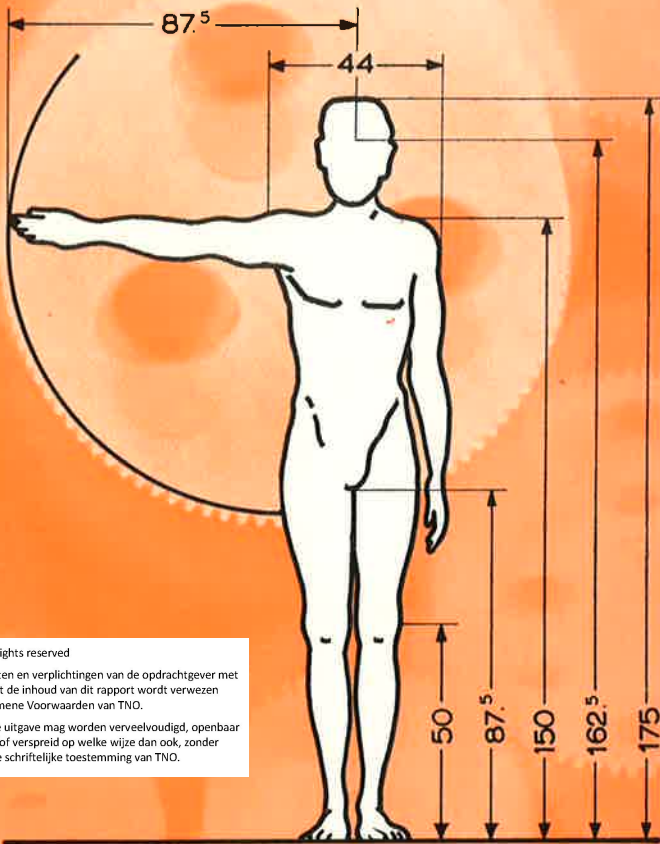


TECHNISCHE MENSKUNDE

A. LAZET



© TNO - All rights reserved

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleevoudigd, openbaar gemaakt, en/of verspreid op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE

RVO-TNO

ERRATA

- Blz. 9 Bovenste regel, lees: ... zijn samen één.
- Blz. 23 De cijfers 0.1 tot 0.9 in de kleurendriehoek stellen de p waarde van de desbetreffende lijn voor.
- Blz. 36 8e regel van beneden, lees: en wijzernaald.
- Blz. 40 4e regel van beneden, lees: 5 of meer.
- Blz. 54 15e regel van beneden, lees: in plaats van 110 lux: 1000 lux.
- Blz. 57 9e regel van beneden, lees: van licht ontstaat.
- Blz. 58 15e regel van boven, lees: Zie onderstaande rechter figuur.
- Blz. 68 Onderste tekening: lees: 52, 5 en 65.

TECHNISCHE MENSKUNDE

samengesteld door

A. LAZET



INSTITUUT VOOR ZINTUIGFYSIOLOGIE RVO-TNO

Soesterberg

TECHNISCHE MENSKUNDE

Ten geleide

Zoals de naam reeds suggereert, omvat technische menskunde kennis van en onderzoek over de mens in verband met toepassing in de techniek.

Daar behoren dan ook alle experimenten bij, waarvan de resultaten in één of andere technische situatie van belang zijn. Bij het ontwerpen van door de mens te bedienen apparatuur, vooral nu door de technische ontwikkeling voor de mens meer en meer het zwaartepunt komt te liggen op sterk gespecialiseerde taken, is het duidelijk, dat voor het verkrijgen van een goed bruikbaar samenspel tussen mens en machine, een verantwoorde aanpassing aan de menselijke mogelijkheden urgent is. Niet alleen voor de mens in zijn dagelijkse werk, maar ook t.b.v. zijn ontspanningsmogelijkheden en vrije tijdsbesteding komen technische produkten - zoals b.v. televisie - op een belangrijke plaats.

Vooraf tijdens de laatste wereldoorlog is men in Amerika bij de ontwikkeling van technische produkten meer en meer systematisch de samenwerking van technici en menskundigen gaan benutten om tot een maximaal resultaat te komen. Onder de naam 'human engineering' heeft deze samenwerking daar een plaats verworven.

Kort na de oorlog heeft men in Engeland hiervoor de term 'ergonomics' geïntroduceerd, 'de leer van de arbeid'. Het is in hoofdzaak onder deze vlag dat bedrijfsgeneeskundigen, fysiologen, psychologen, fysici, en technici elkaar vonden. Strikt genomen echter niet alleen met de menselijke arbeid als gezamenlijke interesse, doch in meer algemene zin iedere ontmoeting van mens en techniek. In Nederland is hiervoor

de naam 'technische menskunde' even slecht of even goed als bijvoorbeeld technische natuurkunde. Deze aanduidingen spreken belanghebbenden van alle richtingen en niveau's gemakkelijk aan.

Ten behoeve van hen die menskundige gegevens voor toepassing nodig hadden, werden in het buitenland enkele handboeken uitgegeven. Zij zijn een soort vademecum voor de praktijk.

Blijkens het veelvuldig benaderen van het instituut met vragen uit deze hoek over elementaire gegevens is het ongetwijfeld ook in Nederland een behoefte op een eenvoudige manier enige basiskennis in boekvorm te brengen.

De keuze van hierin op te nemen materiaal is vooral geleid door de bij het Instituut voor Zintuigfysiologie te Soesterberg verkregen specialistische kennis op het gebied van waarneming, zowel in haar psychologische als in haar medische en fysiologische aspecten.

De samensteller de heer A. Lazet heeft naast gegevens uit de literatuur dan ook geput uit de ervaring en onderzoekresultaten bij de wetenschappelijke researchgroepen van het instituut aanwezig.

Het boekje is bedoeld als hulp voor constructeur, bedrijfsleider e.d.

Wij zijn er ons echter van bewust, dat lacunes zelfs in het in hoofdzaak bestreken gebied van de perceptie aanwezig zijn. Gaarne zullen suggesties voor aanvullingen en verbeteringen bij een eventuele volgende uitgave dan ook in overweging worden genomen.

Van harte hoop ik, dat ook dit boekje gemakkelijker een harmonieus samenspel van de mens en de techniek in zijn omgeving zal bevorderen.

PROF. DR. M. A. BOUMAN,
Directeur Instituut voor
Zintuigfysiologie, Soesterberg

INHOUD

I Visuele waarneming

- Werking van het oog 10
- Accommodatie 10
- Oogcorrectie 11
- Waarnemingsreceptoren 12
- Adaptatie 14
- Gezichtsscherpte 14
- Gezichtsveld 16

II Kleurenzien 17

- Kleurmeting 19
- Het systeem Munsell 20
- Het C.I.E.-systeem 21
- Kleurmengen 24

III Auditieve waarneming

- Bouw en werking van het
gehoororgaan 26
- Geluidsdruk 26
- Geluidsspectrum spraak 28
- Verstaanbaarheid bij
spraakoverdracht 28
- Gehoorverlies 30
- Invloed van lawaai op
werkprestatie 30

IV Vorm en indeling panelen 32

- Waarnemingshoek bij
apparatuur 32
- Vormgeving panelen 33
- Ruimte indeling 34

V Visuele representatie apparatuur 36

- Schaaltype en functie 36
- Schaalvorm 36
- Cijfer en graadverdeling
van schalen 38
- Groepering van schalen 40
- Bedieningsknoppen en
schalen 41
- Type en vormgeving
knoppen 41
- Signaallichten 42

VI Letters en cijfers 44

- Lijndikte van letters en
cijfers 44
- Letter- en cijferspatiëring 44
- Herkenbaarheid van
kapitalen 45
- Hoofdletters en onderkast
(kleine letters) 45
- Helderheid en kleurcontrast
van letters en cijfers 45
- Leesafstand en letter-
grootte 46

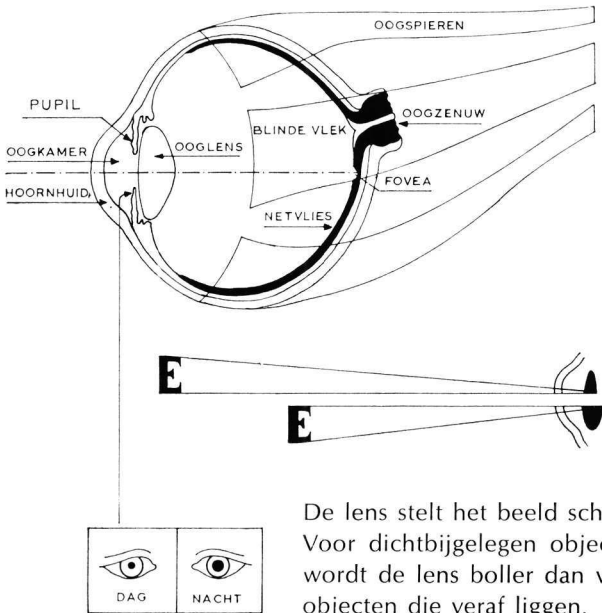
Standaard letters en cijfers	46	Stoelen	71
VII Kleurgeving	51	Zittingshoogte	71
Kleurharmonie	52	Helling en vorm van zitten	71
Kleur van de verlichting	52	Zitting lengte en breedte	72
VIII Verlichting	54	Rugleuning	73
Verlichtingssterkte	57	Tafels	73
Aanbevolen verlichtings- normen	56	XII Bewegings- handelingen	75
Verlichting van instrumenten	58	Handwielen	78
IX Lichaamsafmeting	60	Pedalen	80
Lichaamsbeweging	63	XIII Klimaat en klimaatmetingen	82
X Bewegingsruimte	67	Binnenklimaatmetingen	82
Werkoppervlak	69	Normen voor een behaaglijk klimaat	884
XI Vormgeving en afmeting meubilair	71	Literatuur	86
		Alfabetische trefwoorden	93

I VISUELE WAARNEMING

Onze ogen zijn één van de belangrijkste zintuigen. De meeste informatie die wij uit de wereld buiten ons opnemen, wordt via de ogen aan de hersenen doorgegeven.

De bouw en de werking van het gezichtsorgaan zijn zo gecompliceerd, dat het onmogelijk is er hier diep op in te gaan. Aan het waarnemen willen wij echter een korte beschouwing wijden.

SCHEMATISCHE HORIZONTALE DWARSDOORSNEDE VAN HET LINKEROOG



De lens stelt het beeld scherp. Voor dichtbijgelegen objecten wordt de lens boller dan voor objecten die veraf liggen.

De pupil regelt de hoeveelheid licht die op het netvlies valt.

Werking van het oog

Het optisch systeem van ons oog is in zekere zin vergelijkbaar met lens en diafragma van een camera. Het door een voorwerp gereflecteerde licht komt ons oog binnen en wordt door de hoornhuid en de ooglens op het netvlies afgebeeld. Het is zaak, dat de afbeelding op het netvlies scherp is. Als bij een camera het beeld op de gevoelige laag van de film onscherp is, kan scherpstelling worden verkregen door verschuiven van de lens. Ook het oog is in staat de scherpstelling te regelen, maar daar gebeurt dat door vormverandering van de lens. De hoeveelheid licht, die in ons oog valt wordt gevarieerd door het irisdiafragma dat zich vernauwt of verbreedt - met andere woorden: de doorsnede van de pupil wordt kleiner of groter.

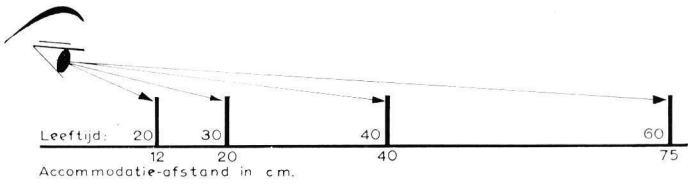
De optische werking van ons oog is maar in zekere zin vergelijkbaar met die van een camera. Indien met een camera dezelfde beweging gemaakt zou worden als met de ogen, zou er van het fotograferen of filmen niet veel terecht komen. Als de lichtbundel het netvlies bereikt heeft, doen zich heel andere processen voor als met de film.

De verschillende organen die in of nabij het netvlies zijn gelegen, hebben tot taak het binnenkomende licht om te zetten in een andere vorm van energie en deze via de oogzenuw verder te voeren naar de hersenen.

Accommodatie

Het scherp stellen van het beeld door de lens van het oog wordt accommoderen genoemd. Om dichtbij gelegen voorwerpen scherp te zien, is de lens boller dan voor veraf gelegen voorwerpen. Deze vormverandering van de lens wordt bereikt met behulp van de lensspieren.

De soepelheid van de lens is afhankelijk van de leeftijd. Een jong kind kan zelfs zo sterk accommoderen dat voorwerpen op een afstand van ongeveer 6 cm scherp kunnen worden gezien. Op twintigjarige leeftijd is deze afstand ± 12 cm, op 40 jaar ± 40 cm en op 60 jaar ± 75 cm.

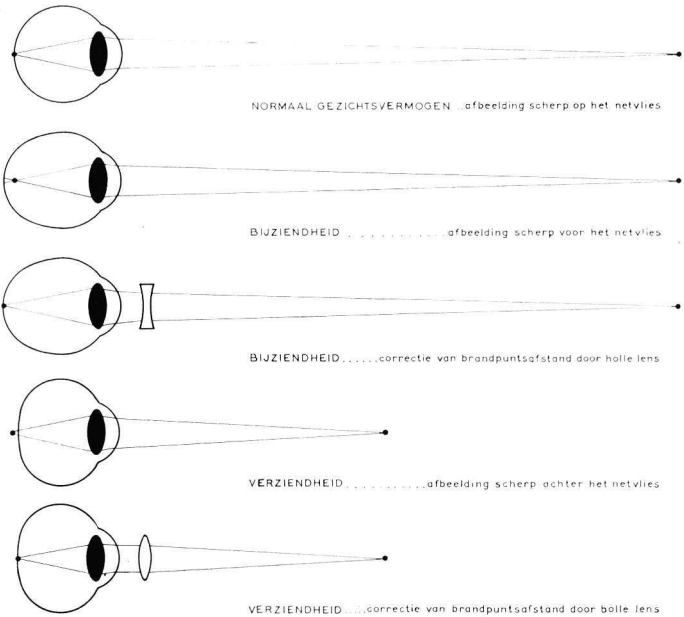


Oogcorrectie

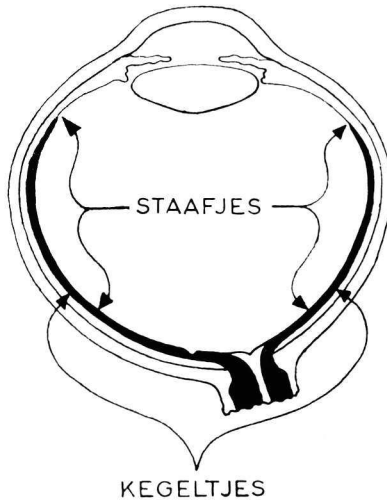
Wanneer het oog niet (meer) in staat is tot volledig accommoderen maakt een bril het leven prettiger.

Om verschillende redenen, hetzij uit onkunde of uit esthetische overwegingen, dragen vele mensen geen bril.

Onderstaande figuren laten zien hoe een bril kan helpen een afbeelding scherp op het netvlies te krijgen.



Waarnemingsreceptoren

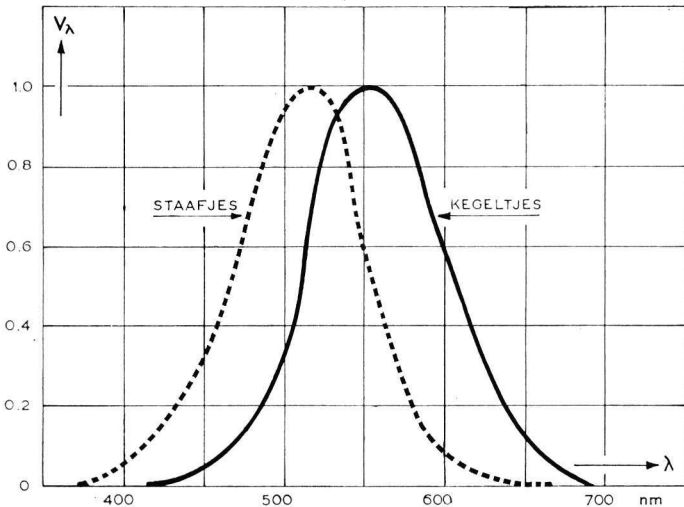


Het netvlies, waarop de afbeelding scherp dient te zijn, is een dunne laag zenuwweefsels, waarin zich de zogenaamde receptoren bevinden. Deze receptoren, de staafjes en kegeltjes, kunnen als de uiteinden van de oogzenuwen worden beschouwd. Absorptie van licht door de receptoren geeft aanleiding tot zenuwimpulsen, die langs de zenuwen naar de hersenen worden geleid. In de fovea, een gebied van het netvlies, overeenkomend met een gezichtsveld van 2° in de fixatierichting, bevinden zich alleen kegeltjes. Hoe verder in de periferie hoe meer staafjes en hoe minder kegeltjes aanwezig zijn. Deze staafjes en kegeltjes hebben verschillende functies. De staafjes functioneren vrijwel alleen bij een laag verlichtingsniveau (bijvoorbeeld dat van maanlicht of lager). Bij een hoger verlichtingsniveau functioneren in hoofdzaak de kegeltjes (bijvoorbeeld daglicht, zonlicht). Bij tussenliggen-

de verlichtingsniveaus werken deels de kegeltjes en deels de staafjes. Met de kegeltjes kunnen we kleuren waarnemen en met de staafjes zien we de wereld als een zwart-wit opname. Bij maanlicht is dan ook bijna geen kleurwaarneming mogelijk.

Ons oog is slechts gevoelig voor licht met golflengten van 380-700 nm (1 nm = 1 miljoenste mm). Bij kortere, respectievelijk langere, golflengten komen we in het ultraviolet en het infrarood, golflengte gebieden die niet waarneembaar zijn.

De gevoeligheid is het grootst in het midden van het spectrum (geel-groen). Uit de ooggevoeligheidskrommen kunnen we niet alleen zien dat naar het uiteinde van dit spectrum de gevoeligheid afneemt, maar ook het verschil in werking tussen staafjes en kegeltjes constateren. Het maximum van het staafjes-zien ligt bij 513 nm en van kegeltjes-zien bij 555 nm. Ter vergelijking is de gevoeligheid in de top van de kromme voor beide gelijkgesteld.



Adaptatie

Iedereen weet wel uit ervaring dat het oog min of meer moeite kan hebben met de adaptatie, de aanpassing aan een sterk contrasterend lichtniveau. Men weet het uit het verlaten van een helverlicht vertrek en plotseling betreden van de nachtelijke duisternis. Men weet het ook bij het binnengaan van bijvoorbeeld een bioscoop waar de voorstelling al is begonnen.

Voor het behoud van aan het donker geadapteerd zijn, terwijl men toch gedurende enige tijd iets moet zien, bijvoorbeeld bij kaartlezen, is een rode hulpverlichting aan te bevelen. Dit effect kan hieruit verklaard worden dat rood licht gezien wordt met behulp van de kegeltjes, terwijl de staafjes er ongevoelig voor zijn. Kijkt men daarna weer in het donker, dan kan men toch weer - met behulp van de staafjes - terstond met de volle gevoeligheid zien. De gevoeligheidskromme van de kegeltjes strekt zich namelijk verder in het rood uit dan die van de staafjes.

De tijd, die nodig is om van een bepaald helderheidsniveau te adapteren aan een ander helderheidsniveau, werd o.a. onderzocht door van den Brink [12].

Gezichtsscherpte

De gezichtsscherpte is te definiëren als de hoek, waaronder het kleinst waarneembare detail wordt gezien.

Onder ideale waarnemingscondities is het kleinste zelfstandige detail, dat nog juist kan worden waargenomen, ongeveer 1 boogminuut - dat is 1 mm op ca 3.5 meter afstand.

Voor het bepalen van deze gezichtsscherpte worden verschillende objecten gebruikt, zoals Snellen letters, Landoltring en dambord, zie nevenstaande figuur.

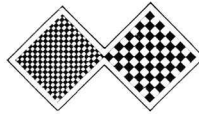
Bij deze proeven kunnen de helderheid en het helderheidscontrast (deze zijn bepalend voor de bereikbare gezichtsscherpte) gevarieerd worden. De gezichtsscherpte neemt toe met de helderheid en met het contrast. Het ligt immers voor



SNELLEN LETTER



LANDOLTRING



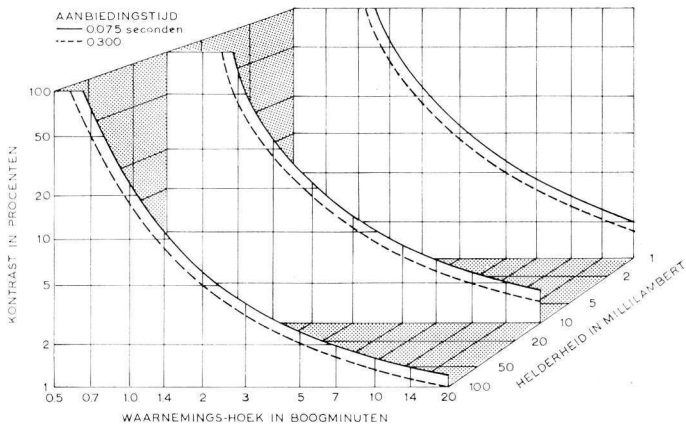
DAMBORD



EVENWIJDIGE BALKEN

de hand dat zwarte letters op een witte achtergrond (groot contrast) beter herkenbaar zijn, dan lichtgrijze letters op dezelfde achtergrond (lager contrast). Ook kleurcontrasten tussen detail en achtergrond kunnen een bijdrage leveren tot betere herkenning van details [81].

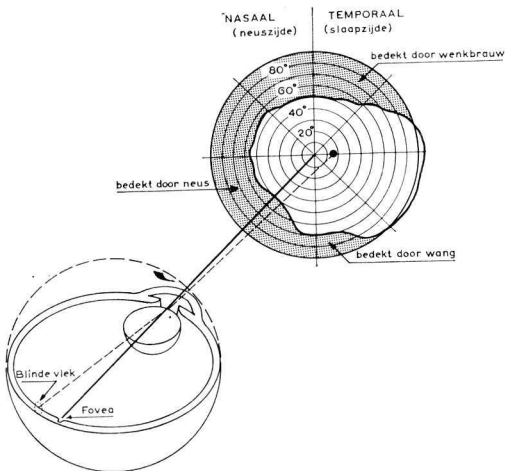
Onderstaande figuur is uit een studie van Cobb en Moss [19]. Hierbij is de relatie tussen de reeds genoemde factoren o.a. helderheid, helderheidscontrast, aanbiedingstijd van het object en object-grootte in boogminuten weergegeven. De test-objekten waren in dit geval z.g. evenwijdige balken, welke in grootte varieerden. De objecten werden aangeboden bij drie verschillende helderheden, namelijk 30, 3 en 0.3 cd/m². De aanbiedingstijden waren 0.075 sec. en 0.300 sec.



Gezichtsveld

Bij het vervullen van een visuele taak kan men drie aspecten onderscheiden, nl. die waarbij hoofd- en oogbewegingen, die waarbij alleen oogbewegingen en die waarbij geen van beide noodzakelijk zijn.

Bij deze drie aspecten kan men een functioneel gezichtsveld aangeven, dat echter sterk afhankelijk is van de uit te voeren taak. Zo is het bij het aflezen van een schaal heel goed mogelijk om gelijktijdig een controlelamp waar te nemen zonder dat hoofd- en oogbewegingen noodzakelijk zijn. Het aflezen van een neven geplaatste schaal eist echter wel oog-, wellicht zelfs ook hoofdbewegingen. Voor de taak van het zien van de controlelamp is het functionele gezichtsveld voor een gefixeerd oog zeer groot, voor het aflezen van een schaal zeer klein.



Het onderscheid in drie functionele gezichtsvelden, behorend bij de drie geschetste mogelijkheden is nuttig, ondanks dat de grootte ervan afhangt van de taak. Het is immers gebleken, dat de prestatie van een waarnemer, uitgedrukt in het aantal waarnemingen per seconde afneemt wanneer oogbewegingen, en zelf sterk afneemt, wanneer hoofdbewegingen noodzakelijk zijn. Onder meer speelt hier een rol, dat voor deze bewegingen tijd nodig is.

Bij een meervoudige taak, waarbij de bronnen van informatie (schalen, controlelampen enz.), op verschillende plaatsen staan, is het voor het leveren van een goede prestatie nuttig, deze bronnen indien mogelijk zo te plaatsen, dat geen hoofdbewegingen noodzakelijk zijn.

Nevenstaande figuur geeft het maximale gezichtsveld bij gefixeerd rechteroog.

II KLEURENZIEN

Men is het er in het algemeen over eens, dat het netvlies bestaat uit een mozaïek van 3 soorten kleurreceptoren. Deze receptoren kunnen beschouwd worden als fotocellen, die elektrische spanning afgeven als ze getroffen worden door lichtstralen. Bij aanbieding van een willekeurige kleur worden door deze drie soorten receptoren drie spanningen opgewekt. De grootte van deze spanningen en de onderlinge verhoudingen karakteriseren die kleur. Wordt het invallende licht intenser, dan verandert de grootte van de afgegeven spanningen, maar hun onderlinge verhoudingen veranderen niet. De grootte bepaalt de helderheid, de verhoudingen bepalen de kleursoort.

Toch zijn er vele factoren, die bij dezelfde waarnemer de kleurindruk kunnen doen verschillen, zoals: de helderheid, de grootte van het object, de tijdsduur van het bekijken, de plaats van intrede in de pupil, de kleur van de omgeving,

de toestand van het oog, de kleuren-zin van de waarnemer en de leeftijd van de waarnemer.

Door contrastwerking is het mogelijk om van één bepaalde kleur verschillende kleurindrukken te krijgen. Beschijnt men met wit licht een affiche met een gele achtergrond en zwarte letters en vervangt men deze zwarte letters door grijze, dan blijven deze letters niet grijs, zoals men zou kunnen verwachten. Ze nemen dan de komplementaire kleur aan van de achtergrond, in dit geval blauw. Op overeenkomstige wijze worden grijze letters op een groene, rode of blauwe achtergrond respectievelijk purperachtig, blauwgroen of geel.

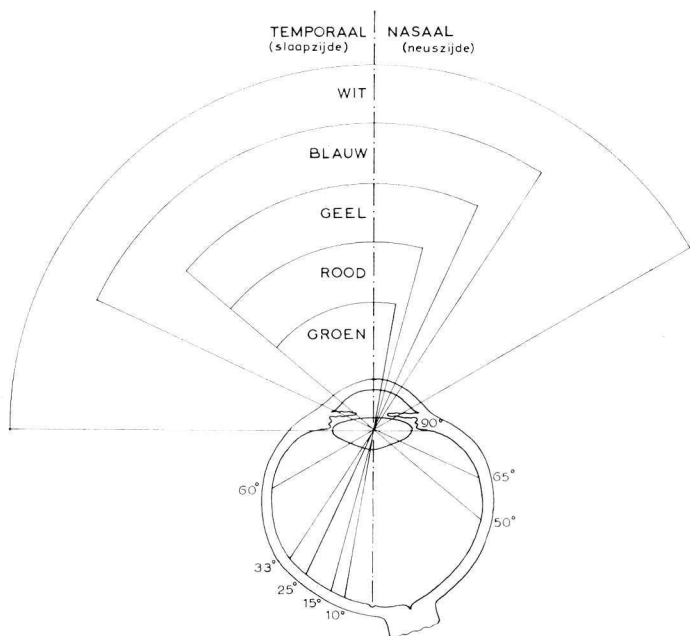
Als men de gloeidraad van een brandende lamp door rood of groen gekleurd glas bekijkt, ziet men de kleur van de gloeidraad geler dan de rest van het glas. Toch is de spectrale samenstelling van het licht van de heldere gloeidraad en van de donkere omgeving dezelfde.

Het blijkt dus mogelijk door verandering van de omstandigheden bij gelijkblijvend licht verschillende kleurindrukken te krijgen. Verandering van licht behoeft daarom ook niet met kleurverandering samen te gaan.

In een kamer bemerkt men nauwelijks verschil in kleur bij verlichting van dat vertrek door daglicht of bijvoorbeeld door gloeilamplicht. Het oog compenseert dergelijke verschillen blijkbaar. Als er voldoende lichte (heldere) delen in het gezichtsveld voorkomen noemt het oog deze delen wit en t.o.v. dit wit worden dan de overige kleurindrukken geïnterpreteerd. Ook merkt men bij het projecteren van dia's met een iets gekleurd filter na enige tijd niets meer van de aanwezigheid van dat filter.

Door de ongelijkmatige distributie van de verschillende receptoren op het netvlies, is het netvlies niet egaal kleurgevoelig. Zo wordt blauw licht verder in de periferie als blauw waargenomen dan groen licht als groen.

Nevenstaande figuur [84] geeft de gezichtsvelden voor verschillende kleuren.



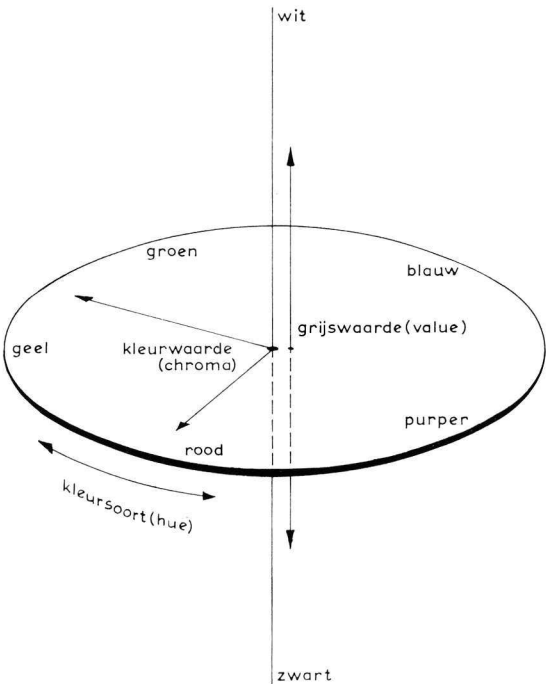
Kleurmeting [79]

Voor het meten van kleuren, moet de kleur kwantitatief vastgelegd worden, dus met behulp van enige getallen. Het is daartoe nodig de kleuren te systematiseren, waarbij men een ordening zal willen nastreven met een zo klein mogelijk aantal aanduidingen. In de volgende twee systemen is dat mogelijk gebleken met drie waarden.

Het systeem Munsell

Dit systeem is gebaseerd op een ruimtelijke, drie-dimensionale ordening van de kleuren volgens het principe dat is weergegeven in onderstaande figuur. De kleur wordt bepaald door de gegevens: kleursoort (hue), kleurwaarde (chroma) en de grijswaarde (value).

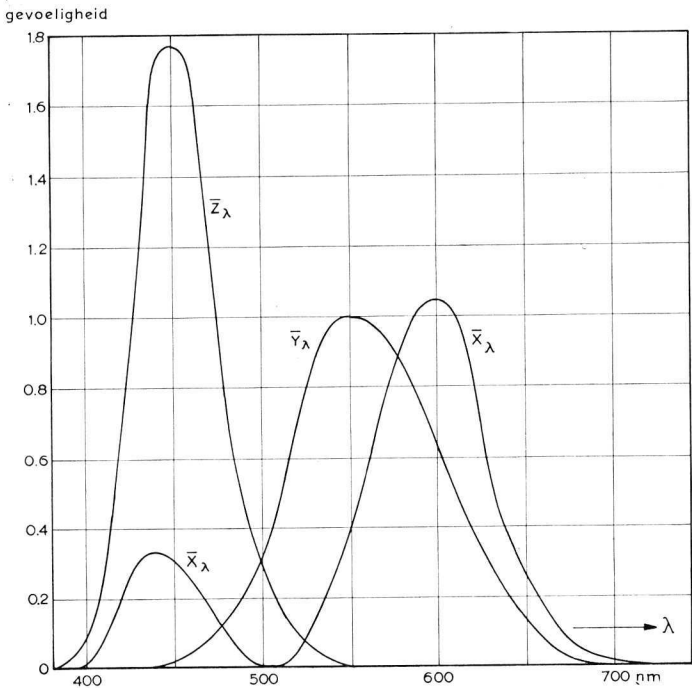
Bij dit systeem zijn een aantal kleurmonsters, voorzien van de bijbehorende getallen, in een atlas verzameld. Van een willekeurige kleur kunnen de Munsell-gegevens dan gevonden worden door visuele vergelijking. Het opvallende licht moet van eenzelfde lichtbron zijn, bij voorkeur gestandaardiseerd daglicht.



Het C.I.E.-systeem

(C.I.E. = Commission Internationale d'Eclairage)

Onderstaande figuur geeft de drie gevoeligheidskrommen waarop de C.I.E.-kleurendriehoek is gebaseerd. De kromme van de Y-factor komt geheel overeen met de ooggevoeligheidskromme voor licht, die aan de fotometrie ten grondslag ligt. (Zie Bouma) [9].



De grootte van de spanningen die door hypothetische fotocellen met dergelijke gevoeligheidskrommen zouden worden afgegeven, worden X, Y en Z genoemd. Men heeft ze nu zo gekozen, dat als X, Y en Z de spanningen zijn, opgewekt door

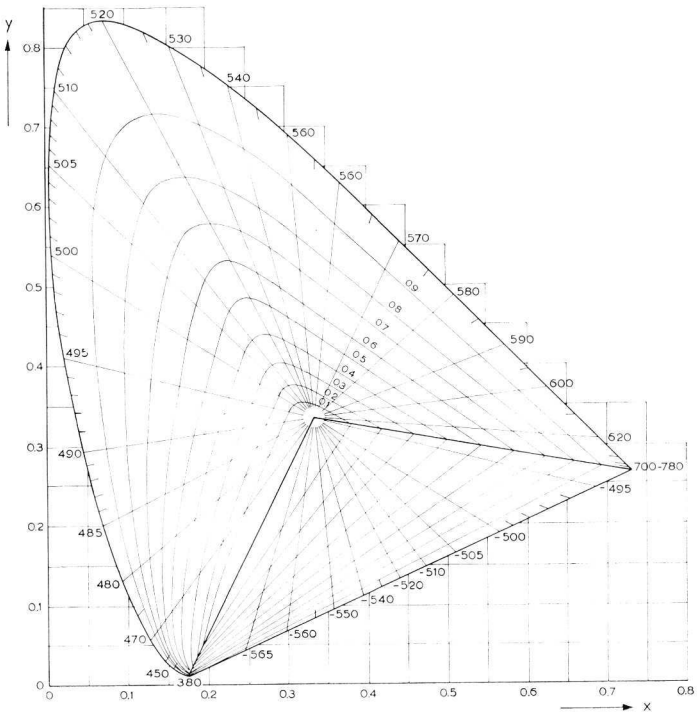
een gegeven kleur, Y de helderheid aangeeft en de kleursoort bepaald wordt door $x = X/(X + Y + Z)$ en $y = Y/(X + Y + Z)$.

De kleursoort kan dus in een plat vlak worden uitgezet, met op de assen x en y . Dit xy -vlak kunnen we vergelijken met een landkaart [7]. Hierop hebben alle plaatsen twee coördinaten. In het xy -vlak wordt elke kleursoort met een eigen xy -kombinatie aangeduid. De resultaten van kleurmetingen worden dan ook altijd in deze 'kleurcoördinaten' opgegeven. Alle kleursoorten in het xy -vlak vormen tesamen het C.I.E. kleurendiagram, waarbij de spectrale kleuren op de rand van de figuur liggen.

Bij het kleurmeten kan men nu in principe twee kanten uit.

1. De spectrale samenstelling van de kleur wordt gemeten. Met behulp van deze kromme en de gevoeligheidskrommen kunnen dan X , Y en Z worden uitgerekend en daarmee ook x en y . De Y heeft men dus direkt.
2. Er wordt gemeten met een instrument dat drie fotocellen bevat met de drie gevoeligheidskrommen X , Y en Z . Op meters kunnen dan direct de waarden X , Y en Z worden afgelezen, zodat dan x , y en z bekend zijn.

De aanduiding van een kleur volgens dit C.I.E.-systeem hangt dus samen met de spectrale samenstelling van het gebruikte licht en de reflectie-eigenschappen van het gekleurde oppervlak. Wil men de kleur van een oppervlak in kleurcoördinaten vastleggen, dan dient er dus ook een afspraak gemaakt te worden over het opvallende licht. In het algemeen neemt men daarvoor het door de C.I.E. gestandaardiseerde daglicht C .

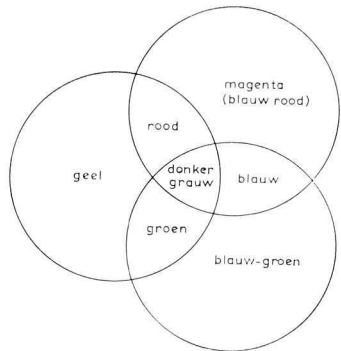
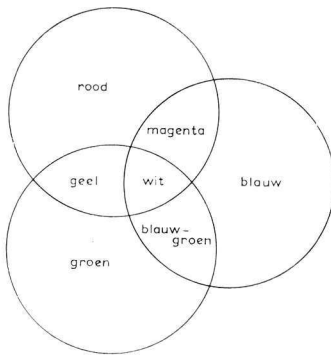


Kleurendriehoek [34] in xy -coördinaten volgens de C.I.E. (1934). Iedere kleur kan worden nagebootst door het additief mengen van wit ($x = 1/3$, $y = 1/3$) en een spektrale kleur van golflengte λ , of van wit en een purperkleur, in de helderheidsverhouding $(1 - p) : p$. In de figuur zijn aangegeven de rechte lijnen van constante λ , die van het witpunt uitgaan, en de kromme van constante p ($p =$ verzadigingsgraad). Vaak wordt als wit ook gebruikt het C.I.E.-daglicht C ($x = 0,310$; $y = 0,316$) en het C.I.E.-gloeilampenlicht A ($x = 0,448$; $y = 0,408$).

Kleurmengen

Men onderscheidt twee methoden van kleurmengen: de additieve en de subtractieve methode. Men mengt rood en groen additief, door tegelijk rood en groen licht op één vlak te laten vallen. Men mengt rood en groen subtractief, door licht dat eerst door een rood filter gegaan is, vervolgens door een groen filter te laten gaan. Het mengen van verven is voornamelijk subtractief.

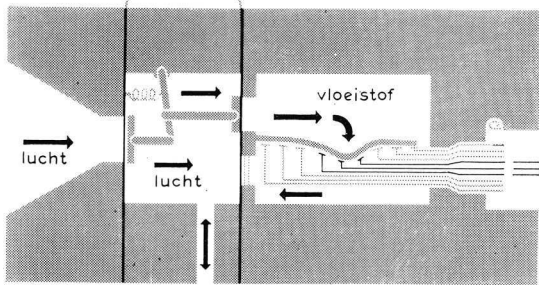
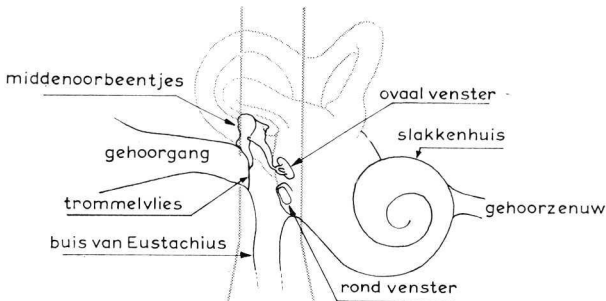
Door geschikte keuze van de intensiteiten kan men door additief mengen van rood, groen en blauw wit krijgen. Mengt men echter rode, groene en blauwe pigmenten van verf dan ontstaat een donker grauw. Nog frappanter is het feit, dat geel en blauw additief gemengd wit kunnen opleveren, doch subtractief een groen doen ontstaan.



III AUDITIEVE WAARNEMING

Een belangrijk deel van onze informatie komt tot ons via ons gehoororgaan. De communicatie tussen mensen onderling en tussen mens en machine met behulp van luchttrillingen die als geluid worden ervaren, is van zo groot belang, dat een summiere behandeling van bouw en werking van het gehoororgaan gerechtvaardigd is.

Praktijkvragen als: welke frequenties zijn hoorbaar, wat is de pijngrens, bij welk lawaai treedt vermoeidheid en beschadiging op - zullen in het navolgende kort, maar zo volledig mogelijk beantwoord worden.



SCHEMATISCHE VOORSTELLING GEHOORORGAAN

Bouw en werking van het gehoororgaan

Via de oorschelp en de gehoorgang bereiken de luchttrillingen het trommelvlies. Dit trommelvlies vibreert mee met de wisselingen in de geluidsdruk. De trillingen worden via de middenoorbeentjes overgebracht naar het ovale venster van het slakkenhuis. Het slakkenhuis is een holle spiraal, die door een membraan in de lengtezitting vrijwel tot de punt van de spiraal in tweeën wordt gedeeld. Het slakkenhuis is bij het ronde venster door een vlies afgesloten en gevuld met vloeistof en kan daardoor beschouwd worden als een gesloten hydraulisch systeem. Het membraan maakt door de trillingen van de vloeistof een 'zweepvormige' beweging (zie tekening), waarbij de plaats van maximale uitslag verband houdt met de toonhoogte van het geluid.

De op dit membraan aanwezige zintuigcellen, die gevoelig zijn voor die bewegingen geven impulsen die via de gehoorzenuw aan onze hersenen worden doorgegeven.

Geluidsdruk

Het oor functioneert normaal over een zeer groot traject van geluidsdrukken, daarom gebruikt men voor het aangeven van geluidsdrukkniveaus een logarithmische maat. Deze maat is de decibel (dB), die als volgt wordt gedefinieerd:

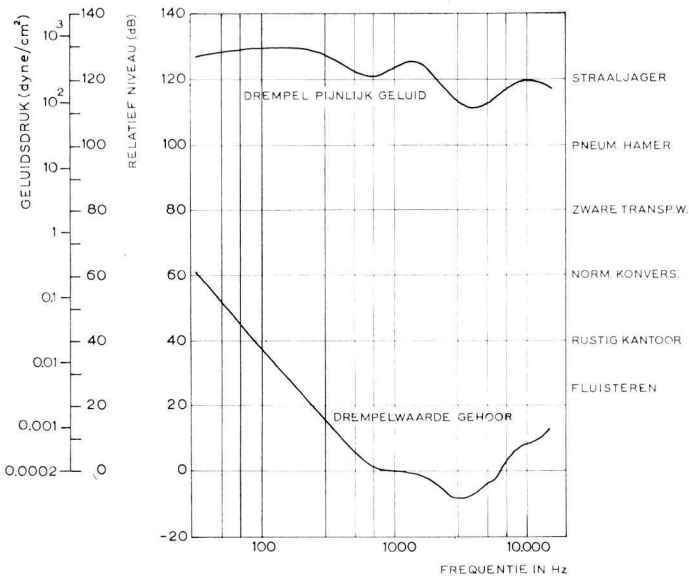
$$\text{geluidsdrukkniveau in dB} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

waarbij de P de z.g. effectieve waarde van de betreffende geluidsdruk is en P_0 de effectieve waarde van een standaardgeluidsdruk. Hiervoor heeft men genomen $2 \cdot 10^{-5}$ newton/m² (= $2 \cdot 10^{-4}$ dyne/cm²), ongeveer overeenkomend met de geluidsdruk van een nog juist waarneembare toon met een frequentie van 1000 Hz, (Hz is aantal trillingen per sec.).

Een dergelijke, net waarneembare geluidsdruk noemt men de drempelwaarde van het horen. Deze waarde is afhankelijk van de frequentie van de zuivere toon. De curve die de drempelwaarde aangeeft als functie van de frequentie is de

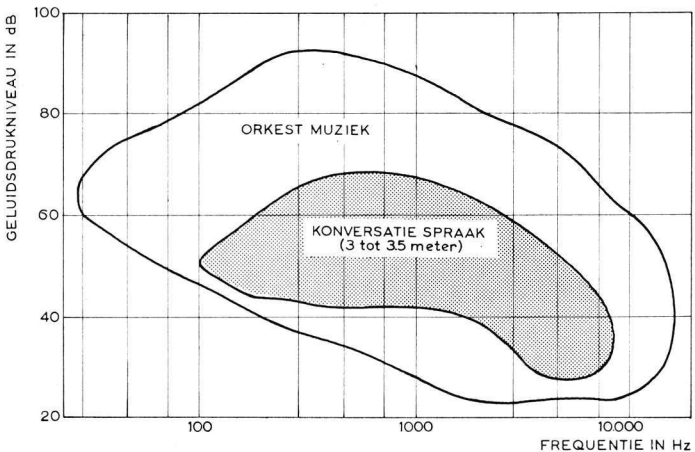
onderste van onderstaande grafiek. De benodigde geluidsdrücken beneden 20 Hz en boven 20.000 Hz zijn al zo groot, dat deze frequentie als laagste en hoogste tonen kunnen worden beschouwd, die waarneembaar zijn. De bovengrens loopt met toenemende leeftijd enigszins terug. De bovenste curve geeft aan bij welke geluidsdrückeniveaus pijnsensaties in het oor beginnen op te treden.

Naast de grafiek zijn tevens aangegeven de dB-waarden, die in de praktijk kunnen voorkomen. De relatie tussen geluidsdrück en dB-waarden is eveneens aangegeven.



Geluidsspectrum spraak

Bij spraak maakt men gebruik van frequenties tussen 100 en 8000 Hz, zie grafiek. Spectrale spraakanalyse over een lange tijd gemeten, toont dat meer dan de helft van de spraakenergie beneden 1000 Hz ligt. Het blijkt dat de klinkers voornamelijk uit lage tonen met een frequentie beneden 1000 Hz bestaan en de medeklinkers uit hoge tonen boven 1000 Hz bestaan en de medeklinkers uit hoge tonen boven 1000 Hz [84].



Verstaanbaarheid bij spraakoverdracht

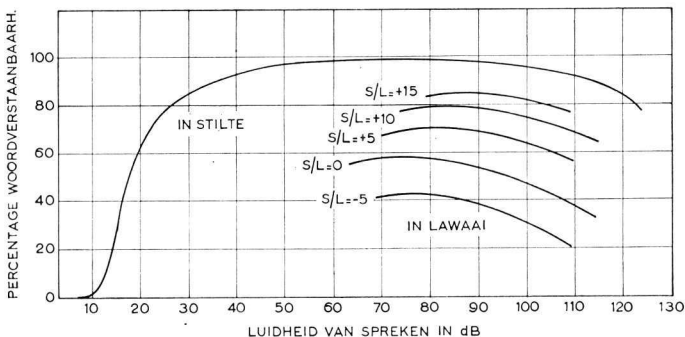
Er zijn vele factoren die de verstaanbaarheid in ongunstige zin beïnvloeden. De belangrijkste factor hiervan is het lawaai. Vooral bij een sterk omgevingslawaai moeten speciale maatregelen worden getroffen om een goede spraakverstaanbaarheid te verkrijgen. In de eerste plaats door reductie van het lawaai bij de bron, bijvoorbeeld door het toepassen van geluidabsorberend materiaal.

In onderstaande grafiek wordt de spraakluidheid ten opzichte van de woordverstaanbaarheid gegeven in stilte en bij een bepaalde signaal-lawaai verhouding.

Met de signaal-lawaai verhouding (SL) bedoeld men de verhouding:

geluidsdruk van de spraak

geluidsdruk van het lawaai



Bij het gebruik van microfoons is het dikwijls nuttig om richtingsgevoelige microfoons te gebruiken, teneinde de signaal-lawaai verhouding te verbeteren. Ook geeft een kleinere afstand tussen de microfoon en de mond een betere signaal-lawaai verhouding; goede afdichtkappen van de telefoon zijn om dezelfde reden van groot belang.

Bij het gebruik van luidsprekers voor spraakoverdracht moet zoveel mogelijk worden vermeden, dat lawaai en spraak het oor van de luisteraar uit dezelfde richting treffen. Goede verstaanbaarheid wordt bevorderd door goed gearticuleerd spreken. In dit verband is luid spreken beter dan schreeuwen. In het bijzonder bij telefonie moet dit laatste vermeden worden.

De spraaknelheid dient niet groter te zijn dan 140-160 woorden per minuut.

Gehoorverlies

Voor akoestische waarschuwingssignalen met een frequentiespectrum tussen 2200 en 8000 Hz voor bijvoorbeeld telefoon, luidspreker e.d. treden dikwijls moeilijkheden op door gedeeltelijke doofheid die bij normale conversatiespraak niet wordt opgemerkt. Deze gehoorverliezen zijn vaak het gevolg van veelvuldige blootstelling van het menselijk gehoororgaan aan lawaai van hoge niveaus. De vraag, waar de grens moet worden getrokken tussen niet-schadelijk en schadelijk lawaai, hangt af van de soort van lawaai. Bij aanhouden van een over-all intensiteitsgrens van 85 dB, treedt zeker geen gehoorbeschadiging op. In het lage frequentiegebied ligt deze grens nog hoger. In het algemeen geven hogere frequenties eerder gehoorbeschadiging dan lagere frequenties.

Het verdient aanbeveling, om bij het veelvuldig blootstellen van het gehoororgaan aan lawaai van machines e.d., de grootte en de soort lawaai te meten, teneinde de kans op gehoorverlies te kunnen beoordelen. De gehoor kwaliteit van het personeel moet men zondig periodiek controleren.

Invloed van lawaai op werkprestaties [69]

Er is in de loop der jaren een groot aantal publikaties verschenen over de invloed van lawaai op het werk - tot voor kort leidde dit niet tot duidelijke conclusies. Meestal ging men ervan uit, dat lawaai - zo het een nadelig effect op het werk had - tot een afname van het tempo van het werk moest leiden. Deze hypothese bleek door experimenten echter niet bevestigd te worden. Pas in het laatste decennium is een aantal experimenten verricht, waarin meer op andere aspecten gelet werd. In dit nieuwe onderzoek, dat voornamelijk door Broadbent [13] is uitgevoerd en samengevat, vindt men een duidelijk effect van lawaai, als men let op de continuïteit in het werk. Zo werd gevonden, dat arbeid na verloop van tijd onregelmatiger werd verricht of dat de proefpersonen meer fouten maakten, als gedurende het werk lawaai was aangeboden. Monotoon lawaai heeft een geringe invloed op

de prestatie zolang de intensiteit beneden de 100 dB blijft. Lawaai van hoge tonen is in het algemeen meer van invloed dan van lage tonen [14].

Bij een intensiteit van 75 dB kan soms reeds een duidelijke toename in onregelmatigheid worden geconstateerd als het lawaai een veranderlijk en onvoorspelbaar karakter heeft [70]. Bij taken, die korter dan een half uur plegen te duren, heeft men zelden een verschil tussen lawaai- en rustomstandigheden gevonden.

IV VORM EN INDELING PANELEN

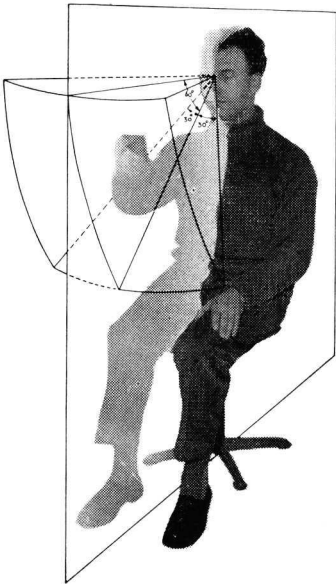
Bij een machine of bij uitgebreide apparatuur behoort veelal een aantal instrumenten. Teneinde een snel overzicht te verkrijgen voegt men zoveel mogelijk van deze instrumenten tezamen, bijvoorbeeld in panelen. Men kan hier denken aan de controlekamers van 'automatisch' werkende fabrieken en ook aan het instrumentenbord van een piloot.

Het verwerken van de verkregen informatie, zowel als het doorgeven ervan dient zo efficiënt mogelijk te zijn.

Er zijn vele factoren, die op deze representatie van apparatuur invloed hebben.

De belangrijkste factoren zijn:

Waarnemingshoek bij apparatuur



De waarnemingsafstand tot de instrumenten mag niet kleiner zijn dan 40 cm, dit in verband met de accommodatie van het oog.

Hoewel een waarnemingsafstand van 60 cm de geschiktste is, wordt de afstand in feite bepaald door de reikafstand naar de knoppen etc.

De taak bepaalt het waarnemingsoppervlak, maar voor een doelmatige opstelling van apparatuur moet rekening gehouden worden met de optimale waarnemingshoek. Nevenstaande figuur geeft de in het algemeen na te streven

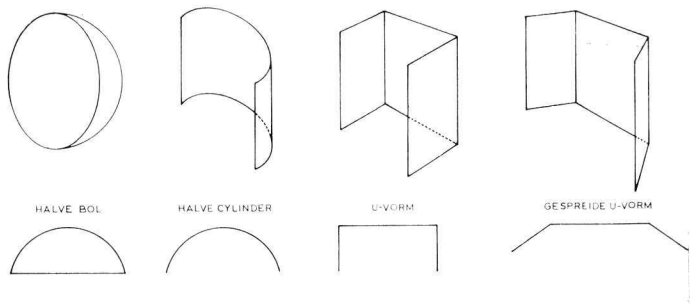
plaatsing van het waarnemingsveld. Vanaf de ooghoogtelijn (zie tabel lichaamsafmeting op blz. 64) is aangehouden 60° naar beneden en 30° links en rechts van deze lijn.

Hierbij kan de bedienende man zonder hoofdbeweging alle controle-instrumenten waarnemen. In het algemeen zullen bij instrumentpanelen de meters, die het meest gebruikt worden op ooghoogte of net beneden de horizontale ooghoogtelijn geplaatst worden. Boven ooghoogte worden de minder belangrijke en minder gebruikte geplaatst.

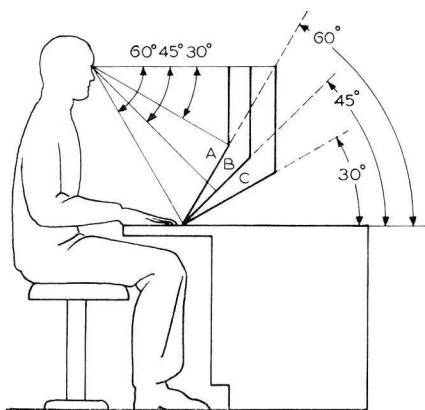
Vormgeving panelen

De ideale vormgeving voor een paneel is bolvormig.

Constructief is dit moeilijk te verwezenlijken, daarom volstaat men veelal met een deel van een cirkel-cylindrisch oppervlak of U-vorm of gespreide U.



De vorm van een paneel is in belangrijke mate gebonden aan de hoek van waarneming. In nevenstaande figuur is het verticale gedeelte van vlak A 30° beneden de ooghoogtelijn; dit gedeelte dient voor zeer nauwkeurige aflezing van instrumenten. Bij meters e.d. ontstaat zo de minste parallax. De waarnemingsafstand van vlak A = 45 cm, van vlak C 60 cm.

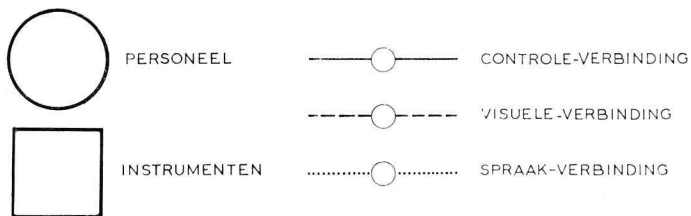


Ruimte indeling

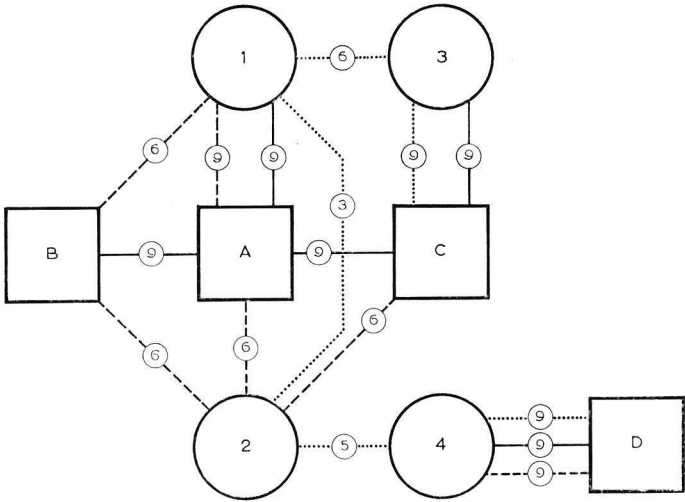
Bevinden zich in een ruimte vele panelen met verscheidene waarnemers, waarbij onderlinge communicatie noodzakelijk is voor het goed functioneren van de apparatuur, dan is het zeer gewenst een indelingsschema te tekenen. Hiervoor moeten bekend zijn:

- het aantal personen en instrumenten;
- de onderlinge frequentie van spreken en waarnemen;
- de belangrijkheid van de verbindingen.

Het gebruik van symbolen voor de auditieve en visuele communicatie-mogelijkheden vergemakkelijkt het overzicht bij het tekenen van een indelingsschema.



De frequentie van spraak, controle en visuele verbindingen wordt aangegeven met een cijfer in de verbindingslijnen. De volgorde van cijfers dient afhankelijk te zijn van de belangrijkheid, evenals de letters voor de instrumenten. Voor een goede ruimte-indeling is het tekenen op schaal aanbevelenswaardig.



De volgende punten zijn van belang:

Spraakverbinding, de afstand voor spraakverbinding moet zodanig zijn, dat er niet te luid gesproken behoeft te worden; dit is natuurlijk afhankelijk van het lawaainiveau.

Visuele verbinding, de gezichtsafstand moet zodanig zijn, dat er optimale waarneming is; het gezichtsveld mag niet gehinderd worden door personeel of instrumenten.

Werk- en loopruimte, het bedieningspersoneel moet voldoende ruimte hebben voor het bedienen van de instrumenten. De loopruimte moet zodanig zijn, dat het personeel elkaar niet hindert en enige mogelijkheid tot 'vertreden' in het werk heeft.

V VISUELE REPRESENTATIE VAN APPARATUUR

Schalen van meters, knoppen, signaallichten, e.d. bepalen de visuele representatie van apparatuur.

Om tot een goed overzicht te komen zullen we deze onderwerpen afzonderlijk behandelen.

Schaaltype en functie

In het algemeen zijn er drie hoofdsoorten van schalen: voor kwantitatieve aflezing, voor kwalitatieve aflezing en voor controle-aflezing.

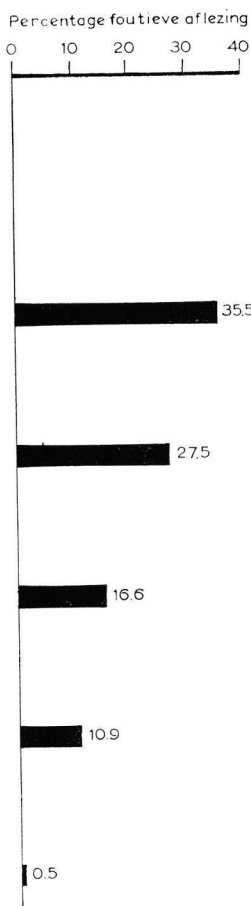
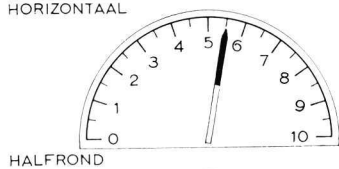
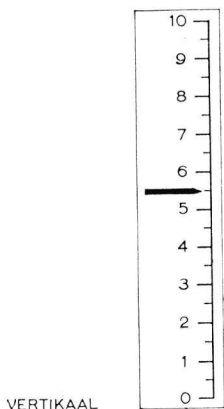
Voor kwantitatieve aflezing is een teller dikwijls beter dan een schaal; tellers vergen een kortere afleestijd en het foutenpercentage bij aflezen is veel minder.

Bij kwalitatieve aflezing is een bewegende wijzernaald de beste oplossing. Dit geldt ook voor controle-aflezing. Een stilstaande wijzernaald met een bewegende, volledig aangeboden schaal, is in het algemeen niet aanbevelenswaardig. Als deze schalen uitgevoerd zijn met een venster (gedeeltelijke schaal) zijn ze wel bruikbaar en ze hebben dan tevens het voordeel, dat ze plaatselijk verlicht kunnen worden en minder zichtbare ruimte innemen op het te gebruiken paneel.

Schaalvorm

Uit een studie van Sleight [74] blijkt, dat bij schalen de vorm een grote rol speelt voor wat betreft de correcte waarneming. Sleight vergeleek vijf verschillende schaalvormen met onderling dezelfde grootte en afstand van cijfers, onderverdeling van wijzernaald. Bij een onderzoek met zestig waarnemers bleek het percentage foutieve aflezing bij de vensterschaal 0,5%, de ronde schaal 10,9%, de horizontale 27,5% en de verticale schaal 35% te zijn, zie onderstaande figuur.

Het gebruik van schalen met meer dan twee wijzernaalden is in het algemeen niet aanbevelenswaardig. Het illustreren van een bepaald instrument op de schaal, bijvoorbeeld de helling van een vliegtuig, moet op natuurlijke wijze geschieden. De



horizon moet dus horizontaal blijven en het vliegtuig moet meegaan met de helling. Het cijfertype op een teller moet langer zijn dan dat van normale schalen. Door de cilindervorm van de trommels staan deze cijfers namelijk niet vlak maar bol. Uitzondering hierop geven trommels met afgeplatte kanten. Voor opeenvolgende aflezing van cijfers moeten deze niet sneller verspringen dan twee per seconde [84]. Tellers moeten van links naar rechts afgelezen worden, het aflezen van boven naar beneden geeft vertraging en fouten.

Cijfer- en graadverdeling van schalen

Voor het gebruik van een optimaal herkenbaar cijfer- en lettertype verwijzen wij naar hoofdstuk VI.

Onderstaande tabel vermeldt de cijferhoogte voor schalen bij verschillende leesafstanden:

Leesafstand	Cijferhoogte
60 cm of minder	0,25 cm
60 tot 100 cm	0,5 cm
100 tot 200 cm	0,8 cm
200 tot 400 cm	1,2 cm
400 tot 800 cm	2.0 cm

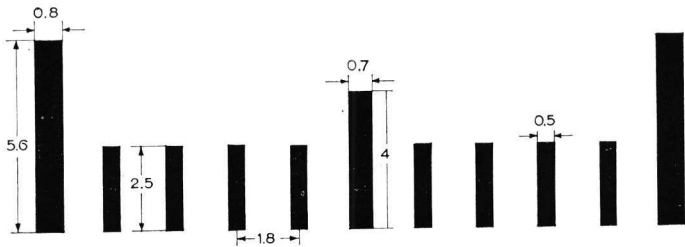
De plaats van de cijfers moet zodanig zijn, dat ze gemakkelijk afleesbaar zijn. In het algemeen is het beter als het schaaloppervlak buiten de gradering groot is, de cijfers aan de buitenkant van de gradering te plaatsen, zodat deze niet bedekt kunnen worden door de wijzernaald. Is er weinig ruimte, dan kan het voorkeur verdienen de cijfers aan de binnenkant te plaatsen, omdat dan het grootst mogelijke oppervlak voor de gradering beschikbaar is.

Een horizontale stand van de cijfers voor een stilstaande cirkelvormige schaal met bewegende wijzernaald is beter dan radiaal gerichte cijfers. Voor een bewegende cirkelvormige schaal met stilstaande wijzernaald moeten de cijfers wel radiaal gericht zijn. De volgorde van cijfers moet zijn van links naar rechts en voor verticale schalen van onder naar boven. Alleen cijfers die nodig zijn voor informatie moeten

op de schaal voorkomen, een minder drukke schaal geeft een betere herkenbaarheid. Onderstaande tabel geeft de aanbevolen cijfer-volgorde op schalen. [84].

goed					middelmatig				slecht				
1	2	3	4	5	2	4	6	8	3	6	9	12	*
5	10	15	20	25	20	40	60	80	4	8	12	16	
10	20	30	40	50	200	400	600	800	0	2.5	5	7.5	
50	100	150	200	250					0	1.5	3.0	4.5	
100	200	300	400	500					30	60	90	120	*

* Met uitzondering van schalen met een klokverdeling en schalen waarop hoeken afgelezen moeten worden.



Bovenstaande figuur geeft de relatieve maatverhouding van de graadverdeling van schalen [3]. De minimale lijndikte die gebruikt mag worden is 0.1 mm, de minimale afstand tussen de gradering is 1 mm.

De minimale afstand tussen twee hoofdtekens is ongeveer 12 mm voor een leesafstand van 60 cm of minder.

Bij schalen, die gebruikt worden in donkere ruimten, zijn lichte tekens op donkere achtergrond beter herkenbaar dan omgekeerd. De lijndikte van de tekens bij wit op zwart moet minder zwaar zijn dan die van zwart op wit.

Onderstaande tabel geeft de lijndikte en hoogte van de graadverdeling in verhouding tot de leesafstand; dit zijn de minimum-maten.

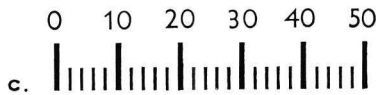
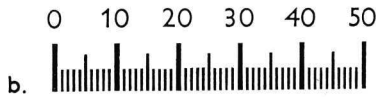
leesafstand	hoofdverdeling		tussenverdeling		kleinste verdeling	
	hoogte	lijndikte	hoogte	lijndikte	hoogte	lijndikte
60 cm of mind.	0.6cm	0.08cm	0.45cm	0.07cm	0.3cm	0.05cm
60 tot 100cm	0.8cm	0.1 cm	0.6 cm	0.08cm	0.4cm	0.06cm
100 tot 200cm	1.2cm	0.14cm	0.8 cm	0.1 cm	0.6cm	0.08cm
200 tot 400cm	1.8cm	0.16cm	1.4 cm	0.12cm	1.0cm	0.1 cm
400 tot 800cm	2.8cm	0.2 cm	2.2 cm	0.18cm	1.8cm	0.14cm

In figuur a op de volgende bladzijde ziet U de hoofdverdeling, tussenverdeling en de kleinste verdeling.

Onderverdeling tussen schalenmerken is niet altijd noodzakelijk. De eenvoudigste schaalverdeling is meestal de best leesbare schaal. Als bijvoorbeeld een schaal nodig is met een verdeling van 0 tot 50, verdient een merken van de tientallen en een onderverdeling in eenheden de voorkeur (zie volgende bladzijde) [60]. Wanneer dezelfde indeling echter gebruikt wordt bij een schaal met een klein oppervlak, dan is deze overladen met merktekens en daardoor minder goed afleesbaar (figuur b). Een onderverdeling in vijven is in dit geval beter (figuur c).

Groepering van schalen

Bij een goede paneelindeling is de functie van iedere meter gemakkelijk herkenbaar. De voornaamste en meest gebruikte meters moeten de beste plaats innemen ten opzichte van de ogen. De indeling van verschillende panelen moet voor de belangrijkste meters zoveel mogelijk gelijkvormig gehouden worden (gestandaardiseerd). Voor controle-aflezing, waarbij een groep van vijf of minder meters naast elkaar komt moet bij een horizontale rij meters de wijzernaald in werkende positie naar Oost of West wijzen (3 of 9 uur positie), zodat een niet goed werkende meter direct herkenbaar is. Voor een



verticale rij moet de wijzernaald naar Noord of Zuid wijzen (12 of 6 uur positie). Door een bepaalde groep meters, die bij elkaar behoren een eigen oriëntatievlak of een kaderlijn te geven, ontstaat een betere afleesbaarheid. Dit biedt tevens de kans deze kaderlijn een pijlvorm te geven, waardoor de afleesrichting wordt bepaald. Een symmetrische indeling geeft een overzichtelijke representatie.

Bedieningsknoppen schalen

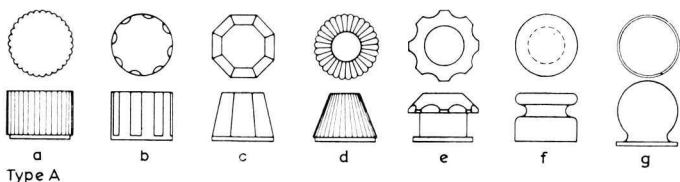
Bedieningsknoppen van een meter moeten dezelfde draairichting hebben als de wijzernaald of, voor een stilstaande naald, dezelfde draairichting als de schaal; de knoppen dienen zo dicht mogelijk bij de meters gemonteerd te worden. Bij het manipuleren met bedieningsknoppen mogen de handen de schaal niet kunnen bedekken: ze moeten aan de onderzijde of rechts van de meter gemonteerd worden voor bediening met de rechterhand en onder of links voor bediening met de linkerhand.

Type en vormgeving knoppen

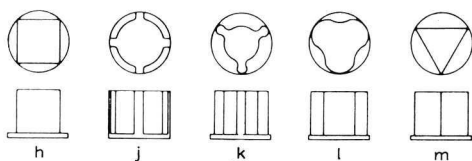
Hunt [40] heeft knoppen ontworpen, die onderling niet gemakkelijk verward worden. Hij beveelt drie typen aan: type A

voor doorgaande draaiing, type B voor onderbroken draaiing en type C voor vaste standen.

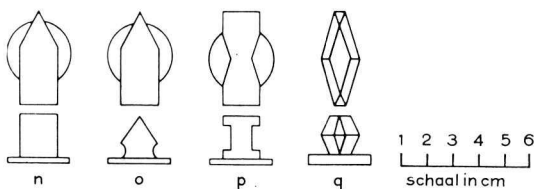
Als de indentificatie van de knoppen op de tast kritisch is, moeten enkele combinaties bij voorkeur worden vermeden; o.a. ab, co, kp, in, lo, np. Wat de afmeting van de knoppen betreft, wordt een maximale breedtemaat van 10 cm en de minimale van 1.2 cm aangehouden, (behalve voor type C, deze zijn minimaal 2 cm). De hoogte van de knoppen mag niet lager zijn dan 1.2 cm, maar hoeft niet hoger te zijn dan 2.5 cm.



Type A



Type B



Type C

Signaallichten

De mogelijkheid om informatie over te brengen met behulp van gekleurde signaallichten heeft bij apparatuur een ruime toepassing gevonden. De helderheid is één van de belangrijkste

ste punten. Van een signaallicht dat direct attentie moet hebben, zal de helderheid tweemaal die van de achtergrond moeten zijn. Op een lichtgekleurd paneel heeft het dikwijls zin, een rechthoekig donkermat vlak rondom het signaallicht te schilderen, om het contrast te verhogen. Kritische signaallichten moeten een aparte plaats innemen ten opzichte van de niet-kritische signaallichten.

De mogelijkheid om informatie over te brengen met behulp van lichtsignalen is uiteraard niet beperkt tot het gebruik van kleuren. Ook de duur en de snelheid van opeenvolgende flicsen, de wijze van groepering en bewegingsvorm, kunnen worden gebruikt. De keuze van kleuren, grootte van het licht en de personeelsselectie wordt bepaald aan de hand van uit fysiologische optische onderzoeken verkregen kennis van het kleurenzien [80].

VI LETTERS EN CIJFERS

Over de vorm, grootte, lijndikte, contrast, kleur en helderheid van letters en cijfers voor diverse doeleinden is veel onderzoek gedaan. Hoewel de algemene conclusie van diverse studies aangeeft dat ieder geval aan de hand van praktische proeven benaderd moet worden, is voor toepassingen zoals naamplaatjes e.d. een gestandaardiseerd alfabet gewenst. Bij het ontwerpen van zo'n alfabet zijn algemene voorwaarden te stellen: [54]

Bij het ontwerpen van letters en cijfers is de herkenbaarheid de voornaamste factor, niettemin moeten de letters esthetisch goed van vorm zijn.

De herkenbaarheid van letters en cijfers kan op één niveau worden gebracht (door de wijdte verschillend te kiezen), maar dit moet zodanig geschieden dat geen van de letters of cijfers domineert. Ook het domineren van een bepaald onderdeel van een letter of cijfer doet aan de herkenbaarheid van het totaal afbreuk.

Scherpe hoeken zijn beter dan afgeronde hoeken.

De letter moet een open vorm hebben en niet te smal zijn. Platte uiteinden aan de boven- en onderkant van een letter zijn beter dan puntige.

De schuine lijnen van een letter moeten zoveel mogelijk de 45° benaderen.

De uiteinden van de letters moeten verticaal of horizontaal zijn.

Ronde lettervormen moeten iets hoger zijn dan de rechte vormen.

Lijndikte van letters en cijfers

De invloed van de lijndikte is gering, mits deze met gevoel voor beschaafde proporties gekozen wordt. Als de lijndikte voor wit op zwart even zwaar wordt genomen als zwart op wit, dan lijkt deze lijndikte bij wit op zwart te zwaar.

De beste verhouding voor donkere letters of cijfers op een

lichte achtergrond is een lijndikte van ca $\frac{1}{8}$ van de hoogte. Voor lichte letters of cijfers op een donkere achtergrond is deze ca $\frac{1}{12}$ van de hoogte.

Letter- en cijferspatiëring

De spatiëring is een belangrijke faktor voor de herkenbaarheid van letters en cijfers. De open oppervlakte tussen de letters of cijfers moet van gelijke waarde zijn. Een foutieve spatiëring schaadt de leesbaarheid.

Herkenbaarheid van kapitalen (hoofdletters) en onderkast (kleine letters)

Voor naamplaatjes met in het algemeen korte teksten zijn hoofdletters beter dan kleine letters. Hoofdletters zijn beter herkenbaar, omdat zij een meer open vorm hebben en zodoende een groter oppervlak innemen. Voor langere teksten is het beter om kleine letters te gebruiken. Bij het lezen van langere teksten geven stokletters meer afwisseling.

Helderheid- en kleurcontrast van letters en cijfers

Het contrast is mede bepalend voor de bereikbare gezichtscherpte. Voor letters voldoet in de regel een zo groot mogelijk contrast met de omgeving het best (dus zwart op wit, of andersom).

Behalve de helderheid in de direkte omgeving van de waar te nemen letter speelt de helderheidsverdeling in de rest van het gezichtsveld ook een rol.

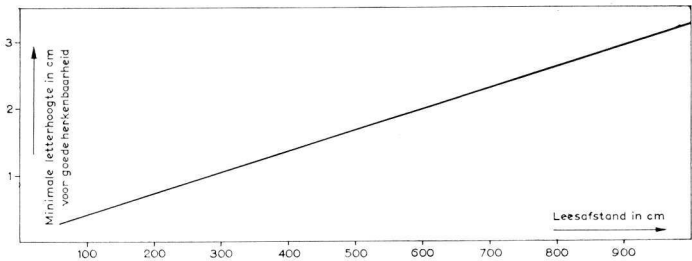
Voor naamplaatjes e.d. zal men dus, rekening houdend met het doel ervan, de heersende helderheid van de omgeving, de leesafstand en de grootte van de letters en cijfers goed moeten kiezen, evenals het materiaal van het plaatje, enz.

In de meeste gevallen heeft het vlak waarop de naamplaatjes worden aangebracht een lichte kleur (remissie van 30 à 50% t.o.v. wit). Hoewel (voor niet gekleurde plaatjes) zwarte plaatjes met witte letters optimale contrastwerking geven,

kan men om esthetische redenen beter witte letters op donkergrijs kiezen.

Moeten gekleurde naambordjes worden gebruikt, dan kan men voor de tekst enkele lichte, dus minder verzadigde kleuren gebruiken. Dit geldt niet voor geel en oranje, die beide ook bij grote verzadiging nog een flinke remissiefactor hebben. Overigens kan men dan beter ieder geval afzonderlijk bekijken en zonodig het gebruik van fluorescerende verven overwegen.

Leesafstand en lettergrootte



Standaard-letters en -cijfers

In de volgende figuren is een voorbeeld gegeven van standaard-letters en -cijfers [54]. Voor drukwerk e.d. geeft het Nobel en Gill lettertype de beste benaderingsvorm van dit alfabet.

A B C D

E F G H

I J K L M

N O P R

Q S T U

V W X Y

1 2 3 4

5 6 7 8

A B C D

E F G H

I J K L M

N O P R

V W X Y

Q S T U

Z 1 2 3 4

5 6 7 8

9 0

a b c d e f g h i
j k l m n o p q r
s t u v w x y z

VII KLEURGEVING

Vele factoren bepalen de doelmatigheid van de kleurgeving. De belangrijkste objectieve invloedsfactoren zijn het helderheidscontrast en de nabeeldwerking van de kleur. Als bijvoorbeeld de omgevingskleur in een operatiekamer groen is, is dit een 'echte' functionele kleur. De chirurg werkt onder een hoge verlichtingssterkte, waardoor de nabeeldwerking van de kleur van het bloed wordt geaccentueerd. Deze heeft de complementaire kleur van rood: groen. Indien de omgeving nu ook groen is, wordt dit nabeeld opgenomen in het groen. Voor een goede waarneming moeten de helderheidscontrasten voor het gehele veld van waarneming niet groter dan 1 : 10 zijn. De grootte van helderheidscontrasten wordt bepaald door de omgevingskleur ten opzichte van de kleur van machines, apparatuur e.d. Ook de verlichting is hierbij belangrijk. Een wit plafond is in de meeste gevallen noodzakelijk voor de verlichting; het vermindert het contrast tussen lichtbron en omgeving en verhoogt het rendement van de verlichting. Een wit plafond voor een ziekenkamer is minder gelukkig, omdat dit in belangrijke mate het gezichtsveld van de zieke vormt. Hier komen psychologische factoren in het geding. Zo is er o.a. de indeling van de kleuren in 'warme' en 'koele' en die in 'actieve' en 'passieve' kleuren. Warm zijn: rood, oranje en geelachtige kleuren. Groen, grijs en blauw zijn koele kleuren. Vaak wordt van deze factoren gebruik gemaakt door bijvoorbeeld een koel vertrek (geen zon) warme kleuren en omgekeerd een warm vertrek (veel zon), koele kleuren te geven.

Men kan deze kleurcorrectie ook bij machines e.d. toepassen. Als een vertrek langwerpiger is, tracht men dit door het aanbrengen van een aandachtvragende, dus felle of ongewone, kleur op de smalste wanden een bredere indruk te geven. Voor een psychologische kleurenstudie verwijzen wij naar de dissertatie van Kouwer [50]. De appreciatie van en de reactie op een bepaalde kleur varieert van persoon tot persoon en

van tijd tot tijd bij dezelfde persoon. Voor kleurencombinaties is dit net zo, we raken vermoeid van een 'oude' kleurencombinatie en willen graag wat anders zien. Aan de andere kant leren we soms een kleurencombinatie die eerst vreemd aandoet toch te appreciëren, door deze dikwijls te zien. Hier komen we nu bij de kleurharmonie.

Kleurharmonie

Wanneer twee of meer kleuren naast elkaar een prettige indruk geven, noemt men dit kleurharmonie [44]. Kleurharmonie is van tal van factoren afhankelijk, o.a. de grootte van kleuroppervlakken ten opzichte van elkaar. Zo geeft een fraai mozaïek meestal een onprettig effect wanneer dit tien maal zo groot wordt aangeboden. De individuele kleuren hebben dan een te hoge verzadiging en verschillen daardoor te veel. Wat in het klein wordt gezien als een subtiele kleurschakering, vertoont bij vergroting een overheersend effect. De relatieve oppervlaktemaat is dus van invloed. Een klein grijsrood oppervlak, aangeboden tegen een helderrood, geeft een onplezierig effect. De eerste aanblik is grijsrood of grijs, maar na een paar seconden wordt zo'n oppervlak grijs of als grijsachtig blauwgroen, afhankelijk van welk deel het laatst gezien werd. Maar als omgekeerd de twee kleuren aangeboden worden, zó dat de rode punt wordt gezien tegen een grijsrode achtergrond, dan is het kleureffect veel prettiger. De rode punt wordt dan steeds waargenomen als helderrood. Een goed principe van kleurenharmonie is: 'Harmonie vraagt vertrouwdheid'. Kleurencombinaties die in de natuur voorkomen, geven een zekere vertrouwdheid en worden meestal als harmonieus geïnterpreteerd.

Kleur van de verlichting

In de natuur wordt de omgeving verlicht door een ons zeer vertrouwde lichtbron, bij kunstverlichting wordt dit anders. De kleurindruk, die verkregen wordt van een bepaalde kunstverlichting hangt af van de samenstelling van het gebruikte

licht en van de mate waarin het verlichte oppervlak de diverse componenten van het opvallende licht reflecteert. Bij toepassing van een enigszins van het daglicht afwijkende lichtkleur, zoals van gloeilampen, fluorescerende buislampen en menglichtlampen, moet men er rekening mee houden, dat met de lichtkleur ook de kleur van de reflecterende vlakken in zekere mate wordt gewijzigd. Voor het goed waarnemen van kleuren is witte verlichting het best, wit bevat alle kleurcomponenten, zodat onder meer rode, oranje, gele, groene, blauwe, paarse, zwarte en witte kleurindrukken mogelijk zijn. Bij gebruik van natriumlicht is bijvoorbeeld een wandbekleding van groen en blauw zinloos, omdat natriumlicht uit slechts één enkelvoudige component bestaat nl. geel; dan zijn dus alleen gele kleurindrukken mogelijk. Creme, beige e.d. zijn bij dit licht beter te gebruiken.

Is het oog aan de kleur van het gloeilamplicht aangepast, dan waardeert het dit als wit. De illusie verdwijnt, wanneer ernaast licht van andere samenstelling wordt gebruikt. Men doet daarom goed, in bij elkaar horende ruimten, licht van dezelfde samenstelling te gebruiken.

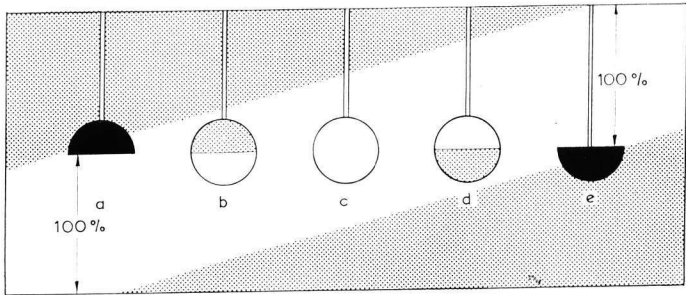
VIII VERLICHTING

De verlichtingsfactoren vormen i.v.m. de visuele taak van het personeel in verschillende bedrijfstakken een voornaam element voor wat de werkprestaties betreft. Ze bepalen in belangrijke mate de mogelijkheid en het gemak van het waarnemen. In hoeverre iets gemakkelijk kan worden waargenomen is moeilijk vast te stellen. Ons oog heeft een groot aanpassingsvermogen, wij kunnen waarnemen bij het felste zonlicht (100.000 lux) maar ook bij maanlicht (1 lux). Dit zijn natuurlijk extreme waarden, waarbij we hulpmiddelen kunnen gebruiken om tot een bruikbare verlichtingswaarde te komen (zonnebril).

Over het verlichtingsniveau is veel onderzoek verricht. Hierbij is vaak uitgegaan van de drempel van waarneming. De gezichtshoeken, helderheden en contrasten, die in de praktijk optreden, liggen meestal ver boven deze drempel. Weston [83] heeft een onderzoek gedaan, dat meer op de praktijk aansluit. Luckiesh en Moss [56] namen vermoeidheidsproeven, waaruit bleek dat een verhoging van de verlichtingssterkte van 10 tot 100 lux een aanzienlijke en daar boven tot 110 lux nog een merkbare verbetering geeft.

Bij kunstverlichting is niet alleen het verlichtingsniveau bepalend, maar ook de soort verlichting, de verdeling van het licht, de contrasten, enz. Voor wat contrast en gezichtscherpte betreft verwijzen wij naar hoofdstuk I.

Men onderscheidt algemene en plaatselijke verlichting. De soort verlichting is geheel afhankelijk van de functionele eis. Voor verlichting van een ruimte waarin de visuele taken het bekijken van fijne details bij een gering contrast omvatten, zal men het moeten hebben van een algemene verlichting in combinatie met een speciale aanvullende verlichting. In onderstaande figuur onderscheidt men vijf verschillende verlichtingsmethoden, die in hoofdzaak verschillend zijn naar de mate van diffusiteit van de verlichting.



- a. Directe verlichting geeft diepe schaduwen en gemakkelijk kans op verblinding: deze verlichting is over het algemeen niet aanbevelenswaardig.
- b. Overwegend directe verlichting is belangrijk gunstiger, omdat het plafond een aandeel heeft in de diffusiteit van de verlichting.
- c. Gemengde verlichting geeft, wat de verstrooiing van het licht betreft, een vrij goede benadering van de lichtverdeling bij daglicht. Voor gemengde verlichting hebben fluorescentiebuizen door de lage oppervlaktehelderheid de voorkeur boven gloeilampen.
- d. Overwegend indirecte verlichting is voor werkzaamheden, waarbij het contrast en de gezichtsscherpte hoge eisen stellen, aanbevelenswaardig.
- e. Indirecte verlichting voorkomt hinderlijke schaduwwerkingen. De lichtbron zelf is hier geheel onzichtbaar, de verdeling van het licht is geheel overgedragen aan het plafond en de wanden.

Voor speciale aanvullende verlichting bij moeilijke waarnemingstaken moet het stralend oppervlak van de toe te passen lichtbron groter zijn dan het waar te nemen object. Om daarbij toch een goede contrastwaarde te bereiken, verdienen lichtbronnen van grote afmetingen met een relatief lage helderheid de voorkeur.

Aanbevolen verlichtingsnormen [76]

Aard van het werk	zeer	goed
	in lux	in lux
Kantoren:		
tekenkamers	1500	750
kantoorlokalen (normaal kantoorwerk, typen, boekhouden, etc.)	800	400
ruimten waar niet voortdurend wordt gewerkt (archief, trap, gang, etc.)	150	75
Scholen:		
leslokalen	300	150
tekenzalen	700	350
naaileslokalen	700	350
Industrie:		
Zeer fijn: kleine instrumenten, etc.	5000*	2500*
Fijn: fijn montagewerk, stellen van revolverbanken, fijn draaien, polijsten, etc:	2000*	1000*
Gewoon: boren, grofdraaien, etc.	800	400
Grof: smelten, walsen, etc.	300	150
Winkels:		
Verkoopruimten:		
grote plaatsen	1000	500
overige plaatsen	500	250
etalages:		
grote plaatsen	2000**	1000**
overige plaatsen	1000**	500**
Kerken	150	75
Woonhuizen:		
Woonkamers:		
plaatselijke verlichting (werkvlak)	1000	500
algemene verlichting (sfeerverlichting)	100	50
Keuken:		
plaatselijke verlichting	500	250
algemene verlichting	250	125
Slaapkamers, badkamers:		
plaatselijke verlichting	500	250
algemene verlichting	100	50
Gangen, trappen, etc.:		
algemene verlichting	100	50
plaatselijke verlichting	500	250

* eventuele algemene verlichting + plaatselijke verlichting.

** aan te vullen met spotlights 10.000 lux (plaatselijke verlichting).

Verlichtingssterkte

De aanbevolen verlichtingssterkten in Amerika van de Illuminating Engineering Society en de American Standards Association liggen veel hoger dan de engelse.

De voor Nederland algemeen toegepaste verlichtingssterkten bevinden zich tussen beide aanbevelingen in.

N.V. Philips [76] heeft een boekje uitgegeven met tabellen voor de verlichting. Hierin zijn tevens tabellen opgenomen voor de aanbevolen verlichtingssterkte in verschillende bedrijven, scholen, kantoren, enz. In hoeverre het opvoeren van de verlichtingssterkte een betere arbeidsproductiviteit geeft, is uit de praktijk niet goed bekend. Uit praktijkonderzoekingen in Amerika blijkt, dat het verbeteren van de verlichtingscondities een grotere productiviteit geeft.

Verlichting van instrumenten

Voor instrumentverlichting gelden dikwijls heel andere voorwaarden. De voor- en nadelen van directe en indirecte verlichting van b.v. instrumentpanelen zijn:

a. Directe verlichting (van buitenaf):

Voordelen: De verlichting kan gemakkelijk uniform gemaakt worden. De paneelverlichting is algemeen (knoppen, schakelaars, enz.).

De lampen kunnen gemakkelijk worden vernieuwd.

Nadelen: Er worden schaduwen gevormd, bijvoorbeeld van de schuine binnenzijde van een schaal, knoppen enz. Bij verduisterde ruimte kan verstrooiing van licht; door reflectie van de instrumenten kunnen zogenaamde verblindingsverschijnselen optreden.

b. Indirecte verlichting (inwendig):

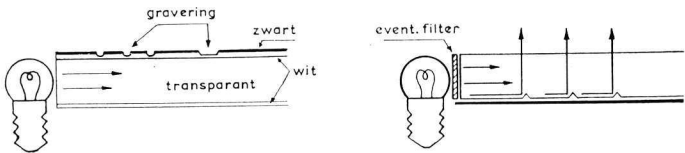
Voordelen: De verstrooiing van licht is minimaal, de helderheid per instrument is regelbaar. De verlichting zit in hetzelfde vlak als het paneel.

Nadelen: De verlichting is moeilijk egaal te krijgen en de voorzijde van het paneel wordt niet verlicht, voor schalen

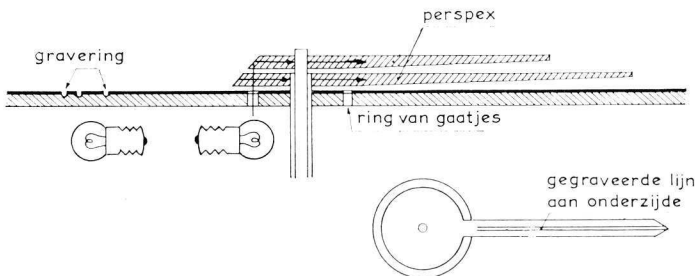
ontstaat meestal een slechte wijzerverlichting. Ook de knoppen, schakelaars e.d. zijn niet verlicht.

De nadelen van indirecte verlichting van instrumentpanelen zijn door speciale verlichtingsmethoden nog wel op te heffen. Plastic is hier een goed bruikbaar materiaal, omdat het ingeworpen licht door de gladde oppervlakte van het plastic niet kan uittreden vanwege totale inwendige reflectie. Door het graven van het plastic ontstaan op de gegraveerde lijn strooipunten waardoor het licht uit de oppervlakte naar buiten kan treden. Onderstaande linker figuur geeft hier een voorbeeld van.

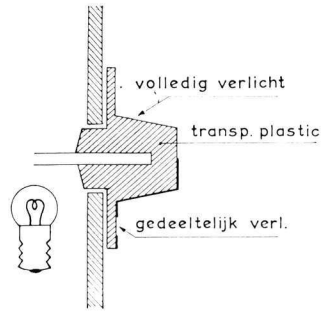
Voor een wit-op-zwart schaal is transparant plastic met een resopaal laag, een zeer goed bruikbaar materiaal. Bij het graven wordt de zwarte laag weggenomen en ontstaat een witte lijn, zodat optimaal contrast wordt verkregen. Zie bovenstaande rechter figuur.



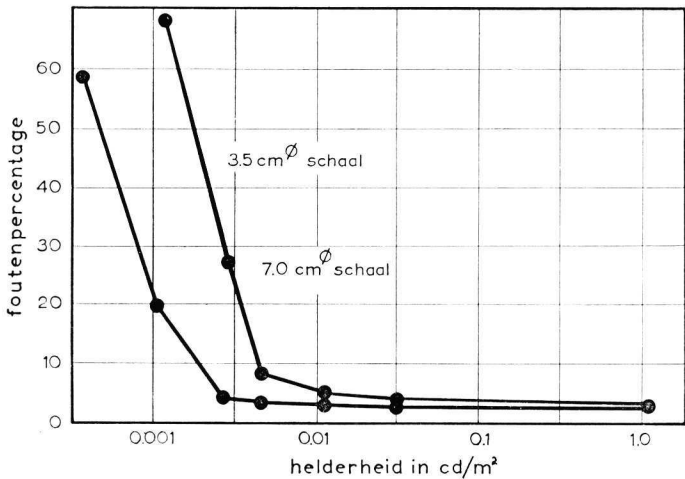
Van indirecte verlichting van wijzernaalden geeft onderstaande figuur een voorbeeld. Door gaatjes in de schaal wordt het licht in de wijzernaalden geprojecteerd, het licht in deze naalden treedt naar buiten door een gegraveerde lijn. Tevens is het mogelijk, om met dezelfde lichtbron de gradatie en de cijfers te verlichten.



Voor de verlichting van knoppen, schakelaars e.d. is plastic eveneens bruikbaar; het is mogelijk om de knop geheel of gedeeltelijk te verlichten.



Uit een onderzoek van Chalmus, Goldstein en Kappauf [16] blijkt dat voor de verlichting van schalen een lagere helderheid dan ca. 0.05 cd/m^2 niet is aan te bevelen. Als het helderheidsniveau lager wordt gekozen neemt het aantal afleesfouten snel toe.

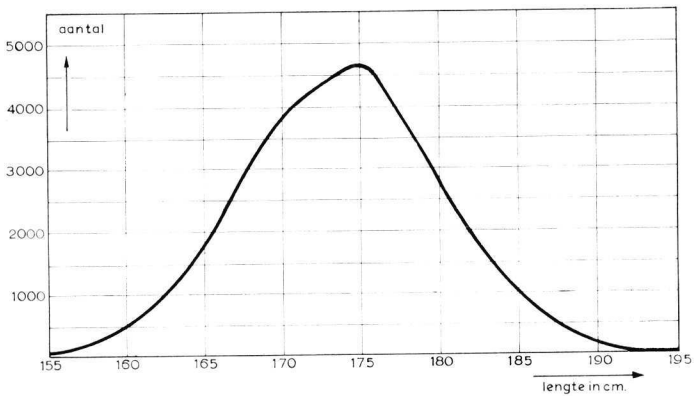
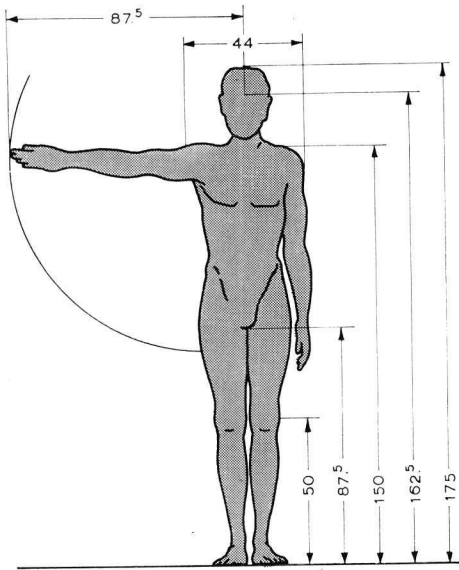


IX LICHAAMSAFMETINGEN

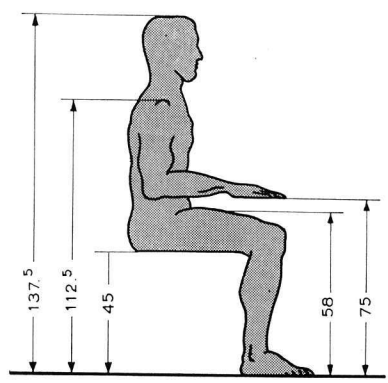
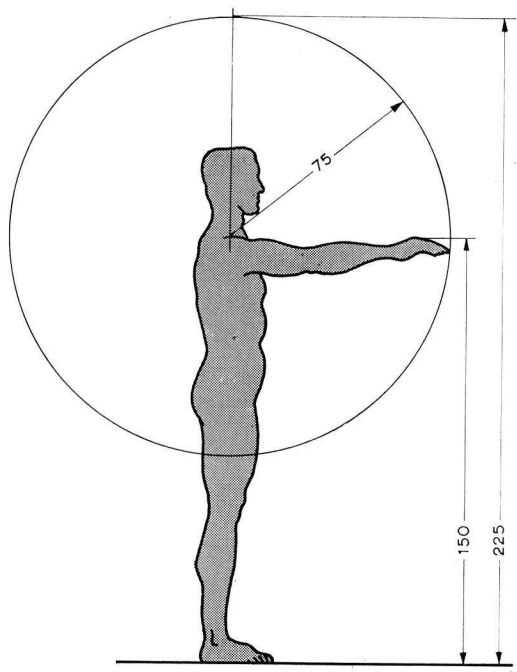
Bij het ontwerpen en construeren van machines, apparatuur e.d., moet voor optimale werkprestaties rekening worden gehouden met de afmetingen van het menselijk lichaam. Zo moeten bijvoorbeeld bij een werkstoel constructie en maatverhouding zo zijn gekozen dat zij beantwoorden aan de menselijke afmetingen. De vorm van de rugleuning is pas goed als deze ook bij manipulaties toch nog dienst doet als rugleuning. Een te kort zitvlak geeft onvoldoende steun aan de onderdijen zodat vermoeidheid kan optreden. Voor de voeten is een basissteun, eventueel de vloer, noodzakelijk; indien de zitting van een stoel hoog is, dient dus een voetsteun aangebracht te zijn. Om de stoel zo te ontwerpen dat deze bruikbaar is voor mensen van verschillende lichaamsbouw, is het wenselijk om de hoogte van de zitting en de stand van de rugleuning instelbaar te maken. De menselijke afmetingen bepalen, binnen welke grenzen deze instelbaarheid moet liggen. Het zal duidelijk zijn dat voor een zo efficiënt mogelijke bediening de apparatuur aangepast moet zijn aan de menselijke afmetingen.

De plaats voor het aflezen van meters e.d. moet verband houden met de ooghoogte bij staande en zittende houding. Zelfs bij eenvoudig gereedschap als de steel van een bezem of de zuigstang van een stofzuiger dient met dit alles rekening te worden gehouden.

In de volgende figuren wordt een voorbeeld gegeven van de manier waarop de maten genomen zijn voor de tabel op pagina 63. In deze tabel zijn de maten opgenomen van 80.000 Nederlandse mannen, geboren in 1941. Van de verschillende lichaamsdelen zijn aparte maten gegeven met een gemiddelde afmeting en de + en - variaties. Deze maten zijn van de naakte man, bij het gebruik van de tabel moet dus rekening worden gehouden met schoeisel en kleding.



Bovenstaande grafiek geeft weer hoeveel van een groep van 100.000 Nederlandse mannen van 18 t/m 24 jaar een bepaalde lengte hebben (afgerond in cm).



Tabel lichaamsafmeting

Afmeting: (vanaf de vloer)	houding staand of zittend	gemiddeld in cm	variatie + of - in cm
lengte	S	176	6
ooghoogte	S	163	6
schouderhoogte	S	150	5
middelhoogte	S	103	5
kruishoogte	S	88	5
kniehoogte	S	49	3
ellebooghoogte	S	106	4
vingertophoogte	S	75	4
zitlengte	Z	138	3
ooghoogte	Z	124	3
schouderhoogte	Z	113	3
middelhoogte	Z	66	2
elleboog-rust-hoogte	Z	76	3
dijhoogte	Z	59	3
zithoogte onder knie	Z	45	2
breedte tussen schouders	S + Z	45	3
breedte van de borst	S + Z	32	3
breedte beide dijen	Z	38	3
gestrekte arm (schouder tot vingertop)	S + Z	84	4
gewicht		63.5 kg	5.3 kg

Lichaamsbeweging

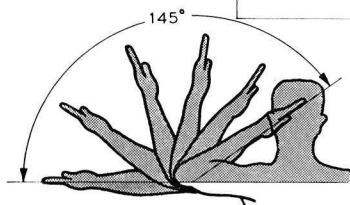
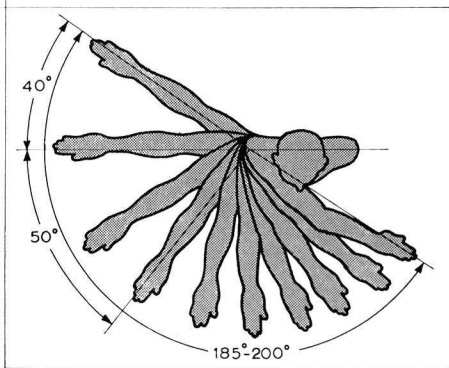
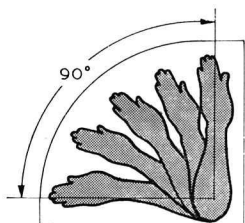
De bewegingshoek van onze ledematen dient in belangrijke mate de constructie van bedieningsapparatuur te bepalen. Bijvoorbeeld: welke beweging moet de voetrem, de handrem of het frictiepedaal van een auto maken? Welke lengte en welke beweging moet de handel van een boormachine hebben? Wat is de beste plaats van een telefoontoestel op een bureau?

Voor werk dat met de hand gedaan wordt kunnen respectievelijk de 5 vingers, de pols, de onderarm, de bovenarm en de schouders meedoen.

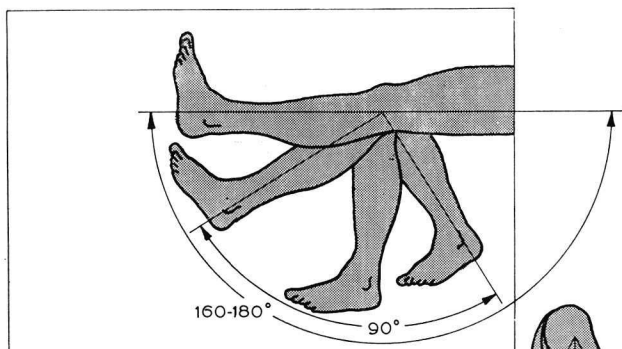
Handwerk, waarbij al deze delen gebruikt worden, vraagt ook de meeste spierenenergie. Het is logisch dat bij het gebruik van alleen de vingers minder spierenenergie nodig is dan bij het gebruik van meerdere delen van de arm.

De maximale beweging van de onderarm is 90° in verticaal gebogen positie [30].

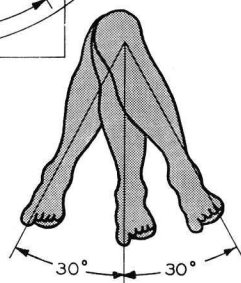
Met gestrekte arm is de horizontale hoek $185-200^\circ$; de voorwaartse beweging vanaf de frontlijn van het lichaam 150° , is minder moeilijk dan de 40° in achterwaartse beweging.



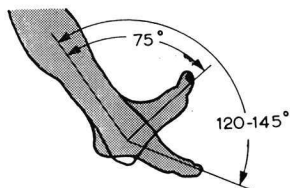
Evenwijdig aan de frontlijn van het lichaam kan de bovenarm bewegen over een hoek van 145° .



Het been kan in frontale richting vanuit de knie een hoek van 160° maken. De meest comfortabele hoek is 90° , zoals aangegeven op de tekening.

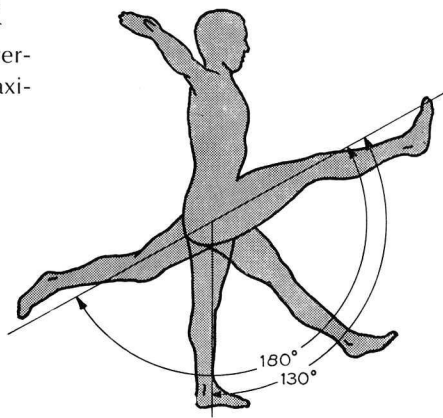


De zijwaartse beweging van het onderbeen is maximaal $2 \times 30^\circ$

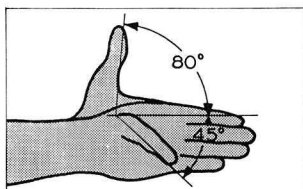


De voetbeweging in verticale richting is maximaal 45° tot 70° .

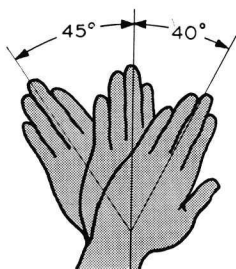
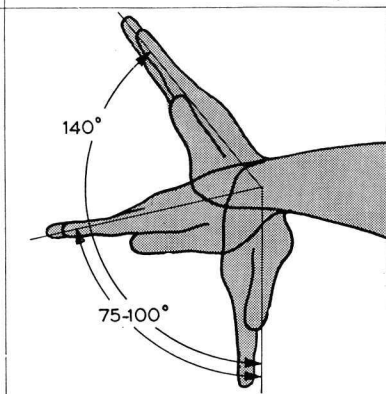
De bewegingshoek met gestrekt been is 180° . De bewegingshoek vanaf de verticale positie naar achteren 40° en naar voren 50° kost de minste inspanning.



Maximale verticale bewegingshoek van de duim:



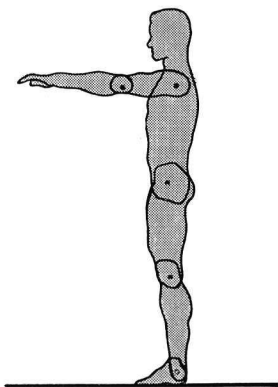
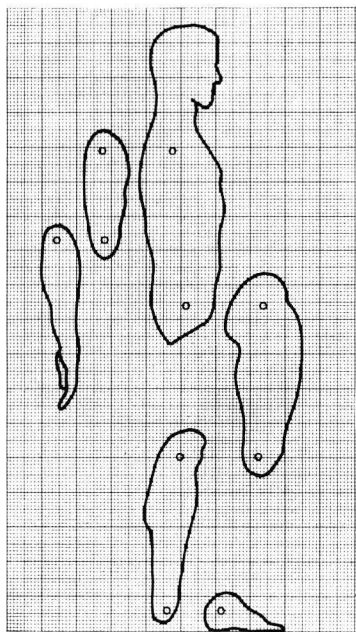
De beweging van de pols in verticale richting heeft een actieve hoek van 140° . De hoek van 75° - 100° is een passieve beweging.

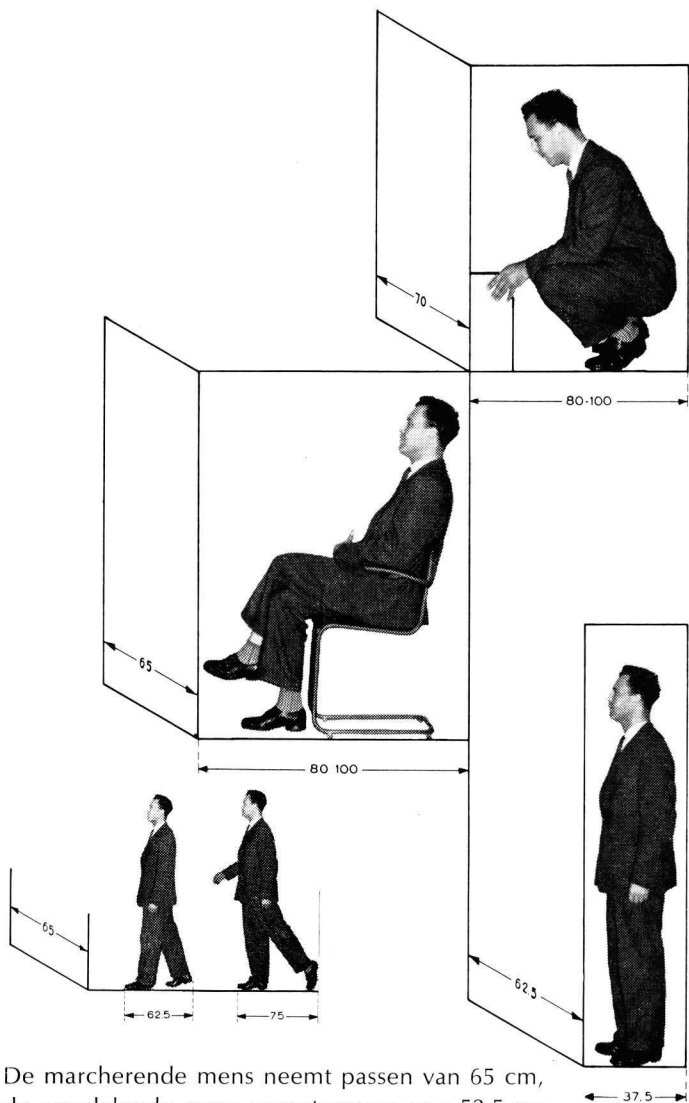


De beweging van de pols is zijwaarts naar de pink 5° groter dan die naar de duim.

X BEWEGINGSRUIMTE

Het is niet eenvoudig de bewegingsruimte van de mens op te nemen in tabelvorm. Uit de tabel voor lichaamsafmetingen zijn de verschillende maatverhoudingen af te lezen. Tevens is als hulpmiddel onderstaande figuur [83] goed bruikbaar voor het bepalen van de bewegingsruimte. De losse ledematen zijn getekend op millimeterpapier, zodat ze op schaal afleesbaar zijn. Het is het eenvoudigst, deze figuur op een bepaalde schaal uit te zagen van transparant plastic en de losse delen scharnierend te monteren.

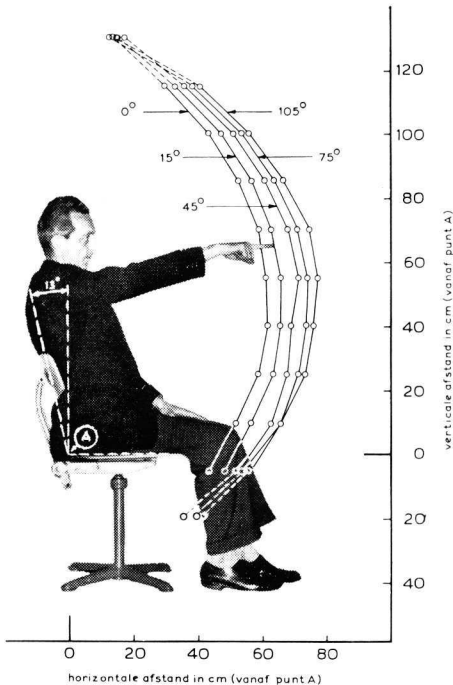




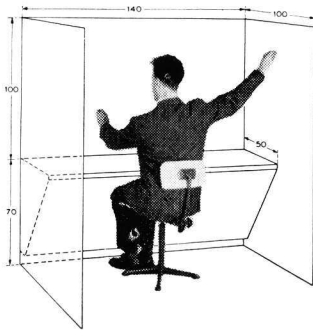
De marcherende mens neemt passen van 65 cm, de wandelende mens neemt passen van 52.5 cm.

Werkoppervlak

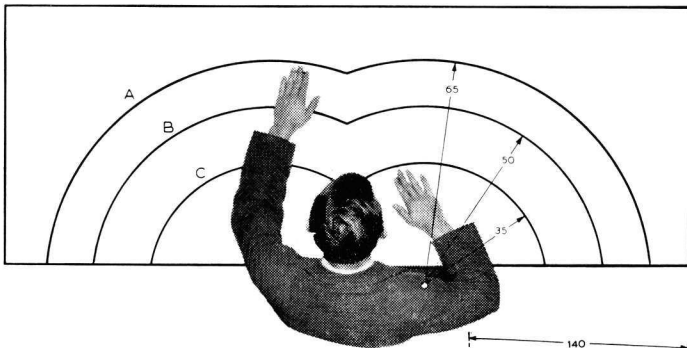
De afmetingen van de mens vormen de belangrijkste factor bij het vormgeven van een werkoppervlak. De plaatsbepaling van machines en apparaten dient in ieder geval binnen de maximale reikafstand te liggen om een redelijke werkhouding te verkrijgen. Onder het maximale werkoppervlak verstaan we de reikafstand zonder draaiing van schouders en romp. Het goed bruikbare werkoppervlak van de staande mens heeft een andere verhouding dan dat van de zittende mens. We volstaan hier met enkele richtlijnen te geven voor de verhouding ervan.



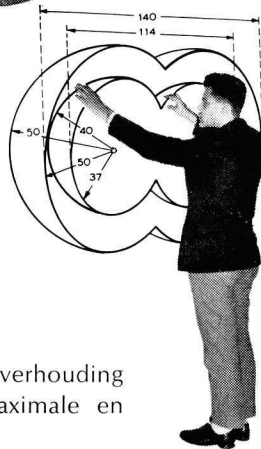
De max. reikafstand van de armen is voor veelzijdige manipulatie het best te bepalen zonder draaiing van schouders of andere beweging van het lichaam. Bovenstaande figuur geeft de reikafstand in zittende houding voor de rechterarm van het midden naar rechts in 15° [48].



Voor een bedieningspaneel met twee zijvlakken onder 90° mag het frontale vlak niet breder zijn dan 140 cm, de zijvlakken mogen niet breder zijn dan 100 cm. Deze maten zijn voor zittende houding.



Lijn A geeft de maximale reikafstand in het horizontale vlak. Knoppen van bedieningsapparatuur e.d. mogen niet buiten dit oppervlak vallen. Lijn B geeft het normale werkvlak weer en de oppervlakte binnen lijn C het terrein voor veelvuldige handelingen.



Voor de drie-dimensionale maatverhouding geeft nevenstaande figuur de maximale en normale maten.

XI VORMGEVING EN AFMETING VAN MEUBILAIR

Een doelmatige werkhouding wordt in belangrijke mate bepaald door de vormgeving en maatverhouding van het meubilair, een juiste keuze van maten voorkomt vermoeidheid. Toch gebeurt het nogal eens, dat bij typewerk de ellebooghoogte veel lager is dan het vlak van de toetsen. Gevolg: sneller ontstaan van vermoeidheid dan bij gelijke hoogte het geval zou zijn. Is dus de ellebooghoogte te laag, dan is de tafel te hoog of de stoel te laag.

Stoelen

Het is onmogelijk een stoel te construeren, die voor ieder mens de doelmatigste vorm en afmetingen heeft. Wel is een benadering van het ideaal mogelijk door een maatcompromis van de verschillende menselijke afmetingen.

Op een stoel moet verandering van houding mogelijk zijn, hoe goed de oorspronkelijk aangenomen houding ook is. Verandering van houding gaat vermoeidheid tegen.

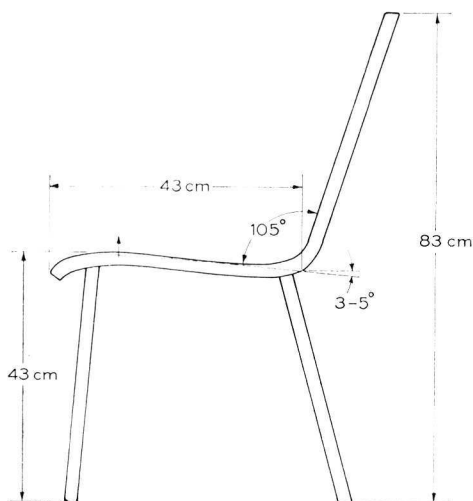
Zittinghoogte

Een ideale zittinghoogte moet ongeveer 1 cm lager zijn dan de lengte van het onderbeen, opdat de dij goed, maar niet te sterk ondersteund wordt. Nu is de lengte van het onderbeen van mannen in het algemeen groter dan van vrouwen: een goede zittinghoogte moet dus zeker instelbaar zijn. De gemiddelde lengte van het onderbeen van mannen is 45 cm en van vrouwen 42 cm (zonder schoenen). Uit verschillende onderzoeken blijkt, dat voor een niet verstelbare stoel een zittinghoogte van 43 cm de beste is.

Helling en vorm van zitting

Een lichte helling van de zitting heeft een voordeel, dat het lichaamsgewicht vooral opgevangen wordt op die plaats van het lichaam, waar de weefsels goed op druk berekend zijn.

Voor een gewone stoel wordt een helling aangegeven van $3-5^\circ$, voor schoolbanken $5-7^\circ$ en voor b.v. een autozitting $6-7^\circ$. Wat de vorm betreft, geeft onderstaande figuur aan, dat op $\frac{1}{3}$ van de zittinglengte de helling iets groter is. Als geen gebruik wordt gemaakt van de rugleuning geeft dit een betere stabiliteit van het lichaam. Het gebruik van een holle zitting heeft het nadeel dat de benen tegen elkaar worden gedrukt; dit bemoeilijkt tevens het veranderen van houding.



Zitting lengte en breedte

In de literatuur wordt een zittinglengte tussen 43 en 47 cm aanbevolen. De kortste maat is alleen bruikbaar, als continu van de rugleuning gebruikt wordt gemaakt (leuning met lenderust). Voor een ruststoel wordt 50 cm aangegeven. Als minimale maat voor de breedte wordt aangehouden 42 cm, maar een grotere maat (meer dan 50 cm) wordt aanbevolen.

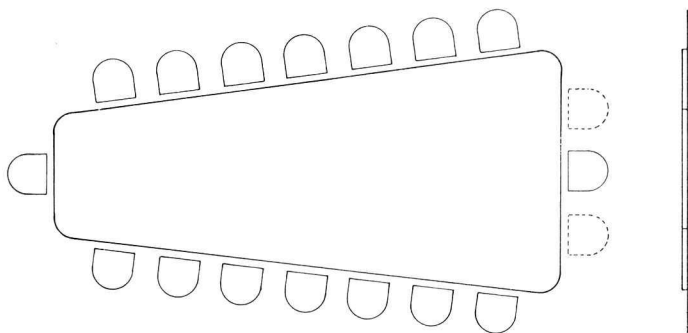
Rugleuning

De beste hoek tussen zitting en rugleuning bedraagt 105° . De rugleuning moet steun geven ter hoogte van de lendewervels. Een rugleuning met van onderen een open gedeelte heeft het voordeel dat men helemaal achteruit kan zitten. De breedte tussen de armleningen moet zodanig zijn, dat ze bij armbewegingen niet geraakt worden.

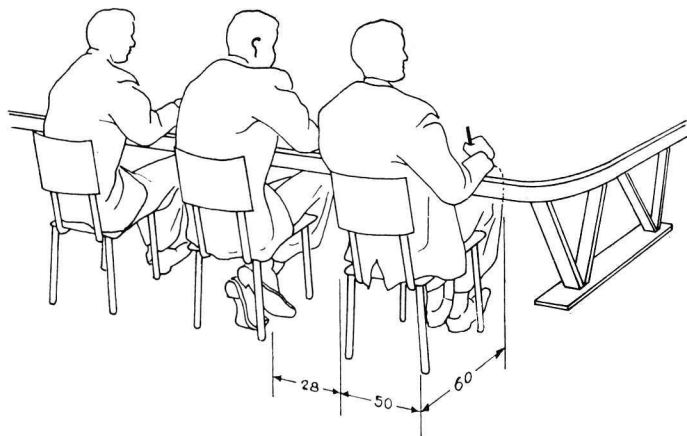
Tafels

Het is voor de hand liggend, dat de tafelhoogte afhangt van de hoogte van de stoel, als de tafel voor zittend werk wordt gebruikt. Een ideale stoel is instelbaar, het is echter zelden mogelijk de tafelhoogte instelbaar te maken. Een ruimte van 20 cm tussen onderkant tafel en zitting geeft voldoende ruimte voor de knieën, ook als de knieën over elkaar gelegd worden. Bij een zithoogte van 43 cm mag de tafel niet hoger zijn dan 73 cm (bovenblad).

De tafelhoogte voor staand werk is afhankelijk van het soort werk, dat gedaan wordt. In het algemeen wordt 5 tot 10 cm beneden ellebooghoogte als standaardmaat aangehouden, hetgeen neerkomt op een hoogte van ongeveer 100 cm. Daar dit voor de meeste vrouwen te hoog is, is het nuttig voor hen een voetenverhoging te maken. En andersom: voor lange mannen plaatse men blokken onder de tafelpoten.



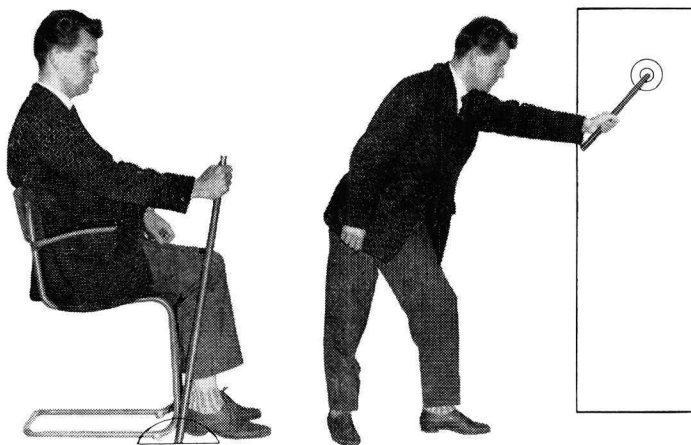
Bij tafels voor vergaderzalen e.d. moet de vormgeving dikwijls aangepast worden aan de omgeving. In onderstaande figuur is de vorm van de tafel zo gekozen, dat de voorzijde door alle personen kan worden waargenomen, zonder lichaamsbuiging. Wordt evenwijdig aan de voorkant van de tafel een schoolbord of projectiescherm geplaatst, dan is het gezichtsveld ook hierbij onbelemmerd.



XII BEWEGINGSHANDELINGEN

Bij het bestuderen van de bewegingshandelingen van de mens komen vragen aan de orde als: wat voor soort beweging maakt hij, is de beweging (voor bediening van een machine bijvoorbeeld) zo doelmatig mogelijk gekozen - en: maakt het lichaam een natuurlijke beweging?

De bewegingen worden teweeggebracht door het gebruik van de spieren. Een zo doelmatig mogelijke beweging vergt de minste kracht, eist dus minder van de spieren, en leidt daardoor tot geringere vermoeidheid. In de literatuur is aangetoond dat een doelmatige beweging de bekwaamheid van de mens meer opvoert dan een langdurige training.

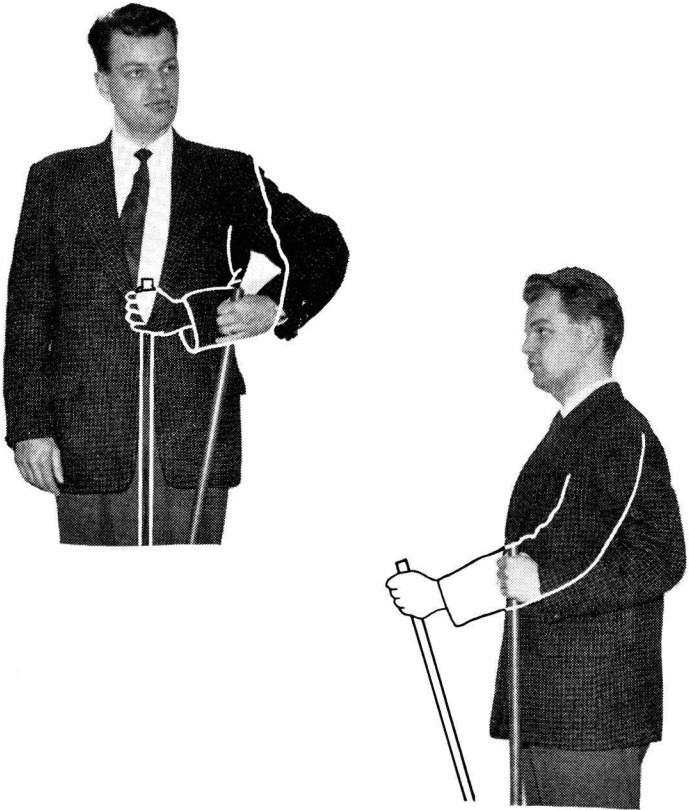


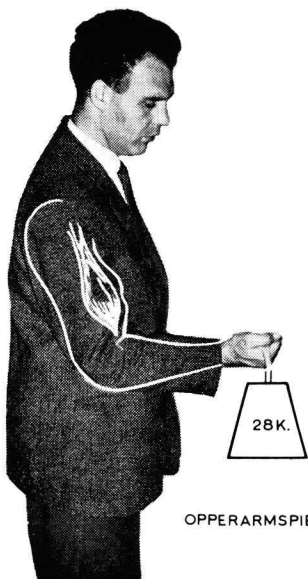
De kracht van de arm in zithouding is maximaal op ellebooghoogte. De ellebooghoek is van invloed op deze beweging, bij de grootste hoek wordt de meeste kracht ontwikkeld.

De kracht van de arm bij staande houding is maximaal op schouderhoogte. De hoek van de handgreep ten opzichte van de schouder is van veel invloed.

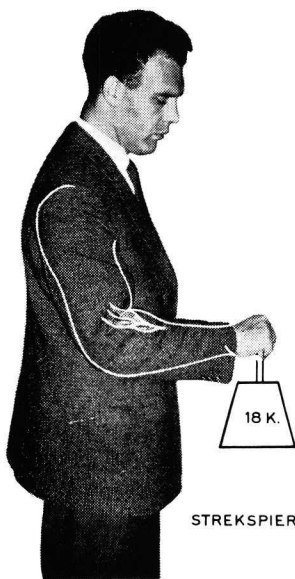
De plaats van een handgreep op ellebooghoogte voor duwen en trekken is de meest efficiënte. De duwkracht is groter dan de trekkracht bij horizontale handgreepbewegingen parallel aan het frontvlak, en bedraagt maximaal 50 kg.

Daarentegen is de trekkracht groter dan de duwkracht bij bewegingen loodrecht op het frontvlak en bedraagt bij momentaan trekken maximaal 110 kg en bij gelijkmatig trekken 39 kg.



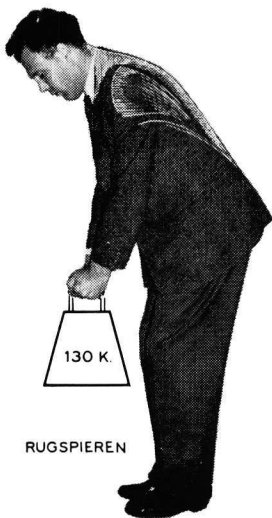


OPPERARMSPIEREN



STREKSPIEREN

De opperarmspiieren zijn krachtiger dan de trekspieren. Bij het buigen van de elleboog kan men meer kracht uitoefenen dan bij het strekken. De grootste kracht wordt ontwikkeld met de elleboog onder een hoek van 30° . Een grotere of kleinere hoek geeft direct veel minder kracht. De arm- en beenkrachten bereiken hun maxima bij 25 jarige leeftijd en dalen met ongeveer 50% tussen 30 en 65 jaar. Het tillen van zwaar materiaal moet altijd met gestrekte rug

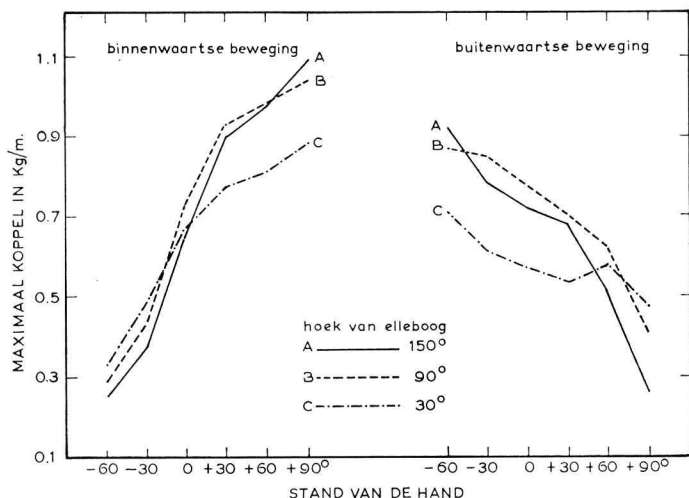


RUGSPIEREN

en doorgebogen knieën gedaan worden, om rugklachten te voorkomen.

De handkracht bij draaiing van een handgreep is o.a. onderzocht door Salter en Darcus [67].

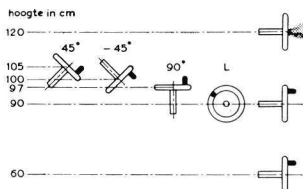
Uitgaande van verschillende standen van de hand, werd voor beide draairichtingen bepaald, welk maximum koppel kan worden uitgeoefend. De stand van de hand is 0° bij naar binnen gerichte handpalm. Negatief zijn de uitgangsstanden vanaf 0° tot waar de palm naar beneden gericht is ($\pm 90^\circ$). Een binnenwaartse beweging is een beweging in de negatieve richting, buitenwaarts dus in positieve richting. Bovendien werd de elleboogshoek nog gevarieerd.



Handwielen

De as van een handwiel, waar flinke kracht op uitgeoefend wordt, moet parallel aan de frontlijn van het lichaam geplaatst worden. Voor een sneldraaiende beweging van het handwiel moet de as in een horizontaal vlak en onder een hoek van 60° ten opzichte van de frontlijn geplaatst worden.

De plaats van het handwiel naast het midden van het lichaam is doelmatiger, dan recht voor het lichaam.



Onderstaande tabel geeft de diameter van handwielen met en zonder kruk, voor controlebeweging bij eenmalige omwenteling. Voor een beweging van minder dan 90° is het beter een handwiel zonder kruk te gebruiken. De diameter is o.a. afhankelijk van het koppel, plaats en stand van het wiel [83].

Hoogte in cm	Hoek $^\circ$	Soort wiel	Straal in cm bij een koppel van:		
			0 kg m	0.5 kg m	1 kg m
60	0	W	4-8	13	20
90	0	W	4-10	13-20	20
	L	W	4-8	13	13
100	0	K	4-12	12-20	12-20
	90	W	4-13	13-20	20
102	90	K	6-12	12-20	12-20
	-45	W	4-8	8-20	13-20
107	-45	K	6-20	12-20	12-20
	45	W	4-8	13	13-20
120	-45	K	6-12	6-12	12
	0	W	4-8	10-20	13-20
	0	K	6-12	12	12-20

W = handwiel zonder kruk

K = handwiel met kruk

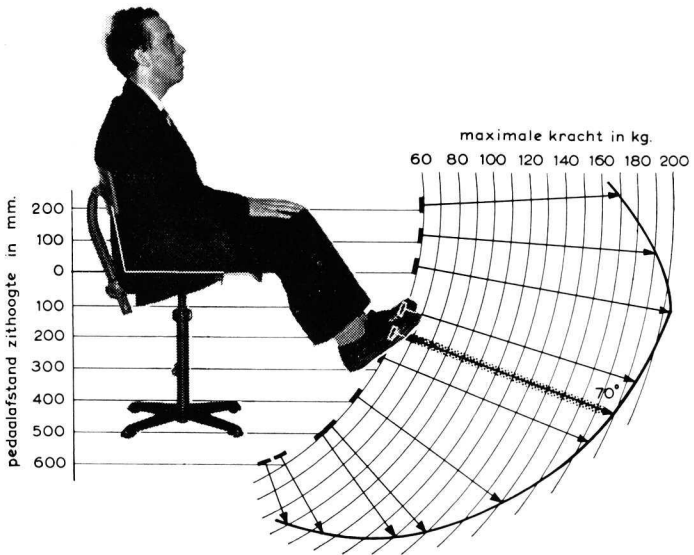
Pedalen

De inschakeling van voet- en beenbeweging bij machines e.d., is pas gerechtvaardigd, als:

- tijd bespaard moet worden (handen vrij);
- de armspieren ontlast moeten worden;
- grote krachten nodig zijn.

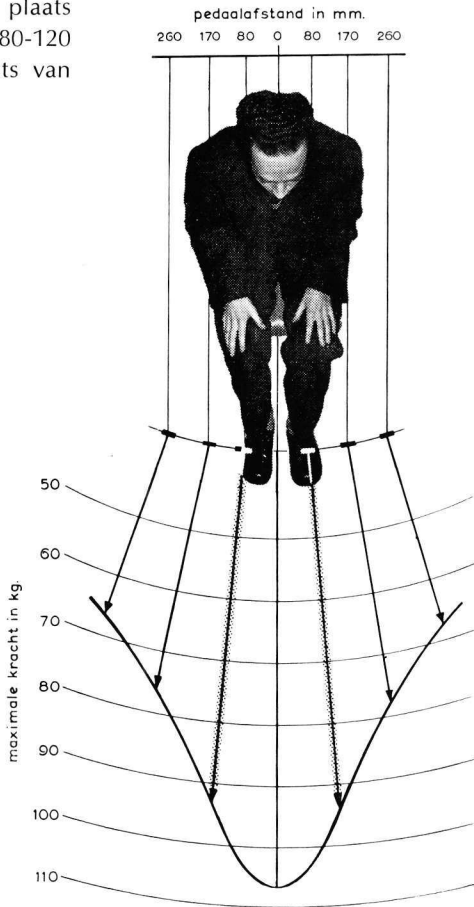
Bij nogal grote machines worden veelal pedalen gemonteerd om de handen vrij te maken voor ander werk. Meestal worden de pedalen helaas slecht gekozen [5].

De invloed van de hoogte van pedalen op de maximaal uit te oefenen kracht wordt weergegeven in onderstaande figuur. Bij groter wordende afstand tussen pedaal en zittingsvlak wordt de leverbare Bedieningskracht steeds geringer. Het is ook gebleken, dat plaatsing van een pedaal onder een hoek van 70° met de vertikaal de minste vermoeidheid oplevert. Het langdurig in staande houding bedienen van een pedaal, waarbij het gehele lichaam dan steeds op slechts één been rust, moet zoveel mogelijk worden vermeden.



Op een pedaal recht voor het been van de bedienende man kan de grootste kracht worden uitgeoefend. Een meer zijwaartse plaatsing der pedalen, is nog nadeliger dan een verhoging van de stoelzitting. Voor een krachtsuitoefening is spreiding van de benen zeer ongunstig.

De aanbevolen plaats van het pedaal is 80-120 mm links of rechts van het midden.



XIII KLIMAAT EN KLIMAATMETINGEN

Er is een voortdurende wisselwerking tussen de mens en zijn omgeving.

Het menselijk lichaam zal steeds trachten een bepaald warmte-evenwicht in te stellen.

Bij behaaglijke temperatuur kan dit evenwicht gemakkelijk worden bereikt, maar bij extreme warmte of koude moeilijk - of in het geheel niet.

De fysische, fysiologische en psychologische factoren die het klimaat bepalen, zijn talrijk. We volstaan met enkele richtlijnen te geven voor het meten van een binnenklimaat en normen voor een behaaglijk klimaat.

Binnenklimaatmetingen

Een binnenklimaat wordt bepaald door vier basisfactoren:

luchttemperatuur	i.v.m. convectie en verdamping
luchtsnelheid	idem
luchtvochtigheid	i.v.m. verdamping
stralings temperatuur	i.v.m. stralingsuitwisseling

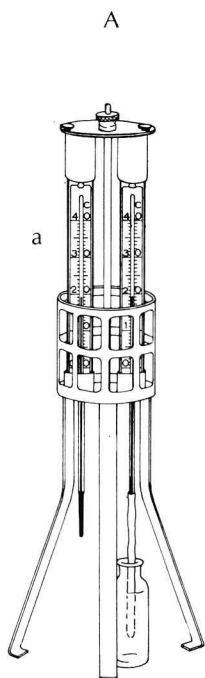
Luchttemperatuur: kan worden gemeten met een Bargeboer thermometer (zie figuur a). Dit is een thermometer met een klein vloeistofreservoir, diameter 2 à 3 mm, deze is weinig stralingsgevoelig en reageert snel.

Luchtsnelheid: voor het beoordelen van luchtsnelheden, kleiner dan 1 m/sec., is men aangewezen op hittedraadanemometers. Dergelijke in de handel verkrijgbare anemometers (o.a. Fuess) zijn wel eenvoudig van constructie maar kostbaar. Een zeer eenvoudige methode is het bepalen van de snelheid van rook van een sigaret of iets dergelijks.

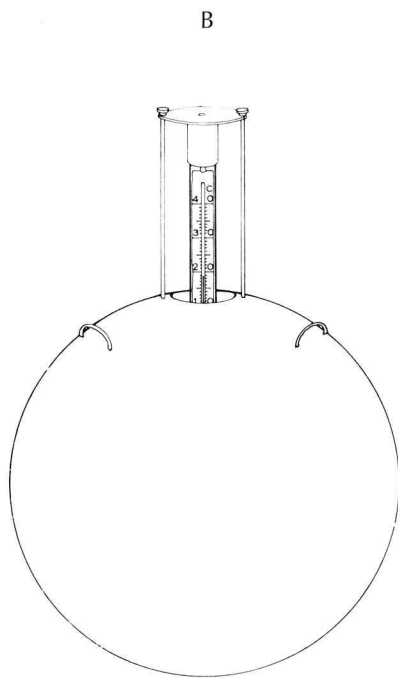
Luchtvochtigheid: deze wordt doorgaans bepaald door het meten van droge en natte luchttemperatuur, waarna uit een diagram of tabel grootheden (zowel absolute als relatieve vochtigheid) kunnen worden afgelezen.

Voor een snelle en redelijk goede bepaling is de Bargeboer-
psychrometer geschikt, die uit twee Bargeboer-thermometers
bestaat, waarvan één vochtig wordt gehouden met behulp
van nat filterpapier (event. sigarettenpapier), figuur A.

Stralingstemperatuur: is op de eenvoudigste manier af te
leiden uit een meting met een globethermometer (figuur B),
een in- en uitwendig zwarte bol met een diameter van 15 cm,
waarin een thermo-element is aangebracht. Deze bol is een-
voudig te maken van een w.c. vlotter of een kinderglobe uit
het warenhuis.



BARGEBOER-PSYCHROMETER



GLOBE-THERMOMETER

Normen voor een behaaglijk klimaat

In de gehele bewoonde zône van een ruimte moet worden gestreefd naar een behaaglijke, gelijkmatige situatie.

Er dient rekening te worden gehouden met de volgende punten:

- a. De relatieve vochtigheid moet tussen de 30 en 70% liggen.
- b. De lichtsnelheid mag niet groter zijn dan 25 cm/sec.; bij voorkeur tussen 10 en 20 cm/sec.
- c. 1. Het verschil tussen stralings- en luchttemperatuur mag niet te groot zijn. Bij de gebruikelijke uitvoering van gebouwen en verwarmingssystemen zal in de praktijk het verschil tussen t_l en t_s doorgaans hoogstens 2 à 3° C bedragen.
2. Een vloertemperatuur tussen 14 en 26° C.
3. Plafondtemperatuur niet hoger dan een waarde afhankelijk van de hoogte van de ruimte.

Onderstaande tabel geeft de plafondtemperatuur bij verschillende hoogte van het vertrek, wanneer het gehele plafond warm is:

hoogte van vertrek	max. temp. plafond
2.40 m	28° C
2.70 m	30° C
3.00 m	33° C
3.70 m	40° C

- d. Vertikaal verval van de luchttemperatuur mag maximaal 2.5° C/m zijn; bij voorkeur niet meer dan 1.5° C/m. Bij te grote verticale temperatuurverschillen is er kans op een 'te warm hoofd' of 'koude voeten'.

Wanneer aan de voorgaande punten a t/m d wordt voldaan, wordt de toestand voornamelijk bepaald door de lucht- en de stralingstemperatuur en kan de verlangde toestand redelijk door een gemiddelde van t_l en t_s worden aangegeven.

Het gewenste temperatuurniveau hangt samen met de zwaarte van de lichamelijke arbeid. Voorts is op te merken dat er sinds de vooroorlogse jaren een verschuiving naar hogere waarden valt te constateren, die waarschijnlijk verband houdt met een verandering van de kleedgewoonten.

In onderstaande tabel zijn de waarden vermeld die voor enkele soorten ruimten kunnen worden aangehouden.

woonvertrekken	19-21° C	
scholen, kantoren	18-20° C	
fabrieken		gemiddelde van t_1 en t_s
lichte arbeid	16-18° C	
matige arbeid	14-16° C	
zware arbeid	12-14° C	

LITERATUUR

1. Akerblom B. V.: Standing and Sitting Posture, A. B. Nordiska Bokhandelen, Stockholm, 1948.
2. Baines R. M. and King E. S.: A study in the relationship between maximum cranking speed and cranking radius. Motor Skills Research Exchange, 1950
3. Baker C. A. and Grether W. F.: Visual presentation of information. Aero Medical Laboratory, 1954.
4. Barber J. L. and Garner W. P.: The effect of scale numbering on scale reading accuracy and speed. J. of Exp. Psych. 1951.
5. Barnes R. M., Hardaway H. and Podalsky O.: Which pedal is best? Factory Management and Maintenance, 1942, vol 100.
6. Barnes R. M.: Motion and time study, John Wiley & Sons, Inc. New York 1949.
7. Bergmans J.: Het zien van kleuren, Philips Technische Bibliotheek, Eindhoven, 1959.
8. Birmingham: Anthropometrie Survey: Proposed Discussion for School Chairs, 1948.
9. Bouma P. J.: Kleuren en kleurindrukken, Meulenhof & Co, N.V., Amsterdam 1946.
10. Bouman M. A. and van den Brink G.: On Nightmyopia, Ophthalmologica 1952.
11. Brennan T. N. and Morant G. M.: Selection of knob shapes for radio and other controls. Medical Research Council, Unit of Applied Psychology, 1950.
12. van den Brink G.: Verlichting van werkruimte als radarcentrale e.d., Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, rapport no WW 1953-2.
13. Broadbent D. E.: Perception and Communication, Pergamon Press, 1958.
14. Broadbent D. E.: Some effects of noise on visual performance. Qu. J. Exp. Psych. 1954, vol. 6.

15. Brown J. S., Wieken E. W. and Norris E. B.: Discrete movements toward and away from the body in the horizontal plane. Office of Naval Research, 1948.
16. Chapanis A., Garner W. R. and Morgan C. T.: Applied experimental psychology, New York: John Wiley & Sons, Inc. 1949.
17. Chapenis A. and Leyzorek M.: Accuracy of visual interpolation between scale markers as a function of the number assigned to the scale interval. J. of Exp. Psych. 1950.
18. Clarke H. H.: Analysis of physical fitness index test scores of aircrew students at the close of a physical fitness conditioning program. Research Quarterly, 1945, vol. 16.
19. Cobb, P. W. and Moss F. K.: 'Four fundamental factors in vision' in M. Luckiesh and F. K. Moss. Interpreting the science of seeing into lighting practice. General Electric Co, Cleveland, vol. 1. 1927-1932.
20. Dupuis H., Presscher R., Schulte B.: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstander, Schriftenreihe 'Landarbeit und Technik' der Max-Planck Gesellschaft, Heft 20, Bad-Kreuznach, 1955.
21. Elliott F. R. and Louttit C. M.: Auto breaking reaction time to visual vs. auditory warning signals, Proceedings of the Indiana Acedemy of Sciences, vol. 37, 1937.
22. Ely J. H. Thomson R. M. and Orlansky J.: Lay out of workplaces, USAF, Wright Air Development Center, Technical report 56-171, 1956.
23. Ely J. H. and Orlansky J.: Design of Controls. USAF, Wright Air Development Center, Technical report 156-172, 1956.
24. Enzmann M., Die optimale Arbeitsehöhe, Industrielle Organisation no 6, 1958.

25. Erkelens H. J., *Klimaat en klimaatmetingen*, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, 1961.
26. Fitts P. M.: *Engineering psychology and equipment design in S.S. Stevens (ed.) Handbook of experimental psychology*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1951.
27. Garry R. C.: *The factors determining the most effective push or pull which can be exerted by a human being on a straight level moving in a vertical plane*. *Arbeitsphysiologie* 1930.
28. Gardner J. F.: *Speed and accuracy of response to five different attitude indicators*, USAF, Wright Air Development Center. Technical report 54-236, 1954.
29. Garner W. R. and Gebhard J. W.: *Machine dials and scales*, *Machine Design*, vol. 21, 1949.
30. Glanville A. D. and Kreezer G.: *The maximum amplitude and velocity of joint movements in normal male human adults*, *Human Biology*, vol. 9, 1937.
31. Geldard F. A.: *The human senses*, John Wiley & Sons Inc. New York 1953.
32. Grether W. F. and Williams A. C.: 'speed and accuracy of dial readings as a function of dial diameter and angular separation of scale division', in P. M. Fitts (ed.), *Psychological research in equipment design*, 1947.
33. Grether W. F. *Instrument reading I. The design of long-scale indicators for speed accuracy of quantitative readings*. *J. of Applied Psych.* vol. 33, 1949.
34. de Groot W. en Kruithof A. A. *De kleurendriehoek*, *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, no 10, 1950.
35. Hake H. W. and Garner W. R.: *The effect of presenting various numbers of discrete steps on scale reading accuracy*. *Journal of Exp. Psych.* vol. 52. 1952.

36. Heating, ventilating, air conditioning guide, America Society of Heating and Ventilating Engineers. New York 1955.
37. Hess O. P. and Harrison W.: The relation of illumination to production, Transactions of the Illuminating Engineering Society, 1923.
38. Hooten E. A. and Staff A.: Survey in seating, Heywood - Wake field Co., Gardner, Mass, 1945.
39. Hunsicker P. A.: Arm strength at selected degrees of elbow flexion, USAF, Wright Air Development Center, Technical Report 54-548, 1945.
40. Hunt D. P.: The coding of aircraft controls, USAF, Wright Air Development Center, Technical Report 53. 221, 1953.
41. Jenkins W. O.: 'The tactual discrimination of shapes for coding aircraft controls', in Fitts, P. M. (ed.) Psychological research on equipment design. Army Air Force, Research Report 19, 1947.
42. Jerome H. E.: Lay out of workplaces, WADC Technical Report 56-171. 1956.
43. Jerome H. E.: Design of controls, WADC Technical Report 56-172, 1956.
44. Judd D. B.: Colour Harmony, Inter-Society Color Council, 1955.
45. Kappauf W. E.: 'The design and use of instruments' in Human factors in Undersea Warfare, Committee on Undersea Warfare, National Research Council, Washington, 1949.
46. Kappauf W. E. and Smith W. M.: A preliminary experiment on the effect of dial graduation and size on the speed and accuracy of dial reading. Annuals of the New York Academy of Sciences vol. 51, 1951.
47. Kappauf W. E., Smith W. M. and Bray C. W.: A methodological study of dial reading. Princeton University Dep. of Psychology, Report 3, 1947.

48. King B. G., Morrow D. J. and Vollmer E. P.: Cockpit studies: The boundarius of the maximum working area for the operation manual controls. Naval Medical Research Institute, Bethesda, Project x-1932.
49. Kocher A. L. and Frey A.: Design and drafting problems. *The Archicturol Record*, 1932.
50. Kouwer B. J.: Colors and their character, dissertatie 1958.
51. Lay W. E. and Fischer L. C.: Riding comfort and cushions, *Journal of the Society of Automotive Engineers* vol. 11, 1940.
52. Lazet A. en Walraven P. L.: A comparative study of the reading of linear and logarithmic scales. Institute for Perception RVO-TNO, report no 1959-16.
53. Lazet A.: Visuele representatie en bediening van instrumenten, Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, rapport no 1957-11.
54. Lazet A.: Ontwerp van standaardletters en cijfers, Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, rapport no 1955-13.
55. Lippert S.: Designing for comfort in aircraft seats, *Aeronautical Engineering Review*, vol 9, 1950.
56. Luckiesh M. and Moss F. K.: Reading as a visual task. D. van Nostrand Co, New York, 1942.
57. Luckiesh M.: Light, Vision and Seeing. D. van Nostrand Co, New York, 1944.
58. Luckiesh M.: Light and Work, D. van Nostrand Co. Inc. Princeton, 1944.
59. Mackworth N. H.: Effects of heat on wireless telegraphy operators hearing and recording morse message, *Br. Journal of Industrial Medicine*, vol 3, 1946.
60. Mc Cormick E. J.: Human Engineering, Mc Graw-Hill Book comp. 1957.
61. Moon P. and Spencer D. E.: Visual data applied to lighting designs, *Journal Opt. Soc. Am.* 34, 1944.
62. Noise, Lectures presented at the Inservice et.

63. Pocket data for Human factor engineering Cornell Aeronautical Laboratory, Inc. 1960.
64. Provins K. A. and Salter N.: Maximum torque exerted about the elbow joint, *Journal of Applied Physiology* 1955.
65. Randall F. E.: Seat comfort, *Mechanical Engineering*, vol 68, 1946.
66. Randall F. E., Damon A., Burton R. S. and Patt D. J.: Human body size in military aircraft and personal equipment. Army Air Force, Technical report, vol 6, 1946.
67. Salter N. and Darcus H. D.: The effect of the degree of elbow flexion on maximum torques developed in pronation and supination of the right hand. *Journal of Anatomy*, vol 86, 1952.
68. Sandberg K. O. W. and Lipshults H. O.: Maximum limits of working areas on vertical surfaces, Office of Naval Research, Special Devices Center, Report 166-1-8, 1952.
69. Sanders A. F.: Aandachtsverschuiving en lawaaihinder. Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO rapport 12-1960.
70. Sanders A. F.: The influence of noise on some discrimination tasks. Institute for Perception RVO-TNO, 1960.
71. Schulte B.: Physiologische Beziehungen zwischen Mensch und Maschine, Dissertation Technische Hochschule, Hannover, 1951.
72. Schulte B.: Arbeiterleichterung durch Anpassung der Maschine an den Menschen, Carl Verlag, München 1952.
73. Senders V. L.: The effect of number of dials on qualitative reading of a multiple dial panel, USAF, Wright Air Development Center, Technical Report 52-182.

74. Sleight R. B.: The effect of instrument dial shape on legibility, *Journal of applied Psychology* vol 32, 1948.
75. Sloan L. L.: Rate of Dark Adaptation and Regional Threshold Gradient of the Dark Adapted Eye. *Am. J. of Opth.* vol 30, 1947.
76. Tabellen voor verlichting, Philips Nederland N.V., Eindhoven, 1959.
77. Tinker M. A.: Interpretation of illumination data, *American Journal of Optometry and Archives*, vol, 59, 1952.
78. Volkers GA. H.: *Zitten uw mensen wel goed.* N.V. Kosmos Amsterdam, 1958.
79. Walraven P. L.: *Verslag Kleurmeetdag*, Nederlandse Vereniging voor Kleurenstudie, 1960.
80. Walraven P. L. en Bouman M. A.: Over kleur benoemen van signaallichten I. Metingen in het rood-groen gedeelte van het spectrum. Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO rapport 1955-9.
81. Walraven P. L. en Leebeek H. J.: *Kleurgezichtscherpte* Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO rapport 1958-c3.
82. White H. J. and Sauer S.: Scale design for reading at low brightness, WADC Technical Report no 53, 1954.
83. Weston H. C.: *Industrial Health Research*, Report no 87 H.M. Stationary Office, London 1945.
84. Woodson W. E.: *Human Engineering Guide*, University of California 1954.
85. Yule G. U.: On reading a scale. *Journal of the Royal Statistical Society*, vol 90, 1927.
86. van Zuilen D.: *Binnenklimaat en luchtconditie*, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, 1961.

ALFABETISCHE TREFWOORDEN

- accommodatie 10
adaptatie 14
additief mengen 24
armbeweging 64
armkracht 75
autozitting 72
- bedieningsknoppen 42
bedieningspaneel 32
beenbeweging 65
behaaglijk klimaat 84
bewegingshandelingen 68
bewegingshoek 65
bewegingsruimte 68
binnenklimaat 82
blinde vlek 9
bovenarm 64
- C.I.E.-systeem 21
cijferverdeling schalen 38
cijfervolgorde schalen 38
- dambord 14
dB schaal 27
drempel pijnlijk geluid 27
drempelwaarde gehoor 27
duimbeweging 66
duwkracht 75
dijhoogte 63
- ellebooghoogte 63
ellebooggruisthoogte 63
- fotometrie 21
- fovea 12
functionele kleur 51
- gehoorgang 26
gehoororgaan 26
gehoorverlies 30
geluidsdruk 26
geluidsenergie 27
geluidsspectrum spraak 28
gewicht 63
gezichtsorgaan 9
gezichtsscherpte 14
gezichtsveld 16
graadverdeling van schalen 38
groepering van schalen 41
grijswaarde 20
- handgreep 76
handkracht 78
handwielen 78
helderheid schalen 59
helderheidscontrast 15
helling en vorm van stoel 71
hittedraadanemometers 82
hoofdbeweging 16
hoornhuid 10
indeling panelen 34
instrumentverlichting 58
kegeltjes 12
kleurcorrectie 51
kleurenzien 17
kleurendriehoek 23
kleurgeving 51

- kleurgevoeligheids-
krommen 19
- kleurharmonie 52
- kleurmeting 19
- kleurmengen 24
- kleurmonsters 20
- kleurschakering 52
- kleurreceptoren 17
- kleursoort 20
- kleurwaarde 20
- klimaat 82
- klimaatmetingen 82
- kniehoogte 63
- konversatiespraak 28
- koppel van handwielen 78
- kruishoogte 63

- landoltring 14
- lawaaïnvloed 31
- lengte stoelzitting 72
- letters en cijfers 44
- letter en cijferhoogte 45
- lichaamsbeweging 63
- loopruimte 68
- luchtsnelheid 82
- luchttemperatuur 82
- luchttrillingen 25
- luchtvochtigheid 83
- luidheid van spreken 29
- lijndikte van letters en
cijfers 45

- marcherende mens 68
- middelhoogte 63
- middenoorbeentjes 26
- Munsell systeem 20

- naamplaatjes 45
- natriumlicht 53
- netvlies 10
- normen klimaat 84

- omgevingskleur 51
- onderbeenbewegingen 65
- oogbeweging 16
- oogcorrectie 11
- ooghoogte 63
- ooglens 9
- oogzenuw 9
- opperarmspieren 77

- paneel lay-out 41
- panelen 33
- paneelvorm 33
- pedaalafstand 80
- pedalen 80
- plafondtemperatuur 84
- polsbeweging 66
- pupil 9

- reikafstand 69
- rode verlichting 14
- rugleuning 73
- ruimte indeling 34

- schaalfunctie 36
- schaalillustratie 38
- schaaloppervlak 39
- schaaltype 36
- schaalvorm 36
- schoolbanken 72
- schouderhoogte 63
- signaallichten 43

Snellen letters 54
spraakanalyse 28
spraaksnelheid 30
spraakverbinding 68
staafjes 12
standaardletters 46
stoelen 71
stoelzitting 72
stralingstemperatuur 83
strekspieren 77
subtractief mengen 24

tafelhoogte 73
tafels 73
tellers 38
trekkracht 75
trommelvlies 26

vergadertafel 74
verlichting 54
verlichtingskleur 53
verlichtingsnormen 57

verlichtingssterkte 56
verstaanbaarheid 28
vingertophoogte 64
visuele representatie 36
visuele verbinding 35
vloertemperatuur 84
voetbeweging 65
vormgeving meubilair 71

waarneming (auditief) 25
waarneming (visueel) 9
waarnemingshoek app. 32
waarnemingsreceptoren 12
wandelende mens 68
werkhouding 71
werking van het oog 10
werkoppervlak 69
werkruimte 35

zithoogte 63
zitlengte 63

