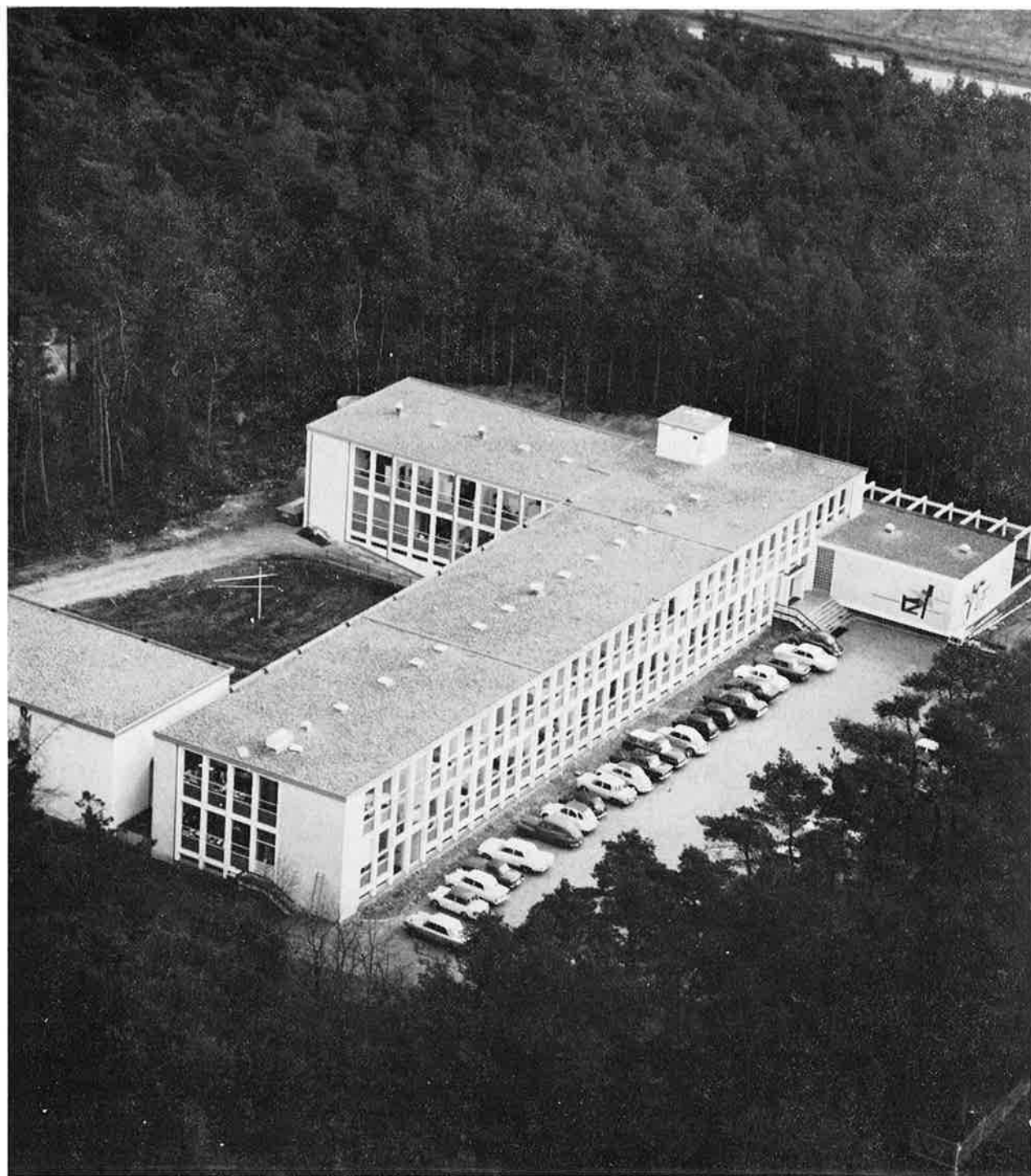
toegepast

natuurwetenschappelijk

onderzoek

soesterberg

# INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE RVO-TNO



SOESTERBERG

kampweg 5, telefoon (03463) 1444  
postbus 23

## Ter introductie

Voor het geheel vullen van een nummer van TNO-Nieuws met een grote reeks artikelen van één Instituut moet wel een gegronde aanleiding gevonden worden. Deze is zeker aanwezig, nu het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO een nieuwe behuizing betrokken heeft.

De historie van het IZF is niet lang. Twintig jaar geleden startte de RVO haar activiteiten op het gebied van de perceptie met het oprichten van de Werkgroep Waarneming RVO-TNO. In 1956 werd deze Werkgroep Waarneming gepromoveerd tot Instituut met de huidige naam. Aanvankelijk werd gastvrijheid genoten van de Rijks Universiteit te Utrecht, doch vrij spoedig werd het Nationaal Luchtvaart Geneeskundig Centrum bereid gevonden een gedeelte van zijn gebouw voor huisvesting af te staan. In 1959 werd door het plaatsen van een barak op het huidige terrein enig soelaas geboden aan de huisvestingsmoelijkheden. Gegeven het feit, dat de vaste bezetting sinds dat jaar van 25 tot 60 man is opgelopen, behoeft het geen betoog, dat het betrekken van het nieuwe gebouw een enorme verademing voor het personeel betekende. Zulk een verhuizing betekent een ingreep, niet alleen technisch, maar ook qua sfeer. Het oude had iets gemoedelijks hoe rommelig en benauwd het ook was; het nieuwe gebouw met zijn veel betere outillage heeft een wat zakelijker aanzien. Ook hier bepalen echter de mensen en het werk het leven in, en het gezicht van een gebouw. Dit gezicht wordt daarbij vooral bepaald door *wat* er wordt gedaan en *hoe* het wordt gedaan. En er is geen aanleiding om te veronderstellen, dat dit plotseling zou veranderen.

Bij het afscheid in 1966 van Prof. Dr. M. A. Bouman als directeur van het Instituut werd hem een doorsnede van het werk aangeboden in de vorm van een bundel artikelen „Studies in Perception”. In een dozijn artikelen werd daarin hoofdzakelijk het fundamentele werk belicht. Gaarne grijpen wij nu deze gelegenheid aan om met behulp van de redactie van TNO-Nieuws een doorsnede te geven van hoofdzakelijk het toegepaste werk. Een elftal artikelen geeft een indruk over de diversiteit van het onderzoeksprogramma. Naast werk op het gebied van het gehoor zal men visueel werk aangerond vinden; naast typisch fysisch getinte artikelen zal men bijdragen vinden met een typisch psychologische achtergrond. Het is goed deze selectie uit het werk van het Instituut te vergelijken met de doelstelling. Deze doelstelling is het bestuderen van de cyclus: informatie opnemen – informatie verwerken – handelen. Daar het resultaat van de handeling weer wordt waargenomen betreft het inderdaad een cyclus. De geschetste doelstelling dient daarbij uiteraard gezien te worden in het kader van de doelstelling van RVO-TNO. Toch zal het duidelijk zijn, dat het werk als bovenomschreven niet specifiek militair is. In het algemeen gesteld kan de toepassing van het onderzoek zowel binnen militair verband als voor civiele instellingen gedacht worden. Men moet, naar het mij voorkomt, dankbaar zijn voor het initiatief uitgaande van het Ministerie van Defensie om een permanente instelling voor advies op het gebied van perceptieproblemen in het leven te roepen. Dank zij dit vooruitzien is de mogelijkheid geopend in een reeks van jaren een Instituut op te bouwen, dat nationaal en internationaal erkenning verwierf. Defensie heeft daarbij haar claim op het Instituut niet willen monopoliseren. Ook civiele instanties kunnen – en doen dat ook in ruime mate – thans projecten aanbinden. Men bedenke bij het doorlopen van de volgende reeks artikelen, dat hier een greep is gedaan uit een arsenaal. Deze greep heeft recht willen doen aan de diversiteit van onderzoekingen wat hun aard betreft, maar wil tevens weerspiegelen wat er in militair verband en in de civiele sector wordt gedaan. Voor een completer beeld zijn de publikaties sinds 1966 aan deze serie artikelen toegevoegd. Dat dit totaal verder voor zichzelf moge spreken.

Dr. Ir. P. L. Walraven  
Directeur Instituut voor  
Zintuigfysiologie RVO-TNO  
Soesterberg

# INHOUD

Ir. T. HOUTGAST: <i>De fysica van de spraakverstaanbaarheid</i> .....	4
Ir. L. C. W. POLS: <i>Welke invloed heeft het dragen van een valhelm op de waarneembaarheid van geluiden?</i> .....	9
A. LAZET: <i>Technisch menskundige factoren bij scheepsautomatisering</i> .....	13
Drs. W. A. WAGENAAR en Dr. J. A. MICHON: <i>Schaalproblemen bij het besturen van supertankers</i> .....	17
Dr. J. A. MICHON: <i>Echo's van de RASA: het leren identificeren van complete stimuli</i> .....	22
H. J. LEEBEEK: <i>Lichttechnische uitdagingen</i> .....	28
Dr. A. F. SANDERS: <i>Het functioneel gezichtsveld: theorie en toepassing</i> .....	32
Ir. A. J. HOELEN en Ir. W. VERKAIK: <i>Een kleurmeter voor lichtbronnen</i> .....	36
Drs. P. PADMOS: <i>Elektrofysiologisch onderzoek van de kleur- en helderheids codering in het centrale zenuwstelsel</i> .....	40
Dr. J. J. VOS: <i>Kwaliteitsverbetering van de leeskaart bij de oogarts</i> .....	45
Ir. A. van MEETEREN: <i>Kijken met kijkers</i> .....	49
<i>Publikaties</i> .....	53

*Namen en adressen TNO*



# De fysica van de spraakverstaanbaarheid

## The physics of intelligibility

Ir. T. HOUTGAST

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

### Samenvatting

De kwaliteit van de communicatieweg tussen een spreker en een luisteraar is bepalend voor de verstaanbaarheid van de spraak zoals de luisteraar die hoort. Een nieuwe methode om deze kwaliteit te meten berust op resultaten van fundamentele onderzoeken betreffende de waarneming van klanken. Daarbij bleek dat de verschillen tussen klanken zoals een luisteraar die ervaart, goed kwantificeerbaar samenhangen met de verschillen in de bijbehorende frequentiespectra. Dit suggereert dat de variaties in het frequentiespectrum van de spraak bepalend zijn voor de verstaanbaarheid. Deze variaties kunnen gekwantificeerd worden als de som van de varianties van de geluidsdruk-niveaus in achttien frequentiebanden met een breedte van  $1/3$  oktaaf, de spectrale variantie. De kwaliteit van een communicatieweg wordt dan bepaald door de mate waarin de oorspronkelijk in de spraak aanwezige spectrale variantie aan de luisterzijde bewaard is gebleven. Door gebruik te maken van een specifiek testsignaal kan de „variantiereductie” door de communicatieweg, en daarmee de invloed op de spraakverstaanbaarheid op eenvoudige wijze worden gemeten. Een experiment waarbij deze methode gebruikt werd naast de traditionele en tijdrovende methode met sprekers en luisteraars laat een goede correlatie zien tussen de uitkomsten van beide methoden.

### Inleiding

Wanneer de spreker in de zaal vraagt „kunt U mij achterin ook verstaan?”, of de radiotelegrafist zegt „ontvangst sterk gestoord, sterkte 1 à 2”, dan zijn dit symptomen van het algemene probleem dat de spraak, op z'n weg van spreker naar luisteraar zodanig gestoord kan worden, dat de verstaanbaarheid voor de luisteraar een probleem wordt. Deze storingen kunnen van velerlei aard zijn, zoals maskering door lawaai, bandbreedtebeperking, vervorming, nagalm. Van elk dezer storingen is wel ongeveer bekend in hoeverre ze toelaatbaar zijn in verband met de verstaanbaarheid; hiermee houdt de ontwerper, zoals de zaalakoesticus of de elektronicus natuurlijk terdege rekening. Naast het hanteren van dergelijke vuistregels bestaat er bij het ontwerpen en testen van communicatiewegen behoefte aan een *meetmethode* waarmee de kwaliteit bepaald kan worden, bijvoorbeeld om een inzicht te krijgen betreffende de invloed van een klankkaatsers boven een spreekge-

### Summary

A new approach in measuring the intelligibility in speech communication rests on results of basic experiments on the perception of sounds. It was found that differences in frequency spectra of sounds are directly related to perceptual differences and, as a consequence, it was assumed that the variations in the frequency spectrum of speech are directly related to intelligibility. These variations are mathematically quantified by the sum of the variances of the sound pressure levels in eighteen frequency bands with a width of  $1/3$  octave, the spectral variance. Thus a direct measure of the intelligibility might be obtained by analyzing the speech signal as heard by the listener and measuring the spectral variance. This analysis can be facilitated by using a specific test signal instead of a speech signal. An experiment concerning speech intelligibility in which this method is used as well as the traditional method with several speakers and listeners shows a good correlation between the results of both methods.

stoelte of het verlengen van de antenne van een zend-ontvanger.

Hiertoe staan in het algemeen twee wegen open. De eerste methode sluit zo goed mogelijk aan bij het gebruik: men laat een aantal sprekers iets zeggen en men gaat met een aantal luisteraars na hoe de verstaanbaarheid is. Deze subjectieve methode is voor het verkrijgen van betrouwbare resultaten zeer tijdrovend, doch voor een onderzoek van beperkte omvang goed te gebruiken. Bij de andere methode tracht men langs fysische weg de optredende storingen te kwantificeren en via de bekende vuistregels te interpreteren in termen van verstaanbaarheid. Hoewel deze methode snel kan zijn, blijft de interpretatie van de storingen, speciaal wanneer verschillende storingen tegelijk optreden, een zwakke schakel in deze procedure.

Steunend op nieuwe inzichten, verkregen uit algemene fundamentele onderzoeken betreffende de waarneming van geluiden, is getracht een nieuwe

methode te ontwikkelen die een synthese vormt van het *objectieve* en *snelle* van de fysische methode en de *betrouwbaarheid* van de directe benadering volgens de subjectieve methode.

## Analyse

Een nadere analyse van de beide methoden geeft aan wat het uitgangspunt dient te zijn. Bij de methode spreker-luisteraar wordt de kwaliteit van het ontvangen spraaksignaal direct beoordeeld, zonder te letten op de aard van de eventuele storingen. Bij de fysische methode worden juist deze storingen gemeten en wordt dus *langs een omweg* de kwaliteit van het te ontvangen signaal bepaald. Deze omweg kunnen we kortsluiten indien we in staat zijn om langs fysische weg het ontvangen signaal zelf te beoordelen op een wijze die direct aansluit bij de verstaanbaarheid. De verstaanbaarheid is direct gekoppeld met de onderscheidbaarheid van de klanken die in de spraak voorkomen. Het gaat dus om het vinden van een fysische grootheid in het ontvangen spraaksignaal die eenduidig gekoppeld is met de onderscheidbaarheid van de diverse spraakklanken door de luisteraar, dus met de *perceptieve verschillen* tussen de spraakklanken.

## Gegevens uit fundamentele onderzoeken

Voor deze benadering kunnen we steunen op de resultaten van experimenten waarbij onderzocht is hoe de perceptieve eigenschappen van klanken gekoppeld zijn met de fysische eigenschappen [1]. Daarbij werd gevonden dat het perceptieve verschil tussen twee klanken goed kwantificeerbaar samenhangt met de verschillen in de frequentiespectra. Een vruchtbare voorstellingswijze hiervan wordt als volgt opgebouwd. Het frequentiespectrum van een klank kan worden bepaald door de geluidsdrukkniveaus (in dB) te meten in 18 aaneengesloten frequentiebanden ter breedte van  $\frac{1}{3}$  oktaaf, het gehele gebied van de lage tot de hoge frequenties bestrijkend. (De bandbreedte van  $\frac{1}{3}$  oktaaf sluit goed aan bij de filtereigenschappen van het gehoororgaan). Door deze 18 getallen is het spectrum van de klank dus vastgelegd. Men kan nu deze 18 getallen beschouwen als coördinaten langs 18 onderling loodrechte assen, waardoor de klank voorgesteld is als een punt in deze 18-dimensionale ruimte. Men kan deze ruimte de *spectrale ruimte* noemen omdat immers elk geluid via het bijbehorende geluidsspectrum in deze ruimte als een punt kan worden weergegeven. De voor onze benadering essentiële betekenis van deze voorstellingswijze is nu dat de *afstand* tussen twee klanken in deze spectrale ruimte eenduidig gekoppeld blijkt te zijn met het *perceptieve verschil* tussen de twee klanken, zoals gewaardeerd door luisteraars. De onderlinge afstand is een fysische grootheid, bepaald uit fysische metingen, uitgedrukt in

dB. Klanken met een grote afstand in de spectrale ruimte zijn klanken met een groot perceptief verschil, dus klanken die zich duidelijk van elkaar onderscheiden, terwijl klanken met een kleine onderlinge afstand moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn.

De onderlinge afstand in deze spectrale ruimte dient dus het fysisch uitgangspunt te zijn om iets te zeggen omtrent de onderscheidbaarheid van klanken en tenslotte over de verstaanbaarheid.

## Spectrale variantie en onderscheidbaarheid

Een groep klanken kan in de spectrale ruimte voorgesteld worden als een aantal punten, een puntenconfiguratie. Wanneer enigerlei storing wordt geïntroduceerd, dan worden de posities van de punten in de spectrale ruimte bepaald door de spectra van de gestoorde klanken. De oriëntatie van de puntenconfiguratie is dus sterk afhankelijk van de aard van de storing. Gezien het voorgaande mag men veronderstellen dat de onderscheidbaarheid van de klanken binnen die groep gekoppeld is met de uitgebreidheid van de bijbehorende puntenconfiguratie; immers met een grote uitgebreidheid gaan grote onderlinge afstanden gepaard en daarmee grote perceptieve verschillen. Een wiskundige maat voor de uitgebreidheid is de *variantie* van de puntenconfiguratie, die berekend wordt als het gemiddelde van de kwadraten van alle onderlinge afstanden binnen de configuratie. We noemen dit de spectrale variantie, omdat het gebaseerd is op de afstanden in de spectrale ruimte. Deze veronderstelling, dat de onderscheidbaarheid van een groep klanken uitsluitend bepaald wordt door de spectrale variantie van de overeenkomstige puntenconfiguratie in de spectrale ruimte, ongeacht de specifieke aard van de storing, is experimenteel onderzocht. De groep klanken voor dit experiment bestond uit de zeven klinkers ie, o, u, a, e, i, oe, uitgesproken in de woorden h (klinker) t. Dit signaal kon aan twee typen storing onderworpen worden: toevoegen van ruis (sterkte instelbaar) en bandbreedtebeperking (vier bandfilters).

Gemeten werd bij veertien condities, bestaande uit verschillende combinaties van achtergrondlawaai en filtering. Enerzijds werd bij elk van deze condities de verstaanbaarheid gemeten door de zeven testwoorden vele malen in willekeurige volgorde aan negen luisteraars te laten horen en het over deze luisteraars gemiddelde percentage correct genoteerde woorden te bepalen.

Anderzijds werd bij elk van deze condities, door nauwkeurige bepaling van de frequentiespectra van de zeven gestoorde klinkers zoals gehoord door de luisteraars, de spectrale variantie bepaald. De overeenkomstige waarden van de verstaanbaarheid (%) en de spectrale variantie (dB)<sup>2</sup> zijn in Fig. 1 weergegeven.

Het blijkt dat de spectrale variantie inderdaad een

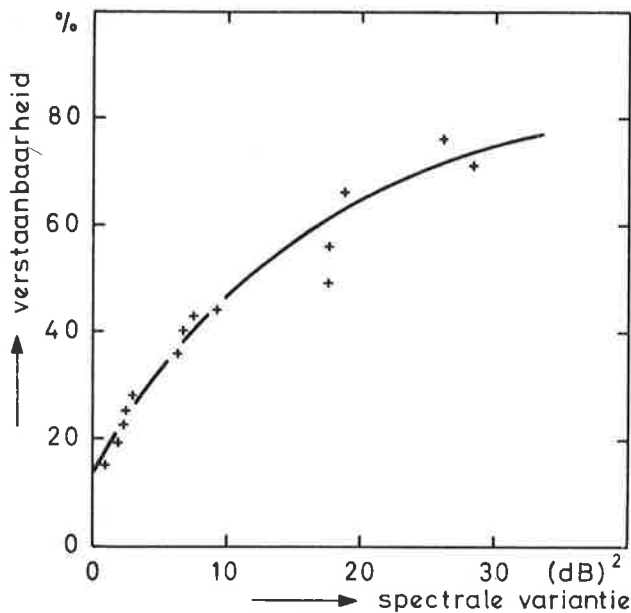


Fig. 1. Bij veertien combinaties van verschillende bandfilters en verschillende sterkten van het stoorniveau werd de onderscheidbaarheid van een groep van zeven klinkers onderzocht. De perceptieve onderscheidbaarheid (% correct genoteerd door luisteraars) is uitgezet tegen de fysische onderscheidbaarheid (spectrale variantie op grond van de spectra van de gestoorde klinkers).

goede maat is voor de verstaanbaarheid, onafhankelijk van de specifieke aard van de storing. Het meten van de verstaanbaarheid van een groep klinken kan dus vervangen worden door het langs fysische weg bepalen van de spectrale variantie van de groep klinken.

### In principe

Het langs fysische weg bepalen van de verstaanbaarheid van een spraaksignaal kan nu in principe als volgt gebeuren. De spraak wordt, zeer schema-

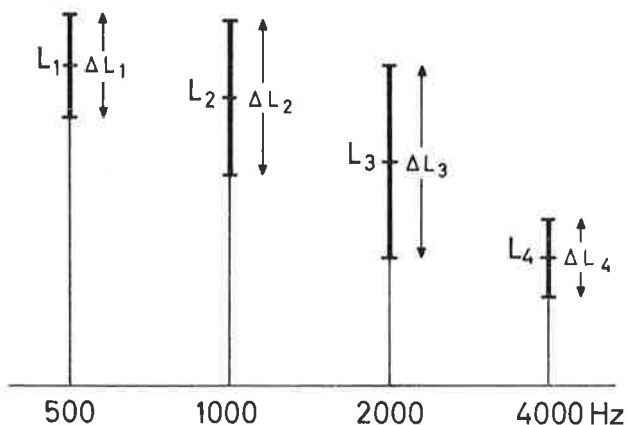


Fig. 2. Het frequentiespectrum van het testsignaal. Elk der vier frequentiecomponenten is in sterkte gemoduleerd in een ritme van 10 Hz. De modulatie diepte  $\Delta L$  en de gemiddelde sterkte  $L$  zijn aangepast aan de statische eigenschappen van de spraak.

tisch, opgevat als een voortdurende opeenvolging van klinken met verschillende spectra, in ruwe benadering 10 klinken per seconde. De gestoorde spraak, zoals de luisteraar die hoort, wordt nu opgedeeld in een opeenvolging van bemonsteringen met een duur van 100 ms.

Van elk daarvan wordt het spectrum bepaald en op grond daarvan de bijbehorende positie in de spectrale ruimte. De opeenvolging van bemonsteringen resulteert in een puntenwolk in de spectrale ruimte, waarvan de uitgebreidheid, de variantie, bepaald kan worden. In het licht van het voorgaande mag men verwachten dat de op deze wijze bepaalde variantie van de gestoorde spraak een goede maat is voor de verstaanbaarheid.

De praktische moeilijkheid doet zich voor dat eventuele fluctuaties van een stoorsignaal, dat gesuperponeerd is op het spraaksignaal, bij deze procedure bijdraagt tot de te meten variantie, waardoor een verkeerde indicatie betreffende verstaanbaarheid verkregen wordt. Men dient dus de relevante fluctuaties (van de spraak) te scheiden van de irrelevante fluctuaties (van de storing).

### Praktische uitvoering

Dit probleem wordt opgelost door niet de spraak als signaal te gebruiken, maar een zeer specifiek testsignaal, waarbij de geïntroduceerde fluctuaties in het frequentiespectrum een voor een apparaat „herkenbaar” karakter hebben, namelijk een ritme van exact tien variaties per seconde. Aan de ontvangtzijde kunnen nu, door middel van een bandfilter van 10 Hz, deze relevante fluctuaties gescheiden worden van de irrelevante fluctuaties in een stoorsignaal, die over het algemeen een ander ritme dan exact 10 Hz zullen hebben.

De verdere eigenschappen van dit testsignaal dienen natuurlijk goed aan te sluiten bij de statistische eigenschappen van de normale spraak; anderzijds dient men zich te hoeden voor onnodige detaillering. Een bruikbaar testsignaal is weergegeven in

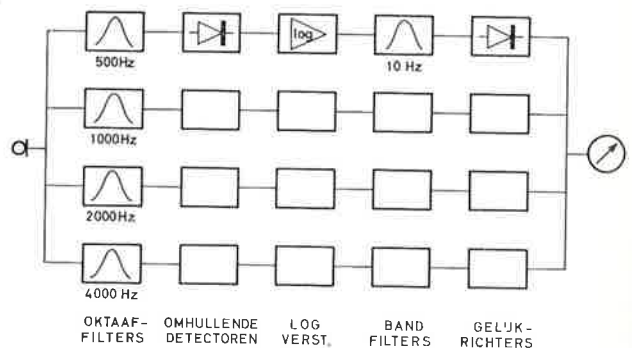


Fig. 3. Blokschema van het analyse-apparaat. Van het ontvangen signaal wordt voor elk der vier frequentiecomponenten bepaald in welke mate de oorspronkelijke sterktemodulatie met het ritme van 10 Hz bewaard is gebleven, hetgeen bepalend is voor de kwaliteit van de betreffende communicatieweg.

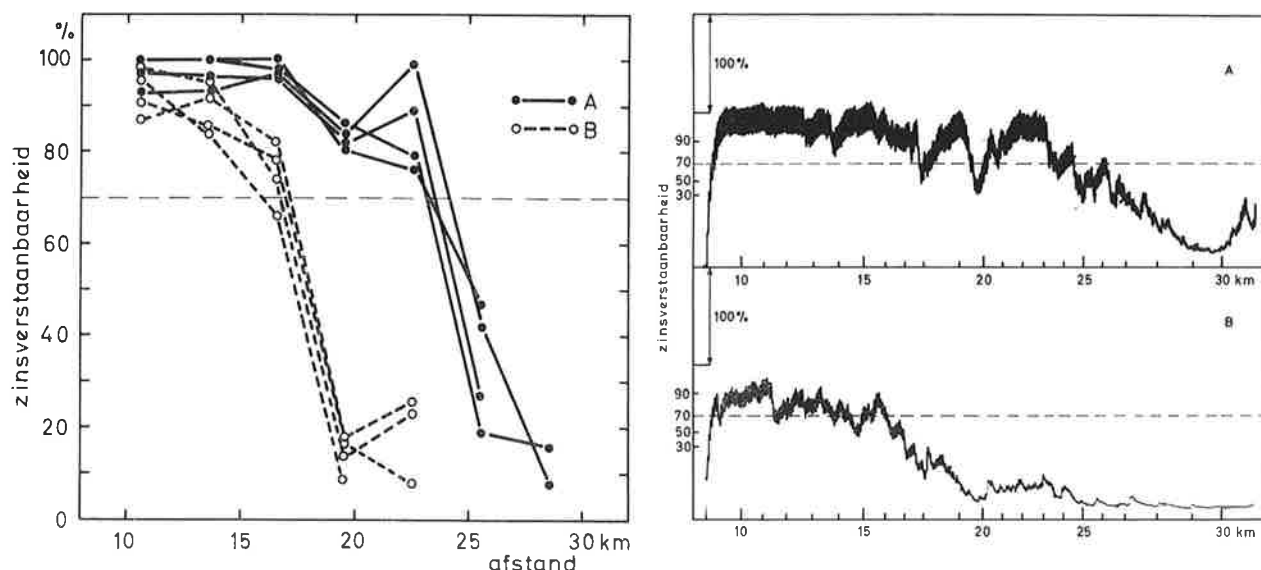


Fig. 4. De spraakverstaanbaarheid van een verbinding tussen een zender en ontvanger als functie van de onderlinge afstand. Twee typen zend-ontvangers (A en B).

Links: resultaat van de tijdrovende methode met sprekers en luisteraars.

Rechts: resultaat van de methode met testsignaal en analyse-apparatuur.

Fig. 2. Het is samengesteld uit slechts vier frequentiecomponenten: 500, 1000, 2000 en 4000 Hz en kan dus niet het gedetailleerde beeld geven dat gebaseerd is op een analyse in 18 frequentiebanden. Hier is slechts een analyse zinvol in vier frequentiebanden, namelijk de oktaafbanden met middenfrequenties van 500, 1000, 2000 en 4000 Hz. Gezien de aard van de meeste storingen mag verwacht worden dat het informatieverlies ondanks deze sterke vereenvoudiging toch gering is. Elk van deze frequentiecomponenten is in sterkte gemoduleerd met het ritme van 10 Hz, waarbij het gemiddelde en de modulatie diepte voor elke frequentiecomponent als volgt bepaald zijn:

- De gemiddelde geluidsdruk niveaus van de vier frequentiecomponenten,  $L_1$  tot  $L_4$  in Fig. 2 komen overeen met de gemiddelde geluidsdruk niveaus van de normale spraak in de betreffende oktaafbanden.
- De variaties om deze gemiddelde waarden,  $\Delta L_1$  tot  $\Delta L_4$  in Fig. 2 worden bepaald door de variaties van het geluidsdruk niveau van de normale spraak binnen de oktaafbanden. De som  $\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4$  wordt dus bepaald door de totale spectrale variantie die in de normale spraak aanwezig is.

Dit testsignaal doorloopt geheel dezelfde weg als het spraaksignaal zou doorlopen. Van het ontvangen testsignaal wordt nu, met behulp van het in Fig. 3 weergegeven meetapparaat, nagegaan in hoeverre de oorspronkelijk aanwezige variaties in de vier frequentiebanden bewaard zijn gebleven. Het meetapparaat geeft de som van deze bewaard gebleven variaties, hetgeen een directe maat is voor de spectrale variantie in een spraaksignaal zoals

dat door een luisteraar via deze communicatieweg gehoord zal worden, en daarmee voor de verstaanbaarheid. De uitgangsspanning van dit meetinstrument is dus een directe maat voor de kwaliteit van de betreffende communicatieweg.

### Een toepassing

Het zal duidelijk zijn dat in het voorgaande slechts de hoofdlijnen zijn weergegeven en dat vele details niet aan de orde zijn gekomen. Bij de hier te vermelden toepassing wijkt het testsignaal zowel als de analyseapparatuur dan ook enigszins af van wat hiervoor geschetst werd, maar het principe blijft dat gemeten wordt hoe groot de spectrale variantie van een spraaksignaal zal zijn dat via de betreffende communicatieweg de luisteraar bereikt. Van twee typen zend-ontvangers (type A en B) diende nagegaan te worden hoe de kwaliteit van de verbinding was als functie van de onderlinge afstand van de zender en ontvanger. Hiertoe was de zender gemonteerd in een rijdend voertuig. De afstand tussen zender en ontvanger werd continu gevarieerd tussen 10 en 30 km.

Het resultaat van de metingen volgens de methode spreker-luisteraar staat weergegeven in Fig. 4, links. Voor elk type werd de meting vier maal verricht, waarbij in totaal 12 personen betrokken waren. Deze metingen waren zeer tijdrovend (meer dan 100 man-uren). Om een indruk te krijgen van de nieuwe meetmethode werd ook deze toegepast. Het spraaksignaal werd vervangen door het testsignaal en de luisteraar door de analyseapparatuur. Deze metingen namen slechts enkele uren in beslag.

Het resultaat staat ook in Fig. 4 weergegeven, ge-



scheiden naar type zend-ontvanger. Hier is continu de uitgangsspanning van de analyse-apparatuur uitgeschreven tijdens het vergroten van de afstand tussen zender en ontvanger. Deze uitgangsspanning, geijkt in % zinsverstaanbaarheid, blijkt inderdaad goed overeen te komen met de verstaanbaarheid zoals gemeten met sprekers en luisteraars.

### Samenvattend

Als we in het kort de gedachtengang nog eens weergeven die leidt tot het langs fysische weg bepalen van de spraakverstaanbaarheid dan wordt het uitgangspunt gevormd door het beeld van de spectrale ruimte, zoals dat gegroeid is uit de resultaten van fundamentele onderzoeken. Klanken vinden op grond van hun spectra een plaats in deze veel-dimensionale ruimte, waarbij de onderlinge afstanden een maat zijn voor de perceptieve verschillen tussen de klanken, zoals waargenomen door luisteraars. Dit legt dus het verband tussen de perceptie en de fysica. Voortbouwend hierop kan

de normale spraak, opgebouwd uit een opeenvolging van vele klanken, op grond van de bijbehorende frequentiespectra als een puntenwolk in deze ruimte worden voorgesteld. De oriëntatie van deze puntenwolk in de spectrale ruimte wordt sterk beïnvloed door eventuele storingen. Het blijkt dat de uitgebreidheid van de puntenwolk, de spectrale variantie, het fysisch equivalent is voor de verstaanbaarheid, ongeacht de specifieke aard van de storing.

Als de praktische moeilijkheden bij het bepalen van de spectrale variantie van de gestoorde spraak zoals de luisteraar die hoort, zijn opgelost, dan kan, op grond van deze spectrale variantie langs fysische weg de kwaliteit van een verbinding tussen spreker en luisteraar bepaald worden.

### Literatuur

- [1] L. C. W. Pols, L. J. Th. v. d. Kamp and R. Plomp: Perceptual and Physical Space of Vowel Sounds. Ter publikatie aangeboden aan The Journal of the Acoustical Society of America

# Welke invloed heeft het dragen van een valhelm<sup>\*)</sup> op de waarneembaarheid van geluiden?

Ir. L. C. W. POLS

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

**What is the influence of wearing a motor helmet on the detectability of sounds?**

## Samenvatting

*Van een aantal typen valhelmen die veel door brommer-, motor- en scooterrijders worden gebruikt, is onderzocht welke invloed het dragen heeft op de waarneembaarheid van geluidssignalen. Daartoe werden door 12 proefpersonen (8 mannelijke en 4 vrouwelijke) gehoordrempelmetingen uitgevoerd bij snelheden van 40 en 80 km/u voor 9 typen valhelmen, en ook zonder helm. Op grond van de resultaten konden de helmen worden gerangschikt van beste naar slechtste hoorbaarheid van signalen. De afstand waarop een zelfde geluidssignaal nog juist kon worden waargenomen bleek voor de verschillende typen valhelmen een factor 10 uitéén te lopen. Een subjectieve beoordeling door de proefpersonen van de onderdrukking van het windgeruis voor de diverse typen helmen bleek parallel te lopen met de resultaten van de gehoordrempelmetingen.*

## Summary

*The influence of wearing a motor helmet on the detectability of signals was investigated. Hearing threshold measurements were done by 8 male and 4 female subjects, at speeds of 40 and 80 km/h for 9 types of helmets and also without helmet. The results of this experiment made it possible to rank the helmets from best to worst hearing detectability of signals. For the different types of helmets, a spread over a factor 10 was found in the distance at which the same signal was just audible. A subjective evaluation by the subjects of the suppression of wind noise by the different helmets showed great resemblance with the results of the hearing threshold measurements.*

## Inleiding

Auditieve en visuele signalering van de weggebruiker is van wezenlijk belang om het verkeer in goede banen te leiden. Vooral voor wat betreft het waarnemen van achterop komend verkeer zijn brommer-, motor- en scooterrijders grotendeels op hun gehoor aangewezen, daar meestal een achteruitkijkspiegel ontbreekt. Uit veiligheidsoverwegingen is het dragen van valhelmen voor deze categorie weggebruikers wenselijk. Het verdient dan echter wel aanbeveling na te gaan in hoeverre het dragen van zo'n valhelm de waarneembaarheid van geluiden afkomstig van andere voertuigen, claxons e.d. beïnvloedt. Men mag verwachten dat het door de rijwind opgewekte windgeruis en de geluidverzwakking van de zijflappen van de valhelm de bepalende factoren zijn. Het eigen motorlawaai zal, zeker bij grotere snelheden, van minder belang zijn.

Een indruk over de invloed van het dragen van een valhelm op de waarneembaarheid van geluiden

kan men verkrijgen door, in een concrete rijtsituatie, een aantal proefpersonen naar hun oordeel te vragen. Wij hebben onze proefpersonen laten beoordelen in welke mate elke helm het windgeruis onderdrukte, er daarbij van uitgaande dat veel windgeruis het waarnemen van geluiden ongunstig beïnvloedt.

Een tweede mogelijkheid om valhelmen te beoordelen is een drempelmeting uit te voeren in een concrete rijtsituatie. Hierbij wordt dan als functie van de frequentie het nog juist waarneembare geluidsdrukkniveau bepaald. Een vergelijking van deze drempelcurven, eventueel in relatie tot de situatie zonder helm, geeft ons dan de mogelijkheid de helmen te vergelijken.

Een door het IZF uitgevoerd onderzoek, waarbij 9 typen valhelmen betrokken waren, heeft zich op bovengenoemde punten geconcentreerd. Tevens werd nog een beoordeling van het draagcomfort van de valhelmen verkregen door de proefpersonen een vragenlijst in te laten vullen waarbij aandacht werd besteed aan kwesties als: hanteerbaarheid van lengte-instelling en sluiting, beperking ge-

<sup>\*)</sup> Dit onderzoek werd uitgevoerd op verzoek van de Nederlandse Consumentenbond en de ANWB.

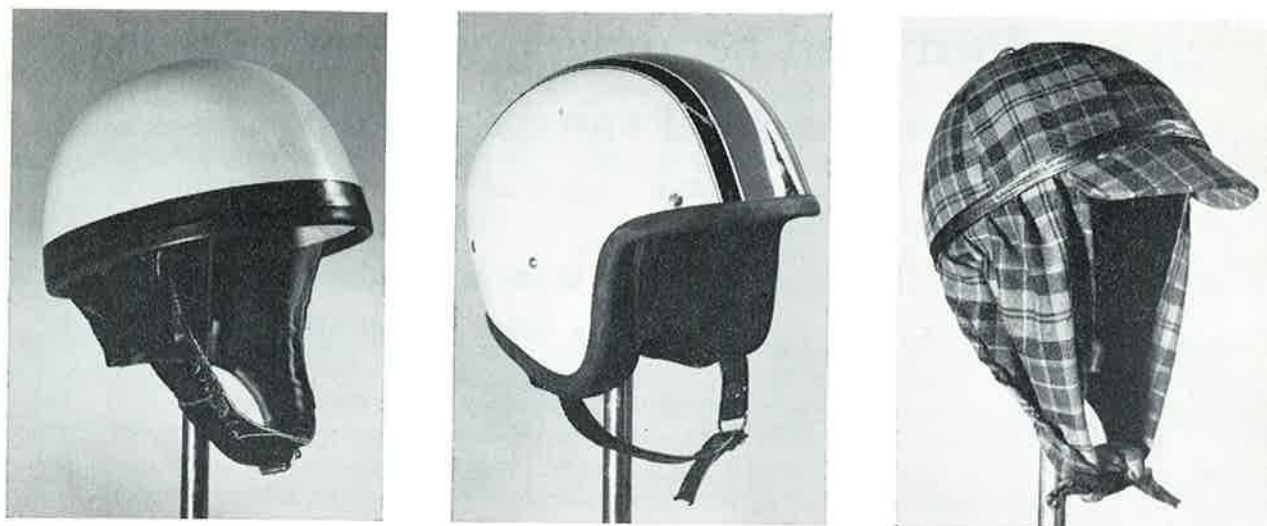


Fig. 1. Een valhelm van het pot-model, een van het jet-model en een ruiter-cap zijn hier van links naar rechts afgebeeld.

zichtsveld, maten-assortiment, gewicht, mogelijkheid tot het dragen van (zonne)bril en motorbril, e.d. We willen in dit artikel niet ingaan op de antwoorden op al deze vragen, evenmin als op de schokbestendigheid van de helmen die bij RAI-TNO is onderzocht, maar daarvoor liever verwijzen naar de betreffende publikaties in de Consumentengids en de Kampioen van december 1967. In die publikaties worden tevens de merknamen van de helmen genoemd, die ten tijde van ons onderzoek, omwille van de objectiviteit, aan ons niet bekend waren. Wij zullen dan ook een code-aanduiding voor de helmen gebruiken. Vier van de helmen, J1, J2, J3 en J4 waren van het jet-model, de helmen P1, P2 en P3 waren van het pot-model en de helmen C1 en C2 waren met stof overtrokken zgn. „ruiter caps”, en bedoeld als dameshelmen. In Fig. 1 is van ieder model één helm afgebeeld.

### Meetmethode

Teneinde de waarneembaarheid van geluiden tijdens het dragen van een valhelm te meten, werd een methode gebruikt die de praktijksituatie zo



Fig. 2. De meetsituatie waarin de proefpersoon zich bevond tijdens de gehoordrempelmeting.

veel mogelijk benaderde. Daartoe stak de proefpersoon hoofd en bovenlichaam boven een rijdende auto uit zodat hij zich bevond in de rijwind, die veroorzaakt werd door de snelheid van de auto plus de windsnelheid (Fig. 2). Deze rijwind werd gemeten met een windmeter die zich opzij van de proefpersoon, boven op de wagen, bevond. De chauffeur van de auto gebruikte de aanwijzing van deze meter om met een constante windsnelheid van 40 of 80 km/u, resp. „brommer” en „motor” snelheid, te rijden. Op 2,20 m achter de proefpersoon bevond zich een luidspreker van waaruit periodiek onderbroken zuivere tonen van een variabel geluidsdrukkniveau werden aangeboden. Weliswaar zullen zuivere tonen als waarschuwingssignalen in de praktijk niet voorkomen, maar ze zijn uitermate geschikt om betrouwbare gehoordrempelmetingen te doen. Bovendien kan men zich de in de praktijk gebruikte signalen opgebouwd denken als bestaande uit een aantal zuivere tonen. Het geluidsdrukkniveau van de toonstootjes werd door de proefleider, die zich in de auto bevond, met behulp van een verzwakker gevarieerd. De proefpersoon boven in de auto kon met een knop aangeven of hij de toonstootjes al dan niet meer hoorde. Afhankelijk van diens respons kon de proefleider het signaal iets harder of zachter maken. Op deze wijze zigzagt men om de gehoordrempel in die situatie heen. De metingen werden gedaan bij 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz. 8 Mannelijke en 4 vrouwelijke proefpersonen waren bij dit onderzoek betrokken.

Iedere proefpersoon maakte met de best passende helm van ieder type één rit, waarbij de volgorde voor iedere proefpersoon verschillend was. Bovendien maakte iedereen ook nog een rit zonder helm op. Dit werd gedaan om een idee te krijgen van het effect van het windgeruis zonder meer; in de situaties met helm speelt namelijk ook de eventuele geluidverzwakking van de zijflappen een rol.

## Meetresultaten

De resultaten van de 8 mannelijke en 4 vrouwelijke proefpersonen zijn gescheiden gehouden omdat beide groepen geheel verschillende maten helmen hebben gedragen, en omdat bovendien een aantal heren twee helmtypen (C1 en C2) niet konden dragen daar deze veel te klein waren, terwijl de dames twee soorten helmen (J3 en P1) niet konden dragen omdat de kleinste maat hun nog veel te groot was. De dameshelmen C1 en C2 zijn slechts om meer meetgegevens te krijgen ook door een aantal heren gedragen.

Als resultaat van de gehoordrempelmetingen krijgen men per frequentie het geluidsdrukkniveau dat nodig is om de betreffende toon in die situatie te horen. In dit geval wordt de situatie bepaald door: helm, snelheid en proefpersoon. In Fig. 3 zijn de meetresultaten per helm, steeds gemiddeld over de 8 mannelijke proefpersonen, weergegeven. Bij de dames werden overeenkomstige resultaten gevonden. Voor een aantal helmen (P1, J1, J2, P3, J3) liggen de krommen zo dicht bij elkaar dat ze nauwelijks gescheiden weer te geven zijn; zij zijn dan ook samengevoegd tot één gearceerd gebied.

Een gedetailleerde statistische analyse van de meetgegevens maakt het mogelijk de verschillen tussen de helmen aan te geven, waarbij gecorrigeerd is voor de interacties met andere variabelen zoals de verschillende proefpersonen, frequenties en snelheden. Voor de heren kon de volgende rangorde tussen de helmen worden opgesteld:

C1 C2 Zonder J3 P3 J2 J1 P1 J4 P2

en voor de dames:

C2 C1 Zonder P3 J2 J1 J4 P2

De helmen binnen een blok zijn niet duidelijk verschillend van elkaar. Deze volgorde kunnen we interpreteren (zie Fig. 3) als een volgorde van beste naar slechtste hoorbaarheid van aangeboden signalen. De helmen C1 en C2 zijn wat de detectie van signalen betreft duidelijk het best. Zij geven zelfs een nog beter resultaat dan wanneer geen helm wordt gedragen. Dat wil zeggen dat de zijflappen van deze „ruiter caps” nauwelijks of niet dempen maar wel het windgeruis verminderen. Deze beide factoren maken dat het opzetten van deze helmen een verbetering geeft boven de situatie zonder helm. Het feit dat dit mogelijk blijkt, maakt dat men dit eigenlijk van iedere valhelm zou mogen verlangen. Dat dit bij de pot- en jethelmen toch niet het geval is, is deels een gevolg van de demping die veroorzaakt wordt door de zijflappen, maar vooral van het feit dat het windgeruis eerder toe dan af blijkt te nemen bij het dragen van deze helmen. Een strakke afsluiting rondom het hoofd zou hier verbetering in brengen.

## Tabel

Beantwoording, door de heren, van de vraag: „Onderdrukt deze helm het windgeruis goed?”

Helm	Beoordeling				
	++	+	□	-	--
J1		4	4		
J2		4	4		
J3		3	3	2	
J4				3	5
P1		1	3	2	2
P2				1	7
P3		6		2	
C1	5	1	1		
C2	5			1	

Het is in dit verband interessant deze meetgegevens te vergelijken met het subjectieve oordeel van de proefpersonen over de onderdrukking van het windgeruis door deze helmen, zoals dat tot uitdrukking is gekomen uit de beantwoording van de betreffende vraag in de vragenlijst. De over de 8 mannelijke proefpersonen gesommeerde beoordelingen per helm zijn in bijgaande tabel weergegeven.

Op grond van deze antwoorden kunnen we de helmen ordenen van meest naar minst geruis-onderdrukkend:

C1 C2 P3 J2 J3 P1 J4 P2

en voor de dames:

C2 C1 P3 J2 J1 P2 J4

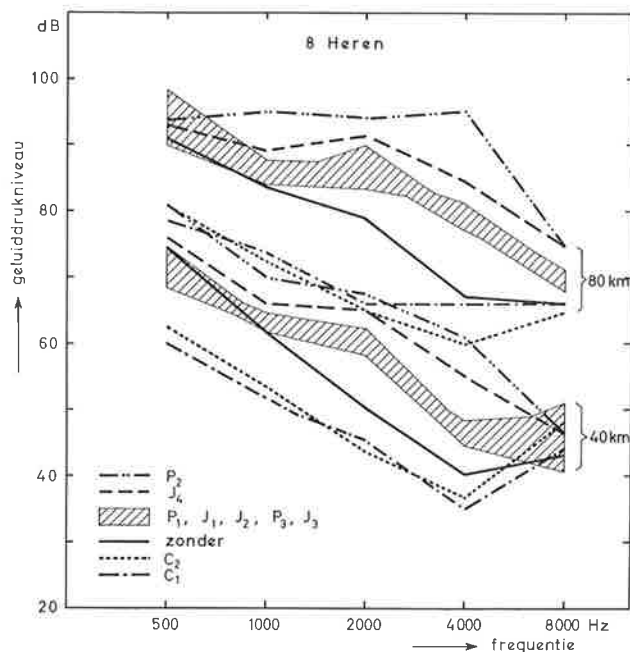


Fig. 3. Het over de proefpersonen gemiddelde, minimale geluidsdrukkniveau dat nodig is om een toon van de op de horizontale as aangegeven frequentie juist hoorbaar te maken. Dit is weergegeven bij twee snelheden voor 9 typen helmen en bovendien voor de situatie wanneer geen helm werd gedragen.



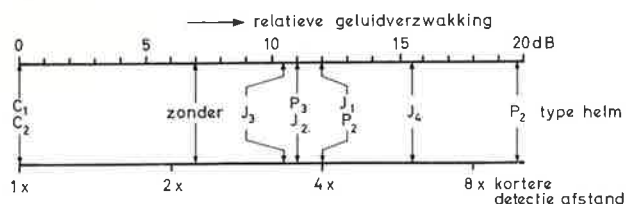


Fig. 4. De verschillen tussen de valhelmen uitgedrukt in een relatieve geluidverzwakking (bovenste schaal), en een minimale detectieafstand (onderste schaal).

Het is opvallend hoe goed deze volgorden overeenstemmen met de op grond van de drempelmetingen bepaalde volgorden. Ook daar waren C1 en C2 de beste, en P2 en J4 de slechtste helmen. Bij de drempelmetingen speelt echter behalve het windgeruis ook de geluidverzwakking een rol. Uit de beantwoording van deze vraag blijkt echter dat deze verzwakking kennelijk een geringe faktor is die, toegevoegd aan het windgeruis, de rangorde van de helmen niet verandert.

Van de drie pothelmen P3, P1 en P2 blijkt de laatste duidelijk veel meer windgeruis op te leveren, ondanks de grote onderlinge overeenkomst in uitvoering. Helm P2 onderscheidt zich slechts van beide andere helmen doordat er drie gaatjes in de zijflappen aangebracht zijn ter hoogte van de oren. Deze gaatjes blijken een enorm windgeruis te veroorzaken; een aanzienlijke verbetering werd bereikt door de gaatjes dicht te plakken.

Terugkerend naar de drempelmetingen zien we in Fig. 3 dat het verloop van de krommen voor alle helmen globaal gelijkvormig is, zodat het geoorloofd lijkt over snelheden en frequenties te middelen, waardoor dan iedere helm met één getal is te beschrijven. De verschillen tussen deze getallen geven aan hoeveel harder een geluidbron moet zijn om, t.o.v. een andere helm, op dezelfde afstand, dit geluid nog juist te horen. Dit is in de bovenste helft van Fig. 4 weergegeven. We zien hier uit dat bij het dragen van helm P2 het geluidniveau bijna 20 dB hoger moet zijn dan bij het dragen van de helmen C1 en C2 om een signaal nog juist te horen. Bedenkend dat 6 dB verschil overeenkomt met een verdubbeling in afstand, kunnen we ook kijken hoeveel dichterbij men zich met een bepaal-

de helm moet bevinden om bij eenzelfde sterkte van de geluidbron deze nog juist te horen. Dit is in de onderste helft van Fig. 4 weergegeven. Voor een concrete situatie betekent deze schaal dat wanneer een motorrijder met helm C1 op, een auto-claxon achter zich hoort op 8 m afstand, hetzelfde claxonsignaal door een motorrijder met helm P2 op pas wordt gehoord wanneer de auto tot op 1 m is genaderd! Voor de door de dames gedragen helmen werden overeenkomstige schalen gevonden.

Wanneer we de helmen bij 40 en 80 km apart bekijken en dus alleen over de frequenties middelen, dan blijkt er een gemiddeld verschil van 25 dB te bestaan tussen beide snelheden. Dit wil zeggen dat bij een snelheid van 80 km/u het geluidniveau gemiddeld 25 dB hoger moet zijn dan bij 40 km/u. Of om dit verschil weer in afstanden uit te drukken: bij een snelheid van 80 km/u wordt een geluid gemiddeld pas op een  $17 \times$  kortere afstand gehoord dan bij 40 km/u. Dit geldt ook voor de situatie zonder helm, zodat we kunnen stellen dat dit een algemeen effect is, veroorzaakt door een toename van het windgeruis, en geen helm-afhankelijk effect.

## Conclusies

Op grond van drempelmetingen zijn de 9 onderzochte typen valhelmen duidelijk in drie groepen te verdelen. Bij het dragen van de helmen P2 en J4 wordt het geluid pas op een circa  $8 \times$  kortere afstand gehoord dan bij de helmen C1 en C2. Bij een vijftal helmen J3, P3, J2, J1 en P1 moet de afstand circa  $4 \times$  korter zijn. De „ruitercaps” C1 en C2 zijn de enige die t.o.v. de situatie zonder helm een verbetering opleveren. Het windgeruis blijkt van veel grotere invloed te zijn op de waarneembaarheid van signalen dan de geluidverzwakking van de zijflappen van de helmen. Dit volgt uit de beantwoording van de vraag betreffende de onderdrukking van het windgeruis, welke beantwoording parallel blijkt te lopen met de resultaten van de drempelmetingen. Er is geen duidelijk verschil tussen pot- en jethelmen; wel blijkt soms een detail, zoals een paar gaatjes in de zijflap, of iets ruimte tussen zijflap en buitenhelm, het windgeruis enorm te beïnvloeden.

# Technisch - menskundige factoren bij scheepsautomatisering

## Human factors in ship automation

A. LAZET

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO, Soesterberg

### Samenvatting

*Door de toenemende automatisering worden ook in de scheepvaart technisch-menskundige aspecten meer en meer belangrijk. Directe controle van machines en roer vanaf de brug betekenen verbetering van scheepscontrole, maar alleen als de bedienende mens de technische verbeteringen inderdaad kan uitbuiten. Dat betekent dat extra zorg moet worden besteed aan snel en accuraat aflezen, aan overzichtelijkheid en bereikbaarheid van de instrumenten. Wat nodig is om dat te bereiken wordt geïllustreerd met recente ontwerpen van een navigatiebrug voor een loodsboot en een mijnenjager. De nadruk wordt gelegd op het belang van het bouwen van een model op ware grootte ten dienste van de samenwerking van toekomstige gebruiker en adviseur.*

### Summary

*New ergonomic needs in maritime operations are being brought about by the tendency towards increasing automation. Direct control of engines and rudder from the bridge promises improved shipcontrol, provided that the operator can really exploit the technical improvements. In order to make such direct control most efficient, all instruments must be maximally legible and the controls must be conveniently situated. Recent designs of a navigation bridge for a pilot vessel and for a minesweeper are used to illustrate typical problems and situations. The building of a full scale mock-up of a complete bridge is essential in order to handle the design as an integrated problem. Such a mock-up is extremely useful in discussion between builder, user and adviser.*

### Inleiding

Door de toenemende automatisering aan boord van schepen gaat de mens meer en meer controlerende functies vervullen. Hierdoor wordt de ontwerper meer en meer geconfronteerd met de relatie tussen mens en zijn technische omgeving. Wil men in deze confrontatie tot optimaal gebruik van de menselijke mogelijkheden en diens gevolge tot opvoering van de prestatie komen, dan dient men mens en technische systemen in al hun facetten aan wetenschappelijk onderzoek te onderwerpen ten einde kennis te vergaren omtrent de wijze waarop beide elkaar - in gunstige en ongunstige zin - beïnvloeden. In talloze gevallen komt een zeer geavanceerde technische ontwikkeling niet tot zijn recht, omdat de aanpassing aan de menselijke mogelijkheden is verwaarloosd. Bij automatisering gaat de mens meer en meer controlerende functies vervullen; daarom is het van belang de menselijke waarnemingscapaciteiten te betrekken in het te ontwerpen systeem. Aan de Koninklijke Marine is door ons Instituut voor verschillende scheepsprojecten advies gegeven, o.a. voor navigatiebruggen en commandocentrales. In eerdere publikaties o.a. in TNO-nieuws [3-6] werden de problemen be-

sproken die rezen bij het ontwerpen van de brug bij fregatten. In dit artikel komen twee andere vaartuigtypen aan de orde, een loodsboot en een mijnenjager, waarbij aan de manoeuvreerbaarheid duidelijk andere eisen worden gesteld.

### Brugcontrole bij een loodsboot

Allereerst zij het ontwerp besproken dat op het IZF gemaakt werd voor een loodsboot van het Loodswezen. Om enige ervaring te verkrijgen t.a.v. de handelingen, communicatie en de daarmee verbonden tijdsduur op de brug, werden enige bezoeken gebracht aan boord van oudere typen loodsvaartuigen. De eisen te stellen aan een navigatiebrug van een loodsboot bleken geheel verschillend van die te stellen aan een oorlogsschip. De loodsboot heeft tot doel loodsen via kleine motorsloepen op en af de binnenkomende en uitgaande schepen te brengen. Tijdens deze handelingen is manoeuvreren zeer belangrijk. In de eerste plaats dient het schip vanaf de brugvleugels volledig onder controle te zijn. De snelheid en richting van het schip moeten geheel aangepast zijn aan de aan-

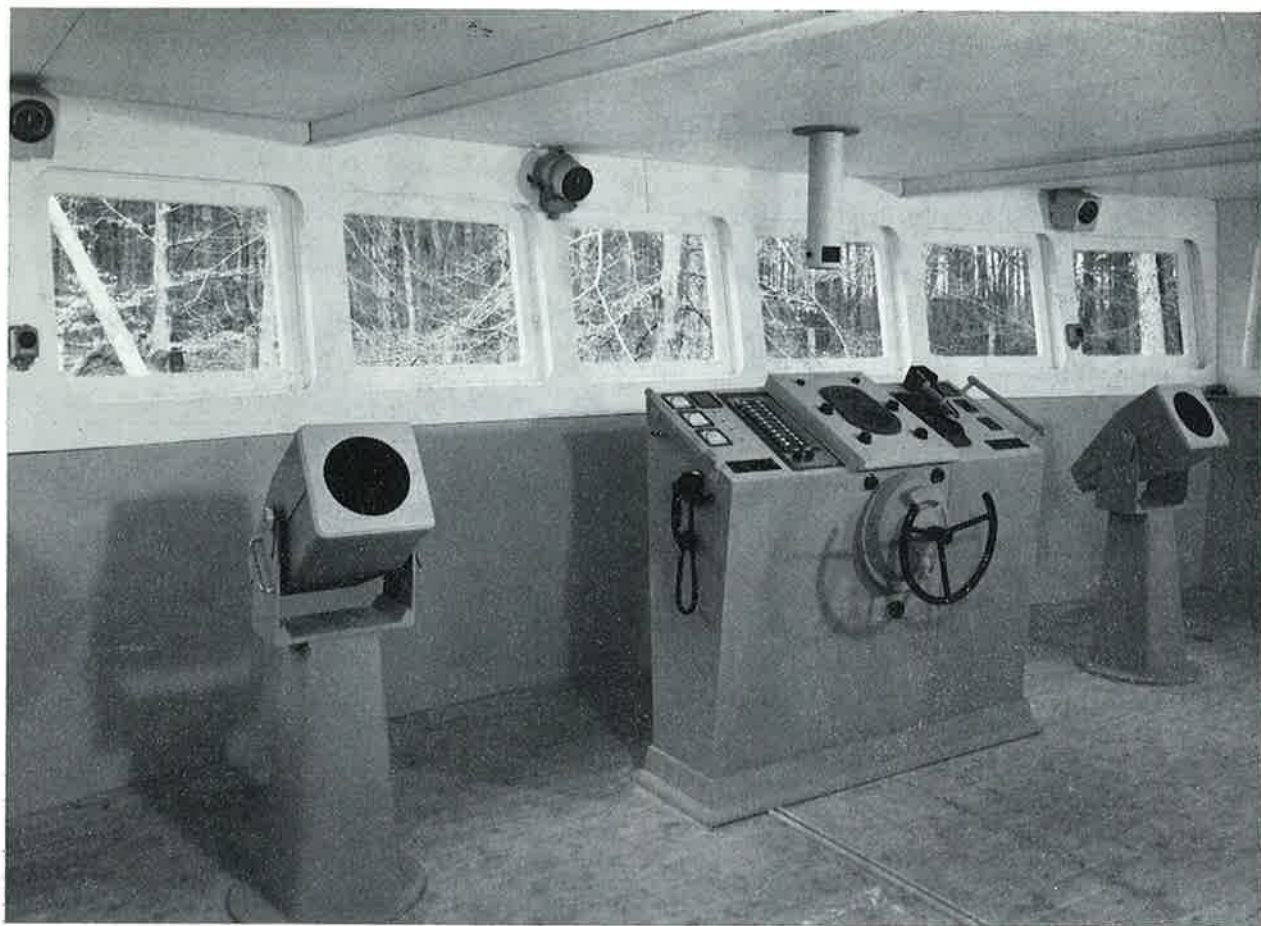


Fig. 1. Gedeeltelijk overzicht van een bouwmodel op ware grootte van de brug van een loodsboot.

te haken motorsloep. In de tweede plaats bevindt het loodsvaartuig zich meestal temidden van vele andere schepen, zodat het uitzicht vanaf de brug uit veiligheidsoverwegingen maximaal moet zijn. Mede daarom is het noodzakelijk dat de voortstuwingsmachines direct vanaf de brug en brugvleugels bediend kunnen worden.

### Onderzoekmethode

Van alle handelingen en verbindingen op de brug werd een lijst gemaakt waarin opgenomen: a) het aantal betrokken personen en instrumenten, b) de frequentie der handelingen en verbindingen en c) het relatief belang daarvan.

Na analyse van deze lijst werd een indelingsschema ontwikkeld en op grond van de hiervoor genoemde eisen het voorontwerp gemaakt.

Nader concretiserend en samenvattend zijn de eisen als volgt:

- 1) Het is noodzakelijk rondom zicht te hebben.
- 2) De zijkant van het schip dient volledig vanaf de brugvleugels gezien te worden.
- 3) Het moet mogelijk zijn dicht langs de ramen te lopen.
- 4) Directe bediening van de voortstuwingsinstallatie vanaf brug en brugvleugels is noodzakelijk.
- 5) De afstand tussen bedieningspaneel en radar dient zo kort mogelijk te zijn.
- 6) De wandelgang tussen beide brugvleugels dient volledig vrij te zijn.
- 7) De roerstandaanwijzer en de slagentellers dienen zodanig opgesteld te zijn, dat ze vanaf elk punt van de brug afgelezen kunnen worden.
- 8) De bediening van de scheepsomroep en radio's, dient tevens mogelijk te zijn vanaf de brugvleugels.
- 9) Alle brugpersoneel dient over een zitpositie te kunnen beschikken.

Om het effect van de arrangering van de diverse apparatuur en de handelingsfactoren van het personeel te onderzoeken is een model op ware grootte gebouwd (Fig. 1). Een dergelijk model is van onschatbare waarde. Enerzijds vereenvoudigt dit het ontwerpen zelf, anderzijds wordt het gesprek met de belanghebbenden vergemakkelijkt en krijgt het belang van voorgestelde verbeteringen meer overtuigingskracht.



Fig. 2. Gedeeltelijk overzicht van de brug van een loodsboot in werkelijke uitvoering.

### Definitief ontwerp

Figuur 2 geeft een gedeeltelijk overzicht van de werkelijke uitvoering van de brug. Het centrale paneel is uitgevoerd als stuur- en controlepaneel. Het roer is zowel met een handwiel als met twee drukknoppen bedienbaar. Het kompas is ingebouwd vlak voor de roerganger met daarboven gegroepeerd de controlemeters van de voortstuwingsinstallatie. Links daarvan is een nieuw ontworpen drukknop-ordertelegraaf gemonteerd. Aan de rechterzijde bevindt zich de scheeps- en manoeuvreeromroep. Op beide brugvleugels is het mogelijk de microfoon van deze omroep te bedienen. Aan de zijkanten van het paneel bevinden zich drie signaleringen die aangeven welke en hoeveel generatoren bijstaan, zodat de officier van de wacht kan zien met welke generatoren hij de voortstuwingsinstallatie bedient vanaf de brugvleugel.

Aan beide uiteinden van het paneel is een VHF-radio gemonteerd waardoor de radarwaarnemer deze zonder zijn zitplaats te verlaten kan bedienen. De voortstuwingsinstallatie is niet alleen bedienbaar vanaf de brugvleugels, maar ook aan stuur- en bakboordzijde op de brug. Via de ordertelegraaf is de installatie ook bedienbaar vanuit de machinekamer. De meeste punten uit het door ons opgestelde programma van eisen zijn uitgevoerd. Het rondomzicht en de bediening van het

roer op de brugvleugels bleken niet haalbaar terwijl ook een zitplaats voor de roerganger niet kon worden gerealiseerd.

### Brugcontrole bij een mijnenjager

Ook bij het ontwerpen van een brug voor een tot mijnenjager te verbouwen mijnenveger werd het IZF betrokken. Een verschil met de hiervoor besproken loodsboot is, dat hier de automatisering nog aanzienlijk verder is doorgetrokken. Bij deze schepen is het stuur- en controlepaneel uitgerust met een automatische stuurinrichting. De bediening van de motoren geschiedt geheel van de brug met zogenaamde „remote engine control” (afstandsbediening), zonder tussenkomst van een machinekamerbediening. Omdat het schip twee schroeven heeft met apart te regelen motoren, zowel diesel als elektrisch voor stuurboord en bakboord, werd een speciale dubbele handgreep ontwikkeld waardoor met één hand iedere gewenste bekrachtigingscombinatie kan worden ingesteld. Figuur 3 geeft een foto van het paneel in werkelijke uitvoering. Voor de handroerbediening werd het merkwaardigerwijs toch nog revolutionaire idee gelanceerd af te stappen van het klassieke stuurwiel. De problemen die aan dit voorstel tot wijziging verbonden waren zijn in zekere zin kenmerkend voor de inbreng die van de zijde van de



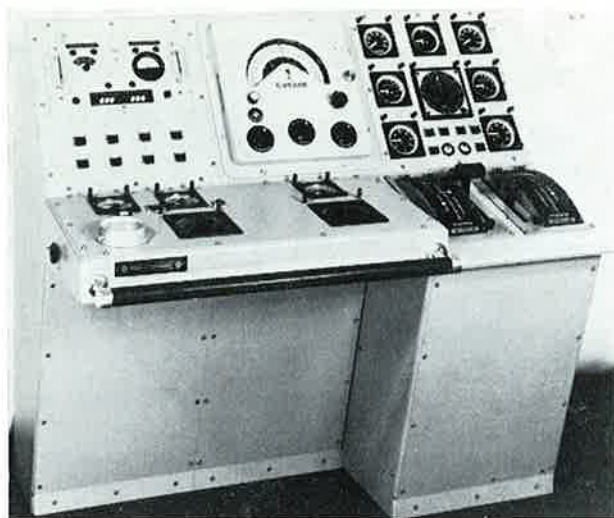


Fig. 3. Stuur- en controlepaneel van een mijnenjager in werkelijke uitvoering.

technische menskunde kan worden geboden en van de werkwijze die daaraan vastzit. Het spreekt natuurlijk vanzelf, dat het overstappen van directe overbrenging op indirecte overbrenging via servomotoren het klassieke stuurwiel overbodig maakt. Maar zozeer is het stuurwiel verweven in ons beeld van de brug, dat het daarvan afstappen een grote overgang betekent. Ook hier blijkt weer het grote nut van het bouwen van een model. Daarin kan men zien hoe het ook anders zou kunnen, daarin kan de toekomstige gebruiker ook aangeven wat er in het ontwerp fout zit en te verbeteren valt. Door het vervangen van het stuurwiel door een instelknop, en door het aanbrengen van de

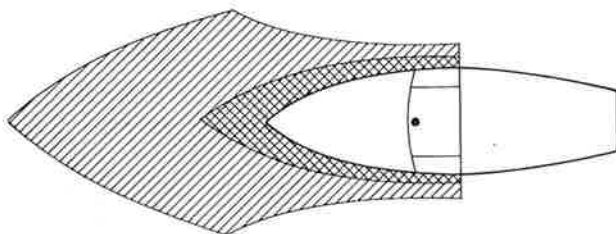


Fig. 4. Schematisch voorbeeld van de blinde hoek welke aanwezig is bij waarneming vanuit een vaste positie op de brug. Het donkerste gearceerde gebied geeft de blinde hoek van de camera.

#### Literatuur

- [1] Dean, P. J., Lewis, R. E. F. and Morphet, R. O.: Closed-Circuit Television as an Aid in Ship Control. *Journal of the Institute of Navigation*, 20, 120-130 (1967).
- [2] Lazet, A.: Some Applications of Closed-Circuit Television in Ships. Defence Research Establishment Toronto, Report No. 690, 1968.
- [3] Walraven, P. L., and Lazet, A.: Human Factors in Bridge and Chartroom Designs. *Journal of the Institute of Navigation*, 17, 405-407 (1964).
- [4] Walraven, P. L., en Lazet, A.: Ontwerp navigatiebrug fregatten „Van Speijk” klasse. *Marineblad* 75, 569-575 (1966).
- [5] Walraven, P. L., en Lazet, A.: Technisch menskundige factoren bij de inrichting van een navigatiebrug. *TNO-Nieuws*, 22, 179-183 (1967).
- [6] Walraven, P. L.: Future research needs in maritime Operations. *Ergonomics*, 10, 607-609 (1967).

speciale bekrachtigingshandgreep werd bereikt dat motoren en roer tegelijk bediend kunnen worden. Wat dat betekent voor snel en accuraat manoeuvreren hoeft nauwelijks betoog.

#### Toekomstige ontwikkeling

Het lijkt buiten kijf, dat de automatisering en het doorvoeren van „remote control” nog veel verder voort zal schrijden. De auteur heeft in Canada ervaring opgedaan met het gebruik van televisie om van de brug af onzichtbare gedeelten van het schip effectief onder controle te krijgen [2].

Zo bleek het voor het doeltreffend werken met de combinatie van helicopter en onderzeebootjager van zeer veel nut, dat de commandant via een op de brug opgestelde monitor het landen en opstijgen van de helicopter van het helicopterdek kon volgen. Met name het landen van een helicopter op een varend schip eist een snel en goed op elkaar afgestemd spel van voortdurende koerscorrecties. Een interessant probleem, dat daarbij opdook was de vraag of de monitor het beeld moest geven zoals de commandant dat zou hebben gezien als hij direct achteruitzicht had gehad, of zoals dat zou passen bij de voorwaartse kijkrichting. Het bleek, dat in het laatste geval een groot aantal stuurboord/bakboord verwisselingen optraden. Kennelijk voelt de commandant zich meer op de brug „op zijn plaats” dan dat hij zich als typisch „vooruitziend” ervaart! Ook voor algemene navigatiedoelinden blijkt televisie een bruikbaar systeem. Het gebruik van TV-camera's hoog in de mast, geeft een veel groter waarnemingsveld dan vanuit de brug. De blinde hoeken door de vorm van het schip worden in grote mate opgeheven door de hoge positie van de camera's. Juist bij het manoeuvreren in havens, het langszij brengen e.d. is een goed visueel beeld noodzakelijk. In Fig. 4 wordt een schematisch voorbeeld gegeven van de blinde hoek welke aanwezig is bij waarneming vanuit een vaste positie op de brug. Het donkerste gearceerde gebied geeft de blinde hoek van de camera's in voorwaartse positie [1]. Naar moet worden aangenomen zal bij toekomstige ontwerpen voor navigatiebruggen vanaf de aanvang met het gebruik van televisie rekening moeten worden gehouden.

# Schaalproblemen bij het besturen van supertankers<sup>\*)</sup>

## Scale-problems in supertanker manoeuvring

Ds. W. A. WAGENAAR en Dr. J. A. MICHON  
Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

### Samenvatting

Het gebruik van schaalmodellen bij manoeuvreer-experimenten is slechts mogelijk indien ook de tijdschaal ingekrompen wordt. Het is echter de vraag of de manoeuvreertaak niet essentieel verandert bij inkrimping van de tijdschaal. In een serie experimenten zijn enkele aspecten van dit probleem onderzocht met behulp van een simulator die onafhankelijk van de tijdschaal kan werken. Zes loodsen en zes stuurliu, getraind in schaalmodellen, namen als proefpersoon aan de experimenten deel.

In het hier besproken experiment werd het manoeuvreren met 2 schepen (100.000 en 250.000 ton waterverplaatsing) in 3 tijdschalen (1:1, 1:5 en 1:7) vergeleken. Het bleek dat het manoeuvreren in de ingekrompen tijdschalen veel eenvoudiger is dan in de werkelijke tijd. De conclusie is dat toepassing van ingekrompen tijdschalen bij de gebruikte scheepstypen en tijdschalen tot onjuiste resultaten kan leiden.

### Summary

Experiments on manoeuvrability can only be executed in scale models when the time scale is also contracted. The possibility exists that the task for the helmsman will be essentially altered by contraction of the time scale. In a series of experiments some aspects of this problem are investigated using a simulator which was independent of time scales. Six pilots, and six navigators used to scale models, took part in the experiment as subjects. In the present experiment manoeuvring with two ships (100.000 and 250.000 ton displacement) was compared in three time scales (1:1, 1:5, 1:7). It appeared that manoeuvring in a contracted time scale is much easier than in the real time condition.

The conclusion is that the use of contracted time scales may lead to incorrect conclusions, for the chosen types of ships and time scales.

### Inleiding

De enorme afmetingen van supertankers maken onderzoek naar de bestuurbaarheid urgent, aangezien deze schepen bijzonder traag reageren op de commando's die de roerganger via de besturingsorganen geeft. Tegelijkertijd echter zijn juist de afmetingen een obstakel voor zulk onderzoek: het is onhandig, tijdrovend, duur en zelfs riskant om met deze schepen te experimenteren. In de scheepsbouw- en waterloopkunde worden dergelijke problemen vaak opgelost door de werkelijke situatie op een zodanig verkleinde schaal na te bouwen, dat het formaat geen belemmering meer vormt. Op basis van de in het schaalmodel geobserveerde verschijnselen is het vrij goed mogelijk te voorspellen wat er in de werkelijke situatie zal gebeuren. Het gebruik van schaalmodellen brengt echter weer geheel nieuwe problemen met zich mee, en over deze problemen, paradoxaal genoeg het gevolg van de geringe afmetingen van supertankers-op-schaal, handelt het volgende artikel.

### Problemen rond het gebruik van tijdschalen

In een schaalmodel is, behalve de ruimtelijke schaal, ook de tijdschaal aangepast: men is gedwongen een tijdschaal-verkorting te gebruiken die, volgens de regel van Froude, evenredig is met de wortel uit de ruimtelijke schaal. Bij een ruimtelijke schaal van 1:25 is de tijdschaal dus 1:5, hetgeen betekent dat alle gebeurtenissen zich vijf maal zo snel afspelen als in de werkelijkheid. Wanneer een proefpersoon een essentiële schakel in het onderzochte systeem is, kan deze tijdschaalverkorting echter niet zonder meer worden toegestaan. Soms, mits genomen, zoals bijvoorbeeld autorijden, stellen namelijk zulke hoge eisen aan het menselijke vermogen om informatie te verwerken, dat het onmogelijk is een dergelijke taak vijf maal zo snel uit te voeren. Simulatie in een schaalmodel met een tijdschaal 1:5 is daarom in dat geval niet zinvol. Anderzijds bestaan er ook taken die moeilijk zijn juist vanwege de geringe hoeveelheid informatie die per tijdseenheid wordt aangeboden. Het is bijvoorbeeld niet direct te zien of de wijzers van een klok vooruit of achteruit bewegen dan wel stilstaan. Pas na vergelijking van opeenvolgende waarnemingen kan men hierover uitsluitsel geven.

<sup>\*)</sup> Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Waterloopkundig Laboratorium „De Voorst”, Marknesse, N.O.P.

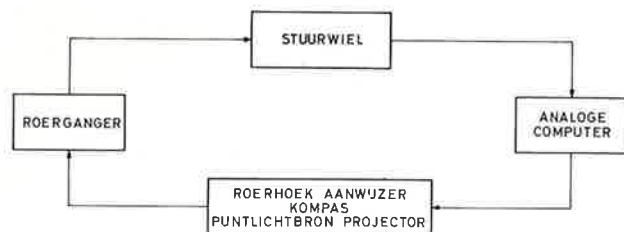


Fig. 1. Schema van het simulatie-systeem.

Nog moeilijker is het om eventuele versnellingen of vertragingen van de wijzerbeweging waar te nemen. Een dergelijke taak doet zich voor bij het manoeuvreren met supertankers: een aanzienlijk deel van de bewegingen van deze grote schepen is niet zonder meer als beweging waarneembaar. Simulatie in een schaalmodel met een tijdschaal 1:5 zou deze waarnemingstaak juist gemakkelijker kunnen maken. Een andere storende factor bij tijdschaalverkortening is het feit dat de subjectieve beoordeling van de lengte van tijdsintervallen niet recht evenredig is met de tijdschaal, daar de subjectieve tijd geen lineaire functie van de „klokketijd” is. Een interval van 6 sec wordt in tijdschaal 1:5 1,2 sec, maar een proefpersoon heeft subjectief het gevoel dat het interval tot 1/6 deel (1 sec) is gereduceerd. Uit het bovenstaande blijkt dat het gebruik van verkorte tijdschalen bij manoeuvreerexperimenten niet zonder nader onderzoek is geoorloofd. Toch wordt simulatie in schaalmodellen frequent gebruikt zowel voor waterloop- en scheepsbouwkundig onderzoek als voor de training van loodsen en gezagvoerders. Er zijn dus goede redenen om onderzoek naar het effect van tijdschaalverkortening te beginnen, en een opdracht van het Waterloopkundig Laboratorium „De Voorst” voor een dergelijk onderzoek werd dan

ook met beide handen aangegrepen. Dit artikel geeft de resultaten van een der eerste experimenten die werden uitgevoerd in het kader van deze opdracht. Meer gedetailleerde informatie over dit onderzoek is elders te vinden [7].

## De manoeuvreer-simulator

Het onderzoek eiste dat de tijdschaal waarin de manoeuvre zich afspeelt gemakkelijk kon worden gevarieerd. Dit bleek slechts realiseerbaar door gebruik te maken van een manoeuvreer-simulator. De ontwikkeling van dit apparaat was uitsluitend mogelijk dankzij een intensieve samenwerking met verscheidene instanties, waaronder het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies, het Waterloopkundig Laboratorium, het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation, het Nederlands Scheepsstudiecentrum, het Scheepsbouwkundig Laboratorium van de Technische Hogeschool Delft en de Koninklijke Marine. Een volledige beschrijving van het systeem is in een afzonderlijk rapport neergelegd [6].

De belangrijkste onderdelen van de simulator zijn, als weergegeven in Fig. 1, een brug met stuurwiel, kompas en roerhoekaanwijzer, een analoge rekenmachine en een puntlichtbron-projector. De proefpersoon staat op de brug en kijkt naar de op de voorruit geprojecteerde buitenwereld. Wanneer hij aan het stuurwiel draait wordt een analogoog signaal aan de rekenmachine doorgegeven. Deze berekent de scheepsbeweging die het gevolg is van de roerbeweging, met behulp van de tevoren ingevoerde bewegingsvergelijkingen van het schip. Hierbij wordt rekening gehouden met stroom en wind, ieder met een eigen snelheid en richting. De beweging van het schip wordt voor de proefpersoon zichtbaar gemaakt door het kompas en door een wijziging in de geprojecteerde buitenwereld.

De puntlichtbronprojector (Fig. 2) bestaat in principe uit een puntlichtbron die door twee perspex platen schijnt. Op de eerste plaat (A) is een kustlijn met een haveningang geschilderd. Twee pieren steken uit in de richting van het lampje. De voorste toren van een lichtenlijn\* is op de eerste plaat geschilderd, de achterste op de tweede plaat (B). Deze scène wordt afgebeeld op het scherm (C) dat voor het raam van de brug hangt. De puntlichtbron staat op een XY-schrijver. De twee bewegingsrichtingen van de schrijver corresponderen met nadering tot de kust en verplaatsing evenwijdig aan de kust. Het geheel (XY-schrijver, lichtbron en perspex platen) is verplaatsbaar in een richting evenwijdig aan het scherm, hetgeen verschuiving van het totale beeld veroorzaakt. Deze verschuiving komt overeen met koersverandering

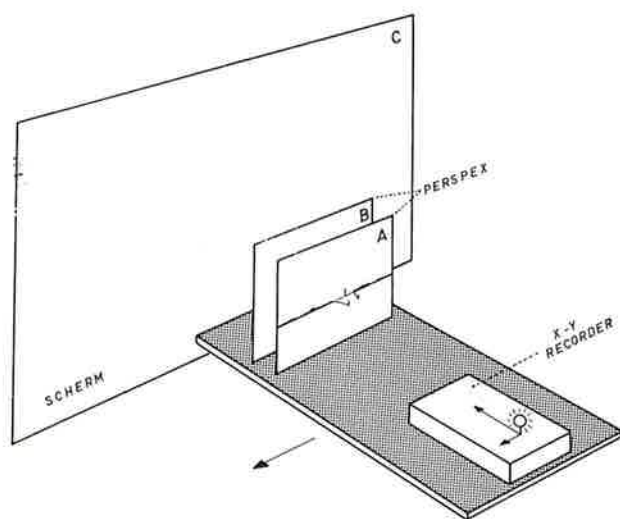


Fig. 2. Schema van de puntlichtbron-projector.

\* Een lichtenlijn bestaat uit een lage en een hoge vuurtoren die op zee in één lijn worden gezien wanneer het schip de juiste naderingsroute volgt (zie Fig. 4).

van het schip. De scène, die is weergegeven in Fig. 3, maakt naar het oordeel van een groot aantal deskundige beoordelaars, een realistische indruk. Tijdens het experiment wordt een aantal parameters waaronder baan, koers en roerhoek geregistreerd.

### Het experiment

In het experiment werd gebruik gemaakt van twee schepen A = 100.000 ton en B = 250.000 ton en drie tijdschalen 1:1, 1:5 en 1:7. Combinatie van de schepen met elk van de tijdschalen levert zes condities waarin het gedrag van schip met roerganger kan worden bestudeerd. Deze condities worden in het volgende symbolisch voorgesteld als A1, A5, A7 en B1, B5, B7. In alle condities voerden de proefpersonen een standaardmanoeuvre uit, die is weergegeven in Fig. 4. Het schip lag 62,5 meter naast de lichtenlijn en de opdracht was om het schip zo snel mogelijk in de lichtenlijn te brengen, zonder er te veel doorheen te schieten. Er werd een afstand van 2,5 km afgelegd met een snelheid van 8 knopen (= 4 meter/seconde). De vaart duurde 540, 108 en 77 seconden respectievelijk bij tijdschaal 1:1, 1:5 en 1:7. De proefpersonen waren zes zeelodsen van Hoek van Holland en zes model-stuurlui van het Waterloopkundig Laboratorium. Deze laatste proefpersonen waren gewend te manoeuvreren met modelschepen maar hadden geen ervaring met de besturing van schepen op ware grootte. De volgorde waarin iedere



Fig. 3. De scène die door de puntlichtbron-projector op de voorruit van de brug wordt afgebeeld.

proefpersoon de condities kreeg aangeboden werd systematisch gevarieerd om allerlei neveneffecten als leren en vermoeidheid te vermijden. Iedere proefpersoon voer drie maal in iedere conditie. In het kader van dit artikel kunnen slechts enkele resultaten summier worden weergegeven ter illustratie van het betoog. Meer uitvoerige gegevens vindt men in het reeds genoemde rapport [7].

Fig. 5 laat zien langs welke baan het schip gemiddeld voer in de verschillende condities van ons experiment. Bij de tijdschaal 1:1 (A1 en B1) stuurden de proefpersonen het snelst naar de lichtenlijn toe en vooral in conditie B, schoten ze er ver doorheen. Bij de tijdschalen 1:5 en 1:7 werd over het algemeen veel rustiger gemanoeuvreed. De Tabel

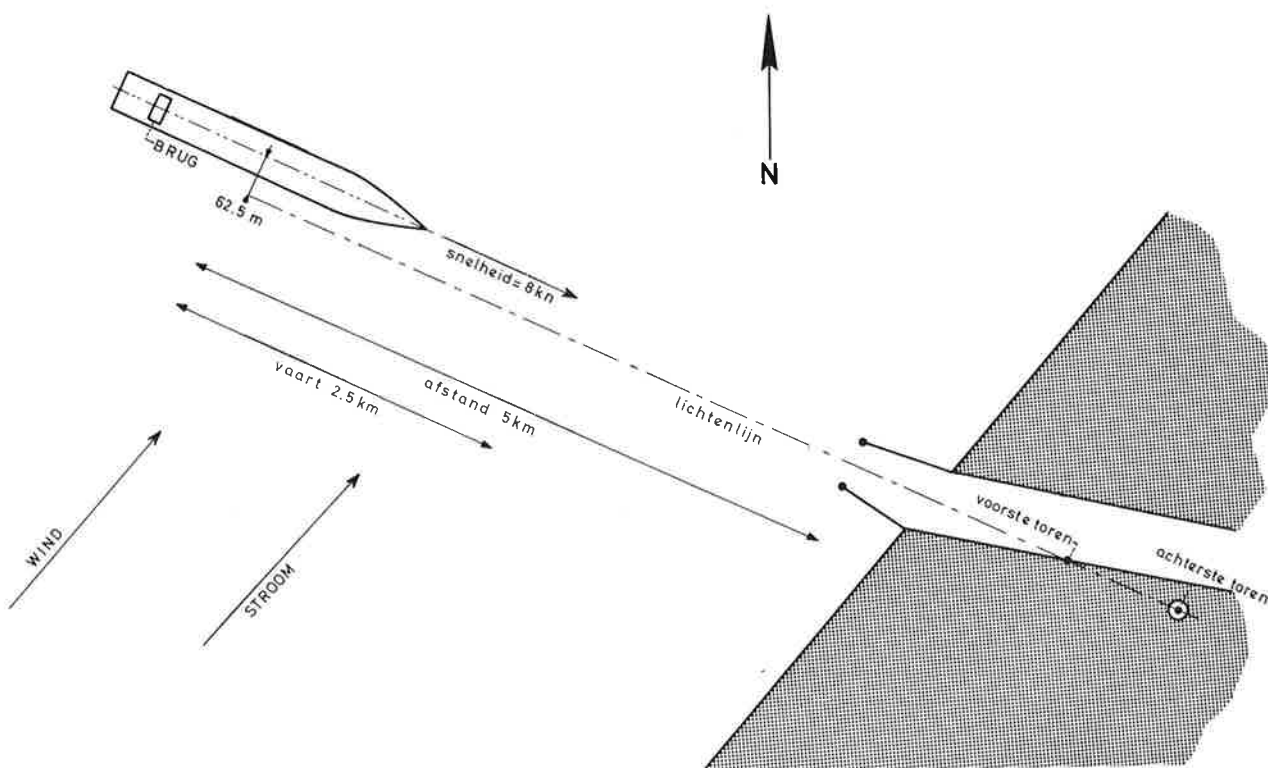


Fig. 4. De beginsituatie van de standaardmanoeuvre.



Tabel: Gegevens over de roeruitslagen die tijdens de manoeuvre werden gebruikt.

Water-verplaatsing	Tijdschaal	Gemiddelde roerhoek	Gemiddeld aantal nuldoorgangen van de roerbeweging
100.000 ton (A)	1:1	3°42'	16,5
	1:5	2°42'	9,3
	1:7	2°36'	8,7
250.000 ton (B)	1:1	6°06'	11,2
	1:5	4°18'	7,9
	1:7	3°48'	7,0

laat zien dat er in conditie A1 en B1 grotere roerhoeken werden gebruikt dan in de andere condities. Ook het aantal nuldoorgangen van de roerbeweging was groot in deze condities, hetgeen betekent dat er veel bewegingen met het roer werden gemaakt. Het totale beeld dat uit de resultaten spreekt is dat de proefpersonen niet in staat zijn een manoeuvre op gelijke wijze uit te voeren wanneer de tijdschaal van een situatie wordt veranderd.

### Interpretatie

Hoewel we een verre van volledig inzicht hebben in het complex factoren dat het gedrag van een

roerganger bepaalt, kunnen we toch enkele oorzaken van het door ons gevonden effect van de tijdschaal aanwijzen. Deze oorzaken liggen in het vlak van de menselijke waarneming. In de inleiding werd reeds gewezen op de bijzonder langzame bewegingen die een supertanker maakt. De kleinste hoeksnelheid die een mens visueel als beweging van de boegspriet langs de kustlijn kan waarnemen is ongeveer 1 boogminuut per seconde [1, 2, 3]. In tijdschaal 1:1 wordt deze snelheid vanuit stilstand pas bereikt na 7 sec voor schip A en na 10,5 sec voor schip B (Zie Fig. 6). Dit betekent dat de roerganger gedurende deze „dode” tijd geen visuele informatie ontvangt over de beweging van het schip. Bij tijdschaal 1:5 wordt de tijd in Fig. 6 met een factor 5 ingekrompen. Als het hierbij bleef zouden de „dode tijden” ook tot een vijfde gereduceerd worden. Bij inkrumping van de tijdschaal wordt echter de snelheidsas met een factor vijf uitgerekt, aangezien de tijd dan in de noemer staat. De „dode tijden” worden daardoor tot ongeveer 1/17 deel teruggebracht (0,4 sec voor schip A en 0,6 sec voor schip B). Een zelfde effect is te constateren bij de hoekversnellingen: een eenvoudige vuistregel [4] leert dat hoekversnellingen visueel waarneembaar zijn als de snelheid wordt verdubbeld of gehalveerd binnen vijf seconden, op voorwaarde dat de hoeksnelheden steeds boven de waarnemingsdrempel liggen.

Deze versnellingen komen regelmatig voor wanneer er in tijdschaal 1:5 en 1:7 wordt gevaren. In

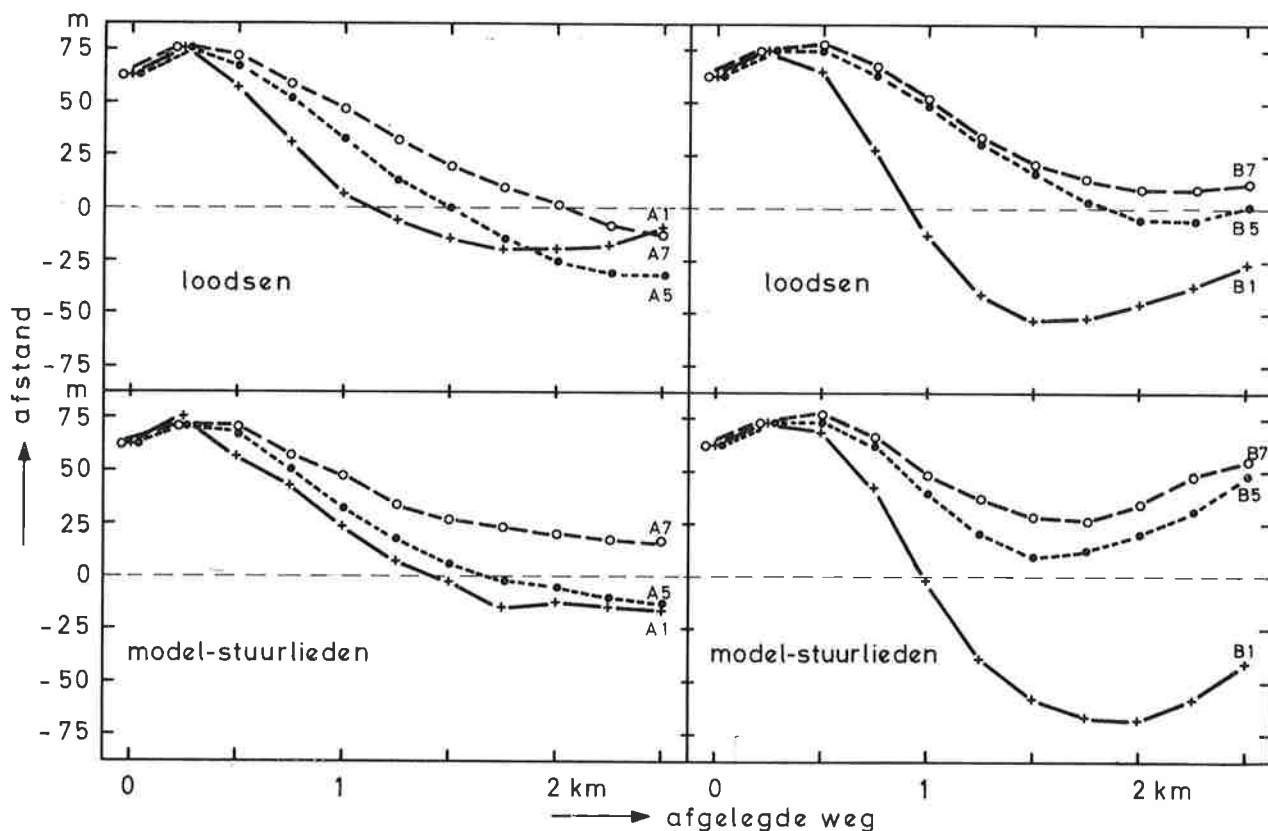


Fig. 5. Gemiddelde banen waarlangs het schip zich bewoog in de verschillende condities van het experiment.

tijschaal 1:1 treedt een dergelijke versnelling voor schip B alleen op bij niet-waarneembare hoeksnelheden. Detectie van de versnelling is in dat geval onmogelijk. Voor schip A is er in tijschaal 1:1 een kleine kans dat de hoekversnelling de waarneembaarheidsdrempel overschrijdt. Een andere factor die reeds in de inleiding werd genoemd is de beoordeling van tijdsintervallen [5]. Wanneer twee intervallen zich verhouden als 1:5 wordt de langste ervaren als ongeveer zes maal de kortste. Een proefpersoon zal daarom, wanneer een schip in tijschaal 1:1 vijf maal zo traag reageert als in tijschaal 1:5, de indruk krijgen dat het verschil groter is dan op grond van de schaalverhouding mag worden verwacht. Er is in tijschaal 1:1 dus een grotere „subjectieve traagheid”.

Deze factoren werken alle in dezelfde richting. Een manoeuvre met een supertanker moet lang van tevoren worden ingeleid. Dit geschiedt alleen als de stuurman werkelijk ziet dat er over enige tijd een koerswijziging nodig zal zijn. Deze anticipatie is slechts mogelijk door vanuit de tot dusver waargenomen beweging te extrapoleren. In tijschaal 1:1 blijft echter een groot deel der scheepsbewegingen onzichtbaar, waardoor de noodzaak van een koerscorrectie op een te laat tijdstip wordt ingezien. De correctie zal dan groter moeten zijn. Bovendien krijgt de proefpersoon in tijschaal 1:1 de indruk dat hij grotere roeruitslagen moet gebruiken, ten eerste door de lange tijd die verloopt tussen roerbeweging en het zichtbaar worden van de resulterende scheepsbeweging, en ten tweede door de grotere subjectieve traagheid van het schip. Door al deze factoren tezamen wordt een te grote koerscorrectie uitgevoerd, hetgeen weer op een te laat tijdstip met een slecht aangepaste koerscorrectie

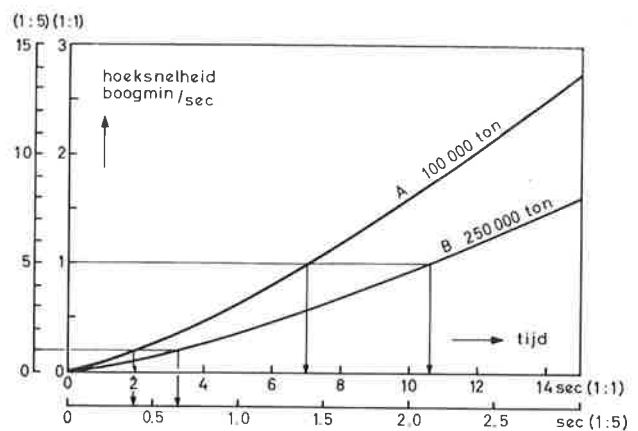


Fig. 6. De hoeksnelheid die beide schepen  $t$  sec. nadat het roer  $10^\circ$  is uitgeslagen hebben bereikt. De kleinste waarneembare hoeksnelheid (1 boogminuut per seconde) wordt bij tijschaal 1:5 ongeveer 17 maal zo snel bereikt als bij tijschaal 1:1.

tie zal worden goedge maakt. De slingering van het schip om de lichtenlijn krijgt daardoor in tijschaal 1:1 een grotere amplitude, terwijl er veel en grote roeruitslagen worden gebruikt. Dit is precies wat de resultaten laten zien.

## Conclusie

Manoeuvree-experimenten in schaalmodellen kunnen tot bedriegelijke resultaten leiden, omdat het gedrag van het systeem roerganger-schip niet onafhankelijk is van de tijschaal, vooral indien er sprake is van zeer grote schepen. Het is van belang om het gedrag van de roerganger in dit opzicht verder fundamenteel te onderzoeken.

## Literatuur

- [1] Aubert, H.: Die Bewegungsempfindung. Arch. Ges. Physiol. 39, 347-376 (1886).
- [2] Bourdon, B.: La perception visuelle de l'espace. Paris, Librairie C. Reinwald, 1902.
- [3] Grim, K.: Über die Genauigkeit der Wahrnehmung und Ausführung von Augenbewegungen. Z. Sinnesphysiol. 45, 5-26 (1911).
- [4] Hick, W. E. and Bates, J. A. V.: The human operator of control mechanisms. London Ministry of supply 1950, cited in R.M. Gotts-
- danker: Detection of acceleration of target motion. Psychol. Bull., 53, 477-487 (1956).
- [5] Stevens, S. S. and Galanter, E. H.: Ratioscales and category scales for a dozen perceptual continua. J. Exp. Psychol. 54, 377-411 (1957).
- [6] v.d. Brug, J. B. and Wagenaar, W. A.: An experimental Simulator for the Manoeuvring of Surface ships. Nederlands Scheepsstudiecentrum. Communication no. 18 S, January 1969.
- [7] Wagenaar, W. A. and Michon, J. A.: The effect of contracted time scales in scale model manoeuvring. The Institute for Perception, Report no. IZF 1968-C3.

# Echo's van de RASURA: Het leren identificeren van complexe stimuli

Dr. J. A. MICHON

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

## Echoes of RASURA: A problem in complex sound identification

### Samenvatting

*Het leren onderscheiden en identificeren van complexe en onderling verwante stimuli – zoals RASURA radar-echo's – kan opgevat worden als het tot stand komen van een „subjectief model” of „interne representatie” van de buitenwereld. Onderzoek van de „representaties” die bij meester en leerling aanwezig zijn, kan bijdragen tot bespoediging van het leren waarnemen.*

### Summary

*Learning to distinguish or identify complex, interrelated stimuli – such as RASURA radar-echo's – may be conceived of as formation of a „subjective model” or „internal representation” of the real world.*

*Studying the „representations” of master and pupil, may lead to improvements in learning perceptual skills.*

### 1. Inleiding

Het onderscheiden en identificeren van objecten is een taak die in vele varianten wordt aangetroffen. Zowel in militaire als in industriële omstandigheden kan tijdige herkenning een zaak van leven en dood zijn: vijandelijke vliegtuigen en een verkeerde vloeistof in een medicijnflesje kunnen leiden tot eenzelfde katastrofaal resultaat. Vooral bij de identificatie van complexe geluiden doen zich vaak problemen voor. In het algemeen ontbreken hierbij onder meer de belangrijke bewegingskenmerken, welke identificatie bij visuele presentatie op een radarscherm vergemakkelijken. Dit soort factoren brengt met zich, dat ook het *leren* onderscheiden een zware opgave wordt, evenals trouwens de taak van de instructeur: het overdragen van de relevante kennis.

De kennisoverdracht geschiedt gewoonlijk mondeling. De instructeur zal daarbij trachten de leerling te wijzen op het verschil tussen doel en achtergrondslawaai, op de karakteristieke kenmerken van elk geluid, om daarmee het geheugen van de leerling te „structureren”. De instructeur kan evenwel door een ongelukkige keuze van zijn beschrijvingen de leerling op een dwaalspoor brengen. Hij kan zelfs verkeerde, voor identificatie betekenisloze, kenmerken benadrukken. Deze en andere, soortgelijke, vragen worden acuut, wanneer men een opleiding wenst te bekorten zonder achteruitgang van

de prestatie. Een dergelijk geval deed zich voor met de RASURA-radaropleiding aan de Cavalerie-school in Amersfoort. De RASURA is een draagbaar doppler-radar systeem waarbij de echo's in een hoofdtelefoon worden hoorbaar gemaakt.

Op verzoek van de Inspecties van de Verbindingsdienst en de Cavalerie van de Koninklijke Landmacht werd een onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden de opleiding van het RASURA-personeel te verbeteren. Daarbij werd ook aandacht besteed aan samenstelling van het lesmateriaal [4].

In de navolgende beschouwing zal dit punt nader aan de orde gesteld worden. Daarbij ontkomt men niet aan een fundamentele bezinning op de vraag hoe men de kennis kan kwantificeren die bij de instructeur aanwezig is en bij de leerling (nog) niet. We hebben gemeend de lezer deze fundamentele overwegingen niet te moeten onthouden.

### 2. Waarnemen moet geleerd worden

In de loop van zijn ontwikkeling leert de mens geleidelijk welke onderscheidingskenmerken het hem mogelijk maken, dingen te identificeren en van elkaar te onderscheiden. Slechts van een klein aantal kenmerken van de wereld om ons heen mag men aannemen dat zij in de menselijke natuur verankerd liggen: zeer jonge kinderen zullen niet over

de rand van een tafel kruipen, zelfs niet op aandrang van de moeder, ook al is er door afdekking met een stevige glasplaat in feite geen „afgrond” meer waar het kind in kan vallen [2].

De botanicus, de geoloog, de schaakmeester, evenals trouwens iedere andere vakman, is in staat een groot aantal tot zijn specialisme behorende specimen - planten, keien, schaakstellingen - direct te herkennen. In de loop der tijd heeft hij zich als het ware een „model of representatie” van de buitenwereld eigen gemaakt, dat gebaseerd is op in zijn vak geldige onderscheidingskenmerken. Zinvol waarnemen - onderscheiden en identificeren - is gebaseerd op zo'n „interne representatie”.

Studie van de aard van deze representaties en van de wijze waarop zij tot stand komen is van fundamenteel belang voor het inzicht in de waarnemingsprocessen, en kan aldus onder meer leiden tot meer effectieve methoden voor de training in complexe perceptietaken, waarvan de RASURA een duidelijk voorbeeld is.

### 3. Hiërarchische representaties

Mensen hebben een voorliefde voor bepaalde representatievormen. Zo valt een aantal ervaringsverschijnselen op een vanzelfsprekende manier te rangschikken in een hiërarchische structuur. Familiestambomen en militaire commandostructuren bijvoorbeeld, zijn hiërarchisch geordend, respectievelijk met betrekking tot afstamming en ondergeschiktheid.

Dit type „model” is gekenmerkt door de aanwezigheid van individuen op de vertakkingspunten. Daarin wijkt het af van de hiërarchische ordening van een klassificatieschema, zoals de indeling van het dierenrijk. Op de vertakkingspunten vinden we hier geen individuen, maar kenmerken die de individuen al dan niet bezitten. De hiërarchische structuur is in dit geval dus een representatie van een systeem van genestelde verzamelingen (Fig. 1). Het bezit van een bepaalde reeks kenmerken definieert de plaats van het individu in het schema en een getraind waarnemer weet deze kenmerken te vinden en te evalueren, in de goede volgorde. De „naïeve” waarnemer daarentegen ontgaan deze eigenschappen, of hij neemt ze niet in hun juiste verband waar.

### 4. Subjectieve representaties van de dierenwereld

Dit kunnen we illustreren met een eenvoudig experiment. Schematische afbeeldingen van de acht dieren die in Fig. 1 het dierenrijk vertegenwoordigen werden drie aan drie voorgelegd aan een meisje van vier jaar, een jongen van zes jaar en een volwassene. Van elk aangeboden drietal moest de proefpersoon aanwijzen welke twee dieren het meest „bij elkaar horen” en welke twee het minst. Alle 56 verschillende drietallen die van de acht die-

ren kunnen worden gevormd, werden achtereenvolgens op deze manier afgewerkt, zodat elk tweetal in zes combinaties met een derde moest worden geëvalueerd. Enkele dagen later werd het gehele experiment nog eens herhaald.

Voor elke maal dat een bepaald paar als „meest bijeenhorend” werd beoordeeld werden 2 punten toegekend, voor elk oordeel „minst bijeenhorend” 0 punten. Het derde, neutrale, paar in elk drietal kreeg 1 punt. Door de tweemaal zes scores voor elk paar op te tellen verkrijgt men een matrix waarin de mate van overeenkomst tussen elk paar dieren in een getal is uitgedrukt. Uit deze matrix kan men de subjectieve ordening die de proefpersoon in het materiaal aanbrengt gemakkelijk afleiden.

Daartoe beschouwen we Fig. 1 nogmaals. Uitgaande van een individu, bijvoorbeeld de *vleermuis*, tellen we het aantal begrenzings van deelverzamelingen dat overschreden moet worden om tot een ander individu te komen; dit aantal beschouwen we als hun onderlinge afstand. Het is duidelijk dat, wanneer zich twee individuen in één deelverzameling bevinden, de afstanden tussen ieder van deze individuen en een derde individu erbuiten, niet van elkaar onderscheiden kunnen worden. Niet onderscheidbare individuen (of deelverzamelingen) bevinden zich daarom noodzakelijk in dezelfde vertakking van de hiërarchische structuur. Deze relatie impliceert dat elk experimenteel geconstateerd verschil in de afstand tussen bijvoorbeeld *vleermuis* en *vlinder* enerzijds, en die tussen *vleermuis* en *mug* anderzijds berust op inconsistenties in de oordelen van de proefpersoon, of dat er een niet-hiërarchische representatie aan zijn beoordelingen ten

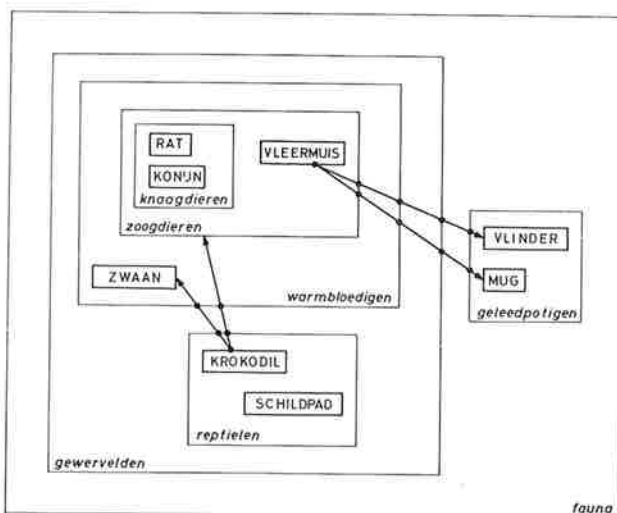


Fig. 1. Deel van het dierenrijk als complex van genestelde verzamelingen. De pijlen geven aan dat de „afstanden” van een willekeurig uitgangspunt (bijv. krokodil) tot equivalente deelverzamelingen (zoogdieren en zwaan, binnen de warmbloedigen) gelijk zijn.



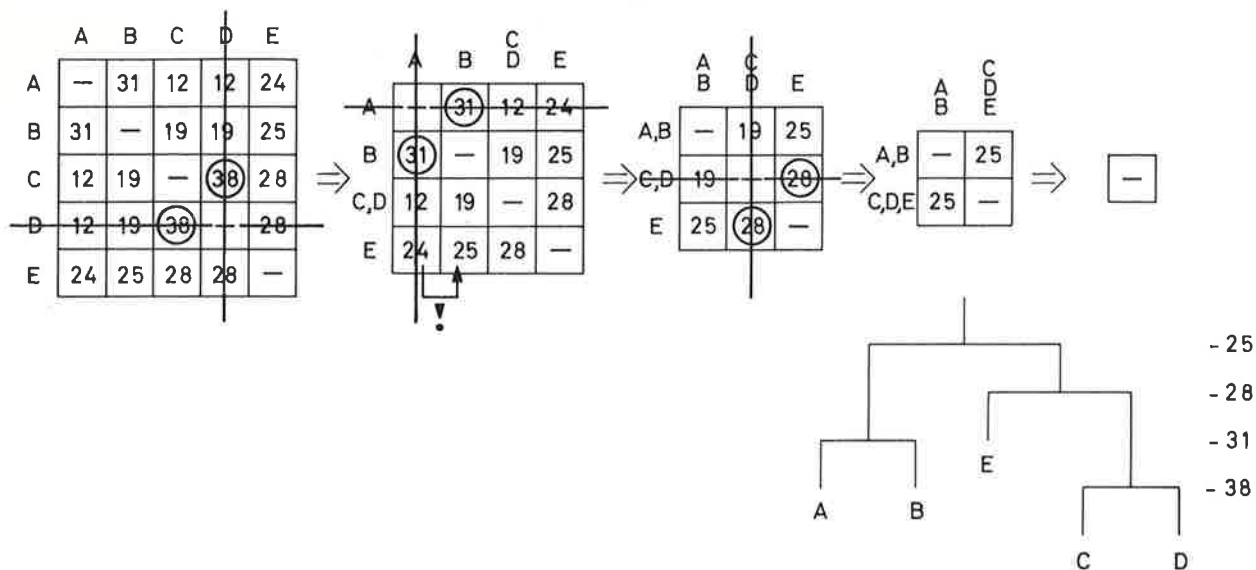


Fig. 2. Johnson's hiërarchische clusteranalyse, waarmee hiërarchische structuren worden afgeleid uit overeenstemmingsmatrices. De berekening behelst de volgende stappen:

1. Zoek de individuen met de grootste overeenkomst. Deze vormen een of meer kernen.
2. Ten opzichte van buiten een kern gelegen individuen zijn de individuen binnen een kern niet meer van elkaar te onderscheiden. Voeg daarom de desbetreffende rijen en kolommen van de matrix samen.
3. Bij ideale gegevens bevatten deze rijen en kolommen identieke waarden. Zo niet, kies dan de hoogste waarden als celwaarden voor de gecombineerde rij en kolom.
4. Herhaal de stappen 1 tot en met 3 tot de matrix is gereduceerd tot een enkele cel. De resulterende structuur kan vervolgens geconstrueerd worden, waarbij de „matrixwaarden” waarop vertakkingen plaats vinden kunnen worden aangeduid.

grondslag ligt. De hiërarchische structuur wordt uit de overeenstemmingsmatrix verkregen met behulp van een door Johnson [3] beschreven clusteranalyse techniek die op het voorgaande argument gebaseerd is. Wij geven het algoritme in Fig. 2.

Met deze methode werden de gegevens van het dierenexperiment bewerkt. De resulterende „stambomen” zijn weergegeven in Fig. 3. Terwijl de volwassene (A) een „perfecte” representatie vertoont, is de wijze waarop het dierenrijk gerepresenteerd is bij de kinderen (B en C) sterk afwijkend.

Klaarblijkelijk spelen voor hen gedragskenmerken als „zachtaardig”, „bijten of prikken”, „vliegen” en „zwemmen” een grotere rol dan bij de volwassene, voor wie morfologische kenmerken belangrijker zijn [5].

Het valt op, hoe sterk deze representaties bepaald worden door persoonlijke ervaringen: waarschijnlijk heeft elk kind aanvankelijk een geheel eigen representatie, en conformeert het zich pas geleidelijk meer aan de „ontmythologiseerde” representatie van de bioloog.

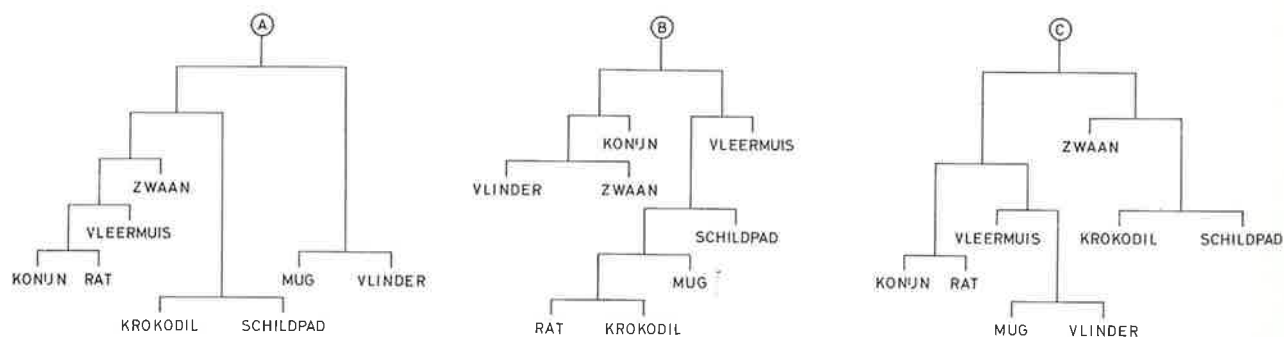


Fig. 3. Subjectieve „modellen” van de ordening in het partiële dierenrijk van Fig. 1, volgens A: volwassene, geheel in overeenstemming met Fig. 1; B: 4-jarig kind; C: 6-jarig kind.

## 5. De RASURA-opleiding: leren van een complexe perceptietaak

Een analyse van de wijze waarop een stuk werkelijkheid subjectief gerepresenteerd is, kan van groot belang zijn voor het leren van perceptieve taken, vooral indien een duidelijke logische ordening in de taakelementen ontbreekt. Dat is onder meer het geval bij het identificeren van SONAR-geluiden, elektro-encefalogrammen en dergelijke, waar de kenmerken zo complex zijn dat uitputtende klassificatie vooralsnog niet mogelijk is, ook al omdat men gewoon niet weet welke kenmerken objectief relevant zijn.

De ervaring leert, dat sommige mensen zeer goed in staat zijn zulke complexe gegevens correct te identificeren, en het is de moeite waard, na te gaan van welke representaties deze mensen zich bedienen. Wellicht kunnen hun representaties overgedragen worden op leerlingen, op een meer systematische manier dan mogelijk is via het gebruikelijke „leerlingensetstel”.

Een gelegenheid om deze vraag nader onder ogen te zien deed zich voor in een opdracht, van de Inspecties van de Verbindingsdienst en Cavalerie, om na te gaan of de opleiding van RASURA-radar personeel kon worden bekort en gestroomlijnd [4].

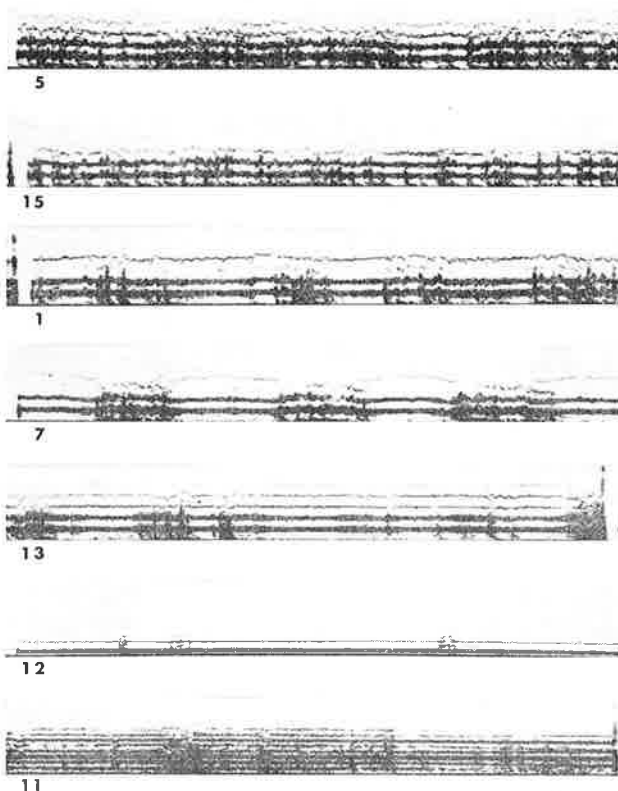


Fig. 4. Sonogrammen van enkele RASURA-echo's (de nummers corresponderen met de in Tabel 1 genoemde objecten). Het frequentie-spectrum van de geluiden is als functie van de tijd weergegeven. Verticaal staat de frequentie uit; de energie per frequentieband is aangeduid door de zwarting.

De RASURA is een doppler-radar systeem met auditief „display”; dat wil zeggen, de waarnemer moet trachten uit het geruis, gefluit en geratel in een hoofdtelefoon op te maken of er personen aanwezig zijn in de door zijn apparaat bestreken terreinsector, en zo ja, hoeveel en van welke aard. De gebruikelijke training bestaat uit het herhaaldelijk aanbieden van doelen, via een geluidsband of in het veld. Tijdens de lessen wordt de leerling telkens verteld welk geluid hij hoort. Daarbij gaat men echter niet systematisch uit van de onderscheidingskenmerken die het verschil tussen de geluiden zoveel mogelijk accentueren. Een dergelijke systematische benadering is wel gerealiseerd in een Brits programma voor SONAR-waarnemers [1], waarbij echter synthetische geluiden gebruikt werden, zodat men de relevante kenmerken volledig in de hand had.

Voorshands ontbrak dit alternatief bij de RASURA-opleiding. In plaats daarvan hebben we nagegaan welke representatie ten grondslag ligt aan de identificatie van RASURA-geluiden door ervaren waarnemers (instructeurs). Daarnaast is onderzocht, of het effect van training inderdaad weerspiegeld wordt in de subjectieve representatie van de leerlingen.

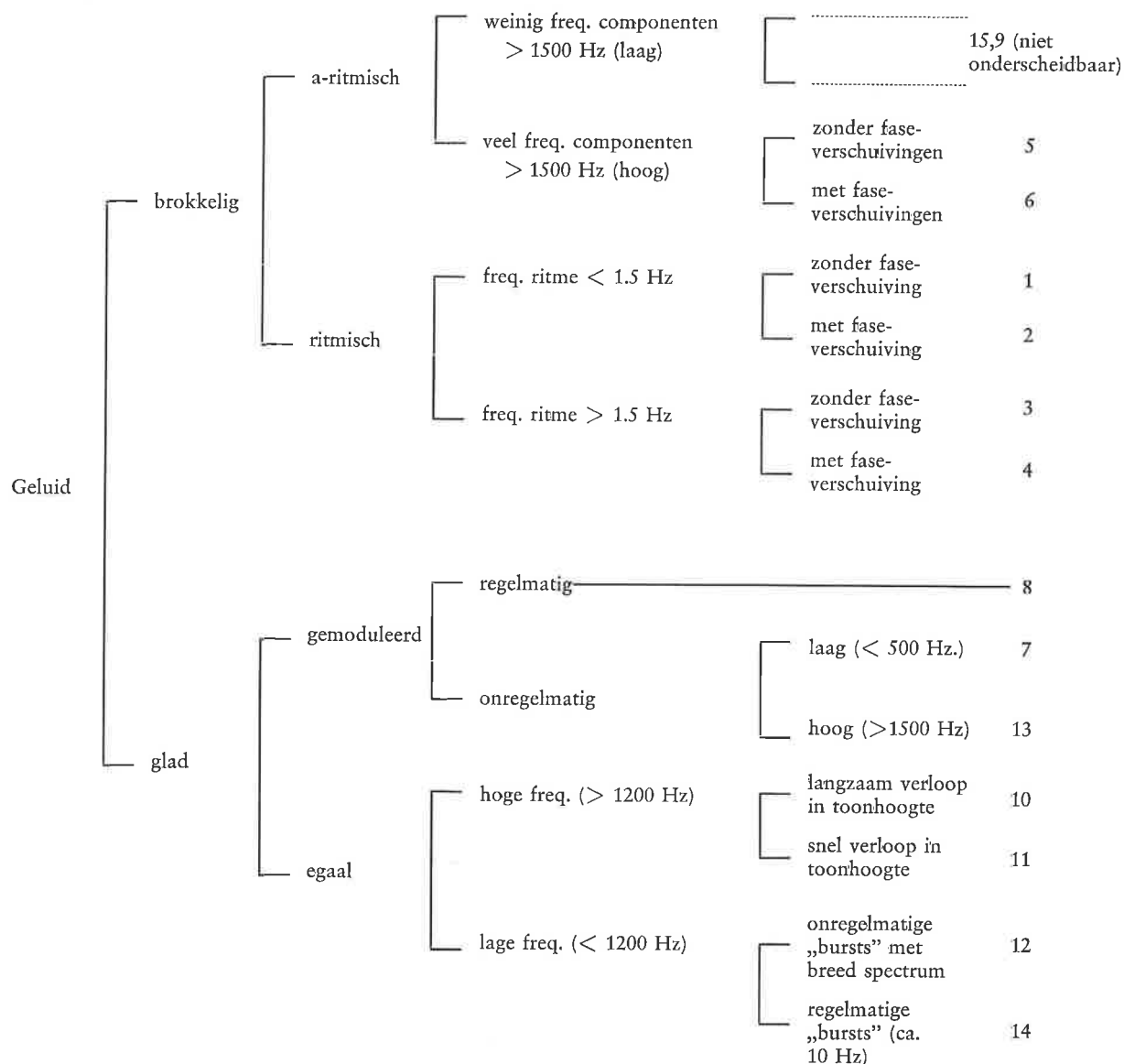
De proefpersonen, 6 instructeurs en 8 leerlingen, konden, door te drukken op één van drie knoppen, achtereenvolgens luisteren naar drie RASURA-

Tabel 1. 15 RASURA-echo's, gebruikt in het in de tekst beschreven experiment.

Nummer	Omschrijving
1	1 lopende man
2	4 lopende mannen
3	1 rennende man
4	3 rennende mannen
5	1 kruipende man
6	2 kruipende mannen
7	hand-cornerreflector
8	draaiende cornerreflector
9	lichte begroeiing
10	langzaam wielvoertuig
11	snel wielvoertuig
12	tank
13	snelle wielrijder
14	vliegende helikopter
15	kudde grazende koeien

geluiden, die waren gekozen uit een totaal van 15 in de training gebruikte geluiden (Tabel 1 en Fig. 4). Deze geluiden waren opgenomen op bandcassettes, en door het afspelen van drie van deze cassettes op cassette-recorders werden de geluiden - na versterking en via een selectorschakeling - via hoofdtelefoons aan de proefpersonen aangeboden. Aan de 8 leerlingen werd het experiment tweemaal op deze wijze afgenomen: eenmaal vóór de training, en eenmaal na een intensieve training van zes halve uren (gemiddelde „examenscore” 70%). Met behulp van Johnson's clusteranalyse werd

Tabel 2. Onderscheidingskenmerken waarop identificatietraining gebaseerd zou kunnen worden. Deze klassificatie sluit zo goed mogelijk aan bij de subjectieve ordening van de instructeurs (Fig. 5).



voor instructeurs, naïeve, en getrainde leerlingen de hiërarchische representatie bepaald. Doordat de resultaten van een aantal proefpersonen gecombineerd zijn, treden individuele verschillen niet meer aan de dag. De resultaten zijn weergegeven in Fig. 5. Daaruit blijkt, dat met het toenemen van de ervaring een betere differentiatie van de structuur

tot stand komt. Naïeve proefpersonen letten op zeer specifieke kenmerken, en elimineren daardoor telkens maar één of twee alternatieven. Dit vereist een veel groter aantal beslissingen dan een meer gerichte keuze die het aantal mogelijkheden op elk vertakkingspunt ongeveer halveert. Een naïeve proefpersoon heeft gemiddeld dan ook

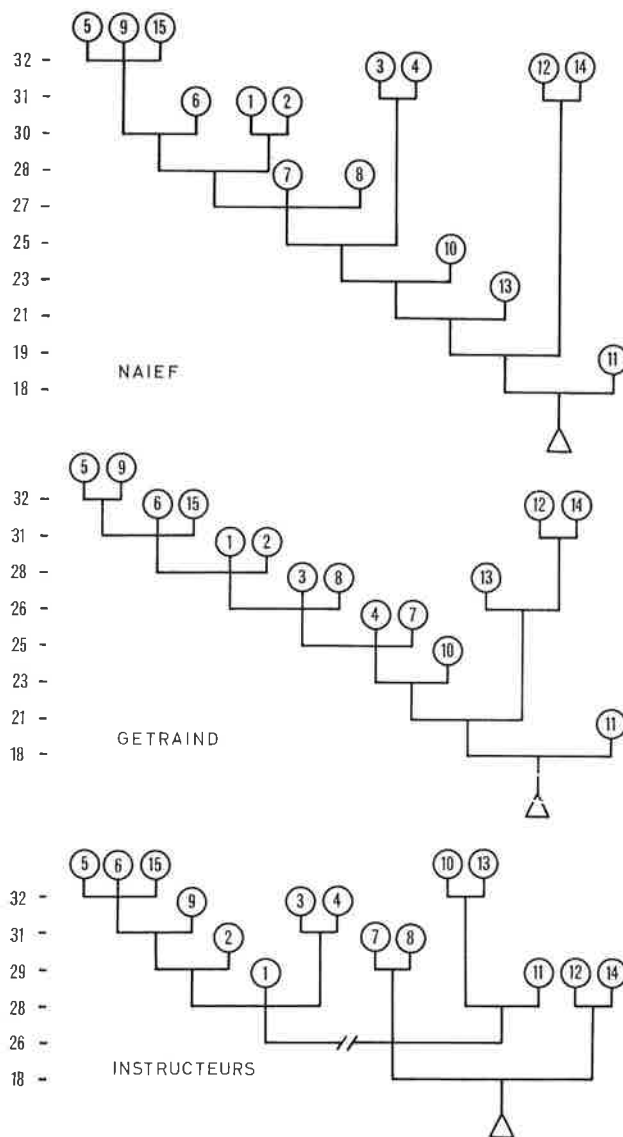


Fig. 5. Subjectieve representatie van 15 RASURA-echo's (zie Tabel 1), bij ongetrainde proefpersonen, bij dezelfde proefpersonen na 3 uur intensieve training, en bij instructeurs.

10 keuzepunten nodig om tot een identificatie te komen; na enige training is dit aantal teruggebracht tot 8. De instructeurs (die zelf overigens hun opleiding pas 2 of 4 maanden tevoren voltooid hadden) hadden gemiddeld 6 keuzepunten nodig.

De representatie van de instructeurs, hoewel geenszins volmaakt, zou als basis kunnen dienen voor een meer systematische indeling van het lesmateriaal. Vergelijking van de geluiden met betrekking tot hun tonale kwaliteiten en hun spectrogrammen (Fig. 4), maakt het aannemelijk, dat de klassificatie die in Tabel 2 is gegeven, en die zoveel mogelijk aansluit bij de subjectieve ordening van de instructeurs, voor dit doel geschikt is. In plaats van de echo's aan te bieden in een volstrekt willekeurige volgorde, dient bij de lessen speciale nadruk te vallen op de onderscheidingskenmerken die in Tabel 2 zijn neergelegd. Een nieuwe opzet van het lesmateriaal, waarin dit verwezenlijkt is dient nader te worden uitgewerkt, en beproefd.

#### Literatuur

- [1] Corcoran, D. W. J., Carpenter, A., Webster, J. C. and Woodhead, M. M.: An investigation of some techniques for training operators in the skills of passive listening. Medical Research Council, APRU, Cambridge, Rep. RNP/167/1096.
- [2] Gibson, E. J. and Walk, R. D.: The „visual cliff”. Scientific American 202, 64-71 (1960)
- [3] Johnson, S. C.: Hierarchical clustering schemes. Psychometrika 32, 241-254 (1967).
- [4] Michon, J. A. en Alberts, E.: Enkele mogelijkheden tot verbetering van de opleiding van RASURA-radarpersonnel. Instituut voor Zintuigfysiologie, RVO-TNO Rapp. IZF 1968-7.
- [5] Morris, D.: De naakte aap. Utrecht: Bruna, 1968 (Oospr. titel: The naked Ape.).



# Lichttechnische uitdagingen

## Lighting challenges

H. J. LEEBEEK

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

### Samenvatting

*Een aantal door het IZF gegeven verlichtingsadviezen illustreert hoezeer een uiteindelijke oplossing afhankelijk is van financiële, architectonische en ergonomische factoren. De adviezen betroffen de IZF nieuwbouw, radarruimten, wagenstellen van de Metro, en sluizen.*

### Summary

*Some lighting projects of the Institute illustrate how the final proposals were dependent upon the financial, architectural and ergonomic aspects. The projects were the institute's new building, radar rooms, underground trains, and locks.*

### Mogelijkheden en mogelijkheden

Goede verlichting draagt bij tot goed waarnemen en handelen. Voor wat verlichtingsproblemen betreft is het IZF in het bijzonder geïnteresseerd in vragen, waarbij naar zeer speciale, niet op routine berustende oplossingen moet worden gezocht. Voor de beantwoording van zulke vragen immers leveren de research-achtergrond en de faciliteiten van het instituut een positieve inbreng.

In het algemeen spelen bij het geven van verlichtingsadviezen de volgende factoren een rol:

1. *Financiën.* Wordt bij een project te weinig geld beschikbaar gehouden voor de verlichting, dan is het duidelijk, dat dit het uiteindelijke resultaat zal beïnvloeden.
2. *Architectuur.* De door de architect gekozen vormgeving van gebouw en ruimten beperken vaak de keuzemogelijkheid.
3. *Werktaak.* De werkzaamheden en daarbij benodigde apparatuur en hulpmiddelen stellen aan de verlichting soms tegenstrijdige eisen.

Dit betekent praktisch, dat zelfs routine-verlichtingsadviezen in de compromis-sfeer zullen liggen. Bedenkt men daarbij nu, dat aan het IZF voorgelegde problemen tevens vaak ten einde raad tendenzen vastzitten, dat zal het duidelijk zijn, dat aan een compromis bijna nooit kan worden ontkomen.

Het betekent ook, dat het vinden van een oplossing steeds weer een uitdaging is om van een ideaal

het maximaal haalbare te realiseren. De vier voorbeelden in dit artikel willen enkele van deze uitdagingen illustreren.

### Nieuwbouw IZF

Men zal het ons niet kwalijk nemen, dat wij in dit nummer van TNO-Nieuws, gewijd aan de opening van het nieuwe IZF-gebouw, aandacht vragen voor de verlichting van onze eigen werktaak. Het zal geen verbazing wekken, dat wij zelf de verlichting van de nieuwe behuizing ontwierpen. Er werd daarvoor zelfs enig experimenteerwerk gedaan in het oude onderdak. Zo'n nieuwbouw is een goede illustratie van de factoren 1 en 2 als hiervoor vermeld.

Bepalend waren de volgende architectonische gegevens:

kamers met een diepte van 4 en 6 m en een hoogte van 3,30 m; bij elk gevelmoduul van 1,80 m behoort een hoog kamerraam met een oppervlak van 3,2 m<sup>2</sup>. (Zie Fig. 1). Een groot raamoppervlak wordt toegepast om de diepere delen van de kamer nog wat daglicht te verschaffen. Aan een sterke afval van de verlichtingssterkte overdag vanaf de gevel naar binnen is ook bij een groot raam niet te ontkomen. Wel bereikt men gemakkelijk hoge lichtniveaus bij het raam: in ons geval op niet te heldere dagen 5000 lux. Juist daardoor is compensatie overdag met kunstlicht in de donkere delen van de kamer onmogelijk. De daarvoor benodigde duizenden lux zouden een warmteontwikkeling geven, die slechts met een algehele aircondi-

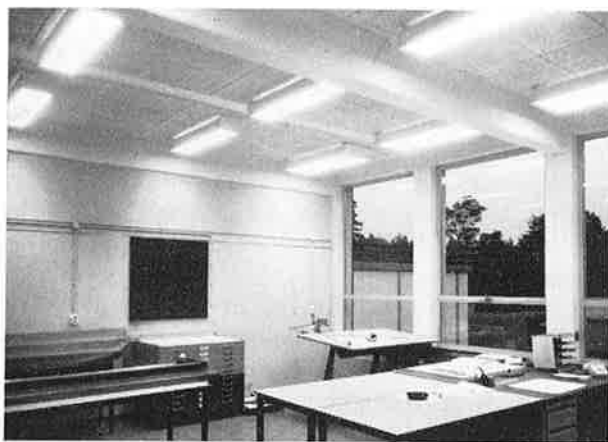


Fig. 1. Spiegel-armaturen, toegepast in een tekenkamer. Op de muur is duidelijk de afschermende werking zichtbaar. Aan de raamzijde zijn meer lampen geïnstalleerd dan dieper in de kamer.



Fig. 2. Asymmetrische verlichting van de 50 m lange gangen. Geen donkere plekken zijn aanwezig door het overlappend monteren van de 65 Watt TL-buizen.

tioning kan worden afgevoerd. De financiën lieten zo'n klimaatbeheersing niet toe.

De sterke lichtafval in de kamer acceptierend, moet men consequent zijn: overdag zal men de veel licht eisende werkzaamheden bij het raam verrichten, ook 's avonds zal deze plaats dan het meeste kunstlicht moeten krijgen. Dientengevolge kozen we voor dicht bij het raam 700-1000 lux en voor de diepere delen 400-600 lux. De bekabeling is berekend op 1000 lux voor de gehele kamer. Hogere niveaus dan 1000 lux zouden weer airconditioning noodzakelijk maken.

De armaturen werden evenwijdig aan de gevels opgehangen, waardoor van buiten gezien de langswerking van het gebouw wordt geaccentueerd. De ruimte tussen de dragende betonbalken in het plafond liet TL-buizen toe met een lengte van max. 1,20 m (40 Watt). Een overblijvende keuzemogelijkheid is nog de lichtkleur. De voorkeur moet uitgaan naar „wit de luxe” (Philips nr. 34). Gekozen moest worden „wit” (Philips nr. 33), omdat het rendement bij deze lichtkleur ca.  $1,5 \times$  zo hoog is, als bij „wit de luxe”. Voor zover financieel mogelijk werden spiegelarmaturen aangebracht, die een levendige en verblindingsvrije werkverlichting geven (Fig. 1).

In vele kamers werden „naakte” TL-buizen toegepast, strijdig met de eisen opgesteld door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingkunde [1]. In eigen beheer zullen, om geld te besparen, deze armaturen worden voorzien van afschermende kapen, opdat ze wel aan de genoemde eisen zullen voldoen.

De 50 m lange gangen vormden een interessant punt in het ontwerp. Zo'n moduulgang is op zichzelf saai, de 50 meters kunnen onafzienbaar worden. Een plaatsing van armaturen dwars op de lengterichting zou de lengte van de gang accentueren door het versterkende diepteperspectief. Daarom werd besloten één lange lichtlijn te maken

(Fig. 2). In deze lichtlijn werden 65 watts TL-buizen zo overlappend gemonteerd, dat geen donkere plekken konden ontstaan door de niet lichtgevend einden van de buizen. De saaiheid van de gang werd verder bestreden door de lijn asymmetrisch in het plafond aan te brengen.

Het resultaat van deze interne adviezen lijkt zeer bevredigend: er worden geen opmerkingen over gehoord en dat lijkt voor een dienende branche als de verlichtingstechniek een compliment te zijn.

### Verlichting van radarruimten

Een tweede voorbeeld van door het IZF gegeven lichttechnische adviezen betreft de verlichting van radar-controeruimten. Zowel voor militaire bewakingscentra, als voor civiele ten behoeve van scheepvaart en luchtvaart, werd aandacht besteed aan deze verlichtingszorg-gevende ruimten.

De huidige techniek levert helaas nog altijd niet radarschermen waarop de informatie - de echo's - een voldoende hoge helderheid bezitten, om bij veel licht te kunnen werken. Gegeven de lage helderheden op de radarbuis en de meestal aanwezige vraag naar tamelijk veel licht op werkvlakken direct om de buis heen, moet ook hier gezocht worden naar een compromis.

Moeten op de te verlichten werkvlakken geen kleuren herkend worden, dan kan met succes een gekleurde algemene verlichting worden toegepast. In Fig. 3 wordt deze schematisch weergegeven. De werking ervan is als volgt: De radarwaarnemer dient op de buis echo's te zien. Ze bestaan uit oranje oplichtende punten in het overigens donkere scherm. Wordt voor het scherm een oranje filter geplaatst, dan zal het oranje licht van de echo's vrijwel onverzwakt door dit filter worden doorgelaten. Het gehele paneel, inclusief scherm, wordt beschonen door een TL-armatuur, voorzien van een blauw filter. Er mag geen ongefilterd licht uit

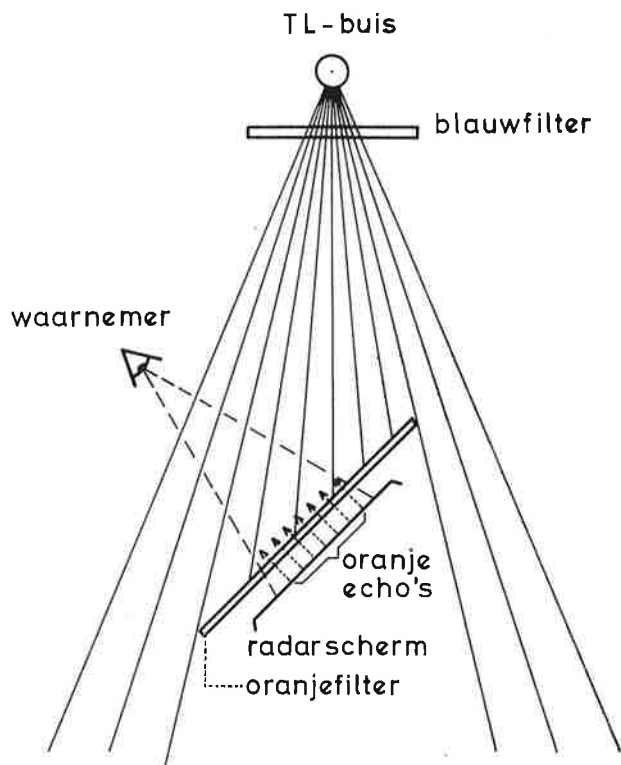


Fig. 3. Principe van blauwe verlichting van radarruimten.

het armatuur komen. Het door het blauwe filter doorgelaten blauwe licht (de andere kleuren worden tegengehouden) kan niet het scherm bereiken, omdat het oranje filter blauw licht niet doorlaat. Het scherm blijft dus diepzwart, behalve op de plaatsen, waar een echo aanwezig is. Tussen de echo en de omgeving ervan heerst derhalve een hoog helderheidscontrast. Goede waarneming van de echo is daardoor gewaarborgd. Men kan de gehele ruimte algemeen verlichten met dit blauwe licht, ervoor zorgdragend dat geen gespiegelde reflecties in de voorkant van het filter worden waargenomen.

Het is duidelijk, dat zo'n blauwe verlichting eigenlijk een compromis is, want bij een vrije keuze zal wel niemand zo'n blauwe omgeving kiezen. Toch zijn de radarwaarnemers er zeer tevreden mee, want zij kunnen hun werk er zeer behoorlijk doen. De mensen, die in de „blauwe” ruimte werken, maar geen radarwaarnemingen behoeven te doen, zijn minder tevreden. Maar wat het zwaarst is, moet het zwaarst wegen. In de praktijk blijkt bovendien het werken in een blauwe verlichting nogal mee te vallen, als tenminste het niveau niet al te hoog is. Bij een voldoende laag niveau is men reeds na een korte tijd zo gewend aan het blauw, dat men geneigd is om echt wit licht oranje te gaan vinden.

Zodra kleurherkenning in radarruimten noodzakelijk is, moet de keus vallen op een geheel ander systeem. Zeer plaatselijke verlichting moet zorgen voor veel licht op de omgeving van het scherm.

Het scherm zelf moet donker blijven. De eerste stap naar het compromis is nu het stellen van de vraag: Hoe erg mag men de contrasten op het scherm bederven? Er valt namelijk niet aan een zekere extra belichting van het scherm te ontkomen, omdat door herhaalde reflecties op apparatuur, plafond, vloer en wanden de plaatselijke verlichting voor een deel diffuus wordt verspreid door de gehele ruimte.

Ten behoeve van de Rijks Luchtvaart Dienst werd met 10 ervaren verkeersleiders-radarwaarnemers een experiment opgezet, waaruit bleek dat een zekere diffuse belichting van het radarscherm tot ca. 0,5 lux nog niet al te storend is.

Tevens werd er mee vastgesteld wat de maximum belichting mag zijn van objecten in de omgeving die in het voorvlak van de radarbuis gespiegeld kunnen worden gezien. Deze gegevens leidden tot adviezen over het al of niet toelaten van daglicht in de ruimte.

De beide systemen: blauwe en plaatselijke verlichting vonden toepassing in enkele militaire radar-ruimten. Er werd daarbij naar gestreefd de installaties zoveel mogelijk uit te voeren zonder kostbare extra voorzieningen.

### Onvoorziene moeilijkheden Metro

Het komt voor, dat bij de uitvoering van een project zich onverhoeds moeilijkheden voordoen. Men wendt zich dan vaak tot het IZF om hulp. Een dergelijk probleem was afkomstig van de Rotterdamse Electriche Tram, de beheerder van de Metro.

In de te gebruiken wagenstellen had men een bestuurderspaneel ontworpen en reeds geïnstalleerd. Aangezien de gehele baanbeveiliging geautomatiseerd is en de bestuurder slechts moet reageren op lichtsignalen in het paneel, vormt dit bestuurderspaneel een sleutelpositie in het proces: Reageert de man niet, dan stopt de trein in gevaarlijke situaties weliswaar automatisch, maar daardoor ontstaan in de gehele treinloop hinderlijke vertragingen. Essentiële lichtsignalen werden door de bestuurder gemist als de trein op het bovengrondse traject in zon- en daglicht reed.

De vraag was: Hoe verbeteren we de zichtbaarheid van de lichtsignalen?

In Fig. 4 is de situatie geschetst en tevens de oplossing: een kunststofprisma op het signaallicht. In de situatie zonder prisma zag de bestuurder in het signaallichtoppervlak de hemel H gespiegeld en het heldere centrum van de lichtbundel wees in de richting N. Met prisma's op de lichten ziet de bestuurder niet meer de hemel gespiegeld, maar het donkere paneel C, en de signaallichtbundel wordt juist in de richting van zijn oog geknikt.

Deze zeer goedkope oplossing voorkwam een ingrijpende verbouwing van alle panelen. Het is helaas niet altijd mogelijk de door de cliënt gekoes-

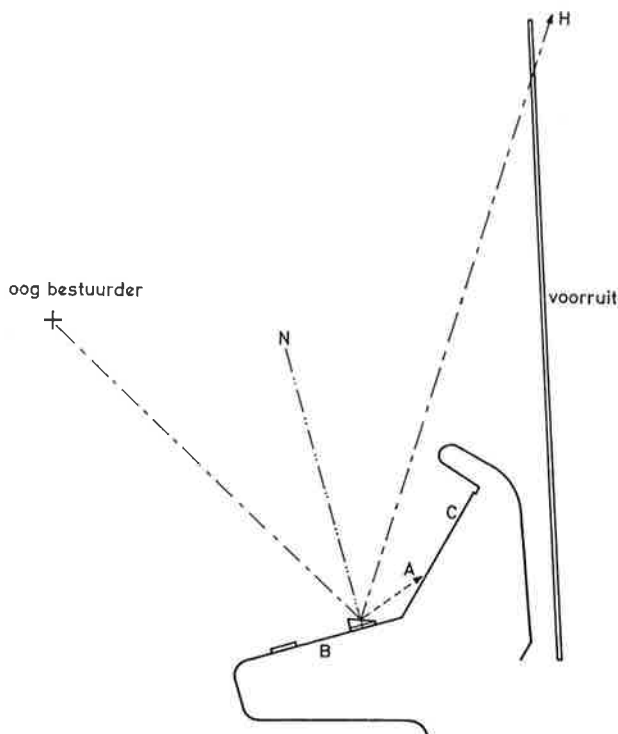


Fig. 4. Bestuurderpanelen Metro.  
N oorspronkelijke richting van lichtbundel  
H oorspronkelijke richting van geziene spiegeling  
A richting geziene spiegeling na plaatsing prisma.

terde verwachtingen met een dergelijke geslaagde oplossing te honoreren.

### Optische illusie - Volkeraksluizen

Als laatste, weer geheel ander voorbeeld van lichttechnische adviezen noemen wij de verlichting van de Volkeraksluizen. Bij de in het kader van de Deltawerken uitgevoerde sluizen moest rekening worden gehouden met duwvaarteenheden met een lengte van ca 180 m en een breedte van ca 22,80 m. Een vastgestelde breedte van 24 m van de sluiskolk betekent voor zo'n eenheid aan beide zijden dus ca 60 cm speling. De duw-eenheid wordt vanaf de achter-(duw)zijde bestuurd.

Door de combinatie Waterloopkundig Laboratorium („de Voorst”) en IZF werd een onderzoek gedaan naar de visuele geleiding van remmingwerken bij sluizen. De conclusie luidde: nauwe, symmetrisch geplaatste remmingwerken zijn de beste [2, 3]. De geleidewerken van de Volkeraksluizen konden niet geheel naar deze eis worden gebouwd. Om de duwvaart-kapitein in elk geval 's nachts een goede optische geleiding te geven werd met de

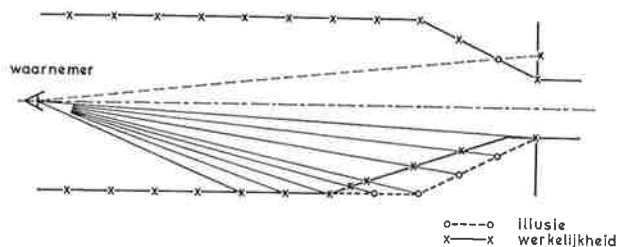


Fig. 5. Optische illusie bij plaatsing lantaarns in het Volkerak-sluisencomplex.

plaatsing van de lantaarns een illusie verkregen, die suggereert, dat de geleidewerken symmetrisch zijn t.o.v. de as. Schematisch is de gedachte weergegeven in Fig. 5. De illusie behoeft alleen te werken op vrij grote afstand, omdat de schipper achter op het schip zo ver van de boeg verwijderd is.

De kruisjes geven de plaatsen aan, waar de lantaarns werkelijk staan (langs de geleidewerken, waar nl. mogelijkheden voor fundering waren). De cirkeltjes geven de schijnbare plaats aan. Men ziet, dat de sluisinvaart schijnbaar symmetrisch wordt. Een en ander werd beoordeeld in een klein schaalmodel 1 : 200, daarna in een groter model waarin proefpersonen modelbootjes konden besturen.

Belangrijk bij dit probleem was niet alleen de kwestie van verlichten van looppaden en omgeving van de geleidewerken. De tweede, essentiële functie van de lantaarns werd een goede optische geleiding te vormen voor binnenvarende schippers.

### Conclusie

Verlichtingsproblemen vormen voor het IZF een des te groter uitdaging naarmate ze een dieper kennisname eisen van de te verrichten taak. Dat betekent dat de adviesvrager het risico loopt dat en passant ook zekere bemoeienis wordt getoond met de taakverrichting zelf. Wij menen dat dat niet onder alle omstandigheden een nadeel hoeft te betekenen.

### Literatuur

- [1] Ned. Sticht. voor Verlichtingskunde: Aanbevelingen voor binnenverlichting. Arnhem, 1967.
- [2] Levelt, W. J. M.: Optische geleiding voor remmingwerken en richtmiddelen. Rapport IZF 1964-C1.
- [3] Wagenaar, W. A.: Optische geleiding van de Volkeraksluizen. Rapport IZF 1967-C1.



# Het functioneel gezichtsveld: Theorie en toepassing

## The functional visual field: Theory and applications

Dr. A. F. SANDERS

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

### Samenvatting

*In dit artikel worden enige eigenschappen van het functioneel gezichtsveld besproken. Het blijkt dat als de hoek, waaronder een gegeven taak wordt verricht, bepaalde grenzen te boven gaat, er een duidelijk verlies van efficiëntie optreedt. Deze grenzen blijken samen te hangen met het maken van respectievelijk oog- en hoofdbewegingen.*

*Naast sommige hoofdlijnen van theorie en experimenten over het functioneel gezichtsveld wordt een aantal toepassingen gesuggereerd. Genoemd worden o.a. de optimale omvang van bedieningspanelen, en het gebruik van het gezichtsveld gedurende autorijden.*

### Summary

*In this paper, some properties of the functional visual field are described. A loss of efficiency appears, when the display angle, covered by the task, exceeds certain boundaries. These boundaries appear to be related to the necessity to make eye and head movements in order to shift from one signal source to another.*

*Some major aspects of theory and experiments on the functional visual field are described and some applications are suggested. The subject appears to be very relevant to the optimal size of work panels and to the use of the visual field in automobile driving.*

## 1. Statisch en functioneel gezichtsveld

De eigenschappen van het menselijk gezichtsveld en de daaruit voortvloeiende mogelijkheden van visuele oriëntatie en heroriëntatie zijn van belang voor een aanzienlijk aantal arbeidssituaties en voor de praktijk van het dagelijks leven. Vooral bij inspectie- en controlewerk is dit belang evident omdat beslissingen moeten worden genomen op grond van een grote hoeveelheid informatie die vaak alle delen van het gezichtsveld bestrijkt en die zich in een doorgaande stroom voortzet. Voorbeelden hiervan zijn radar-inspectie, bediening van grotere panelen, en autorijden.

Bij het onderzoek naar de eigenschappen van het gezichtsveld pleegt men hoofdzakelijk uit te gaan van het zogenaamde statische gezichtsveld [b.v. 4], waarbij een proefpersoon een bepaald vast punt fixeert, en hem signalen die min of meer van het fixatiepunt verwijderd liggen ter detectie worden aangeboden. Dit type proeven wijst o.a. uit dat de gezichtsscherpte in de periferie snel afneemt [b.v. 3] en dat de elementen van een groep tegelijk aangeboden signalen elkaar onderdrukken [b.v. 14]. Op grond van deze en andere povere prestaties is men er lang van uit gegaan dat het perifere deel van het gezichtsveld op enige uitzonderingen na weinig bijdraagt tot de visuele prestatie en dat in principe het centrale zien de hoofdrol speelt bij detectie en interpretatie van gegevens en ook bij

heroriëntatie in de vorm van oogbewegingen. Een uitzondering zou bijvoorbeeld optreden bij de detectie van bewegende objecten waarin de periferie een relatief zeer goede prestatie levert en waarvoor het wellicht met speciale receptoren is uitgerust. [b.v. 6].

Er zijn echter een aantal aanwijzingen dat de rol van het perifeer gezichtsveld meer algemeen van belang is, vooral als het gedrag bij inspectie- en controlewerk wordt geanalyseerd. De vraag wordt dan hoe het gezichtsveld wordt gebruikt bij het verrichten van werk, waarbij uiteraard de eis van het gefixeerd oog komt te vervallen (functioneel gezichtsveld). Studies op dit gebied – gering in aantal nog – suggereren dat op grond van perifere informatie hypothesen kunnen worden verkregen over de aard en de inhoud van de signalen. De kwaliteit van deze hypothesen hangt uiteraard af van een groot aantal factoren, waaronder de eerder vermelde eigenschappen van het statisch gezichtsveld. Meestal verschaft de hypothese of het samenstel van hypothesen, dat verkregen wordt onvoldoende zekerheid over de te nemen beslissing en is een verificatie of een serie verificaties nodig door de betreffende signalen stuk voor stuk te fixeren. Het feit dat men al een verwachting heeft over de situatie reduceert echter de benodigde tijd om zekerheid te krijgen over de stand van zaken

in vergelijking met de tijd die het zou kosten als aan elk signaal een nieuw „percept” zou moeten worden gewijd.

Wat is de evidentie voor het bestaan van dit soort hypothesen? In de eerste plaats is het al lang bekend dat fixatie-sprongen van het oog zeer scherp plaats vinden. Er is dus geen sprake van een „zoeken” naar een nieuw fixatie-punt, maar het nieuwe punt is al bekend voordat het vorige verlaten is. Men schijnt in ieder geval een nauwkeurig idee te hebben over de positie van het nieuw te fixeren object. Een voornaam punt is ook dat de reactietijd op een signaal dat vooraf perifeer kan worden waargenomen aanzienlijk korter is dan wanneer het signaal pas gedurende een oogbeweging naar het betreffende signaal wordt aangeboden [12]. Tenslotte blijkt het bij het lezen van belang een hele regel tegelijk ter beschikking te hebben ook al kan men per fixatie slechts drie of vier woorden interpreteren. Beperking van het aantal woorden dat tegelijk zichtbaar is, beïnvloedt de efficiëntie van het lezen duidelijk nadelig [11].

## 2. De structuur van het functioneel gezichtsveld

De evidentie over het ontstaan van hypothesen t.a.v. signalen die in de periferie van het gezichtsveld arriveren is uiteraard niet meer dan een uitgangspunt van onderzoek naar de structuur van het functioneel gezichtsveld. De vraag rijst onmiddellijk naar de omstandigheden waaronder de betreffende hypothesen nog tot stand kunnen komen. Een eerste aanzet hiertoe is gegeven in een onderzoek naar de visuele prestatie als functie van de gezichtshoek waaronder de betreffende signalen worden aangeboden [12, 15]. Om de omstandigheden voorlopig eenvoudig te houden werd besloten slechts twee signalen tegelijk aan te bieden op grond waarvan de proefpersoon één beslissing moest nemen. Dit impliceert dus dat beide signalen dienden te worden geïnspecteerd. De voornaamste variabele in dit onderzoek was uiteraard de gezichtshoek waaronder de signalen worden aangeboden. Deze werden horizontaal en op gelijke afstand van de meridiaan van de proefpersoon geprojecteerd. Men begon met fixatie van het linker signaal en vervolgens van het rechter signaal. De resultaten wezen op een niet lineair verloop van de prestatie als functie van de gezichtshoek (Fig. 1). Op twee plaatsen trad een plotseling verval van de prestatie op.

Nadere onderzoeken wezen uit dat de gebieden waar het verval optreedt gecorreleerd zijn met de noodzaak om bij de inspectie van de signalen respectievelijk oog- en hoofdbewegingen te maken. Dit houdt dus in dat in dit experiment de signalen tot een binoculaire gezichtshoek van 25° nog perifeer konden worden beoordeeld, en dat tot ongeveer 80° perifere inspectie plus een oogbeweging

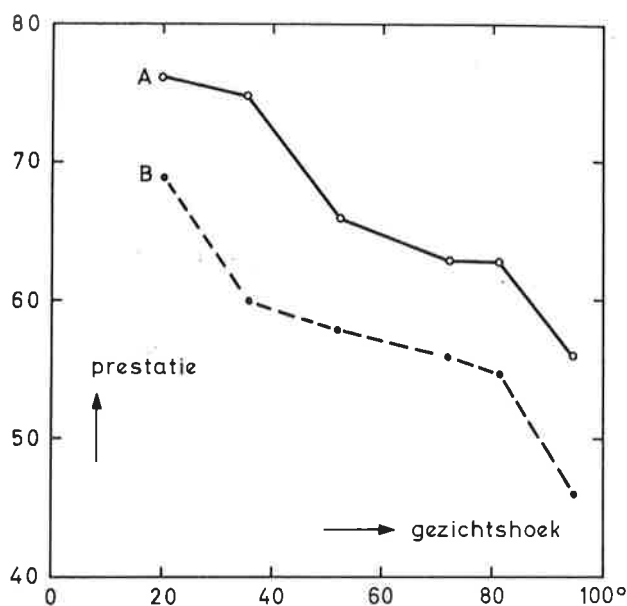


Fig. 1. Prestatie (aantal reacties per minuut) als functie van de gezichtshoek waaronder de signalen werden aangeboden.

noodzakelijk waren. Bij nog grotere hoeken moesten ook hoofdbewegingen worden gemaakt.

Het verval in prestatie bleek niet veroorzaakt te worden door een extra bewegingstijd van oog en hoofd op het moment dat hun introductie noodzakelijk wordt. Integendeel, de prestatievermindering was grotendeels het gevolg van een langere beslissingstijd voor het rechter signaal. Dit zou wijzen op een gebrekkiger hypothesevorming van het rechter signaal gedurende fixatie van het linker, wanneer een nieuw type heroriëntatie – met het oog, of met het hoofd – nodig wordt. Bij een verdere toetsing van deze theorie bleek men inderdaad tot een hoek van 25° goed in staat om het rechter signaal te benoemen gedurende fixatie van het linker. Tot 80° was wel een juiste benoeming mogelijk maar het vertrouwen van de proefpersonen in hun eigen oordeel was gering. Bij grotere hoeken bleek de benoeming een zaak van gokken. Deze proeven tonen dus aan dat er een duidelijke structuur in het functioneel gezichtsveld is. Er is een gebied dat men zonder oogbewegingen „in één blik” kan beoordelen (stationair veld). Vervolgens is er een gebied waarin hypothesen worden verkregen, die door middel van oogbewegingen worden geverifieerd (oogveld). Daarbuiten krijgt men geen hypothesen meer en impliceert een heroriëntatie een geheel nieuw percept (hoofdveld).

De omvang van deze velden is zeer afhankelijk van de aard en de hoeveelheid signalen die tegelijk aanwezig zijn. Tot nu toe is alleen gesproken over twee gelijktijdig aangeboden signalen. Bij studies waarin dit aantal werd uitgebreid en waarin complexer oordelen werden gevraagd bleken het stationaire veld en het oogveld aanzienlijk in te krim-

pen. Het eerstgenoemde bleek in een aantal inspectieproeven zelfs in het geheel niet meer aanwezig, wat dus wil zeggen dat zelfs als de signalen een kleine gezichtshoek bestrijken oogbewegingen noodzakelijk zijn.

### 3. Toepassingen

De bovenbeschreven samenvatting van de serie experimenten over het functioneel gezichtsveld [b.v. 12, 13, 15] kan slechts als een eerste aanzet voor een theorie worden beschouwd. Er zijn duidelijke beperkingen voor de theorie die in het vervolg nog zullen worden beschreven. Toch lijkt het nuttig om eerst een aantal studies te bespreken waarin de theorie duidelijk bevestigd wordt en waaruit een aantal praktische toepassingen voortvloeien. In de eerste plaats is er een onderzoek van Adams en Boulter [1] die in een vigilantietaak het effect van de omvang van het bedieningspaneel onderzochten en een relatief grote toename van de reactietijd vonden als een bepaalde gezichtshoek werd overschreden. Deze lag rond de  $70^\circ$  en komt dus goed overeen met een oogveld-hoofdveld overgang.

Dit onderzoek, mede in de context van een theorie over het functioneel gezichtsveld, wekt de suggestie dat de optimale omvang van een bedieningspaneel binnen de grenzen van het oogveld ligt. Vooral als een signaal snel opgemerkt moet worden is dit een duidelijke eis.

Baker [2] onderzocht de snelheid waarmee radar-signalen worden ontdekt en vergeleek hierbij een bewegende en een stationaire zoeklijn op het scherm. In het eerste geval zijn duidelijk oogbewegingen nodig [b.v. 9], terwijl in het laatste geval het stationaire veld niet wordt overschreden. De prestatie bij de stationaire zoeklijn was duidelijk superieur. Baker concludeert dan ook dat een radarscherm met stationaire zoeklijn de voorkeur verdient.

Morrow en Salik [10] rapporteerden een scherpe afname van de efficiëntie waarmee gegevens in zijspiegels van auto's worden geëvalueerd als de gezichtshoek met de rijrichting groter dan  $45^\circ$  is. In dezelfde lijn ligt een recent onderzoek van Michon en David [8] die de optimale positie van zijspiegels op een auto onderzochten. Bij een gezichtshoek, die in het hoofdveld viel – bij de gebruikelijke positie aan het voorportier van de auto – nam het aanzienlijk meer tijd om de sprong naar de spiegel te maken, dan wanneer de spiegel op het voorspatbord gemonteerd was en dus onder een veel kleinere hoek tot de centrale blikrichting door de autobestuurder werd gezien. In een andere studie betrof de vraagstelling een onderzoek naar efficiënt rijgedrag in militaire voertuigen die met rijperiscopen zijn uitgerust. Met een periscoop van  $30^\circ$  is het duidelijk dat een groot deel van het oogveld wordt afgesneden. Dit is aanzienlijk minder



Fig. 2. Een bocht in de weg, gezien door een periscoop met een gezichtsveld van  $50^\circ$  (boven) en van  $30^\circ$  (onder).

bij een periscoop van  $50^\circ$ , hoewel aangenomen mag worden dat ook hier het oogveld niet ten volle kan worden benut. Wat is nu het geval als het rijden – i.c. het nemen van een aantal moeilijke bochten op smalle wegen – met deze periscopen wordt vergeleken met de situatie waarin men „vrij zicht” heeft? In het laatste geval heeft men behalve een volledig oogveld ook nog de mogelijkheid tot heroriëntatie via hoofdbewegingen. Het zal dus in ieder geval superieur zijn. Anderzijds kan worden verondersteld dat het oogveld bij het autorijden een uitermate belangrijke rol speelt. Dit zou dus inhouden dat een vergroting van de periscoop van  $30^\circ$  tot  $50^\circ$  een aanzienlijke winst moet opleveren, zowel in rijtijd (i.c. de benodigde tijd om de bocht

Tabel: Gemiddelde rijtijd in sec en aantal fouten ( ) per gezichtshoek en bocht.

Bocht	Zonder periscoop	Periscoop (50°)	Periscoop (30°)
1	4.2 (0)	8.5 (1)	11.4 (6)
2	6.6 (0)	13.2 (0)	17.1 (4)
3	6.6 (0)	15.0 (11)	20.7 (22)
4	6.9 (0)	14.0 (4)	24.5 (21)
5	6.1 (0)	11.6 (0)	14.3 (0)
6	3.9 (0)	6.8 (0)	8.4 (0)
7	3.6 (0)	6.7 (0)	9.0 (1)
8	5.4 (0)	11.9 (1)	17.6 (6)
9	6.0 (0)	19.6 (6)	36.7 (27)
10	5.4 (0)	9.8 (0)	13.4 (3)
Gemiddeld	5.5 (0)	11.7 (23)	17.3 (90)

te maken) als wel in fouten (i.c. het aantal malen dat men opnieuw moet beginnen omdat men bij het maken van de bocht van de weg afraakte). Uit de samenvatting van de resultaten (zie Tabel) blijkt dit inderdaad het geval. Het aantal fouten is bij 50° sterk verminderd en de rijtijden houden ongeveer het midden tussen die van de „vrij zicht” en de „30° periscoop” conditie. De voorspelling is dat vergroting tot 70°-80° nogmaals een verbetering te zien zal geven, en weinig meer zal afwijken van de vrij zicht conditie [5].

#### 4. Restrictie van de theorie

De voornaamste beperking van de tot zover ontwikkelde theorie over de structuur van het functioneel gezichtsveld is dat ze in feite slechts de z.g. macrostructuur belicht. Het snel ontdekken van belangrijke gegevens in de periferie van het gezichtsveld op grond van hypothesevorming is alleen mogelijk als de te inspecteren eenheden niet te complex zijn en op zichzelf geen relevante detailinformatie bevatten. Men kan in dit verband bijvoorbeeld denken over de gegevens van Mackworth [7] over het zoeken van kleine details op complexe foto's en over het discrimineren van letters in een pagina tekst. In zulke gevallen vindt men een moeizaam visueel zoekproces binnen het oogveld zonder veel hulp van perifere informatie. Wel ziet men perifeer de grovere structuren zoals open plekken, de randen van de bladzijde en zelfs objecten uit de omgeving. De microstructuur – i.c. alle detailinformatie – komt echter niet door. Een voorname vraag voor toekomstig onderzoek is dan ook de relatie tussen macro- en microstructuur: waar gaan ze in elkaar over en welke interacties bestaan er? Meer fundamentele kennis over dit soort vragen heeft duidelijke toepasbare consequenties.

#### Literatuur

- [1] Adams, J. A. and L. R. Boulter. An evaluation of the activationist hypothesis of human vigilance. *J. exp. Psychol.* 64, 495-504 (1962).
- [2] Baker, C. H.: Target detection performance with a stationary radar sweepline. In: A. F. Sanders (Ed): *Attention and Performance* 361-370. *Acta Psychol.* 27 (1967).
- [3] Chapanis, A.: How we see: a summary of basic principles. *Human Factors in undersea war-fare* 3-60. Nat. Res. Council, Washington DC (1949).
- [4] Dubois Poulsen, A.: *Le champ visuel*. Masson et Cie, Paris (1952).
- [5] Eernst, J. Th., A. F. Sanders en W. ter Linden: De invloed van de omvang van het gezichtsveld en beeldvergroting van periscopen op de rijprestatie in leger-voertuigen. IZF-rapport 1967-12.
- [6] Geer, J. P. v. d. and J. Moraal: Peripheral pattern identification. IZF-rapport 1962-18.
- [7] Mackworth, N. H.: Visual noise causes tunnel vision. *Psychonomic Science*, 3, 67-68 (1965).
- [8] Michon, J. A. van K. David: The position of side mirrors on automobile fenders. I Detection of light signals in plane mirrors. IZF-rapport in druk (1969).
- [9] Michon, J. A. and N.S. Kirk: Eye movements in radar watchkeeping. IZF-rapport 1962-17.
- [10] Morrow, I. R. V. and G. Salik: Vision in rear view mirrors. *The Optician* 314-344 (1962).
- [11] Poulton, E. C.: Peripheral vision, refractoriness and eye movements in fast oral reading. APRU report. Cambridge U.K. (1963).
- [12] Sanders, A. F.: The selective process in the functional visual field. Assen, van Gorcum (1963).
- [13] Sanders, A. F.: Informatieverwerking in het functioneel gezichtsveld. *Ned. T. Psychol.* 22, 137-149 (1967).
- [14] Sanders, A. F.: Centraal aflezen en wederzijdse inhibitie van signalen in het functioneel gezichtsveld. *Ned. T. Psychol.* 22, 251-262 (1967).
- [15] Sanders, A. F.: Some aspects of selective processes in the functional visual field. *Ergonomics* (in press, 1969).



# Een kleurmeter voor lichtbronnen<sup>1)</sup>

## A colorimeter for lightsources

Ir. A. J. HOELEN<sup>2)</sup> EN Ir. W. VERKAIK

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

### Samenvatting

*Om kleuren van lichtbronnen – zoals bv. lichtfakkels en verkeerslichten – kwantitatief te meten, werd een kleurmeter ontwikkeld. De correctiefilters, die nodig zijn om de meetsystemen een specifieke kleurgevoeligheid te geven bestaan uit lineaire interferentiewiggen en speciaal gevormde diafragma's.*

*De nauwkeurigheid van de kleurpuntbepalingen is beter dan 1%.*

### Summary

*To quantitatively measure the colour of lightsources, such as flares and traffic lights, a colorimeter was developed. The correction filters necessary to obtain specific colour-sensitivities consist of linear interference wedges with specially cut diaphragms.*

*The accuracy of the measurements is better than 1%.*

### De noodzaak van het meten van kleuren

De kleur van gras wordt door bijna iedereen onmiddellijk als groen herkend. Er zijn echter vele schakeringen in dat groen, die we namen geven als lichtgroen, donkergroen, geelachtig groen, blauwachtig groen enz. Deze kleurbeschrijvingen zijn tamelijk subjectief en onvoldoende om alle mogelijke schakeringen vast te leggen. Toch is het vaak noodzakelijk om vrij precies te weten met welke kleur men te maken heeft. Zo moeten de kleuren van een verkeerslicht binnen bepaalde nauwkeurig omschreven grenzen liggen om vergissingen tegen te gaan. Bij het beoordelen van de kwaliteit van een kleuren-televisiebeeld wil men graag objectieve gegevens hebben omtrent de kleurweergave. Voor veel industriële produkten (verf, textiel, lichtfakkels) is de kleur een belangrijk kwaliteitskenmerk, waarvan men de beoordeling liever overlaat aan een objectieve meter dan aan een subjectieve waarnemer. Om een ondubbelzinnige karakterisering van een kleur te kunnen geven, willen we aan die kleur één of meer getallen toekennen. Door het opgeven van die karakteristieke getallen zal dan volgens een internationale afspraak de kleur exact terug te vinden zijn.

### De karakterisering van kleuren

Een lichtsoort met een zekere kleur wordt gekarakteriseerd door zijn spectrale verdelingsfunctie. Binnen het zichtbare gebied van ongeveer 380 tot 740 nm zal ieder golflengtegebiedje een bepaalde bijdrage leveren in het tot stand komen van de kleur. Om deze kleur vast te leggen zouden we in principe de spectrale verdelingsfunctie moeten geven, hetgeen neerkomt op het verstrekken van een zeer groot aantal gegevens, omdat de functie op een voldoende groot aantal punten bekend moet zijn. Voor de menselijke waarnemer zijn er veel minder gegevens nodig om een bepaalde kleurgewaarwording tot stand te brengen. Dit is te danken aan het feit dat zich in het menselijk netvlies drie typen kleurgevoelige receptor-systemen bevinden die zich onderscheiden door hun verschillende spectrale gevoeligheid. Uit de drie onafhankelijke signalen van deze receptor-systemen wordt de kleurgewaarwording opgebouwd. Dit betekent dat de schier eindeloze variatie in spectrale lichtverdelingen slechts een vrij beperkt gamma van kleurgewaarwordingen kan teweeg brengen; het betekent dat zeer uiteenlopende spectrale verdelingen éénzelfde kleur kunnen hebben; het betekent ook dat, om een kleur te specificeren, volstaan kan worden met het geven van slechts drie „kleur-coördinaten”.

Het zou wellicht voor de hand hebben gelegen als kleur-coördinaten de prikkelingssterkte van de genoemde drie receptor-systemen te kiezen. Dit stuit

1) Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Technologisch Laboratorium RVO-TNO.

2) Huidig adres: Stichting Academisch Ziekenhuis, Afd. Cardiologie, Utrecht.

echter op moeilijkheden. Men kent de spectrale gevoelheden van de drie systemen onvoldoende om daarop een gestandaardiseerd kleursysteem te bouwen. Het is trouwens de vraag of de drie systemen voldoende goed gedefinieerd zijn: de individuele verschillen lijken niet verwaarloosbaar te zijn.

Een tweede reden om een andere keus te maken is dat het erg handig zou zijn als één van de getallen meteen de helderheid van de kleur zou weergeven. Om deze reden heeft de Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) besloten liever drie geïdealiseerde receptor-systemen te definiëren, en iedere kleur uit te drukken in de prikkelingstoestand van deze drie bedachte systemen X, Y en Z. Deze wijze van kleur-specificatie is sinds 1931 algemeen aanvaard. De spectrale gevoelheden van deze drie imaginaire systemen  $\bar{X}(\lambda)$ ,  $\bar{Y}(\lambda)$ , en  $\bar{Z}(\lambda)$  zijn weergegeven in Fig. 1.

De kleur van een lichtsoort met spectrale samenstelling  $E(\lambda)$  wordt nu vastgelegd door de grootheden:

$$X = \int_{\lambda} E(\lambda) \bar{X}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{\lambda} E(\lambda) \bar{Y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{\lambda} E(\lambda) \bar{Z}(\lambda) d\lambda$$

Wanneer de helderheid als parameter buiten beschouwing wordt gelaten, is alleen de verhouding van deze grootheden van belang en kan de kleur vastgelegd worden met slechts twee getallen, bv.:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad \text{en} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Deze  $x$  en  $y$  kunnen in een vlak worden uitgezet. Alle mogelijke menselijke kleurgewaarwordingen liggen in dit vlak binnen een kromme, die de kleurendriehoek wordt genoemd (Fig. 2).

Op de rand van dit gebied bevinden zich de monochromatische kleuren met de aangegeven golflengten. De rechte afsluiting van onderen is de purperlijn; in het midden ligt het witpunt. Het punt dat gekarakteriseerd wordt door een bepaalde waarde van  $x$  en  $y$  in de kleurendriehoek wordt het kleurpunt van de betreffende lichtsoort genoemd.

### Mogelijkheden voor een meetinstrument

Het bouwplan voor een instrument dat de coördinaten levert van het kleurpunt van een bepaalde lichtsoort ligt in wezenlijke trekken voor de hand. Het licht moet nl. geanalyseerd worden met drie lichtgevoelige detectoren waarvan de spectrale gevoelheden gelijk zijn aan resp. de  $\bar{X}(\lambda)$ ,  $\bar{Y}(\lambda)$  en  $\bar{Z}(\lambda)$  volgens de CIE. De kunst is nu om deze drie spectrale gevoelheden voldoende nauwkeurig en stabiel te realiseren in een handzaam instrument.

Er zijn verschillende uitvoeringen van kleurpunt-

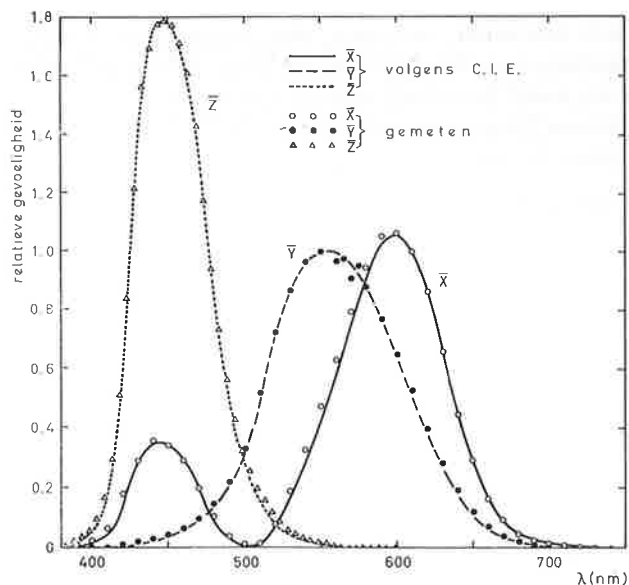


Fig. 1. De CIE-gevoeligheidskrommen.

eters volgens dit tristimulus-principe in de handel. Gewoonlijk zijn zij ingericht voor transmissie- en/of reflectiemetingen van kleurmonsters als papier, textiel, filters en dergelijke. In sommige gevallen is het ook mogelijk kleurpunten van lichtbronnen te bepalen met behulp van een speciale accessoire. Voor metingen aan losse lichtbronnen en aan lichtbronnen, die snelle veranderingen in

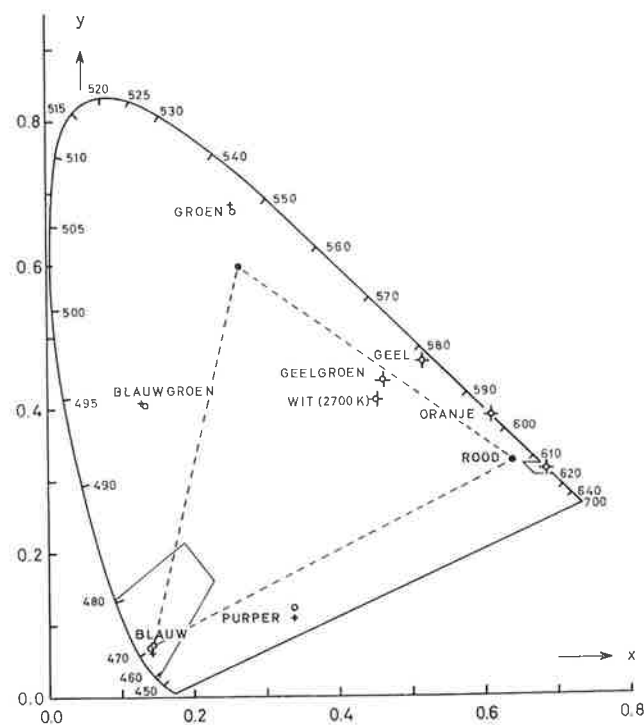


Fig. 2. De kleurendriehoek  
+ berekende kleurpunten  
o gemeten kleurpunten (gemiddelde van vier per kleurpunt)  
• kleurpunten van de primaire kleuren bij kleuren-televisie.  
— normalisatiegebieden voor signaallichten

hun intensiteit vertonen, zijn echter geen instrumenten verkrijgbaar. Om in deze leemte te voorzien werd begonnen aan de ontwikkeling van een nieuwe kleurpuntmeter. De ontwikkeling werd gesplitst in twee fasen:

Fase a: Het onderzoek naar een eenvoudige en nauwkeurige methode om de spectrale gevoeligheid van een fotocel op een gewenste wijze te beïnvloeden en het testen van deze methode in een eenvoudige kleurpuntmeter voor lichtbronnen met constante kleur en helderheid (stationaire bronnen).

Fase b: Het ontwerpen van een kleurpuntmeter voor lichtbronnen waarvan de helderheid aan snelle veranderingen onderhevig is en ook de kleur niet constant behoeft te zijn (niet-stationaire bronnen).

Het hier besproken instrument is de afsluiting van fase „a”.

Om de drie gewenste spectrale gevoelheden volgens de CIE te realiseren kan gebruik gemaakt worden van drie verschillende fotocellen. De ervaring met bestaande apparaten heeft echter geleerd dat voldoende stabiliteit uitsluitend te verkrijgen is wanneer van slechts één fotocel gebruik gemaakt wordt. Deze cel moet dan door middel van drie verschillende kleurfilters aangepast kunnen worden aan de gewenste spectrale gevoelheden. Gebruikt men drie verschillende cellen, dan ontstaat onherroepelijk een verloop in de gevoeligheid door verschillende belichting of veroudering waardoor de kleurpuntbepaling onbetrouwbaar wordt. Om de spectrale gevoeligheid van een fotocel aan te passen aan een gewenste gevoeligheid zijn een aantal mogelijkheden bekend. Men kan o.a. gebruik maken van een mozaïek van elkaar deels overlappende kleurfilters.

Een andere methode is die, waarbij het te onderzoeken licht spectraal wordt ontleed, waarna de aanpassing wordt verkregen door een masker toe te passen waarvan de opening bij iedere golflengte zodanig is gekozen, dat de juiste gevoeligheid bij die golflengte bereikt wordt. Om gewicht en af-

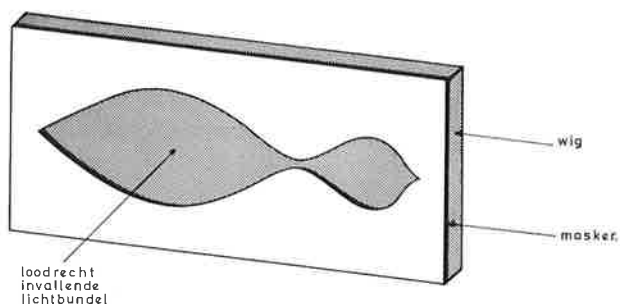


Fig. 3. Schematische voorstelling van een interferentiewig met een masker.

metingen van het instrument klein te houden is hier gekozen voor deze laatste methode, waarbij het licht spectraal wordt ontleed met behulp van een interferentiewig. Het principe van een interferentiewig berust op interferentie van het licht tussen twee dunne reflecterende laagjes, waarvan de onderlinge afstand, en dus ook de doorgelaten golflengte, verloopt langs de wig. Achter deze wig wordt nu het masker geplaatst. (Fig. 3).

De maskeropening wordt pas bepaald wanneer het instrument op de maskers na geheel gereed is. Als lichtbron wordt gebruik gemaakt van een wolframbandlamp met spectrale samenstelling  $E(\lambda)$ . Door een smalle spleet voor de wig langs te bewegen kan per golflengte het uitgangssignaal  $U(\lambda)$  van de fotocel gemeten worden. Dit uitgangssignaal moet evenredig zijn met één der CIE-krommen (bv. de  $\bar{X}$ -kromme), wanneer de lichtbron een spectrum heeft „van gelijke energie”. Is dat niet het geval dan moet telkens gedeeld worden door de waarde van  $E(\lambda)$  voor de betrokken golflengte. De maskeropening  $\mu_x(\lambda)$  wordt nu zodanig gemaakt dat geldt:

$$\mu_x(\lambda) = \frac{\bar{X}(\lambda)}{\mu(\lambda) / E(\lambda)}$$

$\mu(\lambda)$  is gemeten,  $\bar{X}(\lambda)$  en  $E(\lambda)$  zijn uit tabellen bekend, dus  $\mu_x(\lambda)$  kan berekend worden.

### Uitvoering

De volgens het boven beschreven principe gebouwde kleurpuntmeter is weergegeven in Fig. 4. De schematische bouw is aangegeven in Fig. 5. Voor een meer uitvoerige beschrijving wordt verwezen naar [1].

Het te meten licht passeert eerst een ultraviolet afsnijfilter, om storende doorlaat van hogere interferentie-orde in de wiggen te elimineren. Wanneer

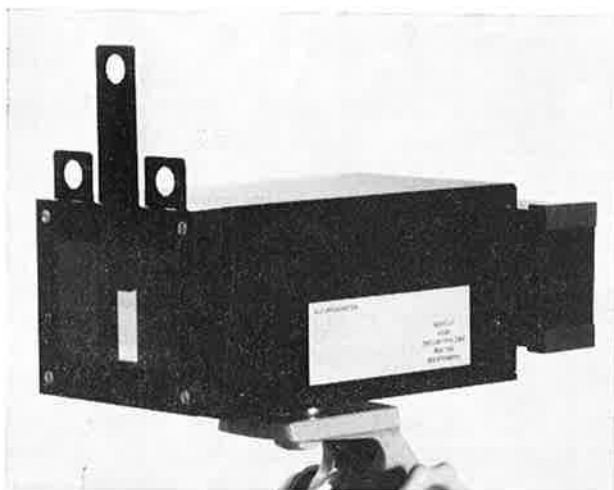


Fig. 4. De kleurpuntmeter met de Y-schijf open. Het losse achtergedeelte bevat warmteontwikkende weerstanden en is daarom vrijgehouden van het multiplier gedeelte.

een der schuiven wordt geopend zal het licht spectraal worden ontleed door de achterliggende interferentiewig. Een allereerste ruwe benadering van de betreffende CIE-kromme wordt verkregen met behulp van een glasfilter. De fijnere aanpassing geschiedt door het masker, waarvan de opening zeer nauwkeurig vervaardigd kon worden met behulp van een fotografisch etsprocédé. De maskers bestaan uit een 0,5 mm dikke drager, met erop een 0,1 mm dikke folie, beide uit fosforbrons. In de drager wordt eerst een gat geëtsd dat  $\pm 1$  mm groter is dan de gewenste maskeropening. Vervolgens wordt het folie op de drager geplakt, waarna de eigenlijke opening geëtsd wordt. De geringe foliedikte gaat onnauwkeurigheden als gevolg van onderetsen tegen.

In Fig. 1 is aangegeven in hoeverre de CIE-krommen benaderd worden door de kleurpuntmeter. Het licht dat het masker gepasseerd is, wordt door het opalineglas verstrooid en het diffuse licht wordt gemeten met de photomultiplier. Het uitgangssignaal van de photomultiplier wordt afgelezen op een galvanometer.

Om de doorlating van de interferentiewiggen zo groot mogelijk te houden zijn de masker-uitsparingen op door de breedte van de wiggen bepaalde maximale doorlating genormeerd. Hun relatief „gewicht” moet daarom voor éénmaal door ijking aan één of meer standaardfilters worden vastgelegd. Na deze ijkingen leveren de galvanometer-uitslagen vrijwel onmiddellijk de X, Y en Z waarden op.

Een indruk van de nauwkeurigheid, waarmee de kleurpunten met dit apparaat bepaald kunnen worden, geven de in Fig. 2 ingetekende berekende en gemeten kleurpunten voor een aantal handelsfilters. In geen geval bedroeg de afwijking meer dan 1%, terwijl verschilmetingen tussen bijna gelijke filters met een nauwkeurigheid van  $1/3\%$  konden worden uitgevoerd.

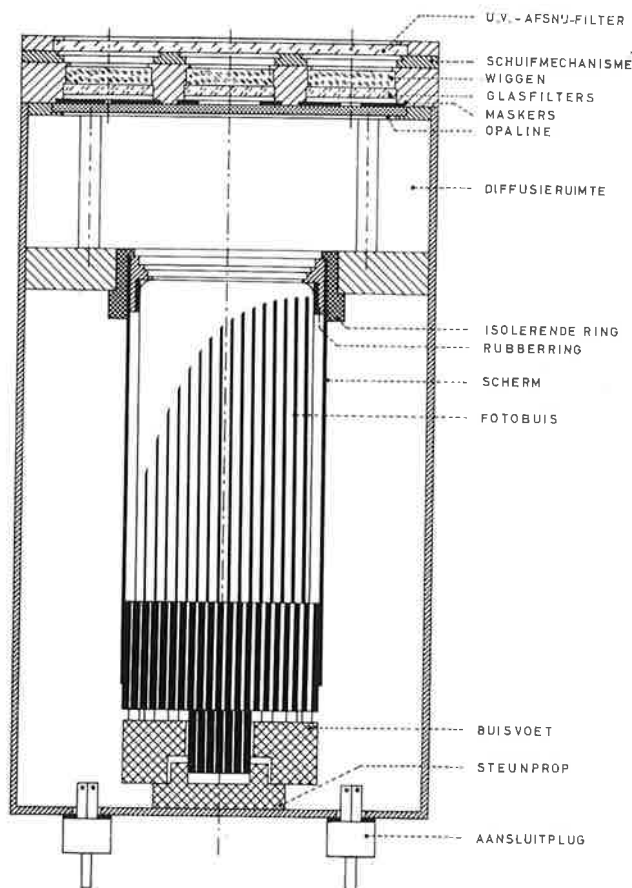


Fig. 5. Horizontale doorsnede van de kleurpuntmeter (schematisch).

#### Literatuur

- [1] Hoelen A. J.: Een foto-elektrische tristimulus kleurpuntmeter.  
IZF-rapport 1969 - C1.

# Elektrofysiologisch onderzoek van de kleur- en helderheids codering in het centrale zenuwstelsel

Drs. P. PADMOS

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

## Electrophysiological investigation of colour and brightness coding in the central nervous system

### Samenvatting

*Een beschrijving wordt gegeven van het onderzoek naar de elektrische reacties op lichtprikkelers van afzonderlijke zenuwcellen in het corpus geniculatum laterale van de macaak. Aan de hand van enkele experimenten wordt iets verteld over de kleur- en helderheids codering in het visuele systeem. De betekenis van dit soort experimenten voor ons inzicht in de processen van de visuele gewaarwording wordt aan de orde gesteld.*

### Summary

*A description is given of research on the responses to light stimuli of single units in the lateral geniculate nucleus of the macaque. The colour and brightness coding in the visual system is discussed on the basis of some experiments. The significance is raised of this type of experiments for the understanding of the processes of visual perception.*

Vóór een prikkeling van de zintuigen aanleiding geeft tot bewustwording vinden er in het centrale zenuwstelsel een aantal hercoderingen en transformaties plaats van het oorspronkelijke signaal uit de zintuigreceptoren. Niet alleen kan het fundamentele onderzoek naar de aard van deze bewerkingen door onze hersenen inzicht verschaffen in de oorzaak van afwijkingen en ziekten, maar ook kan een bestudering van de hersenprocessen leiden tot meer kennis omtrent de gedragingen van het gezonde organisme.

Op het IZF wordt door een aantal onderzoekers door middel van zgn. psychofysische experimenten de samenhang nagegaan tussen fysische stimulus en gewaarwording. In het moderne hersen- en zenuwonderzoek komt steeds meer naar voren dat elke psychische functie een materiële basis heeft en meer in het bijzonder dat de gewaarwording tot stand komt door een ingewikkeld samenspel van elektrische en chemische verschijnselen in de hersencellen.

De elektrofysiologie onderzoekt door directe meting aan de zenuwcellen wat het elektrisch correlaat is van de functies die op grond van psychofysische metingen kunnen worden onderscheiden. Dat beide onderzoeksmethoden een belangrijke stimulerende invloed op elkaar hebben mogen blijken

uit het volgende voorbeeld. Sinds de tweede helft van de 19e eeuw bestond er een controverse tussen de zgn. drie-kleurentheorie waarvan Helmholtz de voorvechter was, en de vier-kleuren-opvatting van Hering. Volgens Helmholtz is alle kleurgewaarwording opgebouwd uit drie fundamentele componenten: rood, groen en blauw. Hering stelde daartegenover dat er vier oergewaarwordingen zijn welke paarsgewijs aan elkaar zijn tegengesteld: rood-groen en geel-blauw. Het moderne elektrofysiologische onderzoek heeft aangetoond dat beide opvattingen juist kunnen zijn: In het netvlies wordt licht gecodeerd door middel van drie soorten receptoren\*, terwijl in een verder stadium van bewerking de kleurgewaarwording vastgelegd is in twee soorten antagonistische cellen, de rood-groen cel en de geel-blauw cel. Deze wetenschap heeft op zijn beurt op de psychofysica weer inspirerend gewerkt. Zo slaagde Walraven [4] er in, onder meer door analyse van het kleuronderscheidingsvermogen van normalen en kleurzien-gestoorden, het antagonistisch schakelsysteem een kwantitatieve inhoud te geven.

\* Een vierde soort receptoren, de staafjes, die slechts voor het waarnemen bij lage lichtniveaus worden gebruikt laten we hier buiten beschouwing.



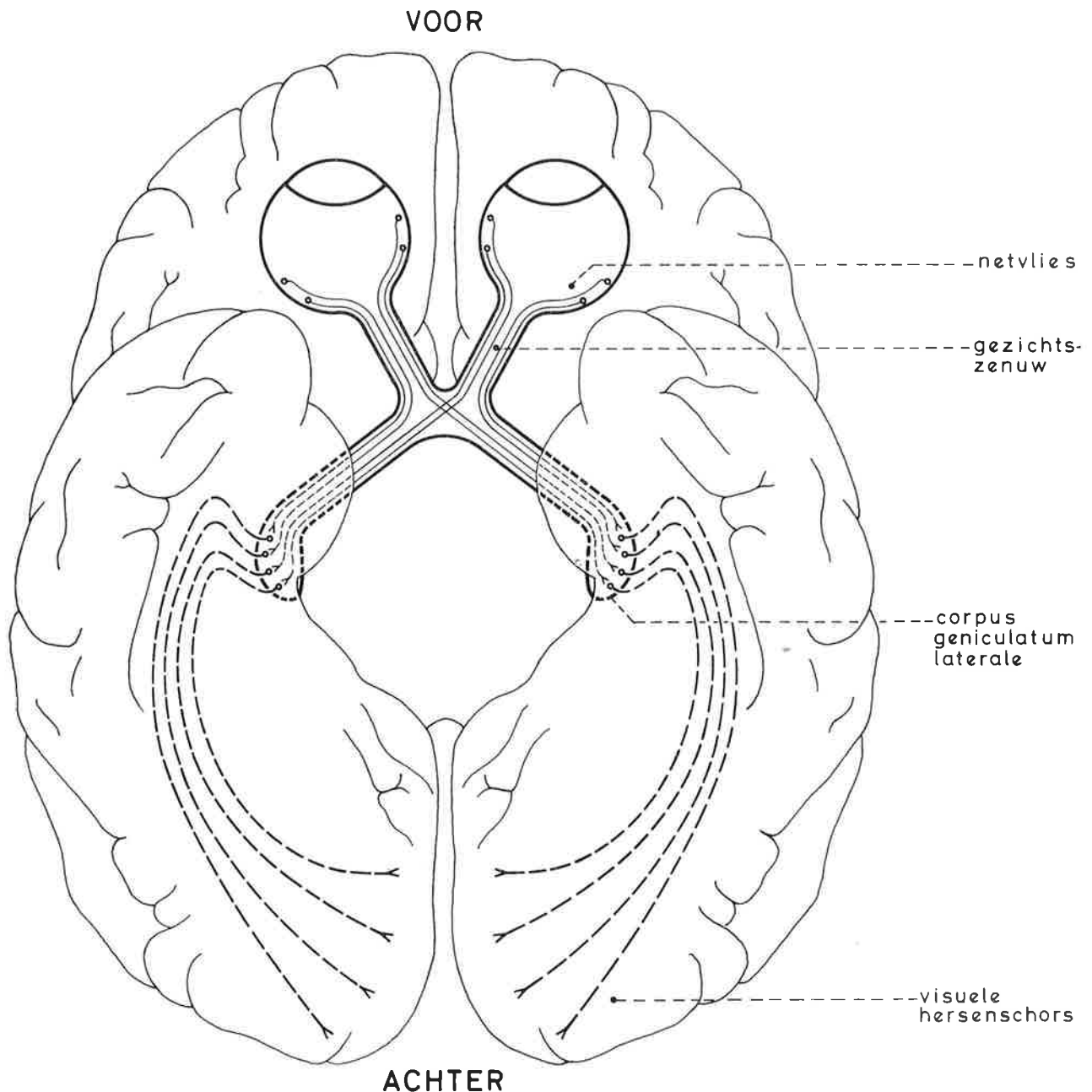


Fig. 1. Schema van de zenuwbanen van oog naar hersenschors. Teneinde een indruk te geven van de anatomische samenhang met het centrale zenuwstelsel is een onderaanzicht van de grote hersenen ingetekend. De gestippelde delen bevinden zich onder de hersenschors.

### Techniek en wijze van onderzoek

Meer in het bijzonder geschieden elektrofysiologische metingen op het IZF door micro-elektrodes in het hersenweefsel te brengen teneinde de signalen van afzonderlijke zenuwcellen als reactie op een aan het oog aangeboden lichtstimulus te bestuderen. Daar deze metingen uiteraard niet op mensen kunnen worden gedaan, wordt hiervoor als proefdier de makaka gebruikt, een apensoort die een vrijwel gelijk gebouwd en gelijk werkend gezichtsorgaan lijkt te hebben als de mens.

Een station op de lange weg van netvlies naar de visuele hersenschors is het „corpus geniculatum laterale” (CGL; Fig. 1). In dit hersengedeelte arriveren de signalen van de gezichtszenuw om doorgeschakeld te worden naar „hogere” centra. Daar het CGL zich midden in de hersenmassa bevindt is een speciale techniek, de stereotaxie, nodig om de punt van de elektrode door het bovengelegen hersengedeelte heen naar de juiste plaats te brengen. Het proefdier wordt hiertoe, nadat het onder narcose is gebracht, ingespannen in een apparaat dat de kop onbewegelijk fixeert (Fig. 2). Het sche-

delgedeelte boven het CGL wordt geopend en met behulp van een micromanipulator wordt de elektrode omlaag gebracht. Het elektrische signaal wordt hoorbaar gemaakt door een luidspreker. Komt men vlak in de buurt van een visuele cel dan worden de zich daarin afspelende elektrische ontladingen door de micro-elektrode opgevangen,

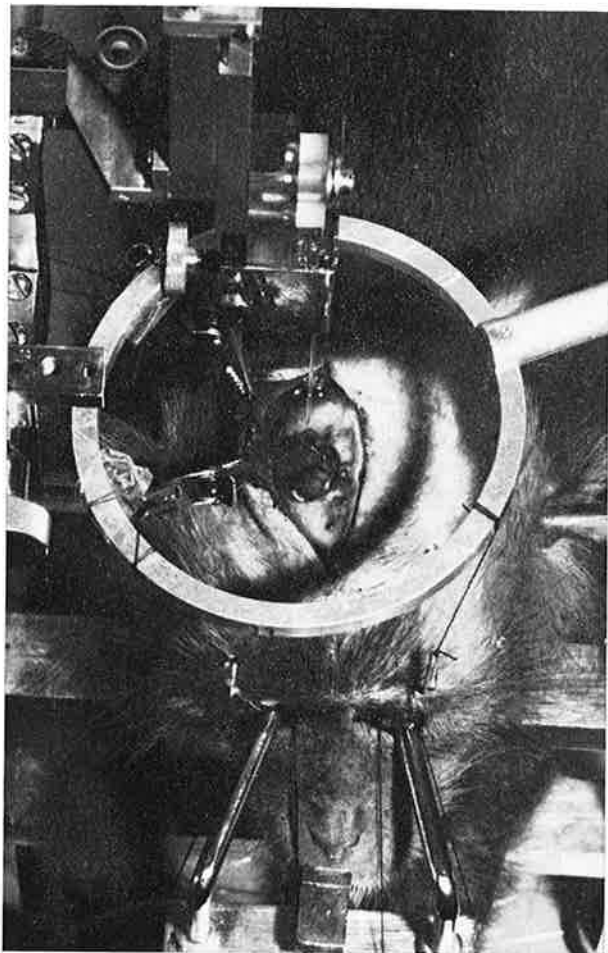


Fig. 2. Het proefdier, ingespannen in het stereotactisch apparaat, gereed voor de meting. Door het gat in de schedel is een gedeelte van de hersenschors te zien. De glazen micro-electrode bevindt zich boven dit gat.

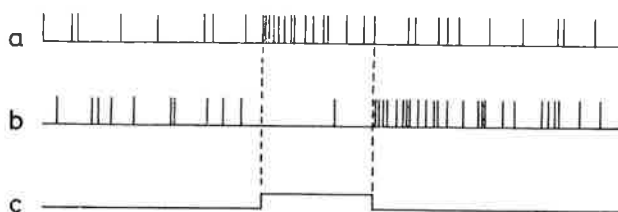


Fig. 3. Voorbeeld van een excitatieve (a) en een inhibitieve (b) reactie van een zenuwcel op een lichtprikkel. De bovenste twee sporen tonen de (gestileerde) zenuwpulsen, het onderste spoor geeft de tijd aan gedurende welke de één seconde durende lichtflits wordt aangeboden.

waardoor we via de luidspreker het getik kunnen horen van de zenuwpulsen in antwoord op een teststimulus op het oog. De pulsen („spikes”) zijn enkele millivolts groot en duren ongeveer een milliseconde. Als het preparaat voldoende stabiel is kan men tientallen minuten, soms uren, aan een cel meten zonder dat deze beschadigd wordt door de elektrode.

Als het oog niet gestimuleerd wordt geven de meeste cellen een onregelmatige reeks pulsen, de zgn. spontane activiteit. Stimuleert men met een lichtflits dan kunnen zich twee gevallen voordoen: óf de cel antwoordt met een spike-ontlading (excitatie; Fig. 3a) óf de cel onderdrukt zijn spontane activiteit (inhibitie; Fig. 3b). De mate waarin een cel wordt geëxciteerd of geïnhibeerd, als functie van de golflengte van het aangeboden licht bepaalt de spectrale gevoeligheid van die cel.

### Bevindingen

Op grond van hun spectrale gevoeligheid blijkt men de cellen van het CGL in te kunnen delen in verschillende klassen. Een voorbeeld van zulk een klasse is de R<sup>+</sup>G<sup>-</sup>-groep die bestaat uit cellen die excitatief reageren op langgolvig licht en inhibitief op kortgolvig licht. Een klasse welke hier iets nader wordt besproken is die der excitators, cellen die excitatief reageren over het gehele zichtbare spectrum; hun tegenhanger, de inhibitor wordt geïnhibeerd door het gehele spectrum. Beide celtypen worden met de benaming „niet-antagonistisch” aangeduid.

DeValois[2] toonde aan dat, wanneer men de spectrale gevoelheden van een groot aantal van deze niet-antagonistische cellen middelt, men een spectrale gevoeligheid verkrijgt die sterk lijkt op de spectrale ooggevoeligheid, als bekend uit psychofysische experimenten. Samen met een aantal andere fenomenen leidde dit hem tot de conclusie dat dit celtype gespecialiseerd is voor het overbrengen van één bepaalde kwaliteit van de lichtprikkel, nl. de *hoeveelheid* licht, of wel de helderheid van de stimulus. Op eenzelfde wijze leidde DeValois af dat de antagonistische cellen, waartoe de R<sup>+</sup>G<sup>-</sup>-cel behoort, dienen voor de kwaliteit *kleurindruk* van de lichtprikkel.

Metingen op het IZF geven echter aanleiding tot de overtuiging dat de codering in het CGL toch ingewikkelder is. Als illustratie diene de cel waarvan de reacties in Fig. 4 zijn weergegeven. Voor een relatief sterke stimulus van 3000 troland heeft deze cel een niet-antagonistisch karakter, bij zwakkere stimulus echter duidelijk wel. Een vraag die zich voordoet bij het zoeken naar een verklaring is: hoe wordt het signaal, dat men meet aan de hersencellen, opgebouwd uit de responsies van de drie verschillende soorten netvliesreceptoren. Inzicht hierover kan worden verkregen door de ge-

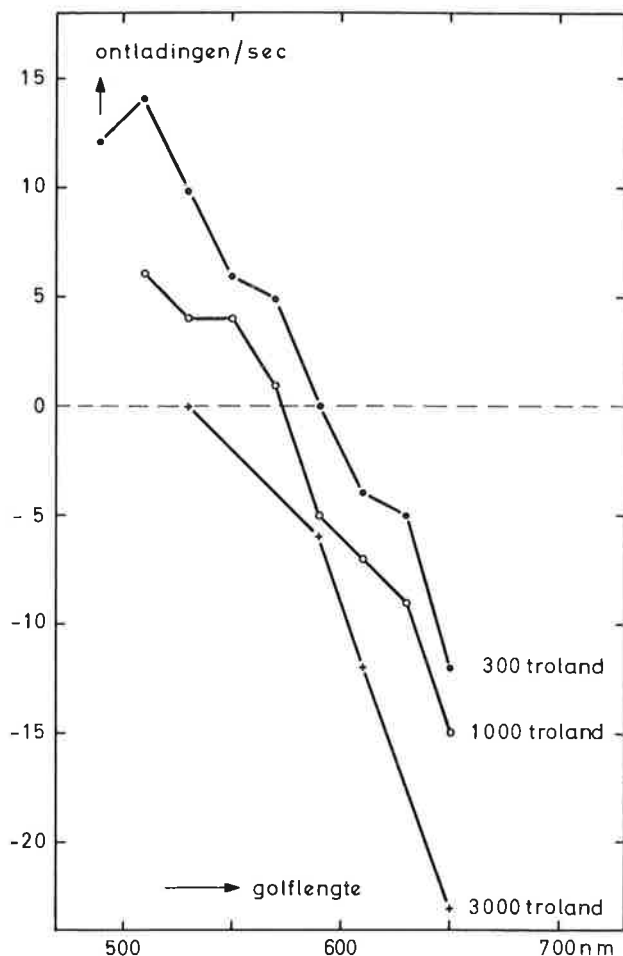


Fig. 4. Spectrale gevoeligheid van een zenuwcel met als parameter de intensiteit van de lichtprikkel. De stimulus bestond uit een lichtflits die gedurende 1 sec werd aangeboden. De ontladingsfrequentie is gemeten door het aantal pulsen in de seconde na stimulatie af te trekken van het aantal pulsen tijdens stimulatie. Een negatieve „ontladingsfrequentie” betekent hier dus: een inhiberende reactie.

voeligheid van één receptorsoort te verlagen en dan de spectrale gevoeligheid van de cel te bepalen. Dit selectief verminderen van gevoeligheid (chromatische adaptatie) geschiedt door het aanbieden van een sterke continue achtergrondverlichting met een lichtsoort uit een klein golflengtegebied.

Een voorbeeld van een dergelijk experiment vindt men in Fig. 5. Hoewel de cel in deze figuur in donker geadapteerde toestand een spectrale gevoeligheid heeft welke duidelijk afwijkt van de menselijke ooggevoeligheidskromme valt hij op grond van DeValois' classificatie onder de groep van de excitators, welke de helderheids-overbrengers zouden zijn. Deze cel blijkt nu tijdens chromatische adaptatie met licht van 630 nm te veranderen in een R<sup>+</sup>G-cel; bij nog sterkere adaptatie wordt het een inhibitor.

Uit dit experiment kan men twee conclusies trekken:

1. De cel is niet alleen helderheid-gecodeerd, want tijdens adaptatie kan hij behalve informatie over hoeveelheid licht ook informatie over golflengte geven.
2. Minstens twee soorten receptoren dragen bij tot het antwoord van de cel: één receptor-type exciterend, en één inhiberend.

Voor de antagonistische cellen is door DeValois [1] reeds aangetoond dat door adaptatie het exciterende of het inhiberende mechanisme kan worden uitgeschakeld. Dat ook voor de niet-antagonistische cellen exciterende en inhiberende mechanismen een rol spelen, geeft aanleiding om het onderscheid tussen antagonistisch en niet-antagonistisch minder scherp door te voeren.

Blijken de verdere onderzoeken de hier beschreven feiten te ondersteunen dan zal het nodig zijn om het psychofysische begrip helderheid aan een nieuw kritisch onderzoek te onderwerpen.

Uit het soort proeven als hier beschreven en uit soortgelijke proeven met stimuli met een spatiële structuur [3] is langzamerhand een gedetailleerd beeld aan het ontstaan hoe kleur, helderheid, richting en zovele andere karakteristieken van een vi-

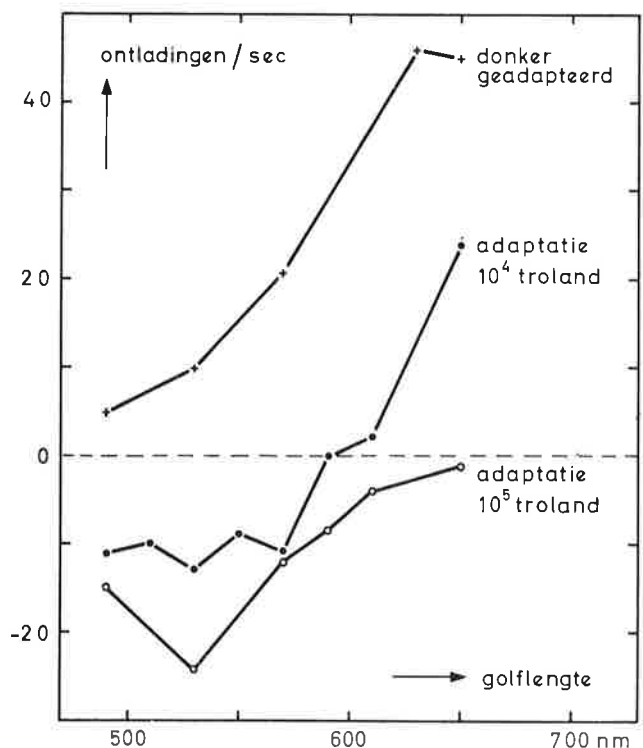


Fig. 5. Spectrale gevoeligheid van een zenuwcel als functie van de mate van chromatische adaptatie. Geadapteerd is aan licht van een golflengte van 630 nm. Verder zijn de omstandigheden dezelfde als in Fig. 4. De helderheid van de stimulus bedroeg 3000 troland.

sueel patroon anatomisch gescheiden worden geregistreerd, zoals ze ons ook subjectief als scheidbare facetten in de perceptie voorkomen. De oude, naïeve voorstelling als zou op de hersenschors een plaatje worden geprojecteerd van de

buitenwereld is wel ver achterhaald. Het samenspel tussen elektrofysiologie en psychofysica blijkt bijzonder vruchtbaar te zijn om een brug te slaan tussen de perceptie en haar „materiële” basis in de neuronen-activiteit.

#### Literatuur

- [1] R. L. DeValois: Analysis and coding of color vision in the primate visual system. Cold Spring Harbor Symp. 30, 567-579 (1965).
  - [2] R. L. DeValois, I. Abramov and G. H. Jacobs: Analysis of response patterns of L.G.N. cells. J. Opt. Soc. Am. 56, 966-977 (1966).
  - [3] T. N. Wiesel and D. H. Hubel: Spatial and chromatic interactions in the Lateral Geniculate Body of the Rhesus monkey. J. Neurophysiol. 29, 1115-1156 (1966).
  - [4] P. L. Walraven: On the mechanisms of colour vision. Dissertatie Utrecht; IZF-rapport 1962.
-

# Kwaliteitsverbetering van de leeskaart bij de oogarts<sup>\*)</sup>

Dr. J. J. VOS

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

## Quality improvement of acuity test charts

### Samenvatting

*De gezichtsscherpte, zoals deze normaal bepaald wordt bij keuringen en in de kliniek, is behept met een nodeloos grote onzekerheid door de matige kwaliteit en het gebrek aan uniformiteit van de gangbare leeskaarten. Het pogen hierin verbetering te brengen wordt beschreven. Dit is niet slechts een kwestie van het aangeven en aanbrengen van verbeteringen, maar ook en vooral van het doorbreken van de opvatting als zou de onzekerheid in de gezichtsscherptebepaling onverbreekelijk gekoppeld zijn aan het feit dat men met levend materiaal te doen heeft.*

### De Snellenkaart

Vrijwel iedereen komt er te eniger tijd mee in aanraking. Een op de vier al heel gauw, bij het schoolgaan, zodra lezen een vereiste wordt. Maar ook de anderen komen aan bod wanneer met het klimmen der jaren het accommodatievermogen te kort gaat schieten en het lezen, het zien in de verte – of allebei – moeite gaan kosten. En zo komen wij allen vroeg of laat oog in oog te staan met de „leeskaart”.

Die leeskaart heeft bereids een eerbiedwaardige ouderdom. Meer dan een eeuw geleden, in 1862 om precies te zijn, publiceerde onze landgenoot Snellen de oorspronkelijke „Snellenkaart” (Fig. 1), zoals deze later algemeen genoemd werd, ook als het ontwerp van anderen mocht wezen. Snellens kaart was niet de eerste leesproef, maar wat zijn werk ver deed uitsteken boven dat van zijn tijdgenoten was dat hij aan de kleinheid van de nog net leesbare lettergrootte een getalmaat verbond voor de visuele prestatie: de gezichtsscherpte of Visus. Deze gezichtsscherpte was voor het door Snellen gebruikte lettertype met een stokdikte van  $\frac{1}{5}$  van de letterhoogte, de omgekeerde waarde van de net „oplosbare” stokdikte in boogminuten. Die defini-

### Summary

*Visual acuity as it is usually determined at medical examinations is affected with a needlessly large inaccuracy, due to the lack of quality of current testcharts. Efforts are described to improve this situation. This is not only a matter of indicating and applying improvements, but also and especially of breaking through the idea that the inaccuracy in the acuity determination is indissolubly bound to the fact that we deal with living matter.*

tie klinkt wat omslachtig, maar misschien zit daarin wel de verklaring van het doorslaand succes van Snellens leeskaart. Want daardoor werd het toen reeds wetenschappelijk bekende feit dat het scheidend vermogen van het menselijk oog in de buurt van 1 boogminuut lag, omgezet in een Visus van 1 voor de normale mens. Geen willekeurige normering derhalve, maar goed wetenschappelijk gefundeerd! De gebruikelijke aanduiding van de gezichtsscherpte geschiedt als breukwaarde, met de werkelijke leesafstand als teller (meestal 5 of 6 meter, in Snellens tijd en ook nu nog in Angelsaksische landen 20 voet), en de leesafstand waarop men de letters nog hoort te kunnen lezen als noemer. Men krijgt zo de bekende aanduidingen als 5/4, 6/12, 20/25 enz.

Snellens kaart en zijn wijze van visusaanduiding zijn in korte tijd oogheelkundig gemeengoed geworden. De Visus is een klinisch bijzonder bruikbaar numeriek gegeven, hoewel het merkwaardigerwijs nauwelijks heeft bijgedragen tot een beter begrip van het hoe en waarom van de beeldvorming in het oog. Voor het constateren van een afwijking echter, door wat voor reden dan ook, is het doen lezen van de letterkaart een onovertroffen middel gebleken. Zozeer zelfs, dat nog vandaag de dag, nu de Snellenletters reeds lang verhuisd zijn naar het rariteitenkabinet, nog steeds de term Snellenkaart standaard wordt gebruikt.

<sup>\*)</sup> Dit onderzoek werd uitgevoerd op verzoek van en met financiële steun van de Gezondheidsorganisatie TNO. Gezien de belangstelling van de Inspectie Militair Geneeskundige Dienst geschiedde dit onderzoek mede in opdracht van militaire zijde.



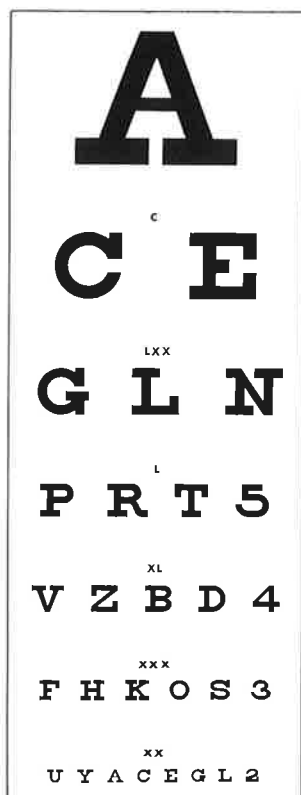


Fig. 1. De leeskaart van Snellen uit 1862.

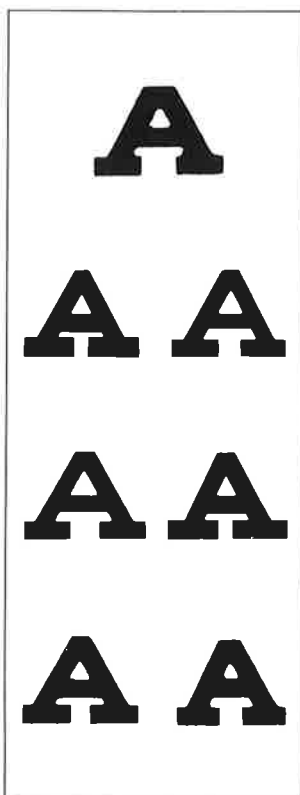


Fig. 2. Zeven A's van de Straub-leeskaart, uitvergroot tot dezelfde afmeting.

### Een grote warwinkel

Vanaf de aanvang is duidelijk geweest dat de Snellenkaart voor verbetering vatbaar was, eenvoudig al om de reden dat niet alle letters even moeilijk leesbaar waren. Een veelheid van alternatieven is dan ook in de afgelopen eeuw voorgesteld, sommige beter dan de Snellenkaart, andere alleen maar curieus. Maar geen heeft het van de zo langzamerhand klassieke vorm van de letterkaart kunnen winnen. Het voornaamste resultaat van al deze pogingen tot verbetering is een enorme chaos van keuzemogelijkheden bij de aanschaf, zonder enige waarborg voor de koper dat de kaart die hij koopt aan enige eis van ordentelijkheid of ijking voldoet. En dat doen ze dan ook veelal niet. Als voorbeeld moge dienen de verzameling A's, uitvergroot tot gelijke lettergrootte, van één der meest gangbare letterkaarten (Fig. 2). Zonder nu hier te treden in de vraag of de onnauwkeurigheid in de meting van de gezichtsscherpte met zo uiteenlopende lettertypen op één kaart zo erg is, kan toch wel worden gesteld dat de typografische zorgvuldigheid erbarmelijk moet worden genoemd. Een verbetering van Snellens werk kan men er zeker niet in zien.

Een ander punt van zorg is de verwarrende hoeveelheid niet of nauwelijks gedefinieerde, en veelal irrelevante aanduidingen op de kaarten. Een voorbeeld is gedemonstreerd in Fig. 3, behelzende twee detailopnamen van commerciële kaarten.

Merkwaardigerwijs is het meest relevante gegeven, de afstand van waarnemen waarvoor de kaart is gemaakt, op vele kaarten niet te vinden. Het zou interessant zijn te weten, hoe vaak hierdoor misgebruik of mislezing voorkomen.

Tenslotte - wij maken hier slechts een keus uit door ons gesignaleerde gebreken - houden veel kaarten op bij de regel met Visus 1, hoewel het bekend is dat de meerderheid van de patiënten duidelijk betere prestaties kan bereiken. Zeker bij de huidige niveaus van leesverlichting - want die zijn veranderd sinds Snellen - moet Visus 2, eerder dan Visus 1 een normale waarde worden geacht. Het ontbreken van de regels met visuswaarden groter dan 1 zou daarom vergeleken kunnen worden met de situatie van de koortsthermometer waarop het bereik onder 38°C zou ontbreken.

### Standaardisatie

Zolang het alleen maar gaat om het aanmeten van een bril levert het niet gestandaardiseerd zijn van de leeskaarten maar weinig problemen op. Het gaat dan immers om het bereiken van een optimum, niet om de waarde zelf. Maar bij een keuring, of in geval van overdracht van medische gegevens van arts op arts, of bij het vastleggen van wetenschappelijk studiemateriaal, kan het terdege van belang zijn. Gevallen zijn bekend waarbij de patiënt twee visusregels „won” tussen de behandelend oogarts en het oogziekenhuis dat in hoger beroep werd ingeschakeld. En hoe vaak komt het niet voor dat iemand naar een andere leeskaart wordt gehaald om hem toch maar door zijn keuring voor het rijbewijs te krijgen? Het is om deze reden dat, op verzoek van de bedrijfsartsen, de Commissie Arbeidsgeneeskundig Onderzoek (CARGO) van de Gezondheidsorganisatie TNO een projectgroep „Standaardisatie Onderzoeksmethoden van de Ge-

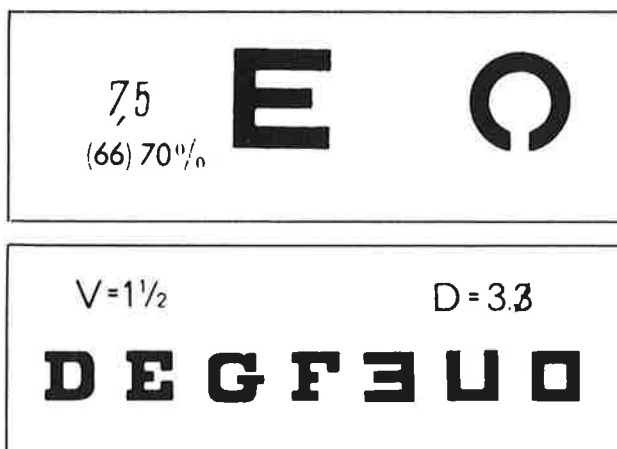


Fig. 3. Detailopnamen uit twee verschillende leeskaarten. Boven: Drie soorten aanduidingen van de visuswaarde bestaande uit E's en C's. Onder: De betekenis van het bijschrift is: Wie de regel van  $1\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{3} = 5$  meter afstand nog net kan lezen heeft een gezichtsscherpte  $1\frac{1}{2}$ .



Eerst werd geïnventariseerd wat commercieel zolang voorhanden was. Wat aan het licht kwam heeft de verwachtingen heel sterk in negatieve zin overtroffen. Onwillekeurig verwacht men van deze op grote schaal gefabriceerde kaarten toch wel een ze-

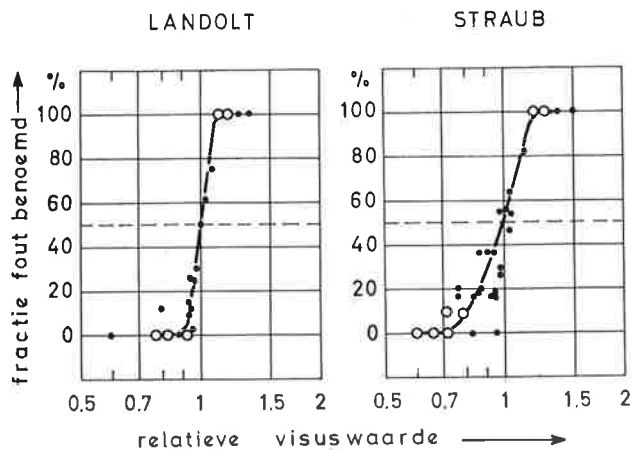


Fig. 5. Foutenscores bij de TNO-kaart met Landolt C's (links) en bij de gangbare Straubkaart (rechts). Een foutenscore van 100% werd genoteerd als de proefpersoon spontaan te kennen gaf dat hij „er niets meer van wist te maken”.  
 ● enkelvoudige meetpunten  
 ○ meerdere meetpunten tezamen genomen.

kere kwaliteit; de hiervoor genoemde voorbeelden mogen hebben duidelijk gemaakt dat die verwachting ijdel was.

De tweede fase heeft bestaan uit het opstellen van een lijst van eisen waaraan een goede testkaart zou moeten voldoen en het aantonen, door middel van een prototype, dat deze eisen zinvol en verwezenlijikbaar zijn. Deze tweede fase is nu zo goed als afgesloten. In de eisen worden onder meer de stapgrootte van regel tot regel, de notatie, de belichting, de typografische opmaak en de ijking beschreven.

Het prototype, niet ontworpen als alleen zaligmakende testkaart, maar als voorbeeld van wat bereikt kan worden met eenvoudige middelen, staat afgebeeld in Fig. 4. Zoals men kan zien is hier gestreefd naar niets revolutionair nieuws: de geschiedenis heeft wel geleerd dat zulke pogingen zeker gedoemd zijn te mislukken, hoe goed ook de kwaliteiten wetenschappelijk bezien ook mochten wezen. Het arrangement is conventioneel, de zgn. Landolt C werd reeds in 1909 als standaardteken door de internationale organisatie van oogartsen aanvaard.

Als voorbeeld van de verbetering en dus verfijning in de diagnostiek die met deze kaart kan worden bereikt, is in Fig. 5 de foutenscore weergegeven als functie van de visuswaarde bij de nieuw ontworpen kaart en bij de veel gebruikte Straubkaart - dezelfde als van de zeven A's van Fig. 2. Het blijkt dat de onzekerheidsmarge bij de nieuw ontworpen kaart tweemaal zo klein is als bij de tot nu toe gebruikte Straubkaart. Omdat de metingen van Fig. 5 uit het laboratorium stammen, en tenslotte de er-

varing in de praktijk in keuringscentra en in de spreekkamer beslissend moet zijn, werd een aantal exemplaren van het prototype op proef in keuringscentra in gebruik genomen. Daarbij werden de ervaringen als in het laboratorium opgedaan bevestigd. De bepaling van de visus geschiedt scherper en, belangwekkend en belangrijk nevenresultaat: door de verminderde onzekerheid bij het omzetten van het testresultaat in één ondubbelzinnige visuswaarde kan tijdwinst worden geboekt. Dit was in tegenstelling tot de aanvankelijke vrees dat, door de groter veronderstelde moeilijkheid van het links-rechts-boven-onder benoemen, juist tijdverlies zou ontstaan.

## Doorvoering

Thans zijn wij toe aan de wellicht moeilijkste fase van onze opdracht: de doorvoering. De ervaringen van anderen uit het verleden zijn niet bemoedigend: aan de oude, vertrouwde letterkaart kleven grote emotionele waarden; de overtuiging dat de visusbepaling nu eenmaal erg onzeker moet zijn omdat we te doen hebben met de levende mens is diep geworteld; en middelen om doorvoering af te dwingen bestaan niet.

Er zijn echter twee redenen om toch ietwat positief te staan tegenover de kansen op doorvoering. De eerste reden is dat uit het ineenslaan van de handen van de handel en de bedrijfsgeneeskundige diensten een doorbraak kan worden bewerkstelligd in een ook internationaal vastgelopen situatie. In het verleden is meestal de wens tot standaardisatie uit oogheeskundige kringen voortgekomen, waar de noodzaak van standaardisatie zoals we reeds zagen niet zo dwingend is, en de wens tot standaardisatie eerder moet worden gezien als een platonische liefdesverklaring aan het idee van het schone.

De tweede reden tot optimisme is van geheel andere aard. De huidige praktijk is dat de aanduiding van de visus op 1001 manieren geschiedt. Niet alleen treft men voor de aanduiding van hetzelfde meetresultaat naast elkaar bijvoorbeeld uitdrukkingen aan als  $2/3$ , 0,66, 70%, 0,65 en  $20/30$ , maar bovendien blijkt de grote onzekerheid als manifest uit Fig. 4 een begrijpelijke, hoewel allerm minst gerechtvaardigde drang tot interpoleren in de hand te werken. Men krijgt daardoor naast de genoemde uitdrukkingen ook nog aanduidingen als  $2/3 f$  (van fout), of 0,66 r (van ruim). Het resultaat is dat de huidige praktijk weleens een struikelblok zou kunnen zijn voor pogingen ook dit deel van de medische gegevens te computeriseren.

En wie weet kon dat wel eens het extra steuntje in de rug zijn dat nodig is om een verbetering van de kwaliteit van de visusbepaling in Nederland tot een feit te maken!

# Kijken met kijkers

Ir. A. VAN MEETEREN

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

## Vision with telescopes

### Samenvatting

*De moderne methode om optische instrumenten te beschrijven met contrastoverdrachtsfuncties wordt toegepast op het zien met behulp van een verrekijker. De verschillende invloeden van optische aberraties, strooilight en lichtverliezen worden afzonderlijk aan de orde gesteld. Het blijkt geoorloofd de zogenaamde produktstelling toe te passen op de contrast-overdracht van kijker en oog samen: deze is gelijk te stellen aan het produkt van de afzonderlijke contrastoverdrachten van kijker en oog. De veel aangetroffen opvatting, dat in het samenspel van kijker en oog het oog de beperkende factor zou zijn, blijkt niet juist. Contrastoverdrachtsfuncties lenen zich bij uitstek voor het beoordelen van de kijker als verrekijker, dat wil zeggen voor het bepalen van de afstandswinst te velde. In de schemering is het licht-economische voordeel van een grote uittreepupil groter dan het optische voordeel van een kleine uittreepupil.*

### Summary

*The new method to describe the quality of optical instruments with contrast transfer functions is applied to vision with telescopes. The separate influences of optical aberrations, stray light, and light losses are discussed. The multiplicability of contrast transfer functions, though not strictly holding for the eye plus telescope system, may be used as a rule of thumb. The classical idea, that the eye would be the limiting factor in telescopic vision proves to be false. Contrast transfer functions are pre-eminently fit to evaluate the performance of telescopes under bad atmospheric circumstances. The advantage of better brightness of large exit pupils overbalances their optical disadvantages in twilight.*

### Kwaliteitscriteria

Begin oktober 1608 beproefde een door de Staten-Generaal benoemde commissie een door de Middeburgse brillenslijper Hans Lipperhey aangeboden „korte buyse” met daarin één bol en één hol geslepen glas, waarmee men de verten dichterbij kon halen. Aan Lipperhey komt echter volgens de Waard [3] niet zozeer de eer van de uitvinding toe, als wel het militaire nut er van beseft te hebben. De commissie beklom de toren van het Stadhouderskwartier en stelde vast, dat men de wijzerplaat van de toren van Delft kon onderscheiden, alsmede de vensters van de kerk te Leiden. Dat was een bevredigend resultaat, maar naar huidige opvatting als kwaliteitscriterium te weinig algemeen om de bruikbaarheid voor andere waarnemingstaken te beoordelen. Op welke afstand zou men bijvoorbeeld bij heilig weer voertuigen kunnen herkennen met een kijker „waarmee men in Den Haag de wijzerplaat van de Delftse toren kan zien”? En hoe maak je, als ontwerper, een dergelijk instrument?

De introductie van begrippen als scheidend vermogen en gezichtsscherpte in het midden van de

vorige eeuw betekende natuurlijk een grote stap voorwaarts. De testobjecten werden daarmee minder willekeurig en goed gestandaardiseerd en wat heel belangrijk is, men kon complexe waarnemingstaken, zij het gebrekkig, herleiden tot een soort representatieve gezichtsscherpte. Scheidend vermogen en gezichtsscherpte zijn gedefinieerd voor 100% contrast, voor bijvoorbeeld zwarte strepen op wit papier of heldere puntbronnen in donkere omgeving. De kijker wordt echter als „verre” kijker gebruikt en in de verte zijn de contrasten verre van 100%. Dat zou niet erg zijn als er een eenduidige relatie bestond tussen de gezichtsscherpte bij hoog en bij laag contrast voor alle kijkers en alle ogen. Arnulf [1] heeft dit onderzocht en gevonden, dat er niet zo'n relatie bestaat. Dat betekent in feite, dat voor iedere kijker de gezichtsscherpte op zijn minst als functie van het contrast moet worden gemeten.

Daarom wordt het tijd een geheel nieuw testobject te overwegen. Nu is het de laatste tijd mode geworden optische systemen naar analogie van elektronische, te beschrijven met frequentiekaracteris-

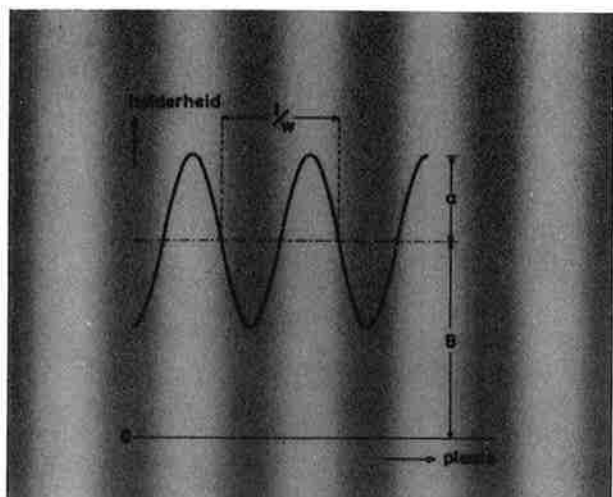


Fig. 1. Sinuspatroon. De ingetekende figuur geeft het sinusvormige verloop van de helderheid als functie van de plaats weer. Het contrast wordt gedefinieerd als  $C = a/B$ . De spatiale frequentie  $w$  wordt uitgedrukt in bijvoorbeeld het aantal perioden per cm.

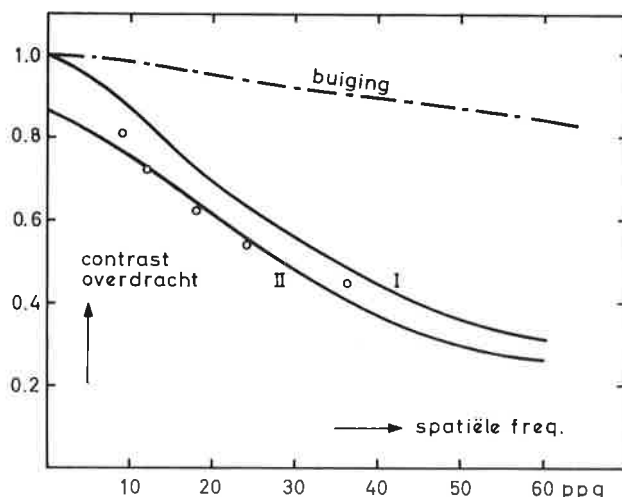


Fig. 2. Contrastoverdrachtsfunctie van een  $6 \times 30$  kijker. De spatiale frequentie is uitgedrukt in perioden per graad in de voorwerpsruimte. De onderbroken curve heeft betrekking op de ideale, alleen door buiging begrensde  $6 \times 30$  kijker. De curven I en II geven de feitelijke contrastoverdracht, respectievelijk zonder en met vals licht, en gemeten door de TPD TNO-TH Delft. De open cirkeltjes geven onze „subjectieve” uitkomsten weer.

tielen, die aangeven hoeveel een sinusvormig signaal met een bepaalde frequentie bij doorgang door het systeem wordt verzwakt. In het optische geval gaat het daarbij om sinusvormig gemoduleerde helderheidssignalen, zoals voorgesteld in Fig. 1. De variabele is hier niet de tijd maar de plaatscoördinaat en de frequentie is een spatiale frequentie. Verder zijn we in de optiek niet in amplituden maar in relatieve amplituden of *contrasten* geïnteresseerd (zie Fig. 1 voor definitie). De optische frequentiekenarakteristieken worden dan ook *contrastoverdrachtsfuncties* genoemd: zij geven de verhouding van het contrast van het afgebeelde sinuspatroon,  $C_b(w)$ , tot het oorspronkelijke contrast  $C_0(w)$ , als functie van de spatiale frequentie  $w$ :

$$T(w) = C_b(w)/C_0(w)$$

Fig. 2 geeft een voorbeeld van een dergelijke contrastoverdrachtsfunctie. Het grote nut van een contrastoverdrachtsfunctie is nu, dat men in één blik kan overzien welke ingangscontrasten bij welke spatiale frequenties nog een voldoende groot uitgangskontrast opleveren. En dit is precies wat we bij het veldgebruik van een kijker willen weten. Een tweede voordeel van contrastoverdrachtsfuncties is hun vermenigvuldigbaarheid: als een afbeelding nog eens door een tweede optisch stelsel opnieuw wordt afgebeeld is de totale contrastoverdracht eenvoudig gelijk aan het produkt van de afzonderlijke contrastoverdrachten. Een derde voordeel zal voor iedereen, die vertrouwd is met Fourier-analyse, onmiddellijk worden ingezien. De afbeelding van willekeurige complexe scènes, zoals

de wijzerplaat van de Delftse toren, kan exact worden herleid tot de overdracht van een aantal spatiale sinuspatronen met verschillende frequenties.

### Contrastgevoeligheid

Intussen stuiten we bij het meten van de contrastoverdracht van het oog op een moeilijkheid: het uitgangskontrast is hier een perceptieve grootheid, ontoegankelijk voor normale fysische bemeting. Het enige wat we kunnen doen is de uitgangskontrasten van verschillende sinuspatronen, zoals ze gezien worden, „subjectief” te vergelijken. Voorwaarde is een goed vergelijkingscriterium. In het bijzonder leent zich hiertoe de drempelsituatie, waarbij het criterium voor alle patronen is dat zij nog net gezien kunnen worden. De meting komt dan neer op de bepaling van het laagste contrast, waarbij het patroon zichtbaar is. Is dat het geval bij een ingangskontrast  $C_d(w)$  en kennen we de waarde 1 toe aan het uitgangskontrast dan wordt de contrastoverdracht  $1/C_d(w)$ . We spreken in dit geval bij voorkeur over *contrastgevoeligheid*, in plaats van overdracht, omdat er naast pure overdracht ook een gevoeligheidsfactor is ingeslopen via het drempelcriterium. We definiëren daarom de contrastgevoeligheid als:

$$S(w) = 1/C_d(w)$$

In Fig. 3, curve I, is een dergelijke contrastgevoeligheidsfunctie voor het blote oog weergegeven. Het oog fungeert als bandfilter. Het heeft moeite met zowel de hogere spatiale frequenties (fijne details)



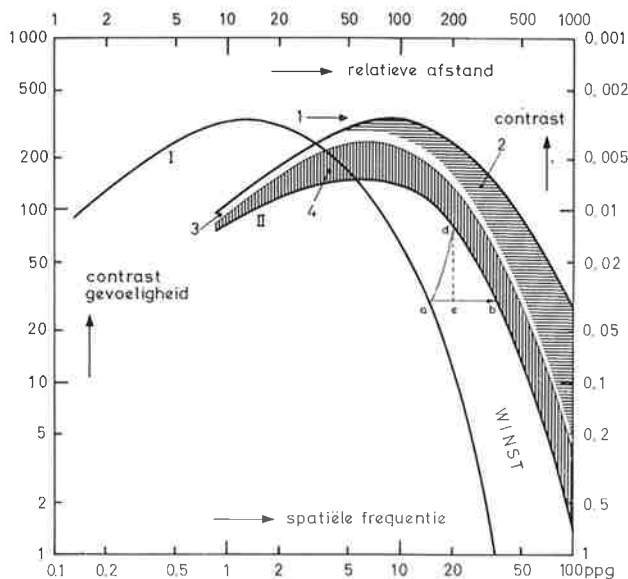


Fig. 3. Contrastgevoeligheidsfuncties: I van het blote oog, II van het met een  $6 \times 30$  kijker gewapende oog, beide bij een helderheid in de voorwerpsruimte van  $10 \text{ cd/m}^2$  en uitgezet tegen de spatiële frequentie in de voorwerpsruimte. De linkerzijkant geeft de contrastgevoeligheid aan, de rechterzijkant het corresponderende drempelcontrast. De kijker geeft een vergroting, die aangeduid is met het pijltje 1. De daaraan verbonden winst wordt gedeeltelijk te niet gedaan door aberraties (gebied 2), vals licht (3) en lichtverliezen (4). Zie verder de tekst.

als met de lagere spatiële frequenties (grove details). Het zou nu natuurlijk prachtig zijn, als de contrastgevoeligheidsfunctie van het met een kijker bewapende oog, zonder omvangrijke en lastige nieuwe metingen zou kunnen worden afgeleid uit die van het blote oog, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de eerder genoemde vermenigvuldigbaarheid. Er is echter een kink in de kabel in zoverre de vermenigvuldigbaarheid van contrastoverdrachten behorende bij successieve afbeeldingen slechts geldt voor materiële afbeeldingen, zoals die op een film, projectiescherm of kathode. Bij de koppeling van kijker en oog is er niet zo'n materieel tussenbeeld. Objectief en oculair vormen samen met cornea en ooglens één optisch stelsel. Zolang kijkers echter als zelfstandige stelsels worden ontworpen, zonder opzettelijk rekening te houden met de oogoptiek, zou in de praktijk de vermenigvuldigbaarheid toch wel eens een bruikbare vuistregel kunnen zijn.

Deze hoop wordt versterkt door het resultaat van onze metingen van de contrastgevoeligheidsfunctie van het met een  $6 \times 30$  kijker bewapende oog. Zoals we straks zullen zien, dient men er rekening mee te houden, dat deze contrastgevoeligheidsfunctie mede beïnvloed wordt door lichtverliezen. Na correctie hiervoor kan het quotiënt van de contrastgevoeligheidsfuncties van het gewapende oog en het blote oog worden vergeleken met de contrastoverdrachtsfunctie van de kijker. Deze verge-

lijking wordt geïllustreerd door Fig. 2. Curve I stelt de door de Technisch Physische Dienst TNO-TH Delft gemeten contrastoverdrachtsfunctie van de kijker voor. Deze stelt teleur, daar er reeds binnen het frequentiebereik van het blote oog contrastvermindering tot meer dan de helft optreedt. Dit is geheel in strijd met de gangbare opvatting, dat kijkers in de regel „goed genoeg zijn voor het oog”. Berekeningen aan het kijkerontwerp wijzen uit, dat het hier niet een toevallig slecht uitgevallen exemplaar betreft. Curve II van Fig. 2 volgt uit curve I door rekening te houden met het in de kijker optredende „valse licht” afkomstig van reflecties aan glasoppervlakken en kijkerhuis, dat als een min of meer homogeen waas over het beeld valt. Tengevolge van dit waas worden alle contrasten, onafhankelijk van de spatiële frequentie, met een bepaalde factor – hier  $0,87$  – gereduceerd. De door cirkeltjes aangeduide quotiënten van de contrastgevoeligheidsfuncties van het gewapende en het blote oog komen voldoende goed overeen met curve II, dat toepassing van vermenigvuldigbaarheid als vuistregel gerechtvaardigd lijkt.

## Winst

De contrastgevoeligheidsfunctie van het blote oog wordt door een ideale kijker langs de spatiële frequentie-as verschoven over een factor  $V$ , de vergroting, in de richting van de hogere frequenties. Deze verschuiving naar rechts gaat in principe niet gepaard met een verschuiving naar beneden, naar slechtere gevoeligheid, omdat de verlichtingssterkte op het netvlies gelijk kan blijven. Wel wordt het licht verdund over een  $V^2$  maal groter veld, maar de intreepupil kan ook  $V^2$  maal meer licht invangen dan het blote oog. Het effect van een dergelijke ideale  $6 \times 30$  kijker is in Fig. 3 aangegeven met pijltje nummer 1.

We definiëren de scherptewinst als de verhouding van de hoogste spatiële frequentie, die met de kijker kan worden gezien, tot de hoogste spatiële frequentie, die met het blote oog kan worden gezien. De scherptewinst van een ideale kijker is gelijk aan de vergroting, afgezien van een merkwaardig effect bij lage contrasten c.q. hoge contrastgevoeligheid. Hier kan het gebeuren dat vergroting ongunstig is. We laten dit detail verder rusten. In de praktijk zal de werkelijke scherptewinst flink ten achter kunnen blijven bij de vergroting. De verantwoordelijke factoren kwamen reeds ter sprake: teleurstellende contrastoverdracht tengevolge van optische aberraties, vals licht en lichtverliezen. Lichtverliezen zijn bij hoge helderheden niet belangrijk omdat de contrastgevoeligheid daar niet van de helderheid afhangt. Bij  $10 \text{ cd/m}^2$ , waarop Fig. 3 betrekking heeft neemt de contrastgevoeligheid echter al af met de helderheid. Bij nog lagere helderheden, in de schemering neemt de contrast-

gevoeligheid evenredig aan de vierkantwortel uit de helderheid af.

De verschillende invloeden van imperfecte contrast-overdracht, vals licht en lichtverliezen zijn in Fig. 3 respectievelijk met de cijfers 2, 3 en 4 aangeduid. Het resultaat is uiteindelijk curve II, de contrast-gevoeligheidsfunctie van het met een eenvoudige  $6 \times 30$  prisma-kijker gewapende oog. De werkelijke scherptewinst (a-b in Fig. 3) blijkt ruwweg slechts de helft van de vergroting te bedragen. Toegegeven, het betreft hier een eenvoudig instrument met een lage lichtopbrengst en veel vals licht, en er zijn betere kijkers denkbaar, maar het voorbeeld waarschuwt ons voor een al te gemakkelijk hanteren van de stelling, dat de beperkende factor bij het kijken het oog zou zijn. Integendeel, we zien hier dat een kijker van zeer goeden huize moet zijn, wil hij niet aan de onvolmaaktheden van het oog zelf nog nieuwe toevoegen.

Meer nog dan de scherptewinst is de afstandwinst van groot belang, want kijkers worden voornamelijk gebruikt om voorwerpen „dichterbij te halen”. De afstandwinst kan ook uit Fig. 3 worden afgelezen, omdat er een direct verband is tussen afstand en spatiële frequentie. Plaatst men een lijnenpatroon tweemaal zover weg, dan wordt de spatiële frequentie in perioden per hoekmaat verdubbeld. De horizontale as laat zich dan ook als afstandsas lezen en dit is aangegeven langs de bovenkant van Fig. 3. Ook de verticale as, waarlangs de contrast-gevoeligheid is uitgezet, kan met voordeel iets anders worden gebruikt, namelijk om af te lezen hoe laag het contrast mag zijn om het voorwerp nog te kunnen zien. Hiertoe is de rechterzijkant van Fig. 3 ingericht. Onder zeer gunstige atmosferische omstandigheden zal de afstandwinst gelijk zijn aan de scherptewinst, want 5 maal verder betekent dan eenvoudig 5 maal kleiner. Bij heilig weer geldt dat evengoed, maar dan wordt tevens het contrast lager door de atmosferische verstrooiing. Het punt a van Fig. 3 heeft betrekking op een patroon van 15 perioden per graad met een contrast van 3% en kan met het blote oog nog net worden gezien. Hoeveel maal verder kan dit patroon worden weggezet om met de kijker nog juist waarneembaar te zijn? Het punt a verhuist bij dit verder weg zetten naar

rechts omdat het patroon kleiner wordt en naar boven omdat het contrast afneemt.

Het volgt daarbij de bekende exponentiële curve voor atmosferische contrastvermindering en belandt tenslotte in het punt d. Bij verdere verplaatsing wordt het contrast te klein. De feitelijke afstandwinst is dus slechts a-e.

Het bovenstaande illustreert, naar wij hopen, de kracht, de eenvoud, de aanschouwelijkheid en de volledigheid van de analyse van het kijken met kijkers in termen van contrastoverdrachtsfuncties.

### Schemergetal

De door een kijker opgeleverde vergroting hoeft in principe niet ten koste van de retinale verlichtingssterkte te gaan. Voorwaarde is, dat de intreepupil van de kijker  $V^2$  maal meer licht invangt dan het blote oog zou doen. Het komt er op neer, dat de *uitreepupil* van de kijker minstens zo groot moet zijn als de pupil van het oog. Dit leidt in de schemering tot grote uitreepupil, die qua contrast-overdracht onvoordelig zijn. De vraag is dan hoe in feite de winst van de kijker in de schemering afhangt van de diameter  $d$  van de uitreepupil.

Uit metingen van Arnulf [1] blijkt de gezichts-scherpte van het blote oog in de schemering ruwweg evenredig aan  $d^{1/2}$  toe te nemen. Dat betekent, dat het lichteconomische voordeel van een grotere pupil het wint van het optische nadeel, maar tevens, dat dit laatste niet kan worden weggecijferd. Want zonder dat, zou de gezichtsscherpte evenredig aan  $d$  zijn toegenomen. De conclusie, die we uit Arnulf's metingen kunnen trekken sluit aan bij metingen van Köhler en Leinhoss [2], die de scherptewinst in de schemering maten aan een groot aantal in de handel verkrijgbare kijkers. Hun resultaten gaven in Duitsland aanleiding tot het aanvaarden van het „Dämmerungszahl”  $L = V \cdot d^{1/2}$  als maat voor de kwaliteit van een kijker in de schemering. Het is jammer, dat dit *empirische* Dämmerungszahl van huis uit voorzien is van een schemerige theorie, waarin voor eventuele optische fouten, hetzij van de kijker, hetzij van het oog, geen plaats was. Deze optische fouten van kijker en oog bezetten in werkelijkheid echter een sleutelpositie.

### Literatuur

- [1] A. Arnulf: La vision dans les instruments. Editions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale. Parijs (1937).

- [2] H. Köhler und R. Leinhoss: Untersuchungen zu den Gesetzen des Fernrohrsehens. Optica Acta 4, 88 (1957).  
[3] C. de Waard: De uitvinding der verrekijkers. Den Haag (1906).

**Publikaties uit het Instituut voor Zintuigfysiologie  
sedert 1966**

Publikaties van voor 1966 zijn verzameld in de Cumulatieve Bibliografie van de „Studies in Perception”, aangeboden aan Prof. Dr. M. A. Bouman bij zijn afscheid als directeur van het instituut.

WALRAVEN, P. L.: *A zone theory of colour vision*.  
Tagungsband Luzern 1965, 137-40  
Farbe 15 (1966). 17-20

WALRAVEN, P. L., and M. A. Bouman: *Fluctuation theory of colour discrimination of normal trichromats*.  
Vision res. 6 (1966) 567-86

LATOUR, P. L.: *Cortical control of eye movements*.  
Utrecht, 1966. 93 blz.  
Thesis  
Soesterberg, IZF RVO-TNO

MICHON, J. A.: *Tapping regularity as a measure of perceptual motor load*.  
Ergonomics 9 (1966) 401-12

SANDERS, A. F., and J. W. van Borselen: *Continuing memory and information processing*.  
J. exp. psychol. 71 (1966) 844-8

SANDERS, A. F.: *Expectancy: application and measurement*.  
Acta psychol. 25 (1966) 293-313

LEVELT, W. J. M., and R. Plomp: *The appreciation of musical intervals*.  
Proc. 5th int. congress of aesthetics, Amsterdam 1964, 901-4  
Den Haag, Mouton, 1966

TROELSTRA, A., J. Boogaard and H. van Doorne: *A digital pupillometer*.  
Med. res. engng 5 (1966) 3: 11-15

MICHON, J. A.: *Note on the generalized form of Weber's law*.  
Percept. psychophys. 1 (1966) 329-30

VOS, J. J.: *Heat-damage to the retina by lasers and photocoagulators*.  
Ophthalmologica 151 (1966) 652-4

WALRAVEN, P. L. en A. Lazet: *Ontwerp navigatiebrug fregatten „Van Speyk” klasse*.  
Marinebl. 75 (1966) 569-75

LEVELT, W. J. M., J. P. van de Geer and R. Plomp: *Triadic comparisons of musical intervals*.  
Brit. j. mathemat. statist. psychol. 19 (1966) 163-79

LAZET, A.: *Uitzicht, plaatsing wijzerinstrumenten en bedieningsorganen*.  
T. soc. geneesk. 44 (1966) 353-9

WALRAVEN, P. L., A. M. J. van Hout and H. J. Leebeek: *Fundamental response curves of a normal and a deuteranomalous observer derived from chromatic adaptation data*.  
J. opt. soc. Amer. 56 (1966) 125-7

VOS, J. J.: *The color stereoscopic effect*. (Letter to the editor).  
Vision res. 6 (1966) 105-7

LEVELT, W. J. M.: *Some demonstrations of the complementary functioning of the eyes*.  
Percept. psychophys. 1 (1966) 39-40

TROELSTRA, A.: *Interaction between various types of eye movements*.  
Acta physiol. pharmacol. neerl. 13 (1966) 489-90

WALRAVEN, P. L.: *Recovery from the increase of the Stiles-Crawford effect after bleaching*.  
Nature 206 (1966) 311-2

PLOMP, R.: *Experiments on tone perception*.  
Utrecht, 1966. 167 blz.  
Thesis  
Soesterberg, IZF RVO-TNO

SCHWEITZER, N. M. J., and A. Troelstra: *The electroretinographic response to weak stimuli of large subtense*.  
Documenta ophthalmol. 20 (1966) 364-78

MICHON, J. A., and N. J. L. van der Valk: *Timing behaviour and perceptual information*.  
Proc. int. congress scientif. psychol., Moskou 1966, symp. 17

VOS, J. J., and P. L. Walraven: *Phase shift in the perception of sinusoidally modulated light at low luminances*.  
In: M. A. Bouman and J. J. Vos (eds.), *Performance of the eye at low luminances*. Proc. Delft Symposium 1965. Amsterdam, Excerpta Medica, 1966, 91-103

PLOMP, R.: *Frequentieanalyse en tonale consonantie; de betekenis van de kritieke bandbreedte voor de toonperceptie*.  
Ned. Akoestisch genootsch., 1966, Publ. 8

WALRAVEN, P. L.: *The fluctuation theory of colour discrimination*.  
In: *Studies in perception*, dedicated to M. A. Bouman. Soesterberg, IZF RVO-TNO, 1966, 1-14

PLOMP, R.: *The ear as a frequency analyzer*.  
In: *Studies in perception*, 1966, 15-24

SANDERS, A. F.: *Peripheral viewing and cognitive organisation*.  
In: *Studies in perception*, 1966, 25-36

TROELSTRA, A., and N. M. J. Schweitzer: *A model for the scotopic electroretinographic system*.  
In: *Studies in perception*, 1966, 37-46

LEVELT, W. J. M.: *The perceptual conflict in binocular rivalry*.  
In: *Studies in perception*, 1966, 47-60

BRINK, G. van den: *Addition phenomena in vision and hearing*.  
In: *Studies in perception*, 1966, 61-78

- MICHON, J. A.: *The problem of perceptual load*.  
In: Studies in perception, 1966, 79-92
- LATOUR, P. L.: *A comparison of two visual threshold models*.  
In: Studies in perception, 1966, 93-104
- PLOMP, R., and W. J. M. Levelt: *Perception of tonal consonance*.  
In: Studies in perception, 1966, 105-18
- VOS, J. J.: *The fundus as a source of entoptic stray-light*.  
In: Studies in perception, 1966, 119-32
- GEER, J. P. van de, and E. J. Zwaan: *The moon illusion, a mathematical recreation*.  
In: Studies in perception, 1966, 133-44
- WALRAVEN, P. L., J. J. Vos and C. J. W. Dunnewold: *The Stiles-Crawford effect as an instrument of research*.  
In: Studies in perception, 1966, 145-58
- WALRAVEN, P. L., and A. Lazet: *Perception research and human engineering*.  
In: Studies in perception, 1966, 159-66
- LEVELT, W. J. M.: *The alternation process in binocular rivalry*.  
Brit. j. psychol. 57 (1966) 225-38
- VOS, J. J., W. T. Ham and W. J. Geeraets: *What is the functional damage threshold for retinal burn?*  
AGARD conference proc. no. 11 (1966) 39-53
- SCHWEITZER, N. M. J., and P. Padmos: *The micro-structure of the human scotopic ERG*.  
Proc. ISCERG symp. Ghent 1966, 198-204
- WALRAVEN, P. L., en A. Lazet: *Technisch menskundige factoren bij de inrichting van een navigatiebrug*.  
TNO-nws 22 (1967) 178-83
- PLOMP, R., L. C. W. Pols and J. P. van de Geer: *Dimensional analysis of vowel spectra*.  
J. acoust. soc. Amer. 41 (1967) 707-12
- DEVALOIS, R. L., and J. Walraven: *Monocular and binocular aftereffects of chromatic adaptation*.  
Science 155 (1967) 463-5
- MICHON, J. A.: *The game of JAM, an isomorph of tic-tac-toe*.  
Amer. j. psychol. 80 (1967) 137-40
- MICHON, J. A., and H. van Doorne: *A semi-portable apparatus for the measurement of perceptual motor load*.  
Ergonomics 10 (1967) 67-72
- LATOUR, P. L.: *Evidence of internal clocks in the human operator*.  
Acta psychol. 27 (1967) 341-8
- SANDERS, A. F.: *Some aspects of reaction processes*.  
Acta psychol. 27 (1967) 115-30
- SANDERS, A. F., and W. ter Linden: *Decision making during paced arrival of probabilistic information*.  
Acta psychol. 27 (1967) 170-7
- MICHON, J. A., and N. J. L. van der Valk: *A dynamic model of timing behavior*.  
Acta psychol. 27 (1967) 204-12
- LAZET, A.: *Gids voor Technische Menskunde*.  
Assen, Van Gorcum, 1967. 153 blz.
- SANDERS, A. F.: *Informatieverwerking in het functioneel gezichtsveld*.  
Ned. t. psychol. 22 (1967) 137-49
- SANDERS, A. F.: *Centraal aflezen en wederzijdse inhibitie van signalen in het functioneel gezichtsveld*.  
Ned. t. psychol. 22 (1967) 251-62
- MICHON, J. A.: *Timing in temporal tracking*.  
Leiden, 1967, 127 blz.  
Thesis  
Soesterberg, IZF RVO-TNO
- PLOMP, R.: *Hearing losses induced by small arms*.  
Int. audiol. 6 (1967) 31-36
- PLOMP, R.: *Pitch of complex tones*.  
J. acoust. soc. Amer. 41 (1967) 1526-33
- PLOMP, R.: *Lawaaitproblemen in de krijgsmacht*.  
Mil. spectator 136 (1967) 417-23
- WALRAVEN, P. L.: *Future research needs in maritime operations*.  
Ergonomics 10 (1967) 607-9
- SANDERS, A. F.: *The effect of compatibility on grouping successively presented signals*.  
Acta psychol. 26 (1967) 373-82
- PLOMP, R.: *Beats of mistuned consonances*.  
J. acoust. soc. Amer. 42 (1967) 462-74
- MICHON, J. A.: *Magnitude scaling of short durations with closely spaced stimuli*.  
Psychonom. sci. 9 (1967) 359-60
- LEVELT, W. J. M.: *Note on the distribution of dominance times in binocular rivalry*.  
Brit. j. psychol. 58 (1967) 143-5
- VOS, J. J.: *Physiologic-optical aspects of participation in traffic*.  
Report 1967 post-graduate courses Neth. ophthalmological soc. and the Medical faculty, Rotterdam 1967, 223-29
- PADMOS, P., and N. M. J. Schweitzer: *A negative component in the human scotopic ERG*. Adv. electrophysiology and -pathology of the visual system. 6. ISCERG symposium Erfurt 1967, 271-77
- WALRAVEN, P. L.: *A uniform chromaticity diagram based upon a square root transformation of the colour space*.

- Compte rendu 16me session Commission internat. de l'Eclairage, Washington 1967, Vol. A: 106-11
- SANDERS, A. F.: *De psychologie van de informatieverwerking*.  
Arnhem, Van Loghum Slaterus, 1967. 200 blz.  
Psychologische monografie
- SANDERS, A. F. (ed.), Proceedings of a symposium held at Driebergen „Attention and performance”, August 1966.  
Amsterdam, North-Holland publ. comp., 1967. 452 blz.
- ALLEN, M. J., and J. J. Vos: *Ocular scattered light and visual performance as a function of age*.  
Amer. j. optom. 44 (1967) 717-27
- MICHON, J. A.: *Computersimulatie van psychische processen*.  
Natuur en techniek 35 (1967) 10: 1-7
- WALRAVEN, P. L.: *Kleuren zien*.  
Natuur en techniek 35 (1967) 1: 1-8
- MICHON, J. A., en J. J. Michon: *Psychologische dimensies van misdrijven en recidive-patronen*.  
Ned. t. psychol. 23 (1968) 674-81
- SANDERS, A. F.: *Informatieverwerking in het verkeer*.  
Natuur en techniek 36 (1968) 361-7
- SANDERS, A. F.: *Short term memory for spatial positions*.  
Ned. t. psychol. 23 (1968) 1-15
- WAGENAAR, W. A.: *Application of Luce's choice axiom to form-discrimination*.  
Ned. t. psychol. 23 (1968) 96-108
- MICHON, J. A.: *A model of some temporal relations in human behavior*.  
Psychol. Forsch. 31 (1968) 287-98
- WAGENAAR, W. A.: *Sequential response bias in psychophysical experiments*.  
Percept. psychophys. 3 (1968) 364-66
- PLOMP, R., and A. Mimpfen: *The ear as a frequency analyzer. II*.  
J. acoust. soc. Amer. 43 (1968) 765-67
- PLOMP, R., and H. J. M. Steeneken: *Interference between two simple tones*.  
J. acoust. soc. Amer. 43 (1968) 883-4
- PLOMP, R.: *Pitch, timbre, and hearing theory*.  
Int. audiol. 7 (1968) 322-44
- LOOR, G. P. de, A. A. Jurriens, W. J. M. Levelt and J. P. van de Geer: *Line-scan imagery interpretation*.  
Photogrammetric engng 1968, 502-10  
(published in cooperation with Physics Lab. RVO-TNO, Den Haag)
- MICHON, J. A.: *On the internal representation of associative data networks*.  
Ned. t. psychol. 23 (1968) 428-57
- TROELSTRA, A., and N. M. J. Schweitzer: *Nonlinear analysis of electroretinographic B wave in man*.  
J. neurophysiol. 31 (1968) 588-606
- HOUTGAST, T., and R. Plomp: *Lateralization threshold of a signal in noise*.  
J. acoust. soc. Amer. 44 (1968) 807-12
- DOORNE, H. van, and A. F. Sanders: *PSARP, a programmable signal and response processor*.  
Behav. res. meth. & instrum. 1 (1968) 29-33
- WALRAVEN, P. L.: *Het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO*.  
Ned. mil. geneesk. t. 21 (1968) 236-42
- SANDERS, A. F., and J. J. F. Schroots: *Cognitive categories and memory span: I. Shifting between categories*.  
Quart. j. exp. psychol. 20 (1968) 370-2
- SANDERS, A. F., and J. J. F. Schroots: *Cognitive categories and memory span: II. The effect of temporal versus categorical recall*.  
Quart. j. exp. psychol. 20 (1968) 373-9
- WALRAVEN, P. L.: *Ergonomische aspecten van toekomstige ontwikkelingen in de scheepvaart*.  
Mens en onderneming 22 (1968) 376-83
- WALRAVEN, P. L. and J. A. Michon, *The influence of some side mirror parameters on the decisions of drivers*.  
Proc. Int. Automotive Engineering Congress, Detroit, Mich., Jan 1969.
- SANDERS, A. F., and J. J. F. Schroots: *Cognitive categories and memory span. III. Effects of similarity on recall*.  
Quart. j. exp. psychol. 21 (1969) 21-8
- MICHON, J. A., J. T. Ernst and G. A. Koutstaal: *Safety clothing for human traffic obstacles*.  
Ergonomics 12 (1969) 61-70
- MICHON, J. A., and G. A. Koutstaal: *An instrumented car for road user studies*.  
Am. psychol. 10 (1969) 3



# NAMEN EN ADRESSEN TNO

## CENTRALE ORGANISATIE TNO

Dagelijks Bestuur: Prof. Dr. H. W. Julius, voorzitter; ..... , ondervoorzitter; Dr. M. van Eekelen, Prof. Dr. G. J. Sizoo, Prof. Ir. H. W. Slotboom; Prof. Dr. J. W. Tesch,

Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

## I. Nijverheidsorganisatie TNO

Dagelijks Bestuur: Prof. Ir. H. W. Slotboom, voorzitter; Dr. J. C. Hooykaas, ondervoorzitter;

Mr. J. C. van Alphen de Veer, Ir. W. C. Rey, Ir. Drs. H. Kuiper, Mr. G. van der Flier, Prof. Ir. D. A. A. Koolen, Ir. H. Rinia, Prof. Dr. J. J. Went, Ir. A. F. van Weele.

Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

## II. Voedingsorganisatie TNO

Voorzitter: Dr. M. van Eekelen.

Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.

Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

## III. Rijksverdedigingsorganisatie TNO

Dagelijks Bestuur: Prof. Dr. G. J. Sizoo, voorzitter; ..... , ondervoorzitter, Brig. Gen. Ir. C. J. van Tatenhove, Kol. Ir. C. J. Pluygers, Kltz. R. H. Kerkhoven.

Adres: Koningin Marialaan 21, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 208, 's-Gravenhage.

## IV. Gezondheidsorganisatie TNO

Dagelijks Bestuur: Prof. Dr. J. W. Tesch, voorzitter; Mr. P. H. Valentgoed, ondervoorzitter; Dr. P. S. Blom, Dr. A. J. Piekaar, Dr. P. Siderius, Prof. Dr. N. Speijer,

Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

## Hoofdkantoor van de Organisatie TNO:

Juliana van Stolberglaan 148, Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.

## Secretariaat

Algemeen Secretaris: Drs. J. Jonker.  
Adjunct-secretaris der Centrale Organisatie: Drs. J. Stelpstra.  
Adjunct-secretaris voor bijzondere diensten: Mej. M. B. van Lennep.  
Secretaris van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek: Ir. G. Wansink;  
Secretaris der Nijverheidsorganisatie: Mr. H. R. Wegerif.  
Adjunct-secretarissen: Mej. Mr. F. A. Westra van Holthe en E. Schreuder.  
Secretaris der Gezondheidsorganisatie: Dr. M. A. Bleiker (wnd.);  
Adjunct-secretaris: Mevr. E. de Boer-Schreuder.  
Secretaris der Voedingsorganisatie: E. J. Meis.  
Secretaris der Rijksverdedigingsorganisatie: Drs. J. L. Jansen; Adjunct-secretaris: Mr. C. I. Nommensen.  
(Adres: Koningin Marialaan 21, 's-Gravenhage, tel. 070-814481).

## Afdelingen van het Secretariaat

Afd. In- en Externe Betrekkingen:  
Hoofd: A. H. Meissner.

Redactie TNO-nieuws: Drs. F. W. B. Engler.

Afd. Archief en Bibliotheek:  
Hoofd: T. van de Graaf.

Afd. Personeelszaken:  
Hoofd: Ir. Ph. H. Huisman.  
Plv. Hoofd: C. A. van Malssen.

## Penningmeesterschap

Algemeen Penningmeester en Penningmeester der Bijzondere Organisaties: Drs. F. H. J. Essenstam

## Afdelingen van het Penningmeesterschap

Accountantsdienst TNO: hoofd A. J. van Leeuwen registeraccountant; Plv. hoofd J. Koster, registeraccountant

Afdeling Hoofdboekhouding: hoofd A. de Lijster.

Afdeling Kas: kashoudster Mej. J. de Wekker.

## Gebouwen- en Terreinendienst TNO

Directeur: H. J. Schoolland.

Hoofd Algemene Zaken: Ir. J. R. de Vries.

Hoofd Bouwkundige Zaken: Ir. F. de Haas.

Hoofd Technische Installaties: Ir. P. M. A. Haanappel.

## Centrale Veiligheidsdienst TNO

Hoofd: J. van de Ven.

## Geneeskundige Dienst TNO

Hoofd: Dr. Y. van der Wielen, arts.  
Plv. Hoofd: G. R. van Urk, arts.

## Centraal Pensioenfonds TNO

Secretaris: J. A. Ideler.  
Administratie: B. J. Veldman.

## CENTRALE ORGANISATIE TNO

### Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek TNO (zie 4 blz. verder)

#### Coördinatiecommissie TNO voor de Visserijen

Voorzitter: Ir. Th. J. Tienstra.  
Secretaris: .....  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

#### Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO

Voorzitter: Prof. Dr. Ir. J. C. van Dam;  
technisch secretaris: Ir. G. Santing;  
administratief secretaris: Mej. M. B. van Lennep.  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

Werkgroep Lysimeters TNO:  
voorzitter: Dr. P. K. Peerlkamp;  
secretaris: Drs. G. F. Makkink;  
Adres: Bornsesteeg 65, Wageningen, tel. 08370-3144.

#### Commissie Luchtverontreiniging TNO

Voorzitter: Prof. Dr. H. W. Julius;  
Secretaris: .....  
Voorzitter technische commissie: Ir. D. van Zuilen.  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

#### Commissie TNO voor Wegverkeersonderzoek

Voorzitter: Prof. Dr. H. W. Julius.  
Secretariaat: Drs. J. B. Zabel, Economisch-Technische  
Afdeling TNO, Koningin Marialaan 21, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.

#### Commissie TNO voor Onderzoek inzake Nevenwerkingen van Bestrijdingsmiddelen

Voorzitter: Prof. H. van Genderen;  
secretaris: Mej. M. B. van Lennep.  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

Werkgroep Vogels en Zoogdieren van de CNB  
Voorzitter: Prof. Dr. M. F. Mörzer Bruyns;  
Secretaris: Drs. J. Koeman;  
Adres: Biltstraat 172, Utrecht, tel. 030-715544.

Gemeenschappelijke Werkgroep Gevolgen  
Beroepsexpositie Bestrijdingsmiddelen TNO  
Voorzitter: Prof. Dr. R. L. Zielhuis.  
Secretaris: G. Ragay.  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.

Werkgroep Water van de CNB  
Voorzitter: Drs. R. Th. Roskam.  
Secretaris: Ir. J. L. Koolen.  
Adres: Westeinde 3a, Voorburg, tel. 070-865255.

Werkgroep Bodem van de CNB  
Voorzitter: Prof. Dr. van der Veen.  
Secretaris: Ir. H. Hoestra.  
Adres: Binnenhaven 9, Wageningen, tel. 08370-6111,  
postbus 85.

Werkgroep Chemische en Biochemische Omzettingen  
van Bestrijdingsmiddelen van de CNB

Voorzitter: Prof. Dr. G. J. M. van der Kerk.  
Secretaris: Mej. M. B. van Lennep (wnd.).  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

#### Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten TNO

Hoofd: Dr. E. F. Drion;  
Plaatsvervanger: Dr. J. P. M. de Kroon.  
Adres: Koningin Marialaan 21, 's-Gravenhage,  
tel. 070-838503.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

Onderafdeling: hoofd J. C. A. Zaat;  
Adres: Staringgebouw, Lawickse Allee 136,  
Wageningen, tel. 08370-6333.

#### Octrooiafdeling TNO

Hoofd: Drs. E. W. van Popta;  
Plaatsvervanger: Drs. K. Dijkhoff.  
Adres: Bankplein 1, 's-Gravenhage, tel. 070-512571.

#### Economisch-Technische Afdeling TNO

Hoofden: Drs. J. C. Gerritsen (economische zaken) en  
Dr. H. A. W. Nijveld (technische zaken).  
Adres: Koningin Marialaan 21, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 778.

#### Technisch Fysische Dienst TNO-TH

Directeur: Ir. H. de Zeeuw;  
Plv. directeur: Ir. G. J. Beernink.  
Onderdirecteuren: Dr. Ir. J. de Jong en  
Ir. G. J. Kleinhoonte van Os.  
Adres: Stieltjesweg 1, Delft, tel. 01730-31900.  
Postadres: Postbus 155, Delft.  
Telexnummer: 31614.

#### Organisch Chemisch Instituut TNO

Directeur: Prof. Dr. G. J. M. van der Kerk; technisch  
onderdirecteur: Dr. J. H. Verbeek; wetenschappelijk on-  
derdirecteur: Dr. G. M. van der Want.  
Adres: Croesestraat 79, Utrecht, tel. 030-882721.

#### Fysisch Chemisch Instituut TNO

Directeur: Dr. W. M. Smit.  
Adres: Utrechtseweg 48, Zeist, tel. 03404-17444.  
Postadres: Postbus 108.

#### Dienst Grondwaterverkenning TNO

Directeur: Dr. W. A. Visser  
Plaatsvervanger van de directeur: Drs. F. Walter  
Archief van Grondwaterstanden  
Conservator: C. Groenewoud.  
Afdeling Geofysisch Onderzoek  
Hoofd: Drs. F. Walter  
Afdeling Geohydrologisch Onderzoek  
Hoofd: Dr. P. B. Smoor  
TNO-complex Zuidpolder  
Schoemakerstraat 97, Delft  
Tel. 01730-37000  
Postadres: Postbus 285, Delft.

## I. NIJVERHEIDSORGANISATIE TNO

Voorzitter: Prof. Ir. H. W. Slotboom.

Algemeen Directeuren: Dr. J. Hamaker en Dr. H. H. Mooij.

Secretariaat: Juliana van Stolberglaan 148, postbus 297, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.

### Afdeling Industrieel Contact TNO

Hoofd: Drs. H. F. J. Freutel.

Chemische sector: Drs. F. Franken; metaalsector: P. Jes, Ing.; diverse industrietakken: H. L. van Woensel; kern-energie en ruimte-onderzoek: W. C. L. Zegveld en Ir. P. S. Weltevreden; automatisering en instrumentatie: W. de Vries.

Adres: Schoemakerstraat 97, Delft, tel. 01730-37000. Postadres: Postbus 215, Delft.

Voorlichtingscentrum Industriële Automatisering  
A. R. Boumann; produktie-automatisering,  
R. H. Boswijk; procesautomatisering  
Leeghwaterstraat 5, Delft, tel. 01730-32930 en 01730-37000.

### TNO-complex Zuidpolder

Directeur Algemene Diensten: Ir. F. W. R. Wijbrans  
Bedrijfsingenieur: Ir. W. J. Betz.  
Adres: Schoemakerstraat 97, Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 67, Delft.

### Analytisch Centrum TNO

Zie onder Centraal Laboratorium TNO.

### Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies

(met inbegrip van het Centrum voor Brandveiligheid)

Directeur: Ir. F. K. Ligtenberg.  
Onderdirecteur: Ir. P. C. Kreijger.

Adres: Lange Kleiweg 5, Rijswijk (Z.H.),  
tel. 01730-38222.  
Postadres: Postbus 49, Delft.

### Centraal Laboratorium TNO

(met inbegrip van het Analytisch Centrum)

Directeur: Prof. Dr. A. J. Staverman;  
Plaatsvervangend directeur: Dr. A. Schors.  
Onderdirecteur: Ir. J. Heijboer.

Adres: Schoemakerstraat 97, Delft.  
Postadres: Postbus 217, Delft.  
Telefoon voor beide: 01730-37000.

### Centraal Technisch Instituut TNO

Directeur: D. A. van Meel;  
Adjunctdirecteur: Ir. J. R. A. Ludert.

Correspondentieadres alle afdelingen: Postbus 260,  
Delft.

#### Bezoekadressen:

Directie Administratie afd. Chemisch Laboratorium afd. Bedrijfswater	}	Delft, Schoemakerstraat 97, tel. 01730-37000.
afd. Technologische Adviezen afd. Warmtetechniek sectie Grofkeramiek		Rijswijk (Z.H.), Lange Kleiweg 5-167, tel. 01730-38222.
afd. Koudetechniek en Mechanische Technologie afd. Ultrasnelle Fotografie en Brandstofelement	}	Delft, Schieweg 14a, tel. 01730-35395.
afd. Fysische Transport- verschijnselen		Apeldoorn, Arnhemseweg 372, tel. 05760-31700.

### Centrum voor Brandveiligheid TNO

Zie onder Instituut TNO voor Bouwmaterialen en  
Bouwconstructies.

### Centrum voor Metaalbewerking

Zie onder Metaalinstituut TNO.

### Gieterijcentrum TNO

Zie onder Metaalinstituut TNO.

### Houtinstituut TNO

Directeur: Drs. B. M. Roem;  
Plv. directeur: Dr. K. Griffioen.

Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres Postbus 151, Delft.

### Instrumentum TNO

Hoofd: H. Plomp.

Adres: Surinamestraat 2, Delft, tel. 01730-40281.

### Kunststoffen- en Rubberinstituut TNO

Directeur: Drs. R. Tunteler.  
Onderdirecteuren: Dr. Ir. P. J. Bakker, Dr. H. Geldof.

Adres: Schoemakerstraat 97, Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 71, Delft.

### Lederinstituut TNO

Directeur: Ir. J. Roelofs Heyrmans.

Adres: Mr.-van-Coothstraat 55, Waalwijk,  
tel. 04160-3255.

### Metaalinstituut TNO

(met inbegrip van het Gieterijcentrum en het Centrum  
voor Metaalbewerking)

Algemeen directeur: Ir. R. Reitsema;  
Wetenschappelijk directeur: Prof. Dr. Ir. C. A. Verbraak.

#### Bezoekadressen:

Gieterijcentrum en afd. Corrosie: Schoemakerstraat 97,  
Delft;  
Centrum voor Metaalbewerking: Mijnbouwstraat 16a,  
Delft;  
Alle andere afdelingen: Rotterdamseweg 139, Delft.

#### Postadres

Voor alle afdelingen: Postbus 52, Delft.

Telex 32269.

#### Telefoon

Gieterijcentrum en afd. Corrosie: 01730-37000.

Alle andere afdelingen: 01730-21914.

### TNO-Natriumtechnologieproject

Ondersteunend Onderzoekprogramma  
Projectleider-Directeur: Ir. A. H. de Haas van Dorsser.  
Adres: Laan van Nieuw-Oost-Indië 129-135, 's-Graven-  
hage, tel. 070-814821; Postadres: Postbus 614, 's-Gra-  
venhage.

### Nederlands Scheepsstudiecentrum TNO

Directeur: C. A. Planten KTZT b.d.

Correspondentie-adres voor alle afdelingen (scheeps-  
bouw, machinebouw, corrosie- en aangroeiwering):  
Leeghwaterstraat 5, Delft, tel. 01730-32930.  
Postadres: Postbus 29, Delft.

**Verfijnstituut TNO**

Directeur: Dr. R. Bult.

Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 203, Delft.

**Instituut TNO voor Verpakkingen**

Directeur: C. Hillenius.

Plv. directeur: Ir. W. P. Fornerod.

Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 169, Delft.

**Vezelinstituut TNO**

Directeur: Dr. H. J. Selling.

Onderdirecteur: Ir. F. L. J. van Lamoën.

Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 110, Delft.

Filiaal Vezelinstituut TNO „de Voorzorg”, Hengelose-  
straat 715, Enschede, tel. 05420-26861.

Documentatie- en Meetcentrum TNO: Noordhoekring  
180, Tilburg, tel. 04250-26573.

**Voorlichtingscentrum Industriële Automatisering**

Zie onder Afdeling Industrieel Contact.

**Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies**

Directeur: Ir. E. J. Diehl.

Adres: Leeghwaterstraat 5, Delft, tel. 01730-32930.  
Postadres: Postbus 29, Delft.

**AAN DE NIJVERHEIDSORGANISATIE TNO  
GELIEERDE STICHTINGEN****Proefstation voor Aardappelverwerking**

Directeur: Dr. J. Hofstee.

Adres: Verlengde Oosterweg 122, Groningen,  
tel. 05900-54362.

**Instituut voor Grafische Techniek TNO**

Directeur: J. F. Monroy.

Adres: Ter-Gouwstraat 1, Amsterdam-Oost,  
tel. 020-949525.  
Postadres: Postbus 4150, Amsterdam.

**Meetinstituut Bemetel-TNO**

Honorair Directeur: Prof. Dr. A. M. J. F. Michels.

Adres: Valckenierstraat 67, Amsterdam-Centrum,  
tel. 020-921333.

**Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation**

Directie: Prof. Dr. Ir. W. P. A. van Lammeren en Prof.  
Dr. Ir. J. D. van Manen.

Onderdirecteur: A. H. Pastoor.

Adres: Haagsteeg 2, Wageningen, tel. 08370-4481 \*.  
Postadres: Postbus 28, Wageningen.

**Instituut voor Textielreiniging TNO**

Directeur: Drs. K. J. Nieuwenhuis.

Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 70, Delft.

**RAI TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen**

Directeur: Ir. E. J. Diehl.

Adres: Ezelsveldlaan 40, Delft, tel. 01730-22763 en  
30353.

## II. VOEDINGSORGANISATIE TNO

### Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO

(met inbegrip van het Nederlands Centrum voor Vlees-technologie).

Directeur: Dr. C. Engel; onderdirecteur: Dr. A. Gorter.

Adres: Utrechtseweg 48, Zeist, tel. 03404-18411.

### Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO

Directeur: Dr. G. Jongh; plv. directeur: Ir. D. de Rui-  
ter.

Adres: Lawickse Allee 15, Wageningen, tel. 08370-5251.

Postadres: Postbus 15, Wageningen.

### Instituut voor Visserijprodukten TNO

Directeur: Ir. J. van Mameren;

plv. directeur: Ir. B. Meyboom.

Adres: Haringkade 1, IJmuiden, tel. 02550-16041.

Postadres: Postbus 68, IJmuiden.

Afd. Laboratorium voor Materialenonderzoek:

Directeur: Dr. J. Reuter.

Adres: Maliebaan 103, Utrecht, tel. 030-13281.

### Researchgroep voor Vlees en Vleeswaren TNO

Voorzitter: Prof. Dr. J. H. J. van Gils.

Secretariaat: Biltstraat 166, Utrecht, tel. 030-715544  
(toestel 276).

### Stichting Nationaal Instituut voor Brouwerij, Mout en Bier TNO

Directeur: Drs. W. J. Kloppe.

Adres: Polderstraat 10, Rotterdam-25, tel. 010-176755.

## III. RIJKSVERDEDIGINGSORGANISATIE TNO

### Fysisch Laboratorium RVO-TNO

Directeur: Prof. Ir. IJ. Boxma.

Plv. directeurs: Ir. S. Gratama, Ir. M. W. van Baten-  
burg en Prof. Dr. Ir. H. J. Dirksen.

Adres: Oude Waalsdorperweg 63, 's-Gravenhage,  
tel. 070-244360.

### Prins Maurits Laboratorium RVO-TNO

#### Medisch-Biologisch Laboratorium RVO-TNO

Directeur: Prof. Dr. J. A. Cohen.

Plv. directeur: Prof. Dr. E. M. Cohen.

Adres: Lange Kleiweg 139, Rijswijk (Z.H.),  
tel. 01730-20330.

Postadres: Postbus 4545, Rijswijk (Z.H.).

### Chemisch Laboratorium RVO-TNO

Directeur: Dr. A. J. J. Ooms.

Plv. directeur: Dr. L. Ginjaar.

Adres: Lange Kleiweg 137, Rijswijk (Z.H.),  
tel. 01730-20330.

Postadres: Postbus 4545, Rijswijk (Z.H.).

### Technologisch Laboratorium RVO-TNO

Directeur: Dr. E. W. Lindeijer.

Plv. directeur: Ir. H. L. Ligtenberg.

Adres: Lange Kleiweg 137, Rijswijk, (Z.H.),  
tel. 01730-20330.

Postadres: Postbus 4545, Rijswijk (Z.H.).

### Centraal Beheer Prins Maurits-Laboratoria RVO-TNO

(De drie voornoemde laboratoria aan de Lange Kleiweg  
worden tezamen aangeduid als Prins Mauritslaborato-  
ria)

Directeur-beheerder: Dr. K. van Nes.

Onderdirecteur-beheerder: Dr. P. A. Jonquière.

Adres: Lange Kleiweg 137, Rijswijk (Z.H.), tel. 01730-  
20330.

Postadres: Postbus 4545, Rijswijk (Z.H.).

### Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO

Directeur: Dr. Ir. P. L. Walraven.

Plv. directeur: Dr. Ir. R. Plomp.

Adres: Kampweg 5, postbus 23, Soesterberg,  
tel. 03463-1444 en 1494.



#### IV. GEZONDHEIDSORGANISATIE TNO

##### **Instituut voor Gezondheidstechniek TNO**

Directeur: Ir. D. van Zuijlen;  
plv. directeur: Ir. M. L. Kasteleijn.  
Adres: TNO-complex Zuidpolder, Schoemakerstraat 97,  
Delft, tel. 01730-37000.  
Postadres: Postbus 214, Delft.

##### **Medisch-Fysisch Instituut TNO**

Directeur: Ir. D. H. Bekkering.  
Adres: Da Costakade 45, Utrecht, tel. 030-35141.

##### **Radiobiologisch Instituut TNO**

Directeur: Prof. Dr. D. W. van Bekkum.  
Onderdirecteur: Dr. L. M. van Putten.  
Adres: Lange Kleiweg 151, Rijswijk (Z.H.),  
tel. 01730-40930.

##### **Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde TNO**

Directeur: Dr. J. A. C. de Kock van Leeuwen;  
plv. directeur: Prof. Dr. J. Koekebakker.  
Adres: Wassenaarseweg 56, Leiden, tel. 01710-50940/  
50944.  
Postadres: Postbus 124, Leiden.

##### **Werkgroep Tuberculine-onderzoek TNO**

Hoofd: Dr. M. A. Bleiker.  
Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage,  
tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

##### **Werkgroep TNO Tand- en Mondziekten**

Adviseur: Prof. O. Backer Dirks.  
Adres: p/a Laboratorium voor Microbiologie der Rijks-  
universiteit, Catharijnesingel 59, Utrecht, tel. 030-22547.

##### **Werkgroep Klinisch Geneesmiddelenonderzoek TNO**

Hoofd: Dr. F. A. Nelemans.  
Adres: Dokter Reijersstraat 10, Leidschendam,  
tel. 070-869727.

##### **Atherosclerose-Werkgroep TNO**

Hoofd: Dr. J. van Heiningen.  
Adres: p/a Gaubius-Instituut der Rijksuniversiteit, He-  
renstraat 5d, Leiden, tel. 01710-34548.

##### **Werkgroep Bejaardenonderzoek TNO**

Hoofd: Dr. R. J. van Zonneveld.  
Adres: p/a Instituut voor Sociale Geneeskunde der  
Rijksuniversiteit, Stationsplein 242, Leiden,  
tel. 01710-48333.

##### **Werkgroep TNO Epidemiologie van CARA**

Hoofd: Dr. R. van der Lende.  
Adres: p/a Interne Kliniek, afd. Longziekten, Acade-  
misch Ziekenhuis, Oostersingel 59, Groningen,  
tel. 05900-39123.

##### **Werkgroep Experimentele Gerontologie TNO**

Hoofd: Dr. C. F. Hollander.  
Adres: p/a Radiobiologisch Instituut TNO, Lange Klei-  
weg 151, Rijswijk (Z.H.), tel. 01730-40930.

##### **Werkgroep TNO voor Klinische Neurofysiologie**

Hoofd: Dr. O. Magnus.  
Adres: p/a St. Ursulakliniek, Eikenlaan 3, Wassenaar,  
tel. 01751-9441.

##### **Commissie voor Arbeidsgeneeskundig Onderzoek TNO (CARGO)**

Voorzitter: Prof. J. de Groot.  
Secretariaat: Juliana van Stolberglaan 148,  
's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

Coördinator: Dr. J. Jongh.  
Adres: p/a Medisch-Fysisch Instituut TNO, Da Costa-  
kade 45, Utrecht, tel. 030-35141.

Laboratorium voor Ergonomische Psychologie TNO.  
Hoofd: Dr. J. W. H. Kalsbeek.  
Adres: p/a Coronel laboratorium voor Arbeidshygiëne,  
1e Constantijn Huygensstraat 20, Amsterdam-W.,  
tel. 020-181313.

##### **Centraal Proefdierenbedrijf TNO**

Afdeling Vermeerdering: directeur Drs. J. C. J. van  
Vliet.  
Adres: Woudenbergseweg 25, Zeist, tel. 03439-448.

Afdeling Selectie: hoofd mej. Drs. A. K. Kremer.  
Adres: p/a Zoötechnisch Instituut der Rijksuniversiteit,  
Biltstraat 172, Utrecht, tel. 030-715544.

##### **Radiologische Dienst TNO**

Hoofd: Prof. Dr. J. J. Went.  
Leider filmstrookjesdienst en Whole Body Counter:  
Drs. H. W. Julius Jr.  
Medisch speurwerk: Dr. L. H. M. van Stekelenburg.  
Adres: Utrechtseweg 310, Arnhem, tel. 08300-57057.

## NATIONALE RAAD VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK TNO

Leden: Ir. J. W. Wellen, voorzitter; Ir. A. P. Minderhoud, vice-voorzitter; Prof. Ir. M. L. 't Hart, Ir. J. Prins, Prof. Dr. H. Veldstra, Ir. G. P. F. Royackers, Dr. Ir. G. de Bakker, Ir. T. T. Wind.

Adres: Juliana van Stolberglaan 148, 's-Gravenhage, tel. 070-814481.  
Postadres: Postbus 297, 's-Gravenhage.

De Raad wordt terzijde gestaan door de volgende *Afdelingen*:

*Afdeling Akker- en Weidebouw*: voorzitter Ir. J. van Gaalen; secretaris Dr. Ir. A. M. van Doorn.

Adres: 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 070-814141.

*Afdeling Tuinbouw*: voorzitter Ir. A. de Zeeuw; secretaris Dr. H. N. Hasselo.

Adres: 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 070-814141.

*Afdeling Veeteelt*: voorzitter Ir. Th. C. J. M. Rijssenbeek; secretaris Ir. H. Verschuyt.

Adres: 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 070-814141.

*Afdeling Diergeneeskunde*: voorzitter J. M. van den Born; secretaris N. F. Werkman.

Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Afdeling Zuivel*: voorzitter Ir. Th. C. J. M. Rijssenbeek; secretaris: Ir. H. J. ter Veer.

Adres: 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 070-694211.

De Nationale Raad *coördineert* de werkzaamheden van de instellingen voor toegepast-landbouwkundig onderzoek welke de rechtspositie van een door de minister van Landbouw en Visserij in het leven geroepen Stichting bezitten. Onder de Raad ressorteren verder enkele commissies en werkgroepen.

### Gecoördineerde Stichtingen:

#### *Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*

Directeur: Ir. C. M. J. Sluijsmans.  
Oosterweg 92, Haren (Gr.), tel. 05900/050-46541.

#### *Stichting voor Bodemkartering*

Directeur: Dr. Ir. F. W. G. Pijls.  
Staringgebouw, Lawickse Allee 136, Postbus 98, Wageningen, tel. 08370-6333.

#### *Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding*

Directeur: Prof. Dr. Ir. C. van den Berg.  
Staringgebouw, Lawickse Allee 136, Postbus 35, Wageningen, tel. 08370-6333.

#### *Internationaal Instituut voor Landaanwinning en Cultuurtechniek*

Directeur: Ir. J. M. van Staveren.  
Staringgebouw, Lawickse Allee 136, Postbus 45, Wageningen, tel. 08370-6333.

#### *Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen*

Directeur: Prof. Dr. Ir. G. J. Vervelde.  
Bornsesteeg 65, Wageningen, tel. 08370-3144.

#### *Proefstation voor de Akker- en Weidebouw*

Directeur: Ir. J. H. Voorburg,  
Bornsesteeg 45, Wageningen, tel. 08370-4141.

#### *Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland*

Directeur: Ir. J. van Doesburg.  
Linnaeuslaan 2a, Aalsmeer, tel. 02977-6151.

#### *Proefstation voor de Boomkwekerij*

Directeur: Ir. B. Roelofsen.  
Valkenburgerlaan 3, Boskoop, tel. 01727-2688.

#### *Proefstation voor de Fruitteelt*

Directeur: Ir. G. S. Roosje.  
Wilhelminadorp Zld., tel. 01100-6390.

#### *Proefstation voor de Groenteteelt in de volle grond*

Directeur: Ir. J. van Kampen.  
Hoeverweg 6, Alkmaar, tel. 02200-11944 en 11984

#### *Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder glas*

Directeur: .....  
Zuidweg 38, Naaldwijk, tel. 01740-6541.

#### *Proefstation voor de Champignoncultuur*

Directeur: Ir. P. H. van der Pol.  
Venrayseweg 51, Horst (L.), tel. 04709-2456.

#### *Centrum voor Plantenfysiologisch onderzoek*

Directeur: Dr. I. de Haan.  
Bornsesteeg 47, Wageningen, tel. 08370-4641.

#### *Stichting voor Plantenveredeling*

Directeur: Dr. H. Lamberts.  
Lawickse Allee 166, Wageningen, tel. 08370-2941.

#### *Instituut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen*

Directeur: Ir. C. Dorsman.  
Dr. S. L. Mansholtlaan 15, Wageningen, tel. 08370-3141

#### *Instituut voor Plantenziektkundig onderzoek*

Directeur: Dr. J. G. ten Houten.  
Binnenhaven 12, Wageningen, tel. 08370-5841.

#### *Laboratorium voor Insecticidenonderzoek*

Directeur: Dr. P. M. L. Tammes.  
Prinses Marijkeweg 22, Wageningen, tel. 08370-4441.

#### *Bosbouwproefstation „De Dorschkamp”*

Directeur: Ir. J. F. Wolterson.  
Bosrandweg 20, Wageningen, tel. 08370-5141.

#### *Instituut voor Veevoedingsonderzoek „Hoorn”*

Directeur: Ir. F. de Boer.  
Keern 33, Hoorn, tel. 02290-4847.

#### *Instituut voor de Pluimveeteelt „Het Spelderholt”*

Algemeen directeur: Ir. P. Ubbels.  
't Spelderholt 9, Beekbergen, tel. 05766-1241.  
Afdeling produktie (directeur Ir. A. R. Kuit).  
Afdeling verwerking (directeur: Dr. Ir. B. Erdsieck).

#### *Instituut voor Veeteeltkundig onderzoek „Schoonoord”*

Directeur: Ir. H. de Boer.  
Dribergseweg 10d, Zeist, tel. 03404-17111.

#### *Stichting voor Diergeneeskundig onderzoek*

Algemeen directeur: Dr. L. Hoedemaker.  
Bureau: Seinpostduin 18, 's-Gravenhage, tel. 070-559436.

Afdeling Amsterdam (directeur: Dr. J. G. van Bekkum),  
Grote Kattenburgerstraat 7, Amsterdam, tel. 020-223977.

Afdeling Rotterdam (directeur: G. M. van Waveren),  
Prof. Poelslaan 35, Rotterdam, tel. 010-153911.

*Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie*

Directeur: Ir. F. Coolman.  
Dr. S. L. Mansholtlaan 12, Wageningen, tel. 08370-3041.

*Instituut voor Tuinbouwtechniek*

Directeur: Ir. J. Groenendijk.  
Dr. S. L. Mansholtlaan 10, Wageningen, tel. 08370-3041.

*Instituut voor Landbouwbedrijfsgebouwen*

Directeur: Ir. L. H. Huisman.  
Dr. S. L. Mansholtlaan 12, Wageningen, tel. 08370-3041.

*Stichting Bureau voor Gemeenschappelijke diensten*

Hoofd: A. Troost.  
Bornsesteeg 53, Wageningen, tel. 08370-3845.

*Instituut voor het onderzoek van bewaring, bewerking en verwerking van Plantaardige Landbouwprodukten*

Directeur: Ir. P. Wiertsema.  
Bornsesteeg 59, Wageningen, tel. 08370-4556.

*Stichting Sprenger Instituut*

Directeur: Ir. T. van Hiele.  
Haagsteeg 6, Wageningen, tel. 08370-5351.

*Instituut voor Toegepast-biologisch onderzoek in de natuur*

Directeur: Dr. A. D. Voûte.  
Kemperbergerweg 11, Arnhem, tel. 08300-52991.

*Instituut voor de toepassing van Atoomenergie in de landbouw*

Directeur: Dr. D. de Zeeuw.  
Keyenbergseweg 6, Postbus 48, Wageningen, tel. 08370-4251.

*Stichting Technische en Fysische dienst voor de landbouw*

Directeur: Drs. A. M. K. van Beek.  
Dr. S. L. Mansholtlaan 12, Wageningen, tel. 08370-4246.

*Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie*

Directeur: Ir. D. J. Maltha.  
Duivendaal 6a, Wageningen, tel. 08370-5041.

**Commissies en werkgroepen:**

*Commissie Onderzoek Boerenkaas TNO*

Voorzitter: Dr. Ir. C. W. Schiere.  
Secretaris: Ir. D. Rozeboom, Wachtelstraat 52, Gouda, tel. 01820-2606.

*Werkgroep Inwendige Therapie van Plantenziekten*

Voorzitter: Prof. Dr. A. J. P. Oort.  
Adres: Laboratorium voor Fytopathologie, Binnenhaven 9, Postbus 85, Wageningen, tel. 08370-6111.

*Werkgroep onderzoek bestrijding Aardappelcystenaaltje*

Voorzitter: Dr. J. G. ten Houten.  
Secretaris: J. Kort.  
Adres: Geertjesweg 15, Wageningen, tel. 08370-4941.

*Werkgroep Onkruidbestrijding*

Voorzitter: Dr. P. M. L. Tammes.  
Secretaris: Dr. Ir. W. van der Zweep.  
Adres: Bornsesteeg 65, Wageningen, tel. 08370-3144.

*Werkgroep geïntegreerde bestrijding van plagen*

Commissie van Beheer:  
Voorzitter: Dr. N. van Tiel.  
Secretaris: .....  
Ministerie van Landbouw en Visserij, 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 814141.

**Werkgroep:**

Voorzitter: Prof. Dr. J. de Wilde.  
Secretaris: Dr. H. J. de Fluiter.  
Adres: IPO, Binnenhaven 12, Wageningen, tel. 08370-2151.

*Coördinatiecommissie Bestrijding en Voorkoming van Ziekten en Plagen in de Bodem*

Voorzitter: Prof. Ir. M. L. 't Hart.  
Secretaris: Dr. P. Bruin.  
Adres: Oosterweg 92, Haren (Gr.), tel. 05900-46541.

*Commissie Plantenregulatoren TNO*

Voorzitter: Prof. Dr. Ir. J. Doorenbos.  
Secretaris: Prof. Dr. J. Bruinsma.  
Adres: Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek, Bornsesteeg 47, Wageningen, tel. 08370-4641.

*Contactcommissie voor Bodembioologie*

Voorzitter: Dr. J. Doeksen.  
Secretaris: Mej. Drs. S. de Boer.  
Adres: Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek, Bornsesteeg 47, Wageningen, tel. 08370-4641.

*Commissie voor Steriliteitsonderzoek bij Rundvee*

Voorzitter: Prof. Dr. C. H. W. de Bois.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Commissie Onderzoek Mycobacteriële Infecties bij Landbouwhuisdieren*

Voorzitter: G. M. van Waveren.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Commissie van Overleg voor het Schapenonderzoek*

Voorzitter: Prof. J. Mol.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Leverbotcommissie*

Voorzitter: Prof. Dr. D. Swierstra.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Werkgroep Leucose bij Pluimvee*

Voorzitter: Prof. Dr. W. K. Hirschfeld.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-694211.

*Commissie voor onderzoek Virus-pneumonie en Influenza bij Varkens*

Voorzitter: Dr. L. Hoedemaker.  
Secretaris: N. F. Werkman.  
Adres: Dokter Reijersstraat 8, Leidschendam, tel. 070-814701.

*Coördinatiecommissie Melkwinning TNO*

Voorzitter: Prof. Ir. E. A. Vos.  
Secretaris: Dr. Ir. A. M. van Doorn.  
Adres: 1e Van den Boschstraat 4, 's-Gravenhage, tel. 070-814141.

*Melkhygiënisch Onderzoekcentrum (M.O.C.)*

Voorzitter: H. ter Veer.  
Secretaris: .....  
Leider M.O.C.: Dr. Ir. C. J. Schipper.  
Adres: Duivendaal 6, Wageningen, tel. 08370-2416.

*Commissie Onderzoek Minerale Voeding*

Voorzitter: Ir. Ch. H. Henkens.  
Secretaris: Ir. J. Hartmans.  
Adres: Bornsesteeg 65, Wageningen.

