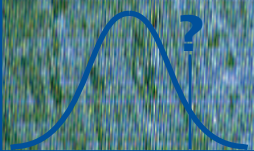
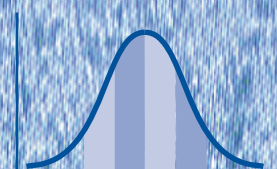
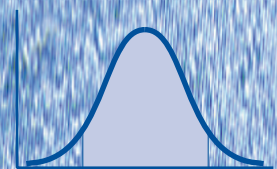
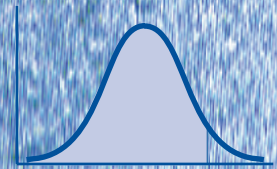
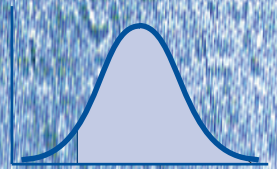
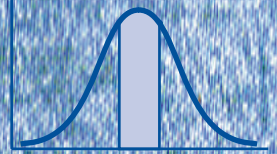
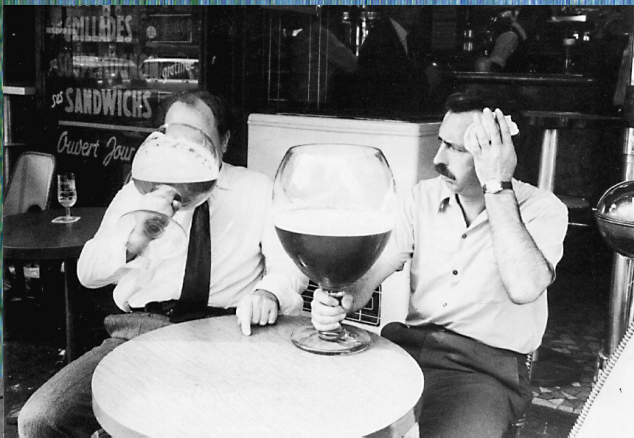
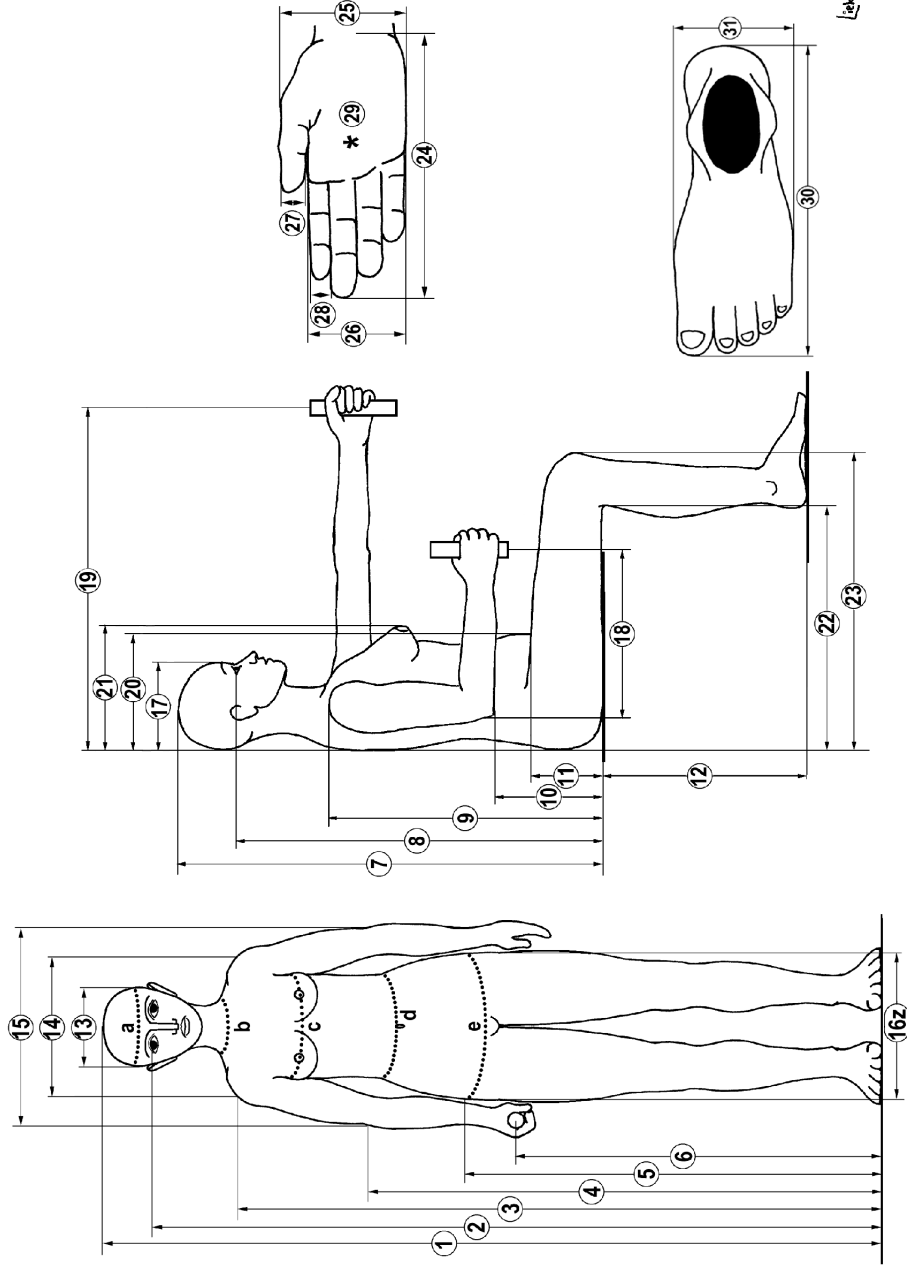


Product-ergonomie

Ontwerpen voor gebruikers



Hans Dirken



	leeftijdsgroep						> 60 jaar						20-60 jaar									
	20 - 30 jaar			31 - 60 jaar			> 60 jaar			20-60 jaar			20-60 jaar			20-60 jaar						
	♀	♂	s	♀	♂	s	♀	♂	s	♀	♂	s	♀	♂	s	♀	♂	s				
Staan	168,7	6,7	184,8	8,0	176,1	10,9	165,2	5,7	177,0	7,6	170,8	8,9	160,5	6,5	172,9	8,0	166,8	6,7	181,7	8,3	174,3	10,6
1 lichaamslengte	157,8	6,2	173,3	8,0	164,9	10,5	155,1	5,5	165,9	7,6	160,2	8,5	150,6	6,3	162,0	6,5	156,3	6,3	170,5	8,1	163,4	10,2
2 ooghoogte	138,1	6,1	151,5	7,4	144,2	9,5	135,2	5,2	145,7	7,3	140,2	8,2	131,6	6,0	142,5	6,3	136,5	6,1	149,4	7,6	143,0	9,4
3 schouderhoogte	105,0	5,0	115,3	5,6	109,7	7,4	101,8	4,3	109,9	5,7	105,6	6,5	98,5	4,7	106,7	5,2	102,5	6,4	113,4	5,9	108,4	7,4
4 ellebooghoogte	95,2	4,7	104,5	6,1	99,5	7,1	93,2	4,2	99,5	5,4	96,0	5,6	91,1	4,3	96,4	4,6	93,7	5,2	93,9	4,6	102,2	6,1
5 heuphoogte	77,0	3,8	82,6	4,7	79,5	5,1	74,1	3,5	79,7	4,5	76,7	4,9	71,6	4,2	76,9	4,1	74,2	4,9	75,5	4,1	81,7	4,7
6 vuistgriephoogte																						
Zittend	88,8	3,6	95,7	3,9	92,0	5,1	86,5	3,1	92,5	3,5	89,3	4,4	83,3	3,5	90,0	3,7	86,5	4,9	87,7	3,8	94,5	3,8
7 kruin-zitvlakhoogte	77,9	3,2	84,2	3,9	80,8	4,7	76,4	3,1	81,4	3,5	78,7	4,1	73,3	3,5	79,1	3,5	76,1	4,5	77,2	3,4	83,3	3,7
8 oog-zitvlakhoogte	58,2	2,9	62,4	3,4	60,1	3,8	56,5	2,9	61,2	3,1	58,7	3,8	54,4	3,0	58,6	3,1	56,9	4,0	57,4	3,1	62,1	3,2
9 schouder-zitvlakhoogte	25,1	2,7	26,2	2,8	25,6	2,8	23,0	3,0	25,3	2,8	24,1	3,2	21,3	2,7	23,7	2,9	22,5	3,0	24,3	3,0	26,1	2,8
10 elleboog-zitvlakhoogte	15,3	1,4	15,4	1,7	15,4	1,5	14,5	1,5	14,4	1,2	14,5	1,3	13,9	1,4	13,5	1,3	13,7	1,4	14,8	1,4	15,0	1,5
11 dij-zitvlakhoogte	44,1	2,5	49,7	3,1	46,7	4,0	43,4	2,6	48,1	3,2	45,6	3,7	42,8	2,7	47,3	2,8	45,0	3,5	43,6	2,6	49,1	3,2
12 knieholte-vloerhoogte																						
Breedten	14,4	0,5	15,2	0,6	14,8	0,8	14,7	0,6	15,4	0,6	15,1	0,8	14,2	0,5	14,5	0,5	14,4	0,7	14,3	0,6	15,3	0,6
13 hoofdbreedte	42,2	2,3	47,0	2,5	44,4	3,4	42,4	2,8	46,1	2,4	44,1	3,2	41,3	2,3	44,8	2,1	43,0	2,8	42,1	2,4	46,8	2,4
14 breedte over schouders	44,3	3,7	48,8	3,6	46,4	4,3	47,2	4,3	50,2	3,8	48,6	4,3	47,1	4,2	49,5	3,8	48,3	4,2	45,7	4,3	49,9	3,9
15 breedte over ellebogen	40,2	2,7	38,8	2,9	39,6	2,9	41,4	3,1	39,7	2,6	40,6	3,0	41,0	3,4	39,8	2,4	40,4	3,0	40,5	2,9	39,4	2,8
16 heupbreedte zittend																						
Dienten	18,9	0,8	19,9	0,7	19,4	1,1	18,7	0,7	19,8	0,8	19,3	1,1	18,1	0,6	18,6	0,7	18,4	0,9	18,8	0,8	19,9	0,8
17 hoofdtepte	32,5	1,9	36,4	2,0	34,3	2,8	32,1	1,5	35,2	2,1	33,5	2,4	31,8	1,8	34,7	1,8	33,2	2,3	32,2	1,7	35,9	2,2
18 elleboog-vuistgriepdiepte	67,6	3,6	76,3	4,3	71,6	5,8	68,8	3,4	74,6	4,7	71,5	5,0	68,8	3,8	74,4	4,3	71,5	4,9	68,2	3,5	75,8	4,5
19 armlengte-vuistgriepdiepte	23,6	3,2	25,0	3,5	24,2	3,4	29,3	3,8	29,9	3,5	29,5	3,7	31,3	3,9	31,3	3,9	31,3	3,6	26,3	4,8	27,7	4,5
20 buikdiepte zittend	29,8	3,0	28,7	3,1	29,4	3,1	31,0	4,2	30,0	3,9	30,8	4,0	31,1	3,3	30,0	2,6	30,9	3,2	30,3	3,3	29,9	3,8
21 borstdiepte	49,7	2,8	52,2	3,0	50,8	3,2	49,9	2,7	50,3	2,7	50,1	2,7	49,2	2,7	49,9	2,5	49,6	2,7	49,5	2,6	51,5	2,8
22 bil-knieholte diepte	61,0	3,2	65,1	3,3	62,9	3,8	61,3	2,8	63,1	3,2	62,2	3,1	61,0	3,0	62,5	2,8	61,7	3,0	60,9	3,0	64,5	3,2
23 bil-knie diepte																						
Hand	17,7	0,8	19,7	1,1	18,6	1,4	17,9	0,8	19,4	1,0	18,6	1,2	17,8	0,9	19,1	1,0	18,4	1,2	17,8	0,8	19,6	1,1
24 handlengte	8,9	0,8	10,8	0,4	9,7	0,9	9,3	0,6	11,9	0,5	10,3	0,9	9,4	0,6	11,1	0,5	10,3	0,8	9,3	0,6	11,2	0,5
25 handbreedte met duim	7,9	0,4	9,1	0,5	8,4	0,8	8,1	0,4	9,1	0,4	8,6	0,7	8,1	0,4	9,0	0,5	8,5	0,6	8,0	0,4	9,1	0,5
26 handbreedte zonder duim	2,0	0,1	2,3	0,2	2,1	0,2	2,1	0,1	2,5	0,2	2,3	0,2	2,1	0,2	2,4	0,2	2,3	0,2	2,1	0,2	2,4	0,2
27 duimbreedte	1,5	0,1	1,8	0,1	1,6	0,2	1,6	0,1	1,9	0,1	1,8	0,2	1,7	0,2	1,9	0,2	1,8	0,2	1,6	0,2	1,8	0,2
28 wijsvingerbreedte	2,5	0,3	2,8	0,2	2,4	0,6	2,7	0,5	2,9	0,3	2,6	0,6	2,7	0,5	2,8	0,3	2,8	0,6	2,7	0,5	2,9	0,3
29 handdikte																						
Voet	24,0	1,1	26,9	1,5	25,3	2,0	24,5	1,1	26,6	1,5	25,5	1,7	24,3	1,2	26,7	1,3	25,4	1,7	24,2	1,1	26,8	1,5
30 voellengte	9,1	0,5	10,1	0,6	9,6	0,7	9,4	0,6	10,1	0,6	9,7	0,7	9,4	0,6	10,0	0,6	9,7	0,7	9,2	0,5	10,1	0,6
31 voetbreedte																						
32 lichaamsgewicht (kg)	66,5	9,6	80,8	14,3	73,1	13,9	70,5	11,4	82,3	12,0	76,1	13,1	69,6	10,9	78,3	9,5	73,8	11,1	68,1	11,4	83,1	13,5
Omvang	55	1,7	57,3	1,8	56,2	2,5	55,1	1,5	57,6	1,7	56,4	2,2	55,2	1,7	56,8	1,8	56	2,5	55,1	1,6	57,5	1,7
a hoofd	42,9	3,2	47,6	3	45,3	4,3	44,7	3,5	49,7	3,7	47,2	5	45,8	3,3	48,3	3,2	47,1	4,6	44,2	3,4	49,2	3,5
b nekbasis	94,8	9,7	96,3	7,3	95,6	11,9	101,3	11,9	104,4	10,2	102,9	15,5	113	13,5	103,8	11,1	108,4	17,2	99,7	11,4	102,4	9,5
c borst	79,0	11,0	85,8	8,0	82,4	13,3	86,3	13,0	94,9	10,8	90,6	16,7	97,0	13,8	95,8	11,7	96,4	17,9	84,5	12,5	92,6	10,1
d taille	104,1	9,6	101,4	6,9	102,8	11,6	106,6	9,4	103,1	7,6	104,9	11,9	110,7	11,5	100,4	8,5	105,6	14,0	106,0	9,5	102,7	7,4
e heupen																						

DiNed 2004: Ontwerprelevante maten van volwassen Nederlanders (1997) (Dirken, TUD; Steenbekkers, WUR; Daanen, TNO; Voorbij NEN; Molenbroek, TUD).

Productergonomie

Ontwerpen voor gebruikers

Productergonomie

Ontwerpen voor gebruikers

Hans Dirken

© VSSD

Eerste druk 1997, 2e druk 1999, 3e druk 2001, 4e druk (gebonden) 2004-2006

Uitgegeven door

VSSD

Leeghwaterstraat 42, 2628 CA 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 verveelvoudigd, 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.

Ebook versie: ISBN-10 90-71301-84-2 ISBN-13 978-90-71301-84-1

Gebonden boek: ISBN-10 90-407-2498-9 ISBN-13 978-90-407-2498-5

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

Deel



Algemene
achtergronden en
doelstellingen

1

Het probleemgebied

Samenvatting

Productergonomie is een jong vakgebied met een nauwe relatie tot het industrieel ontwerpen. Beide zijn toegepaste wetenschappelijke disciplines. De achtergrond wordt verkend door te kijken naar de aard, doelstelling en ontwikkeling van wetenschap en techniek. Die achtergrond is breed en vaak abstract, maar nuttig om te kennen. Zo wordt duidelijk welke plaats beide jonge wetenschappelijke disciplines innemen in een groter geheel. Ook wordt zo duidelijk welke werkwijzen, denkwijzen en verplichtingen daaruit voortkomen. De waarde van menskunde voor technologie in het algemeen wordt belicht. Daarna wordt een omschrijving van industrieel ontwerpen gegeven, als voorbeeld van een technische discipline met een menskundig accent, gevolgd door een behandeling van de ontwikkeling en taken van de algemene ergonomie. Productergonomie vormt een elementair deel van de fundamentele van industrieel ontwerpen en heeft daarmee ook belang voor productontwikkeling in bredere zin. In dit kader worden de belangrijkste kenmerken van de ergonomie gegeven. Tenslotte wordt de opzet van de rest van het studieboek uitgelegd.

1.1 Wetenschap en Techniek

Zowel ergonomie (ergonomics) als industrieel ontwerpen (industrial design engineering) zijn betrekkelijk jonge vakgebieden. Het is verhelderend beide te bezien tegen de algemene achtergronden van wetenschap en techniek. Zodoende worden hun aard, positie en verbanden duidelijker. Het inzicht daarin levert een kader voor wat er in dit studieboek verder wordt behandeld.

Soorten en doelen van wetenschap

Wetenschap is in de moderne maatschappij een belangrijke bedrijvigheid geworden. Velen vinden er een beroep in, als onderzoeker, onderwijzer of toepasser (in de Europese Unie in 2000 een 5,3% van de actieve bevolking, in de V.S. 8,1%).

Het wetenschappelijk bedrijf is als het



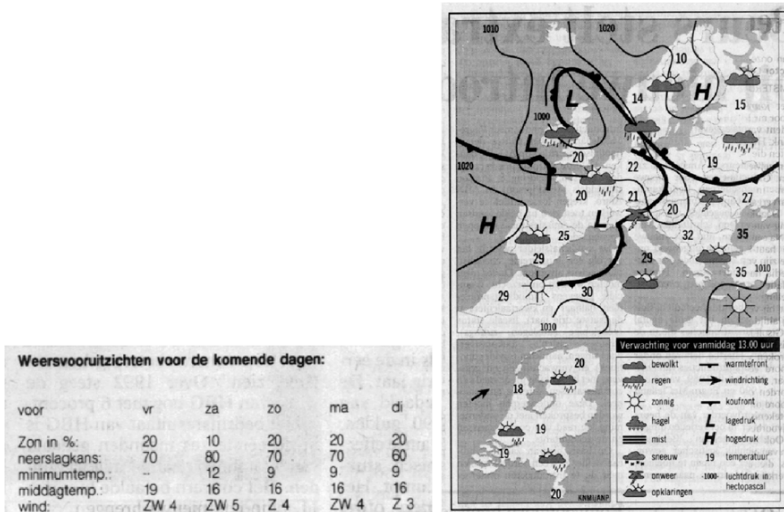
Figuur 1.1 Oude wetenschap: middeleeuwse voorstelling van Pythagoras, 6e eeuw voor Chr. (Lawlor, 1982).

verstand van een maatschappij: het is niet feilloos noch volledig, maar wel noodzakelijk voor het doorgaan en ontwikkelen van onze samenleving. Wetenschappen kunnen op verschillende wijzen worden ingedeeld. Er zijn eeuwenoude en relatief jonge wetenschappen, bijvoorbeeld filosofie versus ergonomie (zie ook figuur 1.1). Er zijn de meer fundamentele wetenschappen, zoals wiskunde, die zo genoemd worden omdat zij kennis en methoden toeleveren aan vele andere wetenschappen. Er zijn ook meer toegepaste wetenschappen om specifieke problemen van alledag op te lossen, bijvoorbeeld industrieel ontwerpen of vliegtuigbouw. Het is het doel van een wetenschap om een bepaalde sector van verschijnselen te beschrijven, te voorspellen en te beheersen: Eerst inventariseert men wat er is, vervolgens worden de regelmatigheden (invarianten) opgespoord en overzichtelijk en verklarend in modellen, formules of theorieën vastgelegd, en tenslotte kan men door die kennis macht in de sector uitoefenen. Het kan gaan om alleen maar het bevredigen van nieuwsgierigheid (astronomie), maar de nadruk kan ook liggen bij het oplossen van bepaalde problemen van praktische aard (bijvoorbeeld vervaardigingsleer). Er zijn wetenschappen die vooral beschrijvend van aard zijn (geschiedenis), of die zich juist richten op de methoden (hoe te werk te gaan). Een hoger doel dan die 'wat vragen' en 'hoe vragen' is echter het beantwoorden van de 'waarom vragen'. Om de eeuwige 'waarom vragen' van kinderen te beantwoorden zijn er scholen uitgevonden. Weten waarom, betekent dieper inzicht, meer geestelijke bevrediging en een betere basis voor zowel theorie zoals toepassing.

Spelregels van wetenschap

Wetenschap is een menselijk bedrijf dat vele spelregels kent. Indien die regels niet worden gevolgd kan er weliswaar sprake zijn van een interessante activiteit, maar niet van wetenschap. Wetenschappelijke activiteiten dienen openbaar en controleerbaar te zijn. Er dient dus gepubliceerd te worden, en wel zodanig dat een ander het onderzoek herhalen en toetsen kan. De gevolgde methoden dienen eenduidig en samenhangend te zijn en de begrippen en verklaringen zo sober mogelijk. Men moet voortbouwen op eerdere publikaties, dus niet telkens opnieuw het wiel uitvinden. Zodoende werkt men aan het opstellen van doelmatige meet- en verwerkingswijzen van gegevens, en aan het opstellen van een kernachtig 'woordenboek' van begrippen en theorieën. Die elementen vormen een 'corpus van kennis en methoden', dat een bepaalde wetenschap kenmerkt. Dat woordenboek verandert en groeit, en leidt soms via opsplitsing of combinatie tot een nieuwe wetenschap, ook wel genoemd 'nieuwe discipline'. Zo zullen we straks zien dat ergonomie een discipline is die een bepaalde selectie uit technische en menswetenschappen combineert, en wel met het oog op het beantwoorden van de vraag 'hoe en waarom mensen technische middelen en -systemen gebruiken'. Wat eenmalig is of niet regelmatig is, kan dus, hoe belangrijk dan misschien ook, geen onderwerp van wetenschap zijn. Omdat astronomie wel en astrologie niet volgens de wetenschappelijke spelregels plegen te worden bedreven, is de eerste wel en de tweede geen wetenschap. Er zijn wel gradaties van regelmaat, wetmatigheid, ofwel

voorspelbaarheid: de wetten van de mechanica voorspellen trefzekender dan de kansregels uit de biologie of psychologie; het weer schijnt in principe slechts voor enkele dagen te kunnen worden voorspeld (figuur 1.2); en hoe gebruiker x en product y precies hanteert is soms slechts in geringe mate voorspelbaar uit enkele eigenschappen van x en y .



Figuur 1.2 Voorspelbaarheid?

Opleiden en leren als garantie

Wetenschap beoefenen betekent: geleerd hebben en doorgaan met leren. Men dient voornoemd corpus van kennis en methoden in brein en in vingers te hebben, om samen met vakgenoten een volgend steentje te kunnen bijdragen. Het betekent zowel systematisch (volgens de spelregels) als creatief (vernieuwend) te werk te gaan, of men nu met grondslagen of toepassingen bezig is. Verzamelen en uitpluizen worden afgewisseld met scheppend werken. Men kan zich overigens niet zonder meer ergonomoom of ingenieur noemen. Afnemers van diensten willen graag garanties voor de vakkundigheid, bijvoorbeeld door diploma's of registratie als vakman. De opleiding en de spelregels moeten daarom garantie geven aan de maatschappij dat een persoon met een erkende wetenschappelijke vakopleiding kundig en verantwoordelijk te werk gaat.

Ontwikkeling van wetenschappen

Wetenschap is sinds enkele eeuwen één van de belangrijkste manifestaties van de menselijke cultuur. Over de hele wereld is de wetenschap van groeiend sociaal en economisch belang. Het blijft echter mensenwerk, dus er zijn richtingen en opvattingen die onderhevig zijn aan modegolven. Die golven worden lang niet alleen verstandelijk en economisch bepaald. De discipline Wetenschapsdynamica bestudeert dergelijke voorkeuren en hun opkomst, ontwikkeling en neerslag in

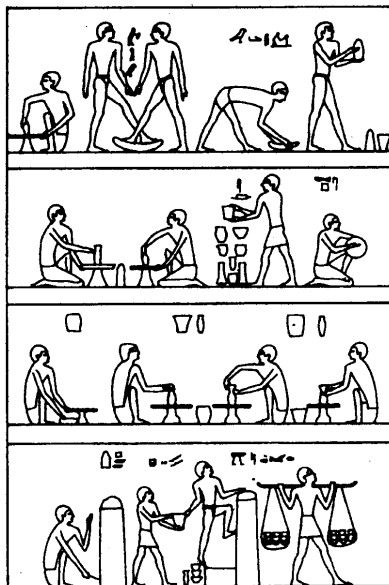
activiteiten en organisaties en maatschappij. De wetenschappen dekken overigens niet alles wat wetenswaardig is. Er zijn regelmatig nieuwe sectoren van verschijnselen die onder de aandacht komen, om met de min of meer algemeen geldende spelregels van wetenschap onderzocht te worden. Vandaar dat er nieuwe disciplines ontstaan, zoals ergonomie en industrieel ontwerpen. Het aantal wetenschappen is groot en neemt nog steeds toe. Sommige verkrijgen in korte tijd brede belangstelling en grote omvang (nu bijvoorbeeld biotechnologie, moleculaire genetica, informatica), enkele andere krimpen weer of verdwijnen bijna (zoals Volkskunde (studie van folklore)). Landen kunnen hierin onderling danig verschillen.

Techniek en technologie

Techniek als zodanig is geen wetenschap maar een brede groep van inzichten, vaardigheden, methoden, activiteiten en hun voortbrengselen, die soms wetenschappelijk kunnen worden ondersteund en verklaard. Het gaat er bij techniek om, de materiële omgeving naar 's-mensenhand te zetten door middel van ordening en omzetting. Het voortbrengen van hulpmiddelen ten bate van mensen, en de inzichten en vaardigheden om die te bedenken, maken, gebruiken, verplaatsen e.d.: dat alles heet techniek. Daar is sprake van sinds de eerste gerichte worp met een steen, het eerste hanteren van een stok of het eerste aansteken van een vuur. De historie van de techniek bestrijkt dus meer dan een miljoen jaar. Techniek betekende aanvankelijk handwerk, later ambacht en nu in toenemende mate ook breinwerk (zie figuren 1.3 tot en met 1.6).



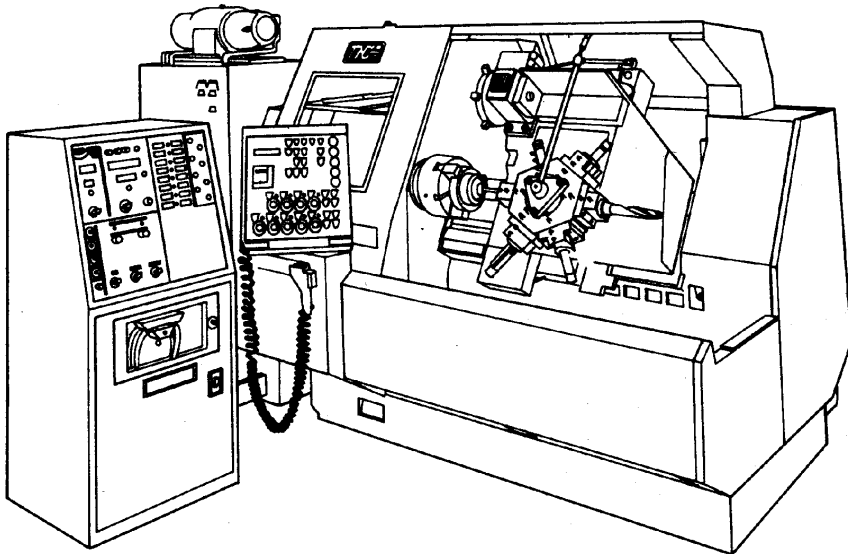
Figuur 1.3 *Bewerkingstechniek in de steentijd (Strandh, 1979).*



Figuur 1.4 *Oud- Egyptisch handwerk: het maken van potten (Strandh, 1979).*



Figuur 1.5 19e eeuwse ambacht (Forty, 1992).



Figuur 1.6 Verspanen van een technisch machinesysteem met brein (Strandh, 1979).

Techniek kan velerlei betreffen: wegen, gebouwen, voedsel, kleding, dagelijks hulptuig, productiemachines, vervoer- of communicatiesystemen etc. Indien het wat, hoe en waarom van die technische verschijnselen wetenschappelijk wordt aangepakt, is er sprake van technische wetenschap, ofwel technologie. Het achter-

voegsel ‘-logie’ betekent ‘de leer van’. Technologie omvat het systematisch analyseren, ontwerpen en beheersen van materie, energie en informatie.

Ook technologie evolueert in de loop der tijd. Rond 1830 ontwikkelde Lipkens (die in 1842 de eerste directeur van de Delftse ingenieursopleiding zou worden) een waarschuwingssysteem. Hiervoor werden signaalarmen geplaatst op een aantal kerktorens op een rij, zodat Den Haag snel met het Belgische strijdtoneel verbonden kon worden. Dit was eenvoudig en doeltreffend. Het ontwerpen van een nieuw telecommunicatie-systeem is nu echter een zaak van vele specialisten met diepgaande technische en organisatorische kennis. Datzelfde geldt eveneens voor installatie, onderhoud en reparatie van zulk een systeem.

Waarde van techniek en technologie

Techniek is weliswaar op zich interessant, maar toch in de eerste plaats bedoeld om nuttig te zijn, om mensen te helpen. Over dat laatste zal in dit boek veel gezegd worden. Techniek hoeft lang niet altijd wetenschappelijk onderbouwd te zijn, evenmin als dagelijks denken en doen dat steeds zijn. Het is een tweede natuur van mensen om hulpdingen te maken en te gebruiken. Vanwege die zeer lange technisch-culturele historie is een groot deel van de techniek echter zo ver ontwikkeld, dat men haar pas na veel leren en ervaren begrijpt, beheerst en kan gebruiken. Dat geldt nog sterker voor het ontwerpen, vervaardigen of repareren van producten. Kon men bijvoorbeeld vroeger zijn eigen houten bank nog wel in elkaar zetten en zo nodig repareren, tegenwoordig is dat met stalen en kunststof meubelen minder eenvoudig. Een moderne samenleving wordt door vele en ingewikkelde technische producten, -systemen en -methoden bijeen gehouden. Het leven van alle dag wordt mogelijk gemaakt en bijna permanent ondersteund door techniek. Werken, wonen, vervoeren, leren, communiceren en dergelijke zijn zonder technologie niet denkbaar. Uitval van een energie-centrale of het afsluiten van een toevoerweg kan al snel het leven ontwrichten. Bij het wegdenken van alle meubilair en huishoudelijke toestellen doemt een leefsituatie op van vóór de middeleeuwen. Er zijn veel technici nodig in onze maatschappij vanwege de complexiteit, de hoeveelheid en de belangrijke rol van techniek. Wetenschappelijk opgeleide technici zijn onmisbaar voor het onderbouwen, onderhouden en ontwikkelen van onze ‘technocultuur’. Niet alle geluk komt van techniek en technologie, maar zonder die twee is het leven kommer en kwel.

De basis van technische innovatie

Wetenschap en Techniek staan in nauw verband met elkaar. Er zijn weliswaar vele wetenschappen die geen technische verschijnselen tot onderwerp hebben, maar er zullen in ieder onderzoeksgebied diverse technische instrumenten voor meten, analyseren, communiceren e.d. worden toegepast. Wetenschappers zullen daarnaast ook in hun huiselijk leven technische producten gebruiken. Technisch handelen zal maar af en toe, of gedeeltelijk, wetenschappelijk te werk gaan. Dit is zo omdat techniek soms vanzelfsprekend en gewoon is, maar ook omdat het wordt

voortgestuwd door ervaring, intuïtie en proberen. Vele technische innovaties (verbeteringen en vernieuwingen) zijn slechts kleine variaties op traditionele oplossingen of een nieuwe combinatie van bekende elementen. In dat geval zijn ambachtelijke ervaring en gevoel eerder de motor tot innovatie geweest dan wetenschappelijk, bewust gehanteerde, regels. Wezenlijke vernieuwingen, technische doorbraken of innovatieve principes komen echter zelden uit ambachtelijke tradities aanwaaien. Zij vergen systematisch speuren en ontwikkelen, of tenminste het technisch-wetenschappelijk voorbereid zijn. Ontdekken veronderstelt kundig en toegespitst waarnemen, doen en denken. Een technisch-wetenschappelijke achtergrond vormt daartoe geen garantie, maar vaak wel een voorwaarde (zie bijvoorbeeld Grauls 1993, 1 en 2).

Menskunde en sociale wetenschap in technologie

De basis van de technische wetenschappen, ofwel technologie, bestaat uit de toepassing van wiskunde en natuurwetenschappen (fysica, chemie, biologie). Het gaat echter in wezen om het bedenken, vervaardigen en toepassen van hulpmiddelen voor mensen. Soms gaat het om hulpmiddelen voor dieren of andere elementen in de natuur, maar ook dan is dat uiteindelijk voor door mensen bepaalde doelstellingen. Uiteindelijk gaat het niet om het technisch kunnen op zichzelf, maar om de functie die het vervult voor mens en maatschappij. Daarom is technologie méér dan toegepaste natuurwetenschap, het is ook voor een deel toegepaste menskunde. De technicus en de technische wetenschapper kunnen voor een deel met die humane doelen rekening houden vanuit een eigen inlevingsvermogen. Dat is echter niet voldoende. De verstrekkendheid en complexiteit van techniek vergen zo langzamerhand dat de mens- en maatschappijwetenschappen een belangrijk onderdeel zijn van de technische wetenschap. De ingenieur is niet alleen de bedenker en maker van techniek, hij is evenzeer de bedenker en maker van de humane, sociale en economische functievervulling daarvan. De ingenieur kan een goede functievervulling bereiken door rekening te houden met die humane en sociale voorwaarden voor en doelstellingen van technische oplossingen, en met de gevolgen van zijn oplossing op langere termijn en in breder verband (Baudet, 1986).

In dit studieboek zullen we het vooral hebben over die humane voorwaarden en effecten. Dat zal worden toegespitst op de gebruiker en zijn hanteren van alledaagse technische hulpmiddelen. Een dergelijk menskundig inzicht vormt dus een wezenlijk onderdeel van technische wetenschap.

1.2 Industrieel Ontwerpen

De technische wetenschappen kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld. Wereldwijd kan men bij de technische universiteiten en hogescholen dan ook verschillende indelingen van faculteiten en afdelingen aantreffen. Die weerspiegelen de historische groei en de positie van een land of streek. Hoe dat onderscheid ook uitvalt, elke discipline is ooit ontstaan uit een voorweten-

schappelijke, ambachtelijke en dus toepassingsgerichte sector. De technisch-wetenschappelijke disciplines hebben dan ook veel gemeenschappelijke kenmerken: het bedenken en maken van hulpmiddelen, en het toepassen van natuurwetenschappelijke inzichten en methoden. Als criterium voor indeling tot “-kunden” wordt vaak het type van product gehanteerd: werktuigen, schepen, gebouwen, infrastructuur (wegen, terreinen e.d.), vliegtuigen enz. Soms wordt het natuurwetenschappelijk aspect als criterium gebruikt: elektrotechniek, chemische technologie, bio-techniek.

Industrieel Ontwerpen kan gekarakteriseerd worden door de klasse van producten die zijn onderwerp van studie is. Dat zijn duurzame consumentengoederen en professionele apparaten, die industrieel en in serie zijn vervaardigd en over het algemeen intensief en frequent worden gebruikt in het dagelijks leven. Tegelijkertijd betreft dit die onderdelen van verscheidene andere ingenieursdisciplines, zoals scheepsbruggen, cockpits, regelzalen, commandocentra e.d., waar de interactie tussen mens en technisch systeem wordt geconcentreerd. Industrieel ontwerpen is in menig opzicht een pregnant voorbeeld van ergonomie-toepassing. Die toepassingen zijn ook wel in diverse andere technische professies en ingenieurswetenschappen aan te treffen.

Ontstaan van de studie Industrieel Ontwerpen

Industrieel Ontwerpen is een van de jongere technische wetenschappen. Het komt voort uit een bestaand ambacht en een combinatie van werktuigbouwkunde, bouwkunde en materiaalkunde, maar het bevat eveneens elementen uit de menskunde, kunsthistorie, economie en organisatiekunde. Dat is althans in Nederland zo begonnen sinds eind jaren zestig een studierichting Industrieel Ontwerpen werd opgericht aan de Technische Universiteit Delft. Deze studierichting houdt zich bezig met het ontwerpen van duurzame consumentengoederen en van professionele apparatuur. Door het oprichten ervan heeft men zich gecommitteerd om deze sector van technische verschijnselen te onderzoeken volgens de wetenschappelijke spelregels. Dat betekende een langdurig proces van ontwikkelen, dat uiteraard ook nu nog doorgaat. De universitaire opleiding tot ingenieur Industrieel Ontwerpen bestaat niet alleen in Delft en in andere landen vindt men in groeiend aantal soortgelijke opleidingen. Op het nivo van hoger beroepsonderwijs (HBO) zijn er verschillende scholen die opleiden tot Industrieel Ontwerper c.q. Industriële Productontwikkeling. Bij kunstacademies wordt hierbij de nadruk gelegd op de vormgeving van producten. Het wetenschappelijk aspect is voor HBO-opleidingen van minder belang. Praktisch toepasbare kennis van de ergonomie is echter voor alle industrieel ontwerpers onontbeerlijk.

De producten van Industrieel Ontwerpen

Ook industrieel ontwerpen kan dus worden getypeerd aan de hand van het soort product dat onderwerp van studie is, zoals bij scheeps-, vliegtuig- of weg- en waterbouw. Bij industrieel ontwerpen hebben we te maken met gebruiksgoederen,

of precieser: hulpmiddelen, die industrieel in serie of massa worden gemaakt. Deze producten worden intensief en/of veelvuldig gebruikt, zowel door argelose consumenten als door professionele gebruikers. Dergelijke producten variëren bijvoorbeeld van eetgerei tot kasten, van speelgoed tot telefoons, enzovoort.

De grenzen van het vakgebied zijn niet scherp te trekken, maar industrieel ontwerpen houdt zich minder bezig met productie-machines, gebouwen of infrastructuur. Het gaat veelal om technische gebruiksgoederen op menselijke schaal, die onder handbereik zijn of bestemd zijn om mee te dragen. Ook is het kenmerkend dat het product meestal direct contact heeft met huid en zintuigen. Echte verbruiksgoederen zoals voedings- en genotmiddelen en eenmalige verpakking behoren niet tot minder tot het domein van industrieel ontwerpen. Desalniettemin is een productergonomische denkwijze veelal ook toepasbaar op ‘mens-kritische’ aspecten van andere ingenieursvakken.

Fundamenten en doel van industrieel ontwerpen

In de afgelopen periode is industrieel ontwerpen gegroeid van een optelsom van oudere disciplines en ambachten tot een volwaardige technisch wetenschappelijke discipline. Er is een zelfstandig vakgebied ontstaan met een deels eigen corpus van kennis en methoden voor het analyseren, bedenken en vervaardigen van nuttige, alledaagse spullen.

De kern van het corpus is een combinatie van kennis uit diverse wetenschappen: technische, menskundige, culturele, economische en bedrijfskundige vakken en van methoden om deze kennis in onderling verband te brengen. Die kennis wordt gebruikt als uitgangspunt bij het productontwikkelen en het beoordelen van producten. Die veelzijdige en geselecteerde kennis is nodig om een behoefte systematisch en creatief te kunnen vertalen in een functie, materiaal, vorm en werking die daarin voorzien.

Het bedenken en maken van dagelijkse hulpmiddelen is zo oud als de mensheid zelf en is de essentie van onze technocultuur. Met de industriële revolutie (na 1750) kwam de massaproductie op gang en werd men zich gaandeweg bewust van het belang van een systematische aanpak en ontstond een afzonderlijk vakgebied. Verdere ontwikkelingen leidden tot verschillende stromingen, bijvoorbeeld het Bauhaus en de Styling. Het Duitse Bauhaus (1918–1932) benadrukte de culturele en esthetische waarden van de industriële ontwerpen (zie figuur 1.7). De Styling in de U.S.A. (ongeveer 1930–1960) gebruikte aantrekkelijke vormgeving en veelvuldige verandering van de verschijningsvorm als afzet-bevorderend marketing-instrument (zie figuur 1.8).

Nu is industrieel ontwerpen dus langzamerhand een technisch-wetenschappelijke discipline geworden, die er naar streeft om het bedenken, maken en gebruiken van producten volgens de eerder genoemde spelregels grondig en systematisch te overzien, te begrijpen, te verklaren en te verbeteren en de kennis daarover uit te breiden. Dat gebeurt vooral vanwege het grote technische en economische belang van die klasse van producten, maar ook uit nieuwsgierigheid naar wat er gebeurt en

wat er mogelijk is in de huidige technocultuur.



Metallwerkstatt

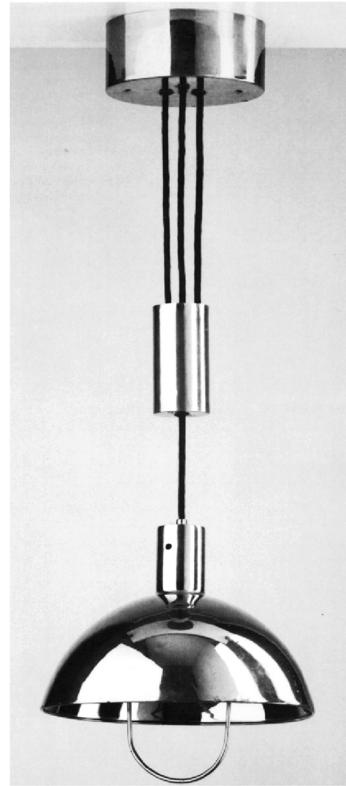
gesch.
Höhe ca. 35 cm
AUSFÜHRUNG
Messing vernickelt, Glasschirm, Zugfassung



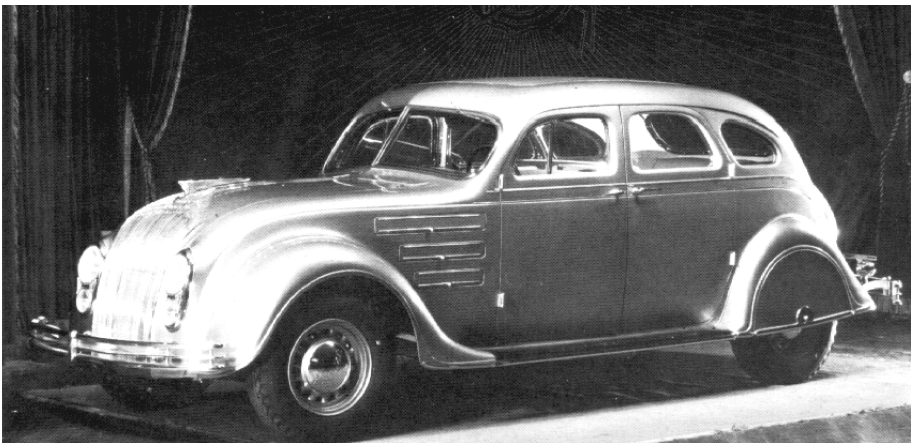
TISCHLAMPE AUS METALL

VORTEILE

- 1 beste Lichtzerstreuung (genau erprobt) mit Jenaer Schottglas
- 2 sehr stabil
- 3 einfachste, gefällige Form
- 4 praktisch für Schreibtisch, Nachttisch usw.
- 5 Glocke festgeschraubt, bleibt in jeder Lage unbeweglich



Figuur 1.7 Bauhaus: lampen (Droste, 1990).



Figuur 1.8 Styling 1934: Chrysler Airflow (Heskett, 1989).

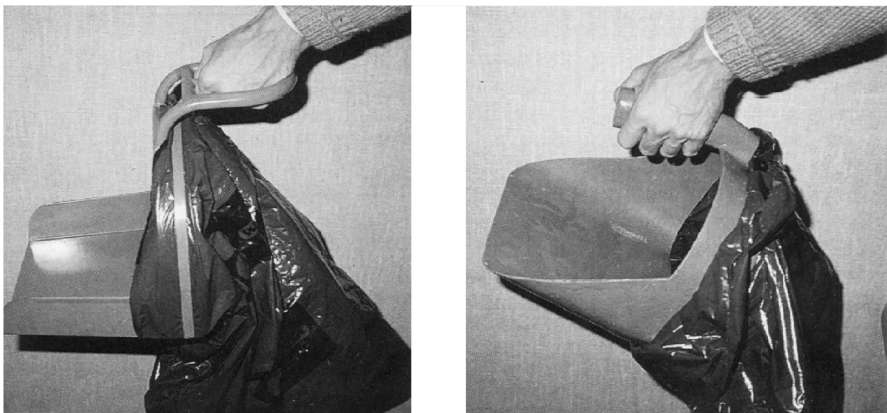
Symbiose van gebruiker en product

De discipline industrieel ontwerpen omvat dus het bedenken, maken en gebruiken van dagelijkse materiële hulpmiddelen, en het ligt voor de hand daarbij een groot gewicht toe te kennen aan de menskundige aspecten. Uiteindelijk is alle techniek er voor de mens, maar in het geval van industrieel ontwerpen geldt dat nog sterker wegens het directe contact van de gebruiker met zijn hulpmiddel. Een gebruiker leeft in zekere zin samen met die producten in ‘symbiose’, dat wil zeggen dat beide partijen er een grote onderlinge afhankelijkheid door hebben. De gebruiker kan zeer afhankelijk zijn van het product, en het product zou niet bestaan als de gebruiker het niet wilde hebben. Voor een deel geldt, dat men is wat men aan hulpmiddelen hanteert. Dit gaat op, omdat juist die producten de mogelijkheden van de menselijke gebruikers, van hun handelen, waarnemen en deels ook hun gevoelens meebepalen. Het zijn materiële middelen die het gedrag van de gebruikers kunnen uitbreiden, verbijzonderen en soms ook beperken. Door deze invalshoek wordt het duidelijk dat er een bepaalde volgorde van werken tijdens het ontwerpen gewenst is. Eerst moet er kennis van de menselijke mogelijkheden, gewoonten en behoeften worden verzameld, om vervolgens op grond daarvan nieuwe materiële functievervullers te bedenken of de bestaande te verbeteren. Dat bedenken gebeurt ook met hulp van de technische en andere kennisgebieden. Er is in ieder geval kennis geboden over de kenmerken, capaciteiten, optima en beperkingen van de toekomstige gebruikers. Er is daarbij behoefte aan twee soorten informatie. Algemene, kwalitatieve kennis kan dienen als inspiratiebron tijdens het ontwerpen. Gedetailleerde, kwantitatieve kennis moet de technische detaillering meebepalen van een goed ontwerp, en maakt toetsing van een concept of product makkelijker. Industrieel ontwerpen is er bij uitstek voor de gebruikers (de ‘mission slogan’: “creating products for people”). Dat schept de verplichting tot het verwerven van menskundige kennis en het verwerken daarvan in het ontwerp, in goede harmonie met alle andere eisen. Mens-kritische aspecten in het ontwerpen door andere technische wetenschappen verdienen uiteraard soortgelijke overwegingen.

1.3 Ergonomie

Ergonomie ontstond op het moment dat men bewust constateerde dat werk en techniek niet vanzelf op de mens worden afgestemd. Toen realiseerde men zich dat werk en hulpmiddelen ook menskundig verbeterd moeten worden om vermoeidheid en ongelukken te verminderen en om de prestaties te verhogen (zie figuur 1.9).

Ergonomie is een betrekkelijk jonge discipline, ongeveer even oud als industrieel ontwerpen. Het begon zich als afzonderlijk vakgebied te onderscheiden tijdens en vlak na de Tweede Wereldoorlog. Oorlogen brengen sinds vanouds grote krachtsinspanningen op het gebied van probleem-oplossen teweeg; dat is een trieste waarheid. Juist in tijden van oorlog worden grote wetenschappelijke en technische sprongen voorwaarts gemaakt en ontstaan er nieuwe vakgebieden, specialisaties en wetenschappen.



Figuur 1.9 Ergonomisch legen van een prullebak (Lombaers, 1990).

Een andere belangrijke factor bij het ontstaan van het vakgebied ergonomie was de toenemende industrialisering. Enerzijds kwamen er door massaproductie grote hoeveelheden van ieder product op de markt, en elk product moest door een grote verscheidenheid van gebruikers naar tevredenheid gebruikt kunnen worden. Hierdoor ontstond er behoefte aan productergonomie. Aan de andere kant was er bij het werken, bijvoorbeeld aan de lopende band, meer aandacht nodig voor de veiligheid en gezondheid van de werknemers, terwijl de werkgevers meer op efficiëntie gingen letten. Hierdoor ontstond er behoefte aan arbeidsergonomie.

De naam ergonomie



Figuur 1.10 Passend werk (Industriebond FNV, 1979).

Aan de Brit Murrell werd toegedicht in 1948 de naam 'Ergonomics' te hebben bedacht, ofschoon de Pool Jastrzebowski die term in 1857 al eens hanteerde (Weerdmeester, 1993). Het woord is samengesteld uit de Oudgriekse woorden $\epsilon\rho\gamma\omega\nu$ [ergon] = arbeid, inspanning, en $\nu\omicron\mu\omicron\sigma$ [nomos] = wet. Het betekent 'de leer van de wetmatigheden van menselijk werk'. Het kenmerkende principe van die beginnende ergonomie was: 'pas het werk aan aan de werker, en niet de werker aan het werk'. In de Verenigde Staten van Amerika doopte men het overeenkomstige vakgebied 'Human Factors' ofwel 'Human Factors Engineering'. Zo heet dat daar nog steeds, hoewel de Human Factors Society na verloop van tijd de bredere naam 'Human Factors & Ergonomics Society' aannam. In Duitsland gebruikte men enige tijd de aanduiding

‘Anthropo-techniek’, nu zegt men ook daar ‘Ergonomie’. De naam Ergonomie heeft internationaal gewonnen, onder andere aangezien de overkoepelende organisatie van professionele landelijke ergonomie-verenigingen de naam ‘International Ergonomics Association’ draagt. De leden van deze internationale organisatie waren in 2001 ondergebracht in 38 nationale organisaties met tezamen bijna 15.000 leden (de V.S. met 4000, Japan met 2000 leden als grootste, de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie met 565 leden). (Internat. Ergon. Ass. Issue 67, Febr. 2001, 679).

De eerste jaren

In de eerste jaren lag de nadruk bij ergonomie op arbeid in dienstverband, vooral op industriële arbeid. Oorzaken van onvolkomenheden in menselijke arbeid werden opgespoord bij machines, technische hulpmiddelen en arbeidsorganisaties, die vervolgens werden verbeterd. Een halve eeuw geleden werkten arbeiders met veel meer lichamelijke inspanning dan nu, en zij liepen bovendien meer risico wat hun gezondheid betreft. Dat wilde men verbeteren, ofwel ‘cureren’. Daartoe werden bestaande machines, ruimtes of werkschema’s aangepast.

Omdat voorkomen echter beter is dan genezen, ontstond al gauw naast deze curatieve ergonomie een preventieve ergonomie, waarbij men de onvolkomenheden reeds bij het ontwerpen van machines en arbeidsorganisaties trachtte vóór te zijn. In die dagen waren er drie disciplines die kennis toeleverden aan de ergonomie: de inspanningsfysiologie (fysiologie is de leer van de werkingen van het menselijk lichaam), de arbeidspsychologie (psychologie is de leer van het menselijk gedrag) en de technische wetenschappen (waarvan voornamelijk werktuigbouw en werkplaatstechniek).

Verbreiding en verdieping van ergonomie

Sindsdien heeft de ergonomie zich ontwikkeld naar een breder werkterrein en wel, conform de eertijdse aanduiding Antropo-techniek, tot de leer van de directe omgang van de mens met technische hulpmiddelen. De ergonomie beperkt zich niet tot arbeid aan machines in industriële zin, maar omvat ook de interactie met techniek tijdens kantoor- of huishoudelijk werk, bij vervoer, studie, ontspanning en dergelijke. In de periode sinds het ontstaan van de ergonomie hebben de technische hulpmiddelen en systemen een nog grotere dagelijkse invloed gekregen. Veel apparatuur werd ingewikkelder en er werden hogere eisen gesteld aan comfort en efficiëntie. Men kreeg steeds meer oog voor onjuiste inspanning bij het gebruik van technische hulpmiddelen, en voor de gevolgen daarvan voor gezondheid en welbevinden op de lange-termijn.

De nadruk van de ergonomie verschoof van het curatieve naar het preventieve en dus van het aanpassen naar het ontwerpen. Het vakgebied werd technischer en kreeg ook een bredere menskundige basis. Naast kennis uit de arbeidsfysiologie werd er ook geput uit de anatomie (antropometrie), zintuigleer, bio-mechanica en bewegingswetenschappen (Bernstein 1967). Naast kennis van de arbeidspsycho-

logie werd er ook gebruik gemaakt van andere psychologische specialismen, zoals de psychologische functieleer met kennis omtrent waarnemen, besluiten, leren en dergelijke. Tegelijkertijd werden de methoden en instrumentatie van onderzoek ingewikkelder, en nam het gebruik toe van theorieën en methoden uit de statistiek, systeemleer, cybernetica en informatica. Kortom, de ergonomie groeide in de loop der tijd uit tot een min of meer zelfstandige (ofschoon nog afhankelijk van veel 'toelevering'), wetenschappelijk onderbouwde discipline en een erkend vakgebied (Bridger, 1995).

Onvolledigheid van ergonomische en technische kennis

Men kan stellen dat het corpus van kennis en methoden in de ergonomie onvolledig is en nog niet voldoende samenhangt. Zulk een onvolgroeidheid is eigen aan de meeste, vooral recent ontstane, disciplines. Er zijn tot nu toe geen dominante theorieën die het grootste gedeelte van de ergonomie omvatten, zoals dat bij oudere wetenschappen, bijvoorbeeld bij de fysica, wel het geval is. De kennis die voor het inzicht in het directe gebruik van technische hulpmiddelen door mensen nodig is, kan worden gekenmerkt als een optelsom van brokjes informatie uit de voornoemde toeleverende disciplines. Dat brengt een verscheidenheid aan termen en deelttheorieën met zich mee, en extra moeite om deze met elkaar in verband te brengen. Veel van de bestaande menskundige kennis schiet bovendien tekort als het gaat om het bedienen of hanteren van techniek.

Hoe mensen hun technische artefacten bedenken en gebruiken, hebben de menswetenschappen nauwelijks bestudeerd. Ook bestaande technische kennis omvat vaak juist niet de interactie-aspecten. Menskunde en technische wetenschappen hebben op het gebied van de ergonomie samen dus nog veel te ontwikkelen. Het voorgaande wil niet zeggen dat de huidige ergonomische kennis niet relevant zou zijn voor technisch handelen. Het verklaart wel dat er telkens weer veel onvolledigheden en onzekerheden opduiken. Zo weten we bijvoorbeeld nog nauwelijks wat er in het brein van gebruikers van ICT-apparaten omgaat.

Er moet derhalve nog veel worden onderzocht, doordacht en ontwikkeld. De bestaande ergonomische kennis dient ondertussen zeker te worden toegepast voor het bewaken en verbeteren van de kwaliteit van producten en omgevingen. In de volgende hoofdstukken van dit deel zal aandacht worden besteed aan algemene theorie-vorming in de ergonomie.

Specialiseren, integreren of samenwerken

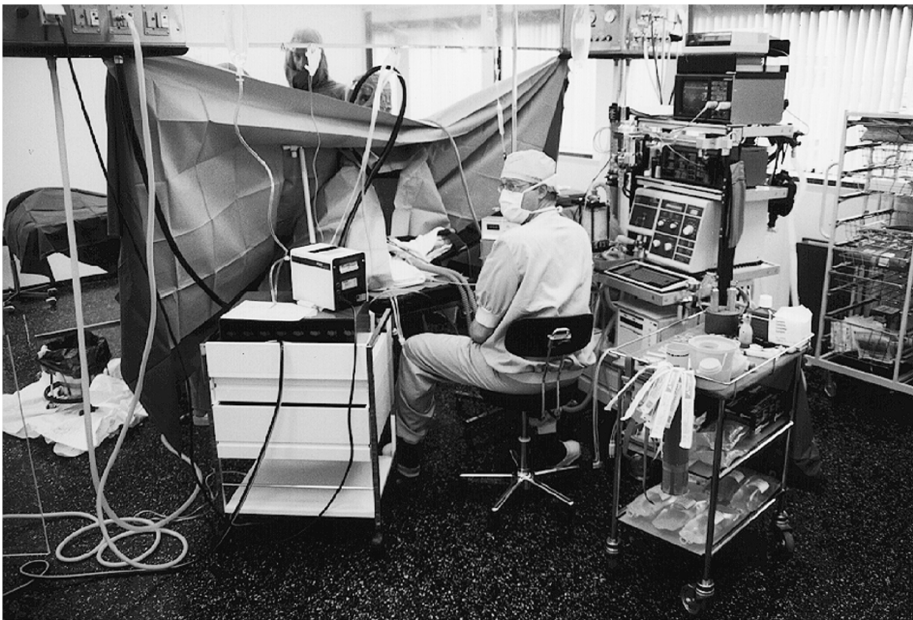
Er zijn vele ergonomische specialisaties ontstaan, waarschijnlijk wegens de nog steeds groeiende verscheidenheid van technische machines en producten.

Zo tekent zich een onderscheid af tussen enerzijds de ergonomie van de arbeid, werkplek- of arbeidsergonomie genoemd, en anderzijds de ergonomie van de technische hulpmiddelen buiten de arbeidsorganisaties (consumentengoederen), ook wel productergonomie genoemd. Er zijn ook verdere specialisaties, zoals luchtvaartergonomie (Wiener & Nagel, 1988; Green et al., 1991) of ergonomie van

scheepsbesturing, ergonomie van kantoorautomatisering of van het openbaar vervoer, van de keuken of de operatiekamer (figuur 1.11).

Deze specialisaties zullen verderop (in 2.3) uitgebreider behandeld worden. Hier willen we graag de vraag beantwoorden wie zich hoe in de ergonomie zou moeten specialiseren (figuur 1.12):

1. Niemand in het bijzonder. Er is lange tijd, ook in ergonomische kring, beweerd dat een ergonoom niet bestaat. Daarmee bedoelde men dat ergonomie altijd samenwerking veronderstelde van verschillende specialisten, namelijk technici en menskundigen, die samen een multidisciplinair team vormen.
2. Een algemene ergonoom, of althans iemand met brede ergonomische kennis, die de technici helpt.
3. De technicus, in een bepaald specialisme werkzaam, die ook het desbetreffende ergonomische deel-specialisme kent.



Figuur 1.11 Ergonomie van de anesthesie in de operatiekamer nodig?

- 1. interdisciplinair teamwork**
- 2. algemene ergonoom**
- 3. ergonomisch geschoolde technicus**

Figuur 1.12 Drie typen van ergonomie beoefenen.

Hoofdvak of bijvak

Zoals wel vaker voorkomt, heeft elk van die drie opvattingen enige geldigheid en worden ze alle drie in praktijk gebracht. Er bestaan ergonomische teams, waarin

technische en menskundige wetenschappers gezamenlijk een ergonomisch probleem oplossen.

Er bestaan ook voltijds werkende ergonomen die door opleiding en ervaring vakman zijn geworden, net zoals dat voor arts, civiel ingenieur of andere beroepen het geval is. Men vindt die ergonomen bij bedrijven, onderzoeksinstituten, ministeries, opleidingsinstellingen en dergelijke. In het buitenland is het mogelijk een universitaire graad (BSc, MSc, PhD) in ergonomie te behalen. In Nederland is dat niet het geval en is ergonomie altijd slechts onderdeel van een andere opleiding. Bijvoorbeeld bij sommige ingenieursstudies, zoals industrieel ontwerpen, bij psychologie waar men arbeids- en organisatie-psycholoog kan worden, en bij medicijnen voor de opleiding tot bedrijfsarts. Er bestaat wel een deeltijdse ergonomie-opleiding voor bij- en omscholing na een ander beroepsdiploma. Sinds enkele jaren is er in Nederland echter wel een Stichting Registratie Ergonomen, die bepaalt wie zich register ergonoom (R.e.) mag noemen. De eisen aan het lidmaatschap zijn hoog.

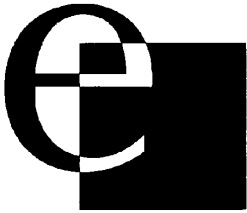
De derde opvatting, die van de ook ergonomisch geschoolde technicus, wordt het meest aangehangen. Omdat techniek er zoals gezegd voor de mens is, ligt het voor de hand dat de ingenieur ook grondige kennis heeft omtrent de gebruikers van zijn technische voortbrengselen. Daarom hoort ergonomie eigenlijk thuis in elke ingenieurs-studie. Dat is nog lang niet overal het geval. Wel is het bij de ingenieursstudies in ons land mogelijk ergonomie als bijvak te kiezen. In slechts enkele curricula (opleidingsprogramma's) is het een verplicht onderdeel. Naarmate de interactie tussen mens en techniek in een vakgebied een groter gewicht krijgt, ziet men dat ergonomie een belangrijker plaats krijgt in de opleiding: de bedrijfskundig ingenieur weet van werkplek-ergonomie en de ingenieur industrieel ontwerpen heeft veel kennis van product-ergonomie. In het hoger beroepsonderwijs zijn soortgelijke ontwikkelingen op gang gekomen.

Definitie van Ergonomie

Definities van een vakgebied geven gewoonlijk eerder de kern aan dan de grenzen, en zijn daarom zelden sluitend. Er zijn vaak verschillende definities voor eenzelfde discipline in omloop. Van de vele definities van ergonomie worden er hier twee gegeven. Figuur 1.13 geeft de omschrijving van een bekende ergonomische auteur uit de U.S.A. Figuur 1.14 geeft de definitie van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie.

Human factors is that branch of science and technology that includes what is known and theorized about human behavioral and biological characteristics that can be validly applied to the specification, design, evaluation, operation and maintenance of products and systems, to enhance safe, effective and satisfying use by individuals, groups and organisations.

Figuur 1.13 Definitie van ergonomie door Mark S. Sanders (1988).



TIJDSCHRIFT VOOR ERGONOMIE

Ergonomie kan in het kort als volgt worden omschreven: Ergonomie streeft naar het zodanig ontwerpen van gebruiksvoorwerpen, technische systemen en taken, dat de veiligheid, de gezondheid, het comfort en het doeltreffend functioneren van mensen worden bevorderd.

Figuur 1.14 Definitie van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie.

Product-ergonomie als deel van industrieel ontwerpen

In dit hoofdstuk zijn tot nu toe algemene achtergronden behandeld voor het vakgebied, waartoe dit studieboek een inleiding is. Het doel, de kenmerken en de ontwikkeling van wetenschap en techniek werden eerst globaal aangegeven, om erna enigszins in te gaan op industrieel ontwerpen en wat uitgebreider op ergonomie. Die vakgebieden staan beide nog maar aan het begin van hun ontwikkeling, ze hebben veel met elkaar te maken en kunnen veel voor elkaar betekenen.

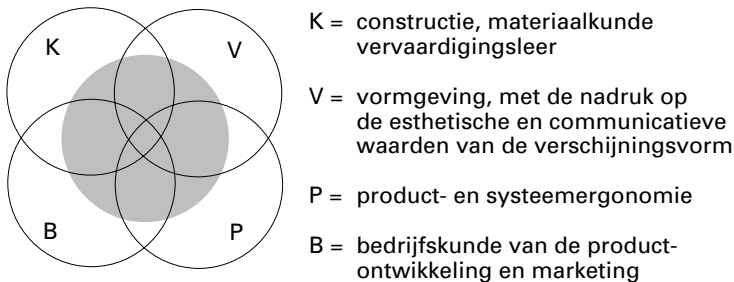
De overlap van ergonomie en industrieel ontwerpen is echter slechts gedeeltelijk, omdat ergonomie zich richt op de directe omgang van de mens met alle techniek, en industrieel ontwerpen zich alleen richt op bepaalde technische hulpmiddelen (zie 1.2). De eerdergenoemde werkplek-ergonomie is minder belangrijk voor industrieel ontwerpen omdat de werkplek niet tot het centrum van het werktterrein van industrieel ontwerpen behoort, maar tot dat van werktuigbouw of werkplaats-techniek. Product-ergonomie is daarentegen wezenlijk voor industrieel ontwerpen omdat het streeft naar nuttige, bruikbare hulpmiddelen voor het dagelijks functioneren van grote groepen gebruikers. De studie van de interactie tussen mens en product is nu juist de kern van product-ergonomie, die daarom een belangrijke bijdrage levert aan het vakgebied industrieel ontwerpen. Vandaar dat de product-ergonomie een onlosmakelijk onderdeel van de technische wetenschappelijke discipline industrieel ontwerpen is geworden. De toepasbaarheid daarenboven voor velerlei contactvlakken tussen mens en technisch systeem voor vervaardigen, vervoeren e.d. blijft bestaan en neemt zelfs toe.

1.4 Vier-pilaren model

Een gangbare schematisering van het industrieel ontwerpen is het zogenaamde 'vier-pilaren model', te zien in figuur 1.15. Het industrieel ontwerpen rust op een viertal overlappende basis-gebieden. De toepassing in een ontwerp vormt het donkere gebied en de vier basisdisciplines vormen de noodzakelijke fundering.

In die opvatting is de productergonomie een typerend en geïntegreerd onderdeel van de discipline industrieel ontwerpen, en past het in het totaal van ontwerp-

doelstellingen. De eisen die aan een product gesteld worden zijn de volgende: het product moet technisch gemaakt kunnen worden en werken; het moet er aantrekkelijk uitzien en passen in een bepaalde stijl behorend bij gebruikssituatie en leefstijl van gebruiker; het ontwerpen, produceren en distribueren dienen economisch en organisatorisch verantwoord te zijn. Hieraan mag de volgende eis zeker niet ontbreken, ja zou zelfs bovenaan moeten worden gezet: het product moet nuttig, bruikbaar, efficiënt, veilig en comfortabel zijn. In hoofdstuk 20 zullen die laatste aspecten uitgebreider aan de orde komen. Andere ingenieursvakken benadrukken gewoonlijk het eerste type eisen, maar kennen ook enig gewicht aan de volgende drie typen toe.



Figuur 1.15 Het vier-pilaren model.

Systeem-ergonomie

Aan de term productergonomie wordt inmiddels vaak het woord ‘systeem’ toegevoegd. Door de ontwikkeling van de techniek en van dagelijkse, duurzame gebruiksgoederen komt het namelijk steeds minder voor dat gebruik gericht is op slechts één product. Steeds vaker is er sprake van het gelijktijdig gebruik van diverse producten in onderling verband, of van situaties waarin producten functioneel verbonden zijn met een uitgebreid systeem van andere technische middelen (figuur 1.16). Er is bijvoorbeeld interactie tussen een gebruiker en een systeem van meubelen, of een computer- of telefoonnetwerk. Dit is een wijze van denken, die al eerder gangbaar was in diverse andere technische disciplines, die zich richten op de menselijke stuurplek van systemen, zoals scheepsbruggen, regelkamers van energie- of vervoerscentrales, vliegtuigcockpits e.d. Als het industrieel ontwerpen zich richt op productonderdelen, producten en product-systemen, volgt ook het basisvak ergonomie die weg. Producten en systemen worden ingewikkelder en onderling afhankelijker en geheel nieuwe functies worden mogelijk. Dit alles heeft wezenlijke implicaties voor de interactie met gebruikers. Bij het ontwerpen wordt eerst de te vervullen functie gedefinieerd, en erna bedenkt men de materiële functievervuller (het product). Vaak ontwerpt men ook eerst het abstracte systeem, om dat daarna met de functionele onderdelen (producten en mechanische of elektronische verbindingen) te realiseren.



Figuur 1.16 Productsystemen, producten, productonderdelen.

De productergonomie bewijst haar diensten tijdens het gehele ontwerpproces: bij het bestuderen van capaciteiten, gewoonten en behoeften van gebruikers om nieuwe ideeën voor hulpmiddelen en verbeteringen te verkrijgen; bij het nader bepalen van de gebruikersgroep en gebruikssituatie; bij het opstellen van een productvisie en een programma van eisen en wensen; bij het toetsen van en kiezen tussen verschillende ideeën; bij het materialiseren en detailleren van werking, materiaal, vorm en vervaardigingswijze; en tenslotte bij het beoordelen van het prototype en het eindproduct. Het gaat daarbij zowel om algemene productkwaliteiten (zie hoofdstuk 20) als om de kwaliteiten van de details van uiterlijk en bedieningswijze. Productergonomisch denken en handelen is geen afzonderlijk element of moment in het ontwerpproces, maar hangt altijd samen met het geheel. Hier wordt verder op ingegaan in het laatste hoofdstuk 22.

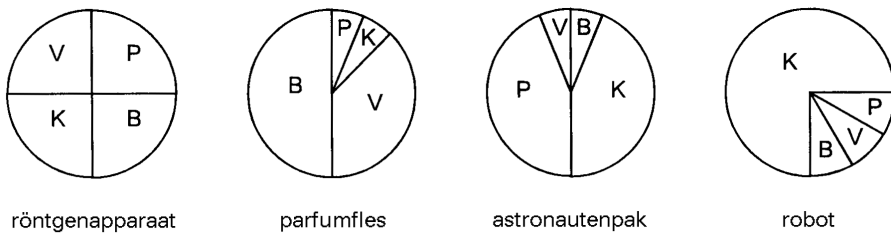
Ontwerpverantwoordelijkheid

De verwevenheid van product- en systeemergonomie in het ontwerpproces wordt niet alleen verklaard door het complexer worden van producten, maar ook door de verantwoordelijkheid van de ontwerper jegens de gebruikers van zijn product. Naarmate de functie van het product nieuwer is voor de gebruiker, dient de ontwerper ergonomische kennis en methoden grondiger toe te passen, om het nut en de gebruikskwaliteiten zo goed mogelijk te kunnen inschatten. Dat is niet vrijblijvend, maar vormt een deel van de professionele verantwoordelijkheid en vergt naast algemene kennis van ergonomie meestal specifieke kennis per ontwerp. Deze kennis moet worden verzameld, geselecteerd, geïnterpreteerd en dient in het ontwerp te worden vertaald.

Wanneer is ergonomie belangrijk?

Productergonomie heeft geen allesoverheersende positie bij de productontwikkeling. Ontwerpen vanuit alleen ergonomische kennis is onmogelijk en ongewenst. Ontwerpen zonder die kennis is echter riskant en eenzijdig. Er is een aantal situaties aan te geven waar ergonomie een grotere rol speelt dan bij het ontwerpen van een honderdste variant van de stofzuiger voor de gemiddelde

Nederlander. Er moet echter zeker wél veel aandacht aan ergonomische aspecten besteed worden bij veelvuldige, langdurige, intensieve en/of complexe interactie tussen mens en product/systeem; bij producten waarbij een niet goed functioneren of verkeerd handelen gevaar kunnen opleveren; bij producten die nieuwe functies hebben; bij producten bedoeld voor nieuwe gebruikersgroepen; en bij producten die voor nieuwe gebruikssituaties worden ontworpen. Het aandeel van ergonomie in het ontwerp varieert overigens ook sterk per productsoort. Sommige producten zijn minder complex en moeten het vooral van hun uiterlijk hebben, terwijl bij andere producten een goede werking het enige is wat telt. Dit wordt geïllustreerd door de voorbeelden in figuur 1.17.



Figuur 1.17 Aandeel van de vier basisdisciplines uit het vier-pilaren model bij het ontwerpen van verschillende producten.

Beperkingen van de ergonomische benadering

Niet alle menskundige kennis, welke voor het industrieel ontwerpen noodzakelijk is, valt onder product- en systeem-ergonomie. Vraagstukken zoals het peilen van behoeften van kopers, het subjectief onderscheiden van productkenmerken, de esthetische waarneming en beleving van productvormen, de sociale, maatschappelijke en milieu-voorwaarden en gevolgen van productbezit, -gebruik en -afdanken, staan niet in het centrum van de product-ergonomische belangstelling en worden vooral door andere vakgebieden en specialisaties bestreken. De productergonomie volgt over het algemeen de natuurwetenschappelijke benadering en baseert zich op gegevens en wetmatigheden uit de meer exacte onderdelen van de anatomie, fysiologie, biomechanica en psychologische functieleer of psychofysica. Die kennis wordt geselecteerd en aangevuld om ze te kunnen toepassen op het productontwerpen. De invloed van de technische wetenschappen, de (technische) fysica, systeemleer en toegepaste wiskunde is daarbij merkbaar.

Productgebruikers vertonen grote verscheidenheid en beperkte voorspelbaarheid - twee boeiende en gelukkige feiten! Aan de andere kant doet dit de toepassing van ergonomie vaak verkeren in kwalitatieve richtlijnen en leidt dit tot besluiten met onvolledige zekerheid, ondanks de exacte basis die er aan ten grondslag ligt. Hierin zien we een gelijkenis met het industrieel ontwerpen zelf, waar ontwerpbeslissingen soms onvermijdelijk op aannames en gissingen worden gebaseerd.

1.5 De opzet van dit boek en definitie van productergonomie

Het probleemgebied werd tot nu toe aangeduid door achtergronden van de productergonomie te schetsen en de disciplines waarmee zij te maken heeft. Van het vakgebied zelf werden verder slechts algemene principes uitgelegd. De dienstbaarheid aan en het passen in het industrieel ontwerpen werd daarbij centraal gesteld, waarbij industrieel ontwerpen werd omschreven als de leer van het bedenken, maken en gebruiken van dagelijkse technische hulpmiddelen en systemen. We kunnen volledigheidshalve daar nu ook een omschrijving van productergonomie aan toevoegen:

Productergonomie beoogt, als subdiscipline van ergonomie (ofwel Human Engineering) menswetenschappelijke kennis en methoden – en wel vooral door nieuw eigen onderzoek en ontwikkeling – in te brengen en technisch te integreren in het ontwerpproces van duurzame gebruiksgoederen die in massa of serie industrieel worden vervaardigd, opdat gebruikskwaliteiten van die goederen – nut, efficiëntie, comfort en veiligheid – worden geoptimaliseerd voor de beoogde groepen van al dan niet professionele gebruikers.

De rest van dit boek zal gewijd worden aan de nadere invulling van het corpus van kennis en methoden. Na het kennismaken van die invulling, moet men eigenlijk het zojuist behandelde kader nog eens bestuderen, om het te controleren en het beter te begrijpen. Veel bleef immers tot nu toe nog abstract en algemeen.

Opbouw van een intern kader

Voordat echter ter zake wordt gekomen, is het nuttig eerst aandacht te besteden aan enkele algemene aspecten van de productergonomie. In de volgende drie hoofdstukken van dit deel zullen de achtergronden en doelstellingen verder aan bod komen, teneinde een kader te vormen, waarin de verdere specifieke kennis een plaats krijgt. Hierdoor blijft het overzicht behouden. Na de tot nu toe aangegeven omgevingsstructuur wordt er hierna aandacht besteed aan de interne structuur van het vakgebied. De veelzijdige herkomst van de ergonomische termen, feiten, theorieën en richtlijnen - hiervoor reeds aangeduid - maakt het dringend nodig om totaalbeeld en samenhang voor ogen te houden. De inhoud van dit boek wordt daarom eerst kort weergegeven.

Historie en indelingen

Het volgende hoofdstuk zal beginnen met een algemeen historisch beeld van de menselijke cultuur van technische hulpmiddelen, om die hulpmiddelen daarna op verschillende manieren te onderscheiden en in te delen. Dat vormt dan de basis, om verder in te gaan op specialisaties in de ergonomie. Uit die indeling en die specialisaties komt het indelingsprincipe voort van de volgende delen van dit boek. Ieder deel behandelt een deelgebied van de ergonomie in het algemeen en van de productergonomie in het bijzonder.

Systemen en modellen

In het derde hoofdstuk wordt de interne structuur nader uitgelegd en onderbouwd. Het redeneren in termen van systemen, en vooral over mens en hulpmiddel als systeem, leidt tot het opstellen van een algemeen model. Met dat model worden de productergonomische hoofd-elementen, hun werking en hun samenhang beschreven.

Ontwerpergonomische werkwijzen

In het vierde en laatste hoofdstuk van dit inleidende deel worden enkele belangrijke methoden en technieken uit de ontwerp-ergonomie behandeld. Omdat het bij industrieel ontwerpen steeds gaat om een serie-product voor een markt van uiteenlopende, individuele gebruikers, zijn enkele statistische technieken en keuzeprincipes onontbeerlijk. Die worden aangevuld door enige informatie over data en bronnen van onderzoeksgegevens, plus enkele ideeën over de voorspelbaarheid en onvoorspelbaarheid van productgebruik. Tenslotte wordt dit alles in verband gebracht met het ontwerpproces.

Drie delen van productergonomie en bijbehorende productcategorieën

De drie volgende delen van het boek behandelen de deelgebieden van de productergonomie. Naast menskundige informatie worden er ontwerpoverwegingen en typerende productgroepen besproken.

Deel één gaat over fysieke ergonomie. De fysieke ergonomie behelst lichaamsmaten, -bewegingen en -krachten, vermoeidheid en productbediening. Deel twee gaat over sensorische ergonomie. De sensorische ergonomie behelst zintuigsystematiek, horen, zien en signaalgevende technische hulpmiddelen. Deel drie gaat over cognitieve ergonomie. De cognitieve ergonomie betreft denken en besluiten bij productgebruik, en geestelijke inspanning.

Elk van die drie product-ergonomieën kent een typerende productgroep, waarvan het duidelijk is dat juist dié groep van menselijke functies erdoor wordt geholpen. Bij de fysieke ergonomie kan men zich een categorie 'fysiek ondersteunende producten' denken die voornamelijk voor ondersteuning zorgt of als verlengstuk geldt van de ledematen, zoals meubels, handwerktuigen en dergelijke. Bij de sensorische ergonomie hoort op analoge wijze een categorie 'sensorisch ondersteunende producten' die de zintuigen helpt, zoals brillen of signaalgevers met hun tekens en teksten, wijzerplaten en beeldschermen. Bij de cognitive ergonomie, tenslotte, zijn er 'cognitief ondersteunende producten' voor het technisch ondersteunen van het brein. Dit zijn de intelligente producten die het geheugen steunen, het inzicht verbeteren of het nemen van besluiten vergemakkelijken. We denken daarbij vooral aan de producten en systemen voor informatie- en communicatietechnologie: ICT. Vanzelfsprekend zijn er ook 'algemeen ondersteunende producten' die meer dan één soort functie ondersteunen, en dus in meer dan één van de voorgaande categorieën kunnen worden ingedeeld.

Gebruikskwaliteiten, ontwerpen en verdere studie

In het afsluitende, vijfde deel van dit boek wordt weer teruggegaan van deelaspecten naar het geheel en wel naar de kwaliteiten van het productgebruik: nut, doelmatigheid, comfort en veiligheid. Daarna wordt nog eens nader ingegaan op de rol van productergonomie bij het ontwerpen en evalueren van gebruiksgoederen. Daaruit zal blijken dat dit boek slechts een inleiding is en dat diverse voortgezette ergonomievakken, oefeningen en onderzoeken nodig zijn. Het doel van een inleiding is, om onder andere te weten wat men nog niet weet en hoe nodig het is die lacunes op te vullen. Dit boek geeft daarvoor zowel een afgerond overzicht van het vakgebied product-ergonomie, als de meest essentiële informatie die nodig is om als ontwerper c.q. product- of systeemontwikkelaar aan het werk te kunnen gaan.

Begrippen¹

Doel van een fundamentele en toegepaste wetenschap:

- i1 wat-, hoe- en waarom-vragen
- k1 corpus van kennis en methoden
- k2 spelregels
- i1 wetmatigheid en voorspelbaarheid
- i3 dekking van wetenswaardigheden
- k3 wetenschapsdynamica

Techniek en technologie:

- k2 uitgebreidheid en indelingen
- i1 afhankelijkheid van technocultuur
- k3 bewuste ontwikkeling van natuurwetenschappelijke basis
- i2 kenmerken van de ingenieur
- i2 humane voorwaarden en effecten

Industrieel ontwerpen:

- k1 productensector
- k1 massa- en serie-productie
- k2 funderende en toeleverende disciplines
- k2 Bauhaus en Styling
- i1 belang van symbiose tussen product en gebruiker
- i2 menskundige invalshoek

Ergonomie:

- k2 ontstaan en benamingen
- k1 curatief en preventief
- k2 fysiologie

¹ i = inzicht, k = kennis, t = toepassing; 1,2,3 zijn afnemende graden van belang

- k2 psychologie
- k2 antropometrie
- k2 zintuigleer
- k2 biomechanica
- k2 psychologische functieleer
- k1 werkplek- en productergonomie
- k2 multidisciplinair teamwork
- k3 definities van ergonomie en productergonomie

Productergonomie:

- k1 vier-pilaren model van industrieel ontwerpen
- k1 product, onderdeel en systeem
- k2 overeenkomsten tussen construerende, technische wetenschappen in mens-product interactie
- i1 volgorde functie en functieervuller
- i1 bijdragen in ontwerpfasen
- k2 product-kwaliteiten en -details
- i1 professionele verantwoordelijkheid
- i2 andere menskundige ontwerpknis
- i2 exacte benadering

Vragen en suggesties

- 1.1. Maak een schema met productergonomie in het midden en daaromheen andere disciplines, naargelang de functionele overeenkomsten en verbanden er mee.
- 1.2. Welke soorten statistische gegevens zouden aanduiden en verklaren hoe belangrijk de wetenschap en haar verschillende factoren zijn voor de huidige maatschappij?
- 1.3. Leidt af welke soorten waarom-vragen in de natuurkunde hebben geleid tot de huidige stand van kennis.
- 1.4. Noem iets van het corpus van kennis en methoden in het vak biologie, dat men u op de middelbare school heeft bijgebracht?
- 1.5. Observeer in uw omgeving de wetmatigheid waarmee verschillende mensen proberen de lift naar boven te laten komen.
- 1.6. Wanneer ontstond er voor het eerst wetenschap? Was die theoretisch en/of toegepast? Noem oudere en jongere vakgebieden buiten de al genoemde.
- 1.7. Noem gebieden waarvoor nieuwe wetenschappen zouden kunnen ontstaan.
- 1.8. Waarom is communiceren zulk een belangrijke wetenschappelijke spelregel?
- 1.9. Welk percentage aan niet-technische vakken zou in een universitaire ingenieursopleiding nodig zijn? Geldt dat overal ter wereld ongeveer gelijk?
- 1.10. Noem voorbeelden van technische producten (andere dan de reeds genoemde), die wél en andere die níét typerend zijn voor industrieel

ontwerpen.

- 1.11. Hoe verhouden zich wetenschappelijkheid, creativiteit en productontwerpen? Zijn er tegenstellingen?
- 1.12. In welke opzichten is de naam ergonomie, voor het huidige vakgebied, minder gelukkig?
- 1.13. Ga na hoeveel procent van uw tijd u technisch vervaardigde producten gebruikt.
- 1.14. Houdt industrieel ontwerpen zich vooral bezig met productiemachines, of met technische gebruiksgoederen op menselijke schaal, of met voedings- en genotmiddelen?
- 1.15. Geef in het kort de belangrijkste redenen waarom productontwikkelaars ergonomisch inzicht dienen te hebben.
- 1.16. Is een deel van een servies een massaproduct?
- 1.17. Is een ergonomisch geoptimaliseerde kantoorstoel een voorbeeld van curatieve of van preventieve ergonomie?
- 1.18. Welke overlap zal er bestaan tussen de werkplek- en de product-ergonomie?
- 1.19. Ga van een aantal producten in uw omgeving na welke functie zij vervullen en op welke andere technische manier dit ook opgelost zou kunnen worden.
- 1.20. Noem overeenkomsten tussen ontwerpprocessen van telefoonbeantwoordapparaten, chirurgische apparatuur, cabines voor busbestuurders, werkplekken van vliegverkeersregelaars, en regel- en toezichtkamers van energiecentrales.
- 1.21. Bedenk welke gevaren er dreigen bij het ontwerpen van producten als achtereenvolgens elk van de vier pilaren uit het vier-pilaren model wegvalt.
- 1.22. Op welke wijze en tot hoever kan een ontwerper verantwoordelijkheid dragen voor het gebruik van zijn of haar product?
- 1.23. Bedenk voorbeelden van alledaagse gebruiksvoorwerpen, waarover naar uw mening bij het ontwerpen grondig ergonomisch nagedacht is en enkele voorbeelden waar u ergerlijke tekortkomingen in ergonomisch opzicht constateert.
- 1.24. Bestudeer de indeling van producten op basis van hun functionele ondersteuning en bedenk van elk van de vier (pag. 36) categorieën drie specifieke voorbeeldproducten.
- 1.25. Analyseer de definitie van productergonomie op begrijpelijkheid en tracht in eigen woorden van die omschrijving een uitleg te geven aan een medestudent die dit hoofdstuk niet kent.

2

Mens en hulpmiddel

Samenvatting

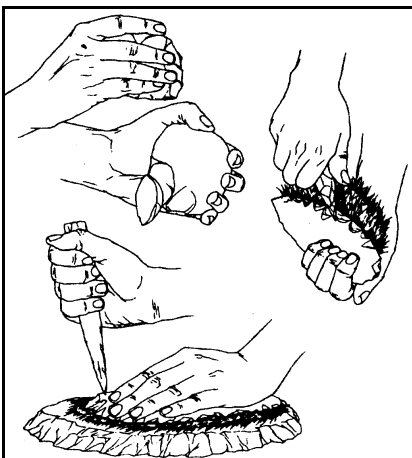
In het vorige hoofdstuk werd de omgeving van de productergonomie verkend. Nu wordt verder ingegaan op het object van studie ervan en op de structuur van deze discipline. Omdat het hier gaat om het ontstaan en gebruik van alledaagse gebruiksgoederen, wordt er in dit hoofdstuk eerst een schets gegeven van de geschiedenis van technische hulpmiddelen. Er zijn vele gebruiks-goederen. Er worden verschillende manieren genoemd om die in te delen en te analyseren. Daarop aansluitend kunnen ook indelingen van de prouctergonomie worden gebaseerd. Het meest zinvol blijkt een driedeling, die gebaseerd is op de reeks: zintuigen/brein/ledematen. Bij deze indeling past ook het onderscheid van fysiek-, sensorisch- en cognitief ondersteunende producten, die elk vooral bij één van die drie biologische functiegroepen passen.

2.1 Historie van technocultuur

De species homo sapiens sapiens (de zeer wijze mens), die minstens sinds zo'n 100.000 jaar bestaat, wordt ook wel eens aangeduid als de 'homo ludens': de spelende mens, of als de 'homo faber': de makende mens (zie figuur 2.1).

Onze soort wordt duidelijk gekenmerkt door inventief knutselen. De voorgangers van onze species blijken ook al meer dan 2 miljoen jaar geleden technici te zijn geweest, door gebruik van gereedschappen en sinds 1 miljoen jaar het vuur. In het overige dierenrijk komt dat niet of nauwelijks voor. Mensapen hanteren wel eens

stokken, zee-otters gebruiken stenen om mosselen te openen, olifanten gebruiken takken als vliegenmepper en nestbouw wordt uitgebreid aangetroffen (bouwkunde is een oud vak!), maar het gebruik van technische hulpmiddelen blijft beperkt en primitief.



Figuur 2.1 Ontwerpen en fabriceren in de steentijd (Strandh, 1979)

Het ontwerpende brein

De brein-werking van de menselijke soort stelt ons niet alleen in staat tot veel waarnemen en onthouden maar ook om die gegevens te ordenen en er regelmaat in te onderscheiden. Hierdoor kunnen, minder of meer bewust, regels over oorzaken

en gevolgen worden ontdekt, zodat bij een voorval dat nú plaats vindt kan worden geanticipeerd op een toekomstig gebeuren. We kunnen dingen uit de omgeving oppakken en voor ons eigen doel toepassen. Die middelen worden ingezet, om het natuurlijke, menselijke functioneren te helpen; ze worden bewaard, bewerkt en proefondervindelijk gevarieerd en geïnnoveerd. De hulpmiddelen ondersteunen, beschermen, vergroten of verbijzonderen onze spieren, zintuigen, of andere orgaansystemen, waaronder ook ons brein. Bovendien is er een taalvermogen, om beter over het handelen te denken en te communiceren en zijn er handen, om op vele uiteenlopende manieren iets te hanteren en te vervaardigen.

De menselijke species, als ontwerper en maker, is tegelijkertijd het biologisch minst gespecialiseerde dier en daardoor het dier met de breedste biotoop (natuurlijke leefomgeving, ofwel habitat). Veel van onze biologische toerusting is van zeer gemiddelde kwaliteit, maar in voortbewegen, krachttutoefenen, zintuig-scherpte kunnen we 'van alles wat' en we leven van woestijn tot bergtop, van regenwoud tot ijsschots. Die veelzijdigheid in leven is alleen te verklaren door het uitzonderlijke improvisatie-talent en door het doelgericht en vooruitziende gedrag. Door de grote hersenmassa, die ook zintuigen en ledematen stuurt, kan de mens 'ding-, doe- en denksystemen' en dus de eigen leefomgevingen en levensmogelijkheden en voorwaarden, ontwerpen ten eigen nutte.

Culturele accumulatie

Die bedachte zaken, materieel en immaterieel, worden steeds verder ontwikkeld en naar volgende generaties doorgegeven. Daardoor is voor deze species de biologische evolutie van minder belang geworden. Deze verloopt ook veel langzamer dan de culturele evolutie. Er vindt weliswaar verlies van cultuur plaats, maar nog veel meer accumulatie. Daardoor stijgen ook de levensverwachting en de aantallen soortgenoten. Onze biotoop wordt naar onze hand gezet. Bijna alles in onze dagelijkse omgeving is bedacht en gemaakt, vol met dingen en systemen van spullen en hulpmiddelen: een technocultuur. Pas recent is er sprake van een eco-bewustwording. Men realiseert zich dat de species te zorgeloos en te uitgebreid de biotopen uitbuit. Dat is geen bedreiging voor het ontwerpen maar vraagt juist om innovatie: nuttiger, duurzamer, minder verspillend en veiliger voor ons en de natuur. Wat dat betreft is het ontwerpen pas begonnen!

Drie biologische functie-groepen in serie

De voornoemde biologische toerusting van mens en dier kan functioneel eenvoudig worden ingedeeld in de reeks van drie groepen:

- waarnemen;
- informatie bewerken en onthouden;
- handelen.

Bij een vergelijking tussen mens en dier is het dus de middengroep waarin de mens excelleert. De uitslag van de vergelijking is bij de zintuigen wisselend: er zijn dieren die aanmerkelijk beter horen, die scherper kunnen zien; er komen zintuigen

voor die de mens ontbeert (bijvoorbeeld infra-rood sensor bij sommige slangen); de menselijke waarnemingssnelheid behoort niet tot de vlugste; onze kleurwaarneming krijgt een plusje en onze reuk een dubbele min (indien de codering van de consumentenbond wordt aangehouden). De vergelijking van de handelingsorganen, de bot-spiersstelsels dus, vallen negatiever uit waar het de records betreft: Snel lopen, klimmen, zwemmen, of graven zet de mens in de achterhoede en de spierkracht is eveneens gering. Onze species is van lichaamsomvang gemiddeld, met een vreemde, kale huid en rechtopgaande gang, maar een veelzijdiger functionerend dier is er niet!

Behoeftte en urgentie

Die biologische toerusting kan ook op een andere wijze functioneel worden geanalyseerd. We denken hierbij aan de drijfveren, ofwel de aangeboren behoeften. Die kunnen worden geordend naar prioriteit. Zo is de belangrijkste ingeboren motivatie waarschijnlijk die voor de overleving van individu, erna van de groep en vervolgens van de soort. Dat betekent vooreerst voedsel vinden en -bereiden en fysieke bescherming. Er werden dus hulpmiddelen ontworpen voor zoeken en opgraven van voedsel, voor snijden en verbrijzelen, voor jagen, vervoeren en bewaren. De uitvinding van bewust vuur-gebruik (in de Oudgriekse sage stal Prometheus de techniek en het vuur van de goden) ongeveer een miljoen jaar geleden, betekende een grote culturele doorbraak. Gekookt voedsel betekende ook veel sneller eten en zo kwamen er vele uren per dag voor andere activiteiten vrij; verder doodt men met vuur bacteriën, kunnen er houten punten mee gehard worden, roofdieren op afstand worden gehouden, geeft het licht en kan men zich eraan warmen. Kleding werd gemaakt als tweede huid, maar ook als individuele onderscheiding of om aan te geven tot welke sociale groep men behoorde.

Theorie van hiërarchie van behoeften

Een bredere ordening van behoeften vindt men in de theorie van A. Maslow (1954). Hij stelde een motivatie-hiërarchie op, waarin de eerste typen van behoeften krachtiger zijn dan de latere en ook eerst bevredigd moeten worden, voor de volgende aan bod kunnen komen. De reeks is:

1. Voedsel: honger en dorst bevredigen;
2. Veiligheid: bescherming tegen weer, wind en vijanden;
3. Ergens sociaal bijhoren: familie, stam, dorp, kerk;
4. Liefde, erkenning, zelfontplooiing en kennis: rol, status, onderwijs;
5. Esthetische behoefte: schoonheid, aangename en boeiende ordening, decoratie.

Het bedenken van hulpmiddelen door de homo faber zal ook door deze drijfveren van uiteenlopende urgentie worden gestuurd. Gezien de archeologische vondsten en ook de huidige verdeling van hulpmiddelen, ziet het er echter niet naar uit dat bijvoorbeeld alle hogere behoeften eerst volledig bevredigd worden met hulpmiddelen, voordat men aan bijvoorbeeld de zucht naar kennis of schoonheid

toekomst. Geografisch verschil in voorzieningen kan evenmin nog ontkend worden en dus niet iedereen bevindt zich op dezelfde sport op de behoeftenladder (ontwikkelingslanden)! De behoeften hiërarchie geldt dus niet perfect (zie figuur 2.2) en in vele landen zijn de eerste behoeften op de Maslow-ladder nog zeer dominant. De verdeling en ontwikkeling van hulpmiddelen wordt niet alleen gedreven door behoeften maar ook door bijvoorbeeld lokale omstandigheden, politiek, eigennigheid, commercie en macht.



Figuur 2.2 Omkering in de behoeften hiërarchie? (Sipek, 1991).

Materialen en culturele evolutie

Essentieel bij de meeste techniek is het gebruik van materiaal. Stoffen uit de omgeving met bijzondere eigenschappen worden gezocht en verzameld en gevormd. Dat is ook al het geval met voedsel en brandhout. Met flinters van speciale steen zijn die beter te bewerken dan met nagels of tanden. De eerste materialen zullen echter waarschijnlijk vooral dierlijk en plantaardig zijn geweest: hout, vezel, huid, bot en pees. Daarvan valt later niet veel terug te vinden. Minder

vergankelijk zijn steen en metaal en de technoculturele fasen worden daarop ook ingedeeld: eerst was er de oude-steen-tijd (paleo-lithicum), die al zo'n twee miljoen jaar geleden bij de Homo Habilis (bekwame mens) begon. Een midden- en late steentijd kwamen erna als tijdperken, gevolgd door koper-, brons- en ijzertijd. Ook hanteren de archeologen een onderscheid naar keramische culturen (pottenbakkersstijlen, zoals klokbeker, bandbeker). Het mijnen van vuursteen treedt al vroeg op en evenzo het begin van serie-fabricage, arbeidsspecialisatie en handel. Erts smelten en metaalbewerken bijvoorbeeld vergen technisch vakmanschap en organisatie en planning. Een groeiend inzicht ontwikkelde zich zo over verschillende generaties.

Groei in beheersing van materie

Die ontwikkelingsgang is nu uitgemond in de hedendaagse techniek en technologie van materiaal- en vervaardigingskunde. Er is nu een zeer brede variatie aan materialen beschikbaar, vanaf massaal gebruik (beton, staal) tot speciale toepassingen (geheugen metaal, arseen voor micro-sensoren).

Tegenwoordig worden niet alleen de natuurlijke eigenschappen gebruikt, zoals ze worden aangetroffen bij winning van de grondstoffen, maar worden de eigenschappen toegespitst (harden, kleuren, flexibiliteit, geleidbaarheid e.d.) of zelfs nieuw ontworpen. Bij dat laatste kan gedacht worden aan engineering plastics, waarbij men zelfs spreekt van 'tailoring molecules to specific purposes'. Deze materiaalkunde wordt gecomplementeerd met de ook ver ontwikkelde vervaardigingskunde van verspanen, gietvormen, vervormen, verbinden, assembleren, bedekken etc. Dat gebeurt zowel voor de vervaardiging van enkelstuks als van series en massa's. Met behulp van computersturing is het nu zelfs mogelijk om unieke combinaties van onderdelen te maken van een in massa geproduceerd product. Bijvoorbeeld personenauto's met steeds unieke combinaties van cabine inrichting, kleur, bekleding en motorvermogen, etc.

Psychologische en maatschappelijke eisen aan productie

Die snelle en vèrgaande evolutie tot een door techniek gedomineerde cultuur, wekt misschien de indruk dat er een volslagen doordacht en evenwichtig bouwwerk is ontstaan, dat ook als een zelfstandig geheel moet worden gezien en verder ontwikkeld. Het blijft echter een variant op de stenen vuistbijl en een poging tot het helpen van de menselijke functies en drijfveren door middel van hulpmiddelen. De primaire vraag, die de ontwerper of productbeoordelaar dient te blijven stellen, is of die hulp inderdaad adequaat wordt geboden. Door te kijken naar de behoeftenhiërarchie, blijkt dat het beantwoorden van die vraag niet altijd eenvoudig is. Het gaat niet alleen om de strikt ergonomische vraag, of er een aanpassing mogelijk is van het hulpmiddel aan zintuigen, brein en ledematen van de gebruiker. Die eisen zijn weliswaar wezenlijk en al moeilijk genoeg voor de technicus, maar er is meer. Het technisch product vervult ook meestal een 'hogere' behoefte; het kan uitdrukken wat iemand als persoon is of wil zijn, een sociale status. De individuele

zelfopvatting sluit ook allerlei gedragmogelijkheden en bijbehorende technische hulpmiddelen in of uit. Aanpassing van het product kent dus ook velerlei psychologische en sociale aspecten. Deels geldt dus dat een individu zich voelt en wordt gezien, naar gelang de spullen die hij draagt en om zich heen heeft. “Producten maken de persoon”. Een soortgelijke gedachtengang is ook toepasbaar op het hogere niveau van een maatschappij, die door haar technocultuur (producten) van dat moment wordt gekenmerkt: “een maatschappij wordt getypeerd door haar dominante techniek”.

Er zou een ‘product-antropologie’ als discipline kunnen ontstaan, om het wat en waarom van die verschillende niveaus van technische functie-ervulling, van individu tot maatschappij en ten aanzien van primaire en hogere behoeften, systematischer te onderzoeken en te bestuderen dan tot nu gebeurde.

In ons kader is het van belang te constateren dat de productergonomie vooral gericht is op de primaire behoeften, die door het gebruik van gebruiksgoederen kunnen worden bevredigd en dat die discipline dat vooral doet met als criteria de mogelijkheden en beperkingen van de menselijke functies van ledematen, zintuigen en hersenen.

2.2 Het onderscheiden van producten naar gebruik

Vier typen van goederen

Het woord ‘gebruiken’ heeft vroeger de betekenis ‘genieten van’ gehad. Nu duidt het vooral op het direct omgaan en hanteren van technische hulpmiddelen om — veelal direct — een bepaald doel te bereiken. Vandaar de term gebruikswaarde. Bij goederen is het onderscheid van belang tussen ge- en ver-bruiksgoed. De tweede groep wijst op eenmalig gebruiken en vernietigen, zoals voedings- en genotmiddelen en eenmalige verpakking. Voor technische voortbrengselen in het algemeen wordt ook wel gebruikt het viertal:

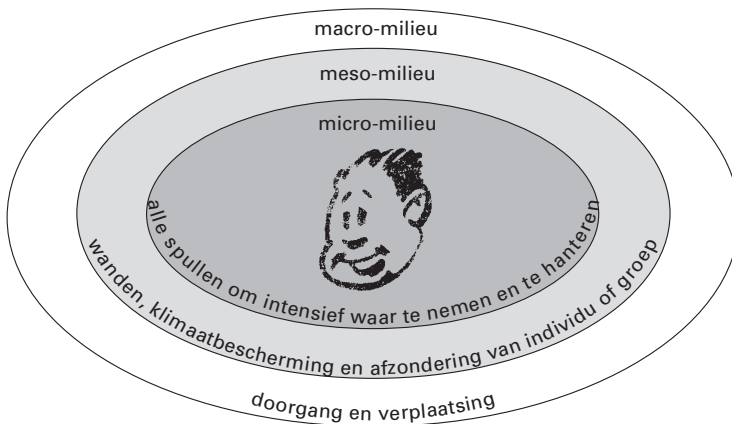
- verbruiksgoed
- gebruiksgoed
- kapitaalgoed
- infra-structuur.

De derde groep is er om beide voorgaande te fabriceren, te huisvesten e.d. en is ook minder verplaatsbaar. De vierde groep is van nog grotere schaal en zorgt voor verbinding, vervoer en behuizing van alle goederen en mensen. Gebruiksgoed is er dus voor meermalig gebruik, is veelal verplaats- of draagbaar, gewoonlijk onder handbereik en bij het hanteren is het ook meestal in direct contact met ledematen en of zintuigen.

Afstand tot gebruikers

De afstand tot de verschillende categorieën goederen varieert dus min of meer systematisch. Dat geldt ook voor de beleefde, psychologische afstand. Bij de verenigbare gebruiksgoederen kan men met goed recht van ‘symbiose’ (samen-leven)

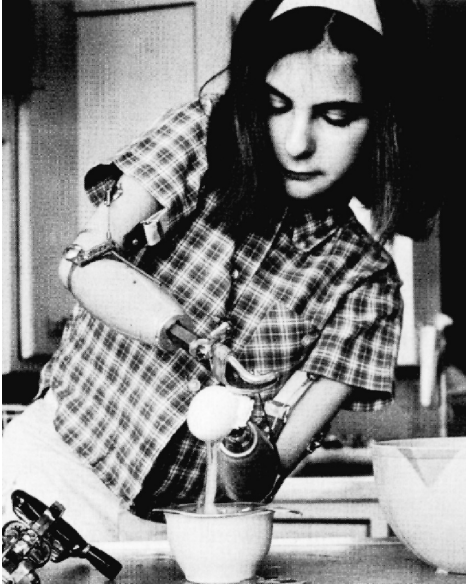
spreken. In de kunstmatige leefomgeving zou men zo ‘concentrische schillen’ om de mens heen kunnen onderscheiden (figuur 2.3). Een micro-milieu onder handbereik, met de spullen om intensief en veelvuldig waar te nemen en te hanteren. Een meso-milieu van wanden, voor klimaat-bescherming en afzondering van individu of groep. Een macro-milieu daarbuiten voor doorgang en verplaatsing. Ons aandachtsveld: gebruiksgoed, is dus vooral in het micro-milieu te situeren. Op soortgelijke wijze spreekt men wel eens van ‘ich-nahe’ (ik-nabije) en ‘ich-ferne’ (ik-verre) producten; of van kleding en woning als respectievelijk: tweede en derde huid.



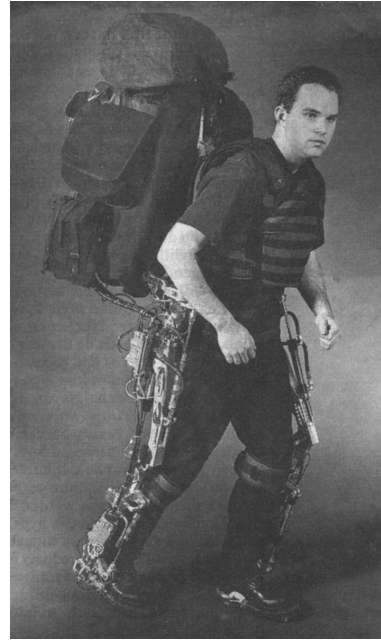
Figuur 2.3 Concentrische schillen rond de gebruiker.

Pro- en orthesen

Gebruiksgoederen kunnen al dan niet in bezit zijn van de gebruiker en zij kunnen hetzij individueel, hetzij collectief worden gebruikt. Gebruiksgoederen verschillen in de tijdsduur waarin zij per keer worden gebruikt en in levensduur (technisch versleten of kapot, ofwel afgedankt omdat men meent aan iets nieuws toe te zijn). Zij variëren in de frequentie en intensiteit, waarmee ze worden gebruikt en eveneens in de urgentie (hoe noodzakelijk en onmisbaar voor de gebruiker). Hierop zal nader worden ingegaan in hoofdstuk 20. Wat al die goederen gemeen hebben is dat men ze kan beschouwen als ondersteuners of vervangers van natuurlijke, biologische en psychologische functies. Men kan met behulp ervan iets beter doen, respectievelijk iets nieuws doen wat men zonder dat middel niet kon. Bij hulpmiddelen voor gehandicapten spreekt men dan van prothesen (vervangers: kunstbeen, kunstooog) (zie figuur 2.4) en orthesen (ondersteuners: beenbeugel, bril). In die zin zijn alle gebruiksmiddelen orthesen of prothesen. Het onderscheid tussen ondersteunen en vervangen is echter niet altijd scherp te trekken (figuur 2.5). Is een fiets een ondersteuner van benen, of door snelheid en bereik wezenlijk nieuw en dus vervanger van ons natuurlijke loop-apparaat?



Figuur 2.4 Onderarm vervangers (Lowman, 1969).



Figuur 2.5. Exoskelet, van nek tot voeten, met motor en sensoren, om beter te lopen, klimmen en zware lasten te dragen (Berkeley Univ. Calif. 2004).

De verlengstuktheorie

Een samenvatting van dit voorgaande vindt men in de ‘verlengstuktheorie’. Daarin wordt gesteld dat alle gebruiksgoederen zijn op te vatten als verbijzonderingen van natuurlijke menselijke functies. Die verbijzondering kan inderdaad een ‘verlengen’ betekenen (aanwijsstok en wijsvinger), maar ook krachtvergroting (koevoet en arm) of verkleining (pincet en vingertoppen), of versnelling (auto en loopapparaat).



Figuur 2.6 Verlengstuk voor gladstrijken, Braun.

Dit waren voorbeelden van ‘verlengstukken’ van de ledematen, ook wel genoemd spier-skeletstelsel of ‘motorisch apparaat’. Eerder noemden we die fysiek ondersteunende producten. Om de zintuigen te helpen en te verbijzonderen zijn er eveneens talloze ‘verlengstukken’: de bril, de telefoon, gehoorapparaat, nachtkijker (sensorisch ondersteunende producten). Vooral breed is de categorie van breinverlengstukken: afbeeldingen en schrift om te onthouden en te overzien; rekentuig om informatie te bewerken en te besluiten; audio- en videoschijven etc. (cognitief ondersteunende producten).

Voor onze benadering is vooral de notie van belang dat het van grote ontwerpwaarde is om een bestaand of gedacht hulpmiddel te analyseren in biologische of psychologische functies. Die functies worden ondersteund of vervangen en dat zal dus op één of andere manier moeten gaan op een ‘natuurlijke’ wijze. Eveneens geldt echter dat er altijd natuurlijke functies overblijven die niet direct ondersteund of vervangen worden, maar die juist het hulpmiddel sturen, waarnemen of opvangen. Gebruiken betekent immers altijd voor een product: het werken in dienst van en het contact hebben met het menselijke lichaam en brein.

Hulpmiddelen voor de huid, voor intern en voor allerlei

Ofschoon de verlengstuktheorie nuttig en breed toepasbaar is en een kwalitatief inzicht bij ontwerpen kan verschaffen, is het goed erop te attenderen dat het in eerste instantie gaat om gebruiksgoederen voor het doelgerichte en externe gedrag. Beschermingsmiddelen en interne systemen, die het inwendig functioneren ondersteunen, zijn op het eerste gezicht minder makkelijk onder te brengen. Toch is dat slechts schijn. Kleding is een verlengstuk ter verbetering van huidfuncties, een zonnebril is een verlengstuk dat betere lichtaanpassing van het oog mogelijk maakt, een stofmasker is een verlengstuk om de filterfunctie van neus- en luchtweghaartjes te verbeteren. Evenzo is bij een suikerzieke een geïmplanteed injectiesysteem voor insuline een verlengstuk dat de functie van de alveesklier vervangt, en een pace-maker is een verlengstuk om het proces dat de hartslag reguleert te verbeteren.

Het zal inmiddels ook duidelijk zijn dat hulpmiddelen soms voor verschillende natuurlijke functies tegelijkertijd werken: een T.V. is voor horen en zien van verre, en is eventueel ook voor leren, onthouden, beslissen en ontspannen.

Eindeloze mogelijkheid van hulpmiddelen

Een gevolg van onder meer de verlengstuktheorie is dat er evenveel hulpmiddelen, c.q. gebruiksgoederen denkbaar zijn als er (combinaties van) menselijke functies maal intenties van individuele gebruikers zijn. Dat leidt ook tot de conclusie dat er nog eindeloos veel en lange tijd te ontwerpen zal zijn, maar ook waarschijnlijk dat de ‘dekking door hulpmiddelen’ van menselijke functies, individuen, groepen en leefsituaties, onvolledig is en dat die dekking sporen van willekeur te zien zal geven. De technocultuur kent inderdaad modeverschijnselen, dominerende aandachtspunten en vooroordelen. De eerder genoemde Maslow-hiërarchie wordt

niet netjes en gelijkmatig verdelend afgewerkt, overheidsregulering en marktwerking ten spijt.

Onvolledige dekking door gebruiksgoederen

We betreden hier een interessant vraagstuk voor innovatie-beluste productontwerpers. Zo is duidelijk te constateren dat er groepen consumenten zijn, die minder aan bod komen dan anderen. Jongvolwassenen, gezonde, goed-opgeleide, koopkrachtige mannen, worden uitbundiger voorzien met hulpmiddelen, dan vrouwen, kinderen, bejaarden, vreemdelingen of gehandicapten. Dat lijkt niet alleen uit de economische positie te verklaren. De wet van vraag en aanbod voorspelt onvolledig, zolang het aanbod niet is ontworpen en zolang de vraag wordt verzwegen. Opmerkelijk is in dit verband dat de definitie van ‘gehandicapt’ soms van dat aanbod afhangt. In ons land zouden er zonder het bestaan van het voorzetstuk, geheten bril, miljoenen visueel gehandicapten extra zijn! Hoe komt het dat er meer hulpmiddelen zijn voor vermaak dan voor leren en studeren, dat er voor aanvoer van nieuwe goederen meer is dan voor de afvoer van afgedankte, dat handwerktuigen voor vrouwen vaak niet hanteerbaar zijn en vele dagelijkse goederen voor kinderen onveilig? De aanvaardings- en penetratie-mechanismen in onze technocultuur verlopen kennelijk grillig en het ontwerpen van producten volgt die kennelijk (te?) vanzelfsprekend. Naast overmaat en overvloedigheid (hoeveel van alle hulpmiddelen in bijvoorbeeld het huis zijn noodzakelijk of worden veelvuldig gebruikt?) zijn er dus vele mogelijkheden voor nieuwe en nuttige verlengstukken. Ook in die zin is het bewust en product-ergonomisch ontwerpen wellicht pas net begonnen.

2.3 Indeling van ergonomie volgens gebruiker of functie

Consument versus professioneel

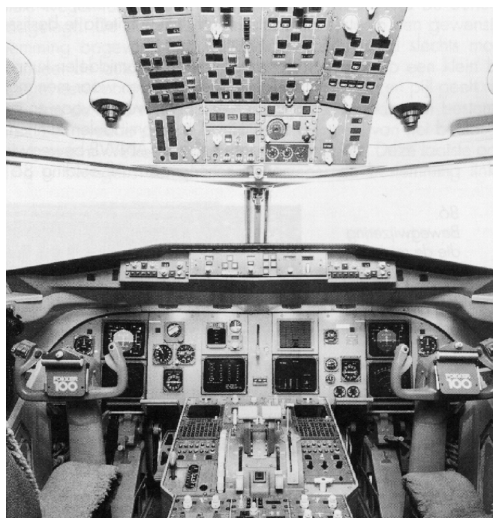
In het vorige hoofdstuk, in 1.3 en 1.4, werd al een eerste beschrijving gegeven van de ergonomie in het algemeen en van de productergonomie in het bijzonder. Dat was grotendeels een historische benadering over hoe die vakgebieden ontstonden en groeiden. Dat stukje geschiedenis past goed bij de historie van mens en hulpmiddel in het eerste deel van dit hoofdstuk. Er werd al eerder onderscheid gemaakt tussen de werkplek- en de productergonomie. Voor een goed deel valt dat samen met de tegenstelling ‘professional’ en consument. Dus enerzijds de getrainde, ervaren, langdurig gebruikende en door arbeidsorganisatie gemotiveerde vakpersoon, versus de leek, die, veelal incidenteel, een veelheid van hulpmiddelen, gewoonlijk kortdurend en vrijblijvender door elkaar gebruikt en daarvoor geen bijzondere opleiding heeft gehad.

Ook dit onderscheid is niet waterdicht en dat hoeft ook niet. Het betreft een beschrijving, die zowel op producttype, als op soort gebruikssituatie en op type van gebruiker is gebaseerd en in de praktijk is er overlap. Een professional is in zijn werk niet steeds met productie-machines bezig; hij/zij gebruikt daarbij ook vaak

algemener hulpmiddelen, die de leek ook hanteert: een telefoon bijvoorbeeld. Verder treft men in huishoudens tegenwoordig ook apparaten aan, die wel degelijk enige training en ervaring vergen: keukenmachines, audio-video toestellen, personal computers, antwoordapparaten. Veel van die hulpmiddelen zijn gestart in de professionele, vaak militaire, sfeer en zijn daarna, al dan niet na aanpassing, op de consumenten-markten aangeboden. Ook in de openbare ruimten vindt men toestellen, die een halve generatie geleden professioneel waren: kaartautomaten voor parkeren of openbaar vervoer (figuur 2.7). Toch is het onderscheid tussen werkplek en algemeen product zinvol te hanteren.



Figuur 2.7 'Professionele' oplossing voor publieke toepassingen.

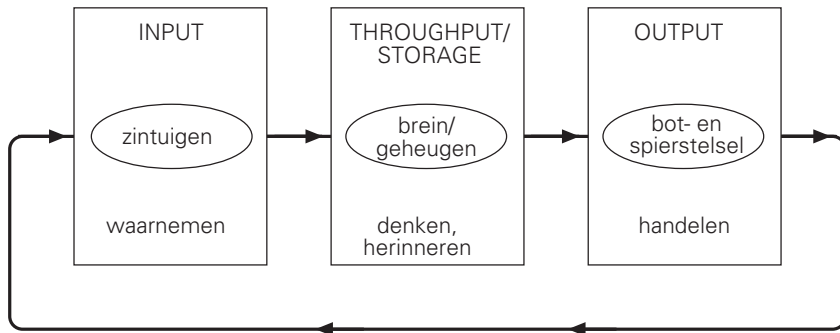


Figuur 2.8 Pilot-cockpit als oplossing voor professionals (Lombaers, 1990).

Omdat ondanks de verschillen tussen deze ergonomische toepassingsgebieden er toch veel gemeenschappelijke elementen zijn (het gaat steeds om menselijke functies), is het daarom juister en overzichtelijker de ergonomie in te delen naar menselijke functiegroepen (fysiek, sensorisch en cognitief). Dat geldt zeker voor een introductie in het vakgebied en ook voor opleidingsdoelstellingen. Daarom is die indeling hierna in dit boek gevolgd, zoals bij een korte aanduiding van de opzet in 1.5 al uiteengezet werd.

Drie biologische functie-groepen in serie

De indeling van dit boek volgt een algemeen biologisch functie-model (zie figuur 2.9), dat in het volgende hoofdstuk een verdere verklaring krijgt. Het wordt nu al behandeld, omdat het model tevens past bij een overzicht van mens en hulpmiddel en omdat het die hulpmiddelen en de technisch-functionele aspecten daarvan ook ordent. De kerngedachte ervan is eenvoudig en is hiervoor ook al enkele malen terloops gebruikt:



Figuur 2.9 Biologisch functiemodel memt fasen in een cyclus of spiraal.

Uit de omgeving van de mens wordt informatie opgenomen en die wordt verwerkt en opgeslagen en vervolgens kan er door menselijke actie weer invloed op de omgeving worden uitgeoefend. Zoals:

Een automobiliste ziet een bord dat een afslag aanduidt naar een bepaalde bestemming; zij denkt even na of die bestemming naar haar voorgenomen eindbestemming zal leiden; zij beslist van ja en wendt het stuur, om van de momentane weg af te slaan. Of:

Een geur van aangebrande melk dringt door bij een televisie-kijker, wordt herkend en hij snelt naar de keuken.

Het model is als een lus getekend en dat betekent hier twee zaken:

De handelingsreeks kan ook bij het denken, herinneren of handelen beginnen. Bijvoorbeeld:

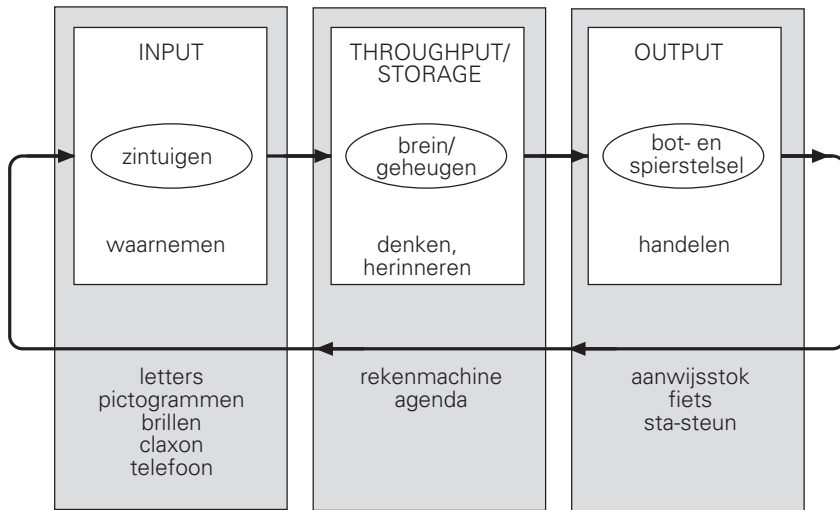
Er valt me plots in dat ik nog een bepaald iets moet doen, of: ik ben aan het schroevendraaien en merk dat ik nog eerst vooraf moet boren.

De tweede betekenis is dat er meestal sprake is van een cyclus, zo men wil een spiraal in de tijd, van waarnemen, denken, doen, waarnemen etc. Zoals:

Men ziet een keuze-menu op een computerscherm, maakt een keuze, drukt een bepaalde toets in, een vraag verschijnt, die wordt geïnterpreteerd en dat leidt tot intikken van enkele woorden, enzovoorts.

Specificeren van functies en hulpmiddelen

Het is een volgende stap de functies van waarnemen nader te noemen: zien, horen, voelen, of gedetailleerder: horen van toonhoogte, luidheid, geluidsvolgorden en - patronen enzovoort. Zo doet men dat ook bij de fase van denken, beslissen, kort- en lang geheugen en tevens bij de fase van handelen: bewegen van ledematen, kracht- opvang en -uitoefenen. Vervolgens kunnen voor elke fase diverse soorten van hulpmiddelen of onderdelen ervan worden aangegeven (zie figuur 2.10).



Figuur 2.10 Producten en biologische functiefasen.

Aan de linkerkzijde staan dan allerlei signaalgevers, zoals letters, cijfers, pictogrammen, etiketten, borden, schermen voor de visuele functies, maar ook daarbij de brillen, microscopen, verrekijkers. Voor de auditieve functies is dat bij benadering ook te doen: claxon, misthoorn, omroepinstallatie, telefoon, gehoorapparaat. Dit zijn dus de sensorisch ondersteunende producten. Op overeenkomstige wijze wordt de middenfase ingevuld: rekentuig, agenda (cognitief ondersteunende producten). De rechterfase dient ingevuld te worden met de vele 'verlengstukken' van het motorisch apparaat. Dus dingen om verder te reiken, preciezer te grijpen, te vervoeren, om het lichaam of ledematen te ondersteunen, zoals de aanwijsstok, pincet, kruiwagen, bed of armlegger van een stoel (fysiek ondersteunende producten).

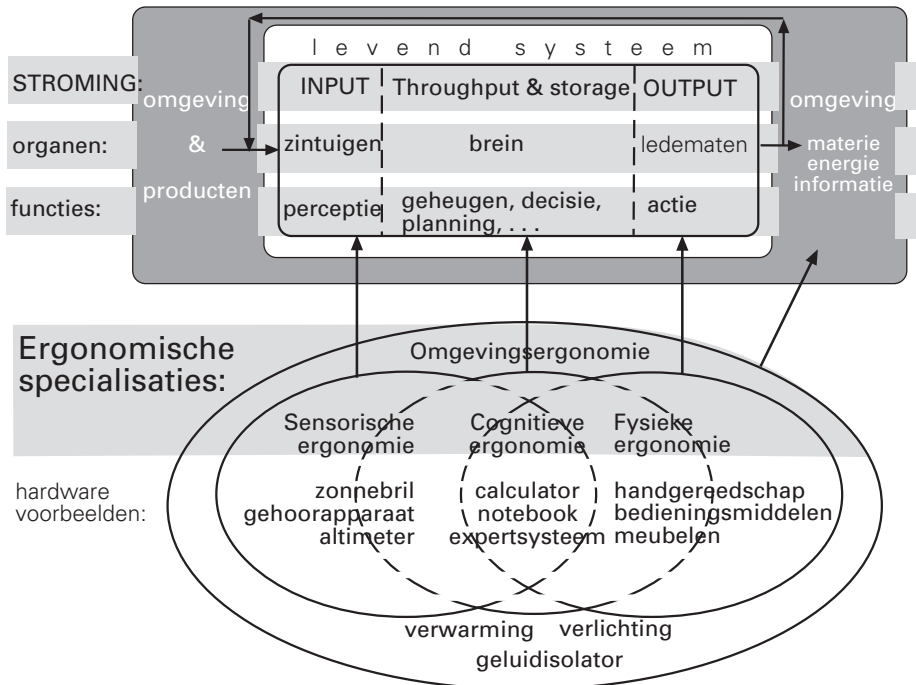
Bij deze opsomming, die met de voorgaande voorbeelden uiteraard niet volledig was, is al duidelijk dat elk type van hulpmiddel steeds aspecten heeft van zowel waarnemen, als verwerken en ook van handelen. Veel producten horen echter vooral in één van de drie fasen thuis. Er zijn echter ook vele producten die over de

volle breedte passen, omdat ze een combinatie van onderdelen hebben voor verschillende fasen. Indien geen van de drie fasen duidelijk domineert, spreken we dus, zoals eerder (pag. 36) aangeduid, van algemeen ondersteunende producten. Een personal computer heeft een beeldscherm, hulp voor onthouden en besluiten en heeft een toetsenbord voor menselijk handelen. Een auto geeft signalen, heeft regeling en programma's en helpt het lichaam vervoeren en ondersteunen. Er zij op geattendeerd dat in- en out-put bij het technische hulpmiddel en bij de menselijke gebruiker gespiegeld zijn. De machine-output is er als input voor de gebruiker en de output van de bediener vormt meestal weer een input voor het apparaat.

Schema van drie ergonomieën

Deze modellering leidt, tezamen met het toevoegen van de omgeving en enige detaillering, tot het schema van ergonomische specialisaties.

De driedeling resulteert in vier ergonomieën (figuur 2.11) waarvan er drie in dit boek behandeld zullen worden.



Figuur 2.11 Biologisch functiemodel en ergonomische specialisaties.



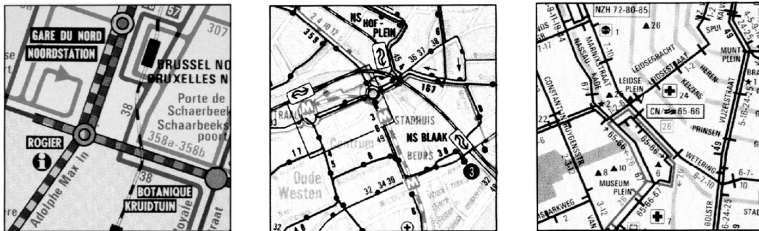
Figuur 2.12 Ideo- en pictogrammen voor sensorische ondersteuning.

De specialisaties, aandachtsgebieden of kennis-fundamenten zijn:

- Sensorische ergonomie: nadruk op de zintuigfuncties, de waarnemingsprocessen en op de technische hulpmiddelen, onderdelen en systemen die daarvoor in het bijzonder ondersteunen (sensorisch ondersteunende producten): tekens, letters, cijfers, ideo- en pictogrammen (figuur 2.12), etiketten, borden, schermen, visuele en auditieve orthesen en prothesen, signaalgevers (visuele, auditieve, tactiele 'displays').

De sensorische ergonomie maakt veel gebruik van kennis uit de (technische) fysica op de gebieden van optica en geluid en uit de zintuigfysiologie en zintuigpsychologie. Wegens de aard van de producten is er veel relatie met grafisch ontwerpen, elektronica van signaal-presentatie, beeldverwerking en communicatiepsychologie.

- Cognitieve ergonomie: nadruk op het bewerken en onthouden van informatie, op bedenken, inschatten, beslissen, waarderen, vooruitzien, plannen en op de technische hulpmiddelen, onderdelen en systemen die daarvoor in het bijzonder ondersteunen. Hierbij kunnen vele van de voorgaande producten mede een rol spelen (cognitief ondersteunende producten): overzichten, schema's, (figuur 2.13) geheugensteunen, regel- en stuurmechanismen en -panelen, elektronische geheugens, agenda's.



Figuur 2.13 Hulp voor overzien en herinneren, cognitieve ondersteuning.

De cognitieve ergonomie bouwt in sterke mate voort op de psychologie van denken, besluiten, onthouden en programmeren, op de meet- en regeltechniek, op de informatica en de systeemleer.

- Fysieke ergonomie: nadruk op de functies van het bot-spierapparaat voor het innemen van ruimte en lichaamshoudingen, bewegen van ledematen, op het uitoefenen, opvangen en doorleiden van krachten; en op de technische hulpmiddelen, onderdelen en systemen die daarvoor in het bijzonder ondersteunen (fysiek ondersteunende producten): kleine verblijfsruimten, middelen voor vervoer, voor lichaamsondersteuning, handvatten, persoonlijke beschermingsmiddelen, handwerktuigen (figuur 2.14), bedieningsonderdelen.

De fysieke ergonomie vindt ondergrond in diverse biologische vakken: de anatomie, antropometrie, biomechanica, fysische antropologie en bewegingswetenschap. Door de aard van de producttypen is er ook veel relatie met de 'klassieke' construerende disciplines zoals constructieleer, materiaalkunde en leer der mechanismen.



Figuur 2.14 Tweehandig werktuig voor fysieke ondersteuning voor het maken van gaten.

- Wegens het nauwe verband van de sensorische en cognitieve ergonomie, waarbij ook geldt dat de tweede nog pas korte tijd als specialisme wordt onderscheiden, worden deze ook wel samengevat onder de term ‘informatieergonomie’.
- Omgevingsergonomie: nadruk op systemen die goede voorwaarden scheppen voor het functioneren van mensen in bepaalde ruimten, bijvoorbeeld verlichting en verwarming (figuur 2.11). Omdat de onderdelen van deze systemen opgevat kunnen worden als producten die in één van de voorgaande groepen passen, zal deze specialisatie geen aparte aandacht krijgen in dit studieboek. Daarmee wordt niet gezegd dat deze specialisatie niet belangrijk is of geen bestaansrecht zou hebben.

De overige drie ergonomieën worden uitgebreid behandeld, maar in een andere volgorde dan zoëven gepresenteerd. Vanwege de moeilijkheidsgraad wordt er met de overzichtelijker fysieke ergonomie begonnen. Erna volgt de sensorische ergonomie en dan pas de cognitieve ergonomie. In zekere zin weerspiegelt die reeks ook de historie van de ergonomie en ook van de historische ontwikkeling van technische hulpmiddelen. In het laatste en vijfde deel zullen tenslotte algemene productkwaliteiten: nut, doelmatigheid, comfort en veiligheid van productgebruik, worden behandeld en zullen de drie specialismen ofwel invalshoeken weer worden geïntegreerd.

Begrippen

Historie van technocultuur:

- k2 species *Homo sapiens sapiens*, homo faber
- i1 brein ontdekt oorzaak en gevolgen
- i2 breedste biotoop en minste specialisatie
- i2 ontwerp van levensmogelijkheden
- k1 culturele evolutie
- k2 inter-species vergelijken van zintuigen, brein, motoriek
- k2 hiërarchie in behoeften

- k3 techno-culturele tijdperken
- k2 product-antropologie

Onderscheid van gebruiksgoederen:

- k1 ver- en gebruiksgoed
- k1 kapitaalgoed en infra-structuur
- k2 psychologische afstand en micro-milieu
- k1 prothesen en orthesen
- k1 verlengstuktheorie
- k1 eindeloosheid van en dekking door hulpmiddelen

Indeling in ergonomieën:

- k2 consument versus professioneel
- k1 drie biologische functie-groepen in serie
- k1 spiraal van waarnemen, denken en doen
- k1 de groepen van hulpmiddelen:
fysiek, sensorisch, en cognitief ondersteunende producten
- k2 typerende toeleveringswetenschappen voor de drie ergonomieën.

Vragen en suggesties

- 2.1. Welke redenen zijn er om onze species als biologisch minst gespecialiseerd dier te zien?
- 2.2. Hoe ongeveer zal het eerste productontwerpen door mensen zijn gegaan?
- 2.3. Waarom gaat de culturele evolutie zoveel sneller dan de biologische?
- 2.4. Hoe zou een robot, die een programma afdraait waarmee een pen in een gat wordt gezet, minder storinggevoelig gemaakt kunnen worden?
- 2.5. Geef duidelijke voorbeelden van producten, waarbij de Maslow-hiërarchie niet gevolgd wordt.
- 2.6. Waarom behoren verbruiks- en kapitaalgoederen minder tot de groep producten die door het vakgebied Industrieel Ontwerpen wordt aangepakt?
- 2.7. Geef voorbeelden van producten uit het meso-milieu, die toch als product binnen het vakgebied van Industrieel Ontwerpen zouden kunnen worden beschouwd.
- 2.8. Kijk naar de hulpmiddelen in uw momentele omgeving en probeer de indeling in prothesen en orthesen erop toe te passen.
- 2.9. Bedenk snel enige niet bestaande hulpmiddelen voor vrouwen, kinderen, ouderen en gehandicapten en deel die toe aan een van de drie categorieën van ondersteunende producten.
- 2.10. Is een pacemaker een pro- of een orthese (of een endo-these; zie index)?
- 2.11. Bedenk wat een nieuw populair product is dat bij uitstek een verlengstuk van de mens is.
- 2.12. Geef voorbeelden van consumentengoederen met een professioneel karakter en van professionele goederen met een consumenten karakter. Verklaar dit.

- 2.13. Waarom begint het schema van de drie functie-groepen met de zintuigen?
- 2.14. Bestaan er producten die voor 100% tot slechts één van de categorieën van ondersteunende producten behoren?
- 2.15. Is het onderscheid in drie product-categorieën ook verhelderend voor het technisch ontwerpen van gebruiksgoederen?
- 2.16. Waarom kunnen sensorisch en cognitief ondersteunende producten vaak samen worden genomen?
- 2.17. In welke productgroep verwacht u de komende eeuw de meeste ontwikkeling en waarom?
- 2.18. Welke drie biologische functiegroepen zijn er?
- 2.19. Analyseer een autorit van uw huis naar uw werk met de spiraal van waarnemen-denken-doen.
- 2.20. Ga na welke hulpmiddelen tijdens die autorit een rol spelen en bedenk in welke groep ze vallen.
- 2.21. Geef voorbeelden van producten die niet ontworpen zijn voor vrouwen, kinderen, bejaarden, vreemdelingen of gehandicapten. Heeft de ontwerp-(st)er bewust gekozen voor het uitsluiten van deze doelgroep?
- 2.22. Deel producten in uw directe leefomgeving in volgens de driedeling der ergonomieën.
- 2.23. Waarom lijkt het alsof beschermingsmiddelen, omgevingsondersteunende producten en endothesen zoals bijvoorbeeld pace-makers moeilijker in de verlengstuk-theorie zijn in te passen?
- 2.24. Bedenk enige mogelijke redenen waarom de technologische en wetenschappelijke aandacht pas recent wordt gericht op het systematisch categoriseren van gebruiksgoederen en van hun interactie met gebruikers.