

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I Grundlagen und Theorie</b> .....	1
<b>1 Einleitung</b> .....	3
Angelika C. Bullinger-Hoffmann und Jens Mühlstedt	
<b>2 Grundlagen virtueller Ergonomie</b> .....	7
Jens Mühlstedt	
2.1 Arbeitswissenschaft, Ergonomie, Usability, UX und Co. ....	8
2.2 Anthropometrie .....	10
2.2.1 Anthropometrische Variablen .....	11
2.2.2 Grunddaten: Geschlecht und Perzentil .....	11
2.2.3 Demografie: Population/Nationalität, Alter und Akzeleration .....	15
2.2.4 Körperbau: Somatotyp/Plastizität/Korpulenz, Proportion, Charakteristik und Armlänge .....	17
2.2.5 Anthropometrische Messungen .....	19
2.2.6 Reihenuntersuchungen .....	20
2.2.7 Normen und Richtlinien .....	21
2.2.8 Innen- und Außenmaße, Optimalwerte .....	25
2.2.9 Greifraum und Erreichbarkeit .....	26
2.3 Fähigkeiten des Menschen .....	27
2.3.1 Perzeption .....	27
2.3.2 Kondition .....	29
2.3.3 Koordination .....	29
2.3.4 Kognition .....	30
2.4 Belastungen auf den Menschen .....	30
2.4.1 Belastung in physiologischen Arbeitsprozessen .....	31
2.4.2 Belastungsbewertungsverfahren .....	32
2.4.3 Beanspruchung in physiologischen Arbeitsprozessen .....	34
2.4.4 Beanspruchungsermittlungsverfahren .....	34
Literatur .....	37

<b>3 Körperumrisschablonen und historische digitale Menschmodelle.....</b>	<b>41</b>
Jens Mühlstedt	
3.1 Körperumrisschablonen.....	42
3.2 Historie digitaler Menschmodelle.....	44
3.3 Katalog Körperumrisschablonen (Anlage).....	46
3.3.1 ADAM.....	46
3.3.2 AFNOR 82297 X35-002.....	47
3.3.3 AnthroCalc.....	47
3.3.4 Bammes bewegliche Proportionsmodelle.....	47
3.3.5 BEAR-AIDE Human Figure Template.....	47
3.3.6 BOSCH-Schablone/DIN 33416/Jenik-Bosch-Zeichenschablone ...	48
3.3.7 Bruns-Schablone.....	48
3.3.8 Burg-Giebichenstein-Schablone.....	50
3.3.9 Busfahrschablone.....	52
3.3.10 Carlyle-Körperumrisschablone.....	52
3.3.11 Dreyfuss-Körperumrisschablone/Joe und Josephine.....	52
3.3.12 ErgoForms.....	54
3.3.13 Hockenberry's Anthropometric Task Seating Templates.....	54
3.3.14 ISO 171, ISO 172/Grüne Standardzeichenschablone.....	55
3.3.15 Jenik-Schablone.....	55
3.3.16 Kieler Puppe/DIN 33408-1/Kiel mannequin/Riehle-Puppe.....	55
3.3.17 Lawyers & Judges Template/Male/Female Human Figure Template, Pickett Human Figure.....	57
3.3.18 LN 9100.....	57
3.3.19 Manek.....	57
3.3.20 Martin.....	59
3.3.21 Nissan-Schablonen.....	59
3.3.22 Ogasawara-Möbelschablonen.....	59
3.3.23 Peugeot-Renault-Schablone/FR 1.575.684.....	61
3.3.24 Philips-Prüfeschablone.....	61
3.3.25 Rumbold-Schablone.....	61
3.3.26 SAE-Schablone/H-Point Template/CAVA Manikin.....	63
3.3.27 Template Designs Human Figure Template/TD1735A.....	65
3.3.28 USAF Drawing Board Manikin/Patent US4026041/USAF Flying Officer.....	65
3.3.29 VDI-Messpuppe.....	66
3.3.30 Warschau-Schablone.....	67
3.3.31 Zeppelin-Schablone.....	68
Literatur.....	69

<b>4</b>	<b>Digitale Menschmodelle</b> .....	<b>73</b>
	Jens Mühlstedt	
4.1	Arbeitswissenschaftliche digitale Menschmodelle .....	74
4.1.1	Human Builder .....	75
4.1.2	Jack.....	76
4.1.3	RAMSIS.....	77
4.1.4	Fazit.....	77
4.1.5	Weitere arbeitswissenschaftliche digitale Menschmodelle .....	78
4.2	Weitere digitale Menschmodelle.....	80
4.2.1	Arbeitswissenschaftlich nutzbare digitale Menschmodelle .....	80
4.2.2	Sonstige digitale Menschmodelle .....	81
4.3	Funktionen digitaler Menschmodelle.....	81
4.3.1	Manipulations-Funktionen .....	83
4.3.2	Ergonomie-Methoden .....	88
4.3.3	Ausgabe-Funktionen und weitere Funktionen .....	91
4.4	Gestaltung von Produkten mittels digitaler Menschmodelle .....	91
4.5	Gestaltung von Arbeitsplätzen mittels digitaler Menschmodelle.....	93
4.6	Katalog digitaler Menschmodelle (Anlage).....	96
4.6.1	3D Human Model .....	97
4.6.2	3DSSPP .....	98
4.6.3	ADAM.....	99
4.6.4	ADAMS/Figure und ADAMS/Android .....	99
4.6.5	ADAPS.....	100
4.6.6	ANNIE-Ergoman .....	101
4.6.7	Anthropos .....	102
4.6.8	ANYBODY (D) .....	103
4.6.9	AnyBody (DK) .....	104
4.6.10	AnyMan.....	105
4.6.11	Apolinex .....	106
4.6.12	ARMO.....	107
4.6.13	BHMS .....	107
4.6.14	BioMan.....	109
4.6.15	Boeing Human Model.....	110
4.6.16	BOEMAN .....	110
4.6.17	BOSCH Manikin/Mulit-CAD-Menschmodell .....	111
4.6.18	Bubbleman .....	112
4.6.19	Buford .....	112
4.6.20	CADHUMAN .....	113
4.6.21	CAPE.....	114
4.6.22	CAR/CAR II/CAR III/CAR IV.....	114
4.6.23	CARLA .....	114
4.6.24	CBMAN .....	116

---

4.6.25 CombiMan.....	116
4.6.26 Creo Manikin .....	116
4.6.27 CrewChief .....	117
4.6.28 CrewStation.....	118
4.6.29 CyberMan .....	118
4.6.30 DARIU/ELLEN .....	119
4.6.31 Delmia Process Engineer Human.....	119
4.6.32 Dhaiba .....	120
4.6.33 DI-Guy .....	120
4.6.34 DIANA .....	122
4.6.35 DigitalBiomechanics .....	122
4.6.36 Dynamicus.....	123
4.6.37 eM-Human .....	125
4.6.38 ema .....	125
4.6.39 ErgMan.....	126
4.6.40 ERGO.....	126
4.6.41 ErgoBim .....	127
4.6.42 ERGoman .....	127
4.6.43 ErgoSHAPE .....	128
4.6.44 First Man .....	129
4.6.45 Fourth Man.....	129
4.6.46 Franky .....	130
4.6.47 GENPAD.....	131
4.6.48 Graphic Man Model .....	131
4.6.49 GRIBS .....	131
4.6.50 HEINER .....	133
4.6.51 HUMAN .....	133
4.6.52 Human Builder .....	134
4.6.53 Human-Builder.....	135
4.6.54 HumanCAD.....	136
4.6.55 IDO:Ergonomics .....	137
4.6.56 IMMA .....	138
4.6.57 Jack.....	139
4.6.58 Landing Signal Officer (LSO) .....	141
4.6.59 LifeMOD.....	142
4.6.60 MakeHuman .....	143
4.6.61 MAN3D.....	144
4.6.62 ManneQuin.....	144
4.6.63 MATHES.....	145
4.6.64 MINTAC .....	145
4.6.65 MIRA .....	146
4.6.66 MTM-Man.....	147

---

4.6.67 NASA GRAF .....	147
4.6.68 OpenSim.....	148
4.6.69 OSCAR .....	149
4.6.70 OSKU.....	149
4.6.71 OWASCA.....	150
4.6.72 Poser.....	151
4.6.73 PRO/ENGINEER Manikin .....	152
4.6.74 RAMSIS.....	152
4.6.75 RapidManikin.....	154
4.6.76 Safework.....	155
4.6.77 SAMMIE.....	156
4.6.78 Santos.....	157
4.6.79 Sausage Man .....	159
4.6.80 Second Man.....	159
4.6.81 SIMM.....	160
4.6.82 Skeleton Animation System .....	161
4.6.83 TEMPUS.....	161
4.6.84 Third Man and Woman.....	163
4.6.85 Tommy .....	163
4.6.86 TORQUEMAN .....	164
4.6.87 VADE .....	164
4.6.88 VIMS.....	165
4.6.89 VirtualMan .....	165
4.6.90 Werner .....	165
Literatur .....	166
<b>5 Virtuelle Ergonomie.....</b>	<b>183</b>
Jens Mühlstedt	
5.1 Analysemethodik virtueller Ergonomie .....	185
5.2 Menschmodelle und ergonomische Standardverfahren .....	190
5.2.1 Diskomfort, Gelenkwinkel, NASA-Neutralhaltung .....	191
5.2.2 EAWS .....	192
5.2.3 Energieumsatz .....	194
5.2.4 H-Punkt und SAE-Schablone.....	195
5.2.5 MTM .....	197
5.2.6 NIOSH.....	199
5.2.7 OWAS.....	201
5.2.8 RULA.....	202
5.2.9 Siemens/Burandt/REFA-FA Chemie .....	204
5.2.10 Snook & Ciriello .....	205
5.2.11 Static Strength Prediction Model .....	207

5.3	Werkzeuge virtueller Ergonomie .....	209
5.3.1	Innovation Engineering .....	209
5.3.2	Product & Interaction Engineering .....	210
5.3.3	Industrial Engineering .....	212
5.4	Visionen zur Zukunft .....	212
5.4.1	Systemintegration .....	213
5.4.2	Funktionelle Weiterentwicklungen .....	215
5.4.3	Nutzungsorientierte Visionen .....	216
	Literatur .....	223
<b>Teil II Stand und Ausblick Forschung .....</b>		<b>227</b>
<b>6</b>	<b>Eine Anforderungsermittlung zu digitalen Menschmodellen als Instrument zur ergonomischen Arbeitsprozessgestaltung .....</b>	<b>229</b>
	Michael Spitzhirn und Angelika C. Bullinger-Hoffmann	
6.1	Einsatzgebiete und Bedarf zur Erweiterung bestehender digitaler Menschmodelle .....	230
6.2	Studien zum Verbesserungs- und Entwicklungsbedarf digitaler Menschmodelle .....	231
6.3	Befragungen: Anforderungen potenzieller Nutzer an arbeitswissenschaftliche Analysen mittels digitaler Menschmodelle .....	233
6.3.1	Ergebnis: Arbeitsmittelausstattung und elektronische Datenbasis .....	234
6.3.2	Ergebnis: Arbeitswissenschaftliche Vorgehensweise .....	235
6.3.3	Ergebnis: Anforderungen bzgl. Einbindung arbeitswissenschaftlicher Faktoren in DMM .....	236
6.4	Interviews bzgl. Vorgehensweise und Anforderungen an Arbeitsaufgaben in digitalen Menschmodellen .....	237
6.4.1	Ergebnis Interview: Ist-Vorgehensweise .....	238
6.4.2	Ergebnis Interview: Anforderung an die Beschreibung und Analyse von Arbeitsaufgaben mittels DMM .....	239
6.5	Zusammenfassung und Ausblick .....	241
	Literatur .....	243
<b>7</b>	<b>Normen und Richtlinien zur digitalen Ergonomie .....</b>	<b>247</b>
	Gert Zülch	
7.1	Rechtsstellung von Normen und Richtlinien .....	247
7.2	Behandlung ergonomischer Aspekte in Normen .....	248
7.3	Richtlinien des VDI zur digitalen Ergonomie .....	249
7.3.1	Makroergonomische Aspekte der Personaleinsatzsimulation in VDI 3633 Blatt 6 .....	250

7.3.2	Mikroergonomische Aspekte von Menschmodellen in VDI 4499 Blatt 4 .....	250
7.3.3	Analyse von Umgebungseinflüssen in einer zukünftigen VDI 4499 Blatt 5 .....	251
7.3.4	Ausblick auf Entwicklung weiterer Richtlinien und Normen.....	252
	Literatur .....	252
<b>8</b>	<b>Modellierung und Simulation des Menschen bei Sicherheitsaufgaben .....</b>	<b>255</b>
	Thomas Alexander	
8.1	Hintergrund .....	256
8.2	Organisationsergonomie: Teamarbeit und Prozessplanung .....	256
8.3	Kognitive Ergonomie: Verhalten und Informationsverarbeitung .....	257
8.4	Technische Ergonomie: Ausrüstungsgestaltung.....	258
8.5	Ausblick einer gesamtheitlichen, systemergonomischen Menschsimulation .....	258
	Literatur .....	259
<b>9</b>	<b>Kraftmodellierung für digitale Menschmodelle.....</b>	<b>261</b>
	Fabian Günzkofer	
9.1	Einleitung .....	262
9.2	Gelenkspezifische Kraftmessungen .....	262
9.3	Biomechanische Grundlagen .....	262
9.4	Beispiele für Gelenkmoment-Gelenkwinkel-Funktionen .....	263
9.5	Praxisbeispiele.....	265
9.6	Ausblick und offene Fragen .....	265
	Literatur .....	266
<b>10</b>	<b>Von Realen Menschen zu Virtuellen Charakteren: Modellierung und Animation des digitalen Menschmodells „Eva“ .....</b>	<b>269</b>
	Guido Brunnett, Liang Zhang und Thomas Kronfeld	
10.1	Einleitung.....	269
10.2	Erfassung der Geometrie .....	270
10.2.1	Texturierung des Menschmodells .....	271
10.2.2	Verbesserung des Kopfmodells.....	273
10.2.3	Haar- und Kleidungsmodelle .....	273
10.3	Animation des Körpermodells .....	274
10.3.1	Bewegungserfassung.....	275
10.3.2	Rigging und Skinning .....	276
10.3.3	Bewegungssynthesierung.....	276
	Literatur .....	277

<b>11 Virtual Ergonomics- Vision of the Future.....</b>	<b>279</b>
Julie Charland	
11.1 An evolution with a plateau .....	279
11.1.1 Very few research results live into commercial DHM .....	281
11.1.2 There is a missing bridge between 3D users and the ergonomic domain.....	281
11.2 DHM Future: Help the user make a decision .....	282
Literatur .....	283
 <b>Teil III Praxisanwendungen.....</b>	 <b>285</b>
<b>12 Mit RAMSIS in drei Schritten zur ergonomischen Fahrzeugkonstruktion .....</b>	<b>287</b>
Hans-Joachim Wirsching	
12.1 Einleitung.....	288
12.2 Anwendung des RAMSIS im dreistufigen Prozess .....	288
12.2.1 Schritt 1: Abbildung des Verbrauchermarktes.....	288
12.2.2 Schritt 2: Simulation der Interaktion mit dem Fahrzeug .....	289
12.2.3 Schritt 3: Ergonomische Analyse der Interaktionen .....	292
12.3 Fazit .....	294
Literatur .....	295
 <b>13 RAMSIS kognitiv als Instrument zur Analyse und Auslegung von Sichtbedingungen.....</b>	 <b>297</b>
Wolfram Remlinger und Klaus Bengler	
13.1 Einleitung und Motivation des Projektes ‚RAMSIS kognitiv‘ .....	297
13.2 Verfügbare Analysefunktionen in ‚RAMSIS kognitiv‘ .....	298
13.3 Ausblick: Integration der Hand-Augen-Koordination .....	301
Literatur .....	301
 <b>14 Anwendung von digitalen Menschmodellen für Elektromobile .....</b>	 <b>303</b>
Heidrun Steinbach, Mario Mückisch und Alexander Kunert	
14.1 Einleitung.....	303
14.2 Digitale Haltungsanalyse und ergonomische Gestaltung – am Beispiel von Innvelo Two.....	304
14.3 Digitale Sichtbarkeitsanalyse am Beispiel von Innvelo Three .....	306
14.4 Zusammenfassung .....	308
Literatur .....	309
 <b>15 Analysemethodik für digitale Menschmodelle .....</b>	 <b>311</b>
André Kaiser, Sabine Krause, Jörg Schliessburg und Angelika C. Bullinger-Hoffmann	
15.1 Einleitung.....	312
15.2 Analysemethodik für digitale Menschmodelle.....	312



15.3	Praxisbeispiel .....	314
15.4	Softwaredemonstrator EMS-A .....	317
15.5	Zusammenfassung .....	318
	Literatur .....	318
<b>16</b>	<b>Experiences with efficient utilisation of Digital Human Models in practice</b> .....	<b>321</b>
	Marek Bures	
16.1	Introduction .....	321
16.2	Software selection .....	322
16.3	The process of creation and analysis .....	323
16.4	Duration of ergonomic studies .....	324
16.5	Examples and case studies .....	326
16.6	Conclusion .....	327
	Literatur .....	328
<b>17</b>	<b>Bewertung digital erfasster Bewegungen mit Dynamicus</b> .....	<b>329</b>
	Heike Hermsdorf, Norman Hofmann und Albrecht Keil	
17.1	Grundlagen .....	330
17.2	Menschmodell Dynamicus .....	330
17.3	Rekonstruktion und Simulation der Bewegung .....	332
17.4	Schnittstelle zum Motion-Capture-System .....	333
17.5	Ergonomiebewertung von Arbeitsverrichtungen .....	333
17.6	Zusammenfassung und Ausblick .....	334
	Literatur .....	335
<b>18</b>	<b>Digitale ergonomische Gestaltung von Maschinen- und Fertigungssystemen</b> .....	<b>337</b>
	Heidrun Steinbach und Alexander Kunert	
18.1	Ausgangssituation .....	337
18.2	Methode zur ergonomischen Prüfung von Maschinenkonzepten .....	339
18.3	Eine Methode zur digitalen Prüfung der Maschinengestaltung .....	340
18.4	Fallbeispiele ergonomischer Prüfung und Gestaltung .....	342
18.5	Zusammenfassung und Ausblick .....	343
	Literatur .....	345
<b>19</b>	<b>Ergotyping®-Tools für Ergonomieuntersuchungen im Digital Prototyping</b> .....	<b>347</b>
	Christiane Kamusella, Edgar Scherstjanoi und Martin Schmauder	
19.1	Einleitung .....	347
19.2	Ergotyping®-Tool „Body Forces“ .....	348
19.3	Ergotyping®-Tool „Manual Handling Evaluation“ .....	350
	Literatur .....	353

<b>20</b>	<b>Editor menschlicher Arbeit (ema)</b> .....	355
	Wolfgang Leidholdt, Lars Fritzsche und Sebastian Bauer	
20.1	Ausgangslage und Entwicklungshistorie .....	356
20.2	Aufbau und Grundlagen .....	356
20.3	Funktionsumfang .....	357
20.3.1	Planen und Gestalten.....	357
20.3.2	Simulieren und Visualisieren .....	358
20.3.3	Bewerten und Dokumentieren .....	359
20.4	Anwendung und Weiterentwicklung.....	360
	Literatur .....	361
<b>21</b>	<b>Anwendung digitaler Menschsimulationen im Rahmen der Planung und kontinuierlichen Verbesserung von Arbeitsplätzen in der Automobilindustrie</b> .....	363
	Ricardo Schönherr und Roman Arnold	
21.1	Virtuelle Ergonomie im Produkt-Entstehungs- und Herstellungsprozess der Automobilindustrie.....	363
21.2	Werkzeuge und Optimierungspotenziale der virtuellen Ergonomie.....	364
21.3	Umsetzung der virtuellen Ergonomie am Beispiel der Aggregateherstellung .....	365
21.3.1	Vergleich von Gestaltungsalternativen.....	366
21.3.2	Simulation der Mensch-Mensch-Kooperation .....	366
21.3.3	Simulation der Mensch-Maschine-Kooperation .....	367
21.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	367
	Literatur .....	368
<b>22</b>	<b>Einsatz virtueller Werkzeuge zur ergonomischen Montagegestaltung im Produktentstehungsprozess am Beispiel der Automobilindustrie</b> .....	371
	Peter Kaniewski, Mario Wegner und David Becker	
22.1	Demographische Herausforderungen der Automobilindustrie .....	372
22.2	Ergonomieabsicherung in der Planungsphase .....	372
22.3	Einsatz von Simulationswerkzeugen zur Ergonomiebewertung am Beispiel des Kreuzgelenks .....	374
22.4	Zusammenfassung .....	375
	Literatur .....	376
<b>23</b>	<b>Multi-CAD-Menschmodell für den Einsatz in inhomogenen IT-Welten</b> .....	377
	Manfred Dangelmaier, Alexandre Boespflug und Frank Sulzmann	
23.1	Ausgangssituation und Problemstellung.....	378
23.2	Lösungsansatz.....	379
23.3	Ergebnis .....	380
23.3.1	Workflow .....	380

---

23.3.2	Anthropometrie und Menschmodell .....	381
23.3.3	Werkzeuge und Schnittstellen .....	382
23.4	Diskussion und Zusammenfassung.....	383
	Literatur .....	384
<b>24</b>	<b>The Smart Virtual Worker – Digitales Menschmodell für die Simulation industrieller Arbeitsvorgänge.....</b>	<b>385</b>
	Michael Spitzhahn, Thomas Kronfeld, Nicholas H. Müller, Martina Truschzinski, Guido Brunnett, Fred Hamker, Helge Ü. Dinkelbach, Peter Ohler, Peter Protzel, Paul Rosenthal und Angelika C. Bullinger-Hoffmann	
24.1	Einleitung und Motivation .....	386
24.2	Eingesetzte Methoden zur Modellierung und Simulation im SVW .....	387
24.2.1	Modul: Bewegungsgenerierung .....	387
24.2.2	Modul: Autonome Handlungsselektion .....	388
24.2.3	Modul: Zeit .....	389
24.2.4	Modul: Ergonomie .....	389
24.2.5	Modul: Emotion .....	391
24.3	Simulationsablauf .....	393
24.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	393
	Literatur .....	394
	<b>Glossar .....</b>	<b>399</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>401</b>