

Het testen op diepteziën voor de selectie van schutters voor de Leopardtank

drs. J. Walraven en J. Boogaard

Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg

De Leopardtank is uitgerust met een zg. stereoscopische afstandmeter. Het betreft hier een apparaat dat in wezen veel overeenkomst vertoont met een binoculaire verrekijker, echter met als kenmerkend verschil dat de objectieven aanzienlijk verder, nl. 1,70 m, uit elkaar zijn geplaatst. Verder zijn er voorzieningen getroffen waardoor een in het gezichtsveld afgebeeld graticule als het ware in de ruimte kan worden geprojecteerd. Met iedere positie van het graticule correspondeert steeds een zekere (bekende) afstand zodat, wanneer graticule en doel op dezelfde afstand worden gezien, de afstand tot het doel bekend is. Men zou hier dus kunnen spreken van een optische meetlat en bij het bepalen van een afstand wordt dan ook getracht het graticule zo dicht mogelijk bij het doel te „plaatsen”.

De operator — in dit geval de schutter — zal bij het bepalen van een afstand zeer nauwkeurig te werk moeten gaan, omdat ogenschijnlijk zeer

kleine instelafwijkingen gepaard kunnen gaan met grote afstandverschillen. De precisie waarmee de schutter zijn instellingen kan maken wordt echter in eerste instantie bepaald door zijn diepteonderscheidingsvermogen en Leopardschutters dienen dan ook te worden geselecteerd op goed diepteziën. Het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO werd gevraagd hiervoor een nieuwe dieptezientest te ontwikkelen.

In dit artikel worden enkele van de belangrijkste aspecten van het aan deze test ten grondslag liggende onderzoek aan de orde gesteld, nl. achtergrondinformatie omtrent het diepteziën, het ontwikkelen van de test, de beproeving hiervan en ten slotte de evaluatie van de hierbij verkregen gegevens. Nadere details zijn te vinden in het desbetreffende rapport [1].

Diepteziën

Het op het netvlies van één oog gevormde beeld bevat in principe geen informatie omtrent de afstand waarop objecten zijn gelegen. Een netvliesbeeld is immers een tweedimensionale projectie van de buitenwereld. Toch worden ook bij gebruik van één oog, dus met monoculaire informatie, conclusies getrokken over afstand. Hierbij worden bepaalde aspecten van het netvliesbeeld benut, bijvoorbeeld het perspectief, de hoek waaronder objecten van bekende grootte worden waargenomen, en het gedeeltelijk gemaskeerd zijn van veraf gelegen objecten door dichterbij gelegen objecten. Het feit dat onze ruimtelijke gewaarwording nauwelijks verandert wanneer slechts met één oog wordt gekeken vormt het beste bewijs van de effectiviteit van voornoemde factoren. Maar wanneer het gaat om het onderscheiden van zeer kleine relatieve afstandsverschillen is men toch aangewezen op het gebruik van binoculaire informatie, de zg. binoculaire parallax. Deze parallax is een direct gevolg van het feit dat onze ogen de ruimte vanuit iets verschillende posities waarnemen. Hierdoor zullen objecten die op verschil-

Het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO te Soesterberg houdt zich bezig met onderzoeken op het gebied van de waarneming, het verwerken van de aldus via de zintuigen binnengekomen informatie door de hersenen tot een beslissing, en de daaruit voortvloeiende handeling.

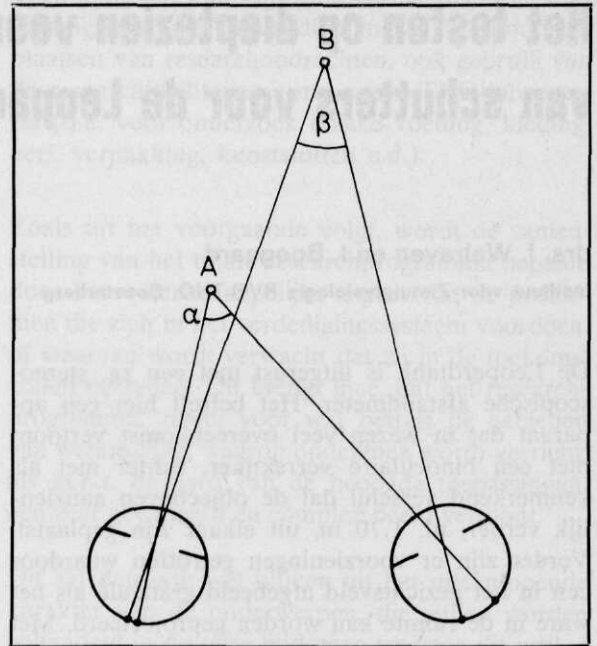
De volgende onderwerpen geven een indicatie van het werkterrein: kleurenziën, diepteziën, evaluatie van helderheidsversterkers, patroonherkenning, gehoorbescherming tegen lawaai van wapens, spraakverstaanbaarheid, automatische spraakherkenning, sturen van grote schepen, meten van mentale belasting en vermoeidheid, ontwerpen van werkruimten (zoals navigatiebruggen en commandocentrales), verlichtingssystemen, ergonomie, verkeersresearch met betrekking tot de relaties mens-voertuig en mens-weg. Samenvattend kunnen de onderzoeken worden ondergebracht in de reeks waarnemen—verwerken—beslissen—handelen.

lende afstanden van ons verwijderd zijn aanleiding geven tot projecties op respectievelijk het linker- en rechternetvlies, die verschillen voor wat hun onderlinge horizontale positie betreft (zie afb. 1). Dit effect zal groter zijn, en het dieptezien dus gevoeliger, naarmate de ogen verder uit elkaar staan. Dit is dan ook de reden waarom bij de afstandmeter de objectieven zo ver uit elkaar zijn geplaatst.

Dat de binoculaire parallax fungeert als stimulus voor de diepteperceptie werd voor het eerst aangetoond door *Wheatstone* [2], de uitvinder van het stereogram. Een stereogram bestaat uit twee vrijwel identieke beelden, de zg. halfbeelden, die analoog zijn aan de twee netvliesbeelden van een ruimtelijke voorstelling. Afzonderlijk gepresenteerd aan linker en rechter oog, bv. door middel van een stereoscoop, veroorzaken zij een ruimtelijke gewaarwording van de desbetreffende voorstelling (zie afb. 2).

Aan de hand van afb. 1 is intuïtief reeds in te zien dat bij toenemend diepteverschil de parallax — gemeten als het verschil ($\alpha - \beta$) van de hoeken α en β — zal toenemen. Bij het stereogram van afb. 2 zou dieptetoeneming dus kunnen worden gesimuleerd door bv. in het halfbeeld van het rechteroog de afstand tussen de twee punten te vergroten. Dit principe wordt bij de afstandmeter toegepast om het graticule op verschillende afstanden in de (subjectieve) ruimte te projecteren.

Zoals reeds gezegd, wordt bij de afstandmeting getracht het waargenomen afstandverschil tussen doel en graticule te minimaliseren; er wordt dus naar gestreefd de parallax tot 0 te reduceren. Een parallax van 0 impliceert dat doel en graticule onder gelijke hoeken worden waargenomen, zodat bij de afstandmeting het visuele systeem in wezen als hoekverschilmeter fungeert. De meetnauwkeu-

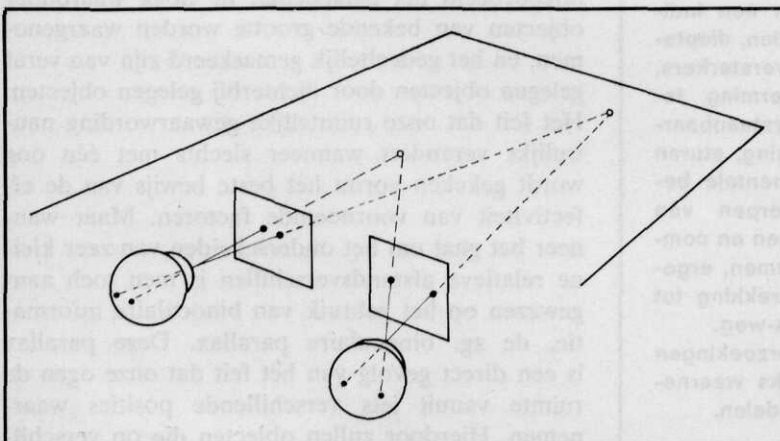


Afb. 1 Binoculaire parallax

righeid wordt hierbij bepaald door het kleinste hoekverschil dat nog juist kan worden waargenomen, met andere woorden: de drempelparallax voor het detecteren van een diepteverschil. Het is deze drempel waarin wij zijn geïnteresseerd en die dus bij de schutterselectie zal moeten worden gemeten.

Testontwerp

Men kan het dieptezien op de meest uiteenlopende wijzen testen en in de praktijk gebeurt dit helaas dan ook. Hierbij ontbreekt iedere vorm van standaardisatie en het behoeft geen verbazing te wekken dat de met verschillende tests verkregen



Afb. 2 Diepteperceptie met behulp van een stereogram

classificaties over het algemeen onderling maar zeer matig correleren [3] ... [8]. Reeds een oppervlakkige beschouwing van het assortiment in de handel verkrijgbare tests leert bovendien dat deze te kort schieten wanneer het gaat om meer dan alleen maar een ruwe schifting tussen normaal en slecht dieptezien. De ontwikkeling van een nieuwe test was dan ook geen overbodige maatregel, te meer wanneer men bedenkt dat het testresultaat een beslissende rol speelt bij de functiebestemming.

Bij het ontwerpen van een dieptezientest kan men van twee verschillende principes uitgaan: a. tests waarbij de dieptediscriminatie betrekking heeft op reële objecten in de objectieve ruimte; b. tests waarbij de ruimte uitsluitend als subjectieve gewaarwording wordt opgewekt door middel van een stereogram. In dit verband is een vergelijking met de afstandmeter illustratief omdat hierbij beide principes naast elkaar voorkomen. Het doel bevindt zich hierbij namelijk in de objectieve ruimte; daarentegen kan bij het graticule slechts worden gesproken van subjectieve ruimte. De hier te bespreken test is een voorbeeld van een uitwerking van principe b. Ook met reële objecten werd een test ontwikkeld, doch die zal hier onbesproken blijven, aangezien hij in de praktijk minder goed voldeed [1].

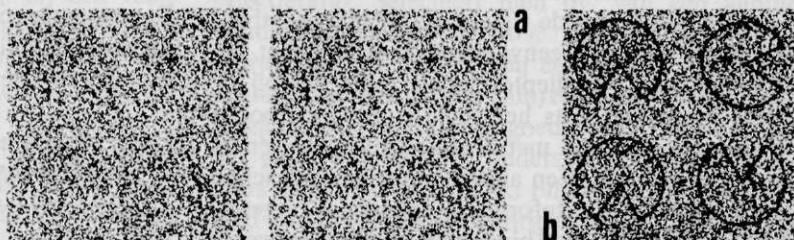
De nieuwe dieptezientest onderscheidt zich van de overige tests in zijn soort door de toepassing van

zich door haar overeenkomstige structuur niet van haar omgeving onderscheidt; men zou in dit verband kunnen spreken van perfecte camouflage. Zodra het stereogram echter binoculair wordt waargenomen, zal de configuratie in diepte worden gezien en dientengevolge haar vorm verraden.

De in het stereogram verborgen figuur zal slechts zichtbaar zijn voor iemand die het vermogen tot binoculair dieptezien bezit, althans wanneer de geïntroduceerde parallax groter is dan de parallax die de persoon in kwestie nog juist kan discrimineren. Het zichtbaar zijn van de figuur leent zich aldus bijzonder goed als criterium voor de bepaling van de drempelparallax en het wordt als zodanig dan ook in de test toegepast.

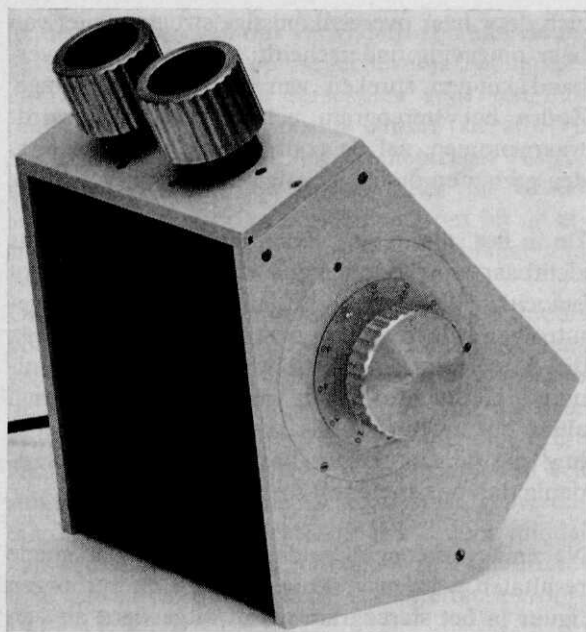
Na enig verkennend onderzoek bleek dat goede resultaten worden verkregen indien de verborgen figuur in het stereogram wordt uitgevoerd als een schijf waaraan een sector van 60° ontbreekt. Dit (stere)optotype kan in vier gemakkelijk herkenbare posities worden aangeboden en is in dit opzicht dan ook analoog aan de bekende Landolt-ring, die bij de gezichtsscherptebepaling wordt toegepast. Uit statistische overwegingen verdient het aanbeveling bij een dergelijk optotype iedere parallaxwaarde ten minste viermaal aan te bieden, hetgeen heeft geleid tot een testontwerp zoals weergegeven in afb. 3. In deze afbeelding is een

Afb. 3 a: ruispatroon-stereogram, b: gewaarwording na fusie van het stereogram



een vrij recente ontwikkeling op het gebied van binoculair zien, het zg. ruispatroon-stereogram [9]. Bij een dergelijk stereogram bestaat ieder van de twee halfbeelden uitsluitend uit een patroon van volgens het toeval verdeelde elementen, bv. vierkantjes, stippen, krabbeltjes e.d. Hierbij heeft echter in één van de halfbeelden een bepaalde configuratie van elementen — bv. in de vorm van een vierkant — een verschuiving ondergaan ten opzichte van een identieke configuratie in het andere halfbeeld. Er wordt derhalve een parallax geïntroduceerd tussen deze configuratie en de rest van het ruispatroon. Het is hierbij echter niet mogelijk de desbetreffende configuratie in ieder halfbeeld afzonderlijk te herkennen, aangezien deze

ruispatroon-stereogram (a) weergegeven en tevens de oriëntatie van de daarin verborgen optotypen (b). Om deze te kunnen zien dient men het stereogram met een stereoscoop te bekijken. Men kan echter ook trachten de twee beelden te fuseren door in het midden van het stereogram een tussenschot te plaatsen (bv. de opengeslagen omslag van een rechtop staand boek) en zodanig aan weerszijden hiervan te kijken dat met ieder oog slechts één halfbeeld wordt gezien. Het vergt echter wel enige inspanning om de twee beelden aldus tot dekking te brengen en wij adviseren dan ook hierbij gebruik te maken van een paar positieve lenzen, bv. een leesbril; bijzienden kunnen volstaan met hun bril af te zetten.



Afb. 4 De stereoscoop die voor het aanbieden van de ruispatroon-stereogrammen werd gebruikt

In totaal werden 12 stereogrammen vervaardigd met opklimmende parallaxwaarden van 5 t/m 400 boogseconden. Ten einde een snelle en uniforme presentatie van dit testmateriaal mogelijk te maken, werd een stereoscoop geconstrueerd, waarbij de stereogrammen zijn gemonteerd op een draaibare trommel met inwendige verlichting (afb. 4).

Het specifieke voordeel van deze test is gelegen in het feit dat de keurling slechts behoeft te rapporteren of een bepaalde figuur wel of niet zichtbaar is. Dit is een veel eenvoudiger taak dan het beoordelen van een diepteverschil zoals dat bij de reeds bestaande tests het geval is, en hierdoor is in principe dan ook met deze test reeds een enorme winst geboekt. Een andere gunstige eigenschap is dat monoculaire informatie volledig is uitgesloten, zodat alléén het binoculair dieptezien wordt gemeten.

Beproeving

Bij de evaluatie van een test dient in eerste instantie te worden gelet op de *betrouwbaarheid* en de *validiteit*. Onder validiteit wordt de voorspellende waarde van het testresultaat verstaan, in dit geval dus met betrekking tot het afstandmeten op de afstandmeter. De betrouwbaarheid wordt gewoonlijk beoordeeld aan de hand van de correlatie tussen de scores die achtereenvolgens bij een test en hertest worden verkregen.

Men zie in dit verband afb. 5, waar de resultaten zijn weergegeven van 54 proefpersonen die ieder tweemaal — met een interval van 48 uur — wer-

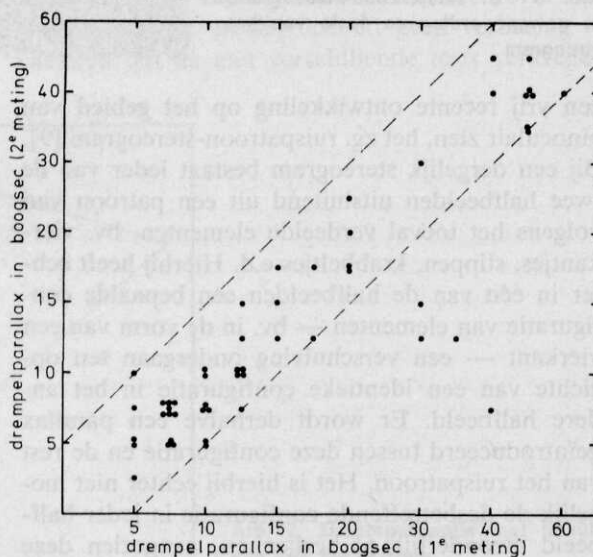
den getest. De evenwijdige gestippelde lijnen in deze grafiek geven de grenzen aan waarbinnen de scores moeten liggen wanneer de bij de hertest gemeten waarde niet meer dan één stap afwijkt van de eerst gemeten waarde. Met uitzondering van enkele personen die kennelijk bij de eerste maal dat de test werd afgenomen te snel de moed opgaven bij het detecteren van relatief lage parallaxwaarden, blijkt dat de scores binnen deze grenzen blijven. De betrouwbaarheid van deze test is dan ook, vergeleken met die van andere dieptezientests, zonder meer goed te noemen.

Uit afb. 5 blijkt verder dat de test ook goed discrimineert tussen personen met lage drempelwaarden, d.w.z. dat slechts de allerbesten nog het moeilijkste parallaxniveau kunnen detecteren, een punt waarop de meeste tests te kort schieten.

Ten einde de validiteit van de test te kunnen beoordelen werd nagegaan hoe bij 28 toekomstige schietinstructeurs de prestaties op de afstandmeter correleerden met hun testresultaten. Gezien het geringe aantal proefpersonen — er waren er niet meer beschikbaar — kon hier slechts sprake zijn van een verkennend onderzoek en de resultaten dienen dan ook dienovereenkomstig te worden beoordeeld.

De prestaties op de afstandmeter werden getoetst door de schietinstructeurs een aantal bekende afstanden te laten meten. Op grond van de hierbij

Afb. 5 Relatie tussen de eerste en de tweede meting van de drempelparallax



gemaakte meetfouten werden zij onderverdeeld in goede en slechte schutters, waarbij zij opgemerkt dat een wat minder strenge norm werd toegepast dan in de praktijk, omdat het hier opleidingsresultaten betrof. Van de 28 schietinstructeurs bleken er aldus 12, d.w.z. 43%, zich als schutter te kunnen kwalificeren. Dit betekent dat zelfs bij volkomen willekeurige selectie — selectie naar toeval — toch een redelijk aantal van de geselecteerden, nl. gemiddeld 43%, correct als schutter zou worden geklassificeerd. Bij het beoordelen van de testvaliditeit zal men deze dan ook moeten relateren aan het resultaat dat bij selectie naar toeval zou zijn verkregen. Hierbij maakt men dikwijls gebruik van het zg. verspillingspercentage [11], d.w.z. het percentage foutief geklassificeerde kandidaten. Hierin zijn zowel het aantal personen dat ten onrechte door de test werd goedgekeurd, als diegenen die ten onrechte werden afgekeurd, begrepen.

Bezie men nu in dit verband het feit, dat 43% van de schietinstructeurs, dat wil zeggen 12 man, zich als schutter had kunnen kwalificeren, dan dient men zich dus af te vragen in hoeverre men bij het opsporen van deze potentiële schutters méér succes zou hebben met selectie volgens test-score dan met willekeurige selectie. Gebleken is nu dat van de 12 instructeurs met de beste test-scores 3 níét voldeden aan onze maatstaf voor het afstandmeten en deze zouden dus bij een reële selectie ten onrechte zijn goedgekeurd. Bovendien zouden ook 3 potentiële schutters, die door een te lage test-score niet zouden zijn geselecteerd, ten onrechte zijn afgekeurd. In totaal zouden dus 6 personen op het totaal van 28, foutief zijn geklassificeerd, hetgeen neerkomt op een verspillingspercentage van 21%. Zou men de 12 schutters volkomen willekeurig selecteren, dan kan eenvoudig worden afgeleid dat het verspillingspercentage gemiddeld 50 zou hebben bedragen en het is dus wel duidelijk dat door toepassing van de test de verspilling aanzienlijk kan worden gereduceerd. In het huidige geval zou dit neerkomen op een reductie van het verspillingspercentage met 57%.

Dit is een bijzonder goed resultaat voor een selectietest, maar gezien het vrij geringe aantal personen waarop het is gebaseerd bestaat er een reële kans dat het ten dele door toevalsfactoren tot stand is gekomen. Men verkrijgt een wat conservatievere schatting van de te verwachten relatieve reductie van het verspillingspercentage door uit te gaan van de mate van samenhang tussen test-score

en prestatie op de afstandmeter. Als maatstaf hiervoor wordt gewoonlijk de correlatiecoëfficiënt gebruikt, een getal dat kan variëren van 0 tot 1, waarbij 1 volledige correlatie, en 0 de algehele afwezigheid hiervan aanduidt. Voor de huidige gegevens bleek de correlatiecoëfficiënt 0,68 te bedragen, waaruit men op grond van gegevens van McClelland [12] mag concluderen dat de reductie in het verspillingspercentage ca. 45 zal bedragen.

Dit is altijd nog een relatief hoog percentage, vergeleken met wat men doorgaans vindt, te meer wanneer men bedenkt dat het hier slechts één enkele test betreft. Bij een onderzoek van het Amerikaanse leger [10] waar de diepteziëntest slechts een onderdeel vormde van een complete testbatterij, bedroeg dit percentage 32%.

Prognose

De relatieve reductie van het verspillingspercentage vormt het meest relevante criterium, waar naar men de validiteit van een test kan beoordelen. Voor selectiedoeleinden is men echter in de eerste plaats geïnteresseerd in het percentage dat aangeeft hoeveel van de met de test geselecteerden in de praktijk zullen blijken te voldoen, met andere woorden: het rendement van de selectietest. Dit rendement zal voor een belangrijk deel afhangen van de fractie die men selecteert, de zg. selectieratio. Selecteert men bv. van een aantal kandidaten slechts de 10% met de beste test-scores, dan zal men hierbij een relatief hoog percentage goede schutters aantreffen. Zou men daarentegen alle kandidaten goedkeuren, dan zou in het geval van de hier onderzochte schietinstructeurs slechts 43% geschikt blijken te zijn. Gemiddeld zou dit bij dienstplichtigen waarschijnlijk nog veel lager liggen, omdat uit gegevens van de Tweede Wereldoorlog, maar ook uit later onderzoek [10], is gebleken dat slechts 25% van de rekruten geschikt is voor afstandmeteroperator. Men spreekt in dit verband van een „base rate” van 0,25, een belangrijk gegeven voor de nu volgende schatting van het rendement van de test.

Voor deze schatting moet men behalve de „base rate” ook nog de samenhang tussen test-score en prestatie op de afstandmeter kennen — de reeds genoemde correlatiecoëfficiënt van 0,68 — én, zoals gezegd, de selectieratio [13]. De selectieratio die momenteel bij de Cavalerie wordt toegepast bedraagt 0,50, hetgeen, uitgaande van de reeds genoemde gegevens, leidt tot de prognose dat ca.

42% van de als schutter geselecteerden zich ook als zodanig zal kunnen kwalificeren.

Uit het oogpunt van testefficiency is dit rendement van 42% een zeer goed resultaat wanneer men bedenkt dat als gevolg van de lage „base rate” het maximaal haalbare rendement slechts

50% bedraagt. Hieruit volgt dat met de test reeds 84% van het beschikbare potentieel kan worden opgespoord en een drastische verhoging van het rendement zal dan ook slechts mogelijk zijn door uit te gaan van een kleinere selectieratio met een daaraan aangepast groter aantal kandidaten.

Literatuur

1. J. Walraven en J. Boogaard — *IZF-Rapp.* (1970)22.
2. C. Wheatstone — *Roy. Soc. London Phil. Trans.* (1938)371.
3. N. Warren — *Amer. J. Optom.* **17**(1940)208.
4. M. C. Olson — *A factor analysis of depth perception test scores of male subjects having normal acuity.* North Carolina State Optometric Society, Raleigh (1952).
5. H. M. Fowler, H. A. Imus en F. A. Mote — *Inter-relationship among seven tests of stereoscopic acuity and two tests of phorias.* Office of Publ. Board, Dept of Commerce, Londen (1944)(27297).
6. M. Monjé — *Plüg. Arch. Ges. Physiol.* **249**(1948)343.
7. H. A. Imus — *J. Aviation Med.* **20**(1949)2.
8. J. P. van de Geer en W. J. M. Levelt — *IZF-Rapp.* (1963)19.
9. B. Julesz — *Science* **145**(1961)356.
10. N. Willard jr. en M. C. Olson — *Some aspects of tank stereoscopic range finder operator performance.* Min. and Proc. 33rd Meeting Armed Forces-NRC Vision Comm. (1953).
11. P. E. Vernon en J. B. Parry — *Personnel selection in the British Forces.* Univ. London Press, Londen (1949)(10)129.
12. W. McClelland — *Selection for Secondary Education.* Univ. London Press, Londen (1949)264.
13. M. C. Taylor en J. T. Russell — *J. Appl. Psychol.* **23** (1939)565.

