

*Jan Dul*

# Selectie van ergonomische richtlijnen uit 6 handboeken

Een literatuurstudie

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door  
het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Opstellers:

dr. ir. J. Dul

ir. K.J. Poll

Begeleidingscommissie:

ir. P. Voskamp

ir. M.A.P. Verwijmeren

drs. M.A. van der Woude

TNO ARBEID  
BIBLIOTHEEK  
POSTBUS 718  
2130 AS HOOFDDORP  
TEL. 023-5549 468

december 1986

NR. 36647.  
plaats Ergo





## VOORWOORD

In artikel 3 van de Arbeidsomstandighedenwet wordt als toetsingscriterium voor de in dat artikel gegeven bepalingen ondermeer het begrip "stand van de ergonomie" gehanteerd.

Aangezien het wenselijk is dat alle betrokkenen (zoals werkgevers, werknemers, Arbeidsinspectie, deskundigen binnen het bedrijf) eenzelfde inhoud aan dit begrip "stand van de ergonomie" geven, is het Directoraat-Generaal van de Arbeid gestart met de operationalisering van dit begrip. Als eerste stap is in 1983 een "Inventarisatie van recent onderzoek op het gebied van de ergonomie in Nederland" tot stand gekomen. Deze inventarisatie gaf een overzicht van verschillende onderzoeksgebieden en -activiteiten in de ergonomie. Hiermee was echter nog geen zicht ontstaan op de ergonomische richtlijnen, die te vinden zijn in de diverse ergonomische handboeken alsmede in de specialistische literatuur. Het leek gewenst een inventarisatie te laten maken van deze richtlijnen. Tijdens een vooronderzoek bleek echter dat de hoeveelheid literatuur dusdanig groot en divers was, dat een alles omvattende inventarisatie niet tot de mogelijkheden behoorde. Om deze reden is gekozen voor een vergelijking van 6 belangrijke ergonomie-handboeken. Dit rapport is daarvan het resultaat.

Aangezien dit rapport niet verder gaat dan de informatie aangetroffen in 6 handboeken blijft de behoefte aanwezig om over richtlijnen te beschikken die gebaseerd zijn op specialistische literatuur, waarin meer gedetailleerde en meer onderbouwde richtlijnen te vinden zijn.

De volgende fase zal dan ook gericht zijn op het verschaffen van een degelijk onderbouwd overzicht van in de wetenschappelijke literatuur geaccepteerde richtlijnen op alle voor de arbeidsomstandigheden relevante onderdelen van de ergonomie.

In 1988 hoopt het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid dit overzicht in de vorm van een vademecum te publiceren. Verwacht mag worden dat een eenduidige vastlegging van ergonomie-richtlijnen de toepassing ervan aanmerkelijk kan bevorderen. Zolang dit overzicht nog niet gereed is zal het nu voorliggende rapport op bescheiden wijze deze functie kunnen overnemen.



|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| SAMENVATTING .....                             | I   |
| 1. INLEIDING .....                             | 1   |
| 2. OPZET .....                                 | 3   |
| 2.1 Selektie van onderwerpen .....             | 3   |
| 2.1.1. Definitie van de ergonomie .....        | 3   |
| 2.1.2. Aspecten .....                          | 5   |
| 2.2 Selektie van bronnen .....                 | 7   |
| 2.3 Keuzecriteria .....                        | 10  |
| 3. RESULTATEN .....                            | 12  |
| 3.1 Geluid .....                               | 14  |
| 3.2 Klimaat .....                              | 21  |
| 3.3 Trillingen .....                           | 28  |
| 3.4 Toxische stoffen .....                     | 33  |
| 3.5 Stof en vuil .....                         | 37  |
| 3.6 Verlichting .....                          | 41  |
| 3.7 Lichamelijke vermoeidheid .....            | 47  |
| 3.8 Antropometrie .....                        | 52  |
| 3.9 Krachtuitoefening .....                    | 56  |
| 3.10 Werkruimte .....                          | 67  |
| 3.11 Visuele informatiepresentatie .....       | 80  |
| 3.12 Auditieve informatiepresentatie .....     | 88  |
| 3.13 Taktiele informatiepresentatie .....      | 92  |
| 3.14 Bedieningsmiddelen .....                  | 96  |
| 3.15 (Alpha)numerieke bedieningsmiddelen ..... | 111 |
| 3.16 Bedieningsstereotypen .....               | 116 |
| 3.17 Hulpmiddelen .....                        | 122 |
| 3.18 Taakallocatie .....                       | 129 |
| 3.19 Werkorganisatie .....                     | 132 |
| 3.20 Arbeidsmotivatie .....                    | 136 |
| 4. DISKUSSIE .....                             | 140 |
| 5. KONKLUSIE .....                             | 142 |
| LITERATUUR .....                               | 143 |



## SAMENVATTING

In opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid is een inventarisatie gemaakt van ergonomische richtlijnen uit een aantal representatieve handboeken. Het gaat daarbij om richtlijnen die bij het ontwerpen en beoordelen van arbeidssituaties kunnen worden gehanteerd. Het streven daarbij is, te komen tot arbeidssituaties waarbij optimaal rekening is gehouden met de capaciteiten van de mens. Het doel daarbij is gezondheid, veiligheid en welzijn te waarborgen. Een goed overzicht van ergonomische richtlijnen zal daaraan een praktische bijdrage kunnen leveren. Voor deze inventarisatie zijn twintig verschillende aspecten van de ergonomie onderscheiden die in belangrijke mate bepalend zijn voor de afstemming van de arbeidssituatie op de capaciteiten van de mens. Deze aspecten zijn: geluid, klimaat, trillingen, toxische stoffen, stof en vuil, verlichting, lichamelijke vermoeidheid, antropometrie, krachtoefening, werkruimte, visuele informatiepresentatie, auditieve informatiepresentatie, tactiele informatiepresentatie, bedieningsmiddelen (alpha) numerieke bedieningsmiddelen, bedieningsstereotypen, hulpmiddelen, taakallocatie, werkorganisatie en arbeidsmotivatie. De keuze van de aspecten hangt samen met de beslissing de ergonomie vrij breed te definiëren: omgevingsfactoren, werkplekontwerp, mens-machine interactie en taakstructuur. De indeling van de twintig aspecten is gebaseerd op de indeling van het tijdschrift "Ergonomics Abstracts".

Uit een vooronderzoek bleek voor slechts een klein onderdeel van de ergonomie zo veel literatuur te bestaan, dat is besloten de bronnen voor de inventarisatie te beperken tot zes zorgvuldig geselecteerde ergonomische handboeken. Deze selectie bestond uit recente handboeken die verschillen voor wat betreft land van herkomst en onderbouwing van het gepresenteerde materiaal: wetenschappelijk of op basis van praktijkervaring.

In dit rapport zijn de richtlijnen uit de verschillende handboeken niet naast elkaar gezet, maar is voor ieder aspect of deelaspect een keuze gemaakt voor een "beste" richtlijn. Deze keuze heeft als uitgangspunt, dat het resultaat een praktisch toepasbare en zo veel mogelijk onderbouwde richtlijn moet zijn. Kwali-

tatieve beschrijvingen voor een bepaald aspekt zijn zoveel mogelijk vermeden en er is gekozen voor konkrete waarden. Voor die aspekten waar een specifieke Nederlandse wettelijke richtlijn wordt gehanteerd, is afgeweken van het uitgangspunt alleen de zes handboeken te raadplegen.

Het resultaat van deze inventarisatie is de selektie van een groot aantal ergonomische richtlijnen waarvan de betrouwbaarheid wisselend is. Sommige aspekten hebben in het verleden veel aandacht gehad of laten zich relatief eenvoudig vastleggen in richtlijnen. Andere aspekten zijn moeilijker te operationaliseren of hebben weinig aandacht gehad in het verleden. Over het algemeen kan worden gesteld, dat voor de meeste aspekten richtlijnen zijn te geven. Gekonstateerd is dat er aanzienlijke verschillen bestaan tussen de handboeken. In de nabije toekomst zullen de in deze inventarisatie geselecteerde richtlijnen nader moeten worden onderbouwd en zullen de verschillen verder moeten worden onderzocht.

In afwachting van resultaten van verder onderzoek of onderbouwing kan nu reeds gebruik worden gemaakt van in deze inventarisatie geselecteerde richtlijnen bij de beoordeling of het ontwerpen van arbeidssituaties in de praktijk. Aangezien steeds meer mensen, ook in de bedrijven, met de ergonomie in aanraking komen, zal er een toenemende behoefte bestaan aan een Nederlandstalig boek/rapport met ergonomische richtlijnen, dat de meest aktuele kennis en ontwikkeling weergeeft. Hopelijk vormt deze inventarisatie daarvoor een basis.

1. INLEIDING

In het kader van de invulling van de Arbeidsomstandighedenwet (ARBO-wet) is door het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) van het Ministerie van Sociale Zaken (SZW) aan het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg (NIPG/TNO) de opdracht verleend tot een inventarisatie van ergonomische richtlijnen. Het begrip Ergonomie, zoals dat nu in de ARBO-wet is vermeld, kan waarschijnlijk beter operationeel gemaakt worden wanneer daar een praktische invulling aan wordt gegeven. Alleen de konstatering dat ergonomische kennis bij kan dragen aan het zodanig ontwerpen van arbeidssituaties dat optimaal rekening wordt gehouden met de veiligheid, gezondheid en het welzijn van de in die arbeidssituatie betrokken werknemers is niet voldoende.

Uit een eerder in opdracht van de DGA uitgevoerde inventarisatie op het gebied van het ergonomische onderzoek blijkt veel ergonomisch onderzoek te worden verricht in Nederland (Voskamp, 1983). De meeste onderzoeken hebben als doelstelling de relatie tussen de fysieke en mentale belasting enerzijds en kenmerken van de arbeidssituatie anderzijds nader in kaart te brengen. Nog maar weinig onderzoeken leiden ook tot richtlijnen. Toch lijkt het op het ogenblik gewenst enige richtlijnen te kunnen hanteren bij het beoordelen en ontwerpen van arbeidssituaties.

Mede om deze reden heeft een voorlopige inventarisatie van praktische richtlijnen een belangrijke taak in het kader van het streven naar "ergonomische werkplekken". Het doel van de hier gerapporteerde inventarisatie is primair een aantal praktische richtlijnen beschikbaar te stellen op basis van een keuze uit zes zorgvuldig geselecteerde handboeken op het gebied van de ergonomie. Daarnaast geeft zo'n inventarisatie inzicht in de mate waarin er praktische ergonomische richtlijnen beschikbaar zijn en in de betrouwbaarheid en behoefte aan nadere onderbouwing en ontwikkeling.

Voordat een inventarisatie van ergonomische richtlijnen kan plaatsvinden moet eerst de ergonomie nader worden omschreven. Daarnaast moeten de bronnen voor de inventarisatie worden gedefinieerd en eventueel geselecteerd. Wanneer er verschillende richtlijnen beschikbaar komen bij de inventarisatie moeten er

criteria worden opgesteld op basis waarvan een keuze kan plaatsvinden.

In dit rapport wordt achtereenvolgens nader ingegaan op de omschrijving van het begrip ergonomie, de geraadpleegde bronnen en de keuzecriteria van de richtlijnen. De keuze van de geraadpleegde bronnen vormt een belangrijk onderdeel van de methode die bij de inventarisatie is gehanteerd. Na de verantwoording van de methode volgen de twintig hoofdstukken met richtlijnen. Daar waar dat van toepassing, is bij de hoofdstukken aangegeven welke wettelijke richtlijnen er bestaan. In de konklusie wordt ingegaan op de status van de gekozen richtlijnen, de behoefte aan een Nederlands handboek en op mogelijke vervolgactiviteiten.



## 2. OPZET

### 2.1 SELEKTIE VAN ONDERWERPEN

#### 2.1.1 Definitie van de ergonomie

Aan de hand van de verschillende definities en benaderingen van de ergonomie wordt in deze paragraaf een keuze gemaakt voor de aspecten van het werk die voor de ergonomie van belang zijn. Voor die aspecten zouden praktische richtlijnen moeten worden aangegeven in de inventarisatie.

Allereerst de definitie die wordt gehanteerd in de ARBO-wet:

"Ergonomie streeft er naar om, op basis van kennis omtrent de anatomische, psychologische en fysiologische aspecten van de mens, zowel machines en gereedschappen alsook taken en functies alsmede de direkte werkomgeving op de mens af te stemmen. Als doel staat hierbij voor ogen het geestelijk en lichamelijk welzijn van de werkende mens te bevorderen waardoor een gunstig arbeidsresultaat kan worden verkregen."

Singleton (1967) definieert de ergonomie als een technologie die gebruik maakt van kennis uit de fysiologie, psychologie en anatomie. Een technoloog is volgens hem iemand die: "controls and changes the environment to improve it". Dit verbeteren is gericht op een betere afstemming van de arbeidssituatie op de fysiologische, psychische en anatomische eigenschappen van de mens.

Een andere wijze van beschrijving van de ergonomie is te vinden in brochures van fabrikanten. Zij definiëren de ergonomie aan de hand van de onderwerpen die zij in de brochure aan de orde laten komen. In de brochure van bijvoorbeeld Nixdorf, fabrikant van computersystemen en bijbehorend meubilair, wordt de ergonomie aan de hand van de volgende onderwerpen beschreven:

lichaamsmaten, houdingen, opname - verwerking - afgifte van informatie, gezicht - gehoor - tast, geestelijke arbeid, werkplek, werkruimte en tijdverdeling werk-rust.

De eerste drie onderwerpen verschillen duidelijk. De anderen vallen grotendeels onder de eerste drie. Ergonomie wordt hier beschreven als de mate waarin het produkt op de mens is afgestemd, veelal los van de arbeidssituatie. Naast het produkt wor-

den ook in vrij algemene zin de behoefte van de mens en de organisatie van de werkzaamheden behandeld. De ergonomie richt zich hier niet alleen op de technische eigenschappen van het produkt, maar ook op de organisatie van de werkzaamheden. Het nadeel van de bovengenoemde omschrijving van de ergonomie is dat het produktgebonden is.

De konklusie van Bullinger en Solf (1979) levert helemaal geen duidelijkheid op: "Eine allgemein anerkannte Definition zur Ergonomie liegt zur Zeit nicht vor". Volgens hen is het de taak van de ergonoom arbeidssystemen zo te beïnvloeden dat rekening wordt gehouden met de capaciteiten van de mens. Dit is een zeer algemene enigszins open benadering. Zo breed echter als de benadering zo smal is in de praktijk de daadwerkelijke uitwerking. Deze beperkt zich vaak tot de technische vormgeving van apparatuur, rekening houdend met alleen de anatomie van de mens.

In de inleiding van de eerste druk van het Vademecum Ergonomie stelt Burger (1963) dat de ergonomie "de handleiding is voor het gebruik van het meest waardevolle produktiemiddel: de werkende mens". Dit is de enige beschrijving van ergonomie, ook in latere versies, die in het Vademecum is te vinden. De beschrijving van de ergonomie wordt dan ook bepaald door de onderwerpen die worden behandeld. Deze onderwerpen komen redelijk overeen met die in de Nixdorf brochure werden genoemd. De auteurs van het vademecum hebben zich ten doel gesteld "aanwijzingen" te geven voor ontwerpers van technische systemen. Die aanwijzingen zouden zich moeten ontwikkelen tot richtlijnen. Dan zou kunnen worden gesproken van een handleiding over "specificaties van het meest flexibele produktiemiddel: de mens".

Kraiss en Moraal (1976) schrijven: "human engineering tries to overcome the confrontation of technology and human needs and capabilities". De ergonomie moet zich volgens hen richten op: "application of research results to the design and shaping of physical environment by technological means". De ergonomie is volgens deze visie niet zozeer een technologie als wel een poging om de kloof tussen technologie en de menselijke capaciteiten te overbruggen. Ergonomische richtlijnen vervullen dan die brugfunctie. De aandacht om die kloof te overbruggen moet zich volgens Kraiss en Moraal richten op de "natural capacities and limitations of human organism" en op de "organizational and

environmental aspects". Als indeling van de kenmerkende aspecten van de arbeidssituatie hanteert hij: taakfactoren, omgevingsfactoren, organisatie/procedurele factoren en operator-gebonden factoren.

De Nederlandse Vereniging voor Ergonomie omschrijft de ergonomie als "het zodanig ontwerpen van produkten, gereedschappen, werkomgeving en werkmethoden dat optimale efficiency, veiligheid en comfort wordt bereikt bij de bediening en onderhoud van mens-machine systeem". Deze definitie voor de ergonomie reikt verder dan alleen de technische vormgeving, maar betreft ook de arbeidskunde en arbeidshygiëne bij de ergonomie. In de omschrijving ontbreekt de bescherming van de gezondheid.

De indeling van het tijdschrift Ergonomics Abstracts, een drie-maandelijks verschijnend overzicht van de internationale literatuur op het gebied van de ergonomie en fysische omgevingsfactoren omvat een zeer groot aantal aspecten. Deze indeling werd ook gehanteerd voor de opzet van de eerdergenoemde inventarisatie van recent ergonomisch onderzoek (Voskamp, 1983). Onder de aspecten van de Ergonomics Abstracts vallen naast de aspecten die met de werkplek, de taak en de mens-machine interactie hebben te maken, ook bijvoorbeeld training, selectie, ontwerpmethoden, meettechnieken, evaluatiemethoden en arbeidshygiëne.

#### 2.1.2 Aspecten

Aan de hand van de voorgenoemde omschrijvingen blijkt dat de ergonomie op veel verschillende manieren wordt gedefinieerd. Een algemeen geaccepteerde definitie en daarmee een selectie van aspecten is dan ook moeilijk te geven. Het is duidelijk dat de doelstelling van de ergonomie is te komen, door goed ontwerp of herontwerp, tot arbeidssituaties waarin optimaal is rekening gehouden met de capaciteiten en behoefte van de mens. Zeer veel aspecten spelen daarbij een rol. De hier gerapporteerde inventarisatie is vooral bedoeld voor praktische beoordeling van arbeidssituaties en voor het ontwerpen van nieuwe arbeidssituaties in de praktijk. Vanuit die invalshoek is een gerichte selectie gemaakt van het groot aantal aspecten dat in de Ergonomics Ab-

stracts wordt onderscheiden. Deze selectie omvat de volgende aspecten.

a Fysisch/chemische omgevingsfactoren.

De omgevingsfactoren hebben enerzijds invloed op risico's voor de gezondheid zoals lawaaidoofheid. Anderzijds hebben zij betrekking op de prestaties en het comfort. De voor deze inventarisatie onderscheiden aspecten van de fysisch-chemische omgeving zijn:

1. geluid
2. klimaat
3. trillingen
4. toxische stoffen
5. stof en vuil
6. verlichting.

b Werkplekgebonden aspecten.

Het ontwerp en de lay-out van de verschillende onderdelen (apparaten, meubilair etc) moeten aansluiten bij de capaciteiten van de mens. Relevante eigenschappen daarbij zijn bijvoorbeeld: afmetingen, houding, beweging en krachttutoefening. De volgende aspecten zijn daarbij onderscheiden:

7. lichamelijke vermoeidheid
8. antropometrie
9. krachttutoefening
10. werkruimte.

c Informatie en bediening.

De taak van de mens bestaat in veel gevallen uit informatieverwerking en het verrichten van bedieningshandelingen. Aspecten die daarbij belangrijk zijn:

11. visuele informatie presentatie
12. auditieve informatie presentatie
13. tactiele informatie presentatie
14. bedieningsmiddelen
15. toetsenborden
16. bedieningsstereotypen
17. hulpmiddelen.

#### d Taakstructuur.

In de ontwerpfase van een arbeidssituatie wordt voor een belangrijk deel bepaald hoe een aantal afzonderlijke handelingen er uit zullen zien en hoe deze tot een taak kunnen worden samengevoegd. De volgende aspecten spelen daarbij een rol:

- 18. taakallokatie
- 19. werkorganisatie
- 20. arbeidsmotivatie.

Voor sommige aspecten kunnen weer een groot aantal deelaspecten worden onderscheiden. Bij het hoofdstuk met resultaten is aan de hand van onderverdelingen die in één of meerdere handboeken voor een bepaald aspect worden gemaakt, ook onderscheid gemaakt voor verschillende deelaspecten.

## 2.2 **SELEKTIE VAN BRONNEN**

De keuze van de bronnen bepaalt in belangrijke mate de kwaliteit van deze inventarisatie van ergonomische richtlijnen. In deze paragraaf zullen de redenen om tot een selectie te komen en de selectiecriteria worden behandeld. In een vooronderzoek is een inventarisatie gemaakt van ergonomische richtlijnen voor aangedreven handgereedschap (De Jong, 1984). Daarbij werd in principe alle beschikbare literatuur over dit onderwerp via verschillende bibliotheken geraadpleegd. Het resultaat was een overvloed aan literatuur. Het opstellen van een algemene richtlijn was moeilijk door de verschillen in onderzoeksresultaten en aanbevelingen. Daarnaast kostte zo'n inventarisatie veel tijd door de grote hoeveelheid aan bronnen.

Ook voor meer algemene ergonomische richtlijnen kan worden verwacht dat veel literatuur zal bestaan met uiteenlopende richtlijnen. In verband met de beperkte middelen is vanuit overwegingen van efficiëntie besloten het aantal te inventariseren bronnen te beperken. De reductie heeft plaatsgevonden door voor de inventarisatie een zestal zorgvuldig gekozen handboeken te raadplegen. Er mag worden aangenomen dat bij de totstandkoming van de handboeken een relevante selectie is gemaakt van gegevens uit de literatuur en de praktijk. De richtlijnen in de handboeken zullen waarschijnlijk meer op de praktijk gericht zijn dan de resultaten uit de onderzoeksliteratuur. Bovendien kan worden

aangenomen dat ook in de praktijk voor de invulling van de ergonomie vooral handboeken worden gebruikt en in veel mindere mate wetenschappelijke artikelen. Aan de hand van literatuurlijsten en na raadpleging van bibliotheken is een lijst opgesteld van recente handboeken, die na 1974\* nieuw zijn verschenen of zijn herschreven. Deze lijst omvatte tien handboeken. De handboeken onderscheiden zich onder andere door hun plaats van herkomst: Nederland, andere Europese landen en de Verenigde Staten. Een ander onderscheid is de achtergrond van de samenstellers van de handboeken. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen een wetenschappelijke achtergrond (richtlijnen zullen vooral zijn gebaseerd op op resultaten uit onderzoek) en een praktijkgerichte achtergrond (de richtlijnen vermoedelijk meer gebaseerd op praktijkervaringen). Door voor de inventarisatie handboeken van verschillende herkomst te nemen, zowel wat betreft lokatie als achtergrond, zal een groot aantal verschillende bronnen worden "afgedekt".

De tien handboeken zijn volgens de twee bovengenoemde kenmerken ingedeeld, zodat zes categorieën ontstonden. Daarbij blijkt voor iedere categorie minstens één handboek beschikbaar. In een categorie met meerdere handboeken is gekozen voor dat handboek, dat waarschijnlijk de meeste van de 20 geselecteerde aspecten van de ergonomie behandelt. De selectie heeft de volgende handboeken als te raadplegen bronnen voor de inventarisatie opgeleverd:

1. Ergonomie für Design und Entwicklung. U. Burandt. Köln, Verlag Dr. Otto Schmidt, 1978. (verder in tekst aangeduid als "Burandt").

Dit handboek is gebaseerd op praktijkstudies en praktijkervaringen van de auteur, voornamelijk in Duitsland. Veel verschillende aspecten van de ergonomie worden behandeld. Het accent ligt echter wel op de werkplekgebonden aspecten.

2. Ergonomic Design for People at Work. Eastman Kodak Company. California, Lifetime Learning Publications, 1983. ("Kodak")

---

\* Bij de aanvang van de inventarisatie is gekozen voor een periode van maximaal 10 jaar als operationalisering van de term "recent".

De ergonomiegroep, veel deskundigen, van het Amerikaanse Kodakbedrijf heeft in dit handboek veel van haar praktische en theoretische kennis neergeschreven. Voor deze inventarisatie kan alleen nog het eerste deel worden geraadpleegd. Het tweede deel, vooral fysieke belasting, komt zeer spoedig uit in Nederland.

3. Vademecum Ergonomie. F.T. Kellerman e.a. Deventer, NIVE/Kluwer, 1982. ("Vademecum")

Het bekende "Vademecum Ergonomie" wordt regelmatig herzien en is als zodanig recent. Veel praktische gegevens, veelal kwalitatief, worden vermeld. Het handboek is gebaseerd op kennis van een aantal onderzoekers en ergonomen in de praktijk.

4. Ergonomie am Arbeitsplatz. T. Hettinger, G. Kaminsky & H. Schmale. Ludwigshafen, Kiehl, 1980. ("Hettinger")

Dit handboek omvat zeer veel informatie over vooral fysieke belasting, met het accent op energetische belasting. De koppeling met facetten van de arbeidssituaties leidt tot ergonomische richtlijnen.

5. Human Factors in Engineering and Design. E.J. McCormick, New York, McGraw-Hill, 1976. ("McCormick")

Dit oude gerenomeerde ergonomiehandboek is recent weer herzien en omvat veel aspecten van de ergonomie. De informatie bestaat vooral uit het beschrijven en koppelen van onderzoeksresultaten.

6. Ergonomie (cursusboek behorende bij Teleaccursus). A.N. Eken (eindredactie). Utrecht, Stichting Teleac, 1983. ("Teleac")

Het cursusboek van Teleac omvat een groot aantal hoofdstukken van auteurs die voornamelijk werkzaam zijn bij onderzoeksinstellingen. De hoofdstukken omvatten resultaten van onderzoek op het gebied van een groot aantal aspecten van de ergonomie. Hoewel het geven van richtlijnen niet het primaire doel is van een cursusboek kwamen in deze bron veel richtlijnen voor.

Tussen de haken is achter ieder handboek vermeld hoe het in de tekst verder zal worden aangehaald. De eerste drie boeken behoren tot de categorie van handboeken met een praktijkgerichte achtergrond.

Behalve deze zes handboeken zijn voor alle aspecten ten behoeve van de discussie de geselecteerde richtlijnen ook voorgelegd aan specifieke inhoudelijke deskundigen op deelgebieden van de ergo-

nomie (afkomstig van o.a. universiteiten). Tevens zijn de wettelijke regelingen vermeld wanneer deze voor een bepaald aspect in Nederland gelden. Door de raadpleging van deskundigen konden in de discussie aanvullingen of ontwikkelingen voor een bepaald aspect worden aangegeven. Voor 14 van de 20 hoofdstukken is gereageerd door de aangeschreven deskundigen. De 6 hoofdstukken waar niet op is gereageerd zijn: klimaat, stof en vuil, visuele informatiepresentatie, tactiele informatiepresentatie, (alpha)-numerieke bedieningsmiddelen en bedieningsstereotypen.

### 2.3 **KEUZECRITERIA**

Het uitgangspunt voor de inventarisatie is geweest dat voor ieder aspect of deelaspect één zo concreet mogelijke richtlijn uit de zes handboeken wordt gekozen. Alleen wanneer voor een bepaald aspect in geen van de zes handboeken een kwantitatieve richtlijn werd aangetroffen zijn kwalitatieve oordelen en adviezen opgenomen. Er is gestreefd richtlijnen aan te geven die toepasbaar zijn en relevant voor de praktijk. De richtlijnen moeten daarom betrekking hebben op redelijk eenvoudig te meten grootheden. Daarnaast hangt de praktische toepasbaarheid samen met de algemene toepasbaarheid van de richtlijn. Daarvoor moeten de richtlijnen gelden voor "normale" populaties en "normale" werksituaties. In de inventarisatie zijn geen richtlijnen opgenomen voor specifieke werkzaamheden of speciale populaties (bijvoorbeeld militairen).

In de meeste gevallen werden voor een bepaald aspect in meerdere handboeken richtlijnen gevonden. De keuze vond in die gevallen plaats volgens de volgende criteria. Allereerst werden daar waar mogelijk de ISO-standaard, DIN-norm of NEN-norm of het ontwerp daartoe gekozen. Wanneer deze niet werden vermeld in één der handboeken is op basis van afweging tussen praktische toepasbaarheid en onderbouwing geselecteerd. Voor de onderbouwing gold als criterium het al dan niet verwijzen naar één of meerdere bronnen.

Wanneer een keuze tussen richtlijnen moest plaatsvinden is deze in alle gevallen toegelicht en verantwoord. Voor geen van de aspecten of deelaspecten zijn richtlijnen samengesteld uit verschillende handboeken of zijn richtlijnen aangevuld met gegevens



uit andere bronnen. Hierdoor blijft de herkomst van iedere richtlijn te achterhalen.

3. **RESULTATEN**

In dit hoofdstuk zijn voor de twintig verschillende aspecten de gekozen richtlijnen weergegeven. In tabel 1 is een overzicht van alle aspecten en deelaspecten gegeven waarvoor richtlijnen zijn gekozen. Daarbij is aangegeven uit welk handboek de richtlijn is overgenomen. In het hiernavolgende worden alle afzonderlijke richtlijnen behandeld. Voor de behandeling van ieder aspect of deelaspect is een zelfde opbouw gekozen. Eerst volgt een inleiding waarin het aspect wordt beschreven en het belang van het aspect voor de arbeidssituatie wordt aangegeven. Vervolgens is de richtlijn in grafiek, tabel of getal weergegeven en aan de hand van een voorbeeld toegelicht. Daarna volgt een verantwoording van de keuze. Als laatste volgt een discussie waarin discussiepunten uit de handboeken worden aangehaald en waarin de eventuele discussiepunten van deskundigen zijn verwerkt. Aan het eind van ieder hoofdstuk volgt een eventuele wettelijke richtlijn voor het aspect of een onderdeel ervan.

Tabel 1. Overzicht van gekozen richtlijnen.

|                                              | Bu-<br>randt | Ko-<br>dak | Vade-<br>mecum | Het-<br>tinger | McCor-<br>mick | Te-<br>leac |
|----------------------------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 1 GELUID                                     |              |            |                |                |                |             |
| A fysiologische effecten                     |              |            |                |                |                | x           |
| B verstoring van de communicatie             | x            | x          |                | x              | x              |             |
| C verstoring van de concentratie             |              | x          |                |                | x              |             |
| 2 KLIMAAT                                    |              |            |                |                |                |             |
| A hittebelasting                             |              | x          |                |                |                |             |
| B koudebelasting                             |              |            |                |                | x              |             |
| C comfort                                    |              |            |                |                | x              |             |
| 3 TRILLINGEN                                 |              |            |                |                |                |             |
| A lichaamstrillingen                         |              | x          |                |                | x              | x           |
| B hand-armtrillingen                         |              | x          |                |                | x              | x           |
| 4 TOXISCHE STOFFEN                           |              |            |                |                |                |             |
| 5 STOF EN VUIL                               |              |            |                |                |                |             |
| A inertstof                                  |              |            |                | x              |                |             |
| B ventilatie                                 |              |            |                | x              |                |             |
| 6 VERLICHTING                                |              |            |                |                |                |             |
| A verlichtingssterkte                        |              |            |                |                | x              |             |
| B luminantieverschillen                      |              | x          |                |                |                |             |
| 7 LICHAMELIJKE VERMOEIDHEID                  |              |            |                |                |                |             |
| A dynamische spierarbeid                     |              |            |                | x              |                |             |
| B statische spierarbeid                      |              |            |                |                | x              |             |
| 8 ANTROPOMETRIE                              |              | x          |                |                |                |             |
| 9 KRACHTUITOEFENING                          |              |            |                |                |                |             |
| A tilgewicht                                 |              |            |                |                | x              |             |
| B armkracht                                  | x            |            |                |                |                |             |
| C beenkracht                                 | x            |            |                |                |                |             |
| 10 WERKRUIMTE                                |              |            |                |                |                |             |
| A keuze staand of zittend werken             |              | x          |                |                |                |             |
| B werkhoogte bij staand werk                 | x            |            |                |                |                |             |
| C zithoogte                                  | x            |            |                |                |                |             |
| D voet- en beenruimte                        | x            |            |                |                |                |             |
| E reikwijdte en blikveld                     | x            |            |                |                |                |             |
| 11 VISUELE INFORMATIEPRESENTATIE             |              |            |                |                |                |             |
| A tekst en tekens                            |              |            |                |                | x              |             |
| B "meters of tellers"                        | x            |            | x              |                |                |             |
| C beeldschermen                              |              |            |                |                |                | x           |
| 12 AUDITIEVE INFORMATIEPRESENTATIE           |              |            |                |                |                |             |
| A enkele auditieve signalen                  | x            |            |                |                |                |             |
| B complexe auditieve signalen                |              | x          |                |                |                |             |
| 13 TAKTIELE INFORMATIEPRESENTATIE            |              |            |                |                |                |             |
| A herkennen van bedieningsmiddel             |              |            |                |                | x              |             |
| B herkennen van stand                        |              |            | x              |                |                |             |
| 14 BEDIENINGSMIDDEL                          |              |            |                |                |                |             |
| A keuze van bedieningsmiddel                 |              | x          |                |                |                |             |
| B vormgeving van bedieningsmiddel            |              | x          |                |                |                |             |
| C onderlinge afstand bedienings-<br>middelen |              | x          |                |                |                |             |
| 15 (ALPHA) NUMERIEKE BEDIENINGSMIDDELEN      |              |            |                |                |                |             |
| A numerieke toetsenborden                    |              | x          |                |                |                |             |
| B alphanumerieke toetsenborden               | x            |            |                |                |                |             |
| 16 BEDIENINGSSTEREOTYPEN                     |              |            |                |                |                |             |
| A systeemreacties                            | x            |            |                |                |                |             |
| B wijzerbeweging                             |              |            |                |                | x              |             |

Vervolg Tabel 1.

|                           | Bu-<br>randt | Ko-<br>dak | Vade-<br>mecum | Het-<br>tinger | McCor-<br>mick | Te-<br>leac |
|---------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 17 HULPMIDDELEN           |              |            |                |                |                |             |
| A werkstoel               | x            |            |                |                |                |             |
| B console                 |              |            |                |                |                | x           |
| C handgereedschap         |              | x          |                |                |                |             |
| 18 TAAKALLOCATIE          |              |            |                |                |                |             |
| taakallokatie             |              |            |                |                | x              |             |
| 19 WERKORGANISATIE        |              |            |                |                |                |             |
| A persoonlijke verzorging |              |            |                | x              |                |             |
| B fysiologisch herstel    |              |            |                |                | x              |             |
| 20 ARBEIDSMOTIVATIE       |              |            |                |                |                | x           |

### 3.1 GELUID

Bij deze inventarisatie wordt in twee hoofdstukken aandacht besteed aan geluid op de arbeidsplaats. In dit hoofdstuk hebben de richtlijnen vooral betrekking op hinder en de kans op gehoorschade. In hoofdstuk 3.12 worden richtlijnen gegeven voor geluid met auditieve informatie. In sommige gevallen zal met beide aspecten tegelijkertijd rekening moeten worden gehouden.

Geluid kan verschillende effecten op de mens hebben tijdens het verrichten van werkzaamheden of tijdens het verblijf op de werkplek. Die effecten zijn onder te verdelen in

- a Fysiologische effecten; in het bijzonder lawaaidoofheid.
- b Verstoring van de communicatie.
- c Verstoring van de concentratie.

Omdat deze effecten nogal verschillend zijn, worden ook verschillende richtlijnen gehanteerd. In veel gevallen zullen de richtlijnen elkaar overlappen of uitsluiten. Toch zullen de richtlijnen voor de drie effecten ten behoeve van de duidelijkheid apart worden behandeld.

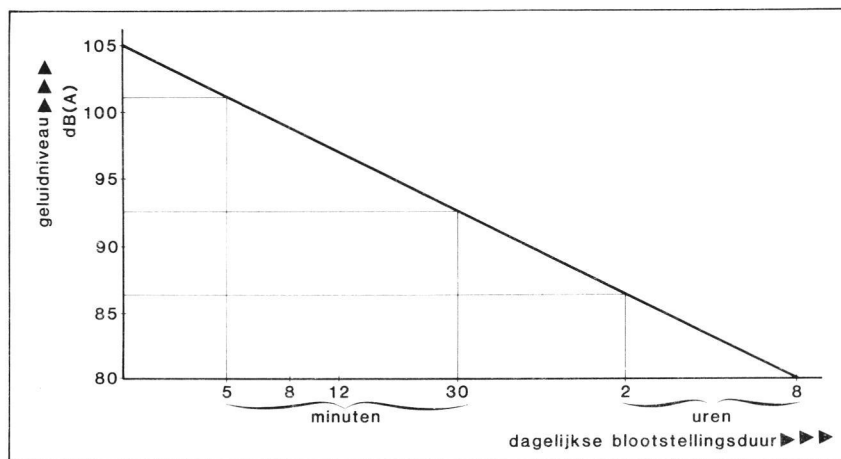
Verskillende kenmerken van geluid zijn bepalend voor het al dan niet optreden van de genoemde effecten. Deze kenmerken zijn het geluiddrukkniveau en de variatie daarin, de frekwentiesamenstelling en de duur van de blootstelling. Bij het geven richtlijnen wordt in dit hoofdstuk het geluidniveau zoveel mogelijk uitgedrukt in dB(A) waarden. Het gaat daarbij om de geluiddrukkniveaus, gewogen volgens het A-filter. Dit filter geeft bij bena-

dering de werking van het menselijk oor in de verschillende frequentiegebieden weergeeft. Voor in sterkte variërende geluidniveaus kan het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  worden bepaald. Dit geeft voor een wisselend geluidniveau over een bepaalde periode aan met welk continu geluidniveau over die periode dit is te vergelijken.

a Fysiologische effecten (lawaaidoofheid)

richtlijn

Figuur 1.1 Relatie tussen blootstellingsduur (logaritmische schaal) en het geluidniveau (in dB(A)), voor een dagelijkse blootstelling, waarbij "niemand" risico's loopt op lawaaidoofheid (Naar: Teleac).



Bovenstaande richtlijn is gebaseerd op de ISO-standaard 1999. De ISO-1999 geeft de relaties aan tussen blootstellingsduur en het geluidniveau voor een bepaalde kans dat gehoorschade optreedt. In de richtlijn is die relatie gegeven, waarbij "niemand" de kans loopt op gehoorschade als gevolg van een dagelijkse blootstelling aan lawaai gedurende een geheel arbeidsleven.

Bij een achturige werkdag geldt dus, dat een geluidniveau van 80 dB(A) continu of bij een wisselend geluidniveau een  $L_{Aeq}$ -waarde van 80 dB(A) geen lawaaidoofheid als gevolg heeft. Wanneer het niveau hoger ligt, bijvoorbeeld 101 dB(A), mag slechts een blootstellingsduur van 5 minuten per dag plaatsvinden. De rest van de dag moet het geluidniveau lager dan 80 dB(A) zijn.

### keuze

De hier vermelde richtlijn is gebaseerd op de ISO-standaard 1999. Alleen in Teleac wordt de ISO-standaard vermeld. In het Vademecum en Hettinger worden ook richtlijnen gegeven.

### diskussie

In Hettinger en het Vademecum komen wel richtlijnen voor; respectievelijk 90 dB(A) en 85 dB(A) voor een achturige werkdag. Bij een dergelijke richtlijn bestaat voor een deel van de blootgestelden de kans op lawaaidoofheid. Over de individuele verschillen in de mate van gehoorschade door lawaai is nog weinig bekend.

De vegetatieve effecten van blootstelling aan lawaai worden nauwelijks behandeld in de handboeken. Vermoedelijk liggen de niveaus hoger dan die voor lawaaidoofheid. Echter is onbekend of gehoorbescherming naast de risico's op lawaaidoofheid ook de vegetatieve effecten vermindert. De invloed van korte geluidspieken op de kans op gehoorschade met een hoog niveau is nog onvoldoende bekend. Een extra toeslag van 10 dB(A) bij de berekening van de Laeq waarde bij lawaai met korte pieken wordt niet meer gehanteerd.

Bij het hanteren van de ISO-standaard 1999 moet worden vermeld, dat deze standaard in de komende jaren mogelijk zal veranderen, aangezien deze momenteel wordt herzien.

### N.B.

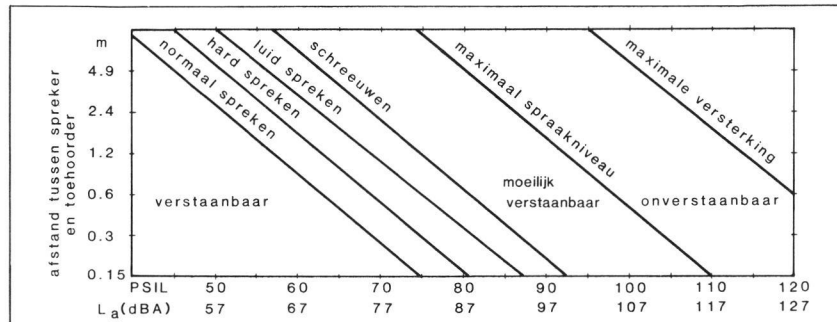
De nieuwe wetgeving voor lawaai op de arbeidsplaats kent de volgende hoofdpunten:

- geluidniveaus boven 80 dB(A) worden geacht schadelijk te zijn voor de gezondheid;
- boven deze grens moet de werkgever gehoorbeschermingsmiddelen beschikbaar stellen;
- boven deze grens zal de werkgever te zijner tijd het lawaai moeten bestrijden voor zover dat redelijkerwijs mogelijk is. Voorlopig hoeft dat pas vanaf 85 dB(A);
- boven 90 dB(A) zijn de werknemers verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te dragen.

b Verstoring van de communicatie

richtlijn

Figuur 1.2 Relatie tussen omgevingslawaai, in PSIL en dB(A) en de onderlinge afstand tussen spreker en luisteraar, in meters, en de mogelijkheden voor communicatie (Naar: Kodak).



Deze richtlijn is gebaseerd op de relatie tussen omgevingslawaai en afstand tussen spreker en de toehoorder, waarbij communicatie mogelijk is bij normale spraak of bij verschillende vormen van stemverheffing. Het hier gebruikte PSIL is het gemiddelde geluiddrukkniveau (dB) bij 500, 1.000 en 2.000 Hz van het omgevingslawaai. Deze frequenties zijn belangrijk voor de verstaanbaarheid. In figuur 1.2 zijn de vergelijkbare dB(A)-niveau's bij de horizontale as vermeld.

Uit de figuur blijkt bijvoorbeeld, dat in een ruimte met een geluidniveau van 67 dB(A) tot één meter afstand tussen spreker en toehoorder normaal kan worden gesproken. In een ruimte met een geluidniveau van 80 dB(A) is communicatie met normale stem niet meer mogelijk en moet bij één meter schreeuwend met elkaar worden gesproken.

keuze

De PSIL-waarde met bijbehorende grafiek wordt in vier handboeken (Burandt, Kodak, Hettinger en McCormick) gehanteerd als richtlijn voor een goede verstaanbaarheid bij omgevingslawaai. In Teleac wordt een vergelijkbare richtlijn gegeven alleen zonder bronvermelding. In het Vademecum wordt verstaanbaarheid in kwalitatieve zin behandeld.

### diskussie

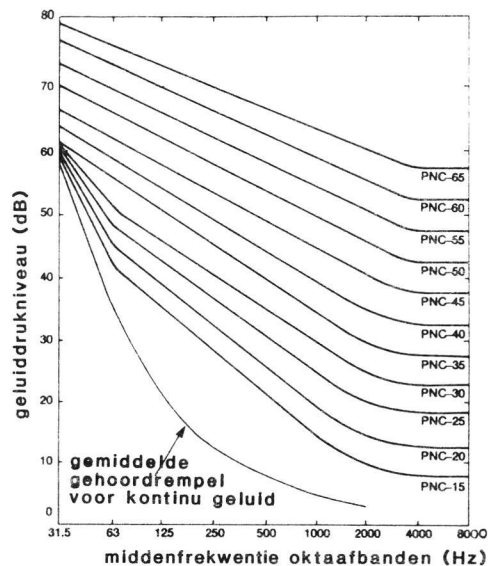
Het hanteren van de PSIL-norm heeft als nadeel, dat in drie verschillende frekwentiebanden geluidmetingen moeten worden verricht. Bovendien zullen voor bepaalde ruimten uit eerdere onderzoeken de dB(A)-waarden mogelijk reeds bekend zijn. Het hanteren van de dB(A)-waarden, zoals onder de schaal (figuur 1.2) vermeld, moet wel met enige voorzichtigheid gebeuren, omdat berekening van de PSIL niet geheel parallel loopt aan de eigenschappen van het oor.

De bekendheid van de informatie speelt ook een rol bij de verstaanbaarheid in een omgeving met lawaai. Wanneer globaal bekend is welke informatie wordt verstrekt, dan is minder niveauverschil tussen spraak en omgevingslawaai nodig. In hoofdstuk 3.12 zal hier ook op worden ingegaan.

### c Verstoring van concentratie (hinder)

#### richtlijn

Figuur 1.3 De verschillende PNC-curve als functie van oktaafband en geluidsdruk niveau (dB) (Naar: Kodak).





Tabel 1.1 PNC-curven voor verschillende activiteiten met de daarbij behorende akoestische eisen (Naar: Kodak).

| Aktiviteiten                                   | PNC-curve         | Vergelijkbaar<br>dB(A)-niveau |
|------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| luisteren naar zwak geluid                     | 10 tot 20         | 21 tot 30                     |
| zeer goed luisteren                            | niet hoger dan 20 | niet hoger dan 30             |
| tekst inspreken                                | niet hoger dan 25 | niet hoger dan 34             |
| goed luisteren                                 | niet hoger dan 35 | niet hoger dan 42             |
| slapen en rusten                               | 25 tot 40         | 34 tot 47                     |
| conversatie, radio luisteren of<br>t.v. kijken | 30 tot 40         | 38 tot 47                     |
| goede verstaanbaarheid                         | 35 tot 45         | 42 tot 52                     |
| redelijk goede verstaanbaarheid                | 40 tot 50         | 47 tot 56                     |
| redelijke verstaanbaarheid                     | 45 tot 55         | 52 tot 61                     |
| spreken en telefoneren nog mogelijk            | 50 tot 60         | 56 tot 66                     |
| spreken niet mogelijk                          | 60 tot 75         | 66 tot 80                     |

In tabel 1.1 is voor verschillende activiteiten aangegeven binnen welke PNC (Preferred Noise Criterion) curven het omgevingsgeluid moet liggen. Bovendien is aangegeven met welke dB(A)-niveaus dit ongeveer samenvalt.

De richtlijn wordt uitgedrukt in verschillende PNC-curven. De PNC-curve (zie figuur 1.3) bestaat uit geluidsdruk-niveaus (dB) als functie van de middenfrequentie van negen verschillende oktaafbanden. Deze curven zijn gebaseerd op een subjectieve aanvaardbaarheid van geluid. De curven corresponderen met gelijke subjectieve aanvaardbaarheidsgrenzen van storende niveaus van omgevingsgeluiden in verschillende frequentiegebieden. Het blijkt dat vooral hoge frequenties storend worden ervaren. Welke curve moet worden gehanteerd hangt af van het soort activiteiten dat wordt verricht.

Verstoring van de concentratie of verstaanbaarheid door lawaai in de omgeving hangt sterk samen met de werkzaamheden die moeten worden verricht.

In een ruimte waar bijvoorbeeld goed luisteren belangrijk is, moet het omgevingsgeluid in geen van de oktaafbanden de PNC-35-curve overschrijden. In tabel 1.1 zijn de PNC-waarden omgerekend in dB(A)-niveaus, die overeenkomen met omgevingslawaai dat wordt veroorzaakt door spraak. Voor de eerder genoemde ruimte moet het niveau van het omgevingslawaai door spraak niet hoger zijn dan 42 dB(A).

#### keuze

De PNC-curve wordt in twee handboeken gehanteerd (Kodak en McCormick). In de andere handboeken wordt geen waarde voor hinder aangegeven, maar wordt meer algemeen gesproken over de kans op hinder bij bepaalde activiteiten.

#### diskussie

Richtlijnen voor hinder bestaan veelal alleen uit maximaal toelaatbare niveaus. In een geluidarme omgeving wordt bijna ieder geluid waargenomen en mogelijk als hinderlijk ervaren. Een bepaald achtergrondgeruis kan daarom nuttig zijn om andere geluiden te maskeren. Richtlijnen hiervoor zijn niet gegeven, maar er kan wel worden gesteld, dat streven naar een zo laag mogelijk niveau niet altijd noodzakelijk is. De richtlijn voor omgevingslawaai bij rusten en slapen lijkt volgens deskundigen wat aan de hoge kant.

### 3.2 **KLIMAAT**

#### inleiding

Voor het konstant houden van de lichaamstemperatuur (essentieel voor het functioneren van het lichaam) is de warmte-uitwisseling tussen lichaam en omgeving belangrijk. Enerzijds produceert het lichaam warmte door het verrichten van handelingen, anderzijds wordt, onder andere afhankelijk van de isolatie van de kleding warmte afgegeven aan of opgenomen van de omgeving. Bij deze warmte-uitwisseling met de omgeving spelen vier klimaatfactoren een rol: luchttemperatuur, stralingstemperatuur van objecten uit de omgeving (bijvoorbeeld koud raam, warme kachel), vochtigheidsgraad van de lucht en de lichtsnelheid (tocht).

Bij gegeven activiteit en kleding is het onderlinge verband tussen deze factoren van invloed op hittebelasting of koude belasting in extreme situaties en op comfort in milde situaties. De meeste richtlijnen voor het (binnen)klimaat zijn gebaseerd op comfort. In meer extreme situaties, bijvoorbeeld bij werken in zeer koude of zeer warme omgeving mag niet te lang in deze omstandigheden worden gewerkt. Door de geringe warmtecapaciteit en de beperkte mogelijkheden voor extra warmteopslag is het lichaam niet in staat een langdurige blootstelling te verwerken. Bij langdurige blootstelling aan hitte kan schade optreden zoals uitdroging, verbrandingen en bewusteloosheid. Bevriezing van ledematen en gezicht en afkoeling van het lichaam zijn gevaren bij koude belasting.

In dit hoofdstuk komen richtlijnen aan de orde voor

a Hittebelasting.

b Koudebelasting.

c Comfort.

a Hittebelasting

richtlijn

Tabel 2.1 Maximaal toegestane combinatie van blootstellingsduur aan hitte, luchttemperatuur, relatieve vochtigheid en zwaarte van het werk (Naar: Kodak).

| blootstellings-<br>duur (min) | zwaarte <sup>1)</sup><br>van werk | luchttemperatuur °C      |                          |                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                               |                                   | relatieve<br>vochtigheid | relatieve<br>vochtigheid | relatieve<br>vochtigheid |
|                               |                                   | 20%                      | 50%                      | 80%                      |
| 5                             | licht                             | 63                       | 56                       | 56                       |
|                               | middel                            | 59                       | 48                       | 46                       |
|                               | zwaar                             | 57                       | 46                       | 42                       |
| 15                            | licht                             | 53                       | 44                       | 39                       |
|                               | middel                            | 52                       | 43                       | 38                       |
|                               | zwaar                             | 51                       | 41                       | 36                       |
| 30                            | licht                             | 51                       | 43                       | 38                       |
|                               | middel                            | 51                       | 42                       | 37                       |
|                               | zwaar                             | 50                       | 41                       | 35                       |
| 45                            | licht                             | 51                       | 42                       | 37                       |
|                               | middel                            | 49                       | 41                       | 36                       |
|                               | zwaar                             | 47                       | 41                       | 35                       |

1)  
licht: < 140 W  
middel: 140-230 W  
zwaar: > 230 W.

Uit bovenstaande tabel kan worden afgeleid aan hoe lang een persoon aan een bepaalde luchttemperatuur mag worden blootgesteld, bij verschillende combinaties van taakzwaarte en relatieve vochtigheid. De richtlijnen gelden voor een lichte kleding (kledingisolatie van 0,6 clo), een geringe lichtsnelheid (0,1 m/s) en een stralingstemperatuur die 4° boven de luchttemperatuur ligt. In de tabel staan de maximaal acceptabel blootstellingstijden tussen 5 en 45 minuten (1e kolom), voor verschillende combinaties van taakzwaarte, relatieve vochtigheid en luchttemperatuur. Licht werk dat bij 51°C met een relatieve vochtigheid van 20% moet worden verricht mag bijvoorbeeld niet langer duren dan een half uur.

#### keuze

Het onderwerp hittebelasting wordt niet behandeld in Burandt en het Vademecum. Teleac en McCormick geven voor een langdurige blootstelling maximaal toelaatbare combinaties van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid waarin gedurende langere tijd kan worden gewerkt. Niet precies duidelijk is om welke blootstellingsduur het gaat. Bij Hettinger en Kodak is dat wel het geval. Omdat in Kodak ook richtlijnen worden gekozen voor een zeer korte blootstellingsduur (5 minuten) is voor deze richtlijn gekozen.

#### diskussie

Voor lichte arbeid zijn de aanbevelingen van Hettinger en Kodak ongeveer gelijk. Met een toename van de taakzwaarte nemen echter ook de afwijkingen toe, in die zin dat bij Hettinger de temperaturen lager zijn. Bij zware arbeid kunnen de verschillen oplopen tot meer dan 10°C. De verschillen houden mogelijk verband met het feit dat Hettinger's waarden gebaseerd zijn op de vereiste zweetverdamping, terwijl de waarden van Kodak betrekking hebben op het gelijk worden van huidtemperatuur aan de kerntemperatuur, een indicatie dat het lichaam niet meer in staat is warmte naar buiten te transporteren. Helaas worden in Kodak geen richtlijnen gegeven voor blootstelling aan hitte die meerdere malen per dag voorkomt.

#### N.B.

In het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen (artikel 84, lid 1) is gesteld dat de temperatuurindex, ter plaatse waar arbeid wordt verricht, niet meer mag bedragen dan 29. Uitgangspunt daarbij is een luchtsnelheid, die niet hoger is dan 1 m/sec en een stralingstemperatuur die niet hoger is dan 5°C boven de luchttemperatuur. De temperatuur wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$L = \frac{42 t_1 - 8 t_{1n}}{34 + t_1 - t_{1n}}$$

$t_1$  : luchttemperatuur, gemeten met droogmeetgedeelte

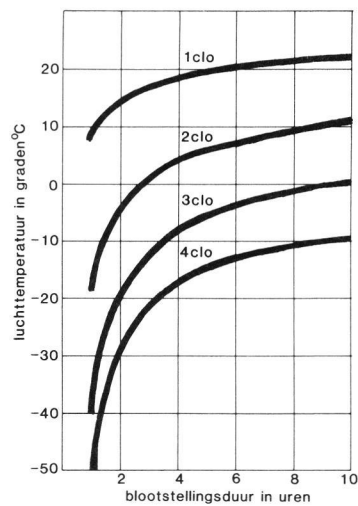
$t_{ln}$ : natte luchttemperatuur, gemeten met bevochtigd meetgedeelte.

De natte luchttemperatuur is lager dan of gelijk aan de droge luchttemperatuur. Dit betekent in de praktijk dat de luchttemperatuur hoger mag zijn dan 29°C. Bij 80% relatieve luchtvochtigheid komt een luchttemperatuurindex van 29 overeen met de luchttemperatuur van  $\pm 32^\circ\text{C}$ . Wanneer deze temperatuur wordt vergeleken met de richtlijnen voor 80% relatieve vochtigheid in tabel 2.1, dan blijkt de richtlijn niet in strijd met de wettelijke bepalingen. Volgens deze tabel is de maximale luchttemperatuur 35°C bij wat zwaardere werkzaamheden. De bepalingen omvatten overigens geen konkrete blootstellingsbeperkingen voor hogere temperaturen.

#### b Koudebelasting

##### richtlijn

Figuur 2.1 Maximaal toelaatbare combinatie van blootstellingsduur en luchttemperatuur en kledingisolatie (in clo's) (Naar: McCormick).



Op de horizontale as van bovenstaande figuur staat de blootstellingsduur in uren en op de verticale de luchttemperatuur. De curves hebben betrekking op verschillende isolatiewaarden van de

kleding. Voor warme kleding bijvoorbeeld (2 clo) mag niet langer dan twee uur gewerkt worden bij een temperatuur van  $-4^{\circ}\text{C}$ .

#### keuze

Het onderwerp koudebelasting wordt alleen behandeld in McCormick en Kodak. In Kodak leidt dit echter niet tot toegestane combinatie van blootstellingsduur en temperatuur. Wel geeft Kodak aan dat bij  $-32^{\circ}\text{C}$  (of lagere temperaturen bij hogere luchtsnelheden bijvoorbeeld  $-20^{\circ}\text{C}$  bij 4 m/s) de kans groot is dat de onbedekte huid binnen 1 minuut zal bevriezen. McCormick geeft wel blootstellingsduren afhankelijk van klimaatfactoren en is daarom gekozen.

#### diskussie

Bij de gekozen grenswaarden is niet aangegeven voor welke taken deze gelden. Het is aannemelijk dat bij zwaardere taken lagere temperaturen zijn toegestaan. Ook is niet aangegeven onder welke condities de richtlijnen geldig zijn, zoals ten aanzien van de luchtsnelheid en de vochtigheidsgraad.

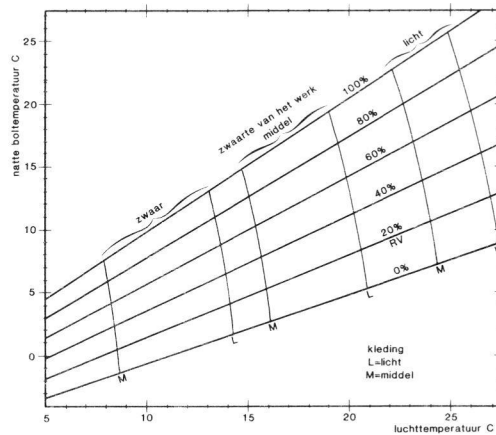
#### N.B.

In het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen (artikel 83, lid 1) is gesteld dat de temperatuurindex, ter plaatse waar arbeid wordt verricht, niet minder mag bedragen dan 12. De temperatuurindex is reeds toegelicht bij het aspect hittebelasting. Een temperatuurindex van 12, voor een vochtige omgeving, komt overeen met een luchttemperatuur van  $12^{\circ}\text{C}$ . Met gemiddelde kleding (1 clo) kan dan volgens de richtlijnen in figuur 2.1 slechts gedurende één uur bij deze temperatuur worden gewerkt. Evenals voor de richtlijn in figuur 2.1 geldt voor de wettelijke richtlijnen dat geen relatie is gelegd met de soort werkzaamheden die worden verricht. De in figuur 2.1 vermelde richtlijn is niet in strijd met de wettelijke bepalingen.

c Komfort

richtlijn

Figuur 2.2 Optimale klimaatkondities (luchttemperatuur, relatieve vochtigheid (RV)) waarbij het klimaat aangenaam wordt ervaren, afhankelijk van de zwaarte van de werkzaamheden en de kleding (Naar: McCormick).



Bovenstaande figuur geeft de waarden voor luchttemperatuur (horizontale as) en relatieve vochtigheid (diagonale lijnen) waarbij het klimaat voor langere tijd als aangenaam wordt ervaren, afhankelijk van de taakzwaarte. Uitgangspunt voor deze richtlijnen is dat de luchtsnelheid gering is ( $\pm 0,15$  m/s) en dat er geen stralingsobjecten zijn. In figuur 2.2 zijn drie comfortzones weergegeven, één voor energetisch licht werk (bijvoorbeeld zitten), één voor middelzwaar werk, en een derde voor zwaar werk. De begrenzingen van een zone worden gevormd door de kromme lijnen die betrekking hebben op de warmte-isolatie van de gedragen kleding, lichte kleding (0,5 clo) zoals een zomerkostuum en gemiddelde kleding (1 clo) zoals een gewoon kostuum ("typical business suit"). Wanneer bijvoorbeeld zittend werk wordt verricht in lichte kleding (bijvoorbeeld kantoorwerkzaamheden in de zomer) dan mag de binnentemperatuur niet hoger zijn dan 27°C bij een relatieve vochtigheid van 60%. In dat geval zal gemiddeld 95% van de mensen comfortabel kunnen werken.



### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig uit McCormick. In Burandt wordt het onderwerp klimaat niet behandeld. Het Vademecum geeft afzonderlijke waarden voor de vier klimaatfactoren, temperatuur, vochtigheid, luchtsnelheid en stralingstemperatuur. In de overige handboeken worden deze factoren steeds in onderlinge samenhang beschouwd. Gekozen is voor een gekombineerde richtlijn in plaats van vier afzonderlijke richtlijnen, aangezien voor de belasting door warmte juist de samenhang belangrijk is. Verder geeft het Vademecum geen bronvermelding. Kodak behandelt alleen zittend werk. Teleac legt bij zowel lichte als middelzware arbeid nadruk op verschillen in luchtsnelheid. Hettinger behandelt bovendien zware arbeid en verschillende kledingtypen. De gekozen richtlijnen van McCormick zijn in één figuur gegeven voor drie soorten arbeid en twee kledingtypen, waarbij de luchtsnelheid gering wordt verondersteld (in alle gevallen wordt de stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur verondersteld). Deze figuur is eenvoudig te hanteren en zal op veel werksituaties van toepassing zijn. Deze grafiek is gebaseerd op onderzoek bij Amerikaanse en Deense jongeren, ouderen, mannen en vrouwen.

### diskussie

Vergelijking tussen de waarden van het Vademecum en de hier gekozen richtlijn leert dat er belangrijke verschillen zijn. Voor kantoorwerk bijvoorbeeld adviseert het Vademecum een temperatuur van 19-21°C bij een relatieve vochtigheid van 70%. Volgens de gekozen richtlijn echter ligt er bij middelzware kleding (1 clo) de gewenste temperatuur rond 24°C.

### N.B.

In het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen wordt in artikel 84, lid 3 en lid 4 gesteld dat indien de temperatuurindex buiten meer dan 18 bedraagt de temperatuurindex in een werklokaal ten hoogste 5 meer mag bedragen. Indien de temperatuurindex buiten lager is dan 18 mag de temperatuurindex in een werklokaal niet meer bedragen dan 23. Voor middelzwaar werk in normale kleding vallen de richtlijnen in figuur 2.2 binnen de bovengestelde bepalingen.

### 3.3 TRILLINGEN

#### inleiding

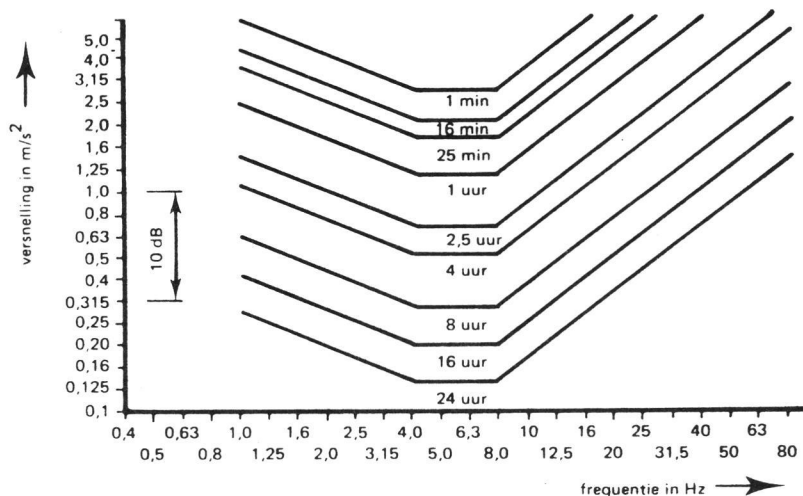
Mechanische trillingen kunnen inwerken op het gehele lichaam ("whole body vibration") of alleen plaatselijk, bijvoorbeeld op handen en armen (hand-arm trillingen). Ongewenste effecten kunnen zijn ongemak, vermindering van prestatie of gezondheidsschade. Of een bepaalde trilling deze effecten veroorzaakt hangt af van een combinatie van drie kenmerken: trillingsfrequentie, trillingsversnelling (intensiteit) en blootstellingsduur. In dit hoofdstuk worden richtlijnen gegeven ten aanzien van deze drie kenmerken. Enerzijds gaat het om richtlijnen voor lichaamstrillingen ("whole body vibration") (onder andere bij voertuigen), anderzijds om richtlijnen voor trillingen van het hand-arm systeem (vooral bij het gebruik van handgereedschap of de bediening van machines). Bij lichaamstrillingen wordt het gehele lichaam in trilling gebracht via de steunvlakken (voeten, zitvlak). Zeer laag-frequentie trillingen (<1 Hz) kunnen een gevoel geven van zeeziekte, maar worden hier niet beschouwd. Het gaat hier om de trillingen met frequenties tussen de 1 en 100 Hz. De in de handboeken genoemde ongewenste effecten van deze trillingen kunnen zijn: ongemak, pijn in de borststreek, ademhalingsmoeilijkheden, rugpijn en verminderd kijkvermogen. In de inventarisatie worden ten aanzien van de lichaamstrillingen alleen richtlijnen gegeven voor verticale trillingen omdat deze het meest voorkomen.

Trillingen die op het hand-arm systeem inwerken kunnen aanleiding geven tot het zogenaamde "hand-arm vibration syndrome". Dit syndroom wordt gekenmerkt door stoornissen van het vaatstelsel (onder andere "witte vingers"), sensomotorische stoornissen (on-gevoeligheid, verminderde vingervaarigheid) en spier-skelet stoornissen (spier-, bot- en gewrichtsaandoeningen).

a Lichaamstrillingen

richtlijn

Figuur 3.1 Maximaal toegestane blootstellingsduur voor verticale lichaamstrillingen, afhankelijk van trillingsfrequentie en trillingsversnelling (Naar: Teleac).



Bovenstaande figuur betreft de ISO-norm 2631. Bij een gegeven frequentie (horizontale as) en versnelling (vertikale as) kan de maximaal toegestane blootstellingsduur, eventueel door interpolatie, worden afgelezen. De getoonde richtlijn is gebaseerd op het prestatie/vermoeidheidscriterium. Het gaat hierbij om de grenswaarde die aangeeft dat door vermoeidheid als gevolg van de trilling de motorische en visuele vaardigheden verminderen. Wanneer het comfortcriterium wordt gehanteerd is de maximaal toegestane versnelling ongeveer 1/3 van de versnelling gebaseerd op het prestatie/vermoeidheidscriterium. Als uiterste belastingsgrens mag de versnelling van het prestatie/vermoeidheidscriterium worden verdubbeld. Wanneer bijvoorbeeld een bestuurder van een landbouwtrekker verticale trilling ondergaat met een versnelling 1 m/s<sup>2</sup> bij een frequentie van 2 Hz is de maximaal toegestane blootstellingsduur 2½ uur. Bij langere blootstelling neemt de prestatie af en kan vermoeidheid als gevolg van de trillingen optreden. De uiterste blootstellingsduur bedraagt 4 uur voor dit voorbeeld.

#### keuze

De gekozen ISO-norm wordt genoemd in Kodak, Teleac en McCormick. Omdat deze norm internationaal is (er is 7 jaar aan gewerkt) is er de voorkeur aan gegeven boven de nationale Duitse norm welke vergelijkbaar is en in Hettinger wordt gegeven. In Burandt en het Vademecum komt het onderwerp trillingen niet of slechts in algemene termen aan de orde.

#### diskussie

In de ISO-norm is geen rekening gehouden met individuele verschillen. Kritische geluiden ten aanzien van de norm hebben betrekking op de geringe empirische ondersteuning onder andere wat betreft de invloed van blootstellingsduur op vermoeidheid en comfort. De grenswaarden voor een blootstellingsduur van minder dan 1 uur zouden mogelijk te hoog kunnen zijn.

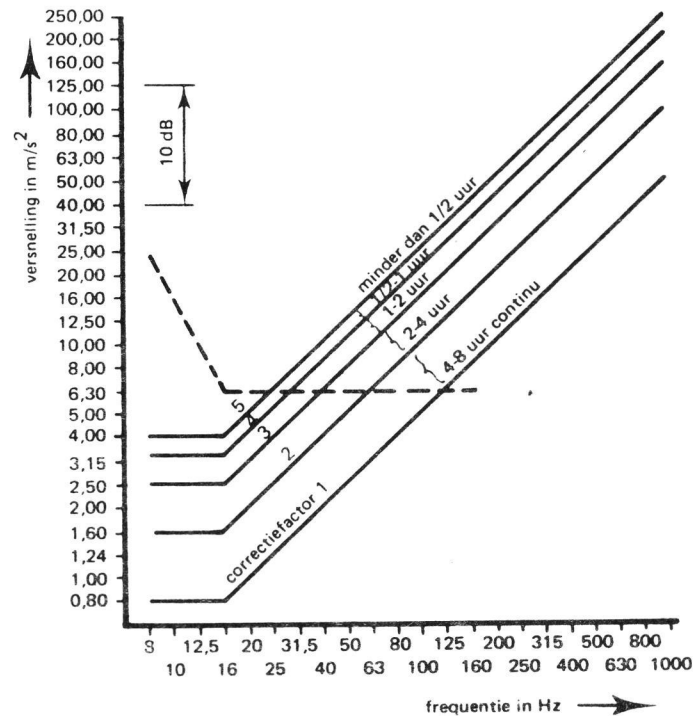
De richtlijnen voor lichaamstrillingen zijn vrij moeilijk te hanteren. Frekwentie, versnelling en blootstellingsduur moeten worden gemeten, geanalyseerd en geïnterpreteerd. Daarvoor is in de praktijk speciale deskundigheid nodig.

De laatste jaren is de tendens toegenomen om niet naar verschillende frekwenties en versnellingen te kijken maar om te komen tot een frekwentie gewogen versnelling. Bovendien wordt die gewogen versnelling vectorieel opgeteld voor de drie richtingen (x,y,z). Een dergelijke benadering geeft een meer realistische beoordeling van het gehele spektrum in de verschillende richtingen. Frekwenties met aanzienlijke, maar niet kritieke, trillingsintensiteit worden dan mede in de beoordeling opgenomen. Een ander voordeel is dat een bepaalde trillingssituatie door één getal wordt gekarakteriseerd. De grootte van dit getal valt over het algemeen hoger uit dan die voor de kritieke frekwenties en kritieke richtingen. De beoordeling van de frekwentie gewogen vectorieel opgetelde effectieve versnelling geschiedt door de horizontale (4-8 Hz) grenzen in de diagram van de ISO 2631 te gebruiken.

## b Hand-arm trillingen

### richtlijn

**Figuur 3.2** Maximaal toegestane blootstellingsduur voor hand-arm trillingen, afhankelijk van trillingsfrequentie en trillingsversnelling (Naar: Teleac).



Bovenstaande figuur betreft de concept ISO-norm 5349. Deze norm is gebaseerd op het voorkomen van dode/witte vingers en omvat dus een gezondheids criterium. Het frequentiegebied dat hier aan de orde komt loopt van 8 tot 1000 Hz. Wanneer bijvoorbeeld bij gebruik van een moterkettingzaag hoogfrequent trillingen voorkomen van 250 Hz met een intensiteit van  $25 m/s^2$  dan mag niet langer dan 4 uur blootstelling plaatsvinden. Bij langere blootstelling bestaat de kans op gezondheidsschade.

### keuze

De concept ISO 5349 wordt vermeld in Teleac. Ook Kodak en McCormick refereren ernaar. In Hettinger wordt de Duitse VDI-norm gehanteerd. McCormick vermeldt tevens de conceptnorm DD43 van de

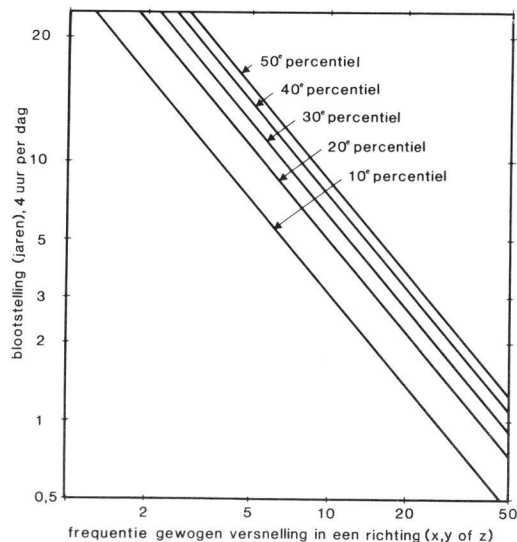
British Standards Institution. Het Vademecum gaat slechts in algemene zin op het onderwerp zonder daarbij grenswaarden te noemen. Het onderwerp wordt in Burandt niet behandeld.

#### diskussie

Ook de concept ISO-norm voor hand-arm trillingen geeft geen beschrijving van de populatie waarvoor de norm van toepassing is. De ISO-norm en de nationale Duitse en Britse normen komen overeen. De grenswaarden zijn gebaseerd op medisch-epidemiologische gegevens. Hand-arm trillingen komen meestal voor in combinatie met andere mechanische belastingsfactoren zoals statische krachttuioefening of schokkrachten door terugslag van gereedschap. Over kumulatieve effecten is nog weinig bekend. Ook wordt gewezen op het probleem van het nauwkeurig meten van trillingen waardoor het gebruik van richtlijnen wordt bemoeilijkt.

Evenals bij de lichaamstrillingen is ook bij de hand-arm trillingen de tendens om situaties te beoordelen aan de hand van een frekwentie gewogen effectieve versnelling. De nieuwe concept ISO-5249.2 geeft de kans op het voorkomen van het witte vinger syndroom als relatie van blootstellingsduur en versnelling. Uitgangspunt is een dagelijkse blootstelling van 4 uur (zie fig. 3.3).

**Figuur 3.3** Blootstellingsduur, waarboven kans bestaat op witte vingers, voor verschillende percentielen, als relatie van het frekwentie gewogen versnellingsniveau (Naar: ISO. DIS 5349.2, 1984).



### 3.4 TOXISCHE STOFFEN

#### inleiding

Chemische stoffen kunnen in werksituaties worden verspreid als gas, damp, nevel of stof, en zo aanleiding geven tot een zekere mate van verontreiniging van de lucht op de werkplek. Boven een bepaalde concentratie (de grenswaarde) die afhankelijk is van de eigenschappen van de stof, kan de verontreiniging leiden tot hinder of schade aan de gezondheid van de daaraan blootgestelde werkende mens.

Toxische stoffen, die zich in de lucht bevinden, komen niet alleen in het lichaam via de ademhaling, maar kunnen ook door de huid, de ogen en via het spijsverteringskanaal in het lichaam komen. Voor de meeste stoffen waarvan de toxiciteit is aangetoond en enig inzicht bestaat in de relatie met de dosis bestaande richtlijnen: de MAC-waarden. De Maximale Aanvaarde Concentraties gelden voor de stoffen in de omgevingslucht die ook wordt ingeademd. De MAC-waarden zijn gebaseerd op experimenten met dieren of aan de hand van voorkomende "ziekte"-gevallen bij mensen. De MAC-waarden veranderen regelmatig door nieuwe inzichten in de toxiciteit van bepaalde stoffen en onder druk van ontwikkelingen in andere landen en door toenemende behoefte risico's te vermijden.

richtlijn

# Nationale MAC-lijst



**Arbeidsinspectie**

**P145**

Te bestellen bij DGA Postbus 69 2270 MA VOORBURG

Op de MAC-lijst komen twee typen waarden voor, te weten:

- Maximale Aanvaarde Concentratie - Tijd gewogen Gemiddelde (MAC-TGG);
- Maximale Aanvaarde Concentratie - Ceiling (MAC-C).

MAXIMALE AANVAARDE CONCENTRATIE - TIJD GEWOGEN GEMIDDELTE (MAC-TGG)

Hieronder verstaat men de over de tijd gemiddelde maximale aanvaarde concentratie bij een blootstellingsduur tot 8 uur per dag en niet meer dan 40 uur per week. Bij overschrijding van deze blootstellingsduur dient een overeenkomstig verlaagde MAC-TGG te worden gehanteerd. Tijdgewogen gemiddelden laten kortdurende overschrijdingen toe, vooropgesteld echter dat het tijdgewogen gemiddelde over de werkdag niet wordt overschreden.

De hoogte van de toegestane kortdurende overschrijding is voor slechts enkele stoffen vastgesteld als tijdgewogen gemiddelde over 15 minuten. Het voornemen bestaat voor de maximaal toegestane kortdurende overschrijding een waarde te hanteren die tweemaal groter is dan de MAC-TGG voor 8 uur.



#### MAXIMALE AANVAARDE CONCENTRATIE-CEILING (MAC-C)

Overschrijding van deze concentratie moet in alle gevallen worden voorkomen. Een dergelijke aanduiding wordt toegepast bij die stoffen waarvan de MAC-waarden (mede) zijn gebaseerd op een snel optredende toxische werking. Bovendien worden in de MAC-lijst nog stoffen vermeld waarvoor men bezig is met het opstellen van een MAC-waarde.

#### keuze

In de meeste handboeken worden geen richtlijnen gegeven voor gevaarlijke stoffen en wordt niet ingegaan op het bestaan van MAC-waarden. In Teleac wordt wel op het bestaan van de Nederlandse MAC-lijst gewezen. Alleen in Hettinger worden waarden gegeven voor de maximaal aanvaarde concentratie van verschillende gevaarlijke stoffen. De in dit handboek vermelde MAC-waarden dateren van 1980 en worden in Duitsland gehanteerd. Hoewel in Teleac geen waarden worden vermeld is toch gekozen voor de Nederlandse MAC-waarden. De lijst is niet in deze inventarisatie opgenomen, maar kan apart worden besteld.

#### diskussie

Het vaststellen van een 'veilige' grens voor toxische stoffen is zeer complex. Allereerst is het vaak heel moeilijk aan te tonen welke gevolgen zich kunnen voordoen bij blootstelling. Ten tweede is het vaak moeilijk aan te geven in welke mate iemand gedurende een dag wordt blootgesteld. Daarbij speelt de combinatie van blootstellingsduur en concentratie een belangrijke rol. Een derde aspect bij de blootstelling is de mate van inspanning tijdens de blootstelling. Bij grote lichamelijke inspanning zal door verhoogde ademhaling en een vochtige huid de opname van toxische stoffen kunnen toenemen. Met behulp van biologische "monitoring" kan dit worden ondervangen, echter zijn de mogelijkheden nog zeer beperkt.

Bij het opstellen van de MAC-waarden wordt uitgegaan van een dagelijkse blootstelling, gedurende de hele dag, over een periode van 40 jaar.

Het opstellen van een MAC-waarde gebeurt in de meeste landen door een kommissie van deskundigen en betrokkenen in de

praktijk. Het zal duidelijk zijn dat de meest veilige grens is: geen aanwezigheid. Echter is dit in de praktijk onmogelijk tenzij men enorme investeringen doet. Dit betekent dat in de praktijk soms een kompromis wordt afgesproken, waarbij zowel de risico's als de investeringen aanvaardbaar zijn. Deze wijze van vaststelling kan leiden tot verschillen tussen landen en leidt tot grenswaarden die voortdurend ter discussie staan, omdat deze afhangt van ontwikkeling op het gebied van de bestrijding en op het gebied van de kennis over de risico's. In Nederland wordt jaarlijks de Nationale MAC-lijst uitgegeven (Arbeidsinspektie P 145).

Richtlijnen voor de blootstelling aan combinaties van stoffen zijn nog niet voor handen. Ook is nog moeilijk een indruk te geven van de gevaren en risico's aan blootstelling en combinaties van toxische stoffen.

N.B.

De Arbeidsinspektie hanteert met ingang van publikatie van de MAC-lijst de daarin vermelde grenswaarden tegen de achtergrond van de bepalingen van het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken of Werkplaatsen 1938 en de daarop van kracht geworden wijzigingen.

### 3.5 STOF EN VUIL

#### inleiding

Op de werkplek kunnen zich hoge concentraties zwevende stofdeeltjes in de omgevingslucht voordoen. Deze stofdeeltjes kunnen afkomstig zijn van de produkten waarmee wordt gewerkt of vrijkomen bij bepaalde bewerkingen (slijpen, boren etc.). In dit hoofdstuk wordt alleen aandacht besteed aan inertstof. Inertstof heeft geen toxische eigenschappen en is niet fibrogeen (bindweefselvormend in de longen). Grotere concentraties zijn echter wel belastend omdat de stof zich ophoopt in de ademhalingswegen en in de longen. Die ophoping roept directe reacties op van het weefsel. In dit hoofdstuk worden alleen richtlijnen gegeven voor niet-toxisch stof. Toxische stoffen worden behandeld in hoofdstuk 4.

Luchtverversing van de werkplekruimte, ventilatie, is voor iedere ruimte van belang. Naast "hinderlijke luchtjes" bepalen ook de zuurstofvoorziening en afvoer van afvalstoffen de kwaliteit van de omgevingslucht. In dit hoofdstuk zal vooral worden ingegaan op de luchtverversing voor aanvoer van zuurstof en afvoer van afvalstoffen ( $\text{CO}_2$ ). In dit hoofdstuk worden behandeld

a Inertstof.

b Ventilatie.

#### a Inertstof

#### richtlijn

Tabel 5.1 Maximale concentratie inertstof, bij een achturige blootstelling  
(Naar: Hettinger).

---

Maximale Arbeidsplaats concentratie: 8 mg/m<sup>3</sup> lucht of 2000 deeltjes/cm<sup>3</sup> lucht

---

De hierboven vermelde richtlijn is de Duitse MAC-waarde. In Duitsland wordt hieronder verstaan de Maximale Arbeidsplaats Concentratie, hogere concentratie mogen niet voorkomen.

Het maximale gewicht (8 mg/m<sup>3</sup> lucht) van inertstof in de lucht heeft betrekking op de grotere stofdeeltjes die vooral in de ademhalingswegen

terechtkomen. Voor de kleinere deeltjes (diameter kleiner dan 1  $\mu\text{m}$ ) geldt een maximale concentratie in aantal deeltjes per hoeveelheid omgevingslucht ( $2000/\text{cm}^3$  lucht). Deze fijne stof dringt door tot de longblaasjes. Voor deeltjes van 10  $\mu\text{m}$  geldt bijvoorbeeld als richtlijn dat in de lucht niet meer dan 8 mg stof mag zitten per kubieke meter lucht.

#### keuze

Bij de keuze voor richtlijnen voor de maximale concentratie van inertstof vielen vier handboeken af, omdat hierin geen aandacht wordt besteed aan inertstof. In Teleac wordt wel het bestaan van MAC-waarden genoemd, maar alleen in Hettinger worden maximale waarden voor de concentratie gegeven. Deze is dan ook in dit hoofdstuk vermeld.

#### diskussie

De maximale concentratie heeft betrekking op een achturige blootstelling. In de praktijk echter komen in veel gevallen vaak voor korte duur (bijvoorbeeld bij het leegstorten van een zak met meel) hogere concentraties stof voor. Voor deze pieken is het moeilijk de richtlijnen te hanteren. Bij de richtlijnen is niet aangegeven voor welk soort werkzaamheden en de fysieke (vooral energetische) belasting de richtlijnen gelden. Bij een hogere ademhalingsfrequentie wordt meer stof opgenomen dan bij een lagere.

#### N.B.

In de Nederlandse MAC-lijst, zoals die wordt gehanteerd in het kader van het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen zijn ook MAC-waarden vermeld voor hinderlijk (inert)stof en voor "respirabel stof". Deze bedragen respectievelijk 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  of 1000 deeltjes per  $\text{m}^3$  en 5  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

## b Ventilatie

### richtlijn

Tabel 5.2 Minimale werkplekruimte per persoon in m<sup>3</sup> en minimale luchtverversing in m<sup>3</sup>/uur, afhankelijk van de energetische zwaarte van het werk (Naar: Hettinger).

| zwaarte werkzaamheden     | m <sup>3</sup> ruimte per persoon |          | verversing m <sup>3</sup> /uur |          |
|---------------------------|-----------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
|                           | minimaal                          | optimaal | minimaal                       | optimaal |
| zeer lichte werkzaamheden | 10                                | 15       | 30                             | 45       |
| lichte werkzaamheden      | 12                                | 18       | 35                             | 53       |
| middelzware werkzaamheden | 15                                | 23       | 50                             | 75       |
| zware werkzaamheden       | 18                                | 27       | 60                             | 90       |

Bovengenoemde richtlijnen voor ventilatie hangen samen met de werkzaamheden die worden verricht en de ruimte waarin men werkt. Om die reden is in deze tabel tevens de, vanuit ventilatie gezien, minimale werkplekruimte aangegeven. De mate van ventilatie is gebaseerd op luchtbederf van vooral de uitgeademde lucht (CO<sub>2</sub>). Zo is bijvoorbeeld voor iemand die kantoorarbeid verricht minimaal 10 m<sup>3</sup> ruimte nodig en deze ruimte moet dan per uur van minimaal 30 m<sup>3</sup> frisse lucht worden voorzien. Dit betekent dat wanneer de ruimte werkelijk 10 m<sup>3</sup> groot is, deze ruimte driemaal per uur geheel ververst moet worden.

### keuze

Net als bij inertstof wordt alleen in Teleac en Hettinger aandacht besteed aan ventilatie. In Teleac wordt voor kantoorarbeid alleen de aanbeveling gedaan van 30 m<sup>3</sup>/u per persoon ventilatie. Hettinger gaat veel uitgebreider in op de ventilatie en koppelt de ventilatie aan de energetische arbeid die moet worden verricht. Deze richtlijn is hier opgenomen.

### diskussie

In Hettinger zijn verschillende soorten richtlijnen voor ventilatie te vinden. De hier gekozen richtlijn heeft betrekking op het aanvoeren van verse lucht. Meer subjectieve richtlijnen die worden vermeld hebben te maken met de ervaren "hinderlijke

luchtjes". Deze richtlijnen zijn via vragenlijsten vastgesteld en moeilijk in konkrete waarden weer te geven.

N.B.

In het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen wordt in artikel 87 lid 3 gesteld dat bij toepassing van kunstmatige luchtverversing, wanneer natuurlijke luchtverversing niet mogelijk is, middels doeltreffende technische voorzieningen worden zorggedragen voor een luchtverversing van tenminste 10 m<sup>3</sup> per uur per arbeider.

### 3.6 VERLICHTING

#### inleiding

Bij het verrichten van visuele taken is een op het werk afgestemde verlichting noodzakelijk. Daarbij is zowel de verlichtingssterkte als de verdeling van het licht over de verschillende vlakken belangrijk. De minimale verlichtingssterkte is afhankelijk van de visuele kenmerken van de taak. Deze kenmerken zijn de grootte en het contrast van de details die moeten kunnen worden waargenomen om de taak goed te kunnen verrichten (zie ook hoofdstuk 5.11, Visuele informatiepresentatie). De verlichtingssterkte is de hoeveelheid licht die op een vlak (bijvoorbeeld een werkbank) valt en wordt uitgedrukt in lux.

De lichtverdeling van de verschillende vlakken in het gezichtsveld (werk, werkplek en werkomgeving) wordt uitgedrukt in de luminantieverschillen (helderheidsverschillen). De luminantie van een vlak is de hoeveelheid licht die van een vlak afstraalt (door reflectie of als bron). Als de luminantieverschillen tussen vlakken (bijvoorbeeld scherm en werkblad) groot zijn moet het oog zich steeds opnieuw aanpassen waardoor details minder goed en minder snel zichtbaar zijn. In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens richtlijnen behandeld voor:

a Verlichtingssterkte.

b Luminantieverschillen.

a Verlichtingssterkte

richtlijn

Tabel 6.1 Verlichtingssterkte in lux voor taken met verschillende visuele kenmerken (Naar: McCormick).

| verlichtingssterkte         | kategorie | visuele kenmerken van de werkzaamheden                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20-30-50 <sup>1</sup>       | A         | openbare ruimte in een donkere omgeving                                                                                                                                                               |
| 50-70-100 <sup>2</sup>      | B         | globale oriëntatie in een ruimte tijdens kort bezoek                                                                                                                                                  |
| 100-150-200 <sup>2</sup>    | C         | ruimte waar sporadisch visuele taken worden verricht                                                                                                                                                  |
| 200-300-500 <sup>1</sup>    | D         | visuele taken met grote onderdelen of een hoog contrast tussen de onderdelen:<br>bijv.: lezen van een gedrukte tekst<br>grove werkzaamheden aan een werkbank<br>algemene inspektietaken               |
| 500-750-1000 <sup>1</sup>   | E         | visuele taken met kleine onderdelen of een matig contrast tussen de onderdelen<br>bijv.: lezen van een slecht gedrukte tekst<br>algemene werkzaamheden aan een werkbank<br>zorgvuldige inspektietaken |
| 1000-1500-2000 <sup>1</sup> | F         | visuele taken met zeer kleine onderdelen of een laag contrast tussen de onderdelen<br>bijv.: zeer slecht gereproduceerde tekst<br>zorgvuldige en moeilijke inspektietaken                             |
| 2000-3000-5000 <sup>2</sup> | G         | visuele taken over een lange periode met zeer kleine onderdelen<br>bijv.: assemblagewerk met zeer kleine onderdelen<br>zeer fijne werkzaamheden aan lab.tafel of werkbank                             |
| 5000-7000-10000             | H         | zeer nauwkeurige visuele taken over een zeer lange periode<br>bijv.: zeer moeilijke inspektietaken<br>assemblage van extreem kleine onderdelen                                                        |
| 10000-15000-20000           | I         | speciale visuele taken met extreem kleine onderdelen en extreem lage contrasten tussen onderdelen<br>bijv.: werkzaamheden in operatiekamer                                                            |

<sup>1</sup>Verlichtingssterkte op de plaats van de werkzaamheden.

<sup>2</sup>Algemene verlichtingssterkte in de gehele ruimte.



Tabel 6.2. Weegfactoren voor leeftijd, vereiste kwaliteit en reflekties van taakachtergrond (Naar: McCormick).

| kenmerken van taak<br>en persoon | weegfactor    |            |                   |
|----------------------------------|---------------|------------|-------------------|
|                                  | -1            | 0          | +1                |
| leeftijd                         | jonger dan 40 | 40-55      | ouder dan 55 jaar |
| snelheid en nauwkeurigheid       | onbelangrijk  | belangrijk | kritisch          |
| reflektie van taakachtergrond    | meer dan 70%  | 30-70%     | minder dan 30%    |

Tabel 6.3. Selektie per categorie van verlichtingssterkte (tabel 6.1) afhankelijk van totale weegfactor (som van de weegfactoren uit tabel 6.2).

|                         |           |                  |
|-------------------------|-----------|------------------|
| categorie A t/m C       |           |                  |
| totale weegfactor (twg) | -1, -2    | laagste waarde   |
|                         | 0         | middelste waarde |
|                         | +1, +2    | hoogste waarde   |
| categorie D t/m I       |           |                  |
| totale weegfactor (twg) | -2, -3    | laagste waarde   |
|                         | -1, 0, +1 | middelste waarde |
|                         | +2, +3    | hoogste waarde   |

De visuele kenmerken van een taak zijn ingedeeld in 9 categorieën (A t/m I) (tabel 6.1). In de rechter kolom zijn steeds per categorie één of meerdere voorbeelden gegeven van taken. Aan de hand daarvan moet de betreffende taak, waarvoor richtlijnen zijn gegeven, in één van de categorieën worden ingedeeld. Het lezen van een boek wordt bijvoorbeeld ingedeeld in categorie D. Nadat de betreffende taak in één van de categorieën is ingedeeld kan in de linker kolom de benodigde verlichtingssterkte worden afgelezen. Steeds worden drie waarden gegeven. De verlichtingssterkte voor het lezen van een boek is 200, 300 of 500 lux. Welke van de drie waarden moet worden gekozen hangt af van de leeftijd van de taakuitvoerder, van de snelheid of nauwkeurigheid waarmee de taak moet worden verricht en de reflektie van de taakachtergrond. De reflektie is uitgedrukt in het percentage van het licht dat door het oppervlak wordt teruggekaatst. Meer licht is nodig bij oudere werknemers, snelle of nauwkeurige taken bij een geringe reflektie van de taakachtergrond. In tabel 6.2 staan weegfactoren (-1, 0 of +1) voor de leeftijd, snelheid en

nauwkeurigheid en de reflectie. de totale weegfactor (twg) wordt gevonden door de afzonderlijke weegfactoren op te tellen. Voor iemand van bijvoorbeeld 45 jaar (weegfactor 0) die een boek leest (kategorie D) waarbij nauwkeurig lezen kritisch is (weegfactor 6) en waarbij de taakachtergrond donker is (weegfactor +1) is de twg gelijk aan  $0+1+1 = +2$ . In dit geval moet de hoogste van de drie waarden voor de verlichtingssterkte worden gekozen. Voor categorie D betekent dit een verlichtingssterkte van 500 lux.

#### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van McCormick. Het onderwerp verlichting wordt in alle handboeken behandeld. Daarbij wordt steeds, uitgaande van de visuele kenmerken van de taak, een waarde voor de verlichtingssterkte gegeven. De interpretatie van deze visuele kenmerken aan de hand van voorbeelden is in het Vademecum, Burandt en Hettinger moeilijker dan in McCormick omdat er minder en minder precies omschreven voorbeelden in deze handboeken staan. In Kodak wordt dezelfde tabel gebruikt als in McCormick. Een belangrijk verschil is echter dat Kodak per categorie in plaats van drie waarden voor de verlichtingssterkte, een glijdende schaal gebruikt met de laagste en de hoogste waarde als grenswaarden. De keuze van de exacte waarde op deze schaal wordt overgelaten aan een deskundige. In Teleac wordt de grootte van het kleinst te onderscheiden detail uitgedrukt in boogminuten. Hierdoor speelt zowel de afmeting van het detail als de afstand tot het oog een rol. Deze taakindeling is konkreter dan de indeling van McCormick. Echter is de indeling van McCormick van de taakeigenschappen meer praktijkgericht, vanwege de genoemde voorbeelden.

#### diskussie

Het grootste probleem bij het hanteren van de gekozen richtlijn is het schatten van de visuele kenmerken van de taak. Dit geeft nog veel ruimte aan interpretatie. Daarom is het ook moeilijk de verschillende waarden in de handboeken met elkaar te vergelijken. In categorie E van de gekozen richtlijn (500-1000 lux) gaat het bijvoorbeeld om visuele taken met een matig contrast of kleine afmetingen van de onderdelen. In het Vademecum geldt

500-1000 lux voor "normaal werk" en in Burandt en Hettinger voor "normale/moeilijke visuele taken met middelkleine/kleine details". Verder is uit McCormick niet duidelijk of het gaat om minimale en/of optimale verlichtingssterkten. In Teleac is wel onderscheid gemaakt tussen minimale, nominale en initiële (nieuwe installatie) waarden. Voor gemiddeld fijne visuele werkzaamheden is de minimale grens 750 lux.

## b Luminantieverschillen

### richtlijn

Tabel 6.4 Maximaal toelaatbare luminantieverhoudingen in het gezichtsveld tussen eigenlijke taak, direkte omgeving en verdere omgeving bij visuele taken (Naar: Kodak).

| kondities                                                                        | kantoor | industrie |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|
| tussen de taak en omgrenzende donkere oppervlakken                               | 3:1     | 3:1       |
| tussen de taak en omgrenzende lichtere oppervlakken                              | 1:3     | 1:3       |
| tussen de taak en verder gelegen donkere oppervlakken                            | 5:1     | 20:1      |
| tussen de taak en verder gelegen lichtere oppervlakken                           | 1:5     | 1:20      |
| tussen lichtgevende oppervlakken (licht, ramen etc.) en omgrenzende oppervlakken | 20:1    | n.k.      |
| overige omstandigheden in normale kijkveld                                       | 40:1    | n.k.      |

n.k.: niet controleerbaar in de praktijk

In het ideale geval is de luminantie van de aangrenzende omgeving gelijk aan de luminantie op de taak (verhouding 1:1). In de tabel zijn maximaal toelaatbare luminantieverhoudingen weergegeven onder verschillende kondities in zowel kantoren als in de industrie. Het blijkt bijvoorbeeld dat de direkt aangrenzende omgeving minder dan drie maal lichter of donkerder moet zijn dan de eigenlijke taak. Overigens moet de verlichtingssterkte bij de eigenlijke taak steeds voldoende zijn (zie tabel 6.1).

### keuze

In Hettinger komt het onderwerp luminantieverschillen in het gezichtsveld niet aan de orde. Het Vademecum gaat slechts in algemene bewoordingen in op het onderwerp. Burandt en Teleac geven geen bronvermelding. McCormick en Kodak gebruiken dezelfde bron.

Een opmerkelijk verschil is echter dat Kodak spreekt over maximaal toelaatbare luminantieverschillen en McCormick over aanbevelen luminantieverschillen. Omdat in verband met de akkomodatie van de ogen kleine verschillen de voorkeur hebben is de benadering (maximum) van Kodak gekozen.

#### diskussie

Uit de handboeken komt niet éénduidig naar voren of gestreefd moet worden naar minimale luminantieverschillen of dat juist enige verschillen wenselijk zijn. Kodak en Burandt bevelen zo klein mogelijke verschillen aan en geven maximaal toelaatbare verschillen. McCormick streeft naar vaste (soms vrij grote) verschillen. Teleac geeft de verwarring goed weer met de opmerking "tegenwoordig hanteert men als vuistregel voor de maximaal toe te laten en soms ook de gewenste verhoudingen van de luminantie in het gezichtsveld: eigenlijke visuele taak: direkte omgeving: perifere omgeving = 10:3:1". Deze verschillen houden wellicht verband met een mogelijk konflikt tussen enerzijds adaptatie van de ogen waarbij naar minimale verschillen moet worden gestreefd en anderzijds de beleving van de omgeving: kleine verschillen worden als saai ervaren.

Naast verwarring omtrent de grootte van de verschillen heerst er ook verwarring over de richting van de verschillen.

Moet de taak lichter of donkerder zijn dan de omgeving? Voor Kodak, Burandt en McCormick lijkt deze vraag niet belangrijk omdat het uitsluitend gaat om verschillen tussen taak en omgeving. Wel stelt McCormick dat in kantoren de direkte omgeving 3x donkerder moet zijn dan de taak (hoewel de verder omgeving wel 5x donkerder of lichter moet zijn dan de taak). Ook het Vademecum stelt meer algemeen dat "luminanties op de taak de hoogst voorkomende moeten zijn en geleidelijk moeten aflopen naar buiten". Ook Teleac houdt het in eerste instantie hierop gezien bovengenoemde verhouding van 10:3:1. Toch stelt Teleac even later dat in daglichtsituaties de direkte visuele taak niet meer het helderste deel van het gezichtsveld kan zijn. "Er moet dan naar worden gestreefd de omgekeerde verhouding te laten gelden: direkte visuele taak: direkte omgeving: perifere omgeving = 1:3:10".

### 3.7 LICHAMELIJKE VERMOEIDHEID

#### inleiding

Lichamelijke vermoeidheid heeft in dit hoofdstuk betrekking op de gevolgen van zware spierarbeid. Twee soorten spierarbeid worden daarbij onderscheiden:

a Algemene dynamische spierarbeid.

b Lokale statische spierarbeid.

Bij algemene dynamische spierarbeid zijn veel spiergroepen betrokken en zijn spieren en lichaamsdelen in beweging. Voorbeelden zijn handzagen, hardlopen en graven. Bij dit type arbeid is het energieverbruik van het lichaam de beperkende faktor. Richtlijnen voor de maximaal toelaatbare, energetische belasting (taakzwaarte) hebben betrekking op de maximale hoeveelheid energie per tijdseenheid, waarbij de gehele dag zonder uitputting kan worden gewerkt. In hoofdstuk 3.19 worden richtlijnen gegeven voor rustperiodes wanneer sprake is van een hogere energetische belasting.

Bij lokale statische spierarbeid zijn spieren en lichaam nauwelijks in beweging maar wordt een gefixeerde houding ingenomen, waarbij een uitwendige kracht wordt geleverd, zodat het spierskeletstelsel plaatselijk wordt belast. Statische spierbelasting voor het handhaven van houdingen zonder uitwendige krachtoefening is wel vermoeiend maar komt in dit hoofdstuk niet aan de orde, omdat hiervoor geen richtlijnen werden aangetroffen. Voorbeelden van lokale statische spierarbeid met krachtoefening zijn arm/schouderbelasting bij gebruik van handgereedschap en krachtoefening in een voorovergebogen rughouding. Bij dit type arbeid is de beperkende faktor op korte termijn vooral spierpijn als gevolg van ophoping van afvalstoffen c.q. verminderde circulatie in de spieren. Richtlijnen voor lokale statische spierarbeid hebben betrekking op de maximaal mogelijke volhoudtijd van de geleverde krachtspanning.

a Algemene dynamische spierarbeid

richtlijn

Tabel 7.1 Maximaal toelaatbaar energieverbruik (arbeid + basaal verbruik) bij algemene dynamische spierarbeid gedurende een 8-urige werkdag (Naar: Hettinger).

|          |                    |                    |
|----------|--------------------|--------------------|
| mannen:  | 4.0 - 4.2 kcal/min | 16.5 - 18.0 KJ/min |
| vrouwen: | 2.6 - 2.8 kcal/min | 11.0 - 12.0 KJ/min |

In bovenstaande tabel is het energieverbruik uitgedrukt in Kcal/min en KJ/min. Eén Kcal/min komt overeen met ongeveer 70 Watt. De richtlijn is geldig voor personen met een gemiddelde konditie. De aangegeven waarden gelden voor een werkdag van 8 uur. Voor bijvoorbeeld stofzuigen is een hoeveelheid energie nodig van 2,9 - 3,4 Kcal/min. Dat betekent dat wanneer dergelijk werk gedurende een gehele dag wordt verricht stofzuigen niet geschikt is voor vrouwen maar wel voor mannen.

Wanneer belastingen boven de aangegeven maxima komen, dan dient hiermee rekening te worden gehouden bij de organisatie van het werk door het kiezen van geschikt werk/rusttijdschema (zie hoofdstuk 5.19, werkorganisatie).

keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Hettinger. Het onderwerp algemene dynamische spierarbeid komt in Burandt niet voor. Het Vademecum geeft alleen een algemene beschouwing, terwijl Kodak zijdelings op het onderwerp ingaat. McCormick, Teleac en Hettinger geven wel maximale waarden voor de energetische zwaarte van het werk. Bij McCormick gaat het om een waarde voor mannen; terwijl Hettinger en Teleac ook waarden geven voor vrouwen. De waarden van Teleac zijn bovendien afhankelijk van leeftijd. Toch is hier niet voor Teleac gekozen omdat de bij de grafiek gegeven formule voor het berekenen van de maximaal toelaatbare taakzwaarte onrealistische (soms negatieve) waarden oplevert.

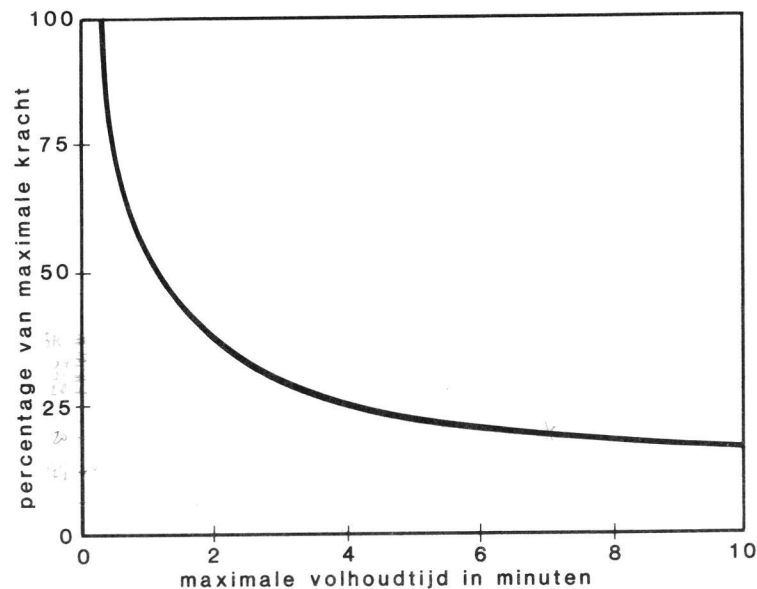
### diskussie

De waarden voor de maximale taakzwaarte voor mannen die worden gegeven in Hettinger en McCormick komen goed overeen. Deze waarden betreffen gemiddelden en zijn niet leeftijd-afhankelijk. In de door Teleac gegeven grafiek wordt gesteld dat het vanaf het 20-ste levensjaar de maximaal toegestane taakzwaarte voor mannen elke 10 jaar ongeveer 0,5 Kcal/min lager komt te liggen. De waarden gelden voor algemene dynamische spierarbeid waarbij de statische componenten niet sterk vertegenwoordigd zijn. Voor het beoordelen van een individuele arbeidssituatie kan alleen met gemiddelden worden gewerkt, aangezien in de handboeken maar zeer beperkt wordt ingegaan op spreidingen. In Europa wordt veelal de regel gehanteerd dat de energetische belasting, gedurende langere tijd, niet meer mag bedragen dan 1/3 van de maximaal mogelijke belasting. Deze wordt veelal gemeten middels de maximale zuurstofopname.

### b Lokale statische spierarbeid

#### richtlijn

Figuur 7.1. Maximale volhoudtijd van een uitwendige krachtoefening als percentage van maximale krachtoefening tijdens lokale statische spierarbeid (Naar: McCormick).



De maximale volhoudtijd in minuten staat vermeld bij de horizontale as en de mate van krachttuioefening bij de verticale as. Krachttuioefening is uitgedrukt als percentage van de maximaal te leveren uitwendige kracht. De maximale kracht van een bepaalde spiergroep is afhankelijk van geslacht, leeftijd, getraindheid en van de houding. Voor een aantal verschillende houdingen staan de maximale arm- en beenkrachten vermeld in hoofdstuk 3.9 (krachttuioefening). Voor bijvoorbeeld een jonge volwassen man kost het dragen van een koffer van 28 kg met één hand in een rechtopstaande houding een krachtinspanning van 50% van de maximale omhooggerichte armkracht (56 kg volgens tabel 9.3). Na 1 minuut is er dus volgens figuur 7.1 merkbare vermoeidheid welke weer kan worden hersteld door ontlasting van de armspieren. Wanneer de koffer 10 minuten moet worden gedragen mag deze niet meer wegen dan 11 kg (20% van 56 kg).

#### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van McCormick. Kodak en Burandt gaan nauwelijks in op het onderwerp, terwijl Teleac en het Vademecum een algemene beschouwing geven met slechts hier en daar enkele waarden voor bijzondere krachtinspanningen. Hettinger geeft volledige relaties tussen volhoudtijd en krachtinspanning voor een aantal specifieke spiergroepen. De relatie uit McCormick is echter algemeen toepasbaar.

#### diskussie

Spierarbeid bestaat uit zowel een dynamisch deel als een statisch deel. Vooral als gevolg van mechanisering en automatisering neemt de betekenis van dynamische arbeid af. Werk-rusttijden zullen dan ook vooral op de statische belasting gebaseerd moeten zijn (zie ook diskussie bij hoofdstuk 3.19, werkorganisatie). Wel dient hierbij aangetekend te worden dat de gegeven richtlijn voor de volhoudtijd van statische belastingen alleen bruikbaar is voor statische werkhoudingen waarbij het gaat om aanzienlijke uitwendige krachttuioefening en niet voor gefixeerde werkhoudingen zonder krachttuioefening. De relatie van figuur 7.1 tussen krachttuioefening en volhoudtijd geldt immers voor kortdurende statische arbeid (tot 10 minuten) met een vrij grote krachttuioefening (meer dan 20%). Bij gefixeerde werkhoudingen



is de maximaal toelaatbare tijdsduur van de houding meestal aanzienlijk langer dan 10 minuten, maar wel beperkt. Richtlijnen voor de maximale tijd van gefixeerde werkhoudingen zonder uitwendige krachttuitoefening werden niet in de handboeken aangetroffen.

### 3.8 ANTROPOMETRIE

#### inleiding

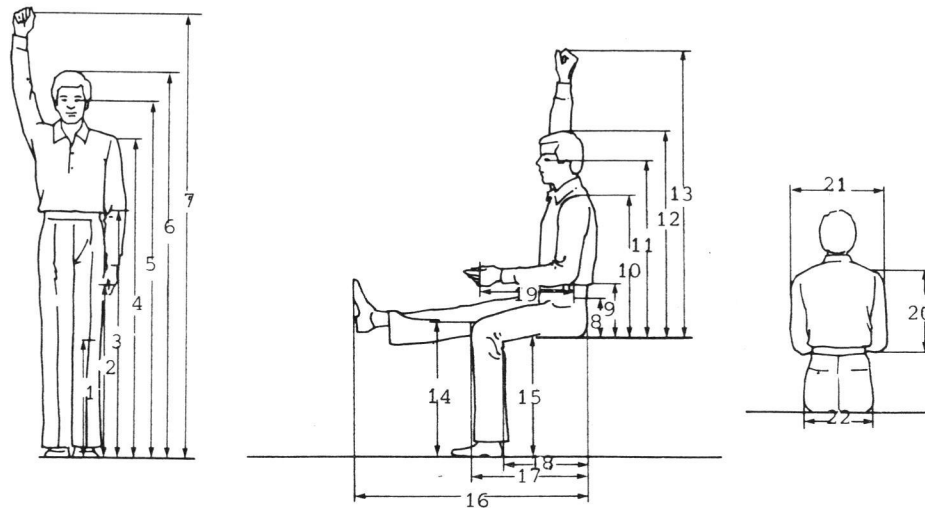
Antropometrische gegevens bestaan uit lichaamsmaten, zowel van het hele lichaam als van lichaamsdelen. In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste maten van een lichaam in staande en zittende houding worden gegeven. De afmetingen van afzonderlijke lichaamsdelen (bijvoorbeeld: hand, voet of hoofd) worden meestal alleen voor specifieke situaties gebruikt en komen hier niet aan de orde. Daarvoor moeten de handboeken apart worden geraadpleegd.

De antropometrische gegevens hebben altijd betrekking op een bepaalde populatie. Bij het vermelden van richtlijnen is het daarom noodzakelijk aan te geven op welke populatie de gegevens betrekking hebben. De gegevens bestaan uit gemiddelden met bepaalde spreiding. Gebruikelijk is het om naast het gemiddelde ook de maten te geven waaronder de kleinste 5% van de populatie valt en waarboven de grootste 5% van de populatie valt (het zogenaamde 5e percentiel en 95e percentiel). Het 50e percentiel betreft de rekenkundig "gemiddelde mens". Welke maten worden gehanteerd hangt sterk af van de situatie (bijvoorbeeld voor de deurhoogte het 95e percentiel zodat lange mensen erdoor kunnen en voor de hoogte van een lichtschakelaar het 5e percentiel zodat kleine mensen erbij kunnen). Door gebruik te maken van antropometrische gegevens wordt voorkomen dat werksituaties met slechte werkhoudingen ontstaan of dat voor sommigen geen plaats is.

In dit hoofdstuk worden de afmetingen van de mens gegeven. In de hoofdstukken 5.10 en 5.17 worden afmetingen voor verschillende onderdelen van de werkplek gegeven. De gegevens in dit hoofdstuk zijn bedoeld voor situaties waarvoor dit laatste soort richtlijnen niet bestaan.

richtlijn

Figuur 8.1 Lichaamsmaten in staande en zittende werkhouding (Naar: Kodak).



1. kniehoogte: vloer tot aan bovenkant scheenbeen
2. vuisthoogte: vloer tot onder de knokkels van hangende armen
3. ellebooghoogte: vloer tot aan holte tussen humerus en radius
4. schouderhoogte: vloer tot aan uiteinde schouderblad
5. ooghoogte: vloer tot aan pupil van het oog
6. lichaamshoogte: vloer tot aan hoogste punt midden op het hoofd
7. reikhoogte: vloer tot aan punt tussen duim en wijsvinger
8. dijbeenhoogte: zitvlak tot aan hoogste punt dijbeen
9. ellebooghoogte: zitvlak tot aan onderkant elleboog, onderarm 90°
10. schouderhoogte: zitvlak tot aan merkpunt midden op schouder
11. ooghoogte: zitvlak tot aan "binnen" ooghoek
12. zithoogte: zitvlak tot aan hoogste punt op hoofd
13. reikhoogte: zitvlak tot aan midden van cylinder in hand boven het hoofd
14. kniehoogte: vloer tot bovenrand knieschijf
15. knieholtehoogte: vloer tot de pees in knieholte
16. beenlengte: afstand tussen zool en muur achter de rug
17. bovenbeenlengte: afstand voorkant knie tot aan muur
18. zitdiepte: afstand knieholte tot aan muur
19. onderarmlengte: afstand tussen punt wijsvinger/duim en achterkant elleboog
20. bovenarmlengte: afstand tussen schouderuiteinde en onderkant elleboog
21. schouderbreedte: afstand tussen buitenkant spieren in bovenarmen
22. heupbreedte: grootste afstand tussen de heupen.

| afmeting            | man        |       |       | vrouw      |       |       |
|---------------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|                     | percentiel |       |       | percentiel |       |       |
|                     | 5de        | 50ste | 95ste | 5de        | 50ste | 95ste |
| 1. kniehoogte       | 40.1       | 45.6  | 51.1  | 37.3       | 42.0  | 46.7  |
| 2. vuisthoogte      | 67.5       | 75.5  | 83.5  | 63.2       | 71.0  | 78.8  |
| 3. ellebooghoogte   | 102.5      | 110.5 | 118.5 | 93.2       | 102.6 | 112.0 |
| 4. schouderhoogte   | 131.6      | 143.7 | 155.9 | 122.1      | 132.9 | 143.7 |
| 5. ooghoogte        | 152.4      | 164.4 | 176.4 | 140.4      | 151.4 | 160.4 |
| 6. lichaamslengte   | 161.6      | 174.5 | 187.4 | 150.3      | 162.1 | 173.9 |
| 7. reikhoogte       | 192.9      | 209.6 | 226.3 | 182.3      | 199.2 | 216.1 |
| 8. dijbeenhoogte    | 12.0       | 14.7  | 17.4  | 10.1       | 12.4  | 14.8  |
| 9. ellebooghoogte   | 17.8       | 24.1  | 30.4  | 17.2       | 23.1  | 29.0  |
| 10. schouderhoogte  | 56.1       | 62.4  | 68.7  | 52.7       | 58.0  | 63.3  |
| 11. ooghoogte       | 71.6       | 78.7  | 85.7  | 67.6       | 73.7  | 79.8  |
| 12. zithoogte       | 79.2       | 86.6  | 94.1  | 74.0       | 81.8  | 89.6  |
| 13. reikhoogte      | 111.7      | 128.4 | 145.1 | 106.7      | 119.6 | 132.5 |
| 14. kniehoogte      | 48.7       | 54.0  | 59.3  | 45.9       | 51.0  | 56.1  |
| 15. knieholtehoogte | 39.7       | 44.6  | 49.5  | 37.3       | 41.0  | 44.7  |
| 16. beenlengte      | 95.7       | 105.1 | 114.5 | 92.3       | 100.7 | 109.1 |
| 17. bovenbeenlengte | 53.9       | 59.4  | 64.9  | 52.3       | 57.4  | 62.5  |
| 18. zitdiepte       | 44.9       | 49.8  | 54.7  | 41.7       | 48.0  | 54.3  |
| 19. onderarm lengte | 34.38      | 38.5  | 42.6  | 30.3       | 34.8  | 39.3  |
| 20. bovenarm lengte | 33.2       | 36.9  | 40.6  | 29.2       | 34.1  | 39.0  |
| 21. schouderbreedte | 41.68      | 45.4  | 49.2  | 34.9       | 39.0  | 43.1  |
| 22. heupbreedte     | 31.1       | 35.6  | 40.1  | 32.9       | 38.0  | 43.1  |

In de figuur zijn 22 maten voor volwassen Amerikaanse mannen en vrouwen afzonderlijk weergegeven. Voor iedere afmeting is het 5de, 50ste en 95ste percentiel aangegeven. De kniehoogte bijvoorbeeld (afmeting 1) ligt voor de helft van de mannen boven de 45.6 cm. 5% van de mannen heeft een kniehoogte kleiner dan 40.1 cm en 5% van de mannen een kniehoogte groter dan 51.1 cm.

#### keuze

De hier vermelde antropometrische gegevens zijn afkomstig uit Kodak. In Kodak worden een groot aantal afmetingen gegeven voor zowel mannen als vrouwen. De bronnen zijn aangegeven en iedere maat is gedefinieerd, waardoor reproduceerbaarheid mogelijk is. De maten zijn gericht op de praktijk aangezien ze gelden voor geklede en geschoeide mensen. Bovendien is de keuze van de verschillende lichaamsmaten (bijvoorbeeld handpositie) gericht op gebruik in de praktijk.

Voor de Nederlandse situatie zouden gegevens uit een Nederlands handboek het meest geschikt zijn. Echter in Teleac komt het onderwerp niet voor en in Vademecum is de herkomst van de gegevens niet duidelijk en zijn er vrij weinig maten vermeld. In Hettinger en McCormick zijn de bronnen en de populatiegegevens niet duidelijk vermeld. De gegevens uit Burandt zijn minder geschikt omdat de maten voor de naakte toestand gelden waardoor een correctie moet worden toegepast voor 'geklede' maten. Dit corrigeren voor de praktijk betekent een extra omrekening en leidt mogelijk tot misverstanden.

#### diskussie

De antropometrische gegevens zijn verschillend in de handboeken. Het 50e percentiel voor mannen varieert bijvoorbeeld tussen 172-178,5 cm. De verschillen worden veroorzaakt doordat de onderzoeken waarop de verschillende handboeken de gegevens baseren niet uit dezelfde tijd stammen. Het is bekend dat de antropometrische gegevens in de loop van de tijd veranderen. Een tweede oorzaak voor de verschillen ligt in de plaats van herkomst van de gegevens. Zo hebben bijvoorbeeld Zuid-Europeanen gemiddeld een kleinere lichaamslengte dan Noord-Europeanen.

De lichaamshouding is in alle handboeken enigszins geforceerd; rechtop staan en zitten. In de praktijk zal dit vaak anders zijn. Welke invloed dat heeft op de gegevens is vooralsnog moeilijk aan te geven. Ook is in de meeste handboeken de leeftijd buiten beschouwing gelaten.

Voor de Nederlandse situatie is het blijkens het voorgaande, beter speciale Nederlandse gegevens te vermelden. Daarvoor zijn uit Duitse gegevens omgerekende gegevens (Dined tabel) beschikbaar. Over het algemeen liggen de afmetingen dan enkele centimeters hoger.

### 3.9 **KRACHTUITOEFENING**

#### inleiding

Menselijke krachttuitoefening heeft betrekking op het leveren van een uitwendige kracht aan de omgeving via, meestal, handen of voeten. In het kader van deze inventarisatie gaat het om de volgende onderwerpen:

a Tilgewicht.

b Armkracht.

c Beenkracht.

Het tillen van zware lasten kan een bedreiging vormen voor de gezondheid, met name wat betreft de lage rug. Belastingsfactoren die mede een rol spelen zijn behalve het gewicht van de last ook de tilfrequentie, de startpositie van de last, de tilafstand en de tilhouding. Bij ongunstige tilhoudingen kan het gewicht van de lichaamsdelen (rug/armen) van grotere invloed zijn dan het te tillen gewicht. Naast deze belastingsfactoren spelen ook belastbaarheidsverschillen een rol, zoals geslacht, leeftijd en mate van getraindheid. Richtlijnen voor maximaal toelaatbare tilgewichten kunnen worden gebruikt bij het beoordelen en het ontwerpen van werksituaties waar zware lasten handmatig worden verplaatst. Het gaat in dit hoofdstuk met name om het oppakken van de last en niet om het horizontaal verplaatsen van lasten, bijvoorbeeld zoals bij het dragen (zie hoofdstuk 3.7 "Lichamelijke vermoeidheid").

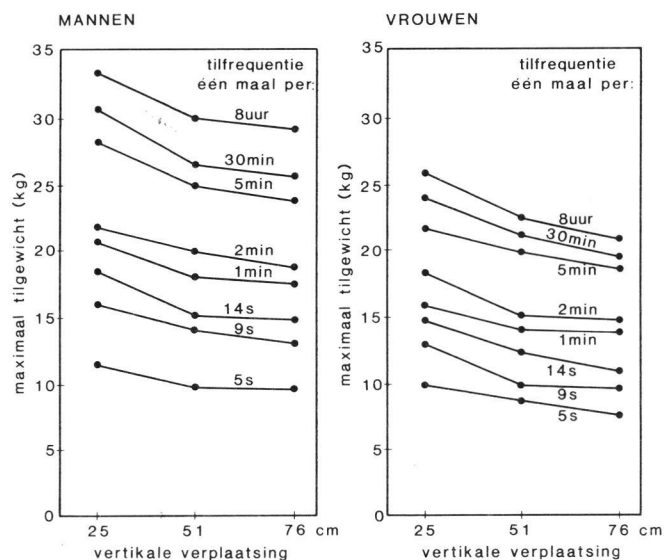
Wat betreft de maximaal te leveren arm- en beenkrachten ligt het aksent op de fysieke mogelijkheid om de gevraagde kracht te leveren. Het gaat hier om kortstondige, statische krachtinspanningen. Wat betreft de langdurige of frequente maximale krachtinspanningen gaat vooral de lokale spiervermoeidheid een rol spelen. Richtlijnen voor langdurige statische krachttuitoefening worden in hoofdstuk 3.7 behandeld. De maximaal te leveren statische armkracht is afhankelijk van de ruimtelijke positie van de arm ten opzichte van het bovenlichaam en de richting waarin de kracht wordt uitgeoefend; omhoog, omlaag, voorwaarts, achterwaarts, naar links en naar rechts. Voor zitten en staan zijn de maximaal te leveren armkrachten in het algemeen verschillend. Dit houdt verband met het verschil in de plaats van de ondersteuningsvlakken (bij staan: voeten, bij zitten ook zitvlak en

rug). Deze vlakken worden tijdens de krachttuioefening gebruikt om tegen af te zetten. Evenals bij tillen zijn ook verschillen in belastbaarheid zoals leeftijd, geslacht en getraindheid van belang. Richtlijnen voor maximale armkrachten kunnen onder andere worden gebruikt bij het beoordelen en ontwerpen van handbedieningsmiddelen. Minimale krachten zijn ten behoeve van feedback van belang (zie ook hoofdstuk 3.14 'Bedieningsmiddelen'). Op grond van mechanische overwegingen kan worden aangenomen, dat tijdens het staan de maximaal te leveren verticale beenkracht gelijk is aan het lichaamsgewicht. Bij impulsachtige krachttuioefening zijn grotere krachten mogelijk. De maximale beenkracht tijdens het zitten is van belang bij het bedienen van een voetpedaal. De maximaal te leveren drukkracht is daarbij afhankelijk van de positie van het pedaal.

#### a Tilgewichten

##### richtlijn

**Figuur 9.1** Maximale tilgewichten voor 90% van de mannen en vrouwen afhankelijk van tilfrequentie en verticale verplaatsing vanaf de grond (Naar: McCormick).



In de figuur is onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen. Op de horizontale as staat de verticale verplaatsing in centimeters die de last vanaf de grond moet afleggen. Bij de curves staat de

tilfrequentie, namelijk 1x per aangegeven tijd. Op de verticale as kan dan het maximaal toelaatbare gewicht in kilogrammen worden afgelezen. Hoe vaker tillen, des te lager het gewicht. Wanneer bijvoorbeeld een man elke 5 minuten een gewicht vanaf de grond op een tafel van 76 cm hoogte plaatst, dan mag volgens figuur 9.1 het gewicht niet groter zijn dan 25 kg. De gewichten zijn acceptabel voor 90% van de mannen of vrouwen. De richtlijnen hebben betrekking op tillen vanaf de vloer, waarbij de last dicht bij het lichaam wordt gehouden, en goed kan worden vastgehouden met twee handen. Het gaat verder om recht voorover (sagittaal) tillen (geen torsie) in een vrijgekozen tilhouding.

#### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van McCormick. In Kodak wordt het onderwerp niet behandeld. Hettinger vermeldt alleen de richtlijnen van de ILO voor mannen (55 kg) en een Duitse richtlijn voor vrouwen (10-12 kg), onafhankelijk van tilhouding en frequentie. Het Vademecum geeft waarden die afhankelijk zijn van geslacht, leeftijd en tilfrequentie. Een bronvermelding ontbreekt echter. Teleac neemt deze waarden over. In zijn waarden gaat Burandt aanzienlijk verder en betreft daarin ook factoren als afstand van last tot lichaam, nevenwerkzaamheden, één- of tweehandig tillen, met één of twee personen tillen, enz. Ook hier wordt geen bronvermelding gegeven van de gepresenteerde getallen. In de richtlijnen van McCormick is rekening gehouden met de factoren geslacht, tilafstand en tilfrequentie. Mede vanwege de bronvermelding is gekozen voor deze laatste richtlijnen.

#### diskussie

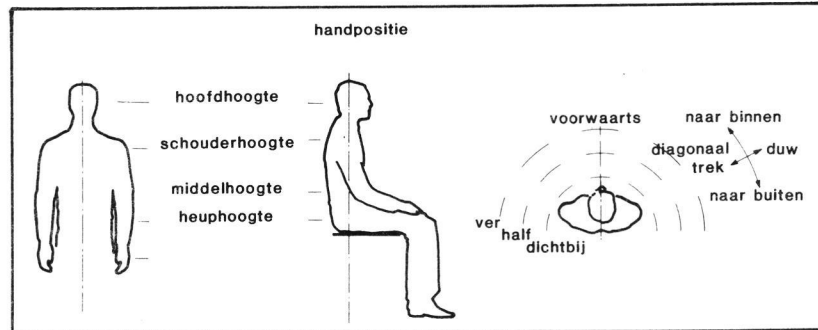
De gekozen richtlijnen zijn gebaseerd op psychofysische experimenten, waarbij 90% van de proefpersonen aangaf dat de zwaarte van de gegeven tilhandelingen nog net acceptabel is. Gezien de opzet van deze experimenten zijn de richtlijnen in principe alleen van toepassing op sagittaal tillen met een goede greep voor de handen en waarbij de tilhouding vrij kan worden gekozen. In veel praktijksituaties komen echter ook tilhandelingen voor met een getordeerde rug, of kan de last moeilijk worden vastgehouden en wordt de tilhouding mede bepaald door de vorm van de last of de werkruimte. Deze situaties zijn in het algemeen meer belas-



tend dan de experimentele situatie. Daarom kan worden aangenomen dat in de praktijk de gekozen richtlijn zeker niet overschreden mag worden.

#### b Armkrachten

Figuur 9.2 Maximale armkrachten,  $F_m$  in Kg, tijdens het zitten, afhankelijk van de handpositie en krachtrichting (Naar: Burandt).\*



\* Deze gegevens gelden voor kortstondige krachtoefening door jonge mannen, die gemiddeld getraind zijn.

| krachten (Fm)       | voor          |                 |       | diagonaal     |                 |       | zij           |                 |       |
|---------------------|---------------|-----------------|-------|---------------|-----------------|-------|---------------|-----------------|-------|
|                     | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver   | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver   | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver   |
| hoofd-<br>hoogte    | 15            | 16              | 15    | 14            | 16              | 15    | 15            | 15              | 17    |
|                     | 25            | 18              | 8     | 24            | 15              | 9     | 25            | 21              | 9     |
|                     | 11 13         | 10 12           | 9 8   | 11 14         | 9 13            | 8 10  | 11 11         | 10 11           | 8 7   |
|                     | 32            | 27              | 16    | 30            | 27              | 16    | 28            | 24              | 14    |
|                     | 20            | 26              | 26    | 20            | 25              | 25    | 15            | 16              | 16    |
| schouder-<br>hoogte | 13            | 14              | 20    | 17            | 18              | 22    | 16            | 16              | 17    |
|                     | 40            | 18              | 8     | 40            | 18              | 8     | 40            | 18              | 8     |
|                     | 16 15         | 13 13           | 10 8  | 13 15         | 12 16           | 12 9  | 11 14         | 9 12            | 7 7   |
|                     | 37            | 22              | 14    | 38            | 25              | 15    | 38            | 23              | 14    |
|                     | 24            | 29              | 29    | 21            | 26              | 29    | 18            | 22              | 27    |
| middel-<br>hoogte   | 19            | 18              | 17    | 14            | 17              | 18    | 13            | 16              | 16    |
|                     | 14            | 16              | 9     | 16            | 16              | 8     | 18            | 12              | 7     |
|                     | 16 22         | 14 12           | 11 7  | 15 20         | 12 15           | 9 10  | 15 22         | 11 17           | 7 10  |
|                     | 27            | 20              | 14    | 28            | 22              | 14    | 27            | 22              | 14    |
|                     | 41            | 41              | 35    | 20            | 32              | 40    | 17            | 20              | 22    |
| heup-<br>hoogte     | 22            | 22              | 19    | 15            | 18              | 21    | 8             | 17              | 19    |
|                     | 28            | 27              | 21    | 52            | 27              | 20    | 38            | 25              | 17    |
|                     | 20 22         | 17 19           | 13 11 | 20 22         | 15 16           | 10 12 | 16 22         | 13 15           | 10 10 |
|                     | 39            | 27              | 20    | 41            | 30              | 22    | 39            | 31              | 20    |
|                     | 32            | 33              | 39    | 23            | 38              | 60    | 15            | 29              | 42    |

indeling krachten per categorie

|             |         |             |
|-------------|---------|-------------|
| naar binnen | duwen   | naar buiten |
|             | omhoog  |             |
|             | omlaag  |             |
|             | trekken |             |

Figuur 9.3 Maximale armkrachten, Fm in kg, tijdens staan, afhankelijk van handpositie en richting (Naar: Burandt).

|                     | voor          |                 |      | diagonaal     |                 |      | zij           |                 |     |
|---------------------|---------------|-----------------|------|---------------|-----------------|------|---------------|-----------------|-----|
|                     | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver  | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver  | dicht-<br>bij | halver-<br>wege | ver |
| hoofd-<br>hoogte    | 12            | 12              | 14   | 13            | 13              | 15   | 12            | 12              | 15  |
|                     | 28            | 21              | 9    | 25            | 20              | 9    | 28            | 22              | 9   |
|                     | 13 13         | 11 12           | 9 8  | 12 14         | 11 13           | 8 10 | 11 11         | 9 9             | 7 6 |
|                     | 54            | 33              | 15   | 58            | 31              | 16   | 62            | 29              | 14  |
| schouder-<br>hoogte | 14            | 17              | 18   | 14            | 16              | 15   | 14            | 14              | 15  |
|                     | 12            | 13              | 16   | 13            | 13              | 15   | 15            | 13              | 16  |
|                     | 43            | 13              | 8    | 42            | 12              | 8    | 43            | 12              | 8   |
|                     | 14 13         | 11 10           | 8 7  | 10 13         | 9 12            | 7 8  | 11 12         | 10 10           | 6 6 |
| middel-<br>hoogte   | 42            | 28              | 15   | 44            | 32              | 16   | 48            | 29              | 15  |
|                     | 19            | 20              | 21   | 16            | 18              | 19   | 19            | 20              | 21  |
|                     | 18            | 18              | 20   | 15            | 18              | 20   | 14            | 18              | 20  |
|                     | 31            | 24              | 14   | 31            | 21              | 13   | 32            | 20              | 13  |
| heup-<br>hoogte     | 18 15         | 15 11           | 11 9 | 17 13         | 13 9            | 10 7 | 17 12         | 13 10           | 9 9 |
|                     | 23            | 20              | 17   | 27            | 21              | 18   | 27            | 21              | 17  |
|                     | 18            | 23              | 21   | 18            | 23              | 19   | 17            | 23              | 20  |
|                     | 12            | 14              | 16   | 13            | 14              | 17   | 8             | 12              | 16  |
|                     | 56            | 26              | 17   | 54            | 30              | 23   | 56            | 29              | 20  |
|                     | 15 13         | 13 10           | 8 9  | 13 12         | 11 10           | 7 9  | 12 11         | 9 9             | 6 8 |
|                     | 52            | 30              | 18   | 54            | 33              | 23   | 54            | 32              | 21  |
|                     | 14            | 20              | 23   | 15            | 23              | 23   | 11            | 21              | 23  |

**Figuur 9.4** Berekening van toelaatbare armkrachten met behulp van reductiefactoren (KA, KB en KC) (Naar: Burandt).

---


$$\text{Weerstand of toelaatbare armkracht} = F_m \times K_A \times K_B \times K_C$$


---

a. KA: Reduktiefactor voor leeftijd en geslacht

KA = 1.00 - 0.85 voor mannen, jong tot oud  
0.60 - 0.40 voor vrouwen, jong tot oud

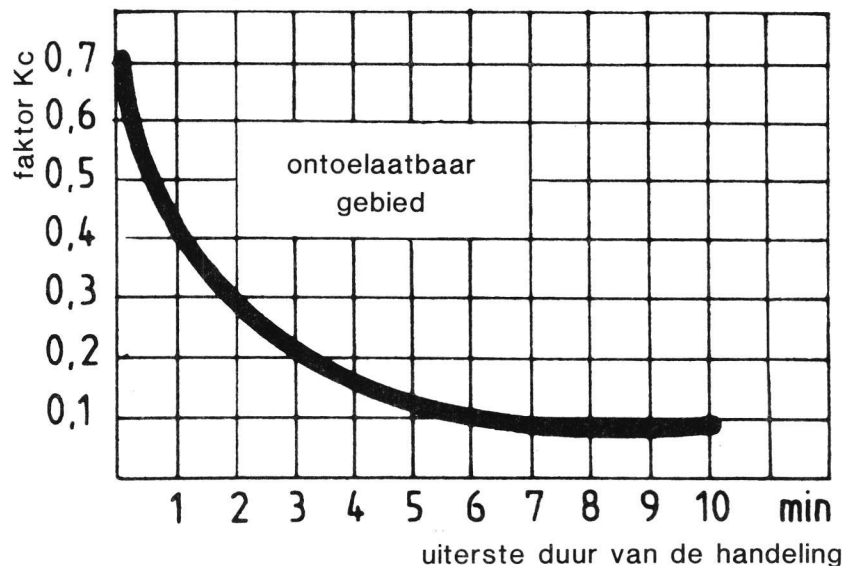
b. KB: Reduktiefactor voor getraindheid

KB = 1.00 - 0.75 voor goed tot slecht getraind

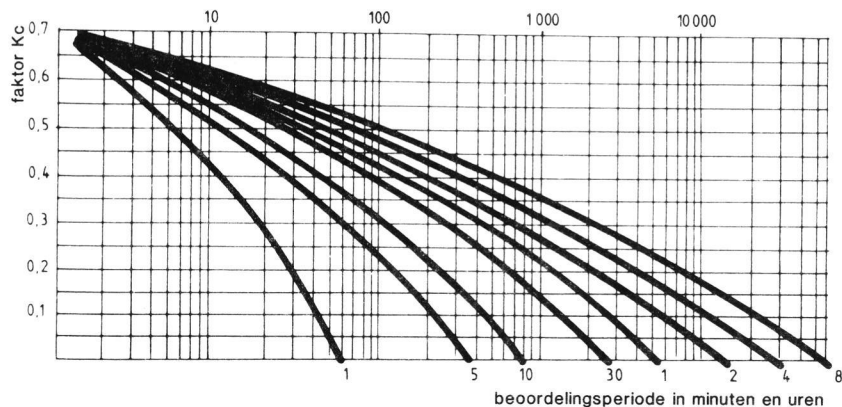
c. KC: I: belastingsbeleving

|               |      |                             |
|---------------|------|-----------------------------|
| _____         | 1.00 |                             |
| ontoelaatbaar |      | alleen met zwaaibeweging    |
| _____         | 0.70 |                             |
| zeer zwaar    |      | zelden aanspannen (handrem) |
| _____         | 0.40 |                             |
|               |      | schakelen                   |
|               | 0.30 |                             |
|               |      | regelmatig aanspannen       |
| zwaar         | 0.20 |                             |
|               |      | bijregelen                  |
| _____         | 0.10 | instellen                   |
|               | 0.06 | vasthouden                  |
|               | 0.04 | kasten                      |
|               | 0.02 | fijn instelling             |
| _____         | 0.01 |                             |
| licht         |      |                             |

d. II: langdurig vasthouden



e. III: frekwentie van handelingen



Voor de maximale armkrachten is onderscheid gemaakt tussen zitten en staan. De tabel van figuur 9.2 en 9.3 geeft de toegestane waarden  $F_m$  in kg-kracht (kp) voor kortstondige krachtoefeningen door jonge mannen die gemiddeld getraind zijn. Daarbij is voor 9 verschillende horizontale handposities een kolom gereserveerd. Enerzijds gaat het om de positie van de hand aan de voorkant van het lichaam, diagonaal of aan de zijkant, anderzijds om veraf, halverwege of dichtbij. Voor 4 verschillende verticale posities van de hand is een rij gereserveerd (ter hoogte van hoofd, schouders, middel of heup). Vanuit een gegeven handpositie worden in iedere cel 6  $F_m$ -waarden gegeven voor de 6 verschillende krachtrichtingen. Deze krachtrichtingen zijn aangegeven in de figuur (duwen, trekken, naar binnen, naar buiten, omhoog, omlaag). Wanneer bijvoorbeeld vanuit een diagonale middenpositie op schouderhoogte, een kortstondige kracht omlaag moet worden uitgeoefend, is de maximale kracht voor jonge goed getrainde mannen 25 kg.

Op de aldus gevonden maximaal toegestane kracht in kg kan een vermindering worden toegepast wanneer het gaat om vrouwen, ouderen, minder getrainden of krachtinspanningen die langer duren of frekwent voorkomen. De berekeningswijze met behulp van deze reductiefactoren staat vermeld in figuur 9.4. Wat betreft de reductiefactor KC kan het gaan om de belastingsbeleving (figuur

9.4.c), om langdurig vasthouden (figuur 9.4d) of om regelmatig terugkerende korte inspanningen (figuur 9.4e). Wanneer de krachtinspanning van 25 kg uit het bovenstaand voorbeeld 100 keer per werkdag van 8 uur moet plaatsvinden, moet de kracht volgens figuur 9.4e worden gehalveerd ( $KC = 0.5$ ).

#### keuze

De gekozen richtlijnen zijn afkomstig van Burandt. In Kodak komt het onderwerp krachtoefening niet aan de orde. Teleac gaat kort in op de factoren die de maximaal te leveren kracht kunnen verminderen (zoals leeftijd, getraindheid, duur van de krachtoefening), maar noemt geen waarden voor de maximale krachten. In Hettinger worden wel voor verschillende armstanden en verschillende krachtrichtingen waarden gegeven. Het is echter niet altijd duidelijk welke houdingen precies bedoeld worden en waar en in welke richting de kracht wordt uitgeoefend. McCormick geeft onderbouwde waarden voor armkrachten van alleen zittende mannen voor verschillende posities van de hand ten opzichte van de schouders (maar steeds in het sagittale vlak) en voor verschillende krachtrichtingen (trekken, drukken, omhoog, omlaag). Vademecum presenteert waarden voor alleen staande personen waarbij de uitgeoefende kracht wordt gegeven als percentage van het lichaamsgewicht. Het gaat alleen om handkrachten in de langsrichting van de gestrekte arm (duwen en trekken) in verschillende sagittale en frontale posities. De meest complete normen worden gegeven in Burandt en zijn daarom gekozen.

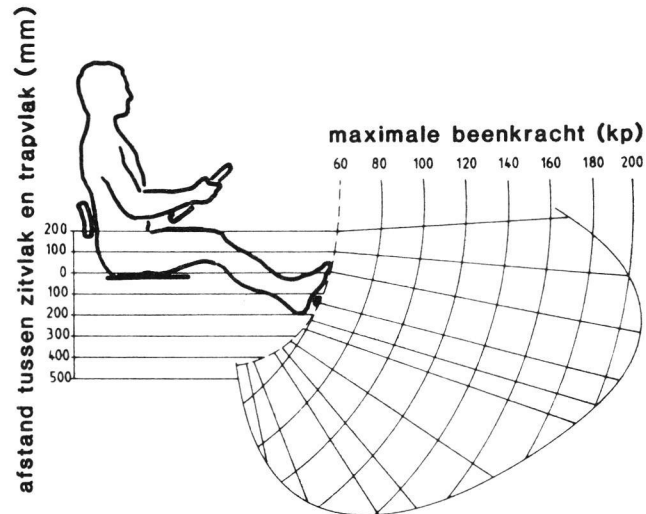
#### diskussie

De gegeven waarden zijn  $F_m$ -waarden voor kortstondige krachtoefeningen van jonge mannen die gemiddeld getraind zijn. Voor vrouwen, ouderen en minder getrainden worden reductiefactoren gebruikt, waardoor de toelaatbare krachtoefening vermindert. Deze reductiefactoren zijn echter niet exact en er is veel ruimte voor eigen interpretaties. Wat betreft de langdurige en frequente krachtoefeningen worden wel eenduidige reductiefactoren gepresenteerd. In dit geval is het echter niet duidelijk waarop deze factoren zijn gebaseerd.

### c Beenkrachten

#### richtlijn

Figuur 9.5 Maximale beenkrachten,  $F$  in Kp, tijdens zitten, afhankelijk van voetpositie (Naar: Burandt)\*.



\* Deze waarden gelden voor getrainde jonge mannen. Voor de maximale beenkrachten gelden dezelfde reductiefactoren als voor de armkrachten (figuur 9.4).

De maximaal te leveren beenkracht is uitgedrukt in kilogramkracht (kp) en kan worden gevonden door bij bepaalde hoogte van het trappunt (als voorbeeld is een trappuntpositie van 150 mm onder het zitvlak getoond) de rechte lijn te volgen tot aan de kromme. Via de cirkelvormige lijnen kan aan de bovenzijde maximale kracht worden geschat. In het gegeven voorbeeld ligt die kracht op  $\pm 210$  kp. De gegeven waarden hebben betrekking op kortstondige krachtinspanningen voor gezonde jonge mannen die gemiddeld getraind zijn; de reductiefactoren van figuur 9.4 zijn ook op deze richtlijnen van toepassing.

#### keuze

De richtlijnen zijn afkomstig van Burandt. In de meeste handboeken worden geen waarden gegeven voor de maximaal te leveren beenkracht (Kodak, Hettinger, McCormick, Teleac). De richtlijnen in Burandt en het Vademecum hebben betrekking op de drukkracht in zithouding en komen sterk overeen. Omdat Burandt een

bronvermelding geeft en bovendien rekening gehouden wordt met verschillende factoren van de belasting en belastbaarheid (we-derom in de vorm van reductiefactoren) zijn de richtlijnen uit dit handboek gekozen.

#### diskussie

De richtlijnen van Burandt en het Vademecum komen zoals gezegd sterk overeen. Opvallend is echter het verschil in getoonde zit-houding. In Burandt gaat het om een houding waarbij de handen aan een stuurwiel worden vastgehouden. Bij het Vademecum zit de persoon met de armen over elkaar. Evenals bij de armkrachtuit-oefening wordt bij de richtlijnen voor de beenkrachten gebruik gemaakt van dezelfde reductiefactoren. Ten aanzien van de één-uidigheid van deze factoren werden in de discussie bij de arm-krachten reeds enige opmerkingen geplaatst.



3.10 **WERKRUIMTE**

inleiding

De ruimtelijke vormgeving van de werkplek bepaalt in hoge mate de keuze van de werkhouding (zittend en staand) en de mogelijkheid om de werkzaamheden in een goede houding uit te voeren. De ruimtelijke vormgeving geldt zowel voor de individuele werkplek als voor een groep van meerdere werkplekken. In dat laatste geval gaat het om de onderlinge ruimte tussen de werkplekken; de paden, gangen, trappen etc. In dit hoofdstuk wordt geen aandacht besteed aan de toegankelijkheid van de werkplek en de afmetingen van paden, deuren, laden etc. Voor de meeste werkplekken wordt de keuze gemaakt of er staand of zittend moet worden gewerkt. In sommige situaties kan worden gekozen voor een afwisseling tussen staan en zitten van een hoge stoel of een stasteun. De afweging tussen staan en zitten wordt bepaald door de duur van de werkzaamheden, de aard van het werk (soort handelingen) en door de zwaarte van het werk (mate van krachttuioefening).

Voor zowel werkplekken waar wordt gestaan als gezeten zijn richtlijnen gewenst voor de werkhoogte, de reikwijdte en benodigde ruimte voor voeten en benen. Bij richtlijnen voor reikwijdte zullen tevens grenzen voor het blikveld worden aangegeven. In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens worden behandeld

- a Keuze staand-zittend werken.
- b Werkhoogte bij staand werken.
- c Werkhoogte en zithoogte bij zittend werken.
- d Benodigde voet- en beenruimte.
- e Reikwijdte en blikveld.

a Keuze staand-zittend werken

richtlijn

Tabel 10.1 Keuze tussen staand of zittend werken, afhankelijk van verschillende werkplekparameters (Naar: Kodak).

|                                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6        | 7        | 8        | 9        |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|----------|----------|----------|----------|
| 1. zware gewichten/grote kracht |   | S | S | S | S | Z/S      | Z/S      | Z/S      | S/B      |
| 2. wisselende aanwezigheid      |   |   | S | S | S | Z<br>Z/S | Z<br>Z/S | Z<br>Z/S | Z<br>ZIS |
| 3. grote reikwijdte             |   |   |   | S | S | Z/S      | Z/S      | Z/S      | Z/B      |
| 5. variabele werkhoogte         |   |   |   |   |   | Z        | Z        | Z        | Z        |
| 6. kort-cyclische handelingen   |   |   |   |   |   |          | Z        | Z        | Z        |
| 7. inspectie taken              |   |   |   |   |   |          |          | Z        | Z        |
| 8. precieze bewegingen          |   |   |   |   |   |          |          |          | Z        |
| 9. meer dan 4 uur               |   |   |   |   |   |          |          |          |          |

Z = zitten; S = staan; S/Z: staan/zitten; S/B: staan, met stoel in de buurt.

De keuze tussen staand of zittend werken wordt bepaald door de eigenschappen van de werkzaamheden (werkplek parameters) die moeten worden verricht. Staand werken moet, zeker langere tijd (meer dan 4 uur), worden vermeden. Echter zal in sommige gevallen door grote reikwijdte, door krachtoefening of door grote wisseling van werkzaamheden toch voor een staande werkhouding moeten worden gekozen. Uit tabel 10.1 blijkt dat bijvoorbeeld inspectietaken die bestaan uit kort-cyclische handelingen de werkplek zo moet worden ingericht dat zittend kan worden gewerkt.

keuze

In Burandt, Teleac, Hettinger en McCormick wordt de afweging tussen staan en zitten nauwelijks behandeld. In Vademecum is het advies beperkt tot te streven naar afwisseling en naar optimale afmetingen. De richtlijnen van Kodak zijn gekozen omdat deze het groot aantal eigenschappen van de werkzaamheden in de keuze betreft.

### diskussie

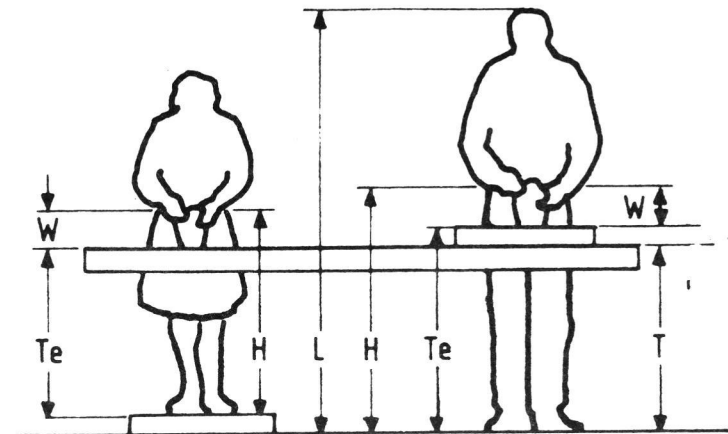
De gekozen richtlijn laat nog te veel ruimte over voor interpretatie. Zo is bijvoorbeeld de tijdsfaktor maar beperkt in de richtlijn opgenomen. Wanneer staand werken niet is te voorkomen, moet in ieder geval worden voorkomen dat langere tijd in een fixeerd houding wordt gestaan. Daardoor wordt onnodige statische belasting voorkomen.

Los van de tabel is in Kodak nog aangegeven welke handelingen te zwaar zijn voor zittend werken. Dit is een nadere invulling van "zware gewichten en grote kracht". De gewichten moeten voor zittend werken minder dan 4,5 kg wegen en de handen moeten niet meer dan gemiddeld 15 cm boven het werkblad worden gebruikt. Deze laatste richtlijn voorkomt een ongunstige houding van de armen.

### b Staand werken

#### richtlijn

Figuur 10.1 Verschillende variabelen bij staand werken (Naar: Burandt).



H: werkhoogte tot aan duimen      L: lichaamslengte  
W: hoogte boven het werkblad      T: effectieve tafelhoogte

Tabel 10.2 Berekening van (optimale) werkhoogte (H) en effectieve tafelhoogte (T) (f en t uit tabel 10.3) (Naar: Burandt).

|                                                                      |  |  |
|----------------------------------------------------------------------|--|--|
| Optimale werkhoogte $H = L$ (lichaamslengte) $\times f$ (taakfaktor) |  |  |
| onderste grens: $H_{\min} = L \times (f+t)$                          |  |  |
| bovenste grens: $H_{\max} = L \times (f+t)$                          |  |  |
| effektieve tafelhoogte $T = H - W$                                   |  |  |

Tabel 10.3 Taakfactoren (f) voor verschillende werkzaamheden en de bijbehorende tolerantie (t).

| t           | faktor | voorbeelden                             |
|-------------|--------|-----------------------------------------|
| -0.01/+0.02 | 0.93   | spijker in muur slaan                   |
|             | 0.92   | hefboom naar beneden trekken            |
| -0.02/+0.04 | 0.88   | tekst op muur lezen                     |
|             | 0.87   | tekenen of schrijven op muur of tafel   |
|             | 0.81   | schilderen van een wand                 |
|             | 0.80   | fijn schrijven op muur                  |
|             | 0.80   | schroef indraaien                       |
| -0.03/+0.06 | 0.77   | positioneren van kleine werkstukken     |
|             | 0.74   | werkzaamheden met loep                  |
|             | 0.74   | werk met tafel liggende armen           |
|             | 0.72   | vertikaal schroeven (klein) indraaien   |
|             | 0.70   | werkzaamheden met pincet                |
|             | 0.69   | schrijven op lessenaar (15° helling)    |
|             | 0.68   | fijne soldeerwerkzaamheden              |
|             | 0.67   | zware schroeven in horizontale richting |
|             | 0.66   | schrijven op horizontale tafel          |
|             | 0.64   | werken met spuitpistool                 |
| -0.02/+0.05 | 0.62   | grove soldeerwerkzaamheden              |
|             | 0.60   | positioneren van grote werkstukken      |
|             | 0.59   | sorteren van kaarten                    |
|             | 0.58   | schaven                                 |
|             | 0.57   | transporteren middelzware werkstukken   |
|             | 0.57   | papier vouwen                           |
|             | 0.55   | spijker in horizontaal vlak slaan       |
|             | 0.55   | grote schroeven in horizontaal vlak     |
|             | 0.54   | draaiknop instellen                     |
|             | 0.53   | spuitpistool tegen wand richten         |
|             | 0.50   | aanstrijken van liggende vlakken        |

Met behulp van bovenstaande tabellen kan de optimale werkhoogte (H) voor de handen (gemeten bij de duimen) bij verschillende werkzaamheden worden berekend. Als uitgangspunt geldt de

lichaamslengte (L). Door de lichaamslengte met de faktor f te vermenigvuldigen wordt de werkhoopte berekend. Het soort objecten waarmee wordt gewerkt bepaalt de afstand (W) tussen de werkhoopte en de tafelhoepte. Wanneer H en W vastliggen is tevens de tafelhoepte bepaald. Bij een bestaande tafelhoepte kan door vergelijking met T worden aangegeven of voor een bepaalde persoon (bepaalde lichaamslengte) tafel- of vloerverhoging noodzakelijk is. Voor een persoon van bijvoorbeeld 180 cm lengte is de optimale werkhoopte bij het sorteren van kaarten:  $180 \times 0.59 = 106$  cm. Wanneer het gaat om gemiddeld 10 cm hoge stapels (W), dan is de effectieve tafelhoepte 96 cm. Wanneer deze werkzaamheden plaatsvinden aan een buro van 76 cm hoog, dan is een tafelverhoging nodig van 20 cm. De spreiding van de werkhoopte ligt tussen de 103 cm ( $180 \times 0.57$ ) en 115 cm ( $180 \times 0.64$ ).

#### keuze

In Teleac worden geen richtlijnen gegeven voor de werkhoopte bij staand werken. In Hettlinger en McCormick worden enkele richtlijnen voor de tafelhoepte voor drie verschillende handelingen voor mannen en vrouwen gegeven. De opgegeven spreiding is echter groot en het is niet duidelijk aangegeven voor welke percentielen de richtlijnen gelden. Ditzelfde geldt voor Kodak en Vademe-cum, waar richtlijnen worden gegeven met grote spreidingen waar-bij het onduidelijk is voor welke populatie ze gelden. De richtlijnen van Burandt zijn gekoppeld aan het soort handelingen en de lichaamslengte. Daarmee wordt tegemoet gekomen aan bovenstaande bezwaren. De richtlijnen van Burandt zijn dan ook gekozen.

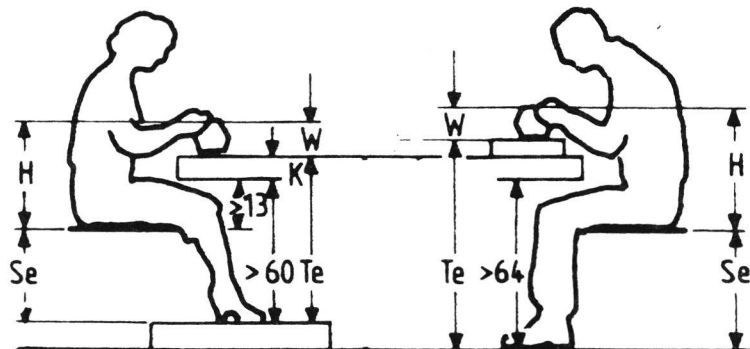
#### diskussie

De gekozen richtlijn is nogal bewerkelijk door de rekenmethode. Echter heeft de richtlijn wel als voordeel dat ook op langere termijn wanneer antropometrische afmetingen zoals lichaamslengte mogelijk nog verder toenemen, de richtlijn toepasbaar blijft. Als uitgangspunt geldt dan wel dat de afmetingen alle in gelijke mate toenemen.

c Zittend werken

richtlijn

Figuur 10.2 Verschillende variabelen bij zittend werken (Naar: Burandt).



Tabel 10.4 Berekening van (optimale) werkhoogte en zithoogte bij zittend werken en de effectieve tafelhoogte.

---

optimale zithoogte  $Se = L$  (lichaamslengte)  $\times f$  (taakfactor)  
optimale werkhoogte  $H = L$  (lichaamslengte)  $\times f^{se}$  (taakfactor)  
effectieve tafelhoogte  $Te = Se + H - W$  (gemeten werkhoogte boven tafel)  
tolerantie van de effectieve tafelhoogte is: ( $Te -3$  cm en  $+6$  cm)

---

Tabel 10.5 Taakfactoren ( $f_{se}$  en  $f_h$ ) bij zittend werken (Naar: Burandt).

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                      |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| $f_{se}$ : | 0.25 achterovergeleund                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.27 rechtop | 0.29 voorovergebogen |
| $f_h$ :    | 0.36 hefboom naar beneden trekken<br>0.35 kijkafstand 20 cm, zicht hoek 15°<br>0.34 hoog draaiwiel van b.v. pers<br>0.31 kijkafstand 40 cm, zicht hoek 15°<br>0.30 positioneren van kleine onderdelen in machine<br>0.29 kijkafstand 40 cm, zicht hoek 45°<br>0.29 werkzaamheden met loupe<br>0.28 fijne soldeerwerkzaamheden<br>0.27 kleine voorwerpen inpakken<br>0.26 verstellen regelaars met schaal op rechte wand<br>0.25 positioneren van onderdelen bij boven nieten<br>0.24 grote voorwerpen inpakken<br>0.23 verstellen van regelaars op rechte wand<br>0.22 positioneren van grote onderdelen in machine<br>0.21 montage werkzaamheden met middelgrote onderdelen<br>0.20 lezen op recht tafelblad<br>0.19 schrijven op recht tafelblad<br>0.18 sorteren van lichte voorwerpen<br>0.17 tweehandig tasten/typen<br>0.16 montage werkzaamheden met grote onderdelen<br>0.15 sorteren en verplaatsen van zware voorwerpen<br>0.12 wegdrukken met grote weerstand<br>0.10 dijbeenhoogte vrijhouden |              |                      |

Op dezelfde wijze als bij staand werken kan met behulp van de tabellen en de figuur de zithoogte ( $Se$ ) en de effectieve tafelhoogte worden berekend. Als uitgangspunt gelden ook hier de werkzaamheden en de lichaamslengte ( $L$ ). Voor de zithoogte wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende zithoudingen; recht, voorover of achterover. Wanneer zithouding, zithoogte en werkhoogte zijn bepaald kan de tafelhoogte worden afgeleid door de ruimte die nodig is tussen de duimen en het werkblad te meten en van de werkhoogte af te trekken. Wanneer bijvoorbeeld iemand van 1.80 onderdelen van 10 cm/10 cm/10 cm over het werkblad moet schuiven en sorteren in verschillende richtingen gelden de volgende afmetingen. Deze persoon moet daarbij enigszins naar voren zitten:  $Se = 1.80 \times 0.29 = 52$  cm.  $H = 1.80 \times 18 = 32$  cm, effectieve tafelhoogte:  $52 + 32 - 10 = 74$  cm. Tafelhoogte moet dus liggen tussen 71 en 80 cm.

#### keuze

Evenals bij de werkhoogte voor staand werken is hier gekozen voor de richtlijn uit Burandt. Burandt geeft een richtlijn

waarbij de tafelhoogte en zithoogte afgeleid zijn van het soort werkzaamheden en de lichaamslengte. In de overige handboeken worden enkele zithoogten of tafelhoogten gegeven. Deze zijn echter niet zo praktisch uitgewerkt als bij Burandt.

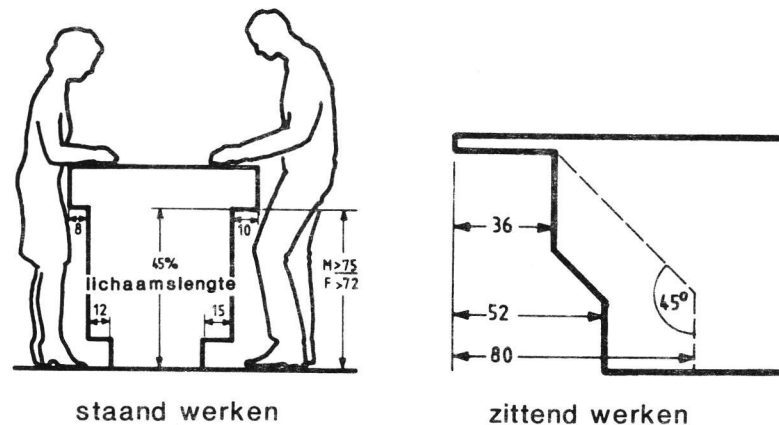
#### diskussie

Net als bij de berekening van de werkhoogte bij staand werken is ook bij het zittend werken er vanuit gegaan dat de lichaamslengte voor iedereen dezelfde invloed heeft op de werkhoogte. Er wordt vanuit gegaan dat de bouw van een lang iemand gelijk is aan die van een korter persoon. Deze veronderstelling wordt in Burandt niet toegelicht of verklaard. Toch maken andere handboeken opmerkingen in de tekst dat bijvoorbeeld de rompverhoudingen bij lange mensen wel eens anders kan zijn dan bij kleine mensen. Dit geldt ook voor individuele verschillen en de invloed leeftijd.

#### d Been- en voetruimte

#### richtlijn

Figuur 10.3 Afmetingen (in cm) voor de benodigde voet- en beenruimte voor mannen en vrouwen bij staand en zittend werken (Naar: Burandt).



Bij staand werken moet ruimte voor benen en voeten aanwezig zijn voor een goede staande werkhouding. Wanneer voldoende ruimte



bestaat kunnen houdingen worden gewisseld en is het niet nodig voorover gebukt te werken. Bij de werkplek voor staand werken is onderscheid gemaakt voor mannen en vrouwen. De afmetingen voor de vrije ruimte voor voeten en benen bij het zitten geldt voor 90% van de mannen en alle vrouwen. Bij de vrije ruimte kan onderscheid worden gemaakt tussen een minimale ruimte (52 cm) voor rechtop zitten en ruimte voor het met gestrekte benen zitten (komfortabele beenruimte (80 cm)).

#### keuze

In Teleac, Vademecum en McCormick worden geen richtlijnen gegeven voor de voet- en beenruimte. In Hettinger worden alleen maten voor zeer specifieke werkplekken (bijvoorbeeld auto) gegeven. Kodak beperkt zich tot de zittende werkhouding. In Burandt worden zowel voor zitten, staan en voor verschillende populaties richtlijnen gegeven. Burandt is gekozen vanwege de praktische en uitgebreide richtlijnen.

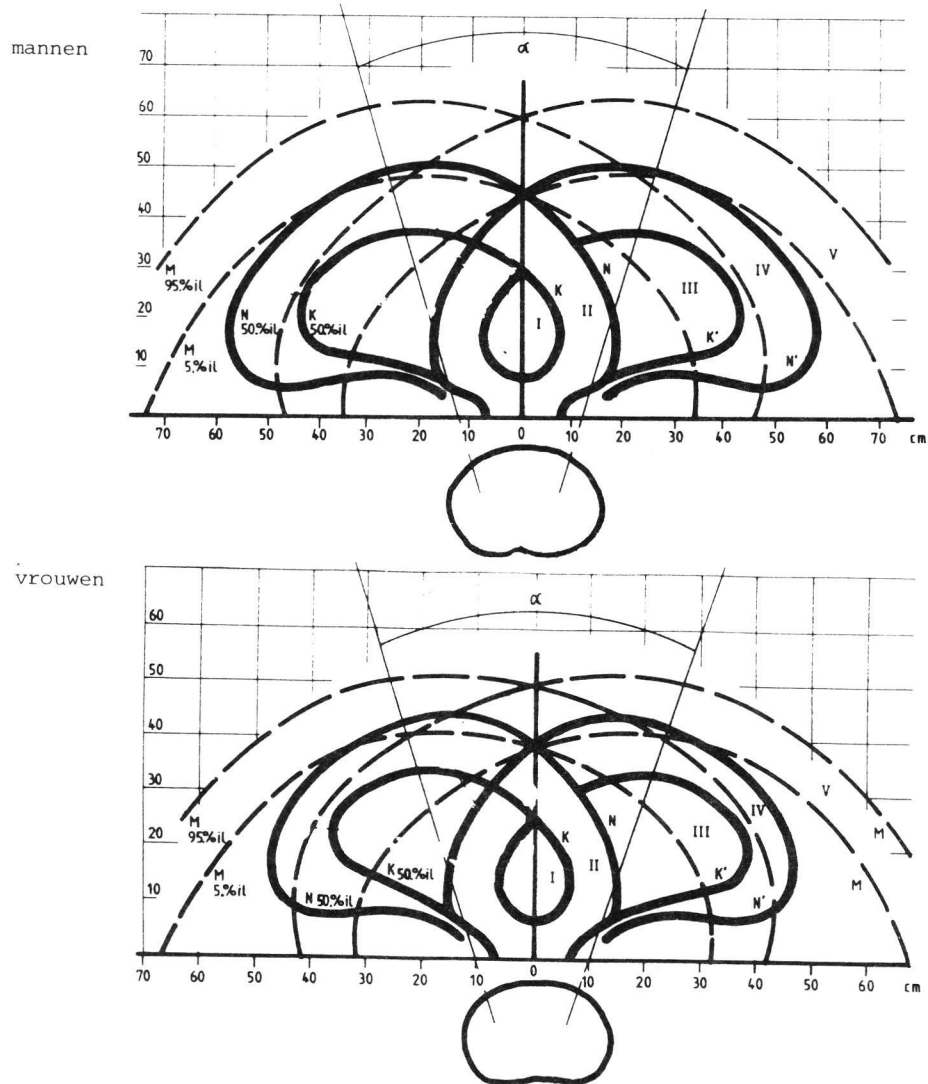
#### diskussie

Doordat weinig aandacht wordt besteed aan de ruimte voor benen en voeten is over de verschillen tussen de handboeken niets aan te geven. De keuze tussen minimale ruimte en comfortabele ruimte zal in de praktijk door de konstruktieve mogelijkheden worden bepaald. Daarnaast zal voor werkplekken waar langdurig wordt vertoeft meer aandacht moeten worden besteed aan de beschikbare ruimte en werkhouding dan op werkplekken waar slechts enkele minuten niet al te fijne of kritische handelingen worden verricht. Richtlijnen voor de vrije ruimte in de breedte zijn niet aangetroffen. Deze ruimte moet in ieder geval voldoende zijn om een stoel tussen te kunnen schuiven (hoofdstuk 3.17).

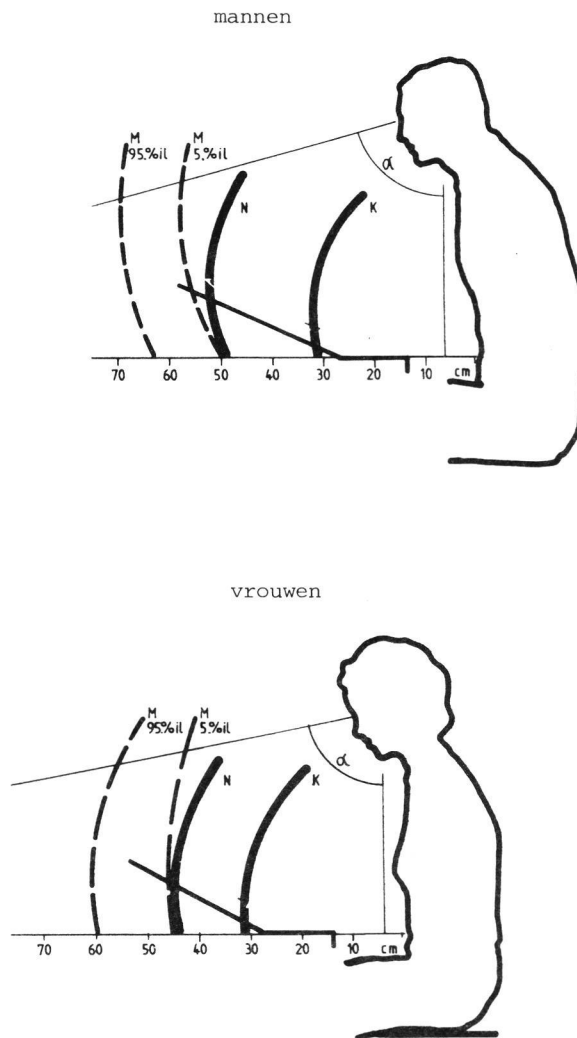
e Reikwijdte en zichtveld

richtlijn

**Figuur 10.4** Reikwijdte en blikveld voor mannen en vrouwen in horizontaal vlak, 28 cm boven zitvlak (toelichting in tabel 10.6) (Naar Burandt).



Figuur 10.5 Reikwijdte en blikveld voor mannen en vrouwen in verticale vlak, midden door lichaam (toelichting tabel 10.6) (Naar: Burandt).



Tabel 10.6 Beschrijving van verschillende gebieden en grenzen in figuur 10.4 en figuur 10.5 (Naar Burandt).

---

|            |                                                                                                                                                                                                           |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M:         | Uiterste reikwijdte voor pakken van voorwerp voor 5de percentiel en 95e percentiel                                                                                                                        |
| N:         | Uiterste grens voor verrichten van werkzaamheden voor 50% en grens voor bereikbaarheid van 90% met twee handen.                                                                                           |
| K:         | Grens voor verrichten van fijnere werkzaamheden voor 50% en grens voor verrichten van werkzaamheden door 90%.                                                                                             |
| I:         | Gebied voor visueel gecontroleerde werkzaamheden met twee handen en kleine onderdelen.                                                                                                                    |
| II:        | Gebied dat overal met twee handen is te bereiken en waar de werkzaamheden goed zijn te overzien. Fijne werkzaamheden niet buiten dit gebied uitvoeren.                                                    |
| III:       | Gebied waarin met één hand bewegingen kunnen worden verricht zonder te veel verplaatsing van de bovenarm. Zware voorwerpen niet buiten dit gebied verplaatsen.                                            |
| IV:        | Gebied waarin één hand nog werkzaamheden kan verrichten door de arm enigszins te strekken. In dit gebied werkzaamheden verrichten die niet zeer gekompliceerd zijn of visueel veel aandacht nodig hebben. |
| V:         | Gebied dat wel bereikbaar is, maar waar geen handelingen kunnen worden verricht. Alleen voor wegzetten van voorwerpen of zeer weinig gebruikte bedieningsmiddelen.                                        |
| $\alpha$ : | Gebied dat met beperkte oogbewegingen goed kan worden overzien. Visuele kontroletaken in dit gebied plaatsen.                                                                                             |

---

In bovenstaande figuren zijn reikwijdte en blikveld gekombineerd aan gegeven en is onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen. Allereerst zijn de maximale reikwijdte (stippellijn aangeduid met M) weergegeven voor 5de en 95e percentiel. Daarbij is in figuur 10.4 zowel de linker- als de rechterhand aangegeven. Daarnaast zijn de reikwijdtes aangegeven (dikke lijnen toelichting tabel 10.6) waarin bijvoorbeeld bedieningsmiddelen kunnen worden geplaatst. De reikwijdtes in het horizontale vlak (figuur 10.4) gelden voor een vlak dat 28 cm boven het zitvlak ligt. Ditzelfde vlak is aangegeven als de horizontale as in figuur 10.5. Naast de reikwijdte is tevens aangegeven is welk gebied ( $\alpha$ ) visuele waarneming mogelijk is met beperkte oogbewegingen.

#### keuze

De reikwijdte wordt in Teleac niet behandeld. In alle andere handboeken wordt de reikwijdte wel beschreven. Alleen in Burandt zijn maten aangegeven voor verschillende populatiegroepen en is een duidelijk referentiepunt aangegeven: de rand van de tafel op een hoogte van 28 cm boven het zitvlak. In Vademecum worden alleen afmetingen gegeven in het vlak van het werkblad. In Kodak wordt alleen de reikwijdte gegeven van 5de percentiel vrouwen.

Hettinger geeft de reikwijdte vanuit de schouder. Hierdoor ligt de reikwijdte wel vast maar heeft de ontwerper in de praktijk weinig houvast. Als laatste geeft McCormick de reikwijdte vanuit het "seat reference point" (het midden van de snijlijn tussen zitvlak en leuningvlak). Dit punt is vaak moeilijk vast te leggen.

#### diskussie

De reikwijdte is duidelijk te omschrijven en vast te leggen. Toch zijn er grote verschillen tussen de handboeken. Daardoor zijn de gegevens onderling zeer moeilijk te vergelijken. De rand van de tafel, op een vastgestelde hoogte, als referentiepunt lijkt het meest praktische uitgangspunt. Voor erg dikke personen of wanneer onvoldoende beenruimte is om goed aan te schuiven moet een korrektie worden toegepast. Dit is mogelijk door een lijn parallel aan de nullijn door de figuur te trekken. Hoewel de hier gekozen richtlijnen in principe gelden voor een zittende werkhouding lijken de richtlijnen ook toepasbaar voor arbeidssituaties waar staand handelingen worden verricht.

### 3.11 VISUELE INFORMATIEPRESENTATIE

#### inleiding

Een belangrijk deel van de aangeboden informatie wordt visueel waargenomen. Zeker ten opzichte van de andere zintuigen kan visueel een grote hoeveelheid informatie per tijdseenheid worden aangeboden. Vooral bij de bediening en besturing van apparatuur wordt gebruik gemaakt van visuele presentatie van de benodigde informatie.

In dit hoofdstuk worden richtlijnen gegeven die betrekking hebben op het zodanig presenteren van de informatie dat deze snel en zonder fouten kan worden waargenomen. Het gaat daarbij primair om de leesbaarheid en herkenbaarheid van visuele informatie. Zeer beperkt wordt aandacht besteed aan de interpretatie van de informatie of aan de gewenste reactie. Er wordt in dit hoofdstuk niet uitgebreid ingegaan op de verlichtingseisen voor de omgeving, zoals die in hoofdstuk 5.6 zijn aangegeven.

Visuele informatie wordt in verschillende vormen aangeboden. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt op basis van de veranderlijkheid van de informatie. De informatie kan enerzijds onveranderlijk zijn bijvoorbeeld bij gedrukte tekst, opschriften, of figuren, en anderzijds variëren, bijvoorbeeld bij "meters en tellers" en beeldschermen.

In dit hoofdstuk zullen de volgende informatievormen worden onderscheiden

- a Informatie door tekst en tekens.
- b Informatie door "meters of tellers".
- c Informatie op beeldschermen.

Bijzondere vormen, zoals grafieken, pictogrammen, bijzondere lettertypen zullen hier niet apart worden behandeld. Informatie op beeldschermen wordt apart behandeld vanwege de bijzondere aandacht die er in de handboeken aan wordt besteed. Voor de positie en opstelling van meters, de plaats van opschriften en de opstelling van beeldschermen wordt verwezen naar de hoofdstukken (3.10 Werkruimte; 3.16 Bedieningsstereotypen en 3.17 Hulpmiddelen).

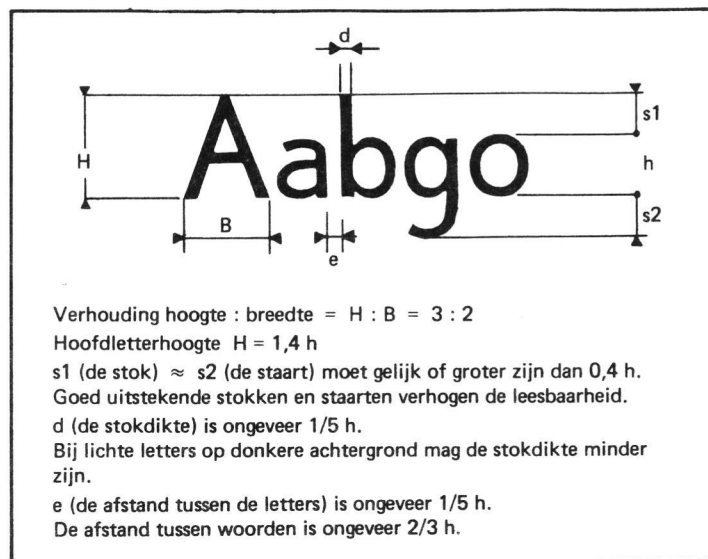
a Informatie door tekst en tekens

richtlijn

Tabel 11.1 Aanbevolen hoogte (H) van letters en cijfers, afhankelijk van de leesafstand (D) het belang van de informatie ( $K_1$ ) en de leescondities ( $K_2$ ) (alle maten in cm) (Naar: McCormick).

|         |   |                                                                           |
|---------|---|---------------------------------------------------------------------------|
| H       | = | $0,0022D + K_1 + K_2$                                                     |
| $K_1$   | = | 0,0 niet belangrijke informatie                                           |
| $K_1^1$ | = | 0,19 belangrijke informatie                                               |
| $K_1^1$ | = | 0,15 gunstige leesomstandigheden en voldoende verlichting en contrast     |
| $K_2^1$ | = | 0,40 ongunstige leesomstandigheden en voldoende verlichting en contrast   |
| $K_2^2$ | = | 0,40 gunstige leesomstandigheden en onvoldoende verlichting en contrast   |
| $K_2^2$ | = | 0,66 ongunstige leesomstandigheden en onvoldoende verlichting en contrast |
| NE      | = | alle maten in cm                                                          |

Figuur 11.1 Verhoudingen van afmetingen van letters en cijfers (Naar: Teleac).



De leesbaarheid van tekst en cijfers wordt bepaald door de afmetingen in relatie tot de afstand waarover deze moeten worden gelezen. De leesafstand is meestal vastgelegd door de werkplek. Hoe groter de afstand hoe groter de letters en cijfers. In de formule in tabel 11.1 is deze verhouding tussen letterhoogte en leesafstand aangegeven. Met behulp van figuur 11.1 kan

vervolgens worden aangegeven aan welke overige afmetingen (breedte, spatie etc.) de cijfers of letters verder moeten voldoen voor een optimale leesbaarheid. De lettergrootte moet worden aangepast aan het belang van de tekst en aan de leesomstandigheden. De leesomstandigheden kunnen ongunstig worden beïnvloed door bijvoorbeeld trillingen, stof etc. Wanneer bijvoorbeeld een belangrijke tekst ( $K_1 = 0.19$ ) ("verboden te roken") op 1 meter afstand moet kunnen worden gelezen bij een goede verlichting en in een niet-rokerige omgeving ( $K_2 = 0.15$ ) dan geldt voor de letterhoogte tenminste  $H = 0,22 + 0,19 + 0,15 = 0,56$  cm. Wanneer alleen kapitalen worden gebruikt geldt voor het "VERBODEN TE ROKEN" bord een letterhoogte  $H = 0.56$  cm voor alle letters. Wanneer "Verboden te roken" met kleine letters wordt geschreven geldt  $H = 0.56$  voor de kleine letters.

#### keuze

In McCormick, waaruit de richtlijn afkomstig is, wordt voor de lettergrootte zowel rekening gehouden met de leesomstandigheden, de belangrijkheid van de tekst als met en de leesafstand. In Kodak wordt dezelfde bron gebruikt echter zonder de formule te presenteren. Burandt geeft een theoretische benadering, die niet direkt leidt tot een praktische richtlijn. Vademecum en Teleac hanteren dezelfde richtlijnen als McCormick, in vereenvoudigde formule, zonder korrektiefactoren. Hettinger besteedt geen aandacht aan de leesbaarheid van cijfers en tekst.

#### diskussie

Verschillen tussen de handboeken voor de relatie tussen leesafstand en letterhoogte worden veroorzaakt door de vereenvoudiging van de formule die in enkele handboeken is doorgevoerd. Door het weglaten van bepaalde korrektiefactoren ontstaat een eenvoudige formule: (letterhoogte =  $1/200$  leesafstand). Een formule waarin rekening wordt gehouden met de leesomstandigheden en de belangrijkheid van de tekst of tekens is voor de praktijk, waar soms grote hoeveelheden informatie worden aangeboden, gewenst. Over contrasten tussen letters of tekens en de achtergrond wordt in de handboeken nauwelijks ingegaan in relatie met de leesbaarheid en letterhoogte. Heel algemeen wordt gesteld dat voldoende contrast nodig is. Alleen in Burandt wordt dit gekwantificeerd.

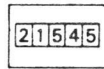


Voor een goede leesbaarheid moet de luminantieverhouding tussen letters en achtergrond 1:5 bedragen (zie ook hoofdstuk 6).

b Informatie door "meters of tellers"

b1 Keuze tussen verschillende typen "meters en tellers"

Figuur 11.2 Geschiktheid drie typen meters voor bepaalde taken (Naar: Vademecum).

| Type meter                                 |  |  |  |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| waarde aflezen                             | ○                                                                                 | ○                                                                                 | +                                                                                  |
| schatten van waarde,<br>controle van stand | +                                                                                 | -                                                                                 | -                                                                                  |
| instellen op een<br>gewenste waarde        | +                                                                                 | ○                                                                                 | +                                                                                  |
| bijregelen van een<br>verlopend proces     | +                                                                                 | -                                                                                 | -                                                                                  |
|                                            | + = goed                                                                          | 0 = matig                                                                         | - = slecht                                                                         |

De bestaande meters zijn in drie categorieën van informatiepresentatie ingedeeld: meters met een vaste schaal en bewegende wijzer, meters met een vaste wijzer en een bewegende schaal en numerieke meters.

In de figuur 11.2 is aangegeven welke type meter geschikt is voor bepaalde taken. Zo is bijvoorbeeld voor het exact aflezen van een waarde een numerieke informatiepresentatie zeer geschikt, terwijl dit met een meter met bewegende wijzer of bewegende schaal maar matig mogelijk is. Een bewegende schaal blijkt overigens voor alle soorten taken een matige of slechte vorm van informatiepresentatie.

keuze

In alle handboeken, behalve Hettinger, wordt aandacht besteed aan de keuze van verschillende typen meters. Alleen in Vademecum en Kodak wordt konkreet onderscheid gemaakt tussen de verschillende vormen van informatiepresentatie. In Vademecum is een duidelijke relatie gelegd tussen de vormen van informatie en taken, en de geschiktheid van de verschillende typen meters.

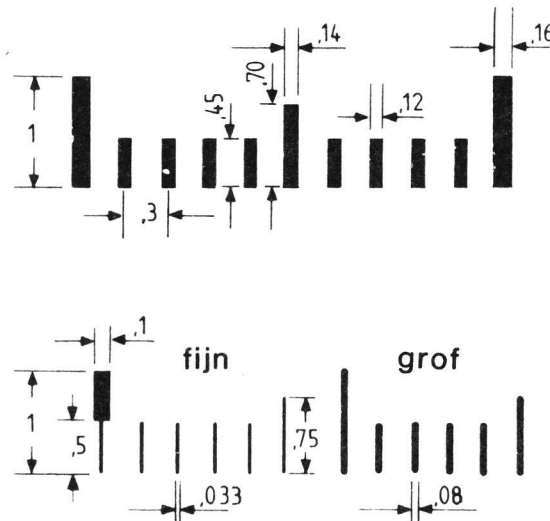
### diskussie

De richtlijnen voor informatiemiddelen die wordt gegeven in de verschillende handboeken heeft betrekking op één bepaald type, zonder daarbij de samenhang met de andere typen aan te geven. Bij de afweging in Vademecum is niet verwezen naar onderzoek.

### b2 Schaalafmetingen

#### richtlijn

**Figuur 11.3** Verhoudingen voor de afmeting van schaalverdelingen op meters  
(Naar: Burandt).



De afleesbaarheid van een meter is naast de leesafstand afhankelijk van de verhoudingen van de schaalverdeling. De hoogte van een deelstreep van de hoofddeling kan worden bepaald met de richtlijnen in tabel 11.1 voor de letterhoogte. In figuur 11.3 is de aanbevolen verhouding voor de schaalstrepen onderling gegeven. De hoogte van de hoofddeling is de basismaat in de figuur. De afstand tussen de streepjes moet 0,3 x de hoogte zijn. Voor de cijfers bij de hoofddeling geldt een hoogte van 0.8 x streep lengte.

Voor de schaal geldt verder nog dat niet meer dan 10 intervallen tussen twee hoofdaanduidingen moeten liggen. Bovendien geldt dat de afleesnauwkeurigheid bij meters met schalen gelijk moet wor-

den gesteld met de interval tussen twee streepjes. Wanneer bijvoorbeeld op een lineaal iedere millimeter een streepje heeft, dan is de afleesnauwkeurigheid 1 mm en moet iedere centimeter op de lineaal als hoofdaanduiding zijn aangegeven.

#### keuze

De gegeven richtlijn komt uit Burandt en is als DIN-norm vastgelegd. In Hettinger, Teleac en Kodak worden geen gegevens over de schaalverdeling vermeld. In Vademecum is meer algemeen aangegeven hoe een schaalverdeling zou moeten worden opgebouwd, maar zijn geen afmetingen en verhoudingen vermeld. Naast Burandt vermeldt ook McCormick afmetingen. Gekozen is voor Burandt omdat het een DIN-norm betreft.

#### diskussie

Tussen de Burandt en McCormick bestaan geen grote verschillen over de maatvoering en opbouw van de schaalverdeling. Voor de vraag welke vorm voor een schaal moet worden gekozen (half rond, rond, langwerpig (horizontaal of vertikaal)) wordt verwezen naar hoofdstuk 3.16. In geen van de handboeken zijn richtlijnen aangetroffen voor de plaats van de cijferaanduiding op de verschillende schalen.

#### c Informatie op beeldschermen

##### richtlijn

Tabel 11.2 Afmetingen en verhoudingen van tekens op beeldschermen.

|                |                                                                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hoogte:        | Hoofdletters minimaal 1/150 van de kijkafstand doch niet kleiner dan 3,0 mm                         |
| Breedte:       | 0,75-0,80 maal de tekenhoogte (men denke om de invloed van de kijkhoek)                             |
| Matrixgrootte: | Bij gecombineerd gebruik van hoofd- en kleine letters is een matrixgrootte van 7 × 9 punten gewenst |
| Lijndikte:     | 0,10-0,16 maal de tekenhoogte                                                                       |
| Tekenafstand:  | 1,25-1,45 maal de hoofdletterbreedte                                                                |
| Regelafstand:  | 1,5-2,0 maal de hoofdletterhoogte                                                                   |

De leesbaarheid van informatie op een beeldscherm wordt bepaald door de grootte van de tekens (cijfers en letters) in relatie tot de leesafstand. In tabel 11.2 zijn richtlijnen gegeven voor de afmetingen van tekens op het scherm. Voor de tekenhoogte geldt dat deze  $1/150$  is van de leesafstand. Naast de tekenhoogte zijn in tabel 11.2 ook de verhoudingen van afstanden op het scherm gegeven. Wanneer bijvoorbeeld in een vertrekhal op een vliegveld informatie over vertrektijden wordt gepresenteerd op een beeldscherm, dan is bij een leesafstand van 3 meter een tekenhoogte van  $(300/150) = 2$  cm noodzakelijk voor de cijfers en letters en moet de regelafstand 3-4 cm bedragen.

#### keuze

In Burandt en Hettinger wordt geen aandacht besteed aan de visuele informatiepresentatie op beeldschermen. In Vademecum en McCormick wordt vooral op de nadelige effecten, zoals spiegeling van het scherm, gewezen zonder daar konkrete richtlijnen voor te geven. Wel worden maatregelen ter voorkoming aangegeven. In Teleac en Kodak worden richtlijnen voor de leesbaarheid gegeven. Voor de afmetingen en verhoudingen van de tekens zijn de Teleac richtlijnen het meest compleet.

#### diskussie

De richtlijnen voor de karaktergrootte op het scherm wijken af van de richtlijn voor de letter- en cijfergrootte zoals eerder (tabel 11.1) in dit hoofdstuk behandeld. De richtlijn voor beeldschermtekens (tabel 11.2) leidt tot grotere karakters. Dit houdt mogelijk verband met de minder scherpe contouren van de karakters als gevolg van de beeldschermtechniek. Wanneer in de formule in tabel 11.1 dan ook voor de leesconditie de faktor ongunstig wordt gebruikt, komen de richtlijnen echter redelijk overeen.

Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk vermeld, is noch aandacht besteed aan de opbouw van de informatie op het beeldscherm zelf noch aan de volgorde van presentatie. Deze eigenschappen van de software vallen enerzijds niet direkt onder visuele informatiepresentatie zoals in dit hoofdstuk is gedefinieerd, anderzijds is in de handboeken hierover nog zeer weinig te vinden.

Richtlijnen voor de verlichting en het contrast worden in hoofdstuk 3.6 behandeld. De verlichtingssterkte van het scherm hangt samen met de hoeveelheid licht in de omgeving. Wanneer de verlichting in de omgeving niet konstant is (buitenlicht) moet bijstelling van de scherm luminantie en het contrast mogelijk zijn. Aan de beeldverversing wordt alleen in Kodak aandacht besteed; 50 Hz minimaal en boven 60 Hz wordt geen flikkering meer waargenomen.

3.12 **AUDITIEVE INFORMATIEPRESENTATIE**

inleiding

In bepaalde omstandigheden kan informatie via het oor worden aangeboden. Het gaat met name om situaties waarbij de informatie eenvoudig en kort is, en waarbij aandacht en een snelle reactie wordt gevraagd. Voor het herkennen van auditieve signalen zijn een aantal aspecten van het signaal van belang, zoals geluidsterkte, toonhoogte en tijdsverloop. In dit hoofdstuk worden twee soorten signalen behandeld

a Enkele signalen, dit zijn signalen zoals waarschuwingssignalen of alarmsignalen die in het omgevingsgeluid herkend moeten worden.

b Komplexe signalen, waarbij het gaat om het onderling herkennen en interpreteren van de signalen.

Auditieve informatie via menselijke spraak (menselijke spraak via kommunikatiesystemen, computerspraak) komt in dit hoofdstuk niet aan de orde. Wel wordt in hoofdstuk 3.1 (Geluid) aandacht besteed aan het herkennen van menselijke spraak in lawaaiige omgevingen.

a Enkele signalen

richtlijn

Tabel 12.1 Geluidsterkte, frekwentie en tijdsverloop van een enkel auditief signaal (Naar: Burandt).

|                       |                                                                                                                             |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>geluidsterkte:</u> | tenminste 15 dB boven het geluidniveau van de omgeving                                                                      |
| <u>frekwentie:</u>    | - tussen 200 en 5000 Hz<br>- bij een signaal over grote afstanden: 200-500 Hz<br>- bij een signaal langs obstakels: <500 Hz |
| <u>tijdsverloop:</u>  | intermitterende (aan/uit) of toe- en afnemende signalen met wisselingsfrekwentie van 1-8 maal/sec                           |

Om een signaal snel en goed uit het omgevingsgeluid te herkennen moet de geluidsterkte hoger zijn. De herkenning is het beste als het signaal voornamelijk is opgebouwd uit meerdere frekwenties waarvan de grondfrekwentie ligt tussen de 200 en 500 Hz. In dit

frekwentiegebied is het oor het meest gevoelig voor geluidsterkteverschillen. Bij signalen over grote afstanden of langs obstakels moeten hogere frekwenties worden vermeden omdat deze sneller in niveau afnemen dan de lage frekwenties. Om de herkenbaarheid van (waarschuwing)signalen verder te vergroten kan de geluidsterkte in de tijd worden gevarieerd. Wanneer bijvoorbeeld de geluidsterkte van de omgeving 60 dB is moet een alarmsignaal een geluidsterkte op de plaats van de gealarmeerd hebben van tenminste 75 dB. Een grondfrekwentie van 300 Hz is geschikt voor zowel normale herkenning als voor herkenning op grote afstand of bij obstakels. Het aan/uitschakelen van het signaal om de halve seconde verhoogt de herkenbaarheid.

#### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Burandt. Hettinger behandelt het onderwerp auditieve informatiepresentatie niet, terwijl het Vademecum en Teleac er slechts in algemene bewoordingen op ingaan. Kodak geeft alleen een waarde voor de geluidsterkte. McCormick geeft waarden vergelijkbaar met die van Burandt. Wat betreft de geluidsterkte wordt in het eerstgenoemde handboek onderscheid gemaakt tussen rustige en lawaaiige omgevingen, zonder deze verder te definiëren. Bovendien is de waarde voor de geluidsterkte in een lawaaiige omgeving moeilijk in de praktijk te hanteren omdat daarvoor de grenswaarde waarbij het geluid in aanwezigheid van lawaai nog net kan worden herkend, bekend moet zijn. Omdat de richtlijn van Burandt het meest praktisch en compleet is, is deze gekozen.

#### diskussie

Voor de geluidsterkte geeft Burandt twee verschillende richtlijnen zonder daarbij aan te geven welke richtlijn wanneer moet worden gehanteerd (ook geen bronvermelding). Voor omgevingsgeluidsterkte van 80 dB komen de richtlijnen overeen. Daaronder is bij de niet gekozen richtlijn het verschil tussen omgevingsgeluidsterkte en signaalsterkte groter dan 15 dB; boven de 80 dB is dat verschil kleiner. De tweede richtlijn van Burandt komt enigszins overeen met de richtlijnen van McCormick voor geluidsterkte in een lawaaiige omgeving. Ook de waarden voor de frekwentie en het tijdsverloop in Burandt komen grotendeels overeen

met de waarden vermeld in McCormick (met bronvermelding). Een verschil is echter dat dit laatste handboek voor een signaal over grote afstand (300 m) een andere richtlijn geeft, namelijk <1000 Hz in plaats van 200-500 Hz. Verder geeft McCormick voor het tijdsverloop van toe- en afnemende signalen een impulsfrequentie van 1-3 Hz.

#### b Komplexe signalen

##### richtlijn

Tabel 12.2 Geluidsterkte en frekventieverschillen van meerdere auditieve signalen (Naar: Kodak).

|                                               |                                            |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <u>geluidsterkte van signalen:</u>            | 10 dB boven omgevingsniveau                |
| <u>frekventieverschillen tussen signalen:</u> | 1 à 2 oktaafbanden of 2 à 4x de frequentie |

Verschillende signalen worden ten opzichte van elkaar herkend op basis van frekventieverschillen. Een signaal kan zijn opgebouwd uit een groot aantal frekwenties. Het frekwentiegebied van het signaal kan worden opgedeeld in een aantal deelgebieden, de oktaafbanden. Dit zijn frekwentiebanden waarvan de breedte van elke band verdubbelt bij elke opvolgende frekwentieband. Een oktaafband met middenfrekwentie van 1000 Hz omvat bijvoorbeeld het frekwentiegebied van 700 tot 1400 Hz; het frekwentiegebied van de daaropvolgende band omvat dan 1400 tot 2800 Hz (middenfrekwentie van 2000 Hz). Verhoging van 1 oktaafband komt overeen met een verdubbeling van de middenfrekwentie. De frekwenties waaruit de te onderscheiden signalen zijn opgebouwd moeten 1 à 2 oktaafbanden uit elkaar liggen (of de middenfrekwentie van een oktaafband dan wel primaire frekwentie van het signaal 2 à 4x groter of kleiner). Een signaal van bijvoorbeeld 1000 Hz en één van 2000 Hz zijn goed van elkaar te onderscheiden. Om de signalen uit het omgevingsgeluid te herkennen moet de geluidsterkte 10 dB hoger liggen dan de geluidsterkte in de omgeving.

##### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Kodak omdat alleen hier



konkrete richtlijnen worden gegeven. Andere handboeken geven meer kwalitatieve beschrijving van de herkenbaarheid van verschillende signalen.

#### diskussie

De richtlijn van Kodak heeft betrekking op (waarschuwings)signalen waarbij de signalen alleen verschillen op grondfrekwentie. Volgens McCormick zijn dan 4-7 verschillende signalen te onderscheiden. Meerdere signalen kunnen worden onderscheiden bij gebruik van signalen met verschillende combinaties van zowel frekwentie als geluidsterkte. Daarnaast zijn ook nog verschillen denkbaar in richting (linker- of rechteroor), herhalingsfrekwentie, aan/uit tijdsverhouding en duur (zoals bij morsetekens). Volgens McCormick hebben combinaties van meerdere aspecten met minder stappen (bijvoorbeeld 8 dimensies met 2 stappen voor iedere dimensie) de voorkeur boven minder aspecten met meerdere stappen (bijvoorbeeld 4 dimensies met elk 4 stappen). Zoals gezegd heeft de richtlijn van Kodak betrekking op één dimensie namelijk de frekwentie.

Komplexe signalen moeten behalve ten opzichte van elkaar ook ten opzichte van de omgeving worden herkend. Deze laatste herkenning gebeurt primair op basis van geluidsterkteverschillen tussen signalen en omgeving, zoals in tabel 12.1. Voor enkelvoudige signalen moet dit verschil tenminste 15 dB zijn.

### 3.13 TAKTIELE INFORMATIEPRESENTATIE

#### inleiding

Naast het waarnemen van informatie door zien en horen kan ook via de "tast", dat wil zeggen via de huid of de stand van gewrichten informatie worden waargenomen. Informatie via de tastzin wordt meestal aangeboden wanneer visuele en auditieve informatie niet mogelijk is doordat de kans op verstoring door verlichting of omgevingsgeluid te groot is of doordat de hoeveelheid informatie te groot wordt. In dit hoofdstuk zullen de volgende in de praktijk toe te passen vormen van taktiele informatiepresentatie worden behandeld

a Herkennen van bedieningsmiddelen.

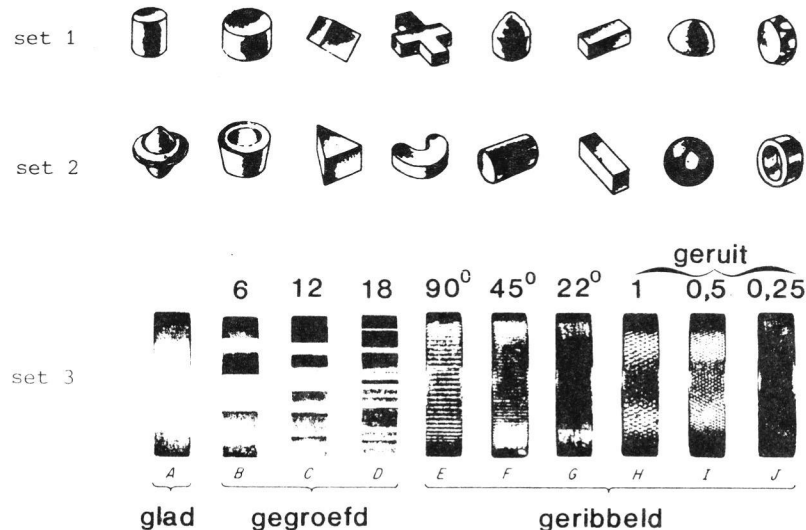
b Herkennen van de stand van een bepaald bedieningsmiddel.

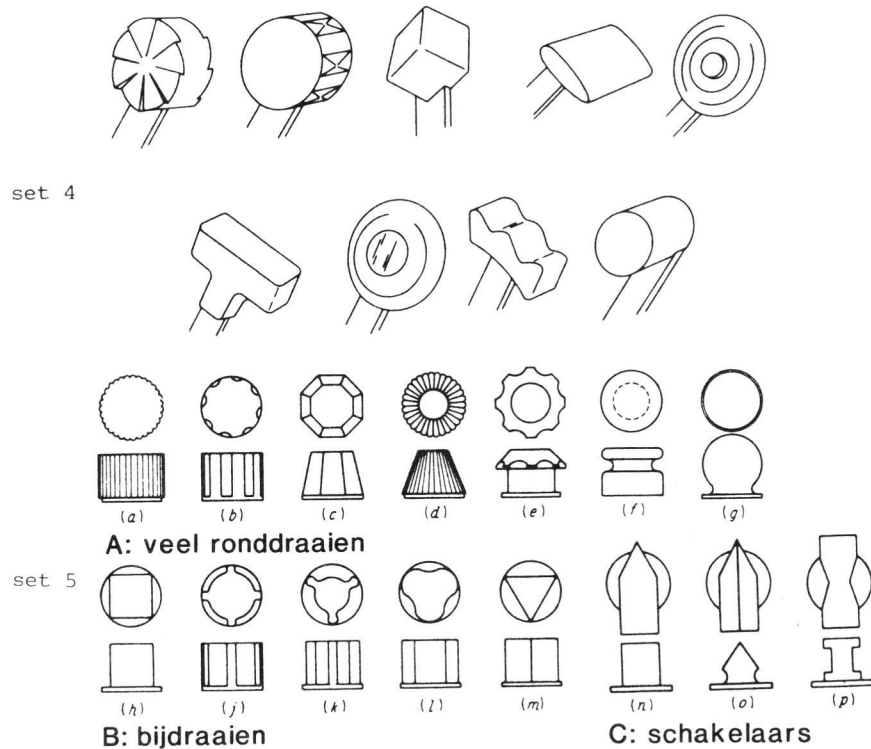
Bij de hier behandelde aspecten gaat het meer om feedback dan het verstrekken van informatie. Het herkennen door tast van bedieningsmiddelen vindt het beste plaats door vormverschillen. Het herkennen van één bepaald bedieningsmiddel te midden van andere wordt ook door de onderlinge afstand bepaald.

a Herkennen van bedieningsmiddelen

#### richtlijn

Figuur 13.1 Vijf verschillende sets van onderling goed te onderscheiden bedieningsmiddelen (Naar: McCormick).





In figuur 13.1 zijn een vijftal sets van verschillende bedieningsmiddelen (knoppen en handles) gegeven. De sets zijn uit onderzoek ontstaan, waarbij foutloos en snel onderscheid van de bedieningsmiddelen het uitgangspunt was. Wanneer bijvoorbeeld voor de bediening van een machine meerdere handles nodig zijn, dan moeten voor een goede taktiele feedback op de handles knoppen worden geplaatst met de vormen zoals in sets zijn aangegeven. In set 3 en set 5 zijn vormen gegeven voor draai- en schakelknoppen.

#### keuze

In Burandt, Kodak en Teleac wordt de informatie-overdracht via de tastzin niet konkreet behandeld. In Vademecum en Hettinger wordt met enkele voorbeelden aangegeven dat vormherkenning van bedieningsmiddelen mogelijk is. Alleen McCormick gaat uitgebreid in op de taktiele herkenning. De richtlijnen worden gegeven in de vorm van sets bedieningsmiddelen die goed zijn te onderscheiden.

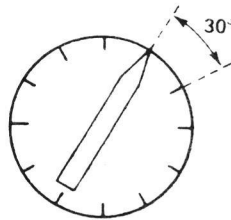
### diskussie

De richtlijnen zijn niet volledig door het ontbreken van afmetingen. Het belang van de afmetingen wordt in de handboeken niet besproken. Voor de herkenbaarheid van de verschillende bedieningsmiddelen wordt de positie ten opzichte van het lichaam in de handboeken niet behandeld. In hoofdstuk 3.16 wordt hier wel op ingegaan, maar meer vanuit de bedienbaarheid en niet zozeer vanuit de herkenning. De onderlinge afstand van bedieningsmiddelen wordt in de handboeken niet konkreet behandeld. In hoofdstuk 3.14 wordt deze afstand behandeld vanuit de bedienbaarheid.

### b Herkennen van de stand van de bedieningsmiddelen

#### richtlijn

Figuur 13.2 Minimale hoek voor herkenning op de tast (Naar: Vademecum).



Voor de herkenning van een bepaalde stand waarin een bedieningsmiddel zich bevindt zijn alleen richtlijnen gevonden voor schakelaars. Voor een schakelaar wordt een verschil tussen twee standen van tenminste 30 graden aanbevolen.

### keuze

Herkennen van de stand van een bedieningsmiddel wordt slechts summier behandeld in de handboeken. Alleen in Vademecum wordt een richtlijn gegeven voor de herkenning op de tast van de schakelstand van een draaischakelaar.

### diskussie

De herkenning van de schakelstanden als feedback op de bediening wordt niet apart behandeld in de handboeken. Dit in tegenstelling tot de richtlijnen voor bedieningsgemak van de verschillende bedieningsmiddelen in hoofdstuk 3.14. In de handboeken worden

geen richtlijnen gegeven voor het verschil tussen standen van bedieningshandles. Het belang om daarmee rekening te houden wordt wel aangegeven, net als de feedback door tegenkracht van het bedieningsmiddel. Verschillen in reaktiekracht kunnen informatie verstrekken over de stand en bedieningsrichting van het bedieningsmiddel.

### 3.14 **BEDIENINGSMIDDELEN**

#### inleiding

Voor het besturen of regelen van machines of productieprocessen worden bedieningsmiddelen gebruikt. Voorbeelden van bedieningsmiddelen zijn bijvoorbeeld drukknoppen, tuimelschakelaars, handwielen en voetpedalen.

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de keuze en vormgeving van een aantal veel gebruikte bedieningsmiddelen, die met de hand of voet worden bediend. Niet behandeld worden de bedieningsmiddelen die met andere lichaamsdelen worden bediend zoals kniebediening bij naaimachines of bediening met hoofd of schouders door functioneel-gehandicapten.

Richtlijnen worden gegeven ten aanzien van

a Keuze van het soort bedieningsmiddel.

b Vormgeving van de verschillende soorten bedieningsmiddelen.

c Onderlinge afstand tussen gelijke bedieningsmiddelen.

De keuze van het meest geschikte soort bedieningsmiddel hangt af van de bedieningstaak. Bepalend is onder andere de bedieningsnelheid en de bedieningsnauwkeurigheid. Een belangrijke beperking is vaak ook de beschikbare ruimte voor de plaatsing van het bedieningsmiddel.

De vormgeving van het bedieningsmiddel wordt vooral bepaald door het bedieningsgemak. Hierbij spelen afmetingen, bedieningskracht en verplaatsingsafstand een rol. De vormgeving wordt soms verder bepaald door de gewenste herkenbaarheid van het bedieningsmiddel via de tastzin. Hieraan is aandacht besteed in hoofdstuk 3.13 (Taktiele informatiepresentatie).

De onderlinge afstand tussen de bedieningsmiddelen is niet alleen van belang voor het bedieningsgemak maar ook voor het voorkomen van onbedoeld schakelen. Een bepaalde afstand is wenselijk in verband met de bewegingsvrijheid van handen of voeten en in verband met het voorkomen van ongewenst aanraken van bedieningsmiddel. De afstand mag echter weer niet te groot zijn vanwege de bereikbaarheid en de efficiëntie van de hand- of voetbewegingen tussen de bedieningsmiddelen. In hoofdstuk 3.10 zijn richtlijnen gegeven voor de ruimtelijke positie van de bedieningsmiddelen ten opzichte van het lichaam in verband met de bereikbaarheid.

a Keuze soort bedieningsmiddel

richtlijn

Tabel 14.1. Geschiktheid van soort bedieningsmiddel ten aanzien van vijf taak-aspekten (Naar: Kodak).

| taakaspekten                  |                         |                                    |                            |                           |                              |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| bedienings-<br>middel         | bedienings-<br>snelheid | bedie-<br>ningsnauw-<br>keurigheid | bedie-<br>nings-<br>ruimte | rij van dezelfde middelen |                              |
|                               |                         |                                    |                            | bedienings-<br>gemak      | aflees-<br>moge-<br>lijkheid |
| 1. tuimelschake-<br>laar      | goed                    | goed                               | weinig                     | goed                      | goed                         |
| 2. drukknop<br>(hand of voet) | goed                    | ongeschikt                         | weinig                     | goed                      | slecht                       |
| 3. draaiknop<br>(stapsgewijs) | goed                    | goed                               |                            | slecht                    | goed                         |
| 4. draaiknop<br>(kontinu)     | ongeschikt              | redelijk                           | vrij weinig                | slecht                    | goed                         |
| 5. slinger                    | redelijk                | slecht                             | vrij veel                  | slecht                    | slecht*                      |
| 6. handwiel                   | slecht                  | goed                               | veel                       | slecht                    | slecht                       |
| 7. hefboom                    | goed                    | slecht (H)<br>redelijk (V)         | vrij veel                  | goed                      | goed                         |
| 8. voetpedaal                 | goed                    | slecht                             | veel                       | slecht                    | slecht                       |

\* bij meerdere omwentelingen

H = Horizontaal

V = Vertikaal

In de eerste kolom staan acht soorten bedieningsmiddelen. Wat betreft voetbedieningsmiddelen wordt onderscheid gemaakt tussen voetdrukknop (stapsgewijze bediening) en voetpedaal (continu bediening). Bij elke soort bedieningsmiddel is de geschiktheid aangegeven (in termen van goed, redelijk, matig of ongeschikt) ten aanzien van vijf aspecten van de taak, enerzijds snelheid, nauwkeurigheid, ruimte, anderzijds bedieningsgemak en afleesbaarheid bij meerdere gelijke bedieningsmiddelen op een rij. Voor het nauwkeurig instellen van de beitel van een draaibank is bijvoorbeeld een handwiel geschikt; voor een snelle bediening is een hefboom beter.

keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Kodak. McCormick geeft geen aanbevelingen voor de keuze van het soort bedieningsmiddel.

In het Vademecum wordt alleen in algemene zin aandacht besteed. Teleac geeft een opsomming van factoren waarmee rekening moet worden gehouden. In Hettinger, Burandt en Kodak staan overzichten van voor- en nadelen van de verschillende soorten bedieningsmiddelen. De criteria voor die beoordeling verschillen echter. Alleen het criterium benodigde ruimte komt in alle drie de handboeken voor. 'Bedieningssnelheid' en 'afleesbaarheid bij gebruik van meerdere bedieningsmiddelen' worden zowel in Hettinger als in Burandt behandeld. Kodak beschouwt bovendien 'bedieningsnauwkeurigheid'. De richtlijnen uit Kodak zijn dan ook gekozen vanwege de praktische en uitgebreide hoeveelheid beoordelingscriteria.

#### diskussie

De afweging bij de keuze van bedieningsmiddelen ten aanzien van de benodigde ruimte komen in de drie handboeken goed overeen. Dat is in mindere mate het geval voor het beoordelingscriterium bedieningssnelheid. In Kodak wordt bijvoorbeeld een voetpedaal net zo geschikt geacht voor snelle bediening als een drukknop; in Hettinger wordt een voetpedaal duidelijk minder geschikt geacht.

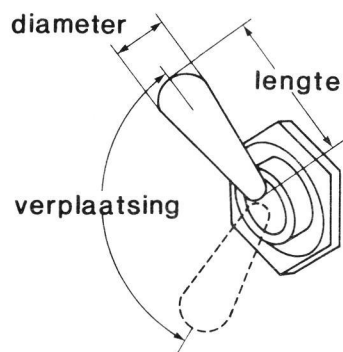
De beoordeling ten aanzien van afleesbaarheid was in deze twee handboeken op bepaalde punten geheel verschillend. Draaiknoppen werden in Hettinger wat betreft dit aspect als zeer slecht beoordeeld en in Kodak juist als goed. De verschillen in beoordeling houden mogelijk verband met verschillen in de gekozen voorbeelden waarop de beoordeling van toepassing is. Een nadere specificatie van deze voorbeelden ontbreekt echter.



b Vormgeving\_van\_bedieningsmiddelen

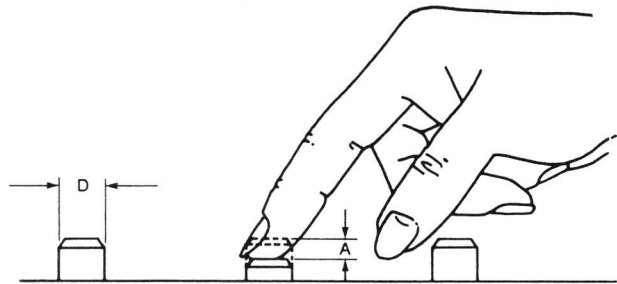
richtlijn

Figuur 14.1 Afmetingen, verplaatsing en bedieningskracht van tuimelschakelaars  
(Naar Kodak).

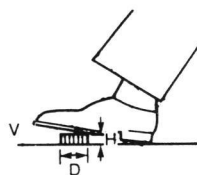


| parameter           | minimum-maximum maten |
|---------------------|-----------------------|
| diameter schakelaar | 3-25 mm               |
| lengte              |                       |
| normaal             | 12-50 mm              |
| met handschoen      | 38-50 mm              |
| verplaatsing        |                       |
| 2 posities          | 30-120°               |
| 3 posities          | 18-60°                |
| weerstand           |                       |
| normaal             | 3-11 N                |
| kleine diameter     | 3-5 N                 |

Figuur 14.2 Afmetingen, verplaatsing en bedieningskracht van drukknoppen (hand en voet) (Naar: Kodak).

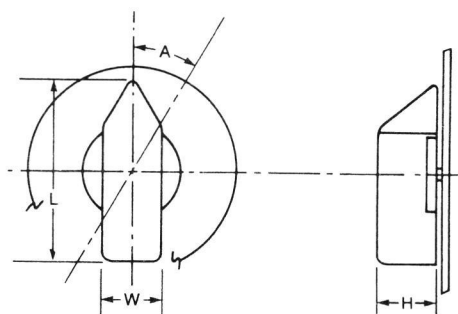


| parameter               | minimum-maximum maten |
|-------------------------|-----------------------|
| diameter (D)            |                       |
| vingerbediening         | 10-19 mm              |
| handpalm/duim bediening | 19-onbekend mm        |
| noodknop                | meer dan 25 mm        |
| verplaatsing (A)        |                       |
| vingerbediening         | 3-6 mm                |
| handpalm/duimbediening  | 3-8 mm                |
| weerstand               |                       |
| vingerbediening         | 2.8-11 N              |
| duimbediening           | 2.8-22.7 N            |



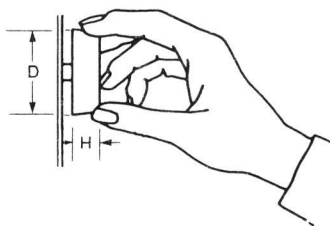
| parameter                        | maten     |
|----------------------------------|-----------|
| diameter                         |           |
| minimaal                         | 12 mm     |
| bij voorkeur                     | 50-80 mm  |
| verplaatsing                     |           |
| enkelbeweging                    | 12-65 mm  |
| beenbeweging                     | 25-180 mm |
| maximum hoogte, hiel op de grond | 80 mm     |
| enkelhoek                        |           |
| uit neutraal omhoog              | 20°       |
| uit neutraal naar beneden        | 30°       |
| weerstand                        |           |
| minimaal                         | 15 N      |
| maximaal                         | 75 N      |

Figuur 14.3 Afmetingen, verplaatsing en bedieningskracht van draaiknoppen met verschillende stappen (Naar: Kodak).

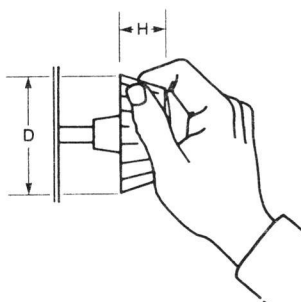


| parameter                | minimum-maximum maten |
|--------------------------|-----------------------|
| lengte                   | 25-100 mm             |
| breedte                  | onbekend-25 mm        |
| hoogte                   | 16-75 mm              |
| verplaatsing             |                       |
| gegroepeerde schakelaars | 15-40°                |
| enkele schakelaar        | 30-90°                |
| weerstand                | 110-675 N x m         |

Figuur 14.4 Afmetingen en bedieningskracht van kontinu draaiknoppen (Naar: Kodak).



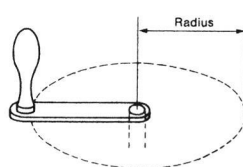
| parameter    | maten     |
|--------------|-----------|
| diameter (D) | 10-100 mm |
| hoogte (H)   | 12-25 mm  |



| parameter    | maten          |
|--------------|----------------|
| diameter (D) | 35-75 mm       |
| hoogte (H)   | minimaal 15 mm |

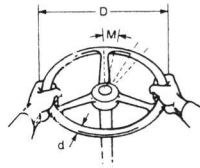
| weerstand (voor precisiebediening) |                       |       |                 |       |
|------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------|-------|
| knopdiameter (D)                   | knophoogte (H) in N.m |       | krachtbediening |       |
|                                    | 12 mm                 | 25 mm | 12 mm           | 25 mm |
| 12 mm                              | 0.43                  | 0.51  | 0.90            | 1.42  |
| 19 mm                              | 0.51                  | 0.68  | 1.70            | 2.49  |
| 25 mm                              | 0.68                  | 0.85  | 5.08            | 6.10  |
| 38 mm                              | 1.11                  | 1.27  | 7.12            | 10.17 |
| 51 mm                              | 1.70                  | 2.03  | 11.19           | 13.22 |
| 76 mm                              | 0.51                  | 0.51  | 14.24           | 16.27 |

Figuur 14.5 Afmetingen en bedieningskracht van slingers (Naar: Kodak).



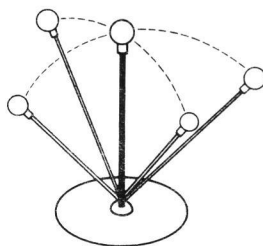
| bedieningskracht<br>in N.m | minimale radius (man)                                  |                                                 |            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|
|                            | slinger in horizontaal vlak<br>of vertikaal zijdelings | slinger in verticale<br>positie t.o.v. bediener |            |
|                            | 91 cm boven de grond                                   | 91 cm                                           | 122-142 cm |
| 0 - 2.3                    | 3.8                                                    | 3.8                                             | 6.4        |
| 2.3 - 4.5                  | 11.4                                                   | 6.4                                             | 6.4        |
| 4.5 - 10.2                 | 19.0                                                   | 11.4                                            | 11.4       |
| > 10.2                     | 19.0                                                   | 11.4                                            | 19.0       |

Figuur 14.6 Afmetingen en bedieningskracht van handwielen (Naar: Kodak).



| parameter                     | minimum-maximum maten |
|-------------------------------|-----------------------|
| handwioldiameter (D)          | 180-530 mm            |
| greepdiameter (d)             | 20-50 mm              |
| verplaatsing (M)              | voorkeur 60%          |
| weerstand op handgreeppositie |                       |
| één hand bediening            | 20-130 N              |
| twee handen bediening         | 20-220 N              |

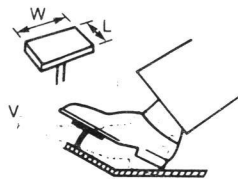
Figuur 14.7 Afmetingen en bedieningskracht van hefboomen (Naar: Kodak).



| parameter                      | minimum-maximum maten |
|--------------------------------|-----------------------|
| maximale uitslag               | 45°                   |
| verplaatsing                   |                       |
| van voor naar achter           | 350 mm                |
| van links naar rechts          | 950 mm                |
| diameter hefboomknop           |                       |
| vingergreep                    | 12-75 mm              |
| handpalmgreep                  | 38-75 mm              |
| hoogte hefboomgreep bovenzijde |                       |
| zittende bediening             | 750 mm                |
| staande bediening              | 1250 mm               |
| afstand tot lichaam            | 500-600 mm            |
| maximale krachten (één hand)   |                       |
| voor naar achter, handpalm     | 130 N                 |
| voor naar achter, vinger       | 9 N                   |
| zijdelings, handpalm           | 90 N                  |
| zijdelings, vinger             | 3 N                   |



Figuur 14.8 Afmetingen en bedieningskracht van voetbedieningspedaal (Naar: Kodak).



| parameter             | minimum-maximum maten |
|-----------------------|-----------------------|
| lengte (L)            |                       |
| sporadisch gebruik    | minimaal 80 mm        |
| kontinu gebruik       | minimaal 250 mm       |
| breedte (W)           | minimaal 90 mm        |
| verplaatsing (V)      |                       |
| enkelbeweging         | 12-65 mm              |
| beenbeweging          | 25-180 mm             |
| enkelhoek             |                       |
| neutraal-omhoog       | 20°                   |
| neutraal-naar beneden | 30°                   |
| weerstand             | 15-90 N               |

Voor acht verschillende typen bedieningsmiddelen zijn de belangrijkste afmetingen gegeven en de verplaatsing. De bedieningskracht is gegeven in N of Nm. Voor de meeste parameters zijn zowel een minimale als een maximale waarde gegeven. Een minimale weerstand voor de bediening is vereist met het oog op de kans op onbedoeld schakelen. Voor een aantal bedieningsmiddelen zijn de gegeven waarden voor afmetingen, verplaatsing en kracht afhankelijk van de wijze van bediening (bijvoorbeeld vingers of hand, met of zonder handschoenen). Wanneer bijvoorbeeld een handdrukknop (figuur 14.2) wordt gebruikt voor bediening van een aan/uitknop met één vinger, dan dient de diameter van de knop minimaal 10 mm te zijn en niet groter dan 19 mm. Bij het indruk-

ken moet de verplaatsing tenminste 3 mm zijn maar niet meer dan 6 mm. De bedieningskracht moet minimaal 2,8 N zijn maar mag niet groter worden dan 11 N.

#### keuze

De gekozen richtlijnen zijn afkomstig van Kodak. Teleac gaat niet in op de vormgeving van bedieningsmiddelen, terwijl McCormick het onderwerp niet erg uitgebreid behandelt. In de overige handboeken komen wel uitgebreide overzichten voor van de afmetingen van bedieningsmiddelen. Hettinger bespreekt echter niet de voetbedieningsmiddelen. Burandt en het Vademecum geven voor een aantal bedieningsmiddelen geen aanbevelingen omtrent de bedieningskracht. Het meest compleet is het overzicht van Kodak, waarin in tegenstelling tot Hettinger en het Vademecum bovendien steeds bronvermeldingen zijn gegeven.

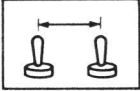
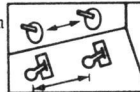
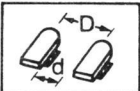
#### diskussie

In vele gevallen komen de aanbevelingen in de handboeken wat betreft afmetingen, verplaatsing en bedieningskracht redelijk overeen. Soms zijn er echter aanzienlijke verschillen. Voor bijvoorbeeld de maximale verplaatsingsafstand bij het bedienen van een drukknop met één vinger geven Kodak, het Vademecum, Burandt en Hettinger waarden van respectievelijk 6, 9, 25 en 40 mm. Voor deze verschillen is geen verklaring gevonden. Nog grotere verschillen treden op bij maximale bedieningskracht bij gebruik van draaiknoppen welke met de vinger worden ingesteld. Voor bijvoorbeeld een knop met een diameter van 50 mm en een hoogte van 12 mm geven Kodak, het Vademecum en Hettinger respectievelijk de waarden 1,7; 0,045; 0,01 Nm. Dergelijke gigantische verschillen zijn mogelijk (gedeeltelijk) te verklaren uit het feit dat Hettinger het aksent legt op geringe weerstand in verband met bedieningssnelheid, terwijl de richtlijn van Kodak betrekking heeft op de maximale kracht die door de meeste mensen kan worden geleverd bij het verdraaien van knoppen. De meeste richtlijnen ten aanzien van afmetingen, verplaatsing en krachten betreffen een minimale en een maximale waarde. In de meeste gevallen is niet duidelijk of en in hoeverre de verschillende maten moeten samenhangen (bijvoorbeeld grotere indrukafstand bij grotere drukknopdiameter).

c Afstand tussen gelijke bedieningsmiddelen

richtlijn

Tabel 14.2 Minimale en optimale afstanden, in mm, tussen twee gelijke bedieningsmiddelen, afhankelijk van het soort gebruik (Naar: Kodak).

| bedieningsmiddel   | definitie                                                                          | wijze van gebruik                       | onderlinge afstand (in mm) |          |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|----------|
|                    |                                                                                    |                                         | minimaal                   | optimaal |
| tuimelschakelaar   |   | in willekeurige volgorde met één vinger | 20                         | 51       |
|                    |                                                                                    | in volgorde met één vinger              | 12                         | 25       |
|                    |                                                                                    | verschillende vingers                   | 16                         | 20       |
| drukknop           |   | in willekeurige volgorde met één vinger | 12                         | 51       |
|                    |                                                                                    | in volgorde met één vinger              | 6                          | 25       |
|                    |                                                                                    | verschillende vingers                   | 12                         | 12       |
| trekknop           |   | in willekeurige volgorde met één hand   | 25                         | 51       |
|                    |                                                                                    | tegelijk met twee handen                | 76                         | 127      |
| slinger of hefboom |   | in willekeurige volgorde met één hand   | 51                         | 100      |
|                    |                                                                                    | tegelijk met twee handen                | 76                         | 127      |
| pedaal             |  | in willekeurige volgorde                | d=100                      | 152      |
|                    |                                                                                    | met één voet                            | D=203                      | 254      |
|                    |                                                                                    | in volgorde met één voet                | d=51                       | 100      |
|                    |                                                                                    |                                         | D=152                      | 203      |

De aanbevolen afstand tussen twee gelijke bedieningsmiddelen op machines, panelen, consoles e.d. is afhankelijk van het soort bedieningsmiddel (kolom 1) en de manier waarop het bedieningsmiddel wordt gebruikt; één hand/twee handen, willekeurige volgorde/na elkaar/gelijktijdig (kolom 2). Voor ieder type bedieningsmiddel en soort gebruik zijn de minimale en optimale afstanden gegeven. In dit overzicht ontbreken de draaiknop, het handwiel en de voetdrukknop. Kolom 3 geeft aan op welke wijze de afstand is gemeten. De afstand tussen bijvoorbeeld twee drukknoppen die in willekeurige volgorde met één vinger bediend worden, moet minimaal 12 mm zijn. De optimale afstand is 51 mm.

### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Kodak. Aanbevelingen ten aanzien van de onderlinge afstand tussen bedieningsmiddelen worden niet gegeven in Teleac, Hettinger en McCormick. Burandt geeft ten aanzien van twee soorten bedieningsmiddelen zonder bronvermelding aanbevelingen ten aanzien van de afstand tussen gelijksoortige bedieningsmiddelen. Verder wordt de benodigde ruimte rondom een aantal specifieke bedieningsmiddelen globaal aangegeven. Het Vademecum geeft voor twee soorten bedieningsmiddelen minimale afstanden. Ook worden in meer algemene zin getallen gegeven voor de benodigde afstand tussen bedieningsmiddelen bij vingerbediening en bij handbediening. Niet duidelijk is echter hoe de afstanden moeten worden gemeten. Bovendien ontbreekt een bronvermelding. Kodak geeft met bronvermelding aanbevelingen, afhankelijk van het soort gebruik van het bedieningsmiddel. Bij bepaalde soorten bedieningsmiddelen (draaiknop, slinger, hefboom) is echter niet geheel duidelijk hoe de afstanden worden gemeten (vanuit het hart of vanaf de zijkant). Ondanks dit bezwaar ten aanzien van een aantal soorten bedieningsmiddelen is de richtlijn van Kodak gekozen vanwege de uitgebreidheid en de bronvermelding.

### diskussie

Er zijn aanzienlijke verschillen tussen de aanbevelingen in de handboeken ten aanzien van afstand tussen gelijke bedieningsmiddelen. Voor bijvoorbeeld drukknoppen die met één vinger af en toe worden bediend adviseert het Vademecum een onderlinge afstand van minimaal 3 mm, Burandt 4-10 mm, en Kodak 51 mm (>12 mm), bij ruwweg dezelfde diameter (respektievelijk 13, 12-20, en 10-19 mm). Een verklaring voor dergelijke verschillen werd niet gevonden.

In de gekozen richtlijnen gaat het om afstanden tussen gelijke bedieningsmiddelen. Aanbevelingen voor afstanden tussen ongelijke bedieningsmiddelen worden niet gegeven.

### 3.15 (ALPHA)NUMERIEKE BEDIENINGSMIDDELEN

#### inleiding

Mede door de automatisering vindt in toenemende mate de bediening van apparatuur plaats door het inbrengen van informatie (bedieningsopdrachten bijvoorbeeld) in de vorm van cijfers en letters. Daarvoor worden toetsenborden gebruikt waarmee de verschillende cijfers, letters en eventuele kodes kunnen worden ingevoerd. In dit hoofdstuk worden richtlijnen gegeven voor de opbouw van het toetsenbord, de bedienbaarheid van de toetsen en de stand van het toetsenbord. In hoofdstuk 3.17 is de plaats van de middelen op de werkplek aangegeven. Bij de in dit hoofdstuk behandelde bedieningsmiddelen is onderscheid gemaakt tussen

- a Numerieke toetsenborden.

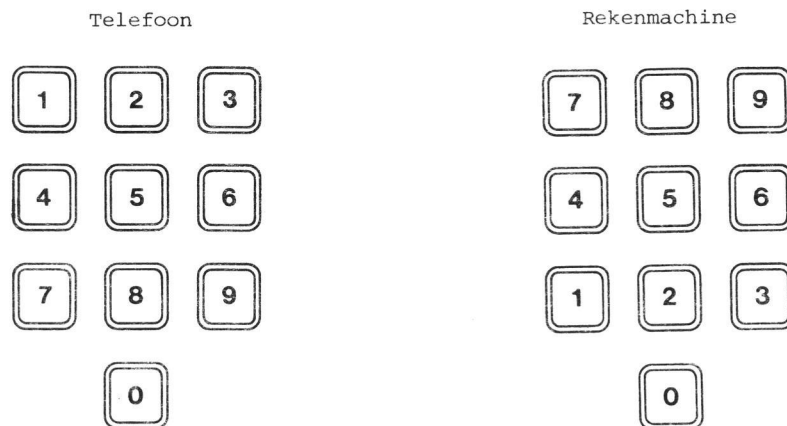
- b Alphanumerieke toetsenborden.

Numerieke toetsenborden zijn geschikt voor de invoer van cijfers. Alphanumerieke toetsenborden zijn geschikt voor de invoer van zowel cijfers als letters.

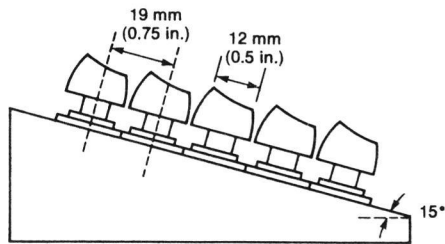
- a Numerieke toetsenborden

#### richtlijn

Figuur 15.1 Cijfervolgorde op een toetsenbord voor telefoon en rekenmachine  
(Naar: Kodak).



Figuur 15.2 Afmetingen van toetsen, onderlinge afstand en optimale hoek ten opzichte van horizontale vlak (Naar: Kodak).



Voor de volgorde van cijfers op een toetsenbord bestaan twee verschillende richtlijnen (figuur 15.1) die beide internationaal zijn vastgelegd. De twee verschillende volgorden gelden voor twee soorten apparatuur: telefoon en rekenmachine. Voor de telefoon geldt dat bij druktoetsen een volgorde moet worden aangehouden waarbij de "1" links boven is geplaatst en de "0" onder op het bord. Voor apparatuur waarmee berekeningen worden uitgevoerd (bijvoorbeeld rekenmachines) moet de nul ook onderop het bord worden geplaatst, maar ligt de één daar direkt links boven. De afmetingen en onderlinge afstand van de toetsen (figuur 15.2) gelden voor beide borden. In deze figuur is ook de hoek van het toetsenbord ten opzichte van het horizontale vlak aangegeven. De optimale afmetingen van de toetsen en de onderlinge afstand tussen de toetsen worden bepaald door de bedienbaarheid van de toetsen en de bereikbaarheid van de toetsen voor de vingers. Door het toetsenbord met een hoek ten opzichte van het horizontale vlak te plaatsen kan in een goede werkhouding (onderarm horizontaal) met ontspannen arm en pols worden gewerkt.

#### keuze

In Hettinger, Vademecum en McCormick wordt geen aandacht besteed aan de afmetingen en vorm van het toetsenbord. In Teleac worden alleen de volgorde van de cijfers op de toetsenborden aangegeven. Kodak en Burandt gaan ook in op de afmetingen van het toetsenbord. Kodak geeft daarbij de meeste gegevens en referenties. De richtlijnen van Kodak zijn dan ook gekozen.

diskussie

De verschillen in de volgorde op de toetsenborden kan in de toekomst tot problemen leiden. In nieuwe kommunikatiemogelijkheden komt het steeds vaker voor dat bijvoorbeeld een telefoontoetsenbord ook wordt gebruikt voor de invoer van data.

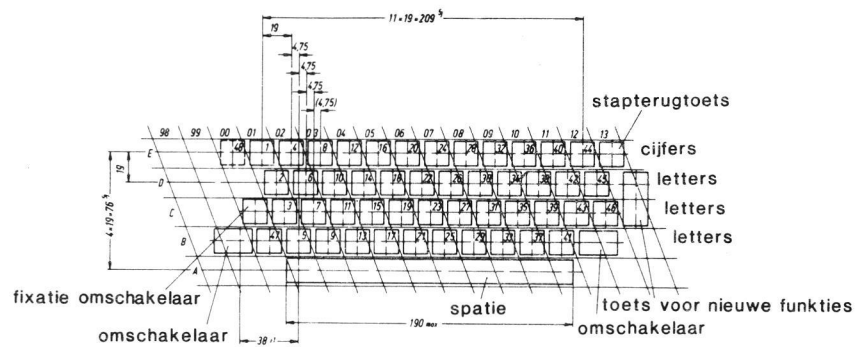
De afmetingen van het toetsenbord en de hoek van het toetsenbord ten opzichte van het werkvlak komen in de verschillende handboeken sterk overeen. De afstand van 19 mm tussen het midden van de toetsen is een optimum. Voor kleinere apparaten (bijvoorbeeld zakrekenmachines) wordt als minimum 12 mm gegeven.

b Alphanumerieke toetsenborden

richtlijn

Figuur 15.3 Indeling van de verschillende tekens op het toetsenbord (Naar: Burandt).

Figuur 15.4 Afmetingen en posities van toetsen op een alphanumeriek toetsenbord (Naar: Burandt).



De indeling van de letters, cijfers en tekens op het toetsenbord is in figuur 15.4 gegeven. Deze indeling is internationaal gebruikelijk ondanks dat iedere taal enige tekens van positie verandert. In de hier gegeven indeling worden de Y en Z verwisseld om beter aan te sluiten bij een bepaalde taal of markt. Het meest gebruikelijk is de Y in de bovenste rij op te nemen (zogenoemd QWERTY-toetsenbord).

Voor de afmetingen van de toetsen en de hoek van het toetsenbord gelden dezelfde richtlijnen als voor een numeriekbord (figuur 15.2). In figuur 15.4 zijn de posities van de toetsen weergegeven. Bijzondere tekens of functies worden links en rechts op het toetsenbord erbij geplaatst en niet boven of onder de bestaande rijen (één voor de cijfers en drie voor de letters). In figuur 15.3 zijn bijvoorbeeld voor het Duits rechts enkele specifieke tekens toegevoegd.

#### keuze

Alleen Kodak en Burandt besteden aandacht aan de opbouw van een alphanumeriek toetsenbord. Teleac vermeldt alleen in de tekst



het bestaan van richtlijnen voor de opbouw van het toetsenbord. Burandt is gekozen omdat hier naast de indeling ook de maten voor een alphanumeriek toetsenbord worden gegeven.

#### diskussie

Ondanks de internationale normering bestaan er toch nog verschillende uitvoeringen van toetsenborden. In Kodak en Burandt zijn de cijfers en letters wel op dezelfde plaatsen gepositioneerd, maar veel tekens (leestekens) zijn verschillend ingedeeld. Weinig aandacht is er in de handboeken besteed aan de uitbreiding van toetsen die er ontstaan door een toenemend aantal functies en opdrachten die via een toetsenbord kunnen worden ingevoerd. Nog weinig rekening wordt er gehouden met taalgebieden bij de indeling van de toetsenborden.

Ondanks de normering wordt in Kodak aangegeven dat er toetsenborden bestaan die sneller en meer foutloze invoer van tekst of getallen mogelijk maken. De opbouw van zo'n toetsenbord is zo opgebouwd dat minimale bewegingen nodig zijn en dat de sterkste vingers het meest worden gebruikt. Voor de vorm, de afmetingen van de toets, de induwdiepte en de drukkracht zijn in de handboeken voor een alphanumeriek toetsenbord geen richtlijnen gevonden. Ook over het oppervlak van de toetsen (glad of ruw) zijn geen richtlijnen gegeven.

3.16 **BEDIENINGSSTEREOTYPEN**

inleiding

Het bewegen van een bedieningsmiddel gaat gepaard met een reactie van het te bedienen systeem en/of een beweging van een in te stellen wijzer van een informatiemiddel. In het algemeen heeft de gebruiker een bepaalde verwachting ten aanzien van deze systeemreactie of wijzerbeweging, mede afhankelijk van de bewegingsrichting van het bedieningsmiddel. Bij de keuze van de bewegingsrichting van het bedieningsmiddel dient rekening te worden gehouden met het verwachtingspatroon van de gebruikerspopulatie. Bedieningsfouten kunnen daardoor worden voorkomen vooral bij bedieningsmiddelen die af en toe, bijvoorbeeld in noodsituaties moeten worden gebruikt. Een ander aspect is dat bijvoorbeeld voor het leren bedienen van een bedieningsconsole met veel informatie- en bedieningsmiddelen minder tijd nodig is wanneer de bewegingen van de bedieningsmiddelen overeenstemmen met de verwachtingen van de gebruiker. In dit hoofdstuk worden wat betreft de bedieningsstereotypen richtlijnen gegeven ten aanzien van

a Systeemreacties.

b Wijzerbewegingen.

## a Systeemreacties

### richtlijn

Tabel 16.1 Beweging van het bedieningsmiddel en gewenste systeemreactie (Naar: Burandt).

| bewegingsrichting van<br>bedieningsmiddel | met de klok meedraaien<br>van onder naar boven<br>van de bediener af<br>naar rechts                                             | tegen de klok in<br>van boven naar onder<br>naar de bediener toe<br>naar links                                                  |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gewenste systeemreactie                   | naar rechts bewegen<br>inschakelen<br>toename van werking<br>starten<br>heffen<br>voorwaarts<br>sluiten van ventielen<br>rijden | naar links bewegen<br>uitschakelen<br>afname van werking<br>stoppen<br>zakken<br>achterwaarts<br>openen van ventielen<br>remmen |

In het bovenste gedeelte van de tabel staat de bewegingsrichting van het bedieningsmiddel beschreven. Daaronder is de gewenste reactie van het systeem vermeld. Een toename van het volume van een geluidsinstallatie wordt bijvoorbeeld verwacht bij het draaien van een knop in de richting van de wijzers van de klok en ook bij een beweging van een schuifknop naar rechts, naar boven of recht vooruit.

### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van Burandt en is als DIN-norm (43602) vastgelegd. De relatie tussen bedieningstypen en systeemreacties wordt in alle handboeken behandeld. Hettinger en McCormick gaan alleen in algemene bewoordingen op het onderwerp in, zonder daarbij konkrete richtlijnen te geven. In het Vadecum worden een aantal voorbeelden gegeven. De overige handboeken behandelen het onderwerp uitgebreid, waarbij alleen Burandt een bronvermelding geeft.

### diskussie

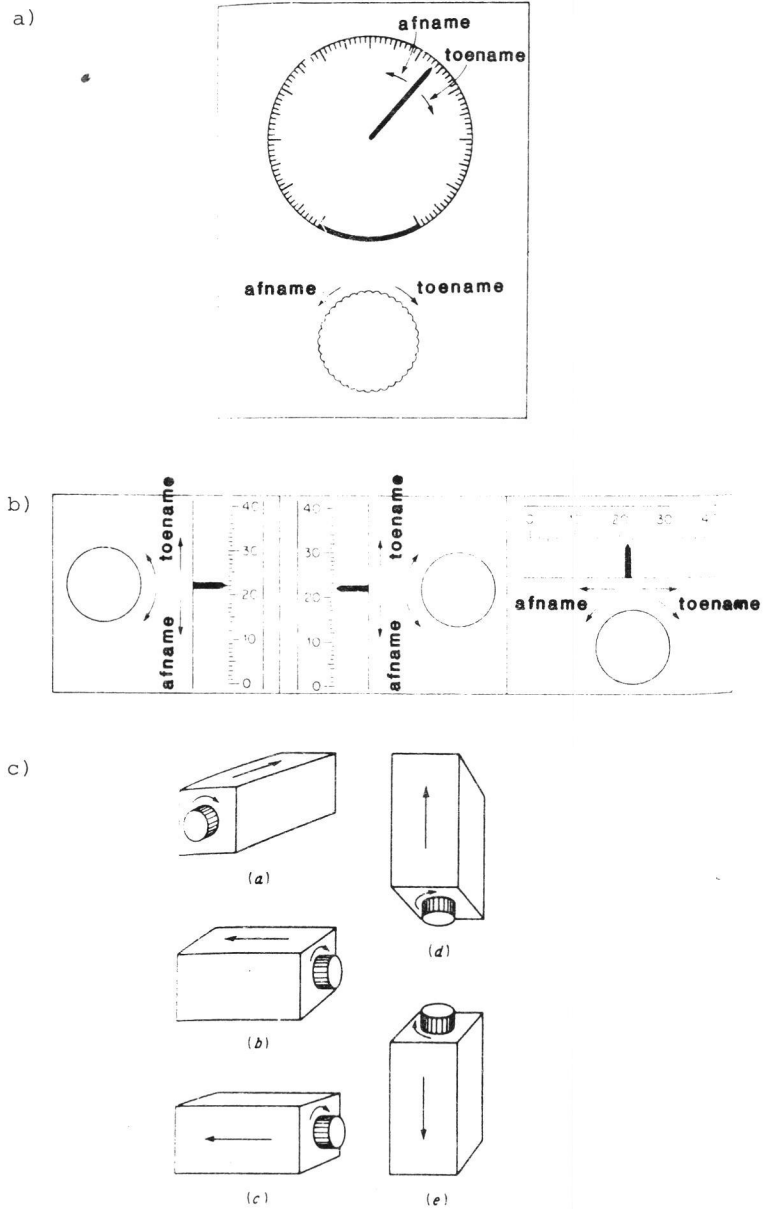
De populatie waarvoor de richtlijn van toepassing is, wordt in Burandt niet aangegeven. Verwacht mag worden dat het hier in

ieder geval om een Duitse populatie gaat. Bij de aanbevelingen en voorbeelden uit de Nederlandse handboeken staat de populatie niet vermeld. De richtlijn uit het Amerikaanse handboek Kodak (geen populatie of bronvermelding) zijn grotendeels in overeenstemming met de DIN-norm. Een uitzondering is de beweging naar voren (van de gebruiker af), bijvoorbeeld een handel in een kraanmachine, welke in de DIN-norm geassocieerd wordt met toename of heffen en in Kodak juist met afname of laten zakken! Dit houdt mogelijk verband met historische of kulturele verschillen. In geval van verschillende verwachtingspatronen bij de gebruikers (bijvoorbeeld Europese en Amerikaanse gebruikers) kan het bedieningsmiddel van een herkenning worden voorzien met behulp van tekst, symbolen, kleuren of vormverschillen.

## b Wijzerbewegingen

### richtlijn

**Figuur 16.1** Bewegingsrichting van draaiknop en de gewenste wijzerbeweging  
(Naar: McCormick).



De bedieningsmiddelen in bovenstaande figuur betreffen steeds draaiknoppen en informatiemiddelen met vaste schaal en bewegende wijzer. In figuur 16.1a gaat het om een draaiende wijzerbeweging en in de overige figuren om een rechtlijnige wijzerbeweging. Uit figuur 16.1a blijkt dat bij beweging van de draaiknop in de richting van de wijzers van de klok de wijzer van het informatiemiddel in dezelfde richting moet bewegen. Bovendien is aangegeven dat deze beweging moet samengaan met een toename op de schaal.

Figuur 16.1b beweegt de wijzer in dezelfde richting als het dichtsbijzijnde punt van de draaiknop. De draaiknop ligt aan de zijde van het informatiemiddel tegenover de schaalverdeling. Aangegeven is hoe een toe- en afname op de schaalverdeling moet worden aangegeven. Figuur 16.1c laat bij driedimensionale configuraties zien hoe de bewegingsrichting van de draaiknop overeenkomt met een rechtlijnige wijzerbeweging in een vlak parallel aan de draaiingsas van de draaiknop. Bewegingsrichtingen die overeenkomen met een normale schroefbewegingen hebben de voorkeur.

#### keuze

De gekozen richtlijn is afkomstig van McCormick. In Hettinger komt het onderwerp niet aan de orde, terwijl Kodak uitsluitend voor de situatie zoals in figuur 16.1b een aanbeveling geeft. Het Vademecum, Teleac, Burandt en McCormick zijn het meest uitgebreid. Omdat McCormick bronvermeldingen geeft is deze richtlijn gekozen.

#### diskussie

Het is niet duidelijk, evenals bij de systeemreacties, voor welke populatie de bedieningsstereotypen gelden. De aanbevelingen in de verschillende handboeken komen meestal overeen. In een aantal gevallen zijn er verschillen. Burandt en het Vademecum geven ten aanzien van de driedimensionale bewegingen voor één geval in figuur 16.1c een tegengestelde schroefbeweging. Uit tabel 16.1 kan worden afgeleid dat een draaiing van de draaiknop met de wijzers van de klok, evenals een wijzerbeweging naar boven, moet samengaan met een toename op de schaalverdeling. In het linker geval van figuur 16.1b zijn daardoor twee stereotypen

met elkaar in konflikt, zodat deze situatie moet worden vermeden. In dit hoofdstuk wordt geen aandacht besteed aan de positie van het bedieningsmiddel ten opzichte van het informatiemiddel. Behalve in de vorm van een aantal voorbeelden of de algemene opmerking dat deze twee middelen dicht bij elkaar geplaatst moeten worden werden in de handboeken hieromtrent geen konkrete aanbevelingen aangetroffen. In hoofdstuk 3.10 kunnen enige richtlijnen worden gevonden voor wat betreft bereikbaarheid en leesbaarheid.

3.17 **HULPMIDDELEN**

inleiding

Bij het verrichten van verschillende soorten werkzaamheden op verschillende werkplekken worden soms uniforme hulpmiddelen of standaardmeubilair gebruikt. In dit hoofdstuk zullen de volgende hulpmiddelen worden behandeld

a Werkstoel.

b Console.

c Handgereedschap.

De richtlijnen voor de hulpmiddelen hangen samen met de richtlijnen voor houding, beweging, bediening, informatie, bereikbaarheid, antropometrie etc., zoals in de voorgaande hoofdstukken behandeld.

De richtlijnen voor de werkstoel hebben betrekking op de afmetingen van een stoel kan worden gebruikt achter een bureau, een console of een werktafel. In dit hoofdstuk worden geen richtlijnen voor een comfortabele (rust)stoel gegeven. Voor stasteunen zijn geen richtlijnen aangetroffen.

Een console is een bedieningswerkplek met horizontale en verticale vlakken voor bedieningsmiddelen en informatiemiddelen.

Als laatste worden in dit hoofdstuk algemene richtlijnen gegeven voor handgereedschap.



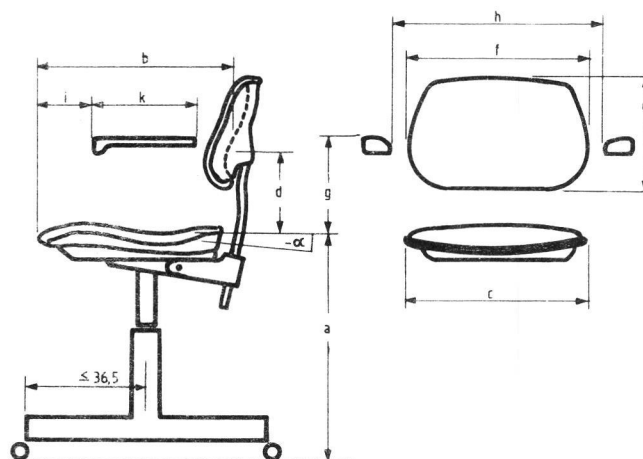
## a Werkstoel

### richtlijn

Figuur 17.1 Afmetingen (in cm) voor werkstoel, met instelbare zithoogte, zitdiepte en rugleuninghoogte (Naar Burandt).

#### parameter

|                        |         |                                                  |         |
|------------------------|---------|--------------------------------------------------|---------|
| a. zithoogte           | 42-50   | h. ruimte tussen armleuning                      | 49±1    |
| b. zitdiepte           | 38-42   | i. voorkant armleuning-<br>voorkant stoelzitting | 11<i<18 |
| c. zitbreedte          | 40<c<45 | k. lengte armleuning                             | 20<k<28 |
| d. hoogte rugsteunpunt | 18-25   | a,b,d: verstelbaar                               |         |
| e. hoogte rugleuning   | >22     |                                                  |         |
| f. rugleuningbreedte   | 38±2    |                                                  |         |
| g. armleuninghoogte    | 23±2    |                                                  |         |



Een werkstoel moet door verschillende personen op verschillende werkplekken kunnen worden gebruikt en daarom instelbaar zijn voor een goede zithouding. De zithoogte wordt bepaald door de werkhoege, die vastligt. In figuur 17.1 zijn de verschillende hoofdafmetingen voor een werkstoel gegeven. Daarbij wordt uitgegaan van van een werkbladhoege tussen de 72-78 cm boven de vloer.

De zitdiepte moet instelbaar zijn om voldoende steun te bieden aan mensen met verschillende bovenbeenlengte. Als gevolg van de instelbaarheid van de zithoogte, bepaald door de werkhoege, is het noodzakelijk een voetensteun te gebruiken voor mensen met korte onderbenen. Hierdoor is een goede steun van de voeten en

een goede stand van het bovenbeen (als afknellen in de knieholte) te bewerkstelligen. In hoofdstuk 3.10 wordt aangegeven in welke situaties behoefte bestaat aan voetensteunen.

#### keuze

Alleen Teleac besteedt geen aandacht aan de afmetingen van een werkstoel. In het Vademecum worden alleen globale maten gegeven, zonder een beschrijving of illustratie waaruit duidelijk is welke afstanden precies worden bedoeld. Hettinger geeft slechts een zeer beperkt aantal maten met daarbij een niet instelbare zithoogte. Burandt, Kodak en McCormick geven duidelijke afmetingen. Gekozen is voor de richtlijnen van Burandt omdat deze zijn vastgelegd als DIN-norm (4551).

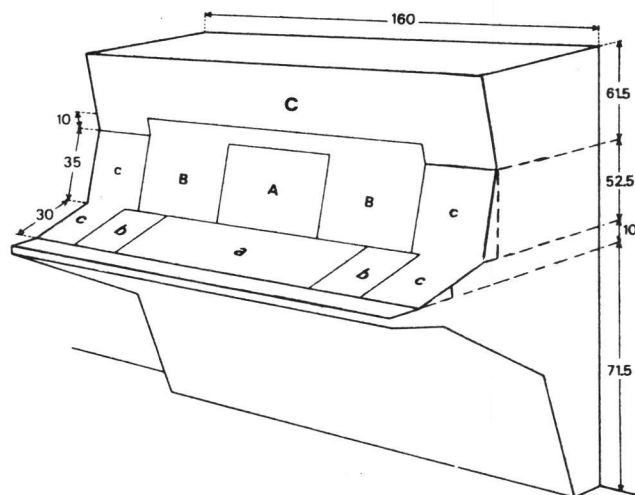
#### diskussie

Aangezien in de meeste handboeken wordt gepleit voor instelmogelijkheden zijn de verschillen tussen de handboeken niet groot. Alleen in Hettinger worden vaste maten gegeven voor de werkstoel. De gekozen vaste zithoogte van 40 cm is laag en valt buiten het insteltraject van de richtlijnen van Burandt. De instelbaarheid van de hoek van het zitvlak met de horizon levert geen duidelijke richtlijn op. Helaas zijn de verschillende richtlijnen voor de kantelhoek niet toegelicht. In Burandt wordt gepleit voor een instelbare hoek tussen 10° voorover tot 5° achterover. De keuzen van de kantelhoek hangt samen met de werkzaamheden die moeten worden verricht. De vorm van de zitting en de leuning en de keuze van de materiaalsoort voor de bekleding krijgen weinig aandacht. Ook hier speelt een grote samenhang met soort werkzaamheden en de omstandigheden waaronder de stoel wordt gebruikt. De vraag of wel of geen wielen onder de stoel moeten worden aangebracht wordt niet eenduidig aangegeven. In Burandt worden wel wielen gesuggereerd maar wordt er verder in de tekst niet op ingegaan. Wielen kunnen het verplaatsen, opstaan en aanschuiven vergemakkelijken, maar vormen een belemmering bij het zetten van kracht.

## b Console

### richtlijn

Figuur 17.2 Afmetingen voor console en de verdeling van de verschillende vlakken voor de presentatie van informatie en bedieningsmiddelen (A,B, C,a,b, c,) (Naar: Teleac)  
A. Alarmzone  
B. Oogbeweging noodzakelijk  
C.c Hoofdbeweging noodzakelijk  
a. Oogbeweging voorkeur  
b,a Hoofdbeweging voorkeur.



Bij een bedieningsconsole worden een aantal gebieden onderscheiden. In het horizontale vlak bevinden zich de bedieningsmiddelen. Informatiepresentatie kan het best in de verticale vlakken plaatsvinden. De bedieningsconsole, zoals afgebeeld in figuur 17.2, is bedoeld voor staand werk. Vanuit het midden van de console is aangegeven welke bewegingen van hoofd en ogen nodig zijn voor bediening en signaleren van informatie. Voor een bewakingsruimte zouden de veel gebruikte bedieningsmiddelen (bijvoorbeeld slagboombediening) zich in vlak A moeten bevinden. De veel bekeken beeldschermen moeten zich in A en B bevinden. Wanneer geen kracht hoeft te worden gezet bij de bediening kan zittend worden gewerkt aan de console.

### keuze

Teleac en Vademecum hanteren dezelfde richtlijnen voor de console-afmetingen. Er is voor Teleac gekozen omdat hier de bron wordt vermeld en in Vademecum niet. Bovendien zijn in Vademecum verschillende richtlijnen gegeven voor consoles en is het onduidelijk wanneer de verschillende richtlijnen moeten worden toegepast. Hettinger en Burandt besteden geen aandacht aan het console-ontwerp. In Kodak is de aandacht beperkt tot een dwarsdoorsnede, waarvan de afmetingen wel aansluiten bij de Teleac-norm. McCormick geeft alleen richtlijnen voor de afmetingen, vanuit de bereikbaarheid van de verschillende vlakken. Daarbij zijn geen vlakken onderscheiden vanuit hoofd- en oogbewegingen voor de visuele informatiepresentatie.

### diskussie

Verschillen in richtlijnen voor de afmetingen van de consoles ontstaan wanneer in het vertikale vlak niet alleen visuele informatie wordt gepresenteerd maar ook bedieningsmiddelen worden gepositioneerd. In dit hoofdstuk is een richtlijn gegeven waarbij de bediening in het horizontale vlak ligt en de visuele presentatie van informatie in het vertikale vlak. Dit heeft als gevolg dat de bijstelling van informatiemiddelen (bijvoorbeeld de helderheid van een beeldscherm) soms tot een voorovergebogen houding of reiken met de arm kan leiden.

In enkele handboeken worden ook consoles gepresenteerd met een ronde vorm om de zitplaats en niet zoals in dit hoofdstuk in een plat vlak. De ronde vorm heeft als voordeel dat de leesafstand konstant is en de informatiemiddelen niet onder een hoek worden bekeken en afgelezen. Een nadeel is dat de positie van de operator precies vastligt, waardoor deze weinig bewegingsvrijheid heeft. Voor deze vorm consoles zijn geen richtlijnen voor de afmetingen vermeld in de handboeken.

c Handgereedschap

richtlijn

Figuur 17.3 Afmetingen (in cm) voor lengte en diameter van handgreep en voor de spanbreedte (Naar: Kodak).

| parameter          | maten (in cm) |                                 |
|--------------------|---------------|---------------------------------|
| handgreetplengte   | 13            | optimum                         |
|                    | 10            | minimum                         |
|                    | +1,3          | bij gebruik van handschoenen    |
| handgreetdiameter  | 4 (3-5)       | krachtgreet                     |
|                    | 1,2 (0,8-1,6) | precisiegereedschap             |
| spanbreedte        | 6,5-9,0       | trajekt voor de grootste kracht |
| gesloten handgreet | 12            | minimum greetplengte            |
|                    | 6             | breedte van de greetopening     |

Voor een goede hanteerbaarheid van handgereedschap zijn de afmetingen van de handgreet belangrijk. De lengte van de handgreet moet voldoende lang zijn om met de gehele hand kracht over te brengen. De diameter van de handgreet waarmee kracht moet worden overgedragen moet voldoende groot zijn om die kracht met de vingers en de handpalm over te dragen. Bij handgereedschap waarmee niet zozeer kracht wordt uitgeoefend, maar waarmee precisiehandelingen worden verricht wordt het gereedschap met de vingers "gestuurd" en is een kleinere diameter van de greet gewenst. De knijpkracht is het grootst wanneer de hand niet helemaal dicht is geknepen en niet maximaal is geopend. De grootste kracht kan worden uitgeoefend wanneer de opening tussen binnenkant hand en binnenkant vingers 6,5-9,0 cm is. Bij een gesloten greet moet voldoende opening voor de hand zijn zowel in de lengte als in de breedte.

#### keuze

Gekozen is voor de richtlijnen uit Kodak. Burandt en McCormick behandelen de grijpkracht, zonder daar direkt richtlijnen uit af te leiden. In het Vademecum en Teleac wordt aan de afmetingen van handgereedschap geen aandacht besteed. Hettinger besteedt veel aandacht aan handgereedschap maar geeft vooral richtlijnen voor zeer specifiek gereedschap. In Kodak worden algemene toepasbare richtlijnen gegeven voor de afmetingen van de handgrepen.

#### diskussie

Bij het geven van richtlijnen voor het ontwerp van gereedschap wordt weinig aandacht besteed aan de stand van de hand en de arm. Zowel de vorm van de handgrepen als de plaats van het te bewerken objekt bepalen de hand-arm stand. Bij het ontwerpen van gereedschap moet er naar worden gestreefd dat de pols niet in extreme standen hoeft te worden gedraaid. Daarvoor zal een handvat zo min mogelijk in het verlengde van de onderarm moeten worden geplaatst. Zo moet een ijzerzaag een handvat hebben dat "loodrecht" staat op de lengterichting van de zaag.

Over de keuze van het handvatmateriaal zijn geen konkrete richtlijnen gevonden. Het model van de handgreep kan wel of geen uitsparingen voor de vingers hebben en kan wel of geen inkepingen of andere verruwingen bevatten. Alleen in Hettinger worden voor schroevendraaiers adviezen voor het handvatoppervlak gegeven. Inkepingen en ruw (kunststof)materiaal geven de sterkste krachgreep en daarmee de grootste draaikracht.

3.18 **TAAKALLOCATIE**

inleiding

Werkzaamheden of produktieprocessen kunnen worden onderverdeeld in een aantal (deel)taken. Bepaalde taken kunnen in principe zowel door de mens als door een "machine" worden verricht. Voor bijvoorbeeld het verplaatsen van een gewicht van 30 kg kan zowel menselijke spierkracht als een hulpmiddel worden ingezet.

Bij het toewijzen van taken aan mensen of machines (taakallocatie) spelen de verschillen in capaciteiten van mens en machine een rol. Sommige taken kunnen beter door machines worden uitgevoerd, andere beter door mensen. In dit hoofdstuk worden richtlijnen gegeven ten aanzien van deze kwalitatieve vergelijking tussen mensen en machines.

richtlijn

Tabel 18.1 Vergelijking tussen mens en machine wat betreft bepaalde capaciteiten (Naar: McCormick).

| capaciteiten van de mens                                                  | capaciteiten van machines                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| - gevoelig voor zeer lage stimuli: oog, oor, reuk, tast                   | - gevoelig voor stimuli die buiten bereik van mens ligt: radiogolven, straling etc. |
| - onderscheiden van signalen in gestoorde informatie                      | - indelen van stimuli in bepaalde klassen                                           |
| - herkennen van patronen in complexe signalen: spraak, foto's             | - registreren van voorspelde onregelmatige gebeurtenissen                           |
| - gevoelig voor ongewone en onverwachte signalen                          | - opslaan van gekodeerde informatie en grote hoeveelheden                           |
| - opslag van informatie over lange tijd (vooral principes en strategieën) | - snel en betrouwbaar oproepen van gekodeerde informatie                            |
| - snel oproepen van informatie uit geheugen                               | - bewerken van kwantitatieve informatie                                             |
| - zelfstandig reageren op basis van ervaringen                            | - snel en consistent reageren op signalen                                           |
| - zoeken van alternatieven bij falen                                      | - verrichten van repeterende handelingen                                            |
| - toepassing van oplossingen in verschillende situaties                   | - gekontroleerd uitoefenen van grote krachten                                       |
| - evalueren en ontwikkelen van nieuwe oplossingen                         | - uitoefenen van handelingen over langere perioden: machine wordt niet moe          |
| - maken van subjectieve verwachtingen                                     | - meten of tellen van fysische grootheden                                           |
| - selectie van meest kritische informatie bij overbelasting               | - verschillende handelingen tegelijk verrichten                                     |
| - gevoelig voor fysieke feedback bij bediening (beweging voelen etc.)     | - efficiënte taakuitvoering onder grote druk                                        |

In de bovenstaande tabel staan allereerst de capaciteiten van mensen, en vervolgens die van machines. Het gaat hierbij vooral om eigenschappen die betrekking hebben op informatieherkenning, en informatieverwerking en bediening. Mensen zijn in het algemeen beter in het interpreteren van informatie terwijl machines beter zijn in het verwerken van informatie op een standaard manier. Wanneer bijvoorbeeld het aantal getankte liters benzine steeds moet worden omgerekend in guldens dan zijn voor deze vorm van informatieverwerking machines beter geschikt dan mensen.



#### keuze

Het onderwerp taakallocatie wordt alleen behandeld in Teleac en McCormick. In McCormick zijn de richtlijnen het meest uitgebreid zodat deze zijn gekozen.

#### diskussie

De beschrijvingen van Teleac en McCormick van de taken waarin mensen of machines beter zijn komen goed overeen. De gegeven richtlijnen zullen in bepaalde gevallen tijdsafhankelijk zijn. Zo zijn de ontwikkelingen op het gebied van automatische patroonherkenning zo ver gevorderd dat te verwachten valt dat in de toekomst bepaalde patroonherkenningstaken beter door machines verricht kunnen worden. Bij de taakallocatie spelen meer factoren een rol dan alleen de capaciteiten van de mens. Een ander belangrijk aspect is bijvoorbeeld de arbeidsmotivatie (zie hoofdstuk 3.20). Ook dient de taaktoewijzing niet alleen gebaseerd te zijn op een vergelijking tussen mens en machine ten aanzien van deeltaken, maar ook ten aanzien van het geheel van taken. Daarbij moet een volwaardige taak voor de mens overblijven. In de handboeken wordt geen aandacht besteed aan capaciteiten zoals vervangbaarheid, verplaatsbaarheid, inzetbaarheid op andere plaatsen en energetische capaciteiten.

### 3.19 WERKORGANISATIE

Bij het ontwerpen van een arbeidssituatie speelt ook de organisatie van de werkzaamheden een rol. In dit hoofdstuk worden richtlijnen voor werk- en rusttijden gegeven. Aan de taakinhoud en motivatie wordt in hoofdstuk 3.20 aandacht besteed. Mogelijkheden voor taakroulatie worden in dit hoofdstuk niet behandeld. Door het hanteren van ergonomische richtlijnen wordt de mogelijkheid voor taakroulatie geschapen doordat geen belemmeringen voor roulatie bestaan door de zwaarte van de werkzaamheden. De zwaarte van het werk wordt bepaald door de zwaarte van de taak zelf en door de duur van de werkzaamheden. In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de rustperiodes die tussen de werkzaamheden noodzakelijk zijn. Rustperiodes zijn noodzakelijk voor persoonlijke verzorging, voor fysiologisch herstel en om overschrijding van maximale blootstelling (toxische stoffen, geluid etc.) te voorkomen. In dit hoofdstuk worden werk- en rusttijden behandeld voor

a Persoonlijke verzorging.

b Fysiologisch herstel.

De maximale blootstellingsduur aan bepaalde omgevingsfactoren, zoals geluid, toxische stoffen, wordt behandeld in de hoofdstukken 3.1 t/m 3.6. Het fysiologisch herstel beperkt zich tot de gevolgen van energetische belasting.

a Persoonlijke verzorging

richtlijn

Tabel 19.1 Rusttijden in minuten buiten de werktijd (Naar: Hettinger).

| rusttijden buiten werktijd | lengte werkdag<br>(in uren) | mannen | vrouwen |
|----------------------------|-----------------------------|--------|---------|
|                            | 4,5 - 6,0                   | -      | 20      |
|                            | 6,0 - 8,0                   | 30     | 30      |
|                            | 8,5 - 9,0                   | 30     | 45      |
|                            | > 9,0                       | 30     | 60      |

In tabel 19.1 zijn de rusttijden gegeven voor persoonlijke verzorging, zoals eten en drinken. De rustperioden zijn afhankelijk van de duur van de werkzaamheden (de werkdag). Rustperioden moeten tussen de werkzaamheden worden opgenomen en niet worden gebruikt om eerder op te houden. Wanneer zeven uur per dag wordt gewerkt moet daar tussendoor, bijvoorbeeld na drie uur een pauze worden genomen van een half uur. Dit geldt voor mannen en vrouwen.

#### keuze

De hier gekozen richtlijn is afkomstig uit Hettinger en is gebaseerd op de wettelijke norm in Duitsland. In Teleac en Vademecum worden geen richtlijnen gegeven voor pauzes voor persoonlijke verzorging.

#### diskussie

Pauzes buiten werktijd moeten in ieder geval tussen de werkzaamheden worden opgenomen. Voorkomen moet worden dat de pauze wordt gebruikt eerder het werk te verlaten, omdat dit meestal als gevolg heeft dat persoonlijke verzorging in de knel komt of dat tijdens de werkzaamheden bijvoorbeeld wordt gegeten. Vanuit hygiënisch oogpunt is dit op zeer veel werkplekken niet aanvaardbaar.

#### N.B.

In het Arbeidsbesluit 1920 is aangegeven dat in Nederland iemand na 4½ uur werk een half uur moet rusten, wanneer de arbeidsdag meer dan 5½ uur is. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen. Deze wettelijke bepaling wijkt voor de mannen af van de richtlijn in tabel 19.1. In die richtlijn is pas rust verplicht na 6 uur werk. De richtlijn in tabel 19.1 is wel meer uitgebreid vanwege het verschil tussen mannen en vrouwen en de verschillen in de duur van de werkdagen.

b Fysiologisch\_herstel

richtlijn

Tabel 19.2 Rusttijden in minuten op de werkplek, afhankelijk van de zwaarte van de werkzaamheden (Naar: McCormick).

---

|                           |                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| rusttijden op de werkplek | $\text{rusttijd} = \frac{T (K-S)}{K-6.3}$                                                |
|                           | T = totale tijd dat werkzaamheden worden verricht<br>(inclusief rustperioden) in minuten |
|                           | K = zwaarte (KJ/min) van de werkzaamheden                                                |
|                           | S = belastingsgrenswaarde (KJ/min)                                                       |
|                           | S = ± 17 KJ/min voor mannen                                                              |

---

Tabel 19.3 Verdeling van de rusttijden tijdens het werk.

---

|                 |                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|
|                 | zwaarte van de werkzaamheden (inclusief basaal metabolisme)    |
|                 | - 17 KJ/min: geen extra rusttijden                             |
| 17 - 42 KJ/min: | enkele rustmomenten per uur tijdens werkzaamheden              |
| 42 -            | KJ/min: verdeling van rusttijden in blokken van enkele minuten |

---

Wanneer de energetische belasting hoger is dan de grenswaarden (17 KJ/min) zijn zoals in hoofdstuk 5.7 weergegeven, extra pauzes nodig voor herstel van de zuurstofvoorziening in de spieren. In tabel 19.2 is een formule gegeven, waarmee kan worden berekend hoeveel minuten rust tijdens bepaalde werkzaamheden moet worden genomen. Hierbij speelt de zwaarte (K) van het werk een rol. Omdat de pauzes bedoeld zijn voor fysiologisch herstel moeten ze tussen de werkzaamheden worden "opgenomen". In tabel 19.3 is aangegeven volgens welke verdeling de pauzes moeten worden opgenomen. Wanneer bepaalde werkzaamheden bijvoorbeeld 240 minuten (4 uur) per dag worden verricht en de werkzaamheden een energetische belasting van 46 KJ/min veroorzaken dan moeten er minimaal 75 minuten  $(240 \times (46-17)/(46-6.3))$  pauzes worden ingevoerd.

#### keuze

Voor het berekenen van de hoeveelheid rusttijd is de formule van McCormick gekozen. Deze richtlijn is konkreet en praktisch toepasbaar. Hettinger besteedt veel aandacht aan werktijden en rusttijden, maar komt daarbij niet tot konkrete richtlijnen. In Kodak, Burandt en Vademecum zijn geen richtlijnen gevonden voor werk-rustschema's. In Teleac wordt bij de fysieke belasting gememoreerd aan de noodzaak op rusttijden, echter zonder konkrete richtlijnen.

#### diskussie

In dit hoofdstuk worden alleen richtlijnen voor werk-rustschema's behandeld die betrekking hebben op de energetische belasting van de werkzaamheden. Van oudsher heeft dit veel belangstelling gehad, omdat de zwaarte van het werk een belangrijke belastende faktor betekende. Op het ogenblik bestaat ook behoefte aan werk-rustschema's, ten aanzien van de statische belasting en de mentale belasting van het werk, bijvoorbeeld door controlewerkzaamheden. Algemeen geldt dat in ieder geval van overbelasting, van welke belastende faktor dan ook, enige kompensatie kan worden gevonden in een pauze. Echter geldt voor bepaalde vormen van overbelasting (geluid, toxische stoffen etc.) dat het lichaam niet in staat is de hoge blootstelling te kompenseren of te herstellen door het invoeren van pauzes.

### 3.20 **ARBEIDSMOTIVATIE**

#### inleiding

Arbeidsmotivatie heeft betrekking op de bereidheid van mensen zich in te zetten voor het werk. De arbeidsmotivatie hangt onder meer samen met de kenmerken van de persoon en kenmerken van de arbeid, zoals arbeidsomstandigheden, taakinhoud, sociaal-organisatorische omgeving.

In dit hoofdstuk wordt aangegeven waaraan de inhoud van het werk moet voldoen om arbeidsmotivatie te bevorderen. Uitgangspunt daarbij is dat het werk elementen moet bevatten waardoor aan bepaalde menselijke behoeften wordt voldaan en velen het werk positief zullen waarderen. Door de individuele verschillen is het moeilijk algemeen geldende richtlijnen te geven. In dit hoofdstuk worden eigenschappen van de taak behandeld die van invloed zijn op de beleving van de taak en daarmee mede een rol spelen voor de arbeidsmotivatie.

#### richtlijn

Tabel 20.1. Taakattributen die in het werk aanwezig moeten zijn om arbeidsmotivatie te bevorderen (Naar: Teleac).

| taakattribuut                       | aspecten*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | mogelijkheid om te komen tot een kans op een positief waarden van het betreffende taakattribuut*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. verscheidenheid aan voorwerpen   | het aantal onderdelen, gereedschappen en bedieningsmiddelen die gehanteerd worden                                                                                                                                                                                                                                            | 13-28 voorwerpen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. verscheidenheid aan bekwaamheden | a) de mate van variatie op voorgeschreven werktempo<br>b) de mate van variatie in werkplek<br>c) de mate van variatie in voorgeschreven arbeids-handelingen                                                                                                                                                                  | a) meer dan 1 werktempo om de 2 uur<br>b) vaste werkplek met afwisselend zitten en staan<br>c) enige variatie in soorten fysieke handelingen                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. autonomie                        | a) de mate van vrijheid in selectie van werkmethode<br>b) de mate van vrijheid in selectie van werkvolgorde<br>c) de mate van vrijheid in selectie van werktempo<br>d) de mate van vrijheid in aksepteren of afwijzen van de kwaliteit van aan-gevoerd materiaal<br>e) de mate van keuze bij in-zetten van externe dien-sten | a) werkmethode gedeeltelijk bepaald met mogelijkheid van eigen variaties<br>b) werkvolgorde gedeeltelijk bepaald met mogelijkheid van eigen variaties<br>c) werktempo in 40-60% van de tijd bepaald door machine of kollega<br>kwaliteit van aangevoerd materiaal kan af en toe worden geaksepteerd/afgewe-zen<br>e) initiëren van discussie en deelname aan beslis-singen omtrent inzetten van andere diensten |
| 4. noodzakelijke kontakten          | a) het aantal mensen waarmee tenminste elke 2 uur kon-takt nodig is<br>b) hoeveelheid tijd besteed aan vereiste kontakten                                                                                                                                                                                                    | a) 3-6 mensen<br>b) 10-15% van de werktijd met tenminste 2 mensen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5. vrijwillige kon-takten           | a) aantal mensen beschikbaar voor kontakt op werkplek<br>b) hoeveelheid tijd beschik-baar voor kontakten tij-dens werk<br>c) hoeveelheid tijd waarbij werker zijn werkplek zon-der reprimande kan verlaten                                                                                                                   | a) tenminste 1 keer per uur 2-3 mensen<br>b) 10-25% van de werktijd<br>c) 10-25% van de werktijd                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6. leertijd                         | hoeveelheid tijd benodigd om het werk bekwaam te kunnen uitvoeren                                                                                                                                                                                                                                                            | 2-4 maanden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7. verantwoorde-lijkheid            | a) moeilijkheid van het ver-helpen van normale sto-ringen<br>b) maximale tijd voordat fou-ten worden ontdekt                                                                                                                                                                                                                 | a) een fout die ontstaat om 3-6 redenen, welke niet direkt duidelijk zijn maar wel ondekt kunnen worden zonder veel moeite<br>b) 1-2 weken                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Vervolg Tabel 20.1.

|                                                        | aspecten*                                       | mogelijkheid om te komen tot een kans op een positief waarden van het betreffende taakattribuut*                                                       |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | c) ernst en kosten van fouten                   | c) kans op ernstige fout (die meer dan f 1500,- kost om te herstellen of die resulteert in ernstig persoonlijk letsel) is niet groot maar wel aanwezig |
| 8. identiteit van het werk                             | a) duidelijkheid van cyclus-einde               | a) merkbaar eindstip van deelbewerking                                                                                                                 |
|                                                        | b) zichtbaarheid van bewerking in tussenprodukt | b) gedeeltelijk zichtbaar                                                                                                                              |
|                                                        | c) zichtbaarheid van bewerking in eindprodukt   | c) gedeeltelijk zichtbaar                                                                                                                              |
|                                                        | d) mate van toegevoegde waarde door bewerking   | d) matig                                                                                                                                               |
| 9. afbreukrisico en - persoonlijk gevaar-<br>renrisico | -                                               | -                                                                                                                                                      |

\* Kolom 2 en 3 zijn afkomstig van het oorspronkelijk werk waarnaar door Teleac wordt verwezen.

In de bovenstaande richtlijnen ten aanzien van arbeidsmotivatie gaat het enerzijds om de typen elementen (taakattributen) die het werk zou moeten bevatten. Anderzijds gaat het om de mate waarin deze taakattributen in het werk vertegenwoordigd moeten zijn. Indien een taakattribuut in hoge mate aanwezig is, is er een kans op een positief waarden van dit taakattribuut. In de laatste kolom is een voorbeeld gegeven om voor een groot aantal mensen te komen tot een positief beleven van een bepaald aspect en daarmee van het taakattribuut, waarbij de mogelijkheid bestaat tot enige aksentverschuiving binnen de verschillende aspecten van het taakattribuut. Wanneer bijvoorbeeld met 4 mensen om de 2 uur overleg nodig is (met totale duur 20% van de werktijd) zal het werk door velen positief gewaardeerd worden wat betreft de "noodzakelijke kontakten".



### keuze

Het onderwerp arbeidsmotivatie wordt niet behandeld in Burandt en het Vademecum. Hettinger en Kodak geven slechts in algemene bewoording enige aanwijzingen. McCormick stipt het onderwerp aan maar geeft geen aanwijzingen. De richtlijnen van Teleac zijn het meest concreet en daarom gekozen.

### diskussie

De door Teleac genoemde taakattributen is een selectie uit de taakattributen die in het oorspronkelijk werk vermeld staan. Niet geselecteerd zijn bijvoorbeeld de taakattributen die worden gekenmerkt door arbeidsomstandigheden, cyclustijd (kort-cyclische arbeid!), niveau van mechanisering. Een reden hiervoor is niet gegeven, hoewel juist deze aspecten bij de vormgeving van taken een belangrijk effect op de arbeidsmotivatie lijken te hebben. Wel geselecteerd, maar niet expliciet genoemd in het oorspronkelijke werk is het taakattribuut: afbreukrisico en persoonlijk gevarenrisico de precieze betekenis hiervan en de reden van de selectie wordt niet nader verklaard.

In het oorspronkelijke werk waaraan Teleac zijn gegevens ontleend wordt meer uitgebreid ingegaan op de verschillende taakattributen. Voor ieder taakattribuut worden een aantal deelaspecten genoemd en is een score gegeven van ieder attribuut. De richtlijn bestaat dan uit een bepaalde minimale totaalscore en een minimale score per taakattribuut.

Het onderwerp arbeidsmotivatie kan als een ergonomisch voorwerp worden gezien omdat veelal ervan uitgegaan wordt dat de motivatie mede door de vormgeving van het werk wordt bepaald (Teleac, Hettinger, Kodak). McCormick konstateert een mogelijk konflikt tussen enerzijds een aanpak gebaseerd op produktiviteit en efficiency waarbij taken worden gespecialiseerd zodat minder vaardigheden nodig zijn, en anderzijds een aanpak gericht op taakverrijking en stelt dat er nog geen duidelijke richtlijnen bestaan.

#### 4. DISKUSSIE

De inventarisatie van ergonomische richtlijnen is om eerder genoemde redenen beperkt gebleven tot zes handboeken. Dit brengt met zich mee dat bepaalde richtlijnen en de meest recente onderzoeksresultaten en ontwikkelingen bruikbaar voor het opstellen van richtlijnen, buiten beschouwing zijn gebleven. Uit de reacties van de deskundigen blijken de ontwikkelingen overigens niet heel erg af te wijken van de informatie uit de handboeken.

Bij de keuze van ergonomische onderwerpen is uitgegaan van de indeling van de Ergonomics Abstracts. Het bleek dat de belangrijkste aspecten waarvoor in de handboeken richtlijnen worden gegeven binnen deze indeling waren onder te brengen.

Voor bijna alle aspecten worden in twee of meer handboeken richtlijnen gegeven. Voor sommige aspecten worden in verschillende handboeken dezelfde richtlijnen vermeld. In andere gevallen worden verschillende richtlijnen gegeven. Enerzijds lijkt het daarbij te gaan om verschillen in interpretatie van de brongegevens. Anderzijds worden verschillen soms veroorzaakt door verschillen in bron of uitgangspunt. Sommige auteurs geven bijvoorbeeld optimale grenzen aan, anderen vermelden alleen maximale grenswaarden.

De betrouwbaarheid van de richtlijnen die in deze inventarisatie worden vermeld wordt waarschijnlijk meer bepaald door de mate van onderbouwing van de richtlijnen zelf, dan door de keuze van de handboeken. In het algemeen is de onderbouwing van de richtlijnen gering. Dit geldt ook voor twee van de handboeken waaruit veel van de richtlijnen zijn overgenomen (Kodak en Burandt). Er is dan niet aangegeven welke bronnen of welke onderzoeken ten grondslag liggen aan de richtlijnen. De indruk bestaat dat verschillende richtlijnen tot stand zijn gekomen door interpretatie van resultaten van meerdere onderzoeken. Hierdoor bestaat vaak geen directe relatie meer tussen de richtlijn en het oorspronkelijke onderzoek.

Nog maar zelden wordt bij de richtlijnen aangegeven of er een evaluatie van die richtlijn in de praktijk heeft plaatsgevonden. Zo'n evaluatie lijkt de beste toets of een richtlijn in de praktijk bruikbaar is en bijdraagt tot het doel waarvoor ze

opgesteld zijn: veiligheid, gezondheid en welbevinden tijdens het werk.

Bij de keuze van richtlijnen is uit alle zes handboeken geput (zie tabel 1 op blz. 13). Dit betekent dat niet uitsluitend uit één handboek als zeer geschikt kan worden aangemerkt. Bovendien is gebleken dat slechts een klein deel van de richtlijnen uit de Nederlandse handboeken (Vademecum, Teleac) afkomstig zijn. Vademecum bevat weinig konkrete richtlijnen, behandelt maar een beperkt aantal aspecten en vermeldt geen bronnen. Teleac behandelt veel aspecten, maar bevat weinig konkrete richtlijnen, hetgeen wellicht verband houdt met het feit dat het hier om een cursusboek gaat.

5. KONKLUSIE

De inventarisatie heeft een grote hoeveelheid ergonomische richtlijnen opgeleverd. De meeste daarvan lijken bruikbaar in de praktijk. Ze zijn concreet geformuleerd en de aspecten waarvoor de richtlijnen gelden zijn relevant voor het afstemmen van werkplek en werkplekomgeving op de eigenschappen van de mens. De meeste zijn echter maar beperkt onderbouwd en zelden in de praktijk geëvalueerd. Het hier gegeven overzicht lijkt voor de Nederlandse situatie een duidelijke verbetering te zijn ten opzichte van wat er bestaat in de Nederlandstalige handboeken.

Gezien de geringe onderbouwing van de meeste richtlijnen en de onbekendheid met de praktische bruikbaarheid en de effecten van veel richtlijnen zijn vervolgactiviteiten noodzakelijk. De vervolgactiviteiten zullen zich moeten richten op vergroting van de onderbouwing. Dit geldt vooral voor aspecten waarvoor tussen de handboeken verschillen bestaan in de richtlijnen of aspecten die slechts in één handboek worden behandeld.

Voor richtlijnen waar tussen de handboeken een redelijke mate van consensus bestaat is een evaluatie van de richtlijn in de praktijk gewenst. Deze evaluatie houdt enerzijds in een beoordeling van de praktische bruikbaarheid en anderzijds een beoordeling van het effect op aspecten van veiligheid, gezondheid en welbevinden. Na zo'n evaluatie kan een richtlijn zich ontwikkelen tot een meer geformaliseerde bepaling.

Naast onderzoek en evaluatie moet het gebruik van ergonomische richtlijnen worden gestimuleerd. De meeste richtlijnen zijn zo concreet dat zij nu reeds kunnen leiden tot het ontwerpen van machines en werkplekken waar rekening is gehouden met de capaciteiten van de mens. Zeker bij nieuwe fabrieken en machines leveren de hier vermelde richtlijnen een verbetering op ten opzichte van de situatie waar geen aandacht aan de ergonomie zou worden besteed. De toepassing kan worden gestimuleerd door het publiceren van de richtlijnen, het organiseren van opleidingen en het uitvoeren van projecten op basis van de hier vermelde richtlijnen.

#### LITERATUUR

- BULLINGER, H.J. & J.J. SOLF. Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung I, Systematik, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund, 1979.
- CARGO. Arbeidshygiëne in Nederland, taak en plaats. Cargo-TNO, Leiden, 1983.
- JONG, M.J.C. DE. Ergonomische normen en richtlijnen voor aangedreven handgereedschap. Nederlands Instituut voor Preventieve Gezondheidszorg TNO, Leiden, 1984.
- KELLERMAN, F., P. VAN WELY & P. WILLEMS. Vademecum Ergonomie voor de industrie. Philips, Eindhoven, 1967.
- KRAISS, K.F. & J. MORAAL. Introduction to human engineering. Verlag TÜV Rheinland, Keulen, 1976.
- NIXDORF. Ergonomie in de praktijk. 1983.
- SINGLETON, W.T. Ergonomics in systems design. Ergonomics, 1967, vol. 10, no. 5, 541-548.
- VOSKAMP, P. Inventarisatie van recent ergonomisch onderzoek in Nederland. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag, 1983.
- ZES HANDBOEKEN:
1. Ergonomie für Design und Entwicklung. U. Burandt. Köln, Verlag Dr. Otto Schmidt, 1978. ("Burandt")
  2. Ergonomie Design for People at Work. Eastman Kodak Company. California, Lifetime Learning Publications, 1983. ("Kodak")
  3. Vademecum Ergonomie. F.T. Kellerman e.a. Deventer, NIVE/Kluwer, 1982. ("Vademecum")
  4. Ergonomie am Arbeitsplatz. T. Hettinger, G. Kaminsky & H. Schmale. Ludwigshafen, Kiehl, 1980. ("Hettinger")
  5. Human Factors in Engineering and Design. E.J. McCormick, New York, McGraw-Hill, 1976. ("McCormick")
  6. Ergonomie (cursusboek behorende bij Teleaccursus). A.N. Eken (eindredactie). Utrecht, Stichting Teleac, 1983. ("Teleac")

