

onderzocht en toegepast

ONDERZOCHT EN TOEGEPAST

14 opstellen over problemen van waarnemen, beslissen en

handelen in de dagelijkse praktijk,

uitgegeven door het Instituut voor Zintuigfysiologie,

Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO

ter gelegenheid van het afscheid van de directeur

Dr. Ir. P.L. Walraven

December, 1981

Colofon:

Samenstelling: *A. van Meeteren en W.A. Wagenaar*

Omslagontwerp: *Mevr. A.T. v.d. Hazel-Bomas*

Illustraties: *J. Wolff*

Typografie: *Mej. M.H. v.d. Boon, Mej. C.D. Ernst,
Mej. H. de Groot en Mej. M.E. Knopper*

Offsetdruk: *Reproka B.V. - Amersfoort*

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

Warmblijven in de slaapzak te velde	1
<i>W.A. Lotens</i>	
Autorijden 's nachts	12
<i>J.B.J. Riemersma</i>	
Duiken een kwestie van hoge druk?	22
<i>P.G.A.M. Jorna</i>	
Psychofarmaka hebben specifieke invloeden op psychologische functies	32
<i>A.W.K. Gaillard</i>	
Rijvaardigheid in theorie	42
<i>I.H. Veling, M. Buist en J. Moraal</i>	
Het testen van de gezichtsscherpte	51
<i>J.J. Vos, D. van Norren en J. Boogaard</i>	
Ergonomisch onderzoek betreffende scheepsbruggen	63
<i>A. Lazet</i>	
Over de afstand tussen wal en schip; vaarwegontwerp door middel van simulatie	77
<i>H. Schuffel</i>	
Het verstaan van spraak in lawaai als criterium voor slechthorendheid	89
<i>R. Plomp en G.F. Smoorenburg</i>	
Enkele experimenten over spraakverstaanbaarheid in ruimten	99
<i>T. Houtgast en L.C.W. Pols</i>	
Visuele informatiedragers in het verkeer	110
<i>J. Godthelp, G.J. Blaauw en W.H. Janssen</i>	
Closed circuit TV: een oog op afstand	123
<i>W.A. Wagenaar, A. de Jong en M.E. Noble</i>	
Beeldscherm-werkplekken	134
<i>H.J. Leebeek</i>	
De reikwijdte van elektro-optische kijkers	148
<i>A. van Meeteren</i>	

VOORWOORD

De omvang en de aard van de defensie-inspanning en van het defensie-onderzoek in Nederland zijn aangepast aan de feitelijke rol die ons land speelt in de wereld. In de keten van research, ontwikkeling en produktie leveren wij geen bijdragen aan de strategische bewapening en de grote wapensystemen. Traditioneel heeft het onderzoek zich bij ons beperkt tot de evaluatie en de aanpassing van relevante elders gefabriceerde wapensystemen en in enkele gevallen tot een bijdrage aan deelsystemen.

Ondanks deze beperking is de denkwijze in β -wetenschappelijke kring alsook van de militairen in de kleine landen, ook in ons land, "hardware" georiënteerd. Wel is er een groeiende zorg over de steeds groter wordende wanverhouding tussen de geavanceerdheid van het materieel enerzijds en de menselijke beperktheid van de militair, de recruit, die ermee moet werken anderzijds.

Het IZF behoort tot de weinige laboratoria die zich naar werkgebied gekoncentreerd hebben op het grensgebied mens-materieel in het bijzonder onder meer extreme omstandigheden van het krijgsgesbeuren en de moderne industriële omgeving.

De benadering die ook in de periode Walraven is gekozen en voortgezet is niet de verbale soft-science werkwijze, maar is zeer praktisch gericht op het oplossen van knelpunten en problemen in de relatie mens-materieel door hierin de mens centraal te stellen.

In dit laboratorium is de deskundigheid opgebouwd om de techniek van vandaag menselijker, beter, toe te passen en aan te passen aan de menselijke grenzen, om het materieel met minder personeel te bedienen en vooral ook om het werk dat gedaan moet worden plezieriger, minder vermoeiend en dus beter uit te voeren.

Prof.dr.ir. H.J. Dirksen
Voorzitter van de Raad voor het
Defensieonderzoek TNO

WARMBLIJVEN IN DE SLAAPZAK TE VELDE

W.A. Lotens

AFKEURENSWAARDIG?

In 1958 werd bij de Koninklijke Landmacht een nieuwe slaapzak ingevoerd, de M-58. Deze slaapzak is zeer duurzaam gebleken: hoewel hij allang niet meer gemaakt wordt is hij nog steeds in gebruik. Dat mag enige verbazing wekken omdat al jaren bekend is dat de Nederlandse slaapzak binnen de NATO-landen de minste "isolatie voor gewicht" biedt. Duidelijk is echter dat hij op het punt van "dege-lijkheid" aanzienlijk beter zou scoren.

Vooruitlopend op het grote projekt PSU-80, waarmee beoogd wordt de hele persoonlijke soldatenuitrusting in de jaren '80 te herzien heeft de Koninklijke Landmacht besloten ad interim de M-58 geleidelijk te vervangen door donzen slaapzakken met een veel betere "isolatie voor gewicht" verhouding. In het kader van het projekt PSU-80, waarbij betere bescherming tegen aktuele bedreigingen zoals het toegenomen NBC gevaar moet worden verkregen, zal ook één nieuwe slaapzak worden ontwikkeld, maar deze zal niet voor het midden van de jaren '80 instromen. De donzen slaapzak moet het gat vullen dat valt tot de invoering van de PSU-80 slaapzak.

Het IZF werd benaderd met de vraag of er een criterium kan worden aangegeven voor afkeuring en vervanging. Het zou namelijk niet mogelijk zijn alle oude slaapzakken ineens te vervangen, zodat er van een geleidelijke afbouw sprake zou moeten zijn. Een handzaam afkeurkriterium zou daarbij welkom zijn.

Afgezien van zichtbare beschadigingen ligt het voor de hand

als afkeuringskriterium een bepaalde waarde voor de warmte-isolatie te hanteren. Men zou zich daarbij kunnen richten op de isolatiewaarde van nieuwe zakken, zoals men die kan bepalen met een "manikin", een verwarmde pop, als nabootsing van het menselijk lichaam. Het verdient echter de voorkeur het criterium te baseren op een bepaald minimum slaapcomfort voor een bepaald minimum percentage van gebruikers. Besloten werd daarom de warmtebalans bij het slapen in de slaapzak onder min of meer realistische omstandigheden te onderzoeken in de klimaatkamer. Daarbij kon in het bijzonder getracht worden op individuele verschillen tussen de gebruikers. Bij vroeger onderzoek over gasbeschermingspakken was al gebleken, dat proefpersonen heel verschillend kunnen reageren op één en hetzelfde kledingstuk. Ook slaapzakken moet men opvatten als kledingstukken.

In de praktijk wordt weinig geklaagd over de M-58 slaapzak, hoewel men dat op grond van de isolatiewaarde wel zou verwachten. Iedereen weet echter dat men zich zo goed mogelijk moet inpakken met aanvullende kledingstukken, en dat men op beschutte of verwarmde plaatsen moet gaan slapen. Dit improvisatietalent, hoe prijzenswaardig ook, mag echter de aandacht niet afleiden van de eisen waaraan een goede slaapzak behoort te voldoen.

WARMTEBALANS EN SLAAPKOMFORT

Het warmteregulerende systeem van de mens is erop gericht de lichaamstemperatuur nagenoeg konstant te houden. Dat vergt een vrij nauwkeurige balans tussen opgewekte en afgegeven warmte. Is er een overschot op deze balans, dan wordt dat in het lichaam opgeslagen waardoor de lichaamstemperatuur stijgt. Bij een tekort op de balans koelt het lichaam af. Een tijdelijke verstoring van de warmtebalans is niet zo erg: het lichaam fungeert als een buffer waardoor een kortstondige verstoring slechts tot geringe variaties in de temperatuur leidt. Langdurige verstoring leidt tot condities waarbij een mens niet meer kan slapen, hetzij door rillen, hetzij door zweten.

De warmte die aan de omgeving wordt afgestaan hangt af van het temperatuurverschil tussen lichaamskern en buitenlucht en van de isolatie die daartussen zit. Kleding vormt een weerstand op de warm-

tewisseling met de omgeving. Men kan zich kleding het beste voorstellen als niet ter zake doend materiaal waarmee lucht wordt vastgehouden, niet alleen een laagje ter dikte van de stof, maar ook een laagje aanhangende lucht aan weerszijden.

Uit bovenstaande overwegingen volgt dat er bij gegeven isolatie van de slaapzak eigenlijk maar één buitentemperatuur is, die thermisch evenwicht garandeert. Betekent dit nu dat men voor iedere temperatuur een andere slaapzak nodig heeft? Neen, het lichaam kan zich enigszins aanpassen. Dat gebeurt door bij afkoeling de doorbloeding van de huid te verminderen en daarmee de warmteweerstand tussen kern en huid te verhogen. De variatie in buitentemperatuur die hiermee opgevangen kan worden is slechts ca. 4° C en dit verhoogt de gebruikswaarde van de slaapzak dus slechts in zeer beperkte mate.

Gelukkig hoeft de slaper niet precies in thermisch evenwicht te zijn. In die situatie is er natuurlijk sprake van een langzaam groeiend diskomfort, maar men wordt niet onmiddellijk wakker. Deze tolerantie zet flink zoden aan de dijk voor de gebruikswaarde van de slaapzak.

Bij een betrekkelijk geringe mate van diskomfort wordt het "werkgebied" van de zak vergroot van 4° tot ca. 12° C en bij juist toelaatbaar diskomfort tot zelfs ruim 20° C. Als men bedenkt dat de gemiddelde nachttemperatuur in het oosten van het land tussen zomer en winter slechts 14° C verschilt, dan krijgt men een indruk wat een variatie van 20° C voor het gebruik betekent.

Hierboven werd de term juist toelaatbaar diskomfort genoemd. Dit slaat op die situatie waarin nog juist geslapen kan worden. Aan de koude kant betekent dit dat er net geen rillen optreedt en aan de warme kant dat er met mate gezweet wordt, d.w.z. met 20% nat huidoppervlak.

Van belang voor de schatting van het "werkgebied" is ook hoe lang er geslapen moet worden. Bij afkoeling komt er warmte vrij gedurende de slaaptijd. Wordt deze korter gekozen, dan mag de afkoeling sneller gaan en kunnen er dus lagere temperaturen weerstaan worden. Een richtlijn voor het aantal uren slaap bestaat er bij

defensie niet, maar uit gesprekken met praktijkmensen is gebleken dat een periode van 6 uren heel redelijk geacht wordt. Op die periode is bovengenoemd cijfer van 20⁰ C gebaseerd.

SLAAPZAKMODEL

Met behulp van een elektrisch verwarmde plaat werden er aan een aantal M-58 slaapzakken, variërend van nieuw tot zeer oud, warmtegeleidingsmetingen verricht. Ook werden er diktemetingen gedaan aan het materiaal en deze bleken zeer behoorlijk te korreleren met de isolatie.

Vervolgens werd nagegaan wat het effect is van het platdrukken van de stof onder het lichaam. Enerzijds vermindert dit de isolatie drastisch, maar anderzijds ligt een gebruiker op een ondergrond, die op zichzelf ook een isolatie vormt. Uit metingen met behulp van

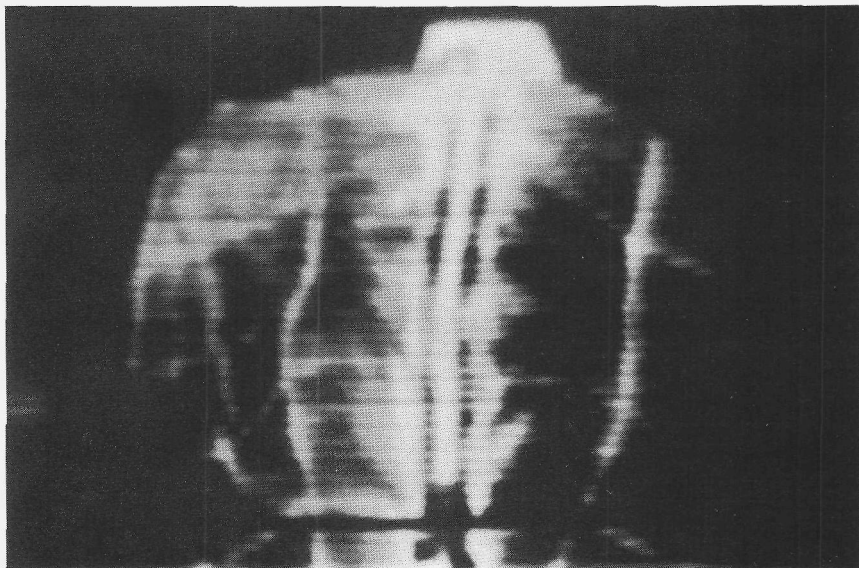


Fig. 1. Warmtebeeld van een in de slaapzak liggende man. De warmtelekken bij stiknaden, rits en hoofd steken wit af bij de relatief goed isolerende plaatsen.

warmtestroommeters blijkt dat de samengedrukte slaapzak, ongeacht de ouderdom, een isolatie van ca. 1 clo (de gebruikelijke eenheid, overeenkomende met $0.155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) geeft.

Ernstige warmteverliezen kunnen optreden langs de ritssluiting en de doorgestikte naden van de slaapzak. De warmtefoto van Fig. 1 laat dat duidelijk zien.

Alles bij elkaar nemende komen we tot het in Fig. 2 weergegeven warmte-afgiftemodel voor de slaapzak. We kunnen de volgende bijdragen onderscheiden:

het gezicht; de isolatie wordt gevormd door de isolatie tussen kern en huid + die van de aanhangende lucht, totaal 1.1 clo. Oppervlakte van het gezicht $0,02 \text{ m}^2$.

de adem; er wordt omgevingslucht ingeademd en bevochtigd en opgewarmd tot ca. 35° weer uitgeademd. Een regressieformule voor de warmte-afgifte is: $11,3 - 0,33 T_{\text{lucht}}$.

de onderzijde; de isolatie van de slaapzak bedraagt 1 clo, en die van het lichaam $0,6 \text{ clo}$, bij een oppervlak van $0,7 \text{ m}^2$. De isolatie van de grond bedraagt ca. 2 clo. Dit kan variëren met de toestand van de grond, b.v. de natheid.

de bovenzijde; $0,9 \text{ m}^2$ met een isolatie van totaal 2,9 tot $4,3 \text{ clo}$, afhankelijk van de ouderdom van de slaapzak.

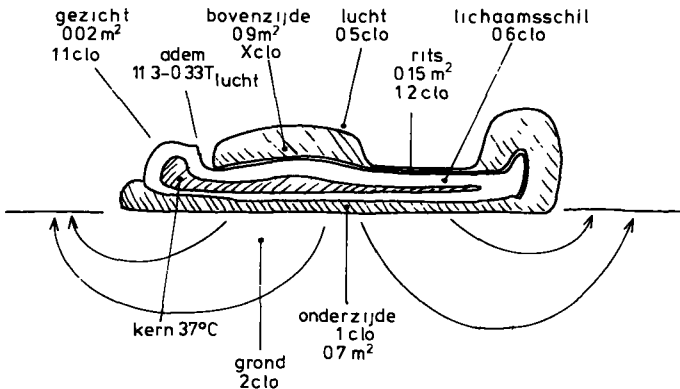


Fig. 2. Warmtegeleidingsmodel van een in een M-58 slaapzak liggende man van gemiddeld postuur.

de rits; oppervlakte 0,15 m² met een isolatie van totaal 2,3 clo.

Bij een buitentemperatuur van 0° C en een matige slaapzak (2,2 clo) komt men met het model van Fig. 2 op de volgende warmte-afgifte:

onderzijde	48
bovenzijde	65
rits	16
gezicht	4
adem	12
<hr/>	
totaal	145 (W)

Deze warmte-afgifte gaat ver boven die van een rustende man (90 W) uit, zodat er van afkoeling sprake moet zijn.



Fig. 3. Meting van het metabolisme tijdens het proefpersonenexperiment in de klimaatkamer.

SLAAPPROEVEN

Ter verifikatie van dit model voor de warmte-afgifte werden slaapproeven opgezet in de klimaatkamer van het IZF. Vier proefpersonen sliepen in vier slaapzakken van variërende ouderdom bij omgevingstemperaturen van -3° , -1° , 1° en 3° C. Daarbij werden zowel de warmteproductie als het warmteverlies van het lichaam gemeten. Onder de slaapzakken lag een laag zand en de proefpersonen gingen semi-naakt de slaapzak in. In sessies van $2\frac{1}{2}$ uur elk, afgewerkt volgens een gebalanceerd schema, werden de totale warmte-afgifte en een aantal fysiologische parameters bepaald (zie Fig. 3).

In Fig. 4 wordt de warmte-afgifte volgens het proefpersonen-experiment vergeleken met die volgens het model. De overeenkomst is goed, hoewel de figuur wat dat betreft misschien iets te mooi is, omdat de gevonden verschillen tussen -3° en $+3^{\circ}$ maar net significant zijn.

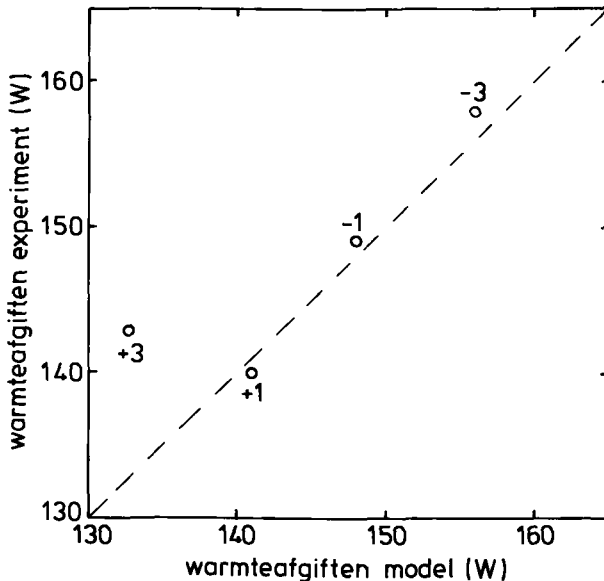


Fig. 4. De warmte-afgifte van de proefpersonen, vergeleken met die van het model bij de vier verschillende omgevingstemperaturen.

Een tweede experiment werd uitgevoerd bij -12° C met enige variaties in het slaapgerei, nl. zoals in de vorige proef, idem met de (koude) rits opzij en het hoofd onder de slaapzak en idem met binnenzak. Opnieuw blijkt er goede overeenstemming te zijn tussen model en experiment getuige Tabel I.

Tabel I. Vergelijking tussen de warmte-afgifte volgens het model en volgens het experiment bij een temperatuur van -12° C en diverse gebruikswijzen van de slaapzak.

Gebruikswijze	warmte-afgifte (W)	
	model	experiment
Semi-naakt	191	201
Idem, rits opzij en hoofd onder slaapzak	159	167
Idem, met binnenzak	146	149

Het blijkt nogal wat uit te maken of men met de slaapzak manipuleert. Naast de in Tabel I genoemde effecten mag ook verondersteld worden dat de lichaamshouding (en daarmee het effectieve oppervlak) nogal invloed heeft op de warmte-afgifte. Het hoeft dus geen verwondering te wekken dat de effectieve isolatie van de slaapzakken tussen de proefpersonen nogal verschilt; in feite is dit een bewijs voor het bestaan van zoiets als *kledinggedrag*.

BRUIKBAARHEIDSINDEX

Bij confrontatie van de warmteverliezen volgens het boven beschreven en getoetste model met de te verwachten buitentemperaturen moeten we nu tot een criterium voor afkeuring kunnen komen. Daarbij zal rekening gehouden moeten worden met de grote individuele verschillen. Het zal in het licht daarvan niet goed mogelijk zijn voor iedereen altijd voldoende slaapcomfort te garanderen.

Door het KNMI werd een statistiek verschaft van de dagelijkse minimum temperaturen te Winterswijk, enigszins als gemiddelde van de lokaties van de KL in Nederland en de Westduitse laagvlakte.

Bij de slaapproeven was reeds gebleken dat niemand in de slaapzakken bij 0°C 6 uur zou kunnen slapen als niet mede gebruik zou worden gemaakt van extra uitrustingsstukken: tent, buitenpak en isopak. In feite is het zo dat men zonder slaapzak maar met deze uitrustingsstukken wel tot ca. 0°C buiten kan slapen! Met slaapzak kan dit zakken tot ca. -14°C . We nemen aan bij de volgende evaluatie dat van de genoemde uitrustingsstukken inderdaad gebruik wordt gemaakt.

Het genoemde getal van -14°C heeft betrekking op de "gemiddelde" militair. Het proefpersonenexperiment verschaft echter ook inzicht in de individuele variaties. Daardoor is het mogelijk bij iedere buitentemperatuur het percentage militairen te bepalen, dat met zijn slaapzak uitkomt. De kans op de buitentemperatuur maal dat percentage, geïntegreerd over alle buitentemperaturen, levert een maat voor de bruikbaarheid van de slaapzak: *de bruikbaarheidsindex*. Een bruikbaarheidsindex van 0,9 wil dan zeggen dat in 90% van alle gebruiker-nachten de slaapzak voldoet.

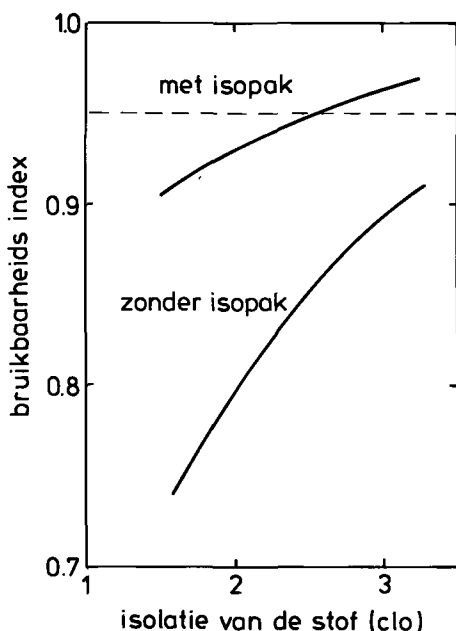


Fig. 5. De bruikbaarheidsindex als functie van de isolatie van de stof van de slaapzak, zowel voor de situatie met als die zonder het isopak.

In Fig. 5 wordt de bruikbaarheidsindex weergegeven als functie van de isolatiewaarde van het slaapzakmateriaal voor twee gevallen: met en zonder isopak. In beide gevallen wordt voorts aangenomen dat men tent en buitenpak benut.

Nu komen we bij een arbitrair punt. Welke bruikbaarheidsindex is akseptabel? Het is niet ongebruikelijk om in dit soort situaties 5% onvoldoende als aanvaardbaar te beschouwen, hetgeen met een bruikbaarheidsindex van 0,95 overeenkomt. Dat betekent dat in 5% van de gevallen (kombinatie gebruiker en buitentemperatuur) een aanvullend beroep op niet-organieke maatregelen moet worden gedaan, zoals het improviserend gebruik van lokale mogelijkheden.

Met een bruikbaarheidsindex van 0,95 als uitgangspunt is de vraag naar het keuringskriterium in termen van de isolatie van de M-58 slaapzakken nu eenvoudig te beantwoorden. Zonder isopak voldoet er geen één, zelfs geen nieuwe. Met isopak voldoen slaapzakken vanaf 2,7 clo isolatie. Zoals reeds is gesteld, is er een éénduidige relatie tussen de isolatie en de dikte. Het blijkt dat men met diktemetingen kan volstaan en een minimale dikte van 20 mm moet aanhouden als keuringskriterium.

NABESCHOUWING

Voor zover wij hebben begrepen, is ons advies niet in de praktijk bij de slaapzakvervanging tot uitvoering gekomen, en als zodanig is dit een voorbeeld van iets wat niet zelden optreedt: het advies heeft betrekking op één aspect van de zaak. Andere aspecten kunnen de opdrachtgever soms in een andere richting dwingen en in ons voorbeeld is de belangrijke bijkomende faktor natuurlijk de snelheid van instroming van de genoemde donzen slaapzakken.

Toch is de investering, die in het onderzoek is gestoken, niet als verloren te beschouwen, wanneer we denken aan de ontwikkeling van de nieuwe PSU-80 slaapzakken. De gedachten gaan daarbij uit naar een meerlagen-systeem, waarmee het mogelijk is temperaturen tot -30° te doorstaan. Zulke temperaturen komen in ons land zeer zelden voor, maar in West-Duitsland vaker. Een groot voordeel van een dergelijk systeem is ook dat in een warm jaargetijde de bepakking niet node-

loos groot en zwaar is: in de zomer kan met slechts de eerste laag volstaan worden. Op grond van de verkregen inzichten is het nu mogelijk de werkgebieden (temperatuurintervallen waarbij de slaapzakken voldoen) voor de verschillende laagkombinaties aan te geven.

Een tweede punt dat de aandacht verdient is een voorziening, waarmee de genoemde grote individuele verschillen kunnen worden opgevangen en het werkgebied per persoon kan worden aangepast. In feite is dat een welbewuste voorziening om de mogelijkheden van kledinggedrag te vergroten.

ENKELE PUBLIKATIES

W.A. Lotens, Criteria voor maximaal toelaatbare warmtebelasting - een discussiestuk. Rapport IZF 1978-13.

W.A. Lotens, Selektie van beschermende vesten voor de KL: I. funktionele aspecten. Rapport IZF 1981-17.

W.A. Lotens, Heat stress, heat strain and risk of heat disorder. Proc. Int. Conf. on Protective Clothing Systems, August, 23-27, 1981 Stockholm (nog te verschijnen).

W.A. Lotens en F.J.G. v. d. Linde, Een vergelijking van drie brandweerpakken. I. fysiologische belasting. Rapport IZF 1981-C17.

W.A. Lotens, Beschermende kleding onder het mes. Tijdschrift voor Ergonomie (nog te verschijnen december 1981).

AUTORIJDEN 'S NACHTS

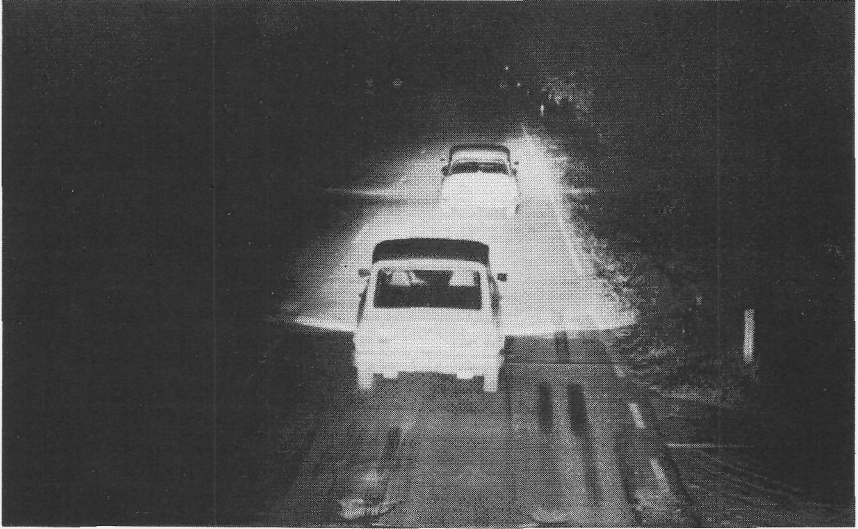
J.B.J. Riemersma

INLEIDING

Er bestaan uiteenlopende meningen over het 's nachts autorijden. Nogal wat vakantiegangers starten 's avonds hun vakantietrip om gedurende de nacht een flink eind op weg te komen. Zij doen dit dan omdat het 's nachts veel rustiger op de weg is en er geen opstoppingen en files voorkomen. Meer frequent is het vracht verkeer, dat voor een belangrijk gedeelte 's nachts plaatsvindt. Ook bij de Koninklijke Landmacht komen grote verplaatsingen in kolonne-verband 's nachts voor. Afgezien van andere redenen, worden deze kolonne-verplaatsingen wel gemotiveerd met een beroep op de verkeersveiligheid; door het minder drukke verkeer zou de kans op ongevallen ook afnemen.

De beschikbare ongevalsgegevens geven echter aan dat 's nachts relatief méér ongevallen gebeuren dan overdag, en wel vooral na middernacht. De faktor alkohol kan hier als een belangrijke oorzaak worden aangewezen. Het is echter de vraag of deze het gehele verschil kan verklaren, en daarom lijkt een nadere analyse van het autorijden 's nachts op zijn plaats.

Er zijn nogal wat verschillen tussen het autorijden 's nachts en overdag. Een belangrijk verschil, de veel geringere verkeersdruk te 's nachts is al genoemd. Een tweede onderscheid is het grote verschil in visuele omgeving. Deze is 's nachts beperkt tot de weg zelf in het geval van openbare verlichting, en tot nog minder als slechts het licht van de eigen koplampen beschikbaar is. Naast deze meer externe omstandigheden spelen er ook zaken "binnen" de chauffeur een



Bij het autorijden 's nachts is de zichtbare omgeving sterk beperkt. Door vermoeidheid e.d. kan dat echter ook gelden voor de vaardigheden van de bestuurder!

rol. Deels hangen deze samen met die externe omstandigheden. Zo betekent de geringere verkeersdruk ook minder externe stimulering, wat tot een lager aandachtsniveau kan leiden. De inperking van de zichtbare wereld kan een grotere monotonie met zich meebrengen, met hetzelfde gevolg. Daarnaast speelt mee dat het 's nachts rijden kan samengaan met geleidelijk optredende vermoeidheid, als de dag ervoor normaal doorgebracht is, of als het de laatste uren zijn van een lange rit. Daar boven op kan dan komen, dat het normale waak-slaap ritme kan zijn verstoord, zodat een tijd-van-de-dag effect eveneens mee kan werken tot slechtere condities voor een goede rijprestatie. Over deze effecten is de afgelopen jaren onderzoek verricht, dat uiteen loopt van globaal effect onderzoek met behulp van ongevalsgegevens tot experimenteel onderzoek naar deelprocessen.

ONGEVALLEN BIJ KOLONNE-RIJDEN 'S NACHTS

Een niet onbelangrijk gedeelte van alle voertuigkilometers van militaire voertuigen wordt verreden in kolonne-verband. Als gekeken wordt naar het aantal schuldongevallen per miljoen afgelegde voertuigkilometers, dan is het in kolonne rijden eerder veiliger dan onveiliger dan het niet in kolonne rijden. Dit blijft gelden als de gegevens worden gesplitst naar ernst van de gevolgen, en ook als alleen ongevallen worden vergeleken in situaties waarin je méér kolonne-ongevallen zou kunnen verwachten omdat ze daar "afwijkend" gedrag vertonen, zoals het doorrijden van voertuigen van de kolonne op kruispunten, nadat het verkeerslicht intussen op rood is gesprongen, de zogenaamde roodlichtfaciliteit.

Aangezien voor elke verplaatsing in kolonne-verband toestemming voor weggebruik moet worden aangevraagd is het bekend hoeveel voertuigkilometers er in kolonne-verband, o.a. verdeeld over het etmaal, worden afgelegd. Dit maakt het mogelijk na te gaan, of er gegeven de afgelegde voertuigkilometers, een effect is van tijd-van-de-dag op het plaatsvinden van ongevallen. De volgende tabel geeft hiervan een beeld:

Tabel I. Deze gegevens hebben betrekking op voertuigen van het eerste Legerkorps, en verplaatsingen binnen Nederland gedurende de jaren 1978-1979.

	periode					
	0-4 uur	4-8 uur	8-12 uur	12-16 uur	16-20 uur	20-24 uur
percentage voertuig-km	3,25	12,10	28,04	29,04	10,88	6,59
percentage ongevallen	6,54	9,09	31,27	30,54	11,64	7,27
aantal ongevallen per miljoen voertuig-km	20,4	7,6	8,3	10,6	10,9	11,2

Uit deze tabel blijkt, dat relatief de grootste afwijking te

vinden is tussen twaalf en vier uur 's nachts. Het rijden in kolonneverband is gedurende die periode ongeveer tweemaal zo onveilig als gemiddeld op andere tijdstippen. Het gunstigst zijn de ritten tussen vier en acht uur 's morgens. Dit komt voornamelijk op rekening van de ritten die vanaf ongeveer zes uur 's morgens beginnen. Uit deze gegevens is slechts een aanwijzing over een totaal effect te halen, en het zegt niets over de mogelijke oorzaken ervan.

In ieder geval kan alcohol als oorzaak voor dit effect worden uitgesloten door de strenge discipline die op dit punt binnen de Landmacht voor chauffeurs bestaat. Ook het onderscheid daglicht-duisternis lijkt in de tabel niet een grote rol te spelen: 's middags en 's avonds vertonen ongeveer hetzelfde beeld. In wat meer gerichte onderzoeken is getracht wat meer helderheid te brengen, in wat dan wél de oorzaken zouden kunnen zijn.

LANGDURIG AUTORIJDEN 'S NACHTS

Bij langdurig nachtelijk autorijden spelen een aantal factoren een rol. Zoals gezegd zijn dat het dag-nacht ritme, de monotonie van de nachtelijke verkeerssituatie, een toenemend slaapgebrek, en het optreden van vermoeidheid na het langdurig uitoefenen van een taak.

Uit vroeger onderzoek is gebleken dat mensen zich tijdelijk heel goed tegen de nadelige gevolgen van deze factoren kunnen wapenen. Metingen verricht vóór en na het langdurig uitoefenen van een taak lieten zien dat proefpersonen goed in staat waren, in de na-test op hetzelfde nivo te presteren als in de vóór-test. De test had een ander karakter dan de langdurig uitgevoerde taak, en er lag een korte pauze tussen het einde van de hoofdtak en de na-test. Het is daarom niet zinvol om alleen met voor- en na-metingen te werken. Veel beter lijkt het om ook kontinu gedurende de taak zelf de taakprestatie te blijven volgen. Dat is gedaan in het nu te bespreken experiment. Dit experiment was opgezet om na te gaan welke aspecten van het rijgedrag bij langdurig autorijden 's nachts aantoonbaar zouden verslechteren, en wanneer dan die verslechtering optrad.

Deze vraag was interessant omdat bijvoorbeeld het rijden zelf een vrij automatisch verlopende taak is, die misschien heel goed tegen vermoeidheidseffekten bestand is. Ongevallen zouden meer samen kunnen hangen met slechtere waarneming van ander verkeer, onoplettendheid, het nemen van verkeerde beslissingen enzovoort.

Voor het rijden zelf moet je dus een maat voor taakprestatie kiezen. In de praktijk blijkt slingering van het voertuig om de rechte koerslijn een goede maat voor de taakprestatie te zijn. Deze maat is ook op inzichtelijke wijze gerelateerd aan onveiligheid, omdat bij grotere slingeringen de kans op het verlaten van de eigen rijstrook toe zal nemen.

Natuurlijk bestaat de rijtaak niet alleen uit het goed volgen van de weg. Andere taakaspekten zijn echter veel lastiger gedurende een veldexperiment onder controle te houden, en deze werden daarom gedurende dit experiment nagebootst. Om te kijken hoe goed een proefpersoon in staat bleef te anticiperen op te verwachten gebeurtenissen, werd hem gevraagd steeds te melden wanneer de kilometer-teller een veelvoud van 20 km aanwees (of er net overheen was). Een tweede neventaak was om op het veranderen van de kleur van een licht te reageren. Dit licht was geplaatst op het dashboard en veranderde van kleur na een periode die varieerde van $\frac{1}{2}$ tot 4 minuten. Hierbij werd de reaktietijd gemeten.

Het eigenlijke experiment bestond uit het in totaal tienmaal rondrijden van een driehoek van bijna zestig kilometer voornamelijk snelwegen in het midden van het land, tussen 10.00 uur 's avonds en 6.00 uur 's morgens. Er was slechts een minimale onderbreking om 2.00 uur 's nachts om te tanken en van proefleiders te wisselen.

Deze ritten werden voorafgegaan en gevolgd door het éénmaal rondrijden van de driehoek als vóór- en na-meting. Deze ritten konden worden vergeleken met soortgelijke ritten die de proefpersonen een week eerder of later op hetzelfde tijdstip hadden gereden, maar dan met normale nachtrust er tussenin. In totaal werden zo gegevens voor twaalf proefpersonen verkregen. Als proefpersonen dienden ervaren jeugdige automobilisten, die normaal 's nachts niet autoreden.

De resultaten toonden aan dat vooral gedurende de tweede helft

van de nacht de prestaties op alle taken aanzienlijk verslechterden. Het percentage gemiste of te late meldingen van de kilometerstanden liep op tot bijna 50%, wat betekent dat proefpersonen deze taak begonnen te vergeten. Ze reageerden nog wel, maar anticipeerden niet meer op de juiste kilometer standen. De reaktietijden op kleurwisselingen vertoonden een soortgelijk beeld. Steeds meer kwamen er reaktietijden voor, die extreem lang waren, vergeleken bij de "normale" reaktietijden. Ook de rijtaak zelf verslechterde. De variatie van de positie op de weg nam toe. Fig. 1 geeft hiervan een beeld.

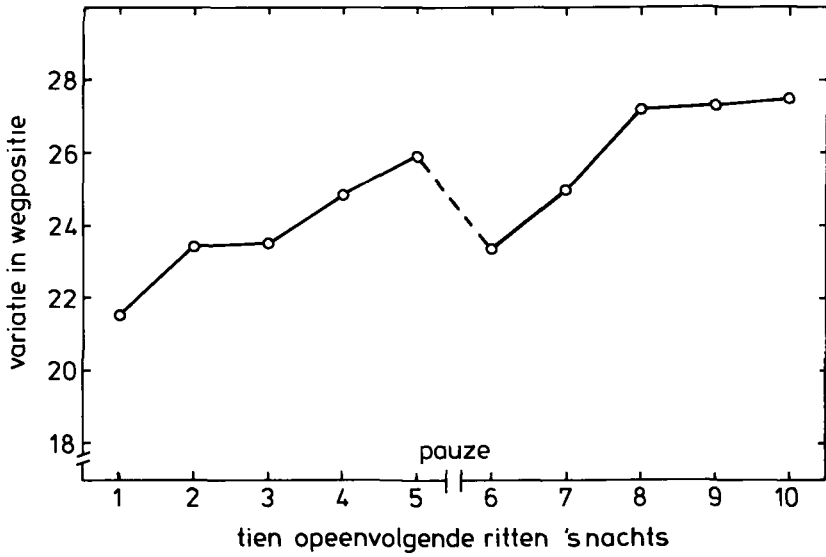


Fig. 1. De variatie in positie neemt gedurende de nacht aanzienlijk toe. Alleen na de pauze is een tijdelijke verbetering te constateren.

Bij de interpretatie van dit plaatje moet worden bedacht dat een standaarddeviatie van 26 cm behoorlijke mate van slingering aangeeft: de baan van het voertuig beslaat dan de eigen breedte + 1 meter en zal niet zelden daar nog van afwijken.

Wat opvalt is verder, dat de korte pauze van 5 à 10 minuten tussen het eerste en het tweede deel van de nacht al een tijdelijke forse verbetering in de prestatie met zich meebrengt. Een gedetail-

leerde analyse van het verloop van de hartslagfrequentie tijdens de ritten liet soortgelijke oplevingen zien bij de verkeersknooppunten aan de hoeken van de snelwegdriehoek. Dat geeft steun aan de gedachte dat elke externe stimulering tijdelijk tot een verhoogde aandacht en daarmee een betere prestatie kan leiden.

In dit experiment waren de effecten van langdurige taakuitoefening, dag-nacht ritme, slaapgebrek en monotone omgeving gekombineerd. Om meer over de afzonderlijke effecten te weten te komen, zouden deze ook afzonderlijk gevarieerd moeten kunnen worden. In het volgende experiment is dit ten dele gedaan.

DE INVLOED VAN HET DAG-NACHT RITME

In het kader van een meer omvattend experiment naar de invloed van diazepam (merknaam: Valium, een veel gebruikt kalmeringsmiddel) op het rijgedrag was ook opgenomen een vergelijking van het rijgedrag gedurende de late avond en gedurende de nacht tijdens een periode waarin de proefpersonen normaal zouden hebben geslapen. Omdat de nu uitgevoerde ritten vrij kort waren, vergeleken met die in het vorige experiment is in ieder geval het effect van langdurige taakuitoefening eruit gehaald. Ook zullen de effecten van slaapgebrek minder gespeeld hebben: de nachtelijke ritten vonden plaats tussen 1.00 uur en 2.00 uur 's nachts, de "avondritten" tussen 20.00 uur en 21.00 uur of tussen 21.00 uur en 22.00 uur.

Als proefpersonen deden mee aan dit experiment negen gezonde rijinstructeurs van de politie, die normaal geen valium of andere soortgelijke medicijnen gebruikten. In totaal reden deze proefpersonen vijfmaal een uur, met steeds minstens een week ertussen. In dat uur reden de proefpersonen tweemaal een route over een autosnelweg met een lengte van 50 km. Vier keer werd een periode van een uur gereden gedurende de avond, één keer gedurende de nacht. Eén keer 's avonds, en ook 's nachts werd niets ingenomen. De andere drie keer 's avonds werd of een placebo, of 5 mg valium, of 10 mg valium ingenomen. Op van tevoren geselecteerde, maar aan de proefpersonen onbekende vrij rechte weggedeelten werden tijdens het rijden de snelheid en de baanposities gemeten. Daarnaast konden de

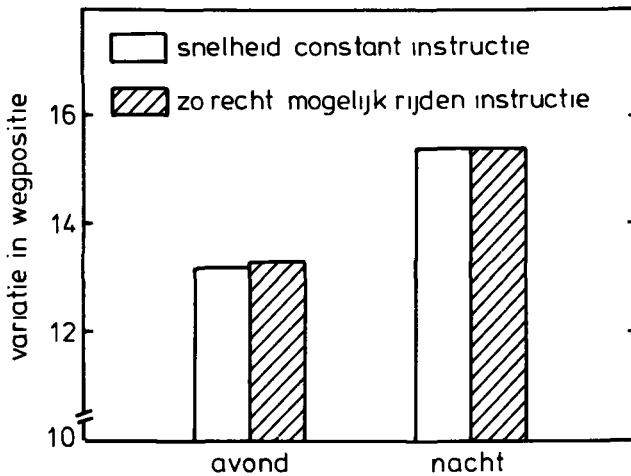


Fig. 2. De variatie in positie is 's nachts hoger dan 's avonds. Dit totale effect komt op rekening van dezelfde proefpersonen, die ook een sterke toename van de variatie in positie na inname van 10 mg valium vertoonden.

proefpersonen hun subjektieve gevoel van waakzaamheid aangeven.

De resultaten van dit experiment laten zien, dat het innemen van een placebo of 5 mg niet of nauwelijks verschillen in prestaties te zien gaven, vergeleken met het niets innemen 's avonds. Het innemen van 10 mg gaf daarentegen een grote verslechtering van de prestatie te zien, terwijl de nachtritten hier weer tussenin lagen. Hiermee is aangetoond dat het verstoren van het dag-nacht ritme van de proefpersonen door ze 's nachts te laten rijden reeds een effect heeft op het rijgedrag.

Voor een theoretische onderbouwing van deze effecten is het nog belangrijker dat een erg hoge samenhang bestond tussen de verslechtering van het rijgedrag ten gevolge van de inname van 10 mg valium en de verslechtering in de vergelijking van (geen inname) 's avonds en (geen inname) 's nachts.

Proefpersonen die het ene effect sterker vertoonden, hadden ook een grotere verslechtering in de andere vergelijking, en dit kon eveneens teruggevonden worden in hun aanduidingen van het subjektieve gevoel van waakzaamheid. Dit wijst op eenzelfde aangrij-

pingspunt en wel een van individu tot individu verschillende labiliteit van de processen die de waakzaamheid regelen.

BESLUIT

Het 's nachts rijden lijkt problematischer dan algemeen wordt aangenomen. Naast de problemen van verminderde zichtbaarheid van de omgeving, waar elders in deze bundel op wordt ingegaan, spelen er andere factoren een rol, die te maken hebben met het niveau van waakzaamheid, de invloed van vermoeidheid, de monotonie van de nachtelijke omgeving, het dag-nacht ritme en de waarschijnlijk complexe invloed van deze factoren tezamen op de uiteindelijke taakprestaties.

Weliswaar is in de hierboven kort aangeduide onderzoeken geen uitputtend beeld van deze factoren opgebouwd, maar er is voldoende materiaal om enige belangrijke lessen te leren.

1. Alle gegevens wijzen erop dat men het (kolonne) rijden 's nachts goed moet overwegen. Als er geen dringende redenen zijn, het anders te organiseren, is het beter om 's morgens vroeg te vertrekken, nā een nachtrust. Het argument dat men beter 's nachts door kan rijden vanwege de grotere verkeersveiligheid kan op grond van de nu beschikbare gegevens worden afgewezen. Deze "les" heeft inmiddels via het Jaarverslag Verkeersongevallen Koninklijke Landmacht 1980 en de Defensiekrant ruime verspreiding gekregen.

2. Een tweede les uit het voorgaande is, dat de psychologische processen van aandachtsvermindering gedurende lange nachtelijke ritten niet onderschat moeten worden. Uit ander onderzoek is bovendien bekend dat de subjektieve gevoelens van vermoeidheid vaak pas ontstaan na de eerste verslechtering in de taakuitvoering. Ook in het valium-experiment bleven twee van de drie proefpersonen, die een zeer ernstige verslechtering vertoonden toch gewoon doorrijden, al was hen steeds voorgehouden dat ze op elk gewenst moment zouden kunnen stoppen met de rit. De ogenschijnlijke veiligheid van de "rustige" nachtelijke verkeersomgeving kan gemakkelijk in het tegendeel verkeren. Door medewerking aan demonstratie ritten die uitgebreid in landelijke media zijn verslagen, is ook deze les onder een

breed publiek verspreid.

3. De derde les is tenslotte dat de beïnvloeding van het rijgedrag door toch op grote schaal voorgeschreven kalmeringsmiddelen zoals het nu gebruikte valium, aanzienlijk kan zijn. Hoe dat precies zit met verkeersdeelnemers die zulke middelen herhaaldelijk of chronisch krijgen toegediend zal in de toekomst verder worden uitgezocht.

ENKELE PUBLIKATIES

J.B.J. Riemersma, A.F. Sanders, C. Wildervanck en A.W.K. Gaillard, Performance decrement during prolonged night driving. In: R.R. Mackie (Ed.), *Vigilance. Theory operational performance and physiological correlates*. New York Plenum, NATO Conference Series III, Human Factors (1977).

J.F. O'Hanlon, T.W. Haak, G.J. Blaauw en J.B.J. Riemersma, Diazepam impairs lateral position control in highway driving (Submitted to Science, 1981).

Jaarverslag 1980 Verkeersongevallen Koninklijke Landmacht, Landmachtstaf, Afdeling Logistiek (1980).

DUIKEN: EEN KWESTIE VAN HOGE DRUK?

P.G.A.M. Jorna

De belangstelling voor het leven en werken onder water is in de laatste jaren sterk toegenomen. Zo noodzaakte de oliekrisis tot een grotere inzet van duikers en duikmateriaal ten behoeve van de oliewinning onderwater. De taken die professionele duikers moeten uitvoeren nemen toe in complexiteit en moeten vaak onder zeer moeilijke omstandigheden worden uitgevoerd. Het duiken is voor deze mensen dan ook niet altijd een ontspanning, dit in tegenstelling tot de sportduiker, die het zich bewegen onderwater als zeer aangenaam kan ervaren.

De specifieke eigenschappen van de onderwateromgeving konfronterende de duiker met problemen als verhoogde omgevingsdruk, extreme afkoeling en, zeer belangrijk, een beperkte mogelijkheid tot ademen. Kunnen duikers zich voldoende aanpassen aan deze omgeving, en hoe goed zijn ze in staat tijdens het duiken werkzaamheden uit te voeren?

MENSELIJKE PRESTATIE ONDERWATER

Wanneer naast het duiken op zichzelf nog arbeid verricht moet worden zoals konstruktiewerk, inspektiewerk e.d. blijkt vaak dat de te leveren prestaties niet op een gewenst optimaal nivo gehandhaafd kunnen worden. Een van de verklaringen kan zijn het optreden van stikstof narkose. Om hierover kwantitatieve gegevens te verkrijgen wordt wel gebruik gemaakt van de zgn. schroefplaatstest, waarbij bouten en moeren van de ene plaat metaal naar de andere verplaatst

moeten worden. De completeringstijd van deze taak wordt dan als prestatiemaat aangehouden. Deze test werd, o.m. door engelse duikers onder verschillende omstandigheden uitgevoerd op het droge, op geringe diepte (3 m open zee) en op narkosediepte (30 m open zee). Tevens werden deze duikers getest in een *droge* rekompresiekamer op gelijkwaardige diepten (drukken). Deze laatste konditie resulteerde op 3 m in een prestatievermindering van 6%, terwijl in open zee (3 m) 28% vermindering waargenomen werd. Het eenvoudigweg uitvoeren van een dergelijke taak onder natte kondities gaf reeds duidelijke effecten. Op diepte vond men echter 50% prestatievermindering, wat veel meer was dan voorspeld zou kunnen worden vanuit de rekompresiekamer experimenten (6% op 30 m). Deze afname van de prestatie kon derhalve niet alleen verklaard worden door een effect van de stikstofnarkose op zichzelf.

De resultaten van dergelijke studies geven aan dat onderwater naast technische en fysiologische aspecten ook psychologische aspecten een rol spelen bij het bepalen (of beperken) van de prestatiemogelijkheden van de duiker. Onder ideale duikomstandigheden spelen psychologische aspecten een ondergeschikte rol, zoals bleek uit een experiment in de Middellandse Zee, waar onder ideale kondities geen andere effecten dan die van stikstofnarkose gevonden werden. In wateren als de Noordzee e.d. zou prestatievermindering vooral optreden door angst en/of stress, gepaard gaande met het duiken op open zee onder relatief zware omstandigheden. Dat "angstige" duikers minder kapabel zouden zijn onderwater werd bevestigd in een studie waarbij duikers middels hun hormonale reacties op het duiken als "anstig" resp. niet anstig (of minder anstig) geklasseerd werden. De anstige groep funktioneerde duidelijk minder goed. Een verdere bevestiging van dergelijke psychologische variabelen werd gevonden in een experiment waarbij duikers in een rekompresiekamer op een *gesimuleerde* diepte gebracht werden, d.w.z. er werd wel met veel lawaai lucht ingebracht, maar in werkelijkheid werd geen enkele drukverandering aangebracht. Zonder enige vorm van stikstofnarkose bleken de duikers weer slechter te funktioniëren dan kollega's in een controlegroep.

Psychologische variabelen bleken eveneens van invloed bij het optreden van progressieve afkoeling onderwater. Perifere effecten als de afkoeling van met name de handen bleken wederom niet voldoende voor het verklaren van de waargenomen prestatievermindering.

Resumerend kunnen we stellen dat het meeste onderzoekswerk t.b.v. duikers gericht was op de vraag in hoeverre een duiker nog werk kan verrichten onder bepaalde operationele omstandigheden. Fysiologisch gericht onderzoek heeft door zijn zwaarwegende karakter een hoge prioriteit, waardoor het onderzoek vooral gericht werd op effecten van verhoogde omgevingsdruk, narkosen en afkoeling.

De psychologische komponent van het duiken is niet uitputtend onderzocht, maar bleek al snel sterk van invloed te zijn op het algemeen functioneren onderwater.

DUIKEN EN MENTALE BELASTING: EEN VERKENNING

De psychologische komponent van het duiken komt naar voren in uitspraken als: "Een duiker werkt onder stress" of "De duiker kon deze situatie niet aan en raakte in paniek". Het konsept "stress" wordt veelal niet eenduidig gebruikt; zo kan het opgevat worden als de oorzaak van een bepaalde reactie (de stress van het duiken), maar tevens wordt deze reactie zelf als zodanig aangeduid (de stress bij duikers). Een nader onderscheid in oorzaak en gevolg kan gemaakt worden door het begrip stressor te gebruiken voor al die zaken die in principe eisen kunnen stellen aan de duiker en die, indien hij/zij niet aan deze eisen tegemoet kan komen, voor ernstige problemen kunnen zorgen. De individuele reactie van de duiker op deze (of een combinatie ervan) duiden we aan als mentale belasting ("strain" als reactie op stressoren). Het is nu deze mentale belasting die de prestatiemogelijkheden van de duiker kan beïnvloeden. Bij het duiken staat de duiker dus in principe altijd bloot aan de invloed van stressoren als verhoogde druk, koude, belemmeringen opgelegd door uitrustingen, fysieke inspanning en niet te vergeten evt. schadelijke dieren e.d. De uitwerking van die stressoren hangt echter af van de mate waarin de duiker ze als "belastend" zal ervaren.

Bij mentale belasting worden vaak 2 soorten of klassen onderscheiden. Zo kan het uitvoeren van taken als hoofdrekenen e.d. als zodanig aangeduid worden, maar eveneens het emotioneel reageren op een bepaalde situatie, zoals bij het zien van een ongeval. Wat beide echter gemeen hebben, is dat er informatie wordt aangeboden die "verwerkt" moet worden. Het actief verwerken van deze informatie kost *aandacht*, waardoor het menselijke vermogen om informatie te verwerken in het algemeen gelimiteerd zal zijn. Een duiker die drukdoende is met het verwerken van zijn emotionele reactie op de onderwateromgeving zal zijn aandacht niet optimaal kunnen richten op het verwerken van andere informatie of op het korrekt uitvoeren van bepaalde taken die eveneens een beroep doen op zijn aandacht. De duiker werkt a.h.w. in een dubbeltaaksituatie. Door nu duikers in een gegeven duiksituatie een additionele standaardtaak (dubbeltaak) te laten uitvoeren die "aktieve" informatieverwerking vraagt kunnen we via de prestatie op die taak inzicht verkrijgen in de effecten van die specifieke duiksituatie op de duiker. Zo zou het mogelijk kunnen zijn na te gaan welke componenten (stressoren) van de duiksituatie met name van belang zijn voor het veilig functioneren van de duiker. Nu is het echter niet verantwoord om duikers onderwater bloot te stellen aan realistische stressoren, daar de veiligheid van de duiker gegarandeerd moet blijven. In plaats van de duikomgeving in eerste instantie als onafhankelijke variabele te manipuleren, kunnen we de duiker zelf gebruiken. Bij onervaren duikers kunnen we de psychologische componenten van het duiken reeds aantreffen in relatief eenvoudige, goed te controleren duiksituaties. Bij een reeds ervaren duiker zullen deze een mindere rol spelen waardoor van deze duikers een betere prestatie verwacht mag worden.

De dubbeltaaktechniek werd toegepast in een experiment waarbij onervaren en ervaren (sport)duikers gedurende drie dagen getest werden in een reële onderwatersituatie. Beide groepen, zoveel mogelijk gelijkwaardig op punten als intelligentie, leeftijd en fysieke konditie voerden de experimentele duiken onder gelijke omstandigheden uit. Via een draadloos communicatiesysteem werden de duikers letters aangeboden met een interval van 4 seconden. Ruim voor de

aanvang van de duik kreeg de duiker 3 zogenaamde targetletters aangeboden, die gememoriseerd werden. Onderwater moest van deze letters het aantal in de aangeboden serie uit het hoofd geteld worden.

Ervaren duikers, ofwel duikers met een duikervaring van meer dan 160 duiken, bleken significant beter te presteren dan hun onervaren kollega's met max. 25 duiken ervaring. Niet enkel de taakprestatie bleek tussen deze groepen te differentiëren, maar tevens het fysiologisch reageren op de onderwatersituatie zoals geïllustreerd in Fig. 1 aan de hand van metingen gedurende een duik op 4 meter diepte.

De hartslagfrequentie bleek voor de onervaren groep sneller zoals uitdrukt in kortere hartslagintervallen. Eveneens bleek het ademhalingsinterval korter ofwel de ademprequentie beduidend sneller.

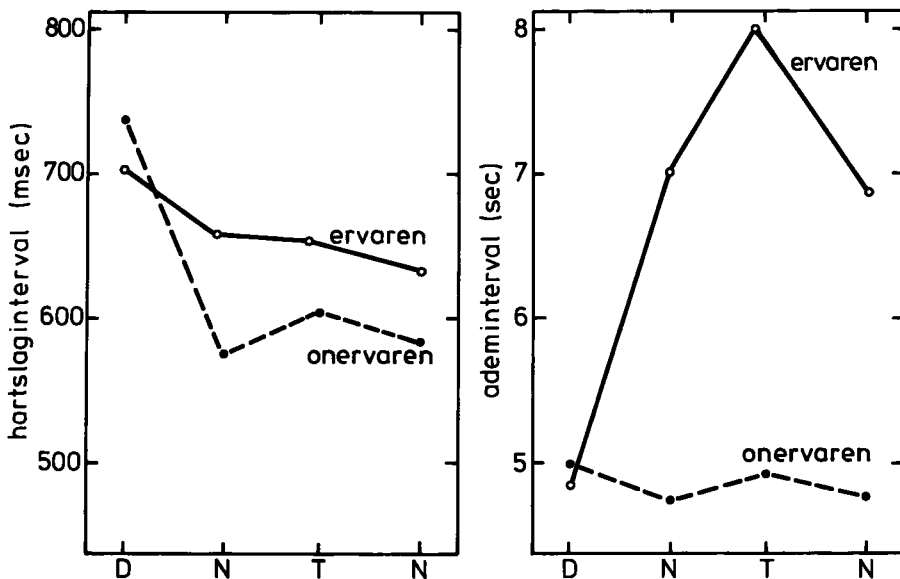
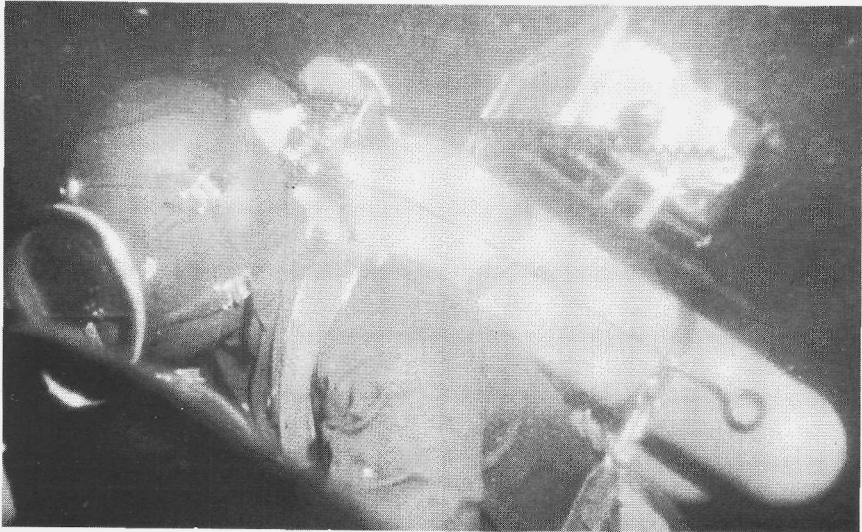


Fig. 1. Hartslag en ademhalingsintervallen voor onervaren en ervaren (sport)duikers gemeten gedurende een duik op 4 m diepte. (D = droge konditie; N = natte konditie; T = taakpresentatie).



Marineduiker gedurende een testduik op 50 m diepte, uitgerust met een 2 x 81 persluchtapparaat voorzien van op het IZF ontwikkelde telemetrie apparatuur.

DUIKEN LEREN: EEN KWESTIE VAN WENNEN

In een volgend experiment werden aspirantduikers gevolgd gedurende hun opleiding. Het betrof hier militaire duikers die ongeveer 8 weken een basisopleiding volgden. De duikers moesten onderwater taken uitvoeren, maar nu gedurende drie opeenvolgende perioden in de opleiding. Als controlegroep werd weer een ervaren groep duikers genomen. Om er zeker van te kunnen zijn dat gemeten verschillen onderwater inderdaad veroorzaakt worden door de interactie tussen omgeving en duiker en niet door een experimenteel ingebracht artefact, werden ook droge controle kondities ingevoerd. We verwachten dus alleen verschillen tussen beide groepen onderwater en niet boven water.

In tegenstelling tot het eerdere experiment werd nu gebruik gemaakt van 2 taken die verschilden in het aantal letters dat geteld moest worden. De "gemakkelijke" kende 2 targetletters en de moei-

lijke taak 4 targetletters. Wanneer een targetletter werd gedetecteerd gaf de duiker dit aan door op een reaktieknop te drukken. Gedurende het duiken werden tevens weer hartslag en ademhaling gemeten. Op de verkregen hartslagsignalen werd een zgn. spektrale analyse uitgevoerd. In het spectrum van de hartslag zijn drie hoofdkomponenten aanwezig die allen een invloed op het hartritme representeren. Deze componenten kunnen in verband worden gebracht met de regulatie van lichaamstemperatuur, de ademhaling en de bloeddrukregulatie. Deze laatste is verantwoordelijk voor een belangrijke component met een periodiciteit van 0,10 Hz. Laboratoriumonderzoek heeft aangetoond dat deze component wordt beïnvloed door het uitvoeren van mentale taken, maar ook door het ondergaan van emotioneel getinte belasting zoals b.v. een tandartsbehandeling. Bij grote belasting is de bloeddrukcomponent laag. Voor onze aspirant duikers verwachten we daarom een grotere bijdrage van deze bloeddrukcomponent naarmate de training vordert; voor de reeds ervaren groep duikers verwachten een stabiel hoog niveau dat niet verandert wanneer de duikers meerdere malen worden getest. Eenzelfde verwachting kunnen we uitspreken m.b.t. de prestatie op de taken. Door de training zal de prestatie van de aspirant duikers kunnen verbeteren, terwijl de prestatie voor reeds ervaren duikers stabiel zal moeten zijn. In droge kondities verwachten we geen verschillen daar duikervaring in die situatie immers niet van betekenis is.

In Fig. 2 zien we de resultaten voor de moeilijke taak. De aspirant duikers verbeteren hun prestatie sterk naarmate de opleiding vordert. Metingen bij ervaren duikers in dezelfde perioden geven aan dat de prestatie voor deze groep inderdaad stabiel is.

Een nadere analyse van de gegevens gaf aan dat beide groepen vrijwel even goed waren in het detecteren van de targetletters uit de gepresenteerde reeks letters. Het verder verwerken van deze gegevens gaf problemen voor de onervaren duikers, maar dit was alleen van toepassing voor de moeilijke taak. Aspirant duikers hebben dus in principe dezelfde gegevens tot hun beschikking als ervaren duikers, maar het is juist het effectieve gebruik van deze gegevens dat problemen oplevert. Dit aspect van de informatieverwerking bleek

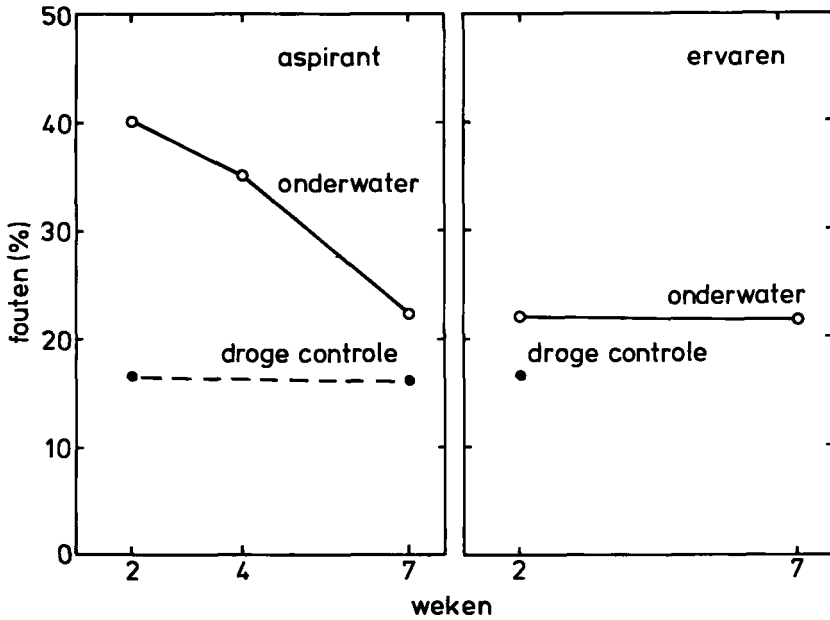


Fig. 2. Percentage fout gerapporteerde letters, voor onderwater kondities en droge controle kondities. Voor aspirant duikers uitgezet tegen weken opleiding en voor ervaren duikers gerelateerd aan herhaalde metingen.

vooral in de laatste fase van de opleiding te verbeteren. Met behulp van deze taaktechniek is het dus mogelijk om naast de meting van objectieve verschillen tussen duikers onder water, een eerste inzicht te verkrijgen in de prestatie componenten die belangrijk kunnen zijn voor het werken onder moeilijke omstandigheden.

In Fig. 3 zijn de gegevens uitgezet voor de fysiologische reacties van beide groepen duikers onderwater. De hartslag is weer uitgezet als gemiddelde tijd tussen twee opeenvolgende hartslagen. Bij de aspirantduikers vertraagt de hartslag naarmate de training vordert.

Wanneer we kijken naar de bloeddrukcomponent van de hartslagvariabiliteit zien we dat de oscillaties in het bloeddrukregelsysteem voor de aspirant duikers duidelijk minder aanwezig zijn dan

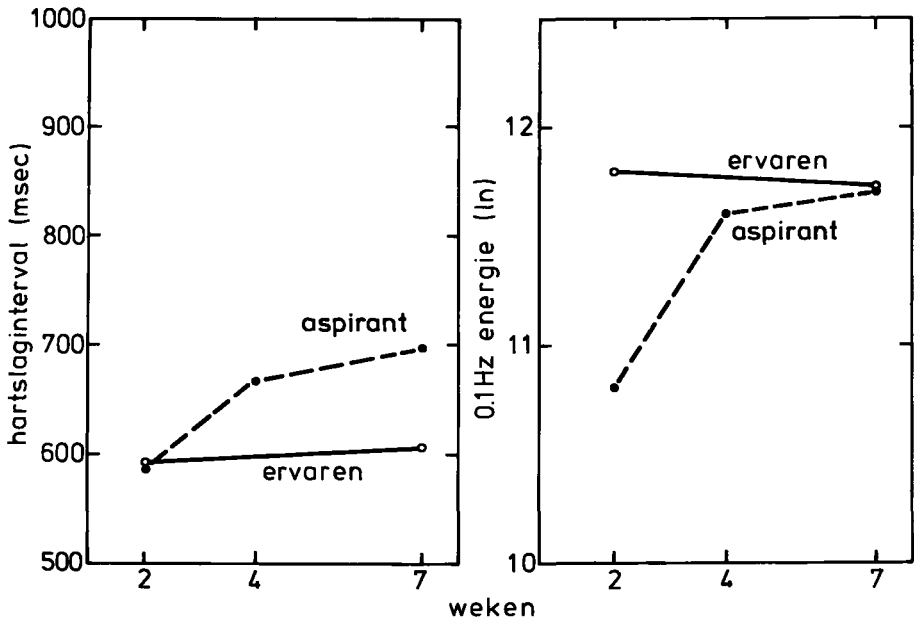


Fig. 3. Hartslogintervallen en 0,1 Hz energie (bloeddrukcomponent) gemeten gedurende een duik op 4 m diepte. Voor aspiranten uitgezet tegen weken opleiding en voor ervaren duikers gerelateerd aan herhaalde metingen.

bij de ervaren duikers. Naarmate de opleiding vordert neemt de bloeddrukcomponent vooral in de eerste fase (2-4 weken) sterk toe en bereikt tegen het eind van de opleiding eenzelfde waarde als die gemeten voor de ervaren groep.

Dit experiment laat ons zien dat de reactie van de duikers op de onderwateromgeving duidelijk varieert met de opgedane ervaring. Een aspirant duiker heeft letterlijk en figuurlijk meer te verwerken, en dit reflecteert zich dan ook in het vermogen om naast het duiken nog andere informatie te verwerken.

Het vervolgonderzoek richt zich thans op de individuele verschillen in het aanpassingsvermogen tussen duikers en de mogelijke consequenties daarvan voor selectiekriteria en opleidingseisen.

Dat de gebruikte meetmethoden bruikbaar zijn voor dergelijk

onderzoek bleek uit enkele metingen bij afvallers in de duikopleiding. Bij deze afvallers bleek gedurende de kritische periode van de opleiding geen aanpassingseffekt waarneembaar. Dergelijke gegevens zijn van belang voor zowel de selectie als de training van aspirant duikers, daar voorkomen moet worden dat een aspirant duiker zich zou blootstellen aan een belasting die voor hem een te hoge druk representeert.

ENKELE PUBLIKATIES

- P.G.A.M. Jorna en G. Mulder, Mental load and the processing of information in the underwater environment. In: Proceedings of the Conference on Psychological load and psychosomatic disease in the working environment. Bergen, Norway 1980, (in press).
- P.G.A.M. Jorna en A.W.K. Gaillard, Experience, stress and information processing underwater. In: Stress and Anxiety, Vol. 10, C.D. Spielberger, I.G. Sarason and D.B. Defares (Eds.), in press (1981).

PSYCHOFARMAKA HEBBEN SPECIFIEKE INVLOEDEN OP PSYCHOLOGISCHE FUNKTIES

A.W.K. Gaillard

Ongeveer 10 jaar geleden zijn wij begonnen met onderzoek naar de invloed van psychofarmaka op psychologische functies. Het eerste onderzoek werd door Trumbo en Gaillard uitgevoerd in het kader van het beleidsruimteproject "Hersenen en Gedrag". De Minister voor Wetenschapsbeleid vond dat er op dit gebied meer onderzoek gedaan moest worden en stelde hiervoor extra gelden beschikbaar. De bij dit project betrokken onderzoekers vormden de werkgemeenschap "Farmaka en Gedrag", die zich later bij FUNGO aansloot. In 1974 werd bij FUNGO een 4-jarige subsidie aangevraagd en verkregen, hetgeen resulteerde in het proefschrift van H.W. Frowein: "Selective drug effects on information processing". Zoals de titel aangeeft, was dit onderzoek opgezet om selectieve effecten te vinden van een amfetamine en een barbituraat, waarbij de vraagstelling dezelfde was als die van dit artikel: *zijn er bepaalde psychologische functies die specifiek gevoelig zijn voor de invloed van farmaka?*

KOMPLEXE OPZET

Onderzoek naar de invloed van psychofarmaka kent een aantal specifieke problemen. In de eerste plaats moet aandacht geschonken worden aan de ethische aspecten. De proefpersonen moeten o.a. een strenge medische keuring ondergaan en zij moeten weten welke farmaka zij kunnen krijgen en in welke dosis.

In de tweede plaats moet overleg met farmakologen plaatsvinden over de dosis, de werkingsduur, de wijze van toediening, etc. Voor

het verkrijgen van betrouwbare resultaten is het nodig dat de concentratie van het farmakon in het bloed gedurende het experiment ongeveer gelijk blijft. Anderzijds moet de werkingsduur relatief kort zijn zodat de proefpersoon zo'n 6 uur na inname weer naar huis kan gaan. In de praktijk wordt de dosis zo gekozen dat er enerzijds nog een redelijk effect op het gedrag is terwijl anderzijds de proefpersoon niet met zekerheid kan zeggen of hij het farmakon dan wel een placebo heeft geslikt.

In de derde plaats moet ook de methodologie van een farmaka-onderzoek aan speciale eisen voldoen. Het onderzoek moet "dubbel-blind" uitgevoerd worden, dat wil zeggen noch de proefpersoon, noch de onderzoeker mag weten wanneer de placebo wordt gegeven en wanneer het farmakon. Een farmaka-experiment bestaat dus altijd uit tenminste twee afzonderlijke zittingen: farmakon en placebo. Hierbij moet de volgorde gebalanceerd worden over 2 groepen proefpersonen: de ene groep krijgt eerst het farmakon en dan de placebo, de andere groep andersom. Hierbij gaan we er vanuit dat de volgorde waarin farmakon en placebo worden gegeven niet belangrijk is. Hoewel hierover nog weinig gegevens beschikbaar zijn lijkt dit echter niet gerechtvaardigd. Als iemand de placebo na een slaapmiddel krijgt zal hij de taak misschien als gemakkelijker zien dan wanneer hij de placebo in de eerste zitting krijgt. Daarom is de efficiëntie van de proefpersonen die de tweede keer een placebo krijgen vaak groter dan die in de andere groep. Om dit te voorkomen kan men ook met twee groepen werken waarvan de ene uitsluitend een placebo krijgt en de andere uitsluitend een farmakon.

TESTEN VERSUS TAKEN

Nog steeds is er weinig bekend over hoe psychofarmaka de menselijke prestatie beïnvloeden. In feite, weten we niet meer dan dat sederende farmaka (o.a. kalmerings- en slaapmiddelen) de prestatie verlagen en dat stimulerende farmaka (o.a. amfetamines, coffeïne) soms een gunstig effect hebben, met name bij langdurige taken. Het onderzoek op ons Instituut heeft zich vooral gericht op de vraag of één bepaald farmakon wellicht specifiek van invloed is op bepaalde

psychologische functies. Een nadelige invloed van een kalmerend middel kan op vele manieren ontstaan, bijvoorbeeld doordat iemand zijn ogen niet goed kan fixeren, doordat hij langer nodig heeft om een beslissing te nemen of doordat zijn motoriek vertraagd is.

Het gebruikelijke onderzoek met behulp van een testbatterij kan op dit soort vragen geen antwoord geven. Ten eerste, omdat deze testen geen theoretische, maar een empirische, meestal neuropsychologische, basis hebben. Ten tweede, omdat ze op een veelheid van factoren van elkaar verschillen (b.v. aanbiedingsinterval, modaliteit van de stimuli en van de reacties, etc.). Hierdoor is het onmogelijk uit te maken of een bepaald farmakon-effekt veroorzaakt wordt door een specifiek effect op de psychologische functie, die de test geacht wordt te meten of dat één of meer van bovengenoemde factoren tevens een rol spelen. Gezien de grote inkonsistentie tussen de resultaten van verschillende onderzoeken, lijken deze laatste factoren inderdaad de meeste effecten te verklaren. Of een farmakon van invloed is op "het geheugen" is dus mede afhankelijk van de toevallige test die gebruikt wordt.

Alleen met een systematische aanpak is het mogelijk specifieke uitspraken te doen over welke psychologische functies door een bepaald farmakon beïnvloed worden. Hierbij gaan we uit van goed onderzochte laboratoriumtaken, en van de daarbij behorende theorieën over hoe mensen informatie verwerken. Het meest uitgewerkte model is gebaseerd op reaktietijdonderzoek, waarbij de proefpersoon zo

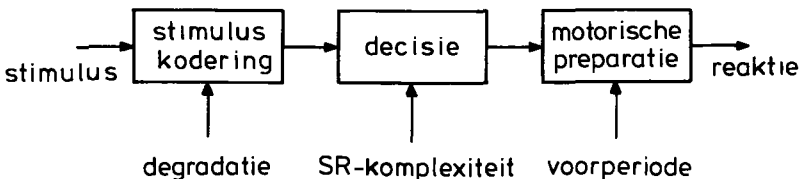


Fig. 1. Vereenvoudigd model van informatieverwerking, bestaande uit 3 stadia; de experimentele manipulatie, waarmee de belasting in een bepaald stadium verhoogd kan worden is tevens gegeven.

snel mogelijk op de aangeboden informatie moet reageren. Hierbij gaan we er vanuit dat deze informatie in een aantal opeenvolgende stadia verwerkt wordt. In Fig. 1 is schematisch weergegeven, dat de informatie, die de stimulus geeft, tenminste 3 bewerkingen ondergaat, alvorens de proefpersoon kan reageren. Nadat de stimulus sensorisch is waargenomen, wordt de informatie *gekodéerd*, d.w.z. op grond van zijn psychologische eigenschappen wordt de stimulus in een bepaalde categorie ingedeeld. Bijvoorbeeld, de proefpersoon krijgt een serie dia's aangeboden met daarop cijfers en hem wordt gevraagd op alle even cijfers met zijn rechterhand en op alle oneven met zijn linkerhand te reageren. Hij zal dan cijfers als even of oneven moeten koderen. De tijd die nodig is voor de kodering kan verlengd worden door de aangeboden stimuli te degraderen. Fig. 2 laat zien hoe een stimulus gedegradeerd kan worden. Uit het kader worden 10 stippen gehaald, en zo geplaatst rond het cijfersymbool dat dit moeilijker is te herkennen.

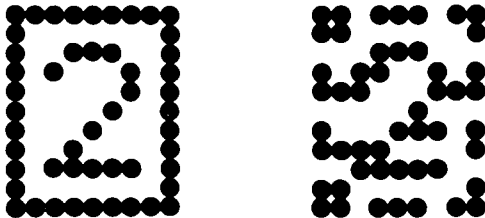


Fig. 2. Stimulus-degradatie. Door 10 stippen uit het kader te halen en om het cijfer-symbool te plaatsen, wordt de 'kodering' bemoeilijkt.

In het tweede stadium, "decisie", wordt beslist welke reactie bij welke stimulus gegeven moet worden. Deze beslissing zal moeilijker zijn - en dus langer duren - wanneer de taak complexer is, bijvoorbeeld, doordat de relatie tussen stimulus en reactie ingewikkelder is. In het laatste geval moet iemand bijvoorbeeld op een aan de rechterzijde geplaatst lampje, niet met zijn rechterhand, maar juist met zijn linkerhand reageren. In het laatste stadium, "moto-

rische preparatie", bereidt men zich voor op het uitvoeren van de motorische reactie. De reactie kan versneld worden door aan de stimulus, waarop gereageerd wordt, een waarschuwing vooraf te laten gaan. De duur van de voorperiode tussen waarschuwings- en reactiestimulus is hierbij van belang. De reaktietijd is het snelst bij een voorperiode van ca 1 sec, maar neemt af bij langere of variabele voorperiodes. In het laatste geval is het moment waarop de reactiestimulus verschijnt moeilijk te schatten hetgeen de motorische preparatie bemoeilijkt.

EEN AMFETAMINE EN EEN BARBITURAAT

Dus, we onderscheiden een aantal stadia waarin de aangeboden informatie verwerkt wordt en bij elk stadium hoort een experimentele manipulatie, ook wel taakvariabele genoemd, die de belasting in dat stadium bepaald: stimulusdegradatie, tussen stimulus en reactie complexiteit en duur van de voorperiode (zie ook Fig. 1). Frowein heeft voor een amfetamine en een barbituraat onderzocht of zij een specifiek effect hadden op deze stadia. Als het effect van het farmakon toenam, naar mate de belasting in één stadium groter werd, werd aangenomen dat dit farmakon specifiek dit stadium beïnvloedde. Een dergelijke interactie werd gevonden tussen stimulusdegradatie en de invloed van een barbituraat. Degradatie, zoals weergegeven in Fig. 2, verlengt de reaktietijd met 70 msec. Onder invloed van een barbituraat is deze toename 2x zo groot. Een dergelijke interactie treedt niet op bij andere stadia, zodat dit farmakon een specifiek effect lijkt te hebben op stimuluskodering. Later onderzoek heeft aangetoond dat een andere "stressor", slaapdeprivatie, op eenzelfde manier het degradatie-effect versterkt.

De amfetamine heeft geen effect op stimuluskodering, en ook niet op decisie, maar wel op motorische preparatie. Dit effect is het duidelijkst gevonden in een onderzoek, waar amfetamine in combinatie met slaapgebrek is onderzocht. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in Fig. 3. Wanneer men gewoon geslapen heeft, neemt de reaktietijd met zo'n 50 msec toe, als de voorperiode variabel gemaakt wordt. Dit is ook zo na afname van een amfetamine.

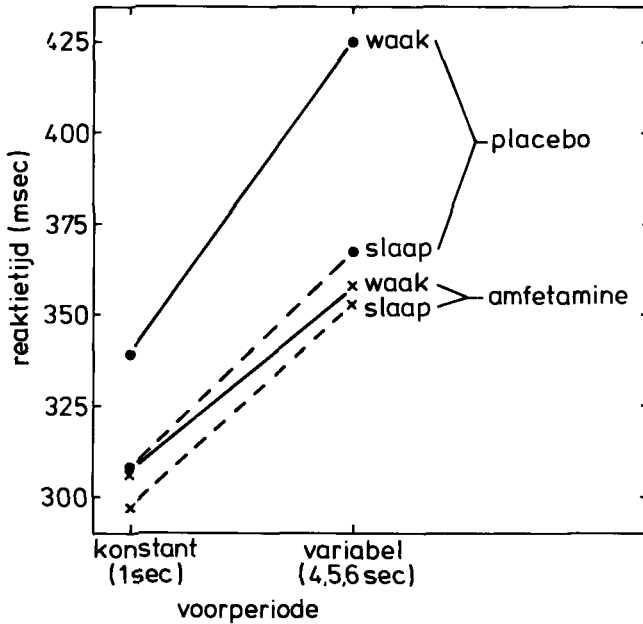


Fig. 3. De reaktietijd (in msec) wanneer een konstante (1 sec) of een variabele (4, 5, 6 sec) voorperiode gebruikt wordt. Na gewoon geslapen te hebben (slaap) en na een nacht waken (waak) en na inname van een placebo of een amfetamine.

Na één nacht waken is het voorperiode-effekt veel groter (80 msec). Echter als na één nacht waken een amfetamine gegeven wordt dan is de toename weer even groot, als wanneer men gewoon geslapen heeft. Een amfetamine is dus in staat de nadelige effecten van slaapgebrek te compenseren. Beide "stressoren" hebben een specifiek effect op het stadium "motorische preparatie". Verder onderzoek laat zien dat ze geen invloed hebben op het "decisie"-stadium, terwijl slaapgebrek wel, maar amfetamine niet van invloed is op "stimuluskodering".

Hoe de invloed van farmaka is op de informatieverwerking en hoe deze samenhangt met andere "stressoren" moet natuurlijk nog nader onderzocht worden. In ieder geval is aangetoond dat een dergelijke systematische aanpak het doen van uitspraken over specifieke effecten op psychologische functies mogelijk maakt.

HET NEUROPEPTIDE ONDERZOEK

Bij dit onderzoek ging het om mogelijke effecten van neuropeptiden op leer- en geheugenprocessen. Neuropeptiden zijn fragmenten van het hormoon ACTH, waarvan op grond van dierproeven werd aangenomen dat ze het leren en geheugen verbeteren. Doelstelling van het onderzoek was na te gaan of deze verbetering ook bij mensen zou optreden. In opdracht van Organon N.V. werd dit voor verschillende soorten leer- en geheugentaken uitgezocht, omdat er verschillende manieren van leren (b.v. het leren van woordjes versus piano leren spelen) en van geheugen (b.v. geheugen op korte versus lange termijn) zijn. Elke taak werd in tenminste twee versies aangeboden (meestal makkelijk - moeilijk). Verwacht werd steeds dat de invloed van het neuropeptide op de moeilijke versie groter zal zijn; als de effecten op beide versies gelijk waren werd aangenomen dat een verbeterde prestatie toe te schrijven was aan a-specifieke factoren, zoals motivatie en aandacht.

Verskillende aspecten van leren en geheugen werden onderzocht in de volgende taken: complexe-reaktietaak, kort-geheugentaak, lang-geheugentaak, verbale leertaak: woord-letterkombinaties, funktioneel leren: het leren van een funktionele regel in een set van data.

Hoewel incidenteel effecten werden vastgesteld, zowel prestatie bevorderend als verslechterend, hadden de ACTH-fragmenten in de meeste tests geen effect, behalve in de complexe-reaktietaak. Bij deze taak moet de proefpersoon zo snel mogelijk reageren op het aangaan van één van 6 lampjes door op één van de 6 bijbehorende knoppen te drukken (elke hand 3). De proefpersoon moet gedurende een half uur kontinu reageren, dat wil zeggen het volgende lampje gaat aan, zodra op het vorige is gereageerd. Tijdens zo'n half uur werken wordt de reaktietijd door twee elkaar tegenwerkende factoren bepaald: enerzijds reageert de proefpersoon steeds sneller, omdat hij de lamp-knoprelaties beter gaat leren beheersen; anderzijds ontstaat door het kontinu reageren concentratieverlies, zodat de reaktietijd toeneemt. Doordat deze twee factoren elkaar compenseren blijft de reaktietijd tijdens het half uur werken ongeveer konstant. De snelle reaktietijden worden steeds sneller en de langzame steeds lang-

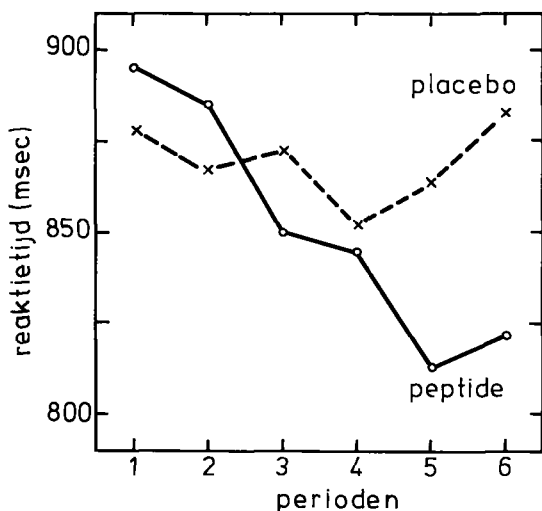


Fig. 4. De invloed van het neuropeptide Org 2766 (analogon van ACTH 4-9) op de reaktietijd tijdens een half uur continue werken (6 perioden van 5 min). De resultaten zijn verkregen bij 22 proefpersonen in een "cross-over design".

zamer, waarbij de snelle de leercomponent en de langzame de concentratiecomponent representeren. Door de effecten op langzame en snelle reaktietijden apart te beoordelen, kan worden nagegaan of het farmakon de concentratie dan wel het leren beïnvloedt. Zoals in Fig. 4 is te zien, blijft de reaktietijd na het innemen van een placebo ongeveer gelijk, maar na het innemen van ACTH (4-9) (Org 2766) wordt hij duidelijk korter. Onder invloed van het neuropeptide kunnen proefpersonen zich blijkbaar beter concentreren op de taak: er was alleen effect bij de langzame en niet bij de snelle reaktietijden.

Als we de resultaten van de 8 experimenten, die uitgevoerd zijn, bij elkaar voegen, dan komen we tot de konklusie dat neuropeptiden geen specifieke invloed hebben op geheugen- en leerprocessen, maar dat ze wel de proefpersonen helpen zich te blijven concentreren bij langdurige taken.

LESSEN VAN DE "LEERPIL"

In maart 1976 werd Nederland overspoeld met zo'n 70 artikelen in vrijwel alle kranten en weekbladen, over het neuropeptide-onderzoek. Deze berichten waren gebaseerd op een artikel in TNO-Projekt, waarin gesuggereerd werd dat TNO een "leerpil" aan het maken was. Dit bleek ook uit de titel: *Een "leerpil" onzin?* en uit de laatste alinea: *Het ziet er naar uit dat de wetenschap de "leerpil" aan de "science-fiction" zal ontfutselen.* Deze uitspraken leidden tot de wildste ideeën, waarbij de kop van een Telegraaf-artikel wel het verst ging: *Leerpil maakt bollebozen.*

De verwarring was ontstaan doordat in het artikel in TNO-Projekt geen onderscheid werd gemaakt tussen specifieke effecten van ACTH op leerprocessen en een algemeen effect op aandacht. De auteur, een farmakoloog, interpreteerde de betere prestatie op een geheugentest als een verbetering van het geheugen, terwijl de psychologen van mening waren dat een verhoogde prestatie ook aan aandacht en motivatie geweten kunnen worden. Zoals we in de vorige paragraaf hebben gezien, ondersteunen de resultaten voorshands de psychogenvisie.

NABESCHOUWING

Een belangrijke "off-spin" van het farmaka-onderzoek is dat een methode is ontwikkeld om psychologische functies te testen onder bijzondere omstandigheden. Regelmatig worden we benaderd met de vraag "Of we niet een reaktietijd-kastje op de plank hebben staan om te gebruiken voor onderzoek buiten het Instituut". Het lijkt zinvol in de toekomst meer op dit soort vragen in te spelen.

Vanuit de toegepaste hoek, zowel uit de klinische-, bedrijfs- als test-psychologie, is er een groeiende behoefte de gebruikelijke intelligentie en/of neuropsychologische testbatterijen te vervangen door taken, die gebaseerd zijn op de verrichtingstheorieën en die in het laboratorium uitgebreid zijn onderzocht. Om aan deze behoefte te voldoen moeten een aantal laboratoriumtaken voor gebruik in de praktijk geschikt worden gemaakt. Hiervoor is het nodig dat een keuze gemaakt wordt uit de veelheid van beschikbare laboratorium-

taken. De taak moet zo gekozen en aangepast worden, dat hij erg robuust is, d.w.z. dat hij in een veelheid van situaties afgenomen kan worden door personeel dat beperkt hiervoor opgeleid is. Bovendien is in praktijksituaties over het algemeen veel minder tijd beschikbaar, zodat de taak ook in een relatief korte tijd afgenomen, toch zo veel mogelijk informatie moet verschaffen.

Het belangrijkste aspekt van de taken die worden gebruikt om effecten van farmaka te onderzoeken is echter dat ze konklusies moeten toelaten over de specifieke invloeden van farmaka op afzonderlijke psychologische funkties. Dat zulke invloeden bestaan is op grond van ons onderzoek duidelijk.

ENKELE PUBLIKATIES

D.A. Trumbo en A.W.K. Gaillard, Drugs, time uncertainty, signal modality and reaction time. In: P.M.A. Rabbitt en S. Dornic (Eds.), Attention and Performance V, London, Academic Press, 441-454 (1975).

O.L. Wolthuis, Een 'leerpil' - onzin? TNO Projekt 3, 98-101 (1976).

A.W.K. Gaillard, De psychologische werking van farmaca. In: W.A. Wagenaar, P.A. Vroon en W.H. Janssen (Eds.), Proeven op de Som. Deventer, Van Loghem Slaterus, 306-315 (1978).

A.W.K. Gaillard, ACTH analogs and human performance. In: J.L. Martinez, jr., R.A. Jensen, R.B. Messing, A. Rigter en J.L. McGaugh (Eds.), Endogenous peptides and learning and memory processes. Academic Press, New York, 181-196 (1981).

H.W. Frowein, Selective drug effects on information processing. Monograph of the Institute for Perception TNO, Soesterberg (1981).

RIJVAARDIGHEID IN THEORIE

I.H. Veling, M. Buist en J. Moraal

NAAR EEN BETER THEORETISCH VERKEERSEXAMEN

In 1974 heeft het IZF ten behoeve van de chauffeursopleidingen van de Koninklijke Landmacht een theoretisch verkeersexamen gekonstrueerd. De praktische aanleiding daartoe was een nieuw lessenpakket voor de verkeerstheorie dat door de Landmacht in gebruik was genomen en waarvoor nog geen adequate examens en toetsen bestonden. Er is toen eerst geïnventariseerd welke verkeersproblemen met welke nadruk in het lessenpakket voorkwamen. Deze inventarisatie volgend, zijn toen twee (eind)examens en twee voortgangstoetsen ontwikkeld. In de examens en toetsen werd gebruik gemaakt van dia's van simpele verkeerssituaties, waarin telkens dezelfde auto aanwezig was die een bepaalde verkeersgedraging toonde. Bij elke dia moest de vraag worden beantwoord of het getoonde gedrag geoorloofd was of niet. Deze opzet bleek verrassend goed aan te sluiten op het nieuwe lessenpakket en ook de leerlingen aan te spreken. Ook de statistische betrouwbaarheid bleek aan de verwachtingen te voldoen.

Naar aanleiding van deze ontwikkeling is bij het CBR de vraag gerezen of ook het klassieke meerkeuze theorie-examen van het CBR verandering behoeft. Deze vraag leidde in 1977-1978 tot het verstrekken van een onderzoekopdracht aan het IZF. De opdracht luidde: "Ga na in hoeverre het huidige theorie-examen aan test-psychologische en verkeerskundige eisen voldoet. In geval het examen niet aan de eisen voldoet, ontwikkel dan een nieuwe examen." Deze opdracht gaf de gelegenheid om de in de KL ontwikkelde nieuwe wijze

van examineren verder te onderbouwen en ook buiten de context van één specifiek lessenpakket bruikbaar te maken.

WAAR GAAT HET OM

Een rijvaardigheidsbeoordeling zoals die bij het CBR plaatsvindt heeft tot doel een uitspraak te doen over de bekwaamheid van mensen om als automobilisten veilig en efficiënt aan het verkeer deel te nemen. In die bekwaamheid kunnen twee aspecten worden onderscheiden. Bekwaamheid is enerzijds een kwestie van *weten* wat er gedaan moet worden en anderzijds van dat ook inderdaad *kunnen* uitvoeren. Om nu na te gaan of mensen in het verkeer het nodige weten en kunnen moet er een testsituatie worden geschapen waarin aan hun gedrag kan worden afgemeten of ze aan de normen voldoen. De meest ideale testsituatie zou het werkelijke verkeer zijn. Rijdend in een auto door het verkeer zou een examenkandidaat in de voorkomende verkeerssituaties beoordeeld kunnen worden op zijn rijvaardigheid. Aan zo'n aanpak kleven echter een aantal in de praktijk onoverkomelijke bezwaren. Eén bezwaar is de lengte van zo'n proefrit als daarin een evenwichtige steekproef van alle relevante verkeersproblemen zou moeten voorkomen. Men zou soms dagen moeten rondrijden om een examenkandidaat bijvoorbeeld te konfronteren met een militaire kolonne of een bepaalde complexe verkeerssituatie op een verkeersplein.

Een ander bezwaar is de vermenging van weten en kunnen in een beoordeling aan de hand van uitsluitend een proefrit in het werkelijke verkeer. Als mensen fout gedrag vertonen kan dat te wijten zijn aan niet weten en/of niet kunnen. Om aan deze bezwaren tegemoet te komen is het zinvol de rijvaardigheidsbeoordeling in tweeën te splitsen, zoals momenteel trouwens ook gebeurt. Eén deel richt zich dan expliciet op het weten wat er moet gebeuren in allerlei verkeerssituaties (het theorie-examen), het andere deel richt zich expliciet op het al dan niet kunnen uitvoeren van het vereiste verkeersgedrag (het praktijkexamen). Een aangezien de uitvoeringseisen niet zo sterk verschillen van situatie tot situatie kan zo'n proefrit zich wél beperken tot vrij algemeen voorkomende verkeerssituaties.

Uitgaande van deze gedachtengang kan aan een theorie-examen als eis gesteld worden dat het bestaat uit vragen over verkeersgedrag, waarvan de antwoorden iets zeggen over de mate waarin de examenkandidaat in praktische verkeerssituaties weet wat er moet gebeuren. Dit betekent dat het examen er zo moet uitzien dat men vragen die men niet goed beantwoordt in theorie, in de verkeerspraktijk ook niet goed oplost en dat er zo mogelijk geen invloeden, die niet ook in de verkeerspraktijk een rol spelen, de examenprestaties bepalen.

Naast de eis voor elk examen dat het betrouwbaar moet zijn, kan dus gesteld worden dat (1) een verkeerstheorie-examen gekorreleerd moet zijn met de rijpraktijk en dat (2) geen voor het autorijden oneigenlijke factoren bij de beantwoording een rol mogen spelen. De vraagstelling "voldoet het CBR-theorie-examen en hoe kan het verbeterd worden" kan nu in onderzoekbare grootheden als volgt worden vertaald: "In hoeverre voldoet het huidige CBR-theorie-examen aan de eisen van:

- a. betrouwbaarheid
- b. relatie met de verkeerspraktijk
- c. geen invloed van oneigenlijke factoren.

Ontwikkel zo nodig een alternatief examen dat wel aan deze eisen voldoet."

HET HUIDIGE EXAMEN

Drie parallelversies van het huidige CBR-theorie-examen zijn onderzocht. Er is gekeken naar de statistische betrouwbaarheid van de examens, naar de korrelatie tussen de prestaties bij het theorie-examen en bij het praktijkexamen en naar de invloed van verbale intelligentie ofwel leesvaardigheid op de prestaties bij het theorie-examen.

Gebruik makend van gegevens die bij het CBR beschikbaar waren en die zelf zijn verzameld in testsessies waarin CBR-examenkandidaten uitgebreid werden getest, kon worden gekonkludeerd dat:

- a. De op zich redelijke betrouwbaarheid van het CBR-theorie-examen is voor een groot deel toe te schrijven aan de voor auto-

rijden niet belangrijke faktor "verbale-intelligentie".

- b. Er bestaat geen interpreteerbare samenhang tussen theorie- en praktijkprestaties. Dit betekent dat het huidige theorie-examen kennelijk iets anders meet dan voor de verkeerspraktijk relevante zaken.

ALTERNATIEVEN

De bevinding dat leesvaardigheid van grote invloed is op de theorieprestaties bij het CBR-examen doet vermoeden dat tenminste een deel van het disfunctioneren te wijten is aan de manier van vragen stellen. Om er nu achter te komen welke manier beter is dan de huidige, is onderzoek uitgevoerd. In het onderzoek zijn vijf verschillende examenvormen met elkaar en met de verkeerspraktijk vergeleken.

Om een goede vergelijking mogelijk te maken moesten in alle vijf examenvormen en in de praktijk dezelfde verkeersproblemen voorkomen. Om dit te realiseren is uitgegaan van een traject op de openbare weg. De verkeersproblemen die op dat traject voorkwamen zijn als exameninhoud gekozen van de vijf verschillende vormen.

De met elkaar en met de praktijk vergeleken examenvormen waren:

- a. *CBR-theorie-examen* Een voor dit doel door het CBR gekonstrueerd examen dat expliciet gericht was op de verkeersproblemen van het proeftraject.
- b. *Dia-examen 1* Een examen bestaande uit dia's van de probleemsituaties waaruit overig verkeer was weggelaten. Bij elke dia werden vragen gesteld als "Van welke kant zou er een auto/fiets/voetganger kunnen komen waaraan u wel/niet voorrang moet verlenen?" De examenkandidaat werd hierbij (net als trouwens in de dia-examens 2 en 3) gesuggereerd dat hij de bestuurder was van een telkens in de situatie afgebeelde auto.
- c. *Dia-examen 2* Een examen bestaande uit dia's van dezelfde probleemsituaties waarin nu telkens een auto, een fietser en een voetganger aanwezig was aan wie al dan niet voorrang verleend moest worden. Er werden vragen gesteld als: "Aan wie of wat moet u hier voorrang verlenen?".

d. *Dia-examen 3* Hetzelfde als dia-examen 2 maar nu was in de probleemsituaties telkens slechts één andere weggebruiker afgebeeld. Hier werden vragen gesteld als: "Moet u de rode auto voor laten gaan?".

e. *Mondeling examen* Dit examen bestond uit mondelinge vragen over de probleemsituaties in werkelijkheid. De examenkandidaten werden ondervraagd terwijl zij met een auto ca. 15 m voor de betreffende probleemsituaties stilstonden. Er werden vragen gesteld als: "Als er nu eens van die kant (aanwijzen) een auto komt; heeft die dan voorrang?".

De prestaties in de verkeerspraktijk zijn verzameld door een observator die, achterin een auto bestuurd door de examenkandidaat, registreerde welke situaties zich voordeden en welke fouten gemaakt werden.

De praktijktest en de vijf theoriетests zijn daarop afgenomen

Tabel I. Gamma (γ) samenhangsindexen als maten voor de functionele samenhang van de theoriетests met het mondelinge examen en de rijpraktijk. Tevens proporties (p) goed beantwoorde vragen als maten voor de moeilijkheid van de examens.

	γ	p
CBR-examen	- 0.012	0.77
dia-examen 1	0.315	0.78
dia-examen 2	0.718	0.85
dia-examen 3	0.511	0.87
mondeling examen	0.500	0.86

bij ca. 200 CBR-examenkandidaten. Behalve deze tests is ook nog een aantal andere psychologische tests afgenomen (o.a. een test voor verbale intelligentie). De resultaten wezen uit dat:

- het CBR-theorie-examen het moeilijkst is (zie Tabel I);
- de samenhang tussen de theoriетests relatief groot is voor verbaal begaafde personen, voor verbaal zwak begaafden laag;
- de invloed van verbale intelligentie op het examenresultaat het grootst is bij het CBR-examen en dia-examen 1 en het kleinst

bij dia-examen 2 en 3;

- d. het mondelinge examen en dia-examens 2 en 3 een duidelijk grotere samenhang vertonen met de rijpraktijk dan dia-examen 1 en het CBR-examen.

KEUZE VAN DE EXAMENINHOUD

Uit onderzoek naar het examenmedium bleek dat het huidige CBR-theorie-examen minder goed aan de eisen voldoet dan een concreet dia-examen (examen 2 of 3). Nu het examenmedium is vastgesteld moet worden uitgemaakt waarover het in een examen moet gaan, welke verkeersproblemen aan de orde moeten komen. Om dit te weten te komen is een uitgebreide systematische catalogus ontwikkeld van alle mogelijke relevante verkeersproblemen, waarvoor bij wet of reglement oplossingen vastgesteld zijn. In die catalogus werden 1159 verschillende verkeersproblemen gesignaleerd die in aanmerking kwamen om in een examen opgenomen te worden. Tweehonderd van die problemen zijn als examenvragen gerealiseerd door de betreffende situaties op dia en foto te zetten. Deze tweehonderd vormden een toevalssteekproef uit de totale verzameling van 1159.



Fig. 1. Zo zijn de opnamen gemaakt.



Fig. 2. U wilt rechtdoor; moet U de militaire kolonne voor laten gaan?

Teneinde te achterhalen hoe belangrijk de verschillende soorten examenvragen waren en dus te weten hoeveel vragen van elk soort in een examen opgenomen moeten worden, zijn vier groepen verkeers-experts van elk vijf personen gevraagd de tweehonderd op foto gezette verkeersproblemen te beoordelen.

Elke foto moest zo door elke beoordelaar vier keer beoordeeld worden. De oordelen hadden betrekking op (1) de mate van gevaar samenhangend met het niet weten van de juiste oplossing in de praktijk, (2) de mate van hinder dat dat in de praktijk zou opleveren, (3) de frekwentie waarmee het betreffende verkeersprobleem in de praktijk voorkomt en (4) de verwachte moeilijkheid van het probleem voor examenkandidaten. De beoordelaars waren representanten van de verkeerspolitie, rijinstructeurs, CBR-rijexaminateuren en ervaren chauffeurs zonder nadere relevante beroepskenmerken.

Op basis van deze oordelen is een "belangrijksheidsmaat" ontwikkeld voor de verschillende categorieën examenvragen. Door nu overeenkomstig deze belangrijkheid meer of minder vragen van een

bepaalde categorie in het examen op te nemen kan de inhoud van het examen worden bepaald. Deze procedure volgend zijn daarop drie prototypische parallel versies van het nieuwe examen gekonstrueerd.

De drie prototypen zijn vervolgens bij ca. 1200 CBR-examenkandidaten afgenomen. Hierbij werd onderzocht of dia- en foto-examen nog verschil in antwoordgedrag zou oproepen en welke antwoordtijd examenkandidaten nodig hadden. Er bleek geen verschil te bestaan in antwoordgedrag bij een foto- en een dia-examen. Ook bleek dat examenkandidaten tussen de 10 en 15 seconden tijd nodig hebben om één examenvraag te beantwoorden. Hierbij dient echter te worden opgemerkt dat de benodigde antwoordtijd duidelijk leeftijd-gebonden is. Jongere mensen hebben ca. 10 seconden nodig, oudere mensen tot ca. 15 seconden. De slaagnorm, ofwel het aantal vragen dat men goed moet hebben beantwoord om te slagen, is vastgesteld door na te gaan hoe groot de kans is dat mensen bij het beantwoorden per ongeluk fouten maken. Met behulp van die kans is de slaagnorm zo gekozen dat er minder dan 1% kans is dat iemand voor het examen zakt alleen maar vanwege pech (d.w.z. fouten maken terwijl men het juiste antwoord eigenlijk wel weet). Bij een examen, bestaande uit 50 vragen, betekende dat dat men 43 vragen goed moet beantwoorden om te slagen.

PRAKTISCHE TOEPASSINGEN

De bevindingen van het onderzoek, dat het huidige CBR-theorie-examen niet aan de eisen voldoet en dat beter een dia- of foto-examen met concreet afgebeelde verkeerssituaties kan worden gebruikt, hebben hun invloed op de ontwikkeling van theorie-examens en rij-opleidingen in Nederland.

Naast de autorijopleidingen van de Koninklijke Landmacht waar het systeem oorspronkelijk voor ontwikkeld is, wordt het nieuwe theorie-examen nu ook toegepast bij het "rijexamen-in-beroep" van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en is praktische invoering ervan bij het CBR gaande.

ENKELE PUBLIKATIES

- I.H. Veling, J.B.J. Riemersma en M. Buist, Ontwikkeling en evaluatie van een toets voor de verkeerstheoretische kennis van chauffeurs bij de Koninklijke Landmacht, Rapport IZF 1974-27.
- I.H. Veling en M. Buist, Ontwikkeling van twee voortgangstoetsen voor de verkeerstheorie opleiding van chauffeurs bij de Koninklijke Landmacht, Rapport IZF 1976-18.
- I.H. Veling, Het CBR theoretisch verkeersexamen. Verslag van een theoretische en empirische analyse, Rapport IZF 1977-C11.
- I.H. Veling, R.J.M. v.d. Heuvel en M. Buist, De keuze van een examenmedium voor een test voor kennis van de verkeersvoorschriften, Rapport IZF 1979-C11.
- I.H. Veling, R.J.M. v.d. Heuvel en M. Buist, Konstruktie en evaluatie van een theoretisch verkeersexamen, Rapport IZF 1980 C-15.

HET TESTEN VAN DE GEZICHTSSCHERPTE

J.J. Vos, D. van Norren en J. Boogaard

INLEIDING

Testen op gezichtsscherpte geschiedt, sinds ruim 100 jaar, met de alom bekende letterkaart (Fig. 1). Met de ontwikkeling van deze kaart is, onlosmakelijk, de naam van de Nederlandse oogarts Snellen verbonden. Weliswaar werden ook voor Snellen's tijd wel letters als testobject gebruikt, maar Snellen bracht er systeem in door aan zijn kaart het begrip *gezichtsscherpte* te verbinden.

Het idee was eenvoudig: bouw letters op uit eenheidsblokjes (Fig. 2) en maak de grootte van de blokjes nodig om letters net te kunnen lezen, tot maat voor de gezichtsscherpte. Zijn daarvoor blokjes nodig die een boogminuut in het vierkant omspannen, dan is de gezichtsscherpte 1; zijn blokjes nodig van twee boogminuten, dan is de gezichtsscherpte 0,5, enz.

Snellen's publikatie - met goed gevoel voor publiciteit vrijwel gelijktijdig in alle moderne talen verschenen - was een groot succes. Zelfs vandaag, nu de oorspronkelijke Snellenkaart een antiquiteit is geworden, komt men nog herhaaldelijk de term "Snellen-gezichtsscherpte" tegen.

Snellen's kaart werd een antiquiteit, omdat zeer vele alternatieve versies, met andere lettertypen, met standaard-symbolen, met plaatjes, noem maar op, maar eveneens gebaseerd op Snellen's definitie van gezichtsscherpte, de markt hebben overspoeld. Vandaag de dag heeft de keuringsarts dan ook een ruime, zo niet te ruime keuze uit tientallen gezichtsscherptekaarten en lichtbakken.

A
C E
G L N
P R T 5
V Z B D 4
F H K O S 3
U Y A C E G L 2

Fig. 1. De oorspronkelijke gezichtsscherptekaart van Snellen, uit 1862.

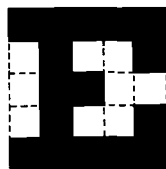


Fig. 2. Blokjes-opbouw van de Snellenletter E.

Het was juist die situatie die de toenmalige Gezondheidsorganisatie TNO er, rond 1968, toe bracht een projectgroep te formeren om enige orde te scheppen. Want natuurlijk gaf niet elke kaart precies dezelfde gezichtsscherptewaarde. Er bestond geen ijking, geen kwaliteitsbewaking, de verlichting was niet gestandaardiseerd, enz. Nu zou dat niet zo erg zijn als de kaart alleen maar werd gebruikt om

veranderingen in het gezichtsvermogen te volgen of om brillen aan te meten: men gebruikt dan immers alleen relatieve resultaten. Probleematischer wordt het als patiënten moeten worden doorverwezen van de ene arts naar de ander; en wanneer men, op grond van in officiële richtlijnen vastgelegde criteria, mensen moeten goed- of afkeuren voor chauffeur, voor vlieger, voor loods, dan komt de zaak helemaal kritisch te liggen. Dan kan een verkeerde kaart de bron zijn van grove onbillijkheid.

Op verzoek van de projektgroep nam het IZF de taak op zich om het nodige onderzoek te doen waarop een zekere standaardisatie zou kunnen berusten. In dit artikel worden eerst enige hoofdzaken uit dit onderzoek naar voren gehaald, om vervolgens de vraag onder ogen te zien welke gevolgen dit onderzoek van toen heeft gehad, zowel in de praktijk van de medische zorg als voor het verder denken op het IZF.

TEKORTKOMINGEN VAN BESTAANDE KAARTEN

Allereerst werd, ter bepaling van de omvang van het probleem, een globale inventarisatie verricht van kommercieel verkrijgbare kaarten. Omdat het niet alleen maar om letterkaarten gaat zal hier de meer algemene aanduiding "Optotypen-kaarten" worden gebezigd. Die inventarisatie leverde, kort samengevat, de volgende problemen op:

- Een grote variatie aan optotypen kwam voor met vaak lang niet verwaarloosbare verschillen in intrinsieke leesbaarheid. Het zal duidelijk zijn dat hierdoor een onnodige onzekerheid wordt ingebracht in de gezichtsscherpte-bepaling.
- De stapgrootte tussen opeenvolgende symbool-grootten was bij veel kaarten nogal onregelmatig, wellicht mede als gevolg van de gewoonte om de gezichtsscherpte niet met een decimale waarde aan te geven (b.v. 0,7) maar als breuk van de werkelijke en een normatieve leesafstand (b.v. 6/9). Het verlangen naar eenvoudige getallen in teller en noemer werd dan bepalend voor de spronggrootte.
- De meeste gezichtsscherpte-kaarten hadden een te klein meetbereik. Opmerkelijk was het groot aantal kaarten dat niet verder ging dan

gezichtsscherpte 1, hoewel het normale oog gemakkelijk tot hogere waarden dan 2 pleegt te komen.

- De indeling van nogal wat kaarten maakte het moeilijk om precies bij te houden waar de keurling precies aan het lezen was. Aan de ergonomie van deze kaarten ontbrak dus nogal wat.
- De verlichting van de kaarten bleek geheel aan de gebruiker te worden overgelaten. Men treft dan ook in de praktijk een veelheid van oplossingen aan - van fraaie commerciële lichtbakken tot primitieve eigenbouw.
- Nergens vonden we een duidelijke richtlijn voor wat te doen als de gezichtsscherptebepaling geen scherpe leesgrens oplevert - iets wat meer regel dan uitzondering mag heten. Dit leidt dan tot dubieuze notaties als "gezichtsscherpte 5/8 ff", wat betekent dat de betreffende waarde niet helemaal gehaald werd omdat er toch nog twee foutbenoemingen waren.

EEN NIEUWE KAART

Tegen de achtergrond van het voorgaande was het duidelijk dat er niet zozeer behoefte was aan een nieuwe kaart als wel aan zekere spelregels waaraan een goede gezichtsscherpte-kaart in elk geval zou moeten voldoen. Die spelregels waren niet moeilijk op te stellen: het lijstje opgesomde problemen hierboven levert moeiteloos de formulering.

Omdat het een soort slag in de lucht leek om, heel pretentius, zo'n lijstje met eisen op te stellen en geen voorbeeld te kunnen tonen van een kaart die wel voldoet, werd besloten zo'n voorbeeld te maken. En hier nu deed zich een interessant geval voor van "plezierig uit de hand lopen", want dit voorbeeld, de TNO-leeskaart (Fig. 3), is onbedoeld een eigen leven gaan leiden als standaard-gezichtsscherptetest voor Nederland. Weliswaar kan men onmogelijk zeggen dat deze kaart langzamerhand alle andere heeft verdrongen, maar de verkoopcijfers (tot nu toe ca 5000*) en de regelmatige terugmeldingen vanuit de bedrijfsgeneeskunde maken toch dat van een

* Informatie van Laméris B.V., Utrecht

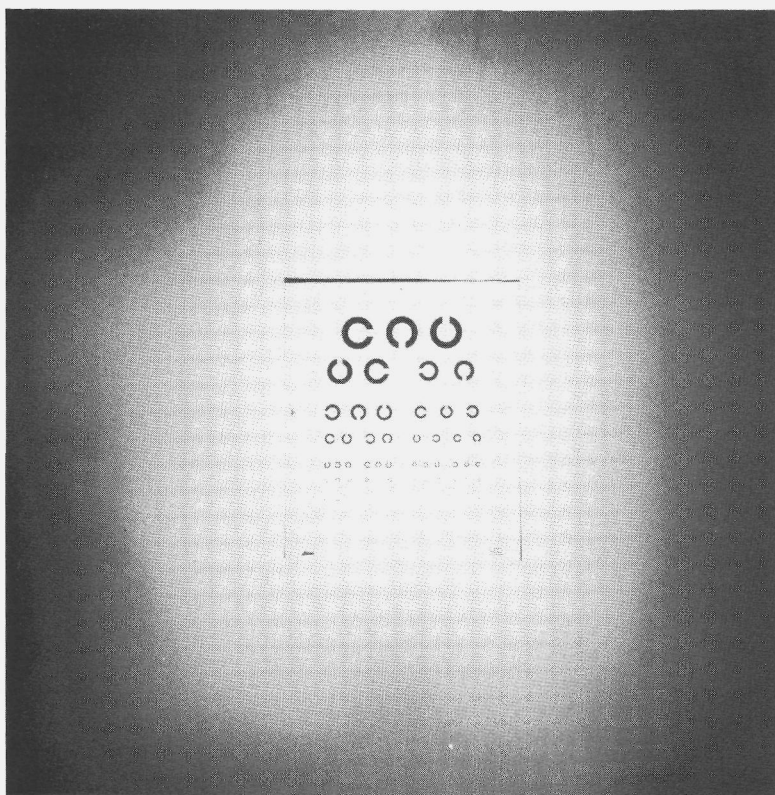


Fig. 3. TNO gezichtsscherpte kaart. Bij de ophanging dient rekening te worden gehouden met de op de achterzijde van de kaart vermelde verlichtingseisen: minstens 500 lux en met medeverlichting van een ruime omgeving.

fors succes kan worden gesproken. Hoe succesrijk de test in de praktijk is om tot een meer akkurate gezichtsscherptebepaling te komen valt moeilijk te achterhalen. Houdt men zich aan de bijbehorende verlichtingseisen (minimaal 500 lux)? Gebruikt men de hogere gezichtscherptewaarden? Is men gestopt met het gebruik van de bovengenoemde apokriefe aanduidingen? De globale indruk is dat de introductie in bedrijfsgeneeskundige kringen veel beter geslaagd is dan in die van oogartsen, waar de binding aan de vertrouwde letterkaarten duidelijk

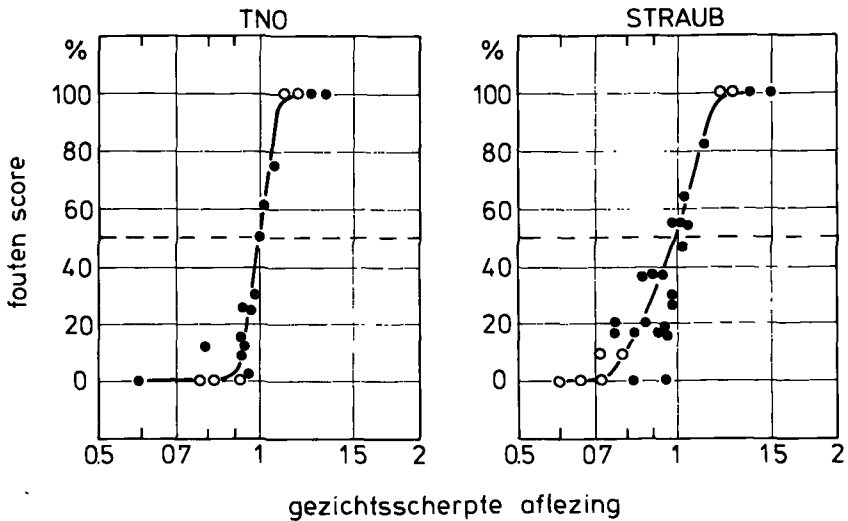


Fig. 4. Foutenscores bij de nieuw ontwikkelde TNO-kaart en bij de meer konventionele Straub-letterkaart.
 ● = enkelvoudige meetpunten; o = verscheidene meetpunten tezamen genomen.

groter is. Eén ding is zeker: door de opgestelde eisen van ontwerp-zorgvuldigheid goed na te leven werd, in principe, de onzekerheidsmarge - en daarmee ook de speelruimte van de keuringsarts voor een eigen interpretatie - duidelijk ingeperkt (Fig. 4).

WAT IS NORMAAL?

Succes zou ook, indirect, kunnen blijken als de toepassing van de nieuwe kaart tot een meer zindelijk denken zou hebben geleid over het begrip gezichtsscherpte. Daaraan ontbrak het, tot onze zorg, tot dusver nogal. Helaas, op deze wijze beoordeeld, moet de vraag naar het succes wat genuanceerd worden beantwoord.

Een goed criterium voor dit zindelijk denken is de vraag welke gezichtsscherpte eigenlijk als normaal zou moeten worden beschouwd. Snellen heeft hier de meningsvorming een wat ongelukkige start gegeven door - overigens zonder bewijsmateriaal - de gezichtsscherpte waarde 1 als normaal aan te merken. Waarschijnlijk is het voor hem, net als voor vele generaties artsen sindsdien, een gemakkelijke

vuistwaarde geweest die zeker niet ver bezijden de waarheid lag. Maar wat is ver? Laten we de feiten spreken.

We onderzochten een steekproef van dienstplichtigen ter eerste keuring en onderzochten die zowel met als zonder bril (Fig. 5). In beide kondities - maar veel geprononceerder in de situatie met bril - was er sprake van een duidelijke piek bij gezichtsscherpte 1,5. Men zou het verschil tussen de twee staafdiagrammen in Fig. 5 zo kunnen interpreteren: als iemand een gezichtsscherpte 1 - of minder - heeft loont het de moeite om te kijken of het niet beter kan. Gezichtsscherpte 1, met andere woorden, is statistisch sub-normaal.

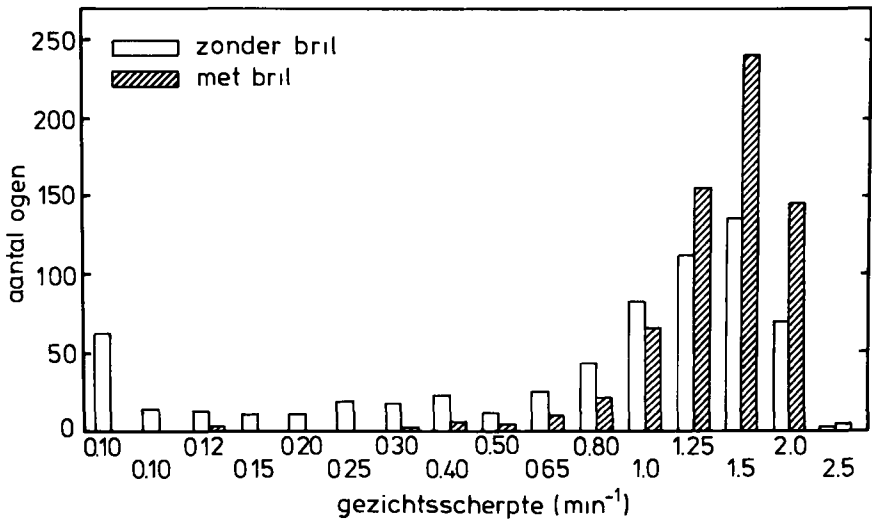


Fig. 5. Verdeling van gezichtsscherptewaarden over een groep van 328 keurlingen voor de dienstplicht. Zowel de resultaten zonder bril als van correctie zijn weergegeven.

In het bovenstaande hebben we het allerminst over een academisch probleem. Al in de inleiding zagen we dat menige optotypenkaart ophoudt bij de waarde 1, duidelijk als gevolg van de veronderstelling dat een ieder die de kaart uitleest geen correctie meer nodig heeft. Maar dit heeft dan als konsekwentie dat stilzwijgend aanvaard wordt

dat het lezen van verkeersborden op afstand niet zo kritisch komt. Het betekent ook dat bij de militaire dienstplichtkeuring een geschiktheid voor scherpshutter niet kan worden opgemerkt. Men beseft vaak niet dat een gezichtsscherpte 1 of 2,5 een faktor 2,5 verschil betekent in de afstand waarop men kan lezen, kan herkennen.

GEZICHTSSCHERPTE NABIJ

Sinds de TNO gezichtsscherptekaart werd uitgebracht is ons met regelmaat gevraagd ook een gezichtsscherptetest voor nabij te ontwikkelen. De TNO-kaart is immers alleen geschikt voor de grotere afstanden - meestal 5 of 6 meter. We hebben op deze verzoeken lange tijd nogal terughoudend gereageerd omdat een "gezichtsscherpte nabij" eigenlijk helemaal niet bestaat. Iemand heeft een goede gezichtscherpte of niet. Of hij die in de praktijk ook waar maakt is een andere zaak, een kwestie, in hoofdzaak, van het dragen van de goede bril, indien nodig. Voor bij- en sterk verzienden betekent dit: altijd een bril om te compenseren voor een in de grond foute afstandinstelling; voor de ouderen: een leesbril om te compenseren voor de afnemende soepelheid van de ooglens, waardoor akkommodatie op dichtbij moeilijker wordt.

Zien we even af van de vertebril - die als een soort standaard-korrektie mag worden beschouwd - dan is dus de enige vraag die we mogen stellen: kan iemand zijn verte-gezichtsscherpte ook op leesen werkafstand waar maken? Dit probleem wordt geïllustreerd in Fig. 6, die meteen nog eens duidelijk maakt hoe moeilijk het is van de gezichtsscherpte nabij te spreken.

Hoe het wel zou moeten illustreert Fig. 7 waarin dezelfde meetgegevens zijn uitgezet als in Fig. 6, maar nu in termen van de minimum waarneembare objektgrootte. Figuur 7 toont *wel* een duidelijke criteriumwaarde: de betreffende proefpersoon kon, met zijn bril, nog net een objekt van 0,06 mm waarnemen.

Daarom moet een test op het gezichts*vermogen* nabij dus geen gezichts*scherpte* test heten, maar een test op het kleinste objekt dat nog net kan worden gedetekteerd. De nederlandse taal biedt daarvoor een prachtige uitdrukking, en daarom noemen we de test op de ge-

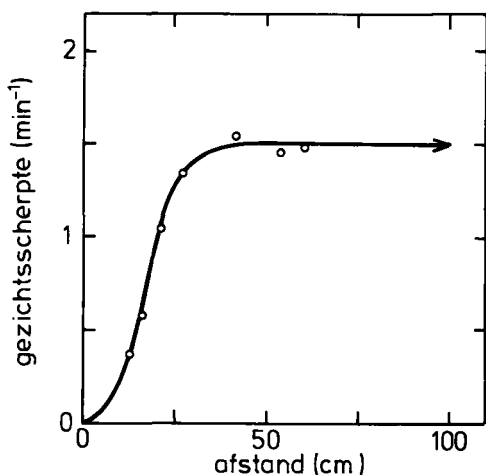


Fig. 6. Gemeten gezichtsscherpte als functie van de afstand voor een 51 jaar oude proefpersoon met goed vertezien.

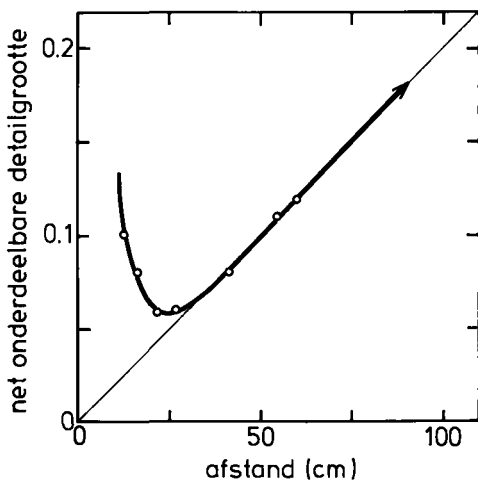


Fig. 7. Dezelfde resultaten als Fig. 6, maar nu uitgezet in termen van de net onderscheidbare detailgrootte.

schiktheid voor priegelwerk de "Priegelttest". Een prototype van die test - in feite een aangepaste TNO-kaart op miniformaat, ingebouwd in een zaklantaarn - werd bij een werkbezoek door H.M. Koningin



Fig. 8. H.M. Koningin Juliana beproeft de Priegeltest.

Juliana op hoog nivo getoetst (Fig. 8). Een toetsing op grotere schaal gebeurde op de tentoonstelling Het Instrument, aan 506 bezoekers. Uit de verdeling van het "priegelvermogen" (Fig. 9) ziet men hoe zelfs onder die geschoolde bevolking met het toenemen van de leeftijd een fors percentage blijkt te groeien van mensen met een tekort schietend gezichtsvermogen nabij - voor het grootste deel waarschijnlijk door het achterblijven in brilvoorziening.

KONKLUSIES

Ook aan zo iets schijnbaar simpels als het meten van de gezichtsscherpte bleken nogal haken en ogen te zitten. Verbetering van de leeskaart bleek in elk geval in een duidelijke behoefte te voorzien. Of dat ook tot een beter inzicht leidde omtrent de betekenis van, met name, een goede gezichtsscherpte, blijft een beetje de

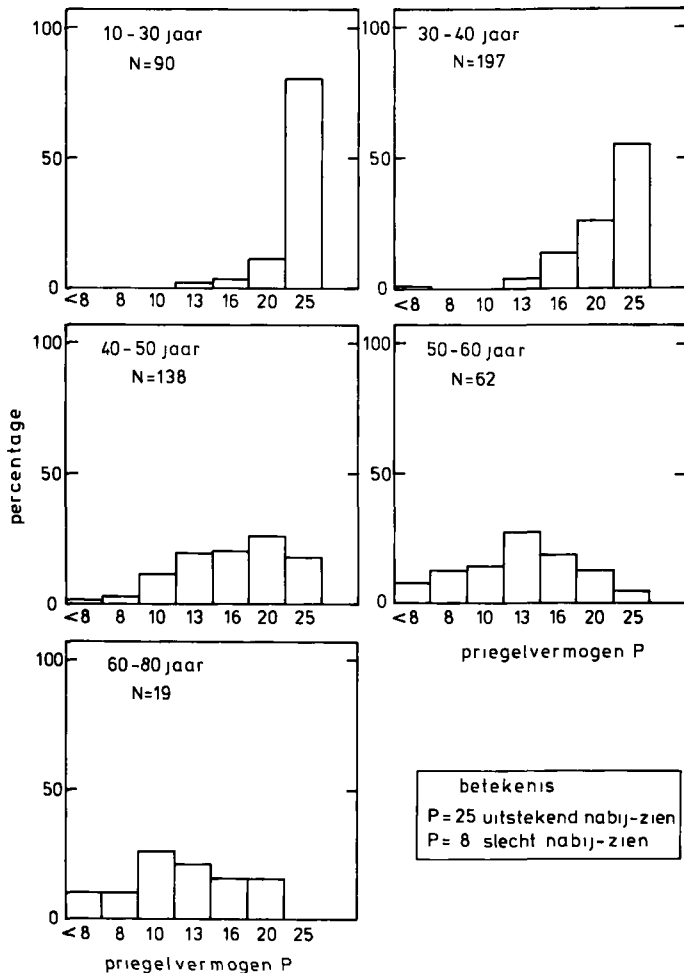


Fig. 9. Verdeling van het Priegelvermogen over proefpersonen van verschillende leeftijdsgroepen. Een lage score wijst in eerste instantie op wenselijkheid van de betere (lees)bril.

vraag. In elk geval leidde het denken over gezichtsscherpte ons tot de konseptie van het begrip priegelvermogen en het werken aan een test - in feite een doe-het-zelf test - om te zien of men, in verband met het ouder worden, alweer aan een nieuwe bril toe is.

ENKELE PUBLIKATIES

- J.J. Vos, Kwaliteitsverbetering van de leeskaart bij de oogarts.
TNO-Nieuws 24, 337-340 (1969).
- J.J. Vos, Standaardisering van de gezichtsscherptebepaling met
Optotypenkaarten. T. Soc. Geneesk. 47, Suppl. 3, 1-19 (1969).
- J. Boogaard en J.J. Vos, Visuele eisen te stellen aan officieren
van de Zeedienst. Rapport IZF 1974-15.
- J. Boogaard en J.J. Vos, Mogelijkheden tot herziening van visuele
keuringseisen en -methoden bij de Nederlandse Krijgsmacht.
Rapport IZF 1976-2.
- D. van Norren en R.E. van Leeuwen, Gezichtsscherpte als functie
van symbool-, ondergrond- en omgevingsluminantie.
Rapport IZF 1978-C22.
- J.J. Vos, We meten nu wel gezichtsscherpte, maar wat doen we met
de resultaten? TNO-Projekt 9, 13-17 (1981).

ERGONOMISCH ONDERZOEK BETREFFENDE SCHEEPSBRUGGEN

A. Lazet

OPKOMST VAN DE ERGONOMISCHE BENADERING

In opdracht van de Koninklijke Marine en de Koninklijke Redersvereniging wordt sinds 1962 onderzoek verricht om tot een "optimale" brugindeling te komen voor verschillende typen schepen. Teneinde de taak van het brugpersoneel zo doelmatig mogelijk te laten verlopen was het van belang het totale brugsysteem aan te passen aan de menselijke mogelijkheden en beperkingen.

In het ontwerp van de KM-schepen: Van Speyk-klasse fregatten, loodsvaartuigen, bevoorradingsschepen, Noordzee-opnemers, oceanografisch vaartuig, G.W.-fregatten, standaard fregatten en mijnenbestrijdingsvaartuigen is een duidelijke ontwikkeling zichtbaar.

Het brugontwerp is wat betreft de instrumentatie in de loop der jaren sterk veranderd. Aan de primaire functies van de brug is echter weinig veranderd. In deze functies gaat het nog steeds om er voor te zorgen dat het schip wat betreft de navigatie zo veilig mogelijk zijn taak kan uitvoeren.

Hierbij speelt de visuele waarneming een zeer belangrijke rol. In de brugontwikkeling van de KM-schepen komt dit duidelijk naar voren. Bij de oudere schepen zijn de ramen cirkelvormig, hierdoor ontstaan grote blinde sectoren waardoor het uitzicht naar buiten beperkt is. Bij de nieuwere schepen is het raamoppervlak sterk vergroot door gebruik te maken van rechthoekige ramen met smalle tussentijlen. Er heeft eveneens een duidelijke ontwikkeling plaats gevonden in de brugautomatisering. In de oude schepen worden de machines

van de voortstuwingsinstallaties via telegraaforders vanaf de brug, in de machinekamer bediend. In de nieuwe schepen is er een direkte bediening van de machines vanaf de brug.

De ontwikkeling van de koopvaardij schepen is in sommige opzichten een voorloper van de KM-schepen, b.v. de toepassing van automatische stuurinstallaties. Daarentegen heeft het brugpersoneel op alle moderne KM-schepen een zitpositie, terwijl dit voor de koopvaardij zeker geen regel is. De functie-eisen te stellen aan de navigatiebrug van een KM-schip zijn verschillend van die te stellen aan de brug van een koopvaardij schip. Met koopvaardij schepen worden geen gevechtshandelingen uitgevoerd waarbij allerlei moeilijke manoeuvreerhandelingen noodzakelijk zijn, evenals het varen in samenwerkingsverband met andere schepen. Hierbij speelt de onderlinge communicatie tussen de KM-schepen een grote rol en is totaal verschillend ten opzichte van de koopvaardij schepen. Ondanks deze verschillen is de taak voor wat betreft het navigeren in het scheepvaartverkeer volkomen gelijk.

Bij de schepen welke voor 1960 gebouwd zijn, is er geen sprake van toegepast ergonomisch onderzoek. Het brugontwerp was opgebouwd uit voorgaande ervaringen en in belangrijke mate uit traditie. De aanpassing van apparatuur aan de mens is pas na 1960 ontstaan.

Verskillende factoren, zoals toenemende scheepvaartintensiteit en verschillen in manoeuvreerbaarheid per scheepstype, benadrukken de mens/machine relatie van het systeem schip. De brug van een schip neemt hierbij een belangrijke plaats in, omdat daar de mens/machine relatie "vorm" wordt gegeven in de breedste betekenis.

Ongevallen ter zee worden voor een groot deel aan menselijk falen toegeschreven en voor een klein deel aan technische storingen. Het grote aandeel van de menselijke fouten is terug te voeren op fouten in het mens/schip systeem. Belangrijke factoren die bijdragen tot ongevallen zijn o.a. onoplettendheid van het brugpersoneel, dualistische relatie tussen loods en gezagvoerder, slechte informatie-presentatie en foutieve operationele procedures. Het ontwerp van de brug speelt hierbij een grote rol en dient volgens ergonomische principes ontworpen te worden, d.w.z. uitgaande van de defi-

nitie van ergonomie: het zodanig ontwerpen van produkten, gereedschappen, werkomgeving en werkmethoden, dat een optimale efficiency, veiligheid en comfort wordt bereikt bij de bediening en onderhoud van het mens/machine systeem.

Als voorbeeld van ergonomisch onderzoek voor scheepsbruggen, zal hierna een onderzoek besproken worden betreffende het brugontwerp van koopvaardij-schepen. De ervaring opgedaan met eerdere onderzoeken van voorgenoemde type KM-schepen is verwerkt in dit onderzoek.

Eén van de voornaamste vragen in dit onderzoek betrof de positie van de bedieningsconsoles van kapitein en stuurman. Zou men die niet beter tegen het frontschot kunnen plaatsen (zoals bij auto's, treinen en vliegtuigen), of moest men vasthouden aan de eis van een vrije doorloop langs het frontschot van bakboord naar stuurboord.

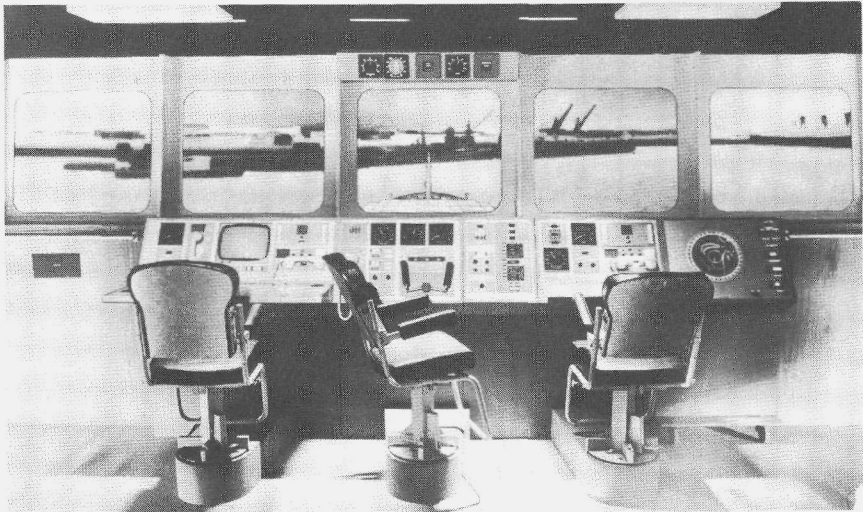


Fig. 1. Brugindeling met konsoles tegen frontschot (mock-up foto in simulator).

Tabel I. Voorbeelden van een vragenlijst, ingevuld door Nederlandse koopvaardij-officieren. Antwoorden zijn gegeven als een percentage van de groep (C = gezagvoerders en stuurlieden, in totaal 67 man; P = loodsen, in totaal 48 man).

	eens		geen mening		oneens	
	C	P	C	P	C	P
WAARNEMING VAN DE OMGEVING						
15. Uitzicht vanaf de brug over 215 ^o is zeker voldoende	7	4	0	2	93	94
16. Voor navigeren hangt alles af van goede waarnemingskondities	79	79	5	0	16	21
PLAATS VAN INSTRUMENTEN						
27. Een extra radar aan het frontschot is altijd aan te bevelen	96	98	2	0	2	2
32. Het gebruik van bepaalde instrumenten hangt dikwijls af van de plaats waar ze zijn bevestigd						
LEZEN EN BEDIENEN VAN INSTRUMENTEN						
70. Het interpreteren van radarbeelden is er gemakkelijk	20	15	7	2	73	83
78. Het moet altijd mogelijk zijn om de kaart en het radar in snelle opeenvolging met elkaar te vergelijken	91	94	0	0	9	6
VERLICHTING VAN DE BRUG EN INSTRUMENTEN						
96. Het gebeurt vaak dat iemand een zaklantaarn of een aansteker moet gebruiken om iets op de brug te verlichten	86	96	0	2	14	2
ZWAARTE VAN DE TAAK						
122. Tijdens de wacht moet men tijdens druk scheepvaartverkeer aan te veel dingen op dezelfde tijd aandacht schenken	68	69	2	0	30	31
De wacht tijdens oceaanroutes is zeer monotoon	71	70	4	15	25	15

Bij dit hier als voorbeeld behandelde onderzoeksproject zijn vrijwel alle middelen en methoden die in de loop der tijden verder ontwikkeld, in zinvolle aanvulling op elkaar, toegepast:

- analyses van bestaande brugindelingen
- interviews met brugpersoneel
- schaalmodellen
- ware grootte mockups
- manoeuvreer-simulator.

INTERVIEWS EN VRAGENLIJSTEN

Om een indruk te krijgen van heersende meningen betreffende de brugindeling zijn enige verkennende reizen gemaakt op verschillende typen schepen. Naar aanleiding van de interviews aan boord werd een vragenlijst opgesteld. Deze lijst bestond uit 138 items waarop officieren moesten reageren door het maken van een keuze uit drie antwoordcategorieën: eens, geen mening of oneens. De vragen waren verdeeld over 11 onderwerpen o.a. brugindeling, uitzicht, radar, navigatie-instrumenten, machine-informatie, taakbelasting e.d. De volgorde der vragen was willekeurig over de groepen verdeeld. De vragenlijst werd ingevuld door 67 kapiteins en stuurlieden van Nederlandse rederijen en 48 Nederlandse loodsen. Tabel I geeft een voorbeeld van enkele vragen uit de lijst met de daarbij verkregen antwoordpercentages.

Uit de antwoorden kon worden gekonkludeerd dat de betreffende officieren een aantal verbeteringen mogelijk achten.

Ten eerste diende men zo mogelijk te beschikken over een onbeperkt zicht rondom.

Ten tweede zou er een extra radarscherm bij het frontschot moeten staan.

Ten derde zou de kaartentafel niet in een aparte ruimte moeten staan en zou een direkte vergelijking tussen kaart en radarbeeld mogelijk moeten zijn.

Ten vierde werd de verlichting op de brug als slecht beoordeeld.

Ten vijfde zou meer aandacht aan comfort besteed moeten worden.

Op grond van deze uitslag en gebruik makend van de bestaande ervaringen uit de talloze onderzoeken voor de Koninklijke Marine in de voorafgaande jaren werden nu enige voorontwerpen voor een scheepsbrug gemaakt.

SCHAALMODELLEN

Om een drie-dimensionale indruk te krijgen van het voorontwerp werd een model schaal 1:10 gemaakt. Hierbij was het mogelijk om de verschillende indelingen in drie-dimensionale vorm weer te geven. Omdat eveneens schaalmodellen van personeel gebruikt werden, kon de relatie tussen mens/mens en mens/apparatuur ruwweg aangegeven worden.

De praktijkervaring leert, dat een twee-dimensionale tekening voor niet-ervaren opdrachtgevers maar weinig inzicht verschaft. Het voorstellingsvermogen van de mens schiet kennelijk tekort en een praktische moeilijkheid is dat uitgangspunten tijdens het voorontwerp nogal eens gewijzigd worden. De werktekening is star en kan niet snel veranderd worden; het schaalmodel is flexibel.

Het gesprek met de opdrachtgevers (gebruikers) over het voorontwerp kan aan de hand van schaalmodellen efficiënt gevoerd worden. Voor de uiteindelijke ergonomische evaluatie van het ontwerp is een schaalmodel dikwijls onvoldoende. Dan bieden ware grootte mock-ups meer mogelijkheden. De kosten daarvan zijn dikwijls slechts een fractie van de kosten van eventuele modificaties tijdens de feitelijke bouw van het te ontwerpen object.

WARE GROOTTE MOCK-UPS

Door middel van ware grootte mockups wordt de uiterlijke vormgeving van de werkplek zo goed mogelijk nagebootst. Men kan zich dan binnen de mockup bewegen als gebruiker en diverse inrichtingsalternatieven proefondervindelijk evalueren. Deze benadering is in het bijzonder effectief in combinatie met groepen van "experts", die het ontwerp beoordelen vanuit hun nautische, technische, operationele en ergonomische achtergrond.

Om de resultaten van het voorgaande onderzoek met interviews, vragenlijsten en schaalmodellen te toetsen werd een mock-up gebouwd,

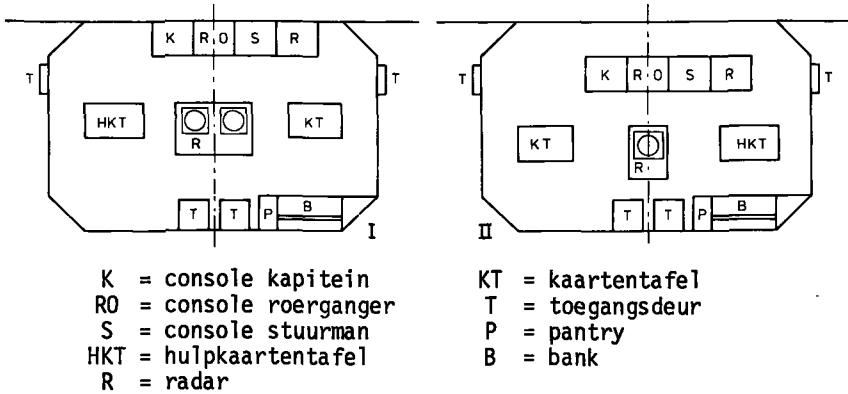


Fig. 2. Brugindeling I geeft een opstelling met consoles tegen het frontschot en indeling II heeft een vrije doorloop tussen de consoles en het frontschot.

waarbij vier verschillende indelingen mogelijk waren. Fig. 2 geeft twee van deze indelingen weer. De beoordelaars, Nederlandse gezagvoerders en stuurlieden, Nederlandse loodsen, alsmede een groep superintendents van rederijen uit Europa beoordeelden aan de hand van vragenlijsten de mock-up.

Voor zover technische aspecten in beschouwing werden genomen, kwamen slechts bestaande instrumenten in aanmerking. De instrumenten en bedieningsmiddelen waren volgens ergonomische principes ontworpen, waarbij om redenen van standaardisatie zoveel mogelijk van een module principe is uitgegaan.

De vier indelingen werden aan de beoordelaar één voor één getoond, waarbij de indelingstekening van de eerst getoonde mock-up steeds als referentie gebruikt werd. Voor de vergelijking van indelingen werd hen gevraagd tien punten te verdelen over twee antwoordcategorieën.

Bij deze beoordelingen werd op 59 items gelet. Na afloop bleek uit een factoren-analyse dat de proefpersonen de inrichtingen voornamelijk op drie "factoren" beoordeelden. Tabel II geeft voor een aantal items de projectie op deze drie factoren weer met weglating van projecties kleiner dan 0.50 (projecties van 1.0 zouden betekenen

Tabel II. Resultaten van een faktor-analyse op polariteitschalen (hoofdkomponenten, varimax rotatie). Faktorladingen beneden de .50 zijn weggelaten.

onderwerp	faktor I	faktor II	faktor III
14. georganiseerd	.57		
16. systematisch	.53		
45. apparatuur gegroepeerd	.52		
49. ordelijk	.72		
58. begrijpelijk	.64		
5. eenvoudig te gebruiken		.81	
8. praktisch		.89	
11. apparatuur goed geplaatst		.69	
21. veroorzaakt geen stress		.69	
26. goed opgesteld		.79	
27. gemakkelijk toegankelijk		.52	
29. reëel		.65	
31. efficiënt		.71	
34. goed overwogen		.79	
35. handig		.84	
43. apparatuur is goed bereikbaar		.65	
50. goede informatie-presentatie		.71	
57. gemakkelijk		.77	
6. goede atmosfeer			.56
20. prettig			.70
39. warm			.60
42. kleurrijk			.55
44. gezellig			.67
52. gezond			.52
55. goede verhoudingen			.53

dat het item geheel met de betreffende faktor identiek is). Op grond van de items met hoge projecties zou men kunnen stellen dat faktor 1 te maken heeft met de inrichting als geheel, faktor 2 met het bedieningsgemak, en faktor 3 met het comfort van de ruimte. Dat zijn dan blijkbaar globaal de punten waar men op heeft gelet.

Opvallend was dat de groep loodsen nagenoeg uniform oordeelde, terwijl de kapiteins en stuurlieden een breed scala van meningen opleverden. Dit verschil tussen loodsen enerzijds en kapiteins en stuurlieden anderzijds moet wel haast in verband staan met het verschil in taak. Loodsen hebben een meer begrensde taak dan kapiteins en stuurlieden.

We komen nu bij de verschillende beoordelingen van de alternatieve lay-outs I en II (zie Fig. 2). Fig. 3 geeft de percentages ten

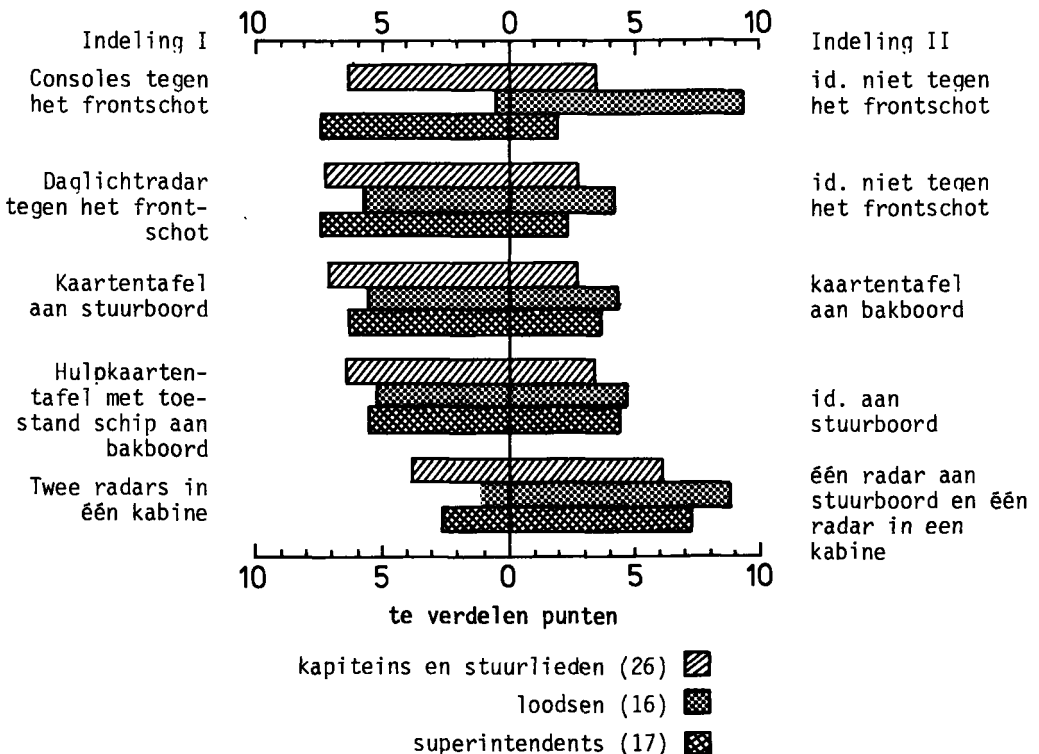


Fig. 3. Vergelijking van twee brugindelingen met behulp van een mock-up. 26 kapiteins en stuurlieden, 16 loodsen en 17 superintendents verdeelden 10 punten per onderwerp.

gunste van I respectievelijk II weer, opgesplitst naar drie categorieën van beoordelaars. Lay-out I wordt in het algemeen het gunstigst beoordeeld. Loodsen bleken echter voorstander van de vrije doorgang langs het frontschot in lay-out II. Over één punt waren de belangrijkste gebruikers, dat wil zeggen de kapiteins en stuurlieden het niet eens, namelijk de vraag of er een radarbeeld vóór op de brug nodig was.

MANOEUVREER-SIMULATOR

Om in het algemeen de mock-up beoordelingen nader te toetsen voor de brug in werking en in het bijzonder om de kontroverse op te lossen over het radarbeeld al dan niet voorop, werd het gewenst geacht nog eens twee lay-outs met elkaar te vergelijken door middel van dynamische simulatie met behulp van de door het IZF ontwikkelde manoeuvreer-simulator. De betreffende lay-outs (A en B) worden weergegeven in Fig. 4.

De toegepaste manoeuvreersimulator bestaat uit vier delen: de brug (mock-up met werkende instrumenten en apparatuur), een com-

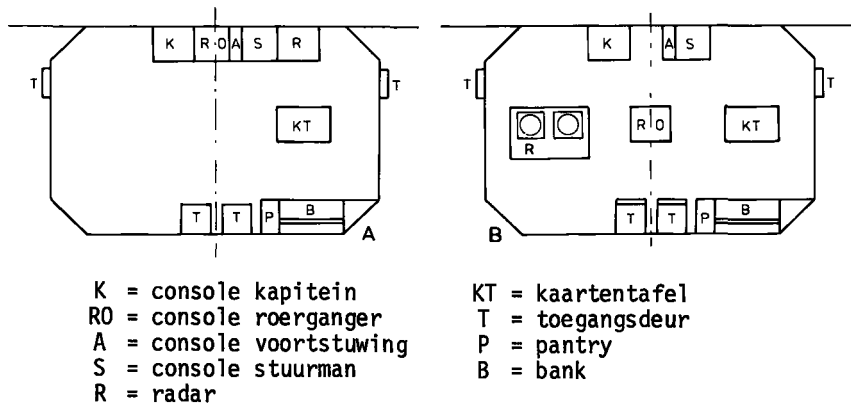


Fig. 4. Brugindeling A geeft een opstelling met consoles tegen het frontschot inclusief radar. In indeling B zijn roerganger en radar naar achteren geplaatst.

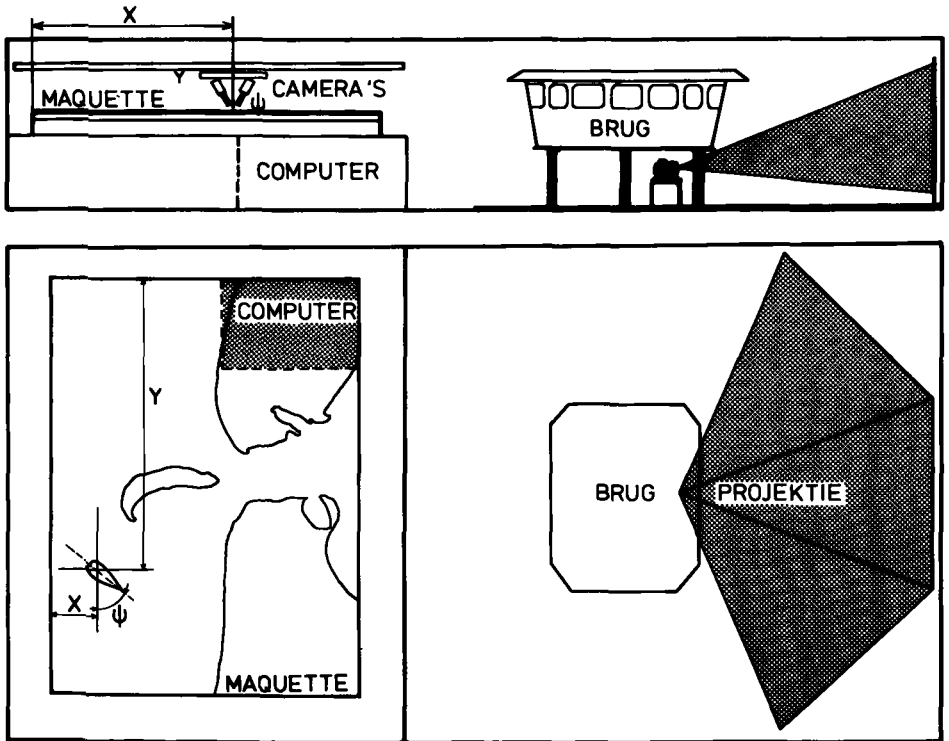


Fig. 5. Manoeuvresimulator, bestaande uit vier delen: de brug (ware grootte model met instrumenten), een computer, een schaalmodel van de scheepsomgeving en een video opname- en projektiesysteem.

puter, een schaalmodel van de scheepsomgeving en een video opname- en projektiesysteem (Fig. 5). Het buitenbeeld wordt opgenomen met een televisiekamera systeem, dit systeem wordt via een x-y transport bewogen boven een maquette (schaalmodel).

Wanneer de proefpersonen in de brug roer- en/of telegraaforders geven, worden deze via de hybride rekenmachine doorgegeven aan het opname systeem. In de rekenmachine is het model van de scheepseigenschappen van het schip ingevoerd, eveneens de verstoren, zoals stroming en wind. Via een TV-grootbeeld projektiesysteem wordt het opgenomen buitenbeeld geprojecteerd op een scherm; dit scherm geeft een

buitenbeeld over een hoek van 120 graden.

Voor het experiment werd een loodsmansvaarwater gekozen vanwege het hoge percentage (20%) scheepsongevallen dat in zo'n gebied plaatsvindt. Gekozen werd voor een zicht van 3 nautische mijlen, dat is een zichtkonditie waarbij zowel gebruik van radar als van het uitzicht gemaakt wordt. Als type schip werd een goed manoeuvreerbaar containerschip gekozen met een waterverplaatsing van 40.000 ton.

In het experiment voerde één gezagvoerder vier naderingen uit van het loodsmansvaarwater onder wisselende kondities van stroom, wind, scheepvaart- en berichtenverkeer. Tweemaal voerde hij de nadering alleen uit en tweemaal werd hij door een stuurman geassisteerd. In totaal namen 16 kapiteins en 16 stuurlieden deel aan het experiment. Na elke vaart en bovendien aan het einde van het experiment werd een deel van de in voorgaande mock-up onderzoeken gebruikte vragenlijst ingevuld.

Uit deze manoeuvreerexperimenten bleek nu dat de snelheid van het vaartuig met lay-out B 15% lager lag dan met lay-out A in de trajektgedeelten waar in ander verkeer werd gepasseerd. Met lay-out A werden ook veel kleinere afwijkingen gevonden tussen de geplande en de werkelijk gevaren baan. Er was een opvallend verschil tussen de lay-outs inzake het gebruik van de radar. Met lay-out A werd verhoudingsgewijze meer gebruik gemaakt van het radarbeeld en minder van het visuele buitenbeeld.

Vergelijkt men de beoordelingen aan de hand van de vragenlijsten, zoals die eerst in de ware grootte mock-ups waren gedaan en nu later ook na deelname aan het manoeuvreerexperiment, dan valt tenslotte nog op hoe in het laatste geval het oordeel van kapiteins en stuurlieden veel meer met elkaar overeenstemde. Ieders voorkeuring nu uit naar lay-out A. Men kan dit beschouwen als een bevestiging van het vermoeden, dat dynamische simulatie een bepaalde meerwaarde heeft vergeleken met statische simulatie.

HELPT HET?

Het gebruik van vragenlijsten blijkt vooral van belang voor het opsporen van fouten in het brugontwerp. De inrichting van de

brug als werkplek kan, vooral wat betreft de samenstellende delen, goed beoordeeld worden met een mock-up. Het gebruik van modellen en mock-ups t.b.v. het ontwerpen van navigatiebruggen is nuttig en zuinig. Nuttig in die zin dat de werkruimte voor de mens efficiënt, veilig en comfortabel wordt; zuinig in die zin dat de kosten voor veranderingen in de mock-up maar enkele procenten bedragen ten opzichte van veranderingen in de werkelijke situatie. Voor de configuratie van de brug als geheel, waarin de onderlinge relaties van consoles in verband worden gebracht met de taakuitvoering, verdient de toepassing van simulatie sterk de voorkeur.

Het onderzoek heeft bepaald initiërend gewerkt. Het afsluitend rapport "Merchant Vessel Bridge Layout" geniet een internationale belangstelling. Aan de hand van dit rapport zijn reeds enige navigatiebruggen gebouwd.

Wat de marine betreft was de ervaring opgedaan tijdens de proefvaarten met KM-schepen uiterst nuttig uit oogpunt van evaluatie. Hierdoor kan gezegd worden dat de navigatiebrug van de standaard-fregatten voldoet aan strenge eisen wat betreft de relatie mens/omgeving in het bijzonder in zake de overzichtelijkheid en eenvoudige bediening van apparatuur. Van de zijde van de Koninklijke Marine hebben wij begrepen, dat het ontwerp van deze navigatiebrug als toonaangevend voor marineschepen voor de 80-er jaren wordt beschouwd.

ENKELE PUBLIKATIES

Bridge design on Dutch Merchant vessels; an ergonomic study:

- A. Lazet, H. Schuffel, J. Moraal, H.J. Leebeek en H. van Dam,
Part 1: A summary of ergonomic points of view (1973A).
- J. Moraal, H. Schuffel en A. Lazet, Part 2: First results of a questionnaire completed by captains, navigating officers and pilots (1973).
- A. Lazet, H. Schuffel, J. Moraal, H.J. Leebeek en H. van Dam,
Part 3: Observations and preliminary recommendations (1973B).

J. Moraal, H. Schuffel, H.J. Leebeek en A. Lazet, Part 4:
Evaluation of standards and recommendations by means of a
static mock-up (1975).

H. Schuffel en C.L. Truijens, Part 5: Evaluation of bridge lay-out
by means of simulation (1978).

OVER DE AFSTAND TUSSEN WAL EN SCHIP; VAARWEGONTWERP DOOR MIDDEL VAN SIMULATIE

H. Schuffel

DE SITUATIE BIJ DE HARTELBRUG

In 1975 nam de Rijkswaterstaat een vergroting van de capaciteit van de scheepvaartverbinding tussen Rotterdam en Duisburg in studie. Prognoses van het massavervoer van Europoort naar Ruhrgebied gaven daar aanleiding toe. Een deel van deze studie betrof het Hartelkanaal met als knelpunt de Hartelsluizen. Overwogen werd een open vaarweg naast het bestaande sluisencomplex te graven. Het Hartelkanaal zou dan via de Oude Maas een open verbinding met de Noordzee krijgen en een deel van de studie was gewijd aan de gevolgen van het binnenstromen van zout water. Daarnaast wilden de ontwerpers natuurlijk voorspellen hoe effectief de open verbinding door de scheepvaart gebruikt zou kunnen worden.

In een waterbouwkundige studie werd een open Hartelkanaal voorgesteld met een nuttige vaarbreedte ter plaatse van de Hartelbrug van 96 meter. Figuur 1 geeft een overzicht van de situatie. Men wenste de Hartelsluizen met de bestaande beweegbare brug voor bijzondere transporten te handhaven. Van nautische zijde werd een doorvaart van 96 meter te smal gevonden om van een onbelemmerde doorgang te kunnen spreken, met name voor elkaar tegemoetkomende duweenheden. Als uitvoerbaar alternatief zag men een verruiming van de vaarwegbreedte oostelijk van de brug, zoals ook in Fig. 1 is weergegeven.

De situatie is zonder meer ongemakkelijk te noemen voor de scheepvaart. Bij het binnenvaren van het Hartelkanaal vanaf de Oude

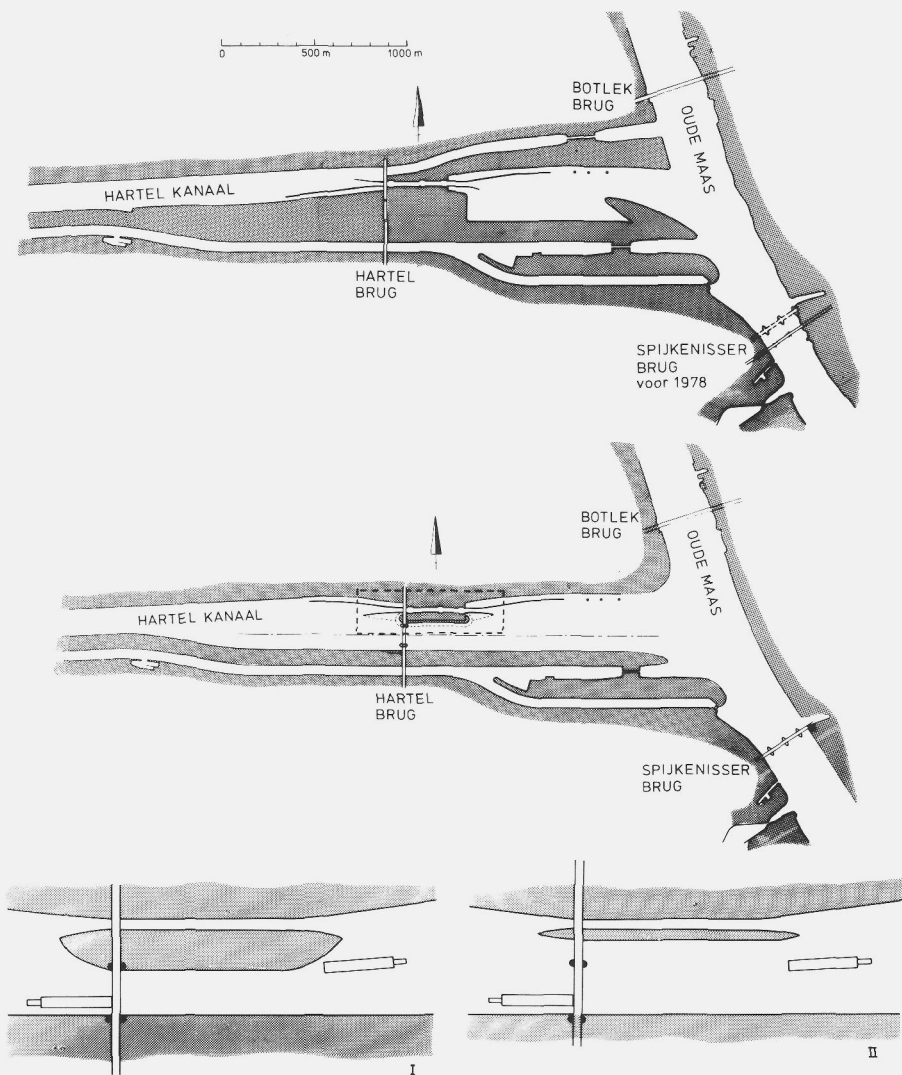


Fig. 1. Bovenaan is de bestaande situatie aangegeven. Daaronder wordt een open verbinding tussen Oude Maas en Hartelkanaal aangegeven. Ter plaatse van de Hartelbrug bestond een vaarwegalternatief. De breedte hiervan bedroeg ca. 50 m meer dan de vaarweg tussen de peilers van de brug. Eventuele verbreding zou ten koste gaan van een versmalling van het sluseiland. De oorspronkelijk ontworpen doorvaart wordt de smalle doorvaart genoemd (I), het alternatief de brede doorvaart (II). Duwvaarteenheden maken altijd van de 96 m brede doorvaart gebruik. De lege, door de proefpersonen bestuurd eenheid nadert de brug. Een zich in tegengestelde richting bewegende eenheid is gestippeld getekend.

Maas moet een bocht van 90° gemaakt worden. Wind en stroom kunnen daarbij een sterk versturende invloed hebben, in het bijzonder op lege duweenheden met een lengte van circa 180 meter, een diepgang van 60 centimeter, en een zijdelings oppervlak van circa 450 m^2 . Zou men in dit extreem moeilijke geval wel in staat zijn de gewenste manoeuvres uit te voeren, in het bijzonder bij ongunstige combinaties van wind, stroom en ander verkeer? Proeven met de IZF-scheepvaartsimulator (zie Fig. 2) bleken het aangewezen middel te zijn voor het beantwoorden van deze vraag.

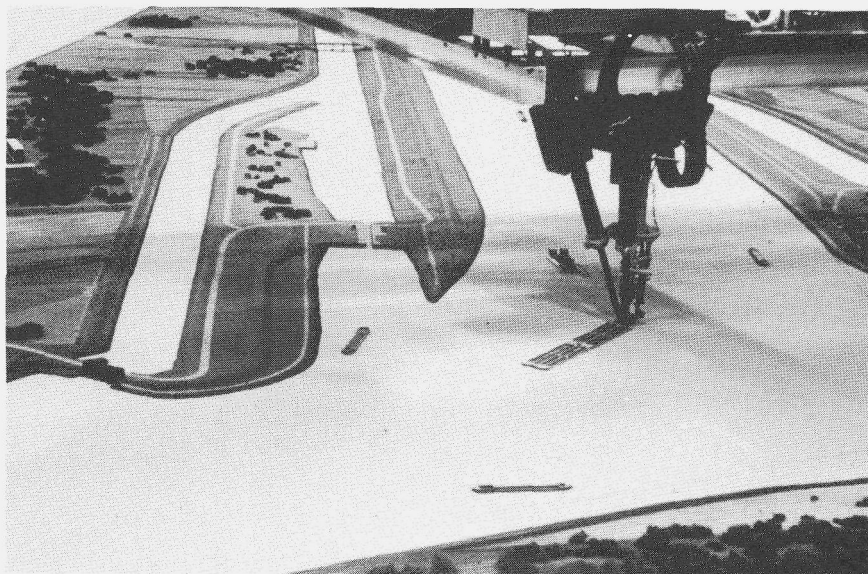


Fig. 2. Maquette van het Hartelgebied met daarin een model van een duweenheden die het open Hartelkanaal verlaat in de richting van de Oude Maas. Boven het model van de duweenheden bevindt zich het TV-kamera systeem. Het daarmee opgenomen beeld wordt geprojecteerd op een scherm dat rondom de mock-up van het stuurhuis staat opgesteld. Het opnamesysteem wordt, volgens de bewegingsvergelijkingen van het schip, door de duwbootkapiteins vanuit de mock-up gestuurd.

BESCHIKBARE GEGEVENS

Gegevens over stroomsnelheden en stromingspatronen ter plaatse waren voorhanden uit modelproeven van het Waterloopkundig Laboratorium "De Voorst". Uit enkele veldexperimenten was ook bekend welke drifthoeken lege duweenheden bij zijwind zouden moeten sturen om zijwaartse verplaatsing te compenseren, maar dat betrof alleen stationaire toestanden. Bij de Directie Beneden Rivieren bestond voorts een nota inzake duwvaartkonvoeien met manoeuvreergegevens voor een aantal eenvoudige koersveranderingen. Tenslotte waren er proeven met een model van een duweenheid in het Waterloopkundig Laboratorium gedaan, maar daarbij werd de rol van de menselijke besturing geheel uitgeschakeld. Dit werd als een ernstig gemis beoordeeld en men durfde het niet aan op grond van deze beschikbare gegevens alleen de effectiviteit van de open Hartelverbinding te evalueren.

Ook voor betrouwbare simulatie waren diverse gegevens nodig inzake de dynamica van de lege duweenheden. Besloten werd de duwboot EWT-101 als voorbeeld te kiezen met 2 x 2 lege Europa II-A bakken. Deze duwboot heeft een relatief klein vermogen en wordt hier gekombineerd met een grote duwbakken-konfiguratie: wat deze combinatie kan, kunnen andere combinaties ook wel.

De gekozen duweenheid heeft een lengte van 36,18 m, een breedte van 9,53 m en een waterverplaatsing van 400 ton. Twee schroeven leveren elk 1200 APK bij 375 omw/min. De maximale snelheid bedraagt 16 km/uur. Het toerental wordt direkt vanaf het stuurhuis geregeld. Vanwege de geringe diepgang bestaat het roer achter elke schroef uit 2 roerbladen. Aan de voorzijde onder de voorkant van de voorste bak, bevinden zich twee boegroeren, die ook vanaf de brug bediend kunnen worden (in werkelijkheid bezit het betreffende type duwboot nog 2 flankeringsroeren voor achteruitslaan, maar die werden niet in de simulatie betrokken). De kapitein bevindt zich aan de voorzijde van het stuurhuis met onbelemmerd uitzicht (zie Fig. 3).

In de literatuur waren wel gegevens te vinden waarmee de grootte van schroef- en roerkrachten berekend konden worden. Over de grootte van romp- en windkrachten waren uitsluitend algemene gegevens bekend, zodat voor het bepalen van deze factoren modelonder-

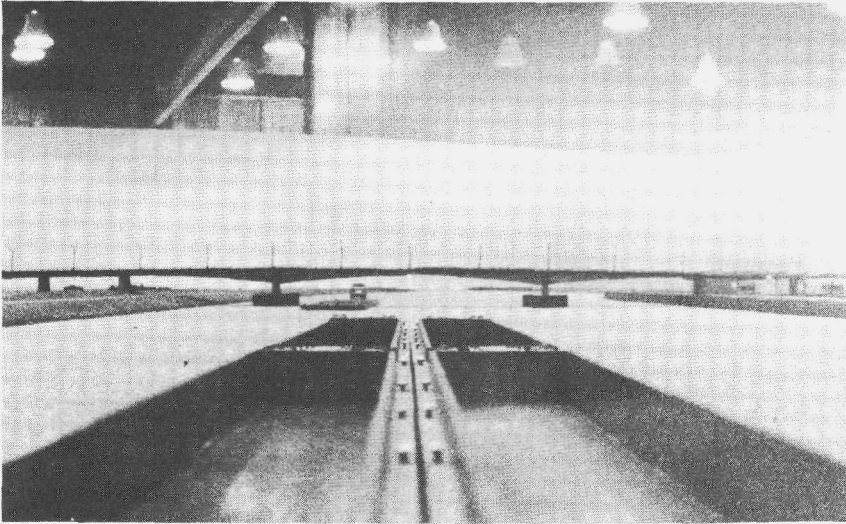


Fig. 3. Het uitzicht vanuit de stuurhut opgenomen in de maquette. In de verte is de Hartelbrug zichtbaar. Rechts bevindt zich het sluseiland.

zoek of ware-grootte proeven verricht zouden moeten worden. Vanwege de medewerking die door Europese Waterweg Transporten BV (EWT) en door de Dienst Hydronautisch Onderzoek (HNO) van RWS kon worden verleend, werden een aantal ware-grootte proeven op het Haringvliet uitgevoerd.

Voor het bepalen van de windkrachten werd modelonderzoek uitgevoerd in de windtunnel van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium. De rompkrachten konden, na het berekenen van de andere krachten, afgeleid worden uit de ware-grootte proeven. Op deze wijze kon een betrouwbaar wiskundig model van de scheepsbewegingen worden gekonstrueerd.

VALIDATIE

Hoe valide is de simulatie? Hoe zeker kunnen we zijn dat de ervaringen in de simulator mogen worden doorgetrokken naar de werke-

lijkheid?

Om deze vraag te beantwoorden zou men zowel in werkelijkheid als in de simulator een aantal vaarten kunnen maken, bijvoorbeeld van de Oude Spijkenisserbrug naar de Hartelsluis (zie Fig. 1). Het maken van de echte vaarten bleek in de praktijk niet uitvoerbaar, althans niet op de gewenste manier en met de gewenste registraties. Daarom moest volstaan worden met een andere benadering. Deze ging er vanuit dat het gedrag van de gesimuleerde eenheid moest overeenkomen met de ervaringen en verwachtingen van ervaren duwbootkaptains.

Er werden 64 situatieschetsen gekonstrueerd van de bestaande situatie (Oude Spijkenisserbrug en Hartelsluis). In deze situaties waren windrichting, windkracht, getijde en startpositie van de duweenheid systematisch gevarieerd. Elk van vier proefpersonen (kaptains) beoordeelde 32 van deze situaties met behulp van de lijst met vijf vragen. De vragen hadden betrekking op de verwachte haalbaarheid van de passage van het traject Spijkenisserbrug-Hartelsluis en op het gebruik van het koproer. Na de beantwoording van deze vragen maakte elke proefpersoon in de simulator 16 vaarten.

De antwoorden op de vooraf gestelde vragen en de uitkomsten van de proefvaarten in de simulator werden op twee manieren vergeleken. Eerst werd de correlatie bepaald tussen de voorspellingen en de uitkomsten. Deze bleek 0.61 te bedragen, gemiddeld over alle vaarten. Dat is misschien geen erg hoge correlatie maar wel van dezelfde grootte orde als die tussen de voorspellingen van de verschillende deelnemende ervaren duwbootkaptains, die 0.56 bedroeg. Vervolgens werd een variantie-analyse uitgevoerd waarbij voorspellingen en uitkomsten als twee kondities van een variabele werden opgevat. Daarbij traden geen significante verschillen aan de dag.

Samenvattend kan gekonkludeerd worden dat de duwbootkaptains van mening waren dat zij manoeuvres in de simulator op dezelfde wijze als in de werkelijkheid uitvoerden. Deze indirecte methode van het bepalen van validiteit werd gevolgd, omdat het praktisch niet mogelijk bleek te zijn manoeuvres in simulatie en werkelijkheid rechtstreeks te vergelijken. De hier gebezigde methode bleek

een goed alternatief te zijn.

GESIMULEERDE DOORVAART VAN DE HARTELBRUG MET LEGE DUWBAKKEN

In een eerste experiment werden alle belangrijk geachte factoren onderzocht voor de oorspronkelijk geplande situatie met een doorvaart van 96 m (zie Fig. 1). Proefpersonen werd gevraagd vanaf de Oude Maas door de Spijkenisserbrug te varen, het Hartelkanaal in te draaien en onder de Hartelbrug door te varen. Dit gebeurde drie-maal voor ieder van de 32 kondities, bestaande uit combinaties van windkrachten 5 en 7 (op de schaal van Beaufort), de 8 hoofdwind-richtingen van het kompas, en eb en vloed, in totaal dus 96 runs. Aan het experiment namen 6 duwbootkapiteins van EWT deel.

Eventuele ontmoetingen met andere schepen dienden in beschouwing genomen te worden, zodat de proefpersonen werd gevraagd stuurboordzijde van het kanaal te houden. Om deze instructie te ondersteunen werd van tijd tot tijd een run met een tegenligger ingelast, zonder dat de proefpersonen hiervan wisten.

Iedere 10 seconden werd de positie van het schip vastgelegd.

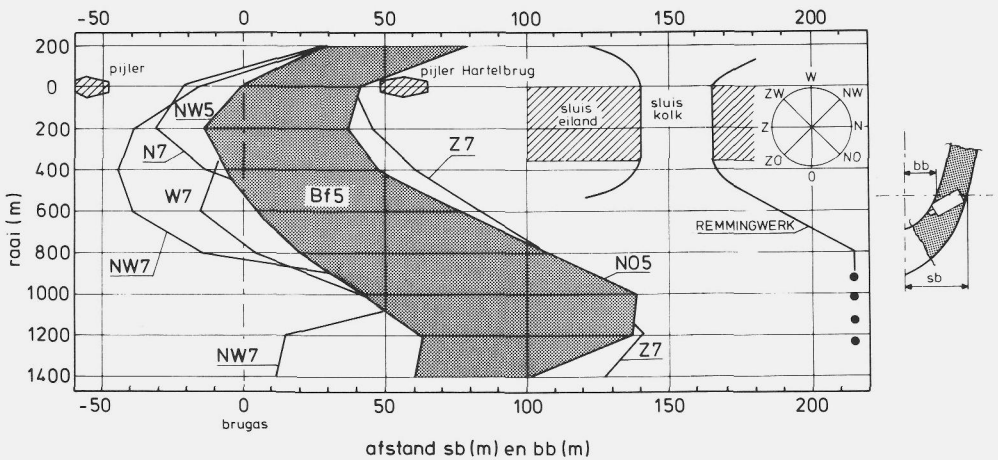


Fig. 4. De omhullende aan stuur- en bakboord van de vaarbaan, gemiddeld over het tij, als functie van de afstand tot de Hartelbrug, bij verschillende windrichtingen en windsterkten.

In Fig. 4 is het resultaat weergegeven voor het traject van 1400 m voor tot 200 m voorbij de Hartelbrug voor alle windkondities. Uitgezet zijn hier de omhullende van de vaarbaan aan bak- en stuurboordzijde, gemiddeld over de eb- en vloedvaarten. Duidelijk blijkt dat het met noordwestelijke wind, windkracht 7 onmogelijk is de stuurboordzijde van het vaarwater te houden, en hetzelfde geldt voor noordelijke wind, windkracht 7. Voor het overige konden de proefpersonen de invloed van stroom en wind op de positie van het schip goed compenseren.

Vloed, gemiddeld over windsterkte en -richting, veroorzaakte t.o.v. eb een verschuiving van de karakteristieke krommingen in de gevaren route in de richting van de Hartelbrug, maar leverde geen problemen op.

De posities van de lege duweenheid in de Hartelmond bleken zeer verschillend voor de verschillende kondities. Bij Z, O, en ZW wind werd het remmingwerk noordelijk van het sluislichaam tot op een scheepsbreedte genaderd.

VERGELIJKING VAN TWEE VAARWEGONTWERPEN

Uit het vorige experiment bleek dat bepaalde combinaties van windsterkte en windrichting sterke invloed te hebben op de vaarbaan van lege duweenheden. Met het oog op het passeren van tegenliggers moesten vooral moeilijkheden worden verwacht bij N en NW wind, windkracht 7. Er werd nu besloten tot een tweede experiment gericht op de vergelijking van de twee vaarwegontwerpen van Fig. 1, die wij hier met "smalle doorvaart" en "brede doorvaart" zullen aanduiden. Daarbij moet men zich realiseren dat proefpersonen in beide gevallen onder de brug door moeten varen. Het verschil zit in de verbreding van de doorvaart oostelijk van de brug.

Wederom werden de proefpersonen gevraagd vanaf de Oude Maas door de Spijkenisserbrug te varen, het Hartelkanaal in te draaien en onder de Hartelbrug door te varen, ditmaal steeds met een tegenligger. Als tegenliggend verkeer werd een geladen duwvaartkonfiguratie gekozen, omdat het de meest waarschijnlijke tegenligger zou zijn en tevens, vanwege de lengte, de moeilijkste passage zou ople-

veren in vergelijking met andere schepen. De tegenligger voer een rechte koers aan bakboordzijde van het vaarwater met een snelheid van 13 km/uur. Deze tegenligger werd op een dusdanig tijdstip in beweging gebracht dat de ontmoeting altijd onder de brug plaatsvond of 250 m oostelijk van de brug.

Ook in dit experiment werd driemaal gevaren voor ieder van de 32 kondities, bestaande uit combinaties van de zojuist genoemde twee verschillende ontmoetingspunten, de windkrachten 5 en 7, de windrichtingen ZW, W, NW en N, en de beide verschillende doorvaart-breedten, in totaal weer 96 runs. De keuze van de windrichtingen is gebaseerd op de ervaringen met N en NW in het vorige experiment, terwijl voorts werd overwogen dat W en in het bijzonder ZW-winden zeer vaak voorkomen. ZW-wind met windkracht groter dan 5 bijvoorbeeld treedt 35% van de tijd op. Van de stroomkondities werd alleen vloed in het experiment meegenomen, omdat in die konditie de karakteristieke krommingen van de vaarbanen het dichtste bij de Hartel-brug lagen.

Aan het experiment namen 6 duwvaartkapiteins deel, 2 van EWT en 4 van Van Ommeren. Het dagprogramma liep van 9.00 's morgens tot 5.00 's middags. De twee op een dag aanwezige kapiteins maakten afwisselend een vaart.

De instructie aan de proefpersonen hield onder meer in dat men rekening diende te houden met een tegenligger en door moest varen, ook als men in dat geval in de praktijk liever zou stoppen. De geladen duweenheid werd gepasseerd in simulatie. De proefpersonen werden van het ontmoetingspunt niet op de hoogte gesteld. Windkracht, windrichting en stroom werden voor elke run aangekondigd. De relatieve windkracht en windrichting werden op meters in de mock-up van de stuurhut aangegeven.

Er werd op drie punten gelet: de koershoek, de omhullende van de vaarbaan aan stuurboord, en de omhullende van de vaarbaan aan bakboord. Om de 10 seconden werden deze geregistreerd en de resultaten werden achteraf aan een variantie-analyse onderworpen.

De effecten van vaarweg en wind worden in Tabel I getoond d.m.v. passeerafstanden. Deze afstanden worden gedefinieerd als de

Tabel I. Passeerafstand (m) als functie van windkracht, windrichting, plaats van ontmoeting en de vaarwegalternatieven, gemiddeld over proefpersonen.

Windkracht	5				7			
Ontmoetings- plaats	onder brug		250 m oost van brug		onder brug		250 m oost van brug	
Doorvaart	smal breed		smal breed		smal breed		smal breed	
ZW	32.7	35.0	35.0	35.3	32.7	33.3	36.7	46.7
W	35.0	36.7	40.0	46.7	36.7	35.0	23.3	41.7
NW	13.3	35.0	38.3	33.3	0.0	1.6	1.7	26.7
N	35.0	35.0	45.0	48.0	4.0	8.3	5.0	46.7

kleinste afstanden tussen de omhullenden van de baan van beide schepen op gelijke tijdstippen.

Zoals reeds verwacht kon worden uit het eerste experiment blijkt bij N en NW-wind, windkracht 7 passage onmogelijk onder de Hartelbrug en dat geldt voor beide vaarwegontwerpen. Onder gelijke omstandigheden is passage wel mogelijk bij ontmoetingen in de brede doorvaart oostelijk van de brug. Het passeren van tegenliggers in de brug of oostelijk van de brug bleek met W en ZW-wind, windkracht 7 goed mogelijk te zijn.

Algemeen gesproken trachtten de kapiteins hun schip zo te sturen dat de windinvloed minimaal was, hetgeen resulteerde in grote opstuurhoeken. Op het moment dat de tegenligger en de brug gepasseerd moesten worden, werd de opstuurhoek verkleind en ging de dwarsscheepse krachtenkomponent van de wind sterk overheersen. De resulterende zijwaartse verplaatsing trachtte men tevoren te compenseren door zo hoog mogelijk bovenwinds van de doorvaartpositie in de brugopening te komen.

Omdat de duwboot zelf een grotere diepgang heeft dan de lege bakken, bestaat het gevaar dat bij het zijdelings verplaatsen de kop van het schip zich sneller gaat verplaatsen, waardoor een zwaai-beweging ontstaat. Op dat moment treedt er verlies aan bestuurbaarheid op. Met de beschouwde koproeren betekent een verlaging van

snelheid ook een vermindering van manoeuvreerbaarheid in een dergelijke situatie. Voor een korrekte manoeuvre moet dus snelheid behouden blijven en de zwaaibeweging dient vermeden te worden. Dit betekent dat een goede uitgangspositie ver voor een passage verworven dient te worden. Het is van uitzonderlijk belang dat deze strategie niet door de vormgeving van de vaarweg wordt belemmerd.

ADVIES

De effectiviteit van de smalle doorvaart werd tot windkracht 3 en van de brede doorvaart tot windkracht 5 100% geacht. Over het windkrachtgebied van 0 tot en met 7 werd de effectiviteit van de capaciteit van vaarweg met de smalle doorvaart op 85% en die met de brede doorvaart op 95% geschat. Rekening houdend met andere binnenvaartschepen en gelet op de grote opstuurhoeken bij Z, ZW, N en NW-wind van lege duweenheden, zou het oplopen van andere schepen in de smalle doorvaart belemmerd worden.

Na afweging van deze factoren tegen o.a. de kosten van de extra breedte van 50 m, heeft de RWS in 1978 besloten de brede doorvaart te laten graven. De open verbinding tussen het Hartelkanaal en de Oude Maas zal in 1982 tot stand komen. Het project zal pas in 1984 geheel zijn afgewerkt.

ENKELE PUBLIKATIES

C.L. Truijens en H. Schuffel, Ergonomisch onderzoek "Open Hartelkanaal", Deel III. Validering van de simulatie van duwvaart in het Hartelkanaal. Rapport IZF 1978-C6.

H. Schuffel en C.L. Truijens, Ergonomisch onderzoek "Open Hartelkanaal", Deel VI. De doorvaart van de Hartelbrug met een lege duweenheid, in twee vaarwegconfiguraties en met één tegenligger. Rapport IZF 1978-C9.

H. Schuffel, Simulator study on the design of inlands waterways. Proceedings of the fifth Ship Control Systems Symposium, Annapolis, kl. 2-1, kl. 2-17 (1978).

H. Schuffel, Prediction of the path of an empty push-tow in a constraint navigation channel by means of simulation. Proceedings of the Symposium on Aspects of Navigability of Constraint Waterways, including Harbour Entrances, Delft, 6/2, 27-1, 27-10 (1978).

HET VERSTAAN VAN SPRAAK IN LAWAAI ALS KRITERIUM VOOR SLECHTHORENDHEID

R. Plomp en G.F. Smoorenburg

In 1935 werd in de Verenigde Staten een groot bevolkingsonderzoek uitgevoerd, waarin aan 2,5 miljoen personen ook een aantal vragen werd voorgelegd over hun gehoor. De eerste van vijf graden van auditieve handicap werd hierbij als volgt omschreven: de persoon heeft moeilijkheden met het verstaan van spraak in de kerk, in de schouwburg of in groepskonversatie. De opstellers van deze enquête wisten blijkbaar al dat hinder van geroezemoes en nagalm typerend is voor een lichte graad van slechthorendheid. Toen dit bevolkingsonderzoek in 1971 werd herhaald, koos men echter een heel andere formulering, waaraan moeilijkheden met het verstaan van gefluisterde spraak in stilte als indicatie van een geringe mate van slechthorendheid ten grondslag lag.

Deze wijziging in de omschrijving van de eerste graad van auditieve handicap is kenmerkend voor de manier waarop slechthorendheid tegenwoordig benaderd wordt. Zowel in de praktijk als in het laboratorium is vrijwel alle aandacht gekoncentreerd op de mate waarin gehoorverliezen de drempel voor het verstaan van spraak in stilte bepalen, met verwaarlozing van de vraag hoe zij het verstaan van spraak tegen een achtergrond van lawaai belemmeren. In deze bijdrage willen wij proberen aan te tonen dat deze eenzijdige belangstelling geen recht doet aan de problemen van vele auditief gehandicapten en tot konklusies kan leiden die bij nadere toetsing niet gehandhaafd kunnen worden.

TWEE TYPEN SLECHTHORENDHEID

Voor een beter inzicht in de wijze waarop het verstaan van spraak voor gehoorverliezen wordt beïnvloed, gaan we uit van de normaalhorende. We bieden hem korte zinnen aan van het type "het heeft gisteren geregend" en bepalen het geluiddrukkniveau waarbij de luisteraar in staat is nog juist 50% van deze zinnen korrek te herhalen. Deze drempel voor het verstaan van zinnen wordt niet alleen in stilte gemeten, maar ook als functie van het geluiddrukkniveau van achtergrondlawaai. De getrokken kromme in Fig. 1 geeft het resultaat voor een luisteraar op 1 m afstand van een spreker in een ruimte waarin het stoorlawaai uit alle richtingen komt. Het stoorlawaai in

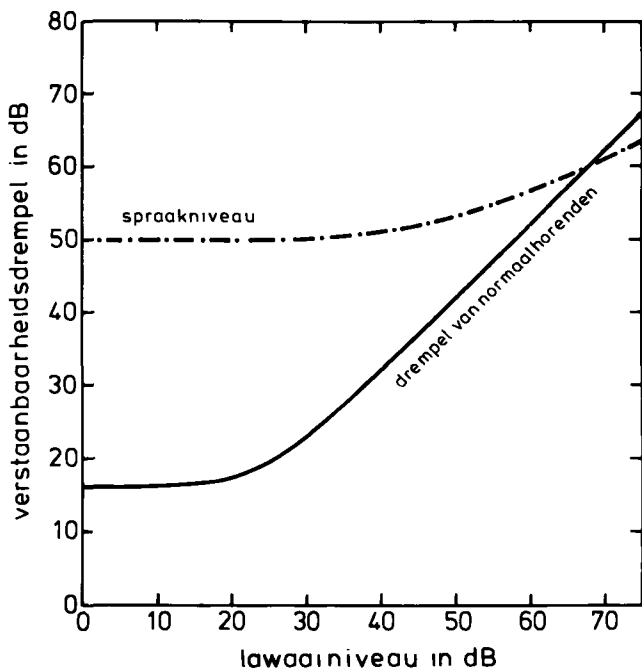


Fig. 1. De continue lijn geeft het geluiddrukkniveau van korte zinnen waarvan nog juist 50% korrek wordt verstaan, de zgn. gehoordrempel voor het verstaan van spraak. De onderbroken lijn is het geluiddrukkniveau van konversatiespraak op een afstand van 1 m. Beide grootheden zijn weergegeven als functie van het geluidniveau van omgevingslawaai.

deze meting lijkt fysisch sterk op het geroezemoes van door elkaar pratende mensen. We zien dat de drempel in stilte op een waarde van 16 dB ligt en in lawaai een helling van 45° heeft, hetgeen betekent dat een 10 dB hoger lawaainiveau een verhoging van het spraakniveau met eveneens 10 dB noodzakelijk maakt teneinde 50% van de zinnen korrekt te kunnen blijven herhalen. Dit is een voor het vervolg van het verhaal belangrijke konstatering: de drempel in lawaai wordt uitsluitend bepaald door de zgn. signaal-ruisverhouding, de verhouding tussen de sterkte van de spraak en van het lawaai; volgens Fig. 1 is deze drempel bereikt wanneer het achtergrondlawaai 8 dB sterker is dan de spraak.

De onderbroken kromme in Fig. 1 geeft het gemiddelde geluid-druk-niveau van konversatiespraak op 1 m afstand van de spreker. We zien dat dit niveau in een stille omgeving bij 50 dB ligt en dat men onwillekeurig wat luider gaat spreken naarmate de omgeving ruoeriger is. In stilte is de afstand tussen de twee krommen $50 \text{ dB} - 16 \text{ dB} = 34 \text{ dB}$, hetgeen ruim voldoende is voor een perfecte verstaanbaarheid. Bij toenemend lawaainiveau wordt de afstand voortdurend kleiner. Men zal moeilijkheden met het verstaan gaan krijgen als het spraakniveau minder dan 5 à 10 dB boven de 50%-drempel ligt. Bij een lawaainiveau van ca. 68 dB snijden de krommen elkaar en is geen konversatie meer mogelijk.

Voor slechthorenden zal de getrokken kromme naar een hoger niveau verschoven zijn. Dit kan, in extreme zin, op twee manieren gebeuren, waarmede twee verschillende typen van slechthorendheid korresponderen. De eerste mogelijkheid is dat de drempel in stilte wel verschoven is, maar in lawaai dezelfde is als voor normaalhorenden. We zullen dit een gehoorverlies van het type A (van *attenuation*) noemen, waarbij zowel de spraak als het lawaai wordt verzwakt. Zo'n verzwakking heeft wel effekt in stilte maar niet in lawaai omdat de signaal-ruisverhouding er niet door verandert. De tweede mogelijkheid is dat de drempelkromme in stilte en in lawaai in dezelfde mate verschoven ligt. Dit noemen we een gehoorverlies van het type D (van *distortion*), waarbij we denken aan vervorming door het gehoororgaan. Hiervoor zijn allerlei oorzaken aan te wijzen, zoals bijv.

een verminderde frequentieselektiviteit van het gehoororgaan. In dat geval kan het oor minder goed de spraak van de ruis scheiden en zal een grotere signaal-ruisverhouding nodig zijn om de spraak te kunnen verstaan. Een dergelijke vergroting zal ook nodig zijn als het oor het gedeelte van het geluid boven bijv. 2000 Hz niet meer doorlaat als gevolg van een lawaaibeschadiging. Het verlies van de hoge frequenties kan dan worden gecompenseerd met een grotere signaal-ruisverhouding. Deze storingen in de signaalverwerking zullen in het algemeen zowel in stilte als in lawaai werkzaam zijn en de hele kromme doen verschuiven.

In Fig. 2 zijn de gewijzigde drempelkrommen voor een verlies van 16 dB van het type A en voor een verlies van 4 dB van het type D

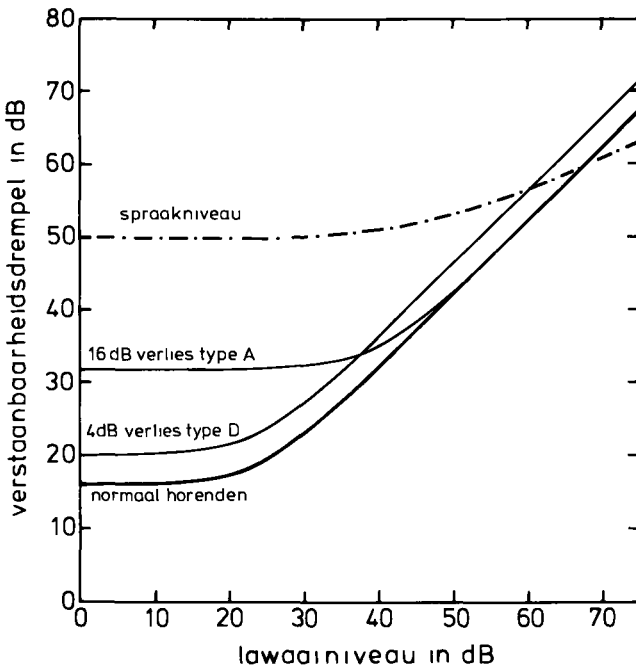


Fig. 2. Illustratie van de drempelverschuiving bij een gehoorverlies van 16 dB van het type A en van 4 dB van het type D.

D weergeven. We zien dat, terwijl het verlies van type A geen problemen bij het verstaan zal geven, zelfs een klein verlies van het type D het verstaan van spraak in lawaai zal bemoeilijken; in het getekende geval is voor $D = 4$ dB het maximaal toelaatbare geluid-drukniveau van lawaai gereduceerd van 68 tot 61 dB.

In de praktijk komen we meestal combinaties van de typen A en D tegen. Voor een tweetal gevallen zullen we dit nader uitwerken en aantonen dat bij niet te grote gehoorverliezen het effect van type D overheerst, m.a.w. de slechthorende méér moeilijkheden heeft met het verstaan van spraak in lawaai dan in stilte. Het eerste voorbeeld heeft betrekking op ouderdomsslechthorendheid (presbycusis), het tweede op gehoorverliezen ten gevolge van langdurige overmatige blootstelling aan lawaai.

MOEILIKHEDEN BIJ OUDERDOMSLECHTHORENDHEID

In het kader van de vraagstelling in welke mate bejaarden extra gehinderd worden door verkeerslawaai e.d., werd in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne onderzocht hoe de drempel voor het verstaan van spraak in stilte en lawaai afhangt van de leeftijd. Het onderzoek werd uitgevoerd bij 140 mannen, steeds 20 per leeftijdsinterval van 10 jaar tussen 20 en 90 jaar, en 72 vrouwen. Voor de mannen zijn de resultaten, op dezelfde wijze als in de vorige figuren, weergegeven in Fig. 3. We zien dat voor leeftijden van 50 jaar de resultaten beschreven kunnen worden met eenzelfde drempelkromme, die in stilte op een niveau van 19 dB ligt en in lawaai bij een signaal-ruisverhouding van $-5,5$ dB. Deze waarden zijn iets hoger dan die in Fig. 1, voornamelijk ten gevolge van het feit dat hier per oor afzonderlijk gemeten is. Boven de leeftijd van 50 jaar nemen zowel de drempel in stilte als in lawaai toe. Voor de leeftijdsgroep van 80-90 jaar is de drempelverschuiving in stilte (= type A + type D) 26 dB en in lawaai 7 dB. Dit zijn medianaanwaarden waarvan de individuele waarden nog aanzienlijk kunnen afwijken. Bij de vrouwen werden vergelijkbare resultaten verkregen.

Vergelijken we deze resultaten met de speelruimte die we volgens Fig. 1 hebben, dan zal het duidelijk zijn dat het effect van

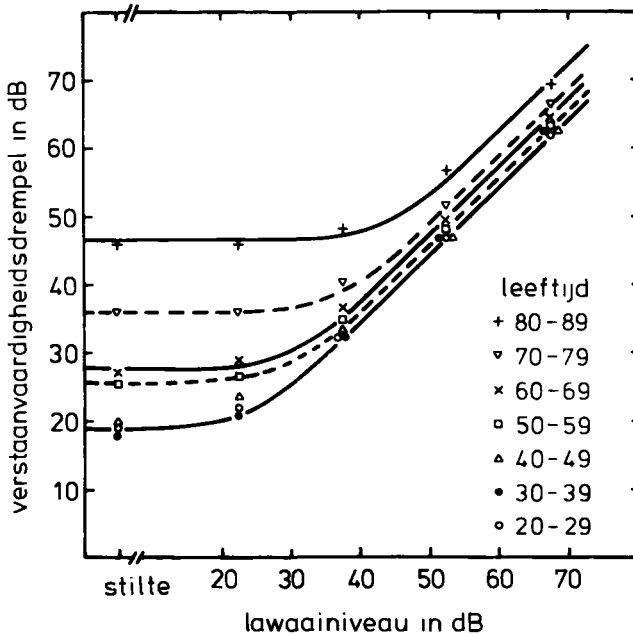


Fig. 3. Drempels voor het verstaan van spraak als functie van het geluidniveau van lawaai zoals deze gemeten zijn bij mannen, 20 per leeftijdsgroep van 10 jaar tussen 20 en 90 jaar.

presbycusis bij bejaarden zich in de eerste plaats manifesteert wanneer zij in een lawaaiige omgeving iets willen verstaan. Beginnen we met de groep van 70-79jarigen dan zien we een drempelverschuiving in stilte van 16 dB en in lawaai van 4 dB. Ondanks de numerieke ondergeschiktheid van deze 4 dB, moet worden gekonstateerd dat zij veel funester is voor het horen dan de 16 dB in stilte, waar het niveau van konversatiespraak gemiddeld nog 15 dB boven de drempel zal liggen. Eerst boven 80 jaar komt de drempel voor het verstaan van spraak in stilte (47 dB in Fig. 3) zo dicht bij het geluiddrukkniveau van konversatiespraak te liggen dat in elke situatie moeilijkheden met het verstaan van spraak te verwachten zijn.

In dit verband is de vraag van belang wat het effect zal zijn van het gebruik van een hoortoestel. Aangezien dit apparaat gewens-

te en ongewenste geluiden in dezelfde mate versterkt, wordt de spraak wel luider maar wordt de signaal-ruisverhouding niet groter. Dit betekent dat een hoortoestel wel in stilte winst zal opleveren, maar over het algemeen niet in lawaai. Het hoortoestel in zijn huidige vorm is niet opgewassen tegen slechthorendheid van het type D. Het behoeft daarom geen verwondering te wekken dat vele bejaarden klagen dat zij zo weinig baat hebben bij hun hoortoestel.

MAXIMAAL TOELAATBARE GEHOORVERLIEZEN T.G.V. LAWAAI

Als tweede voorbeeld kiezen we een studie die voor de Geneeskundige Diensten van de Krijgsmacht werd verricht over de maximaal toelaatbare gehoorverliezen van lawaai waaraan men beroepsmatig dagelijks is blootgesteld. Heeft men deze vraag beantwoord, dan kan op basis van dosis-effektrelaties worden vastgesteld welk lawaainiveau nog toelaatbaar is.

Volgens een internationale aanbeveling (ISO/R-1999) wordt als criterium een gehoorverlies van 25 dB, gemiddeld over de verliezen bij de frequenties 500, 1000 en 2000 Hz aanvaardbaar geacht. Bij het vaststellen van deze waarde is nauwelijks of geen rekening gehouden met de moeilijkheden die men van lawaai kan ondervinden bij het spraakverstaan.

Teneinde aan te kunnen geven of het genoemde criterium inderdaad aanvaardbaar is, werd bij een groep van 22 personen met gehoorverliezen ten gevolge van lawaai zowel het toonaudiogram als het gehoorverlies voor spraak in lawaai (de D-term) gemeten. In Fig. 4 is dit laatstgenoemde verlies voor de 44 oren uitgezet als functie van het gehoorverlies gemiddeld over de frequenties 500, 1000 en 2000 Hz.

Deze figuur geeft aanleiding tot een tweetal konklusies. In de eerste plaats blijkt uit Fig. 4 dat het criterium van 25 dB gehoorverlies gemiddeld over 500, 1000 en 2000 Hz onaanvaardbaar hoog is wanneer we letten op de achteruitgang van het spraakverstaan in lawaai. Volgens de beperkte gegevens in deze figuur correspondeert dit criterium met 6 à 8 dB gehoorverlies voor spraak in lawaai. Bij dit gehoorverlies wordt praktisch geen enkele zin meer goed ver-

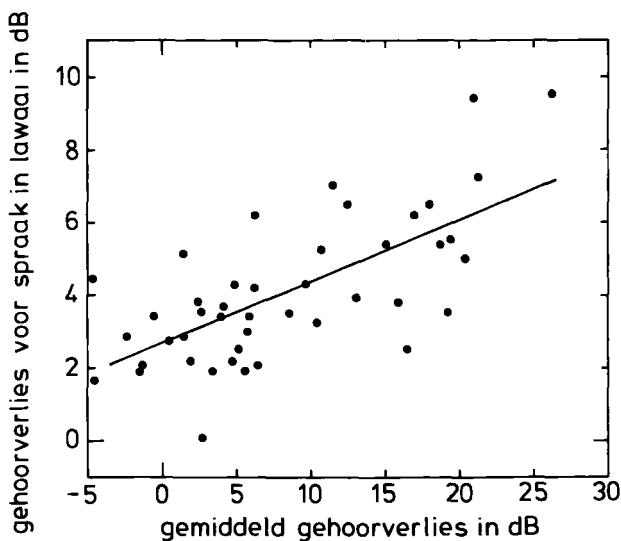


Fig. 4. Voor de afzonderlijke oren van 22 personen met een gehoorverlies t.g.v. lawaai is het gehoorverlies voor spraak in lawaai (D-term) uitgezet als functie van het gehoorverlies gemiddeld over 500, 1000 en 2000 Hz.

staan in kondities waarin een normaalhorende nog juist alle zinnen goed verstaan op een afstand van 1 m tot de spreker, dan zal men zich bij dit verlies op minder dan 50 cm van de spreker moeten bevinden om evenveel te kunnen verstaan. Naar onze mening is in het kader van de preventie van lawaai-beschadigingen een gehoorverlies voor spraak in lawaai van meer dan 3 dB toelaatbaar. In dat geval wordt de eerder genoemde afstand van 50 cm nog slechts 70 cm. Het gehoorverlies gemiddeld over 500, 1000 en 2000 Hz mag dan volgens Fig. 4 niet meer dan 5 à 10 dB bedragen.

In de tweede plaats laat Fig. 4 zien dat de spreiding niet onaanzienlijk is, m.a.w. dat het gehoorverlies gemiddeld over 500, 1000 en 2000 Hz een niet zo goede voorspeller is van het gehoorverlies voor spraak in lawaai. Nu is gebleken dat men zonder rekening te houden met het verstaan van spraak in lawaai tot een veel te hoog toelaatbaar gehoorverlies is gekomen, zullen we naar een bete-

re voorspeller moeten zoeken, temeer daar de dosis-effektrelaties zijn bepaald voor de verliezen in het audiogram en niet in het spraakverstaan. Dit onderzoek is nog gaande maar laat reeds duidelijk zien dat vooral de gehoorverliezen bij 2000 en 3000 Hz belangrijk zijn voor de voorspelling van het spraakverstaan in lawaai bij lawaaislechthorendheid. De frequenties 500, 1000 en 2000 Hz worden dus ten onrechte als *de* spraakfrequenties getypeerd. Voor de Krijgsmacht zijn door ons grenswaarden voor de blootstelling aan schietlawaai bepaald die gebaseerd zijn op een toelaatbaar gehoorverlies van 15 dB gemiddeld over 1000, 2000 en 3000 Hz. Dit criterium komt ongeveer overeen met het eerder genoemde maximaal toelaatbare gehoorverlies van spraak in lawaai van 3 dB.

KONKLUSIE

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn geworden dat de meeste slechthorenden in hun dagelijks leven vooral moeilijkheden hebben met het verstaan van spraak in lawaai. Dit betekent dat zij bij het spraakverstaan veel meer hinder van lawaai ondervinden dan goedhorenden en dat zij daarom in een zo rustig mogelijke omgeving dienen te leven en te werken. Voor het vraagstuk van de lawaaislechthorendheid betekent het dat de momenteel vaak gehanteerde lawaaikriteria opnieuw moeten worden gezien op grond van voortgezet onderzoek naar de auditieve handicap ten gevolge van gehoorverliezen.

ENKELE PUBLIKATIES

- R. Plomp, Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *J. Acoust. Soc. Amer.* 63, 533-549 (1978)
- R. Plomp en A.M. Mimpfen, Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *J. Acoust. Soc. Amer.* 66, 1333-1342 (1979).
- R. Plomp en A.J. Duquesnoy, Room acoustics for the aged. *J. Acoust. Soc. Amer.* 68, 1616-1621 (1980).

- G.F. Smoorenburg, Damage risk criteria for impulse noise. Proceedings Internat. Symp. on New Perspectives on Noise Induced Hearing Loss, Raven Press, New York (1981).
- G.F. Smoorenburg, J.A.P.M. de Laat en R. Plomp, The effect of noise-induced hearing loss on the intelligibility of speech in noise. AGARD Conference Proceedings No. 311 on Aural Communication in Aviation, 11/1-11/7 (1981).

ENKELE EXPERIMENTEN OVER SPRAAK- VERSTAANBAARHEID IN RUIMTEN

T. Houtgast en L.C.W. Pols

Spraak wordt voortgebracht door mensen en ook beluisterd door mensen. Spraakverstaanbaarheid is daardoor een subjectief geladen begrip, mede bepaald door eigenschappen van spreker en luisteraar. Daarnaast is er de invloed van de *overdrachtweg* tussen spreker en luisteraar. Daarop willen we ons hier konsentrereren, met name op de spraakoverdracht in ruimten, zoals leslokaal, schouwburg, kerk, of huiskamer.

Voor het beoordelen van de invloed van de overdrachtweg op de spraakverstaanbaarheid is, vooral voor radio- of telefonieverbindingen, met sukses gebruik gemaakt van de STI-methode: uit een fysische meting wordt een index verkregen (STI = Spraak Transmissie Index) die een maat is voor de kwaliteit van de overdrachtweg. Deze index heeft dus vooral een relatieve betekenis: als alle andere aspecten konstant worden gehouden - spreker, luisteraar, aard van het gesprokene - betekent een lagere index ook een slechtere verstaanbaarheid.

Ook voor het beantwoorden van praktische vragen op het gebied van spraakoverdracht in ruimten is de STI-methode een waardevol hulpmiddel gebleken. Dit zal worden geïllustreerd aan de hand van drie voorbeelden, die betrekking hebben op (1) inzicht in de verdeling van de verstaanbaarheid over de verschillende plaatsen in een schouwburg, (2) toelaatbaar stoorlawaai in leslokalen en (3) de invloed van stoorlawaai op het spreek-en-luistercomfort in de huiskamer.

DE STI-METHODE

In de afgelopen tien jaar is op het IZF onderzoek gedaan aan het optimaliseren van een meetmethode om langs fysieke weg de kwaliteit te bepalen van een overdrachtweg tussen spreker en luisteraar. Dit vond zijn oorsprong in de veelvuldig voorkomende vraag naar een (vergelijkende) beoordeling van diverse typen communicatie-



Fig. 1. Voor het bepalen van het afstandbereik van radioverbindingen wordt de STI-methode veelvuldig toegepast.

apparatuur voor de Krijgsmacht, waarbij de klassieke methode - het werken met groepen sprekers en luisteraars - zeer arbeidsintensief bleek. Sinds de eerste aanzetten in '71 en '73 is thans een uitgekristalliseerde meetmethode beschikbaar, die routinematig voor dergelijke vragen wordt ingezet, bijvoorbeeld voor het bepalen van het afstandsbereik van in een voertuig gebruikte communicatie-apparatuur (Fig. 1), het evalueren van antennesystemen of het onderzoeken van de invloed van digitale signaalbehandeling. Daarnaast bleek de gevolgde aanpak eveneens van toepassing bij het beoordelen van spraakoverdracht in ruimten, waarbij vooral nagalm en stoorlawaai een rol spelen.

Voor een uitgebreide beschrijving van de meetmethode wordt de lezer verwezen naar de referenties achter in deze bundel. Hier vermelden wij slechts dat de STI het resultaat is van een meting waarbij op de plaats van de spreker een testsignaal wordt geproduceerd dat ter plekke van de luisteraar wordt opgenomen en geanalyseerd. De index heeft de waarde één voor een perfecte overdracht en nadert de waarde nul naarmate de kwaliteit van de overdrachtsweg slechter is. In sommige gevallen kan de STI ook worden berekend of voorspeld.

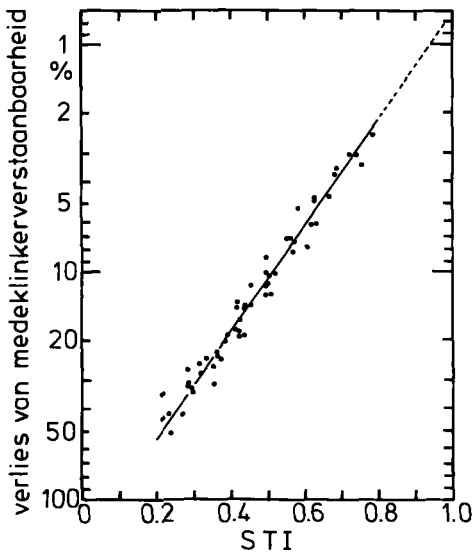


Fig. 2. Relatie tussen de gemeten STI en het verlies van medeklinkerverstaanbaarheid voor 57 kondities met verschillende mate van nagalm en stoorlawaai.

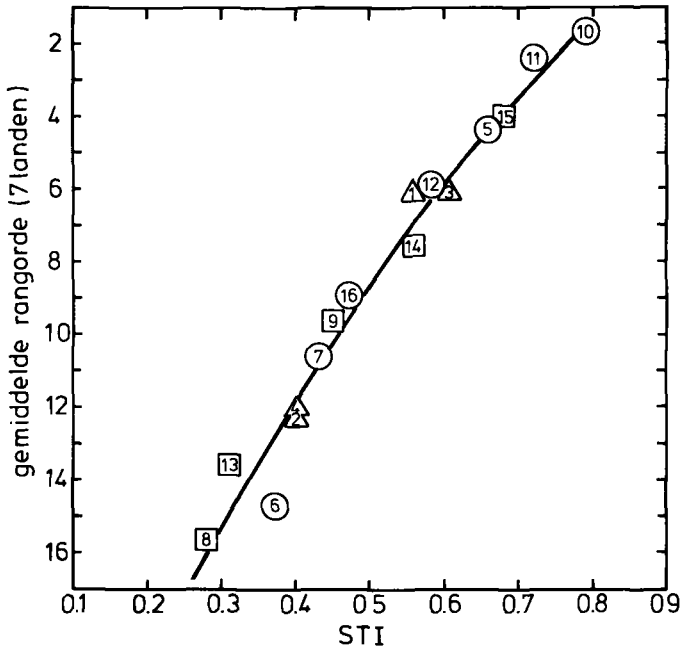


Fig. 3. In een auditorium werden zestien verschillende kondities gekreëerd (meer of minder galm, extra luidsprekers, positie in de zaal, etc.). Deze kondities werden onderworpen aan verstaanbaarheidsmetingen in zeven landen. Het gemiddelde van de zo verkregen rangordes van de zestien kondities is uitgezet tegen de gemeten STI-waarden.

Bijvoorbeeld, indien men de STI gemeten heeft in een nagenoeg stille zaal (zonder publiek) dan kan de invloed van het te verwachten stoornisniveau op de STI worden voorspeld via berekening.

De relevantie van de STI als maat voor de invloed op de spraakverstaanbaarheid wordt geïllustreerd door Fig. 2 en Fig. 3. Daarbij geeft Fig. 2 voor 57 kondities (meetpunten in de figuur) de relatie tussen de STI en een op de klassieke wijze met sprekers en luisteraars bepaalde verstaanbaarheidsscore. Fig. 3 illustreert dat de STI ook betekenis heeft voor andere talen dan het Nederlands.

ENKELE PRAKTISCHE VOORBEELDEN

In kort bestek zal worden ingegaan op een drietal praktische toepassingen op het probleem van spraakverstaanbaarheid in ruimten.

Goede en slechte plaatsen in een schouwburg

Bij het ontwikkelen van plannen voor de renovatie van een schouwburg bestond er sterke behoefte om het klachtenpatroon van bezoekers over de slechte spraakverstaanbaarheid te onderbouwen met metingen. Hiertoe werd gebruik gemaakt van de mogelijkheid om in betrekkelijk korte tijd de STI te meten voor een groot aantal plaatsen in de zaal. Fig. 4a geeft een weergave van dergelijke metingen, waarbij in analogie met hoogtelijnen op een landkaart, lijnen van konstante STI zijn getrokken. Hieruit komt duidelijk een gebied met een lage STI-waarde naar voren, op grond waarvan een akoestikus geëigende maatregelen ter verbetering kan voorstellen. Het resultaat daarvan kan achteraf door een soortgelijke serie metingen worden vastgesteld, waarvan een voorbeeld is gegeven in Fig. 4b.

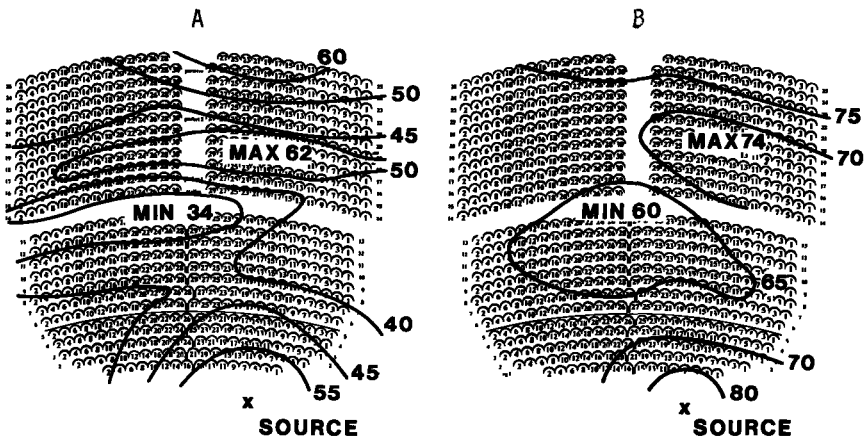


Fig. 4. Uit een reeks STI-metingen verdeeld over een zaal kunnen lijnen van gelijke STI-waarden worden afgeleid. Dit voorbeeld heeft betrekking op een schouwburg vóór en ná renovatie.

Toelaatbaar stoornisniveau in leslokalen

Scholen staan vaak - noodgedwongen - op plaatsen waar sprake is van veel omgevingslawaai (Fig. 5). Ter beoordeling van de geschiktheid van een bouwlocatie dient men - naast vele andere factoren - rekening te houden met de mogelijke invloed die het in de les-



Fig. 5. Scholen staan soms op plaatsen met veel omgevingslawaai. welke invloed heeft dat op de verstaanbaarheid in de lokalen?

lokalen doordringende lawaai heeft op de spraakverstaanbaarheid. Daartoe is het noodzakelijk inzicht te hebben in de relatie tussen de spraakverstaanbaarheid en de sterkte van het stoorlawaai in een leslokaal. Deze relatie is langs twee lijnen onderzocht. Het is mogelijk - zoals hiervoor vermeld - te berekenen in welke mate de STI zal afnemen onder invloed van stoorlawaai. Wanneer de zo verkregen STI-waarden worden vertaald in verstaanbaarheid met behulp van Fig. 2, levert dat als voorspelling de getrokken lijnen in Fig. 6. Daarbij staat horizontaal uitgezet het geluiddrukkniveau van het stoorlawaai ten opzichte van dat van de spraak (of, in dit geval, van het testsignaal). De bovenste kromme heeft betrekking op een akoestisch goed behandeld leslokaal (weinig galm, nagalmtijd ca. 0,7 sec), en de onderste kromme op een ongunstige situatie (nagalmtijd ca. 1,5

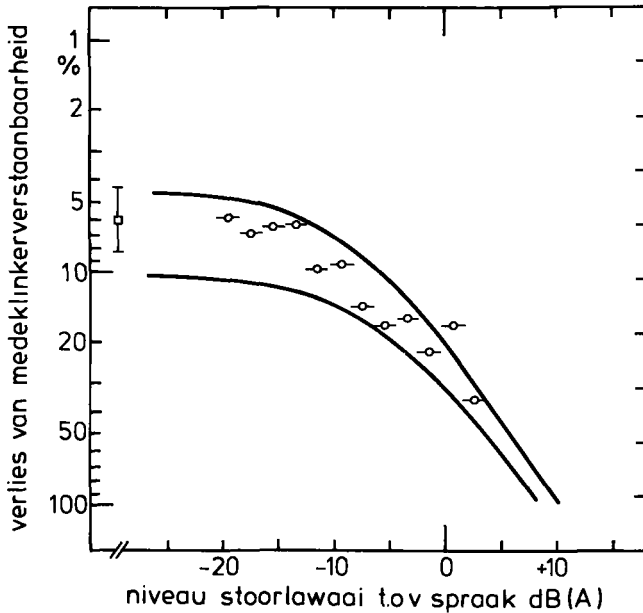


Fig. 6. Verstaanbaarheid in leslokalen onder invloed van omgevingslawaai. De kurven geven het voorspelde verloop op grond van STI-berekeningen voor twee typen leslokalen, de symbolen zijn het resultaat van praktijkmetingen.

sec). Deze theoretische voorspelling is experimenteel onderbouwd door verstaanbaarheidsmetingen met medewerking van leerlingen en leerkrachten in twintig leslokalen, waarin het achtergrondlawaai (verkeerslawaai) sterk varieerde. Uit de resultaten verkregen met een speciaal ontworpen woordlijst, in de vorm van een soort diktee, kon worden bepaald welk percentage van de beginmedeklinkers niet goed werd verstaan. De gemiddelde resultaten zijn eveneens in Fig. 6 weergegeven.

De gevonden overeenkomst tussen theorie en praktijk is redelijk en illustreert dat de STI-benadering een waardevolle (en snelle) voorspelling mogelijk maakt van de te verwachten invloed van stoorlawaai op de verstaanbaarheid in leslokalen.

In dit verband is tevens vermeldenswaard een onderzoek dat werd uitgevoerd aan een groot aantal instructielokalen van de Ko-

ninklijke Luchtmacht. Op grond van STI-metingen werd de kwaliteit (de spraakverstaanbaarheid) van deze lokalen bepaald, waarbij zeer grote onderlinge verschillen werden gekonstateerd. Voor de minder gunstige lokalen kon op grond van berekeningen worden aangegeven welke akoestische maatregelen genomen dienden te worden ter verbetering van de situatie. Dit voorbeeld illustreert dat onderzoek betreffende verstaanbaarheid in vele gevallen geheel kan worden uitgevoerd via de STI-aanpak, zonder dat daarbij een beroep gedaan hoeft te worden op tijdrovende metingen met sprekers en luisteraars.

Spreek- en luistercomfort in de huiskamer

Dit onderwerp heeft enige verwantschap met het voorgaande. Het gaat om de vraag bij hoeveel achtergrondlawaai het moeilijker wordt om in de huiskamer een gesprek te voeren, of om naar radio of TV te luisteren. Om dit te onderzoeken werd uit opnamen van spontane gesprekken een lijst met woordmateriaal samengesteld, waarbij het ging om het percentage goed gehoorde medeklinkers *zonder* hulp van woord- of zinsverband. Zelfs onder ideale omstandigheden, zonder achter-

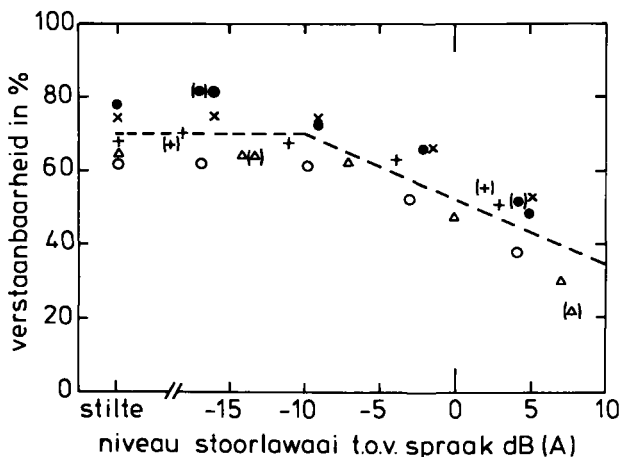


Fig. 7. Verstaanbaarheid van medeklinkers geïsoleerd uit konversationspraak, onder invloed van omgevingslawaai. (Verschillende symbolen hebben betrekking op verschillende sprekers.)

grondlawaai, wordt hierbij slechts 70% gehaald. Het resultaat van dergelijke metingen staat in Fig. 7; hieruit blijkt dat de invloed van stoorniveau merkbaar wordt bij een geluiddrukkniveau dat ca. 10 dB onder het niveau van de spraak ligt. Ook wanneer de huiskamer een beetje galmt, wordt algemeen gevonden dat de invloed van stoorniveau al merkbaar worden wanneer het 10 à 15 dB zachter is dan de spraak.

Dankzij de redundantie in normale spraak (zinsverband, verwachting van wat gezegd wordt, etc.) komt de verstaanbaarheid van eenvoudige zinnen pas in gevaar bij een score voor de individuele, geïsoleerde medeklinkers van ca. 30%. Dit betekent dat onder gunstige omstandigheden (score voor geïsoleerde medeklinkers ca. 70%) een aanzienlijke reserve aanwezig is, die een rol speelt bij het gemak waarmee een gesprek gevoerd kan worden.

Een andere aanpak is gebaseerd op niveaumetingen tijdens spon-

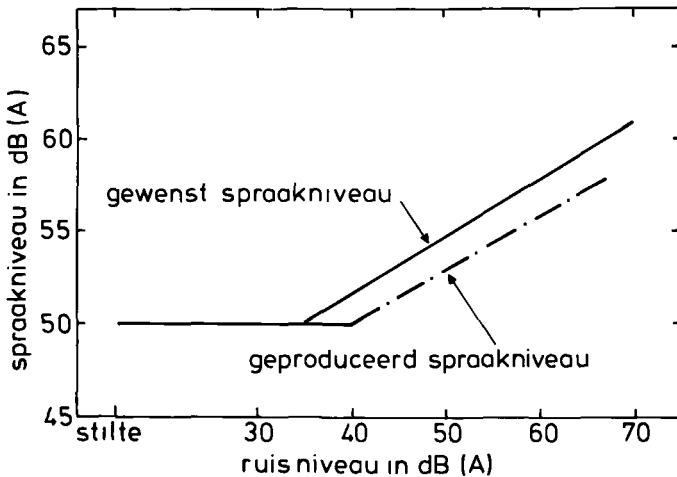


Fig. 8. Schematisch verloop, op grond van vele experimenten, van het door een spreker geproduceerde spraakniveau en het door een luisteraar gewenste niveau (bijvoorbeeld bij radio of TV), als functie van het geluiddrukkniveau van stoorniveau. Indien het stoorniveau een waarde van 35 à 40 dB(A) bereikt, dus 10 à 15 dB onder het spraakniveau, gaat een spreker spontaan zijn stem verheffen en wenst een luisteraar ook een hoger spraakniveau.

tane gesprekken die gevoerd zijn bij stilte en bij achtergrondlawaai, waarbij is nagegaan wanneer een spreker, als een min of meer automatische reactie, zijn stem iets gaat verheffen. In Fig. 8 is hiervan het resultaat weergegeven, waarbij ook is aangegeven op welk niveau een luisteraar bij voorkeur de geluidsterkte van bijvoorbeeld radio of TV instelt bij aanwezigheid van achtergrondlawaai.

Deze experimentele resultaten wijzen erop dat de invloed van achtergrondlawaai merkbaar wordt wanneer de sterkte daarvan een kritische waarde overschrijdt die ligt bij een geluiddrukkniveau van 10 à 15 dB onder het spraakniveau. Dit is in goede overeenstemming met de theoretische voorspelling op grond van de STI-aanpak: uit kurven zoals weergegeven in Fig. 6 blijkt eveneens dat een afname van de STI merkbaar wordt bij een stoorlawaainiveau dat 10 à 15 dB lager ligt dan het signaalniveau. Deze overeenstemming illustreert dat de toepasbaarheid van de STI-aanpak - oorspronkelijk ontwikkeld voor het testen van marginale radioverbindingen - zich ook uitstrekt tot die situaties waarbij sprake is van een uitstekende verstaanbaarheid.

SAMENVATTEND

Drie onderwerpen op het gebied van spraakverstaanbaarheid in ruimten illustreren de waarde van de STI-aanpak ook voor dit terrein, naast de meer bekende toepassing als meetmethode voor radio- en telefoniekanalen. In konkrete gevallen kan door metingen een informatieve STI-plattegrond van een zaal worden bepaald. Bij meer algemene vragen vormt het een theoretisch raamwerk waarbinnen experimentele resultaten, verkregen met sprekers en luisteraars, geplaatst kunnen worden. Dit betekent dat spraakverstaanbaarheid - in engere zin: de invloed van een overdrachtsweg op de spraakverstaanbaarheid - een fysisch toegankelijke eigenschap is geworden, waardoor veel routinematig meten met sprekers en luisteraars kan worden voorkomen. Dergelijke metingen blijven natuurlijk wel noodzakelijk bij extreme of geheel nieuwe situaties, waarbij niet zonder meer uitgegaan mag worden van de toepasbaarheid van de STI.

ENKELE PUBLIKATIES

- T. Houtgast en H.J.M. Steeneken, The modulation transfer function in room acoustics as a predictor of speech intelligibility. *Acustica* 28, 66-73 (1973).
- T. Houtgast en H.J.M. Steeneken, Tussen spreken en verstaan - een nieuwe meetmethode. *TNO Projekt* 6, 222-225 (1977).
- H.J.M. Steeneken en T. Houtgast, A physical method for measuring speech-transmission quality. *J. Acoust. Soc. Am.* 67, 318 (1980).
- H.J.M. Steeneken, E. Agterhuis en J.L. van Raaij, Het meten van iso-verstaanbaarheidscontouren in zalen. *NAG Publikatie* Nr. 53 (1980).
- T. Houtgast, The effect of ambient noise on speech intelligibility in classrooms. *Applied Acoustics* 14, 15-25 (1981).

VISUELE INFORMATIEDRAGERS IN HET VERKEER

J. Godthelp, G.J. Blaauw en W.H. Janssen

"Het aanpassen van de verkeersomgeving aan de capaciteiten van de verkeersdeelnemer". Deze uitspraak omschrijft één van de doelstellingen van de studie van het verkeersgedrag zoals dit in de afgelopen jaren op het IZF heeft plaatsgevonden. Dankzij het feit dat het mogelijk was onze inzichten in dit gedrag verder te verdiepen, konden in veel gevallen praktische adviezen worden gegeven.

Bij het analyseren van de taak van de automobilist bleek het zinvol deze taak te verdelen naar een drietal niveaus t.w. het regelniveau, het manoeuvreniveau en het strategisch niveau. Het onderscheid tussen deze niveaus heeft met name betrekking op de tijdsperiode van de processen op een bepaald niveau. Het regelniveau betreft het regelen van de koers en snelheid van het eigen voertuig en vormt daarmee voor de bestuurder een proces met een vrij korte tijdsperiode. Het manoeuvreniveau omvat processen zoals inhalen, het rekening houden met ander verkeer, e.d. Deze componenten van de rijtaak beslaan in vergelijking met het regelniveau een wat langere tijdsperiode. Tenslotte komen op het strategisch niveau zaken als routekeuze e.d. aan de orde, d.w.z. de processen die betrekking hebben op een nog langere tijd.

Veel voorzieningen in het huidige verkeerssysteem zijn gericht op visuele waarneming en het blijkt daarom zinvol de indeling van de rijtaak naar niveaus toe te spitsen op de visuele taken in het verkeer. Op elk der niveaus functioneren specifieke informatiedragers, die ondersteunend zijn voor de taken op het betreffende niveau. Schematisch kan dit als volgt worden voorgesteld:

niveau	type informatie	type informatiedrager
regelniveau	eigen positie en snelheid	markering, bebakening
manoeuvreniveau	wegverloop positie en snelheid ander verkeer verkeersregeling obstakels	markering, bebakening voertuigverlichting verkeerslichten, -borden verlichting, reflectie
strategisch niveau	route	kaarten, wegwijzers

Vragen die vanuit de praktijk gesteld worden betreffen veelal de effectiviteit van een bepaald type informatiedrager. Met "effectiviteit" kan in dit verband bedoeld worden op de opvallendheid, de leesbaarheid, de herkenbaarheid en/of de begrijpelijkheid. Het kan daarbij gaan om de effectiviteit van bebakenings- en markeringsmiddelen, achterlichtconfiguraties, verkeersborden, wegwijzers, enz. Het zou te ver voeren van het totale IZF-werk op dit gebied thans een overzicht te geven. Volstaan zal worden met een aantal voorbeelden die uiteenlopend van aard zijn en die gezamenlijk een illustratie vormen van het uitgevoerde werk.

ZICHTBAARHEID WEGMARKERING

Overdag maakt een automobilist gebruik van verschillende soorten informatiedragers om met zijn auto korrekt de weg te volgen en de positie en snelheid van de auto overeenkomstig het wegverloop te regelen. Bij nacht vermindert de hoeveelheid beschikbare informatie echter sterk en is de automobilist, vooral op wegen zonder openbare verlichting, voor een belangrijk deel aangewezen op het, middels zijn voertuigverlichting, voldoende zichtbaar zijn van de wegmarkeringen.

Indien het 's nachts bovendien regent of de weg na regen nat is (in Nederland tezamen gedurende zo'n 13% van de tijd) worden de rijomstandigheden nog moeilijker en heeft de bestuurder extra behoefte aan het goed kunnen zien van de wegmarkeringen. In de praktijk doet zich hierbij het probleem voor dat onder deze omstandig-

heden de belijning juist minder goed zichtbaar is, omdat een waterfilm het retroreflekerende markeringsmateriaal bedekt wat het onmogelijk maakt om het aanstralende autolicht te laten reflektieren in de richting van de ogen van de bestuurder.

Op verzoek van een werkgroep van het Studie Centrum Wegenbouw en het Studiecentrum Verkeerstechneek werd door ons instituut op een proefvak in de autosnelweg A6 bij Lelystad de zichtbaarheid bij nacht van verschillende konventionele en nieuwe typen markeringen op een droog en nat wegdek beoordeeld. Bovendien moest de duurzaamheid van de markeringen tegen slijtage en vervuiling door het langrijdende verkeer gedurende een periode van twee jaar na aanleg eveneens worden beoordeeld.

Op het proefvak werden zeven verschillende markeringen onderzocht. Naast de twee gebruikelijke typen belijning, wegenreif en thermoplast, werden twee typen kantstrepen met een vertikaal profiel onderzocht, alsmede drie typen wegdekreflektoren ("kattenogen"). Deze nieuwere typen worden op een nat wegdek niet meer volledig door een waterfilm bedekt zodat ze het aanstralende autokoplamplicht wel reflektieren.

De zichtbaarheid van de markeringen werd beoordeeld volgens twee criteria. Enerzijds werden de markeringseigenschappen beschreven in termen van retroreflektiecoëfficiënten; deze coëfficiënten zijn gedefinieerd als de verhouding tussen de hoeveelheid gereflecteerd en aanstralend autokoplamplicht. Anderzijds kan uit deze coëfficiënten de uiteindelijke zichtbaarheidsafstand van een bepaalde markering worden bepaald indien aanvullende gegevens bekend zijn over de eigenschappen van de bestuurder (drempelgevoeligheid van het oog, gezichtsscherpte, beslissingscriterium), de zichtcondities (helder weer, mist) en de eigenschappen van het aanstralende autokoplamplicht. Aangezien de drempelgevoeligheid van de waarnemer slechts bekend is voor laboratoriumsituaties met cirkelvormige objecten, werd in het proefvak eenmalig de drempelgevoeligheid voor de waarneming van rijstrookmarkeringen bepaald door met proefpersonen langs de markeringen te rijden en te vragen op welk moment het (plotselinge) einde van de markeringen zichtbaar werd. Na vergelij-

king van de drempelgevoeligheden in de praktijk en in het laboratorium kan een korrektiewaarde worden bepaald waarmee de in het laboratorium vastgestelde funktionele relaties gebruikt konden worden voor de berekening van zichtbaarheidsafstanden.

De retroreflektiecoëfficiënten werden bepaald op grond van metingen aan de zeven typen markeringen op een droog en nat wegdek en op verschillende tijdstippen na aanleg. Het wegdek werd hierbij kunstmatig natgemaakt met behulp van een sproeiwagen. De metingen werden uitgevoerd vanuit een in de rechthoekstrook stilstaande meetwagen; dit was mogelijk dankzij de aanwezigheid van een omleidingsroute zodat tijdens de metingen het proefvak voor het normale verkeer was afgesloten.

Als resultaat komt naar voren dat de zichtbaarheid 's nachts op natte en droge wegdekken, aanzienlijk kan worden verbeterd door gebruik te maken van vertikaal geprofileerde kantstrepen of van wegdekreflektoren. De wegenreif en het thermoplast zijn slecht zichtbaar tijdens regen en vlak erna. Alle overige markeringen blijven redelijk goed zichtbaar onder deze condities. Direct na aanleg blijken de wegdekreflektoren veruit superieur te zijn aan de kantstrepen op zowel een droog als nat wegdek. Onder invloed van de slijtage en vervuiling door het langsrijdende verkeer verslechteren de wegdekreflektoren op het droge wegdek relatief vrij sterk, maar blijven nog steeds behoren tot de betere markeringen. Als nevenresultaat kon door het optreden van dauw tijdens enkele meetnachten eveneens worden vastgesteld dat wegdekreflektoren op een droog wegdek erg gevoelig zijn voor dauw; kantstrepen daarentegen vertonen deze gevoeligheid in veel mindere mate.

BEBAKENING EN MARKERING VAN WERKEN IN UITVOERING

Verkeersongevallen zijn veelal een gevolg van een combinatie van oorzaken. Wegverleggingen vormen vanuit dit gezichtspunt een potentieel gevaar, vooral omdat bij duisternis, regen of mist het gevaar ontstaat dat bestuurders een verkeerde schatting maken van het wegverloop. Vaak is in deze situaties het oorspronkelijke wegverloop nog (te) goed herkenbaar, bijv. doordat de oude markering

niet goed is weggehaald òf door de geleidende werking van een rij bomen of lichtmasten. Er moeten dan ook bijzondere eisen worden gesteld aan de bebakening en markering welke wordt toegepast om automobilisten te geleiden door dit soort diskontinuiteiten in het wegverloop.

In opdracht van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat werd een onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van bebakenings- en markeringsmiddelen bij werken in uitvoering. In dit onderzoek ging het om de vraag in hoeverre bij duisternis verlichting van verkeersborden en andere bebakeningsmiddelen noodzakelijk is, met als alternatief de mogelijke toepassing van retroreflekerende materialen. De studie omvatte in de eerste plaats een evaluatie van de bestaande middelen, terwijl daarnaast werd nagegaan welke verbeteringen mogelijk zijn door aanpassing van deze middelen.

Om tot een beoordeling van bebakenings- en markeringsmiddelen te komen is het noodzakelijk een duidelijke beschrijving te geven van de functie van deze middelen. Deze functie is drieledig, nl. a) ter signalering, b) als referentie voor de waarneming van het wegverloop, en c) als referentie voor de waarneming van de eigen positie en snelheid. Op ieder van deze aspecten werd in het onderzoek nader ingegaan.

Signalering

De signaleringsfunctie bestaat vooral uit het wijzigen van het verwachtingspatroon van de automobilist die een stremming nadert. Op het naderingstrajekt wordt veelal door een aantal na elkaar geplaatste verkeersborden voorinformatie gegeven over de aard van de stremming. Om een zekere continuïteit in de aanbieding van deze inleidende informatie te waarborgen is het nodig dat de zichtbaarheid en de onderlinge afstand van de verkeersborden zodanig op elkaar zijn afgestemd dat minimaal steeds één van de verkeersborden voor de bestuurder als zodanig herkenbaar is.

Om hierover een uitspraak te kunnen doen werd - mede op basis van een theoretische voorstudie - in een veldexperiment de herkeningsafstand van de betreffende verkeersborden bepaald. Nagegaan werd

hoe externe bordverlichting en de toepassing van specifieke retroreflekerende materialen de herkenningsafstand beïnvloeden. De proeven werden uitgevoerd op een onverlichte enkelbaansweg in de Zuidelijke Flevopolder. De verkeersborden stonden langs een 11 km lang traject met een onderlinge afstand van 1 km. De proefpersonen reden het traject met de geïnstrumenteerde auto Icarus. Alle ritten werden gemaakt met gedimd groot licht. Tijdens de ritten dienden de proefpersonen, zodra de vorm en/of het symbool van een verkeersbord herkend werd de klaxon in te drukken en het betreffende bord te benoemen. De klaxon startte een afstandteller. Alle op deze wijze bepaalde herkenningsafstanden werden later herberekend naar een theoretische waarnemer met gezichtsscherpte 1. Bovendien werd bij deze berekening een correctie uitgevoerd naar een representatieve koplamplichtsterkte. Dit laatste gebeurde op basis van een steekproef van een groot aantal auto's. Voorts werd op één van de meetavonden bij mist gereden. De resultaten van dit deelexperiment werden gebruikt als validering van de rekenmethode die werd toegepast om voorspellingen te doen over de herkenningsafstand bij mist.

De aldus verkregen herkenningsafstanden (zie als voorbeeld Fig. 1) werden vervolgens vergeleken met de daaraan te stellen eisen, welke in dit verband nauw gekoppeld waren aan de onderlinge afstand van de borden op het naderingstraject. Het advies dat op grond van de resultaten werd gegeven had dan ook een tweeledig karakter. Enerzijds werd gesteld dat op wegen waarop met een hogere snelheid dan 80 km/h wordt gereden, verlichting van de borden op het naderingstraject noodzakelijk is. Anderzijds werd geadviseerd de onderlinge afstand van de borden niet zoals thans gebruikelijk is, een vaste waarde van 150 m te geven, maar deze aan te passen aan het snelheidsgedrag op een bepaalde weg.

Waarneming wegverloop

Bij nadering van de feitelijke wegverlegging dient de bebakening en markering de bestuurder informatie te geven over het wegverloop. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van verkeersborden (bochtschilden), en van geleidebakens, welke zijn voorzien van een baaklamp.

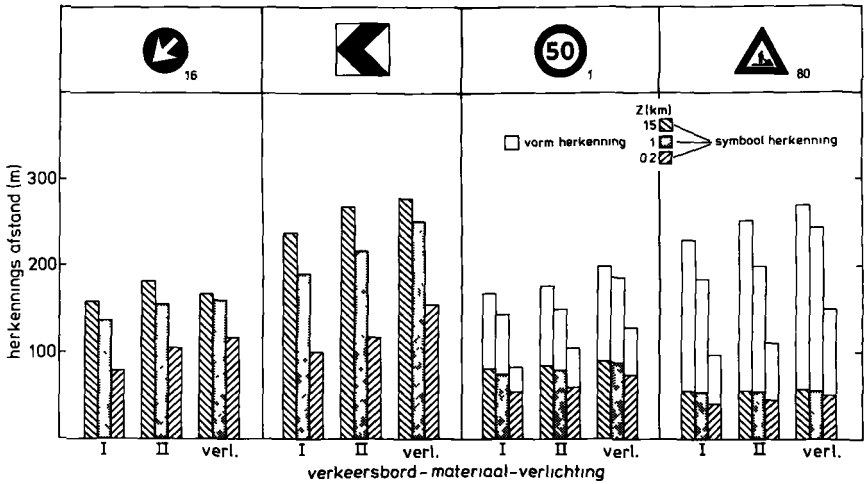


Fig. 1. De herkenningsafstand van een aantal verkeersborden bij nacht als functie van het type retroreflekerend materiaal en bordverlichting (type I = engineer grade; type II = high intensity grade; verl. = met bordverlichting) en voor een drietal niveaus van het meteorologisch zicht Z.

Eén van de vragen in dit onderzoek betrof de effectiviteit van deze op het geleidebaken geplaatste baaklampen. Op basis van de geleiden- de informatie van deze middelen zal de bestuurder uiteindelijk een schatting maken van het vereiste snelheids- en koersgedrag. Vanuit deze functie kunnen tweeërlei eisen gesteld worden aan de zicht- baarheid van de geleidingsmiddelen die het werkvak markeren. De zichtbaarheid moet in de eerste plaats voldoende zijn om de bestuur- der in staat te stellen zijn snelheid aan te passen. De afstand wel- ke hiervoor nodig is hangt o.a. af van de naderingssnelheid en de veilige snelheid in het werkvak. Anderzijds dient de zichtbaarheid ook voldoende te zijn voor een efficiënt, anticiperend stuurgedrag, waarvoor een minimum anticipatietijd van 5 s gehanteerd kan worden.

Behalve zichtbaar dient de geleidende informatie ook begrijpe-

lijk te zijn. Zowel voor de baaklampen als voor de gebruikelijke geleidebakens bestond enige twijfel over dit aspect. In een laboratoriumexperiment werd hierop nader ingegaan. In het experiment werd door ppn de vormgeving van verleggingen beoordeeld. Verschillende typen verlegging werden aan de ppn getoond d.m.v. diapresentatie. De dia's werden opgenomen in een speciaal hiertoe vervaardigd schaalmodel. Dit schaalmodel was zodanig uitgevoerd dat op eenvoudige wijze veranderingen konden worden aangebracht in de vorm van de verlegging en de toegepast bebakening. Van de baaklamp werden vier hoogten beschouwd overeenkomend met plaatsing op normale bakenhoogte (L_1), op halve bakenhoogte (L_2), op paalreflektorhoogte (L_3) en op wegdekreflektorhoogte (L_4). Fig. 2 geeft een illustratie. In het onderzoek



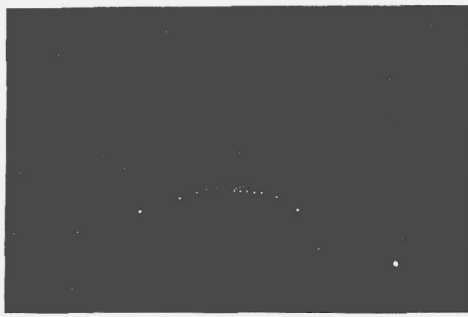
L_1 : normale bakenhoogte



L_2 : halve bakenhoogte



L_3 : paalreflektorhoogte



L_4 : wegdekreflektorhoogte

Fig. 2. Het wegverloop, zoals dat kan worden aangegeven met discrete geleidingsmiddelen op verschillende hoogten.

werd eveneens gekeken naar een baken van halve hoogte en naar een aantal bakens met versterkte richtinginformatie. Teneinde de invloed van defekten of slordige plaatsing te bepalen werden eveneens situaties getoond waarin een aantal lampen of bakens opzettelijk was weggelaten. Aan de ppn werd gevraagd na aanbidding van een dia te beslissen of terplekke van het werkvak alleen de linker, de rechter of beide rijstroken voor het verkeer beschikbaar waren.

De resultaten geven aan dat de effectiviteit voor de waarneming van het wegverloop sterk afhangt van de hoogte van de geleidingsmiddelen. Bij plaatsing op de gebruikelijke hoogte van baaklampen (L_1) bedraagt het foutpercentage 72% voor de konditie waarin een aantal elementen uit de geleiding is weggelaten. Voor de andere hoogten (L_2 , L_3 en L_4) bedragen deze percentages resp. 38, 22 en 11%. De effectiviteit van markering op het wegdek blijkt duidelijk uit dit resultaat. Bij een vergelijking van het gebruikelijke geleidbaken (met diagonaalstrepen) met het baken met verbeterde richtinginformatie (d.m.v. een chevron configuratie) blijkt het foutpercentage gereduceerd te kunnen worden van 28% naar 18%. Ook dit effect is het grootst in de konditie waarin een aantal elementen van de geleiding is weggelaten. Op basis van deze resultaten werden o.a. de volgende konklusies getrokken:

- De toepassing van baaklampen op geleidebakens met de gebruikelijke hoogte is uit het oogpunt van geleiding weinig efficiënt. Aanzienlijke verbetering kan worden bereikt door de lampen lager te plaatsen b.v. op bakens met de helft van de gebruikelijke hoogte.
- De retroreflekerende versie van het gebruikelijke geleidebaken voldoet goed bij optimale plaatsing in een rij. Bij een wat slordige plaatsing of bij het gebruik van kleine aantallen bakens kan de geleiding worden verbeterd door het gebruikelijke strepenpatroon te vervangen door een chevron-patroon.

Waarneming eigen positie

Als de automobilist tenslotte in het werkvak is, dient de markering te fungeren als referentie waaraan hij informatie kan ont-

lenen over de eigen positie en snelheid t.o.v. de weg. Over het proces van waarneming van de eigen beweging werd in de afgelopen jaren achtergrondonderzoek verricht, dat nu zijn toepassing vindt bij vragen over de effectiviteit van markeringsmiddelen. Bij beschouwing van het perspectiefisch beeld dat door de bestuurder wordt waargenomen, kan worden afgeleid dat laterale translaties Δy optisch zullen worden waargenomen als een hoekverdraaiing $\Delta\alpha$. De relatie tussen $\Delta\alpha$ en Δy geeft een schatting van de gevoeligheid voor waarneming van veranderingen in laterale positie, en blijkt te worden bepaald door de ooghoogte h boven de markering en de laterale afstand y tot de markering.

Op basis van deze relatie kan worden afgeleid dat de gevoeligheid voor waarneming van veranderingen in de laterale positie zal afnemen naarmate de hoogte h kleiner is. Ook hier volgt uit dat de effectiviteit van baaklampen die geplaatst zijn op de gebruikelijke bakens (d.w.z. vrijwel op ooghoogte) zeer beperkt zal zijn en dat een verbetering bereikt kan worden door lagere plaatsing. De resultaten van deze analyse m.b.t. de waarneming van de eigen positie bevestigen daarmee de resultaten van het experiment over de waarneming van het wegverloop en ondersteunen daarmee de konklusies welke reeds in de vorige paragraaf werden aangegeven.

ACHTERLICHTEN VAN VOORLIIGERS

Behalve met de stationaire kenmerken van de weg en zijn omgeving heeft een bestuurder ook te maken met het gedrag van het overige verkeer. Een juiste detektie en interpretatie daarvan is uiteraard van belang voor het eigen overleven. In het bijzonder bij nacht kan dat een moeilijke opgave zijn: hoe komen we er achter wat het duister voor ons verborgen houdt aan voortsnellende medeweggebruikers?

Eén aanknopingspunt voor mogelijk onderzoek ligt in het statistische gegeven dat een aanzienlijk deel van de verkeersongevallen in het donker, namelijk 40%, van het type "kop-staart" botsing is. Misschien is er iets aan de hand met de gebruikelijke achterlichtenkonfiguratie - waarop men moet afgaan als men achter een

voorligger aanrijdt - en valt daar iets aan te verbeteren.

In opdracht van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) is nagegaan welke basiseigenschappen van een achterlichtenconfiguratie een rol spelen in de detektie van de beweging van een voorligger. Er zijn twee van zulke eigenschappen te onderscheiden. De ene is de door de achterlichten omspannen hoek. Nadert men de voorligger, dan zegt het tempo waarin de door de achterlichten omspannen hoek toeneemt iets over de snelheid waarmee men zelf bezig is in te lopen. Op overeenkomstige wijze wordt, wanneer men zelf achterblijft bij de voorligger, de hoek kleiner in een tempo dat afhangt van de snelheid waarmee dat gebeurt. Een waargenomen verandering in omspannen hoek zou dus iets kunnen zeggen over de beweging van de voorligger ten opzichte van het eigen voertuig.

De andere eigenschap van een stel achterlichten is dat hun schijnbare grootte of helderheid eveneens een verloop vertoont dat afhangt van de beweging van de voorligger ten opzichte van de waarnemer. Schijnbare grootte zou bruikbare informatie kunnen geven op geringe afstanden, en schijnbare helderheid op grotere (wanneer de lichten puntbronnen zijn). Ook aan deze beide gegevens zou dus afgelezen kunnen worden wat de voorligger aan het doen is.

De vraag is nu welke van de fundamentele eigenschappen het meeste werkzaam is voor een menselijke waarnemer.

Om dat te weten te komen zou men de beide eigenschappen onafhankelijk van elkaar moeten kunnen variëren. In het geval van achterlichten kan dat niet zomaar, omdat de twee beschreven variabelen steeds met elkaar verward zijn: wordt de hoek tussen de achterlichten groter, dan neemt immers ook de schijnbare grootte (of helderheid) van de lichten toe. In het laboratorium kunnen echter de kunstgrepen verricht worden die nodig zijn om de twee variabelen te scheiden, zodat van ieder apart nagegaan kan worden wat zijn werkzame effect is.

Als maat voor "werkzaam effect" is een grootte genomen die zo goed mogelijk bij de praktische situatie aansluit, en wel het *snelheidsverschil* tussen het eigen voertuig en de voorligger dat nog juist waargenomen kon worden. Dit juist waarneembare snelheids-

verschil is in een aantal situaties bepaald als functie van het soort gegeven (omspannen hoek versus grootte/helderheid), en van de waarnemingsafstand (40-160 m). Onderstaande tabel bevat de gevonden juist waarneembare snelheidsverschillen in kilometers per uur (bij een waarnemingstijd van 1 seconde).

De konklusie uit deze tabel is duidelijk: het gegeven "hoekverandering" leidt tot aanzienlijk lagere drempelwaarden (betere detectie van beweging) dan het gegeven "verandering in schijnbare

waarnemingsafstand (in meters)	juist waarneembaar snelheidsverschil in km/h	
	hoekgegeven	grootte/helderheid
40	5	14
80	11	66
160	27	111

grootte of helderheid". Een zeker snelheidsverschil kan al waargenomen worden aan een verandering in hoek tussen de achterlichten lang voordat het verloop in grootte of helderheid waarneembaar wordt. Vanuit het oogpunt van bewegingswaarneming, en mogelijk ter preventie van kop-staart botsingen, lijkt het er dus op dat men het meeste kan winnen door zich te concentreren op de effectiviteit van de hoekveranderingscue. Achterlichten moeten zo ver mogelijk uit elkaar geplaatst worden teneinde ook op grote afstanden nog een redelijke hoek te kunnen omspannen: de overgang naar detectie op basis van helderheid wordt daarmee zo lang mogelijk uitgesteld.

BESLUIT

Er is in dit hoofdstuk niet naar gestreefd de problematiek van de visuele informatiedragers in het verkeer uitputtend te behandelen. Volstaan is met het geven van een aantal voorbeelden. Bijgaande lijst met publikaties geeft aan dat er daarnaast nog een veelheid van onderwerpen genoemd zou kunnen worden. Vrijwel alle in de inlei-

ding genoemde informatiedragers kwamen in de diverse studies aan de orde. Vaak kon in dit "toegepaste" onderzoek gebruik worden gemaakt van kennis opgedaan in achtergrondsonderzoek, zowel op het gebied van het verkeersgedrag als van de visuologie. Omgekeerd werkte deze binding met de praktijk in veel gevallen inspirerend voor de verdere ontwikkeling van het fundamentele onderzoek.

De aanpassing van de verkeersomgeving aan en capaciteiten van de verkeersdeelnemer is nog niet voltooid. Het is evenwel duidelijk dat de overheid een open oog heeft voor de mogelijkheden terzake, en dat daarbij de bereidheid bestaat het advies van het IZF in te winnen.

ENKELE PUBLIKATIES

- W.H. Janssen, J.A. Michon en L.O. Harvey Jr., The perception of lead vehicle movement in darkness. Accident Analysis and Prevention Nr. 8 (1976).
- P. Padmos en J. Walraven, Die Bedeutung der Strassenbeleuchtung für den Autofahrer. Gemeinschaftstagung der Lichttechnischen Gemeinschaften, Tagungsband 1, Lichttechnische Gesellschaft, Berlin (1980).
- J. Godthelp en J.B.J. Riemersma, Werk in uitvoering op niet-auto-snelwegen. II. De bebakening en markering van het werkvlak. Rapport IZF 1980-C20.
- G.J. Blaauw en P. Padmos, De zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken. Rapport IZF 1981-C20.

CLOSED CIRCUIT TV: EEN OOG OP AFSTAND

W.A. Wagenaar, A. de Jong en M.E. Noble

Ondanks het feit dat dagelijks miljoenen uren worden besteed aan het kijken naar televisie bereikte ons toch de vraag wat je nu eigenlijk op televisie wel en niet kan zien. De vraag werd gesteld door het bureau dat verantwoordelijk is voor de ontwikkeling van een nieuw Verkeersbegeleidingssysteem in de Rotterdamse haven. Het konkrete probleem was of men een bemande uitkijkpost langs de rivier kan vervangen door onbemande posten met een stel televisiekamera's; via direkte lijnen of straalverbindingen worden de signalen van deze kamera's getransporteerd naar een bemande post alwaar de beelden op monitors worden vertoond. Kan de waarnemer, op afstand gebruik makend van het televisie-oog, nu hetzelfde zien als een waarnemer ter plaatse? Het antwoord is natuurlijk afhankelijk van het aantal kamera's dat men bereid is te plaatsen. Met één kamera zal men onmogelijk een man kunnen vervangen die aan de oever van de rivier staande, 180° kan overzien. Bij het gebruik van veel kamera's tegelijk kan men wellicht de gehele scène behoorlijk weergeven; maar dan ontstaat er wel een probleem aan de monitorzijde, waar de verkeersbegeleider een groot aantal televisieschermen in de gaten moet houden. De meer specifieke vragen zijn dan: hoeveel kamera's zijn er nodig om een scène in de haven van Rotterdam goed weer te geven, en kunnen de beelden van die kamera's op een overzichtelijke wijze worden gepresenteerd aan de man voor wie het closed circuit systeem als "oog op afstand" moet werken.

EERSTE PROEF

In een eerste proefopstelling, gebouwd op de radarpost Lekhaven tegenover de Waalhaven, werden drie kamera's opgesteld, die ieder een openingshoek van 60° hadden. In totaal werd dus een totale horizontale beeldhoek van 180° verkregen. Bij een eerste konfrontatie met de monitorbeelden bleek direkt dat deze oplossing onbruikbaar was. De kleine details waren geheel verloren gegaan waardoor een verkeersbegeleider niet de informatie zou ontvangen die noodzakelijk is voor het uitvoeren van zijn taak. Twee vragen kwamen nu onmiddellijk op: hoe groot (in beeldhoeken gemeten) zijn de details in de visuele omgeving die een verkeersbegeleider interpreteert, en hoe groot moet de openingshoek van een kamera zijn wil je dergelijke details ook zichtbaar maken op de monitor? Het antwoord op de eerste vraag moet worden verkregen door observatie, het tweede antwoord volgt daar bijna regelrecht uit.

WAARNAAR KIJKEN VERKEERSBEGELEIDERS?

Bij de voorbereidingen voor het ontwerp van het verkeersbegeleidingssysteem hadden we al een inventarisatie gemaakt van de tijdsbesteding van radaroperateurs (de verkeersbegeleiders in het huidige systeem). Hieruit bleek dat een operateur bij goed zicht 14% van zijn tijd gebruik maakt van het buitenbeeld. Dit percentage is tamelijk hoog vergeleken met gebruik van radar onder dezelfde condities: 18%. Bij goed zicht is het buitenbeeld praktisch even belangrijk als het radarbeeld. We moeten dus bij het ontwerp van een nieuw systeem evenveel aandacht besteden aan het buitenbeeld als aan het radarbeeld. Toch hadden we tot dusver verzuimd na te gaan waar de operateurs nu eigenlijk naar kijken. Nieuwe observaties moesten licht brengen in deze zaak. Een voorbeeld uit het door ons verzamelde gegevensbestand is gepresenteerd in Tabel I. Het feit van detektie of identifikatie werd afgeleid uit de gesproken kommunikatie. Door navraag hebben we vastgesteld welk detail werd gebruikt voor detektie of identifikatie. De afstand werd door middel van radarpeiling bepaald en de gezichtshoek met behulp van een kijker met ingebouwd reticuul.

Tabel I. Waarnaar kijkt de verkeersbegeleider? Een kleine steekproef uit de observatiegegevens.

detectie of identificatie van	waargenomen detail	nut van de vergaarde kennis	afstand (m)	gezichtshoek	hoogte/ breedte	afmeting detail (M)
sleepcombinatie	sleepvlag	sleep niet manoeuvreerbaar; op radar vaak niet als sleep te herkennen	700	5'	H + B	1,1
Ned Lloyd-lichter	oranje boegband	lading en bestemming met grote waarschijnlijkheid bekend	1500	1,2'	H	0,5
baggerbak + duwboot	bakken voor opbouw duwboot	geringe manoeuvreerbaarheid	300	30'	H	2,5
kleine coaster	vorm van de boeg	zeevaart niet gemeld via VHF (blindganger)	1000	10'	H	3,0
lengtebepaling vrije ligplaats	kadepalen	informatie aan schepen	520	2,5'	B	0,4

Een analyse van de observaties leert dat het buitenbeeld informatie oplevert die moeilijk is te verkrijgen via de radar. Voorbeelden zijn type schip, aard van de lading, snelheid, koerswijziging. Andere soorten informatie, zoals plaats en koers kunnen weliswaar ook uit het buitenbeeld worden verkregen, maar daarvoor is de radar in principe toereikend.

De waarneming bij duisternis en slecht zicht valt buiten dit bestek omdat een closed-circuit televisie daarvoor in principe niet bedoeld is. Bij slecht zicht om voor de hand liggende redenen; bij duisternis omdat kleuren van scheepsverlichting niet worden weergegeven.

De kennelijk gebruikte details hebben een grootte tussen 50 cm en enkele meters. In het algemeen kan men stellen dat het oog 1 bgmin kan oplossen (zie ook pag.56), hetgeen neerkomt op een voorwerp van 1 m op 3400 m afstand.

DE REIKWIJDTE VAN EEN TELEVISIESYSTEEM

Een closed-circuit televisiesysteem bestaat uit een kamera, een beeldscherm en een verbindingskanaal. We nemen aan dat het beeldscherm van betrekkelijk korte afstand wordt bekeken zodat de gezichtsscherpte van de menselijke waarnemer niet in het geding hoeft te komen. Het oplossend vermogen wordt dan bepaald door het ontwerp en de kwaliteit van de televisie-komponenten. Normale televisiesystemen werken met 575 horizontale beeldlijnen. De breedte en hoogte van het beeld verhouden zich als 4:3. Men streeft naar symmetrische beeldkwaliteit, dat wil zeggen dat men in de horizontale richting hetzelfde oplossend vermogen wil bereiken als in de verticale richting. Vat men de beeldlijnen in eerste instantie op als maat voor het kleinst oplosbare detail dan zou men in horizontale richting $\frac{4}{3} \times 575 = 766$ "beeldpunten" willen onderscheiden. In de praktijk blijkt het kleinst oplosbare detail in verticale richting toch circa 1,4 x groter zijn dan uit de lijndikte zou volgen (Kell-faktor), hetgeen leidt tot ongeveer 400 beeldpunten in verticale richting en $\frac{4}{3} \times 400 = 530$ beeldpunten in horizontale richting. Uit deze laatste eis van 530 beeldpunten in horizontale richting volgt

een bandbreedte van circa 5 MHz. Is de bandbreedte van één der componenten lager dan uit zich dat in minder detail in horizontale richting. Voor het ogenblik willen we uitgaan van 530 beeldpunten horizontaal.

Van belang voor de reikwijdte is nu het gezichtsveld van de kamera. Stel dat de breedte daarvan in een bepaalde situatie B° is, dan komt dat overeen met $60 B$ boogminuten, of $\frac{60 B}{530}$ boogminuten per beeldpunt. Met andere woorden het oplossend vermogen van het TV-systeem wordt $\frac{60 B}{530}$ boogminuten. Er ontstaat nu een uitwisselings-situatie tussen gezichtsveld en oplossend vermogen. Men kan een groot veld weergeven met gering oplossend vermogen, of een kleiner veld met meer oplossend vermogen. Kiest men voor B een veld van iets minder dan 9° dan kan hetzelfde oplossend vermogen worden bereikt als met het blote oog.

We merkten reeds op dat 1 boogminuut voor een voorwerp van 1 m neerkomt op een afstand van 3400 meter. Toepassing van deze omzettingrelatie leidt voor de reikwijdte R tot de vergelijking:

$$R = \frac{530}{60 \cdot B} \cdot 3400 = \frac{30000}{B} \text{ meter}$$

als B in graden is uitgedrukt.

DISKRETE ZOOM-OPSTELLING

We merkten reeds op dat de gezichtsscherpte van een menselijke waarnemer ter plaatse in theorie zou kunnen worden bereikt met een TV-kamera waarvan het gezichtsveld iets kleiner dan 9° bedraagt. Na de opgedane praktische ervaringen moet men erkennen dat de apparatuur de theorie niet helemaal zou waarmaken en men zou wellicht terug moeten gaan naar een systeem met een gezichtsveld van 6° om met enige zekerheid de gezichtsscherpte van de mens te verkrijgen. Het gezichtsveld dat moet worden overzien bedraagt echter 180° horizontaal en 24° vertikaal. Dit kan alleen worden weergegeven met behulp van $30 \times 4 = 120$ kamera's en 120 monitoren, hetgeen natuurlijk geen praktische oplossing is. Op welke manier kunnen we de eisen van een voldoende reikwijdte én voldoende gezichtsveld ver-

zoenen?

Het menselijk oog heeft hetzelfde probleem. De genoemde gezichtsscherpte van 1 boogminuut geldt slechts voor een fixatieveldje van 4° . Wil men iets scherp zien dat daar buiten ligt dan moet een oogbeweging worden gemaakt. Voor dat gebeurt heeft men echter, zij het vaag, reeds iets gezien en men heeft zich kunnen oriënteren met betrekking tot de gewenste oogbeweging en de onderlinge posities der objekten. Zo kan men het gezichtsveld van het oog opvatten als een systeem van elkaar overlappende velden met uitdijende diameter: een klein veld voor scherp zien in het midden en daarom heen grotere "oriënterende" velden.

Bij de aanpak van het TV-systeem kan men allereerst denken aan een zoom-objektief, zodat men op ieder gewenst object kan "inzoomen"

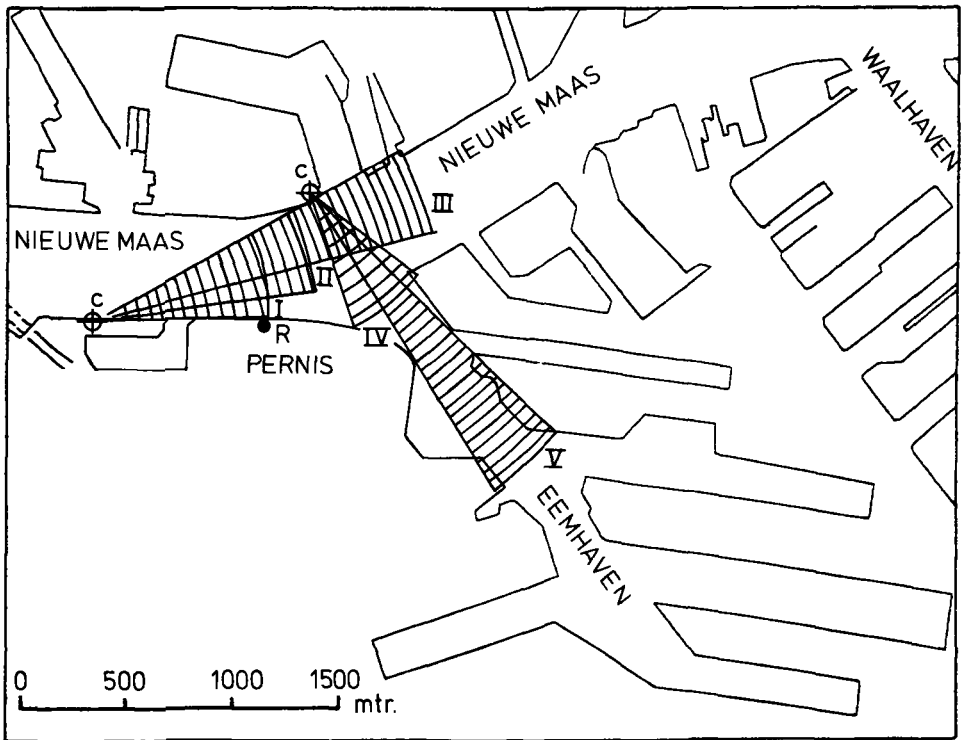


Fig. 1. Situering van vijf kamera's in de diskrete zoomstelling.

om de details ervan te zien. Bij de eerste proefnemingen is daar ook mee geëxperimenteerd. Het probleem is echter dat een dergelijke kamera maar een heel klein stukje uit het totale beeld weergeeft terwijl de gebruiker niet precies weet welk stukje. De disoriëntatie die hierdoor ontstaat is vergelijkbaar met de moeilijkheid die men ondervindt bij het zoeken met behulp van een sterk vergrotende verrekijker. Een extra moeilijkheid was in ons geval dan nog dat de kamera via afstandsbediening bestuurd wordt. De zoektijd bij het gebruik van een op afstand bestuurde zoom-kamera was te lang voor welke praktische toepassing dan ook.

Het idee van "inzoomen" op details is echter wel bruikbaar, maar men zou de "zoom-standen" moeten fixeren. Dit is mogelijk wanneer de observatiepositie een eind verder langs de rivier wordt gekozen, zoals is geïllustreerd in Fig. 1. Drie kamera's kijken in dezelfde richting, maar ieder met een andere openingshoek, kamera I met een hoek van 28° en een reikwijdte van circa 800 meter, kamera II met een hoek van 21° en een reikwijdte van circa 1100 meter en tenslotte kamera III met een hoek van 14° en een reikwijdte van circa 1600 meter. Op een tweede punt staan nog de kamera's IV en V met hoeken van 35° en 14° en reikwijdten van 600 en 1600 meter. De vijf kamera's bewaken met elkaar de ingang van de Eemhaven, een gebied van ruwweg 1 km^2 .

De vijf beeldschermen zijn in twee kolommen opgesteld, zoals is geïllustreerd in Fig. 2. Op beeldscherm no. I staat door een kaderlijn aangegeven welk gedeelte is uitvergroot op scherm II; hetzelfde is gedaan op scherm II en IV. Door deze opstelling gaat de oriëntatie van de waarnemer minder gemakkelijk verloren.

BEPROEVING

Door middel van waarnemingsproeven op de lokatie in het Rotterdamse havengebied is nagegaan in hoeverre de door ons voorgestelde opstelling in de praktijk zou voldoen, en om vast te stellen in hoeverre de theoretisch voorspelde reikwijdte zou worden benaderd. De gezichtsscherpte werd bepaald met een testbeeld van 5×5 meter, dat was gemonteerd op een drijvend ponton (zie Fig. 3). De panelen

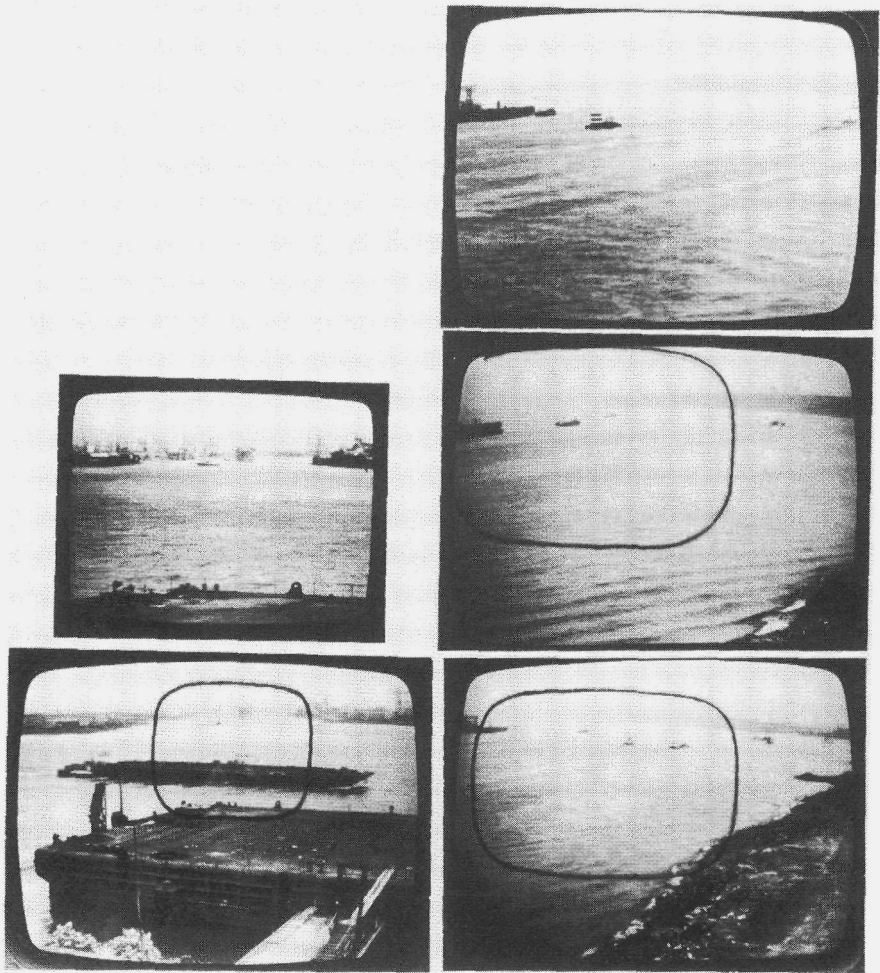


Fig. 2. Plaatsing van vijf beeldschermen in de diskrete zoomopstelling.

van het testbeeld waren draaibaar, zodat zowel een horizontaal als een vertikaal balkenpatroon kon worden getoond. Een sleepboot sleepte het ponton door de haven, te beginnen op een grote afstand



Fig. 3. Het ponton dat met een testbeeld van 5 x 5 meter door de haven werd gesleept.

van de kamera's. Waarnemers bij de beeldschermopstelling moesten zeggen wanneer ze konden zien of de balken horizontaal of vertikaal stonden. Via de radar werd dan bepaald waar het ponton zich op dat moment bevond.

De reikwijdte, gemiddeld over waarnemers en testruns (waarbij de zichtkondities niet altijd precies gelijk konden zijn) is voor diverse combinaties van kamera's en beeldschermen weergegeven in Tabel II. Het gaat hier om waarneming bij daglicht, zonder straalzenderverbindingen en met verticale testbeelden. Voor de verticale testbalken blijkt de voorspelde reikwijdte redelijk goed benaderd te worden. Voor horizontale testbalken bleek de reikwijdte kleiner en was er een groter verschil tussen de voorspelde en de gevonden waarden. Dat gold voor alle systemen. Blijkbaar moet men voor dit soort praktische situaties toch een andere Kell-factor toepassen.

De reikwijdte loopt terug bij lagere lichtniveaus. In een typische schemersituatie bleek de reikwijdte met circa 40% verkort

Tabel II. Theoretische en gevonden reikwijdte in meters voor zes verschillende systemen.

Gezichtsveid	Theoretische reikwijdte	Gevonden reikwijdte
14°	2143	1838
	2143	1761
	2143	1710
	2143	1693
21°	1429	1250
28°	1071	793

te zijn. Met zeer gevoelige speciale kamera's zou men 's nachts tot op iets minder dan de helft van de reikwijdte van overdag kunnen komen. De gegevens van Tabel II werden verkregen met een directe verbinding. Bij gebruik van straalzenders kan de reikwijdte korter uitvallen; tot 20% korter zoals uit de proeven bleek. Bij deze proeven werd naast de "gezichtsscherpte-tests" ook aan getrainde verkeersbegeleiders gevraagd een aantal standaardtaken uit te voeren, zoals het schatten van afstanden tussen schepen; het schatten van snelheden; het vaststellen van koersen; identifikatie van scheepstype, afmeting en lading; het markeren van scheepsposities op de kaart. Dezelfde taken werden uitgevoerd door waarnemers met direct zicht. De resultaten lieten zien dat de diskrete zoomopstelling geen wezenlijke verslechtering betekent vergeleken met direct zicht.

Het aardige van deze oplossing is enerzijds dat hij geheel is voortgekomen uit gedragsobservaties en anderzijds een zekere gelijkenis vertoont met de oplossing die het visuele systeem, worstelend met hetzelfde probleem, ook heeft toegepast in overlappende velden met verschillende breedte-diepte combinaties, waardoor men reikwijdte en oriëntatie goed met elkaar kan verzoenen.

ENKELE PUBLIKATIES

- A. de Jong, H.J. Leebeek en E. Ellens, CCTV in het Verkeersbegeleidingssysteem in de Rotterdamse Haven - Deel 1: overwegingen en analyse van functionele inhoud van de buitenscène, Rapport IZF 1980-C10.

- A. de Jong en M.E. Noble, CCTV in het Verkeersbegeleidingssysteem in de Rotterdamse Haven - Deel 2: CCTV-proefneming op locatie Madruil-Eemhaven, Rapport IZF 1980-C16.

- M.E. Noble, A. de Jong en E. Ellens, CCTV in the Vessel Traffic Management System in the Port of Rotterdam - Part 3: Ergonomic considerations for camera sites.

BEELDSCHERM-WERKPLEKKEN

H.J. Leebeek

KLACHTEN

De revolutionaire ontwikkeling van komputertoepassingen in kantoren, controlekamers, type-kamers, e.d. heeft tot gevolg gehad dat een aanzienlijk deel van de beroepsbevolking achter beeldschermen is komen te zitten. Men zit daarbij dikwijls een flink deel van de werkdag op een afstand van 50 tot 70 cm naar een TV-scherm te kijken. TV-schermen zijn in principe ontworpen voor waarneming vanaf veel grotere afstand: ca. 5 maal de diagonaal van het scherm. Vanaf korte afstand gezien is een TV-beeld grof en onscherp. Het wordt daarbij ook onder een veel grotere hoek gezien dan normaal in de huiskamer. Men ziet zo'n groot veld bijv. eerder flikkeren. Het behoeft in eerste instantie dan ook geen verbazing te wekken dat "oogklachten" optreden. Dit kwam vooral tot uiting na een conferentie in Genève rond de jaarwisseling 1977-1978.

In die tijd adviseerde het IZF al lang inzake de visueel-ergonomische aspecten van beeldschermen en beeldscherm-werkplekken. De advisering was niet alleen gericht op de krijgsmacht maar ook op civiele instellingen en bedrijven. De ervaring had ons geleerd dat veel beeldschermen ook binnen de geldende technische mogelijkheden niet optimaal ontworpen waren. Deze ervaring werd sedertdien herhaaldelijk bevestigd. Met betrekkelijk weinig moeite en kosten zouden veel beeldscherm-werkplekken veel beter kunnen worden ingericht. De eerste reactie op de klachten is dan uiteraard dat de klachten, minstens gedeeltelijk, wegneembaar zijn door een goed



Fig. 1. De typische slechte werkhouding bij gebruik van een kompakt beeldscherm-toetsenbord apparaat.

doordachte ergonomische benadering.

Wij willen hier de in de loop der tijden door het IZF in velerlei vormen uitgebrachte adviezen nog eens samenvatten en verantwoorden. Of er uiteindelijk, ook bij het meest verantwoorde beeldschermontwerp en bij de best ingerichte werkplekken, toch nog "oogvermoeidheid" zal optreden zal in de praktijk moeten blijken. Voorlopig levert het klachtenpatroon weinig of geen aangrijpingspunten: het is statistisch niet onderbouwd. Ook treedt het op in het kader van algemene weersin tegen de nieuwe taken en het wegvallen van arbeidsplaatsen. Tenslotte schiet ook onze kennis van het verschijnsel "oogvermoeidheid" duidelijk te kort".

KENNIS VAN DE VISUELE ASPEKTEN

Hoewel het in de praktijk vaak beter is om uit te gaan van een oplossend vermogen voor het oog van 2 boogminuten, kunnen veel mensen minstens details van 1 boogminuut nog onderscheiden. Ruwweg is dit ook de hoek tussen de lijnen van het TV-scherm op de televisiekijkafstand.

De scherpstelling van het oog is regelbaar door akkommodatie op afstanden van 20 cm tot oneindig, waarbij 4 m praktisch reeds als oneindig kan worden beschouwd. Bij afwijkingen in de bouw van het oog, of in het akkommoderend vermogen kunnen brilkorrektes ondersteuning bieden. Het akkommodatie-mechanisme is in ieder geval aan veroudering onderhevig en oudere mensen zijn zeer dikwijls op aanvullende brilkorrektie aangewezen.

Uit de praktijk van het instrumentele zien door kijker of mikroskopen, met instelbaar okulair, is het duidelijk geworden dat het oog zelf een voorkeursakkommodatie heeft, die men met een tekenende term wel rustakkommodatie is gaan noemen en die niet overeenkomt met wat men vroeger noemde het ongeakkommodeerde oog, dat scherp zag in de verte. De rustakkommodatie verschilt van persoon tot persoon en kan liggen tussen 50 cm en 2 m in termen van afstanden waarop men scherp ziet in die toestand.

Met het oog op beeldschermen is de vraag van belang of het akkommodatiemechanisme wel goed kan functioneren als het aangeboden beeld zelf onscherp is. Hierover is nog onvoldoende bekend.

Het oog kan de akkommodatietoestand betrekkelijk snel wijzigen. Normaliter merkt men niet eens dat dit gebeurt. Er is weinig over bekend hoe vermoeiend het zou kunnen zijn als het werk een bifokale taak inhoudt, met andere woorden als men regelmatig op twee afstanden moet kijken. Bekend zijn natuurlijk de bi- of multifokale brillen voor mensen die een bepaalde akkommodatiesprong helemaal niet kunnen overbruggen.

Het ging tot nu toe om het oplossend vermogen. Dit is het vermogen om objecten gescheiden van elkaar te zien. Een volgende eis is, dat objecten een bepaald contrast moeten hebben om gezien te kunnen worden. Er bestaat een zeer uitvoerige literatuur over kon-

trastdrempels, handelend over de minimale contrasten om allerlei visuele taken te kunnen uitvoeren. Om comfortabel te kunnen werken dient men echter een eind boven deze drempels te blijven. Dit heeft bij beeldschermen geen probleem te zijn. Wat wel een probleem kan zijn is dat er ook een bovengrens is voor comfortabele contrasten. Dit speelt nauwelijks een rol bij aangelichte diffuus reflecterende objecten, maar wel bij zelflichtende objecten.

De gevoeligheid van het oog stelt zich in op de gemiddelde luminantie van het gezichtsveld. Is er sprake van een relatief klein donker object tegen een heldere achtergrond, dan zullen door de aanpassing van het oog aan de heldere achtergrond objectdetails verdwijnen. Bij een klein helder object tegen een donkere achtergrond zal het object een schijnbare verbreding vertonen. Zelfs wanneer zo'n verdwijning van details of verbreding nog niet optreedt, kan de ondervonden contrastindruk toch al te sterk zijn. Tabel I geeft weer, hoe contrasten, hier gedefinieerd als luminantieverhoudingen, worden ervaren.

Tabel I. De subjectieve indruk die bij bepaalde luminantieverhoudingen behoort.

Luminantieverhouding	Kontrastindruk
1	geen
3	matig
10	hoog
30	te hoog
100	veel te hoog

De getallen uit de tabel zijn niet alleen bruikbaar voor de contrasten zoals ze bijv. voorkomen bij op beeldschermen geschreven symbolen, maar ook voor de contrasten tussen de verschillende delen van het gezichtsveld. Men kan dan denken aan de contrasten tussen scherm en de rest van de werkruimte. Dit alles leidt tot een vuistregel voor prestatie op beeldschermen: luminantieverhoudingen tussen heldere symbolen en een donkerder schermondergrond mogen niet

kleiner dan 5 en niet groter dan 15 zijn. Het is nog beter om de luminantieverhoudingen tussen 7 en 12 te houden. De aldus gedefiniëerde contrasten zijn iets hoger dan bij op papier gedrukte informatie: daar bedragen ze tussen 3 en 10. Bij de verhoging van de getallen voor beeldschermen is rekening gehouden met een zekere voorkeur voor wat pregnantere contrasten. Overigens geldt voor de contrasten van grote delen van het gezichtsveld de regel dat contrasten groter dan 10 en kleiner dan 3 in het algemeen voorkomen dienen te worden.

De beeldschermtechniek gaat en ging het liefst uit van heldere symbolen op een donkere ondergrond. Bij het schrijven en bij druktechnieken wordt vrijwel uitsluitend het omgekeerde contrast gebruikt: donkere inkt op wit papier. Men mag er niet automatisch van uitgaan dat het contrast van de druktechniek beter zou zijn dan het contrast op de beeldschermen.

Toch is er ook bij beeldschermen in principe een voorkeur voor donkere symbolen op een lichte ondergrond: men ondervindt dan minder last van spiegelingseffekten en bovendien heeft een helder scherm een luminantie, die meer in de buurt ligt van die van andere vlakken in de werkruimte. Bij het verleggen van de blik zijn er dus minder helder-donker overgangen. Weliswaar wordt bij een lichte schermondergrond de kans op hinderlijke flikker vergroot, maar dit is te verhelpen door het kiezen van een voldoende hoge herhalingsfrequentie in combinatie met een fosfor met voldoende grote nalichttijd.

In het voorgaande is ervan uit gegaan dat de contrasten een eind boven de contrastdrempels liggen. Die drempels worden snel hoger als het basislichtniveau laag wordt of lager ligt dan het niveau waaraan men is geadapteerd. Zo was het in de begintijd van de radar nodig dat de waarnemers donker-geadapteerd waren, anders zouden ze de lichtzwakke echo's niet kunnen zien. De moderne beeldschermen zijn wat dat betreft veel beter geworden. De scherm luminanties kunnen vrij gemakkelijk waarden bereiken tot 200 cd/m².

VISUEEL-ERGONOMISCHE ADVIEZEN

We komen nu tot de vraag wat er op grond van deze visuele in-

zichten over beeldscherm-werkplekken kan worden geadviseerd.

Het oplossend vermogen van de apparatuur dient aan de gezichts-scherpte van het oog te zijn aangepast. Voor een op 50 cm waargenomen A4-formaat zou dan een raster nodig zijn van minstens 1000 x 700 punten, liever nog 2000 x 1400 punten. Op zeer geavanceerde schermen wordt het eerstgenoemde raster langzamerhand wel gehaald. Bij de konventionele, op de huiskamer-televisie lijkende schermen is zoiets echter nog niet verwezenlijkt. Dit houdt in, dat veel beelden een "grofkorrelige" en, ten opzichte van het oog, een relatief onscherpe structuur bezitten. Dit kan mede oorzaak zijn van akkommodatieproblemen en oogvermoeidheid.

Een goede brilaanpassing is van groot belang voor het bereiken van een voldoende akkommodatie aan de bij het beeldschermwerk behorende kijkafstanden. Ook dient rekening gehouden te worden met geringere akkommodatiemogelijkheden van oudere werknemers. In het bijzonder moet op eventuele bifokale werktaken gelet worden. Bij de inrichtingsadviezen inzake meubilair komen we daarop terug.

Eerder werd vermeld dat voor de contrasten in en om de visuele taak vuistregels te geven zijn: op het beeldscherm zelf maximaal tussen 5 en 15 (beter nog tussen 7 en 12) en van het beeldscherm en de andere delen van het gezichtsveld in de werkruimte variërend tussen 3 en 10. Spiegelning van de werkomgeving in de schermoppervlakken levert in principe een verzwakking van de contrasten op het scherm op. De structuur van een spiegelbeeld kan bovendien ook zodanig zijn dat het als het ware konkurreert met het informatie-dragend schermbeeld. Men blijkt echter door zo'n konkurrerend spiegelbeeld te kunnen heen kijken als de luminantie ervan niet hoger is dan $\frac{1}{10}$ van de luminantie van het informatie-dragende schermbeeld.

Omdat vaak niet zorgvuldig wordt overwogen welke spiegelingsmoeilijkheden kunnen optreden willen we iets dieper op deze materie ingaan. Een geheel onbehandeld beeldschermoppervlak heeft een spiegelende reflektiefactor van 4%. Dit betekent dat van de oorspronkelijke luminantie van het objekt 4% als luminantie van het spiegelbeeld overblijft. Bij gewone verlichtingsarmaturen, waarin de TL-lamp zichtbaar is (maar ook voor vensters waardoorheen de hemel-

koepel zichtbaar is) moet gerekend worden op luminanties van ca. 12000 cd/m^2 ; 4% daarvan is 480 cd/m^2 en de luminantie van de informatie zou dus minstens $10 \times 480 \text{ cd/m}^2 = 4800 \text{ cd/m}^2$ moeten bedragen. De hoogst voorkomende luminantie op beeldschermen is ca. 200 cd/m^2 . Het moet dus duidelijk zijn dat beeldschermen niet bestand zullen zijn tegen spiegelbeelden afkomstig van dergelijke verlichtingsarmaturen.

Tegen de spiegelingshinder is wel iets te doen:

- a. Door ontspiegeling van het schermoppervlak. Dit is enigszins te bereiken door middel van mattering, maar geheel spiegelingsvrij is het oppervlak daarmee nooit te krijgen. In verband met door de mattering optredende onscherpte van het informatie-dragende beeld zal de spiegelende reflektiefactor niet veel lager worden dan 2 à 3%. Met een z.g. interferentiecoating kan het schermoppervlak zeer goed worden ontspiegeld, maar het is dan wel meer gevoelig voor vuil worden.

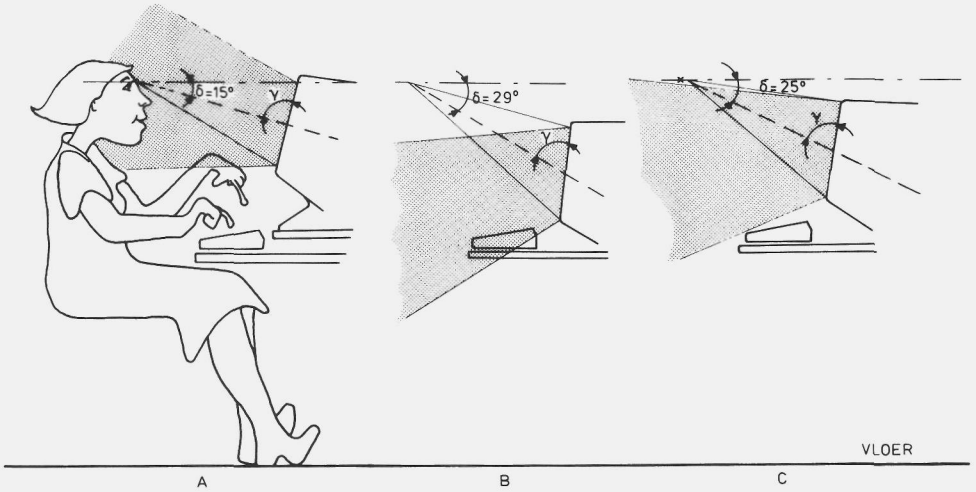


Fig. 2. Mogelijkheden om met behulp van kanteling van het beeldscherm ongewenste spiegelingen kwijt te raken. De gearceerde zone is de zone van waaruit heldere objecten in het scherm spiegelend kunnen worden gezien.

b. Door afscherming van sterke lichtbronnen, als armaturen en vensters.

c. Door kanteling van het beeldscherm, zoals Fig. 2 illustreert.

Uit bovenstaande overwegingen volgt dat het gewenst is de oorspronkelijke scherm luminantie voldoende hoog te kiezen mede om met spiegelingen te kunnen concurreren. Als laagst aanvaardbare waarde bevelen wij 50 cd/m^2 aan. Bij sommige apparaten komen al waarden hoger dan 200 cd/m^2 voor. Tussen deze waarden bewegen zich globaal ook de luminanties die zich in werkruimten voordoen. Daarmee is dus ook voldaan aan de aanbeveling van niet al te sterke contrasten in het gezichtsveld.

DE INRICHTING VAN DE WERKPLEK

Ook een goed ergonomisch doordachte inrichting van de werkplek, in het bijzonder de keuze van het meubilair kan veel bijdragen tot verbetering van de werkomstandigheden. In dit bestek zullen we niet alle ergonomische principes, die in het algemeen op werkruimten betrekking hebben uiteenzetten, maar ons beperken tot enkele punten die specifiek voor beeldscherm-werkplekken gelden.

Allereerst verdient dan de verlichting onze aandacht. Het zal uit het bovenstaande duidelijk zijn, dat goede beeldschermapparatuur onder normale verlichtingsomstandigheden kan functioneren. In veel gevallen verdient het echter aanbeveling bij de verlichting van de ruimte rekening te houden met de daarin op te stellen beeldschermen. Dan zijn er in de eerste plaats de reeds genoemde contrastaanbevelingen binnen het gezichtsveld. Ten tweede zijn er de spiegelingen. Men moet zo mogelijk de armaturen aanpassen en zodanig positioneren dat het gewenste verlichtingseffekt wordt verkregen zonder de spiegeling nadelen. Hetzelfde geldt voor de positionering ten opzichte van de ramen.

Zeker niet minder belangrijk dan de verlichting in de ruimte is de keuze van het meubilair met het oog op het bevorderen van een verantwoorde werkhouding. Men behoeft slechts de bekende handboeken op te slaan om direkt in te zien, dat veel van de op de markt gebrachte beeldschermapparatuur wel tot slechte werkhoudingen moet

leiden, en we hebben op dit punt in de praktijk heel wat meegemaakt. Waar het ruwweg op neer komt is dat men de problemen van de schrijfmachine heeft overgenomen, terwijl dat in principe niet nodig is, omdat beeldschermapparatuur meer technische mogelijkheden biedt om aan de gewenste werkhouding tegemoet te komen.

Het probleem van de schrijfmachine is de korte afstand tussen het toetsenbord en de geproduceerde tekst. Het toetsenbord plaatst men dan op een voor de armen redelijke hoogte, maar om de tekst te kunnen lezen gaat men met gekromde rug zitten. Het is merkwaardig dat men bij het ontwerp van elektrische schrijfmachines geen gebruik heeft gemaakt van de kansen om dit probleem op te lossen. Nu is het wel zo, dat professionele gebruikers vaak niet eens op het papier kijken, maar toch is dit geen goede benadering. Het is daarom ook goed dat men bij de beeldschermen de kans op verbetering niet hoeft te missen. Veel fabrikanten hebben deze kans dan ook gretig aangegrepen. Het moge dan aantrekkelijker "ogen" een compact apparaat te hebben, een scheiding tussen toetsenbord en beeldscherm-

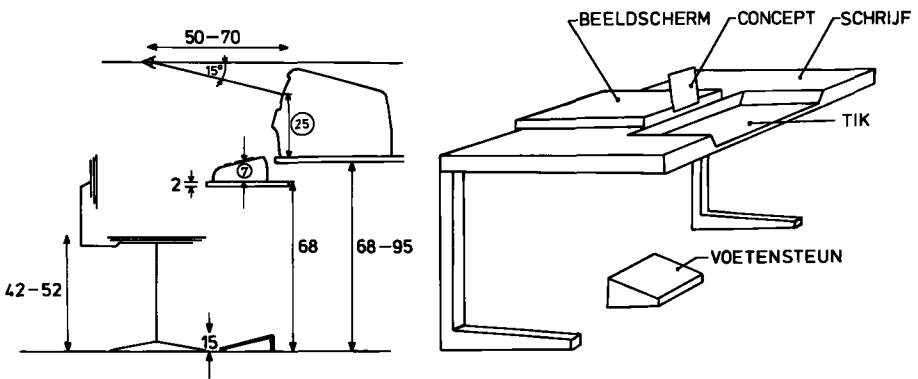


Fig. 3 Voorgestelde aanbevelingen voor de afmetingen van meubilair. De getallen zijn gebaseerd op een toetsenborddikte van 7 cm en een hoogte van het beeldschermcentrum van 25 cm boven het tafelblad (de omcirkelde waarden). Ook de meest geschikte opstelling van beeldscherm en toetsenbord wordt getoond.

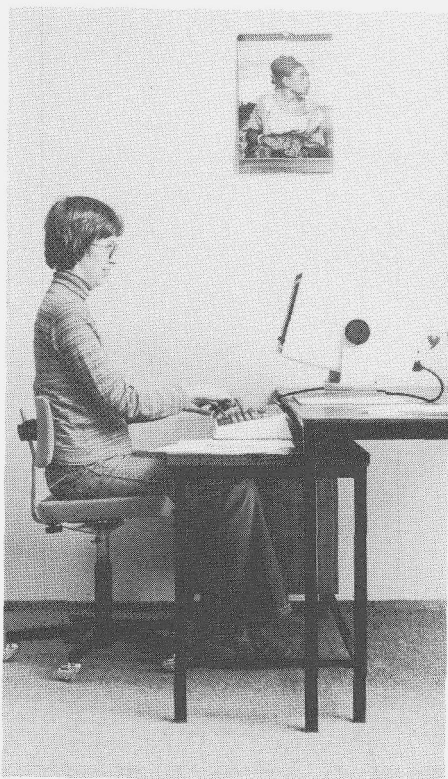


Fig. 4. Beeldschermdeel en toetsenbord gescheiden. Een goede werkhouding is mogelijk.

deel is de oplossing van het kromme-rug-probleem.

Het houdt echter wel in dat het beeldschermdeel een stuk hoger dient te worden geplaatst dan de vroegere schrijfmachine. Men kan bijvoorbeeld blokken onder het beeldschermdeel leggen. Dit gaat wel goed zolang er maar één persoon op de desbetreffende werkplek moet werken. Moeten echter verschillende personen van dezelfde werkplek gebruik maken, dan zal een gemakkelijk te bedienen hoogte-verstelling van het beeldschermdeel onvermijdelijk zijn. Het toetsenbord zal zo laag mogelijk neergezet moeten worden: bij wijze van spreken op de knieën van de operator. Dientengevolge luidt de aanbeveling dan ook, het toetsenbord en het meubelblad onder het toetsenbord zo dun mogelijk te maken. Het meubelblad behoeft uit konstruktieve

overwegingen niet dikker te zijn dan 2 à 2,5 cm. Fig. 3 geeft een overzicht van de gewenste maten.

DE INRICHTING VAN DE TAAK

Tot zover bespraken we allerlei "hardware" zaken. Misschien van nog groter belang is de ergonomie van de "software". Onderzoekers beginnen zich daarvan snel bewust te worden. Binnen het IZF heeft dit punt de volle aandacht.

Zonder twijfel speelt in het in de inleiding genoemde klachtenpatroon mede een rol, dat de taak van de betreffende werknemers met de introductie van het beeldscherm ook ingrijpend is gewijzigd. Het valt buiten dit bestek om daar uitvoerig op in te gaan, maar we willen dit toch illustreren met enkele voorbeelden.

Men heeft wel eens gezegd dat beeldschermen de lopende band voor de witte boorden betekenen en daar schuilt veel waarheid in. De taak wordt dikwijls als het ware in brokken gedoseerd door het computersysteem, dat alles verschaft wat nodig is, en niet meer. Er is vaak heel weinig reden om de werkplek nog eens even te verlaten, bijvoorbeeld om nog eens iets te pakken. En er is dikwijls weinig ruimte voor een persoonlijke aanpak. Men werkt verder soms met gegevensbestanden, die heel anders en lang niet altijd beter in elkaar zitten dan men gewend was. Dit hoeft allemaal niet fout te gaan en dit zijn allemaal geen noodzakelijkheden, mits men zich maar realiseert wat er aan de hand is en door opzettelijke vormgeving de taak meer aantrekkelijk of alleen al uitvoerbaar maakt.

Een ander voorbeeld betreft het "format" van de informatie op het scherm. Een nog niet genoemd "hardware" aspect in dezen is natuurlijk dat de symbolen leesbaar moeten zijn, terwijl voorts voor de leesbaarheid van de tekst eisen gesteld moeten worden aan regel-lengte en regelafstand (zie bijv. "Het werken met beeldschermen", konsept-voorlichtingsblad van de Arbeidsinspectie). Maar ook het software aspect verdient de aandacht. Op welke wijze kan men het opzoeken van gegevens in tabellen bijvoorbeeld bevorderen?

Wat de inrichting van de taak betreft zijn er meer vragen dan antwoorden, hoewel gekonstateerd mag worden dat het onderzoek nu

op diverse plaatsen snel toeneemt. Een zeer belangrijke vraag die telkens weer rijst is: hoe moeten de taken tussen computer en mens verdeeld worden? Deze vraag wordt dringend omdat we mensen steeds meer enerzijds in vervelende taken en anderzijds in paniekerige taken geplaatst zien.

NABESCHOUWING

Zonder overdrijving kan gesteld worden dat de door het IZF uitgebrachte adviezen inzake beeldschermwerkplekken veel weerklank hebben gevonden, zowel in directe relaties met opdrachtgevers als wel via voorlichtingsbijeenkomsten. In het bijzonder werd bijgedragen aan het genoemde konsept-voorlichtingsblad van de Arbeidsinspectie en een zogenaamde BEA-lijst van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie.

Een van de problemen bij het advieswerk verdient nadere aandacht, namelijk de wijze waarop de eindgebruikers, dat wil zeggen, de mensen die echt aan de terminal zitten, worden betrokken bij de aanschaf van dit soort apparatuur. Fig. 5 geeft de relaties in deze branche aardig weer.

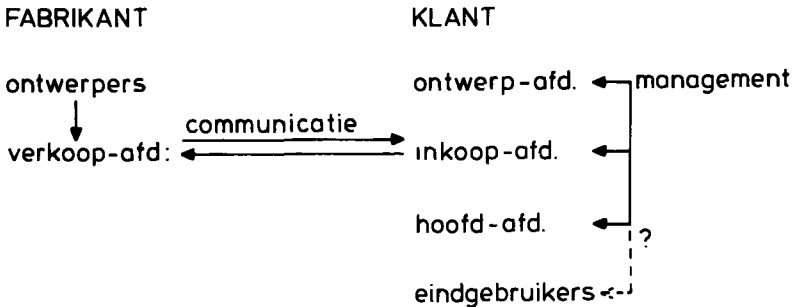


Fig. 5. Overzicht van de relaties tussen verkoopfirma en klant, alsmede van de interne relaties in beide firma's.

Automatiseringapparatuur wordt ontworpen door de ontwerpers van de fabrikant. De fabrikant verkoopt via zijn verkooporganisatie, die onderhandelt met de inkoopafdelingen van de gebruikersfirma's.

Ook in de gebruikersfirma is er meestal een afdeling die het voor het bepaalde bedrijf gewenste systeem ontwerpt en beschrijft.

Een analyse van wat de eind-gebruiker moet doen en wat deze kan blijft echter vaak achterwege. Dikwijls ook weet de verkoopman van de fabrikant nauwelijks wat er straks geleverd gaat worden, laat staan dat de gebruiker dit weet. Voeg daarbij dat de contacten tussen inkoopafdeling en de eindgebruiker stroef gaan en wellicht worden geblokkeerd door een tussengelegen chef, dan lijkt het soms een wonder dat er ooit nog iets van een automatisering terecht komt.

Het IZF, als adviserende instantie, kan nu de functie krijgen dat het beter inschat of analyseert wie en hoe de eindgebruiker zal zijn. Via de cliënten krijgen wij contact met de fabrikant die vaak maar al te graag bereid is zich ten opzichte van de concurrentie een voorsprong te verwerven.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat mede op grond van onze adviezen reeds een aantal gunstige ontwikkelingen geconstateerd mogen worden:

- Veel gebruikers hebben geleerd de compacte apparaten (met vaste verbinding tussen toetsenbord en beeldschermdeel) liever niet te gebruiken.
- Meubelfabrikanten hebben gretig gebruik gemaakt van de adviezen die het IZF via cliënten levert en pasten hun meubilair aan.
- Voor beeldschermwerkruimten geschikte verlichtingsarmaturen zijn tegenwoordig goed leverbaar en men kan kiezen tussen verschillende soorten armaturen.
- Het kritisch gebruik van verticale zonweringslamellen is mede door de advisering van het IZF sterk geïntroduceerd.

ENKELE PUBLIKATIES

Ned. Vereniging voor Ergonomie, BEK lijst (Beeldschermen, Ergonomische Aanbevelingen, Amsterdam (1979).

H. J. Leebeek, Met het oog op beeldschermen, Rapport IZF 1980-20.

Het werken met beeldschermen. Concept Voorlichtingsblad Arbeidsinspectie (1980).

A. Cakir, D.J. Hart en T.F.M. Stewart, Bildschirmarbeitsplätze. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York (1980).

Ned. Stichting voor Verlichtingskunde, Aanbevelingen voor Binnenverlichting, Arnhem (1981).

DE REIKWIJDTE VAN ELEKTRO-OPTISCHE KIJKERS

A. van Meeteren

HOE VER KAN MEN KIJKEN?

De reikwijdte van het gezichtsvermogen is een belangrijk gegeven. Men denke bijvoorbeeld aan het Sint-Nicolaasliedje "Zie ginds komt de stoomboot" en de spanning waarmee kinderen dat kunnen zingen. Of aan de kreet "land in zicht" vanuit het kraaienest van een Oostindië-vaarder, of het begin van de film "The longest day" waar de bemanning van de Duitse bunkers de geallieerde landingsvloot in de verte ziet opdoemen. De reikwijdte van het gezichtsvermogen is inderdaad vooral ook een belangrijk militair gegeven. Letterlijk is het één van de cruciale "data", die bij de aktuele computer "war games" moeten worden ingevoerd. Het is dan ook geen wonder, dat de Middelburgse brillenslijper Hans Lipperhey de door hem in 1608 gemaakte verrekijker allereerst aan Prins Mauritz aanbood. De Staten Generaal benoemde een kommissie - wellicht de eerste in zijn soort - om deze kijker te beproeven en deze kommissie stelde vast dat men vanuit het Stadhouderskwartier in 's-Gravenhage in Delft op de klok kon kijken.

Naast de klassieke verrekijker, die nog altijd dankbaar wordt gebruikt om bij daglicht verder te kunnen kijken dan met het blote oog, heeft de ontwikkeling van de elektro-optische techniek ons in de laatste veertig jaar ook twee typen "nachtkijkers" opgeleverd waarmee het gezichtsvermogen bij duisternis enorm kan worden opgevoerd, namelijk de *helderheidsversterkers* en de *warmtekijkers*. In dit artikel komt de vraag aan de orde welke reikwijdte men van deze

apparatuur mag verwachten.

Om het begrip *reikwijdte* te definiëren moet allereerst worden afgesproken om welke waarnemingstaak het zal gaan. Willen we kerkklokken kunnen aflezen, zoals de Lipperhey-kommissie deed? Of willen we militair interessante objecten kunnen herkennen? Dat maakt natuurlijk verschil uit en het ligt dan voor de hand een taak te kiezen, die representatief is voor het praktische gebruik. In het hier behandelde geval van kijkers voor de Koninklijke Landmacht is als taak gekozen het herkennen van militaire voertuigen uit een verzameling van zes alternatieven. Met andere woorden, in het terrein staat op een bepaalde afstand één van de voertuigen A, B, C, D, E of F en de vraag aan de waarnemer is welke van deze zes staat er? Een tweede afspraak, nodig om het begrip *reikwijdte* te definiëren, betreft vervolgens het criterium aangaande het goed of niet goed vervullen van de taak. Als de voertuigen dichtbij staan zullen ze steeds goed worden herkend. Als ze erg ver weg staan dan zal het percentage goede benoemingen niet hoger kunnen zijn dan $100/6$, berustend op zuiver gokken. Tussen deze uitersten beweegt zich de grafiek van de herkenningkans als functie van de afstand. Het zou voor de definitie van de reikwijdte mooi zijn als deze grafiek een abrupte sprong maakte bij een bepaalde afstand van $100/6$ naar 100 procent, maar dat komt maar zelden voor in de psychometrische praktijk. Dat brengt ons ertoe als beste definitie van de reikwijdte te kiezen, *die afstand waarop de helft van de benoemingen juist is.*

De Lipperhey-kommissie heeft het zich niet zo ingewikkeld gemaakt en dat hoefde ook niet: het feit van die ene waarneming was op zichzelf overtuigend genoeg. De vraag wat men er nu eigenlijk precies mee kan doen komt meestal pas in een latere fase, als de gedachten uitgaan naar aanschaffing en gebruik op grote schaal en als er verschillende fabrikaten in aanmerking komen.

HET JOHNSON-RECEPT

Zou men de reikwijdte van het blote oog in termen van de zojuist gekozen taak kennen, dan zou het niet al te moeilijk zijn de reikwijdte van een normale verrekijsker te voorspellen. Voor een kij-

ker van goede optische kwaliteit mag men de reikwijdte van het blote oog eenvoudig vermenigvuldigen met de hoekvergroting. De theorie hierbij is, dat het aan het oog aangeboden beeld slechts in één opzicht verschilt van wat het blote oog zou zien: de projectie op het netvlies is vergroot, verder is alles hetzelfde. Dat kan men niet meer volhouden voor helderheidsversterkers of warmtekijkers, waarbij men naar een soort TV-schermpje zit te kijken en het op het netvlies geprojecteerde beeld in heel wat meer opzichten verschilt dan de vergroting alleen. Om te beginnen zijn dit soort kijkers kleurenblind. Zoals reeds bij zwart-wit foto's, films en televisie is gebleken, is dit echter voor het gros van de visuele waarnemingstaken bepaald geen ernstige handicap. In feite kost het dikwijls nogal wat moeite om aan te tonen dat kleurenzien wellicht soms een beetje winst oplevert voor het soort waarnemingen te velde waar het hier

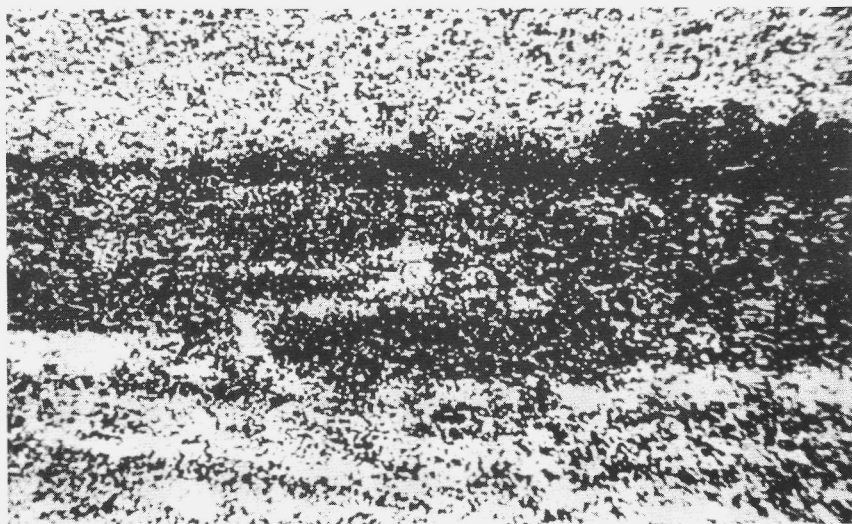


Fig. 1. Afbeelding van een tank bij laag lichtniveau gemaakt op basis van helderheidsversterking. Iedere stip stelt een gedetecteerde lichtquant voor. Men kan de tank het beste herkennen door de foto op afstand te bekijken.

om gaat. Een veel belangrijker verschil is bij helderheidsversterkers de aanwezigheid van *ruis* (zie Fig. 1) en bij warmtekijkers de lijnsgewijze beeldaftasting. Beide verschijnselen zijn natuurlijk ook reeds bekend van de televisie, en hun effect op de visuele waarneming is in dat verband reeds sinds de dertiger jaren onderzocht, zij het meer in termen van subjektieve beoordelingen dan objectieve visuele taakprestaties.

Hoe gaat het visuele systeem met ruis om? Deze vraag, die voor helderheidsversterkers zichtbaar ter zake is, was al eerder aan de orde gesteld in de fluktuatietheorie van De Vries en Rose, die stellen dat het zien met het blote oog bij lage lichtniveaus wordt begrensd door de Poisson-statistiek van de lichtquanten. Zij liepen daarmee enigszins vooruit op de later geformuleerde statistische detektietheorie van Tanner en Swets, volgens welke waarnemingsbeslissingen in het algemeen berusten op een signaal-ruis criterium. De fluktuatietheorie verklaart op overtuigende wijze hoe het gezichtsvermogen geleidelijk aan toeneemt over een traject van 5 dekadens in lichtniveau tussen duisternis en schemering. Zo gezien, kan men stellen dat ruis in het netvliesbeeld niets bijzonders is voor het visuele systeem. Dat opent de mogelijkheid ook het zien met helderheidsversterkers te beoordelen in termen van een getransformeerd netvliesbeeld. Er zijn nu echter twee transformaties: de hoekvergroting en de verbetering van het signaal-ruis niveau. Deze benadering werd in de jaren zestig gevolgd door Dirksen en Van Schie bij het Fysisch Laboratorium.

De statistische detektie-theorie is ook als elementair uitgangspunt opgenomen in wat wij hier als het "Johnson-recept" zullen aanduiden. Dit door het Amerikaanse Night Vision Laboratorium ontwikkelde evaluatiemodel heeft internationaal het meest toepassing gevonden, meer op grond van zijn volledigheid, eenvoud en elegantie, dan op grond van deugdelijkheid. Johnson begint met te stellen dat de herkenning van echte objecten, zoals militaire voertuigen visueel equivalent is aan het oplossen van een lijnenpatroon met circa 6 lijnen geschilderd op een bord met de afmetingen van het betreffende objekt. Vervolgens wordt het oplossen van het lijnenpatroon

gelijk gesteld aan het detekteren van de lijnelementen en deze detectie wordt gebaseerd op een bepaald signaal-ruis criterium. Onder signaal dient men hier het contrast van het lijnenpatroon te verstaan en dit wordt mede bepaald door de afbeeldingskwaliteit. In termen van lijnenpatronen kan de afbeeldingskwaliteit het best worden gekarakteriseerd door de contrastoverdrachtsfunctie (MTF), die als functie van de lijndichtheid weergeeft met welke faktor het contrast bij de afbeelding wordt verminderd.

BEZWAREN

Toen het IZF in 1965 betrokken werd bij de evaluatie van helderheidsversterkers werd allereerst de noodzaak gevoeld om de bovengenoemde signaal-ruis transformatieregel nader aan de tand te voelen. Deze regel stelt in feite niet minder, dan dat bij ieder signaal-ruis niveau een bepaald equivalent lichtniveau behoort en dat men vervolgens de visuele prestaties van dat lichtniveau mag verwachten. Dat is nogal wat. Maakt het werkelijk geen verschil dat men bij helderheidsversterkers de ruis zelf duidelijk kan zien wriemelen, terwijl men bij het zien met het blote oog wellicht wel door de ruis begrensd wordt, maar deze in ieder geval niet bewust kan zien? In een reeks experimenten, waarop hier niet nader zal worden ingegaan, werd vastgesteld dat het visuele systeem inderdaad zichtbare ruis niet wezenlijk anders behandelt dan onzichtbare.

Gaandeweg werden echter wel steeds ernstiger bezwaren gevoeld tegen het Johnson-recept. We zullen de drie voornaamste bezwaren hier kort uiteenzetten.

1. In het Johnson-recept wordt gesproken over de herkenning van een objekt op zichzelf, dat wil zeggen niet als één van de alternatieven uit een bepaalde verzameling. Streng beoordeeld heeft het begrip herkenning helemaal geen betekenis in dit model. Men moet teruggaan naar de experimenten, die Johnson deed, om te begrijpen wat ermee wordt bedoeld en dan wreekt zich eigenlijk wel, dat daarover nooit in de open literatuur een zorgvuldige publikatie is verschenen. Wat men op kan maken uit het oorspronkelijke "paper" is dat proefpersonen moesten oordelen wanneer zij de objekten herken-

baar vonden. Een kurieuze konsekwentie van het model is dat objecten die even groot zijn altijd dezelfde herkenbaarheid hebben, ongeacht hun eigen details en ongeacht de verzameling van alternatieven, die iedere waarnemer toch altijd in zijn hoofd heeft.

2. De gelijkstelling van herkenning aan het oplossen van een lijnenpatroon is erg dubieus. Makkelijk is het wel, omdat de MTF, zoals hierboven reeds werd gesteld, daarmee direkt in toepassing kan worden gebracht. Maar de vooronderstelling dat het bij herkenning zou gaan om details met een herhalingsstructuur is uit de lucht gegrepen.

3. Het Johnson-recept valt wel erg ongelukkig uit voor afbeeldingsapparatuur met lijnaftasting. Het equivalente lijnenpatroon wordt dan namelijk ook lijnsgewijze afgetast en vooral in de buurt van net wel of net niet zien kunnen daarbij gekompliceerde interferentie-effecten optreden, die het gebruik van de MTF totaal ondermijnen.

HERKENNINGSPROEVEN MET HELDERHEIDSVERSTERKERS

Op grond van deze bezwaren werd bij het IZF besloten niet blindelings op het kompas van het Johnson-recept te varen. Er werden nieuwe eigen herkenningssproeven voor helderheidsversterkers opgezet, uitgaande van een goed gedefinieerde verzameling van zes alternatieven, namelijk twee jeeps, twee trucks en twee tanks, allen van opzij gezien. Deze verzameling bevat duidelijke subgroepen en daarmee de mogelijkheid onderscheid te maken tussen herkenning van de objecten zelf ("identification") en herkenning van de subgroep waartoe ze behoren ("recognition"). Deze laatste taak is makkelijker dan de eerste, en 50% juiste objektherkenning komt praktisch gesproken overeen met 80% juiste groepherkenning. De gekozen alternatievenverzameling is stellig nogal klein, maar zoals uit vooronderzoek bleek wel degelijk representatief te achten. Ook in praktische waarnemingssituaties is de verwachte alternatievenverzameling begrensd.

De herkenningssproeven werden binnenshuis uitgevoerd door middel van diaprojectie van te velde gemaakte foto's. Met die foto's is de visuele scène zelf in ieder geval nagenoeg volledig nagebootst.

Het grote voordeel van experimenten binnenshuis is de instelbaarheid en herhaalbaarheid van vaste experimentele condities, zoals het lichtniveau en het contrast. Bij veldexperimenten moet men maar afwachten wat men krijgt. Ook qua kosten in tijd en geld valt de balans zeer duidelijk ten gunste van het "binnenexperiment" uit. Er zijn natuurlijk nadelen, die maken dat de vastgestelde reikwijdte als absoluut getal minder betrouwbaar is. Het maakt wel degelijk verschil of men comfortabel snel achter elkaar binnenshuis naar 80 dia's kijkt, dan wel of men in een koude nacht te velde een stuk of tien doelen ziet opdoemen. Men moet het nut van binnenexperimenten van deze soort dan ook meer zien in, ten eerste, het snelle stelselmatige onderzoek van de invloed van belangrijke parameters zoals lichtniveau en contrast, en ten tweede, de statistisch verantwoorde vergelijking van verschillende typen kijkers. In absolute zin kan men de binnenshuis gevonden resultaten beschouwen als een aanduiding van de best mogelijke prestaties onder gunstige omstandigheden.

De herkenningproeven bestonden uit het aanbieden van 80 dia's in een door de waarnemer zelf bepaald tempo. Lichtniveau en contrast werden per proef konstant gehouden, maar de diaserie bevatte drie verschillende afmetingen, zodat in feite herkenningpercentages op drie nagebootste afstanden werden verkregen. Op grafische wijze werd daaruit de reikwijdte afgeleid. In een uitgebreide reeks experimenten werd dit stelselmatig onderzocht bij verschillende lichtniveaus en bij verschillende contrasten. Het bleek daarbij dat in feite dezelfde eenvoudige wetmatigheden optreden als bij toepassing van de bovengenoemde fluktuatietheorie op de detektie van een eenvoudige ronde witte schijf met een diameter van 0,7 meter. Om het nog eens precies te zeggen: gemiddeld 50% korrekte herkenning van de objekten in de door ons gekozen verzameling van 2 jeeps, 2 trucks en 2 tanks in zijaanzicht komt overeen met de detektie van een ronde schijf van 0,70 meter in diameter.

Pogingen om de experimentele resultaten tot dekking te brengen met het oplossen van lijnenpatronen leidde tot minder bevredigende resultaten. Onze indruk is dat daarbij iets te veel de nadruk op het oplossend vermogen komt te liggen, terwijl de meeste herkennings-

taken eerder berusten op de detektie van kenmerkende heldere plekken, zoals glimmende koepels, dekzeilen, ruiten, kanonlopen en dergelijke.

Uit de laboratoriumresultaten bij verschillende lichtniveaus en contrasten laten zich voorspellingen afleiden voor de reikwijdte te velde bij verschillende lichtniveaus en atmosferische zichtcondities. Fig. 2 geeft dit weer voor één van de door ons onderzochte draagbare helderheidsversterkers. In gewone Nederlandse nachtelijke condities komt men zo tot een goede 500 meter.

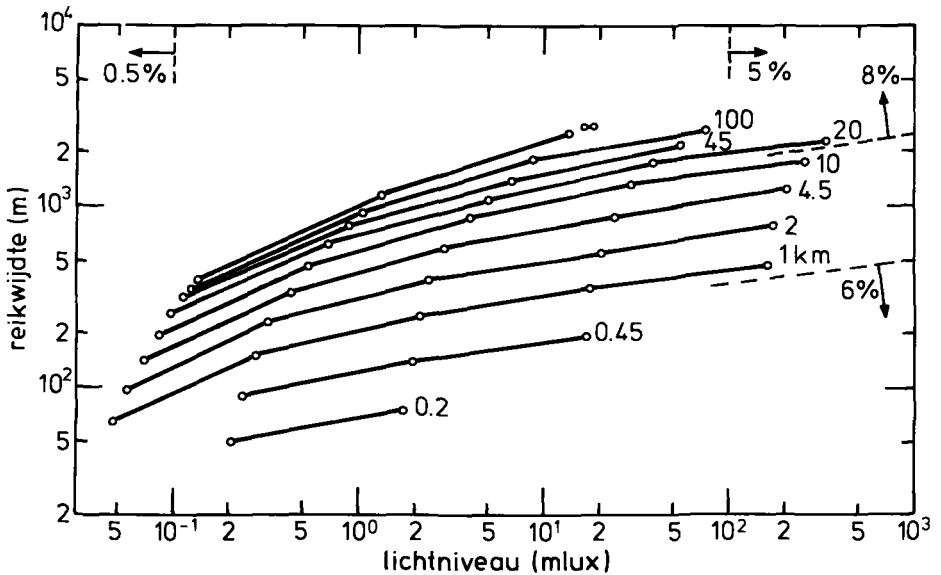


Fig. 2. Reikwijdte van een typische draagbare helderheidsversterkende kijker bij verschillende zichtcondities (parameter) en lichtniveaus (horizontale as). In 94,5% van de gevallen ligt het lichtniveau in Nederlandse nachten (1 uur na zonsopkomst tot 1 uur na zonsopkomst) tussen 0,1 en 100 mlux, terwijl het zicht in 80% van de gevallen meer dan 1 km en minder dan 20 km bedraagt.

Sinds 1971 werden bij het IZF op verzoek van de Koninklijke Landmacht bijna jaarlijks enkele typen helderheidsversterkers aan de hier beschreven herkenningproeven onderworpen. Men kan dit zien als een soort van "konsumentenonderzoek". Wat de konsument met de

adviezen doet of gedaan heeft is niet onze zaak, maar uit het regelmatig terugkomen van de opdrachtgever zouden wij de voorzichtige konklusie willen trekken, dat deze adviezen bruikbaar en zinvol zijn gebleken.

HERKENNINGSPROEVEN MET WARMTEKIJKERS

De reikwijdte van helderheidsversterkers wordt niet in alle gevallen voldoende geacht. Men kan er de duisternis wel mee terugdringen, maar niet de mist. Wat dit betreft bieden warmtekijkers betere mogelijkheden. De afbeelding weerspiegelt in dit geval het temperatuurpatroon of liever het warmtestralingspatroon in het voorwerpsvlak afgetast met een rijtje warmtegevoelige cellen en een klapperend spiegeltje. In eerste benadering speelt de signaal-ruis verhouding bij warmtekijkers een minder belangrijke rol dan bij helderheidsversterkers, vooropgesteld dat de apparatuur goed gekoeld is en afgeschermd tegen "strooiwarmte". Dit komt in de eerste plaats omdat er dikwijls duidelijke warmteverschillen voorkomen en ten tweede deze veel minder door de atmosfeer tussen objekt en kijker worden uitgewist dan bij helderheidsversterkers. Verwacht moet worden dat de reikwijdte hier eerder zal worden begrensd door de fijnheid van aftasting en dus van detailweergave. Dit overwegende is het Johnson-recept hier haast nog minder bruikbaar dan bij helderheidsversterkers. In feite ligt het hier veel meer voor de hand de vraag te stellen met hoeveel lijnen de objekten moeten worden afgetast om herkend te kunnen worden, dan zich af te vragen met welk uit lijnen bestaand testpatroon herkenning van de objekten overeenkomt. Natuurlijk ligt dezelfde basisgedachte aan beide benaderingen ten grondslag: het gaat om de fijnheid van de kenmerkende details. Maar de weg via het equivalente lijnenpatroon, toch al dubieus zoals boven aangetoond werd, is hier niet alleen een omweg maar nog een hele moeilijke ook, als men denkt aan de Moiré-effecten, die er kunnen optreden als een lijnenpatroon lijnsgewijze wordt afgetast.

Om een lang verhaal kort te maken: er werden weer foto's te velde gemaakt, nu warmtefoto's van een zestal objekten in een groot aantal verschillende verschijningsvormen, front-, zij- en scheve

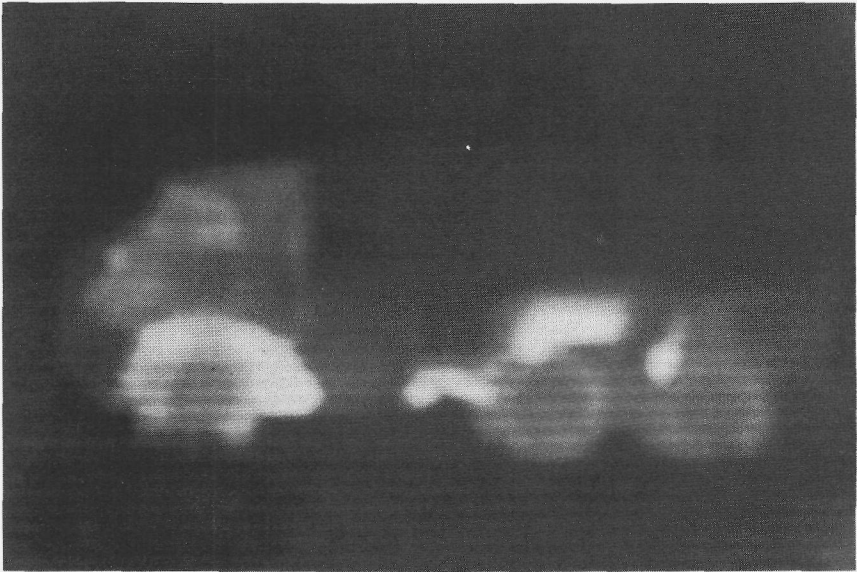


Fig. 3. Typische warmtefoto van een militair voertuig. Men kan gemakkelijk de warme onderdelen herkennen.

aanzichten, afgekoeld en opgewarmd. Er werd daarop weer een serie dia's samengesteld met representatieve warmteplaatjes. Vervolgens werd het aftastmechanisme van een warmtekijker nagebootst met behulp van een gesloten TV-systeem, waarbij de aftastlijndichtheid variabel kan worden ingesteld. Met behulp van deze opstelling werd toen het herkenningspercentage gemeten als functie van de aftastlijndichtheid, met het resultaat van Fig. 3.

Richten we ons, in afwijking van onze eerdere definitie van de reikwijdte van helderheidsversterkers, maar meer in lijn met de internationale literatuur over warmtekijkers, op 70% korrekte objectherkenning dan blijkt dat bereikt te worden met een aftastlijndichtheid van 1,7 lijnen per meter, gemeten in het voorwerpvlak. Fig. 4 geeft het gemiddelde resultaat voor alle 80 plaatjes weer en heeft ook weer uitsluitend betrekking op de gebruikte alternatievenverza-

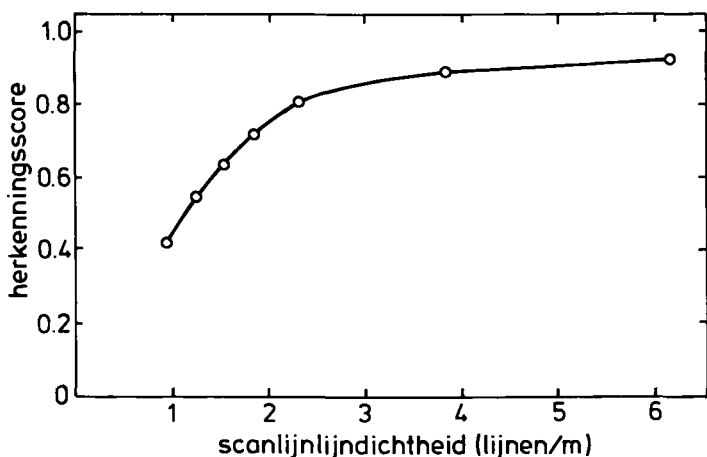


Fig. 4. Herkenningspercentage van warmtebeelden als functie van de dichtheid van de aftastlijnen ter plaatse van het doel. Er is een eenvoudig reciprook verband tussen kijkafstand en lijndichtheid en men kan deze grafiek van rechts naar links ook lezen als functie van de afstand.

meling van 6 objecten in 3 verschillende aanzichten en 2 verschillende opwarmcondities. Resultaten voor afzonderlijke plaatjes kunnen zeer wijd afwijken van deze gemiddelde curve, zelfs als het om hetzelfde object gaat! Zonder daar uitvoerig op in te gaan willen wij één merkwaardig effect niet onvermeld laten, namelijk dat sommige objecten in koude toestand beter herkenbaar bleken dan in warme! Bij nader inzien was dat best te begrijpen, omdat de warme dominerende motorblokken voor vele objecten dezelfde gedaante hebben.

Uit enkele experimenten waarin ook het effect van toegevoegde ruis en opzettelijke optische onscherpte werd onderzocht hebben wij de voorlopige konklusie getrokken dat de herkenning daarvan (althans binnen praktische grenzen: men kan natuurlijk altijd naar een extreem toe gaan, waarvoor het niet geldt) veel minder afhangt dan van de aftastlijndichtheid. Dat leidt in eerste benadering tot een zeer eenvoudig model voor de reikwijdte: vertaal op simpele geometrische wijze de afmetingen van de sensoren en het aftastprincipe in de lijndichtheid ter plaatse van het doel als functie van de afstand. Voor een warmtekijker met 140 aftastlijnen in een gezichts-

veld van 2^0 wordt de reikwijdte op deze wijze bijna 2400 meter. Let wel: de reikwijdte gedefinieerd voor de gebruikte taak. Direkte vergelijking met de helderheidsversterkers is niet goed mogelijk zonder eerst de omstandigheden waarvoor men deze vergelijking zou willen maken nader te specificeren. Maar ook zo al zal het duidelijk zijn, dat men van warmtekijkers meer kan verwachten dan van helderheidsversterkers.

Het onderzoek heeft ons inzicht in de voorspelling van de reikwijdte van warmtekijkers aanzienlijk verdiept. In één opzicht liggen we nog een fase achter bij de voor helderheidsversterkers gevolgde benadering. Konden we daar met echte apparatuur binnenshuis gebruikersproeven doen, dat kan met warmtekijkers nog niet. Het is moeilijk om warmtestralingspatronen binnenshuis na te bootsen, maar niet onmogelijk, en er wordt aan gewerkt.

ENKELE PUBLIKATIES

- A. van Meeteren, Kijken met kijkers. TNO-Nieuws 24, 341-344 (1969).
- A. van Meeteren, Visual aspects of image intensification, Proefschrift, Utrecht 1973, tevens uitgegeven als IZF-rapport onder dezelfde titel (1973).
- A. van Meeteren, Prediction of realistic visual tasks from image quality data. SPIE vol. 98, Assesment of imaging systems 58-64 (1976).
- A. van Meeteren en S. Mangoubi, Recognition of thermal images: effects of scan-like density and signal-to-noise ratio. SPIE vol. 168, Assesment of imaging systems/visible and infrared. Nog te publiceren proceedings van gelijknamig symposium, Reading (1981).

