

Productergonomie

Ontwerpen voor gebruikers

Hans Dirken

© VSSD

Eerste druk 1997, 2e druk 1999, 3e druk 2001, 4e druk (gebonden) 2004

DUP Blue Print is een imprint van:

Delft University Press

P.O. Box 98, 2600 MG Delft, The Netherlands

tel. +31 15 27 85678, telefax +31 15 27 85706, e-mail info@library.tudelft.nl

internet: <http://www.library.tudelft.nl/dup>

In opdracht van:

Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft

Poortlandplein 6, 2628 BM Delft, The Netherlands

tel. +31 15 27 82124, telefax +31 15 27 87585, e-mail: hlf@vssd.nl

internet: <http://www.vssd.nl/hlf>

URL over dit boek: <http://www.vssd.nl/hlf/ergonomie.html>

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Printed in the Netherlands

ISBN 90-407-2498-9

NUR 964

Trefw.: ergonomie.

Voorwoord

Het bedenken van nieuwe gebruiksgoederen en het verbeteren van bestaande, vormen de kerntaak voor het industrieel ontwerpen en voor verscheidene andere ingenieursberoepen. Om die taak goed uit te voeren is kennis nodig van technisch construeren en industrieel vervaardigen. Evenzeer is het daarbij onmisbaar om veel te weten van de productgebruikers, van hun capaciteiten, gewoonten en onderlinge verschillen. Techniek is er voor ons mensen, voor het uitbreiden, verbijzonderen en vergemakkelijken van ons functioneren. Productontwerpen wordt dus ook geïnspireerd en gericht door inzichten in wat productgebruikers kunnen met, en nodig hebben voor, hun ledematen, zintuigen en brein. Productergonomie verschaft die inzichten, feiten en methoden.

Dit studieboek is vooral voor technici bedoeld. Het is een inleiding tot de ergonomie van gebruiksgoederen en bedoelt inzichten en overzichten te bieden betreffende de directe omgang van mensen met hun dagelijkse hulpmiddelen: thuis, op het werk, bij vervoer, ontspanning en dergelijke. Die omgang, genoemd mens-product interactie, kan worden geanalyseerd met biologische, psychologische én technische kennis en methoden. Daarmee is het ook gemakkelijker en meer verantwoord producten te bedenken en technisch te detailleren, te beoordelen en te kiezen. Die productergonomische kennis helpt bij product-innovatie en dan vooral in het streven naar gebruikskwaliteiten: nut, efficiëntie, comfort en veiligheid.

In het boek staat centraal het model van mens-product interactie. Belangrijke ergonomische beslissingen (o.m. de zogenaamde ‘ontwerptypen’) bij het ontwikkelen van seriematig te fabriceren gebruiksgoederen worden behandeld en voorzien van richtlijnen en achtergronden. De gebruiksgoederen worden in vele typen onderscheiden en functioneel gespecificeerd, naar gelang zij verschillende lichamelijke, zintuiglijke of mentale functies ondersteunen. Vele ontwerpvoorbeelden worden daarbij gegeven plus normen en werkwijzen.

Na elk hoofdstuk staat een lijst met kernbegrippen, met hun relatieve belang en of zij vooral kennis of inzicht of toepassing betreffen. Tevens volgen dan vragen en suggesties voor controle, het doordenken en toepassen. Het studieboek is in menig opzicht ook een handige bron voor de ontwerppraktijk. De literatuurverwijzingen zijn beperkt gehouden.

De stof is ontleend aan de ergonomische literatuur, maar evenzeer aan een jarenlange ervaring met doceren en toepassen van kennis van industriële productontwikkeling. Het is de bedoeling iets over te brengen van de habitus van de ontwerper, die altijd zoekt naar mogelijkheden voor product-innovatie ten bate van velerlei gebruikersgroepen in allerlei gebruikssituaties. De ‘productergonomische

blik' hoort daarbij. Bij ontwerpprojecten horen ook ergonomische modelvorming, berekeningen en proefondervindelijk onderzoek; ook de grondbeginselen daarvan worden in de tekst behandeld.

Het tot stand komen van dit inleidende studieboek nam jaren in beslag. De reacties van vele generaties studenten hebben de opzet en presentatie mede gestuurd. Het is echter vooral de hulp van diverse medewerkers van onze Faculteit Industrieel Ontwerpen van de Technische Universiteit Delft die onmisbaar is geweest. Zij gaven kritiek en aanmoediging en hielpen met illustraties en tekstverzorging. Dank gaat uit naar ir. M.C. Alders, dr.ir. B.J. Daams, ir. J.C. Danhof, dr.ir. R.H.M. Goossens, ir. P.N. Hoekstra en ir. O.D. Rietkerk. Veel waardering verdient eveneens J.E. Schievink van de VSSD. Fouten en onvolkomenheden in dit boek zijn echter geheel te wijten aan de auteur.

prof.dr. J.M. Dirken, Eur Ing
TU Delft, zomer 1997

Bij de vierde druk

Sinds de eerste druk zeven jaar geleden traden er 'marktveranderingen' op. Het aantal hogere opleidingen in technisch productontwerpen is aanmerkelijk gegroeid in Nederland en Vlaanderen. Het boek mag zich verheugen in breder gebruik bij studie en ontwerppraktijk. Tegelijkertijd ging de technische innovatie voort en kwamen er veel andere gebruiksgoederen en daarmee ook andere opgaven voor ontwerpen en onderzoeken. Aan de neiging om nieuwe technieken en gebruikssituaties van nieuwe, ergonomisch specifieke richtlijnen te voorzien, is in de vierde druk slechts beperkt toegegeven. Een inleidend werk moet zich immers concentreren op algemene en fundamentele kenmerken. Dat zijn dan ook de karakteristieken waarin menselijke productgebruikers slechts langzaam en weinig veranderen. Modernisering is wel aangebracht in de antropometrische data (een "DiNed 2004"), in vele productvoorbeelden, in de vragen en suggesties na elk hoofdstuk, in wat meer aandacht voor 'design for all', gebruiksonderzoek, RSI etc. De stofkam heeft verder tot zeer veel detailverbeteringen geleid. Mijn dank gaat uit naar de hulp hierbij van (mijn vroegere promovendae) dr. ir. Steenbekkers (Wageningen UR), dr. ir. Daams (Daams ergonomie) en dr. ir. Voorbij (NEN) en van Jacques Schievink van de VSSD.

emeritus Hans Dirken
Leiden, zomer 2004

Inhoud

Voorwoord	5
DEEL I. ALGEMENE ACHTERGRONDEN EN DOELSTELLINGEN	13
1 HET PROBLEEMGEBIED	15
Samenvatting	15
1.1 Wetenschap en Techniek	15
1.2 Industrieel Ontwerpen	21
1.3 Ergonomie	25
1.4 Vier-pilaren model	31
1.5 De opzet van dit boek en definitie van productergonomie	35
Begrippen	37
Vragen en suggesties	38
2 MENS EN HULPMIDDEL	40
Samenvatting	40
2.1 Historie van technocultuur	40
2.2 Het onderscheiden van producten naar gebruik	45
2.3 Indeling van ergonomie volgens gebruiker of functie	49
Begrippen	55
Vragen en suggesties	56
3 MODELLEN EN SYSTEMEN	58
Samenvatting	58
3.1 Denktuigen	58
3.2 Theorie van levende systemen	62
3.3 Enkele ergonomische modellen	67
3.4 Het Mens-Product Interactiemodel (MPI-model)	72
Begrippen	78
Vragen en suggesties	79
4 DE ONTWERPUITDAGING DOOR DE MENSELIJKE VERSCHIEDENHEID	81
Samenvatting	81
4.1 De normaal-verdeling	81
4.2 De zeven ergonomische ontwerptypen	86
4.3 De vraag naar bronnen en data	96
4.4 Ontwerpen voor herkenbaarheid en gebruik	100
4.5 Waar productergonomie minder ontwerprelevant is	103
Begrippen	105
Vragen en suggesties	106

DEEL II. FYSIEKE ERGONOMIE	109
5 INLEIDING TOT DE FYSIEKE ERGONOMIE	111
Samenvatting	111
5.1 Relatie met het eerste deel	111
5.2 Een indeling van fysiek ondersteunende producten	116
5.3 De fysieke aspecten	118
5.4 Een matrix van producttypen en kennisgebieden	121
Begrippen	122
Vragen	122
6 STATISCHE ANTROPOMETRIE	124
Samenvatting	124
6.1 Antropometrie	124
6.2 Modelling in de statische antropometrie	128
6.3 Bronnen van lichaams-variatie	140
6.4 Ontwerpen van kleine verblijfsruimten (cabins)	150
6.5 Ontwerpen van middelen voor lichaamsondersteuning (supports)	155
6.6 Ontwerpen van persoonlijke uitrusting (outfits)	160
Begrippen	166
Vragen	167
7 DYNAMISCHE ANTROPOMETRIE	169
Samenvatting	169
7.1 Houdingsverandering en beweging	169
7.2 Gewrichtswerking	170
7.3 Bewegingsparameters	177
7.4 Lopen	179
7.5 Ontwerpen van middelen voor lichaamsondersteuning (vervolg)	179
7.6 Ontwerpen van persoonlijke uitrusting (vervolg)	186
7.7 Ontwerpen van handvatten, verpakkingen en lasten (grips, packs & loads)	189
Begrippen	199
Vragen en suggesties	201
8 PASSIEVE KRACHTOPVANG	202
Samenvatting	202
8.1 De krachten op en in het lichaam	202
8.2 Ontwerpen van middelen voor lichaamsondersteuning (slot)	208
8.3 Ontwerpen van handvatten (vervolg)	215
8.4 Ontwerpen van handwerktuigen	217
Begrippen	228
Vragen en suggesties	229

9	FYSIEKE INSPANNING EN ACTIEVE KRACHTSUITOEFENING	231
	Samenvatting	231
	9.1 Fysieke inspanning	231
	9.2 Spierarbeid	234
	9.3 Fysiek vermogen en belastingsgraad	244
	Begrippen	250
	Vragen en suggesties	251
10	HET BEDIENEN VAN PRODUCTEN VIA BEDIENINGSCOMPONENTEN	253
	Samenvatting	253
	10.1 Vanaf eenvoudig gebruik, via hanteren, naar bedienen	253
	10.2 Bediening als input in het product	254
	10.3 Bedieningsfasen en -patronen	256
	10.4 Typen van bedieningscomponenten	258
	10.5 Ontwerp-, keuze- en installatie-overwegingen	261
	10.6 Trend in controls	265
	Begrippen	266
	Vragen en suggesties	266
11	HET LEREN EN BEGRIJPEN VAN COMPLEXERE BEDIENINGSPROCESSEN	268
	Samenvatting	268
	11.1 Processen en factoren bij het leren bedienen	268
	11.2 Het kennen van beweging-effect relaties	272
	Begrippen	277
	Vragen en suggesties	277
	DEEL III. SENSORISCHE ERGONOMIE	279
12	ZINTUIGEN ALS VENSTERS NAAR DE BUITENWERELD	281
	Samenvatting	281
	12.1 De instroom van informatie	281
	12.2 Zintuigen als huidspecialisatie	283
	12.3 Zintuigen als vensters naar de buiten- en binnenwereld	284
	12.4 Producten voor de zintuigen	289
	12.5 Soorten zintuigen	290
	12.6 Vensterspecificaties	295
	Begrippen	300
	Vragen en suggesties	301
13	HET AUDITIEVE ZINTUIGSYSTEEM	303
	Samenvatting	303
	13.1 Bouw, werking en meeteenheden	303
	13.2 De auditieve waarnemingskwaliteiten	307
	13.3 Auditieve signaalgevers (audio-displays)	310
	Begrippen	311

Vragen en suggesties	312
14 LAWAAI, VÓÓRKOMEN EN VOORKÓMEN	314
Samenvatting	314
14.1 Lawaai-effecten en lawaai vóórkomen	314
14.2 Geluidsarm ontwerpen	319
Begrippen	321
Vragen en suggesties	321
15 HET VISUELE ZINTUIGSYSTEEM	323
Samenvatting	323
15.1 Algemene bouw en werking van het oog	323
15.2 Visuele processen	327
15.3 Visuele waarnemingskwaliteiten	330
15.4 Het waarnemen van kleur, helderheid, diepte en beweging	334
15.5 Blickvelden	340
15.6 Verlichting	342
Begrippen	344
Vragen en suggesties	345
16 WAARNEMING EN ONTWERP VAN VISUELE VORMEN, PATRONEN EN KLEUREN	347
Samenvatting	347
16.1 Vorm en patroon als gevolg van visueel organiseren	347
16.2 Het ontwerpen van codes	349
16.3 Kleur als biologisch, fysisch en cultureel verschijnsel	353
16.4 Kleursystemen en coderen met kleur	355
Begrippen	359
Vragen en suggesties	360
17 VISUELE SIGNAALGEVERS (DISPLAYS): METERS, SCHALEN EN ELEKTRONISCHE INDICATOREN	362
Samenvatting	362
17.1 Het gebruik van visuele signaalgevers	362
17.2 Technische oplossingen voor dynamische visuele signaalgevers	366
17.3 Richtlijnen voor de uitvoering van schalen	369
17.4 De elektronische indicatoren en elektronisch gegenereerde tekens	375
Begrippen	376
Vragen en suggesties	377
DEEL IV. COGNITIEVE ERGONOMIE	379
18 DENKEN EN BESLUITEN OVER PRODUCTEN	381
Samenvatting	381
18.1 Informatie-verwerking in het mens-product interactie model	381
18.2 Wat van cognitieve ergonomie al behandeld werd	385

18.3 Het product in het brein	386
18.4 Het leren bedienen	389
18.5 Gebruiksonderzoek	392
Begrippen	393
Vragen en suggesties	394
19 MENTALE BELASTING	396
Samenvatting	396
19.1 Problemen van definiëren en meten	396
19.2 Het principe van onmiddellijke kennis van resultaat	401
19.3 Het korte-termijn geheugen	403
19.4 Activatie-niveau en prikkelarmoede	404
19.5 Tekens van mentale inspanning en vermoeiing	410
19.6 Een tiental geboden voor ontwerpen van intelligente producten	411
Begrippen	412
Vragen en suggesties	413
DEEL V. ONTWERPEN EN BEOORDELEN VAN PRODUCTFUNCTIONALITEIT	415
20 ERGONOMISCHE GEBRUIKSFUNCTIONALITEIT: NUT, EFFICIËNTIE, COMFORT EN VEILIGHEID	417
Samenvatting	417
20.1 Verband met wat voorafging	417
20.2 Productfunctionaliteit	418
20.3 Nut van gebruiksgoederen	420
20.4 Efficiëntie en effectiviteit	422
20.5 Comfort en discomfort	428
Begrippen	434
Vragen en suggesties	435
21 VEILIG PRODUCTGEBRUIK	436
Samenvatting	436
21.1 Productveiligheid en ergonomie	436
21.2 Variatie in mens-product interactie	437
21.3 Factoren bij product(on)veiligheid	441
21.4 Multi-causaliteit, ketens en netwerken van voorvallen	448
21.5 Ongevalsestatistiek	450
21.6 Bescherming	452
21.7 Ontwerpen van veilige producten	455
Begrippen	458
Vragen en suggesties	460
22 PRODUCTERGONOMIE BIJ ONTWERPEN EN EVALUEREN VAN GEBRUIKSGOEDEREN	462
Samenvatting	462

22.1 Innovatie van gebruiksgoederen	462
22.2 Het ontwerpproces en de ergonomische inbreng	467
22.3 Het ergonomisch evalueren van bestaand gebruiksgoed	471
22.4 Het ontwerpen voor gehandicapten en andere bijzondere gebruikersgroepen	472
Begrippen	477
Vragen en suggesties	478
LITERATUURLIJST	480
INDEX	486
BIJLAGE 1. Z-TABEL	BINNENKANT OMSLAG ACHTERZIJD