

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Zunehmende Bedeutung der Ergonomie	2
1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise	5
2 Situationsanalyse der Ergonomie in der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung	6
2.1 Ergonomische Grundlagen und Begriffsdefinition	6
2.1.1 Allgemeine Definitionen zur Ergonomie.....	6
2.1.2 Belastung und Beanspruchung	7
2.1.3 Vielfalt der ergonomischen Verfahren und Daten.....	8
2.1.4 Ergonomie als Qualitätskriterium.....	9
2.1.5 Begriffsdefinition.....	9
2.2 Mangelnde ergonomische Qualität als Kostenfaktor	10
2.2.1 Ergonomische Qualität und Kosten	10
2.2.2 Kostenverursachende Faktoren und Verbesserungspotential.....	11
2.2.3 Volkswirtschaftliche Betrachtung	13
2.3 Produktlebenszyklus und ergonomische Eigenschaften	13
2.3.1 Lebensphasen des Produktes und ergonomische Anforderungen .	13
2.3.2 Konventionelles Vorgehen bei der ergonomischen Gestaltung	15
2.3.2.1 Überblick der Methoden	15
2.3.2.2 Richtlinien und Tabellen zur Produkt- und Arbeitssystemgestaltung	16
2.3.2.3 Versuchsaufbauten und Bau von Prototypen.....	16
2.3.2.4 Belastungs- und Beanspruchungsermittlung	17
2.3.2.5 Mögliche Maßnahmen bei ergonomischen Schwachstellen	18
2.4 Schwachstellen im Entwicklungsprozeß	19

2.4.1	Schlechte ergonomische Qualität als Folge später Fehlererkennung	19
2.4.2	Hoher Aufwand der Durchführung ergonomischer Analysen.....	20
2.4.3	Aufwendige Variantenerstellung	21
2.5	Verfügbare Hilfsmittel, Stand der Technik.....	22
2.5.1	Klassifizierung bestehender Methoden	22
2.5.2	Wissensorientierte Methoden und Hilfsmittel zur ergonomischen Gestaltung	23
2.5.3	Geometrisch orientierte Methoden zur ergonomischen Gestaltung	23
2.5.3.1	Methodenbeschreibung	23
2.5.3.2	Existierende Hilfsmittel	24
2.5.4	Probandenorientierte Methoden und Hilfsmittel	27
2.5.5	Bewertung der existierenden Methoden	27
2.6	Zusammenfassung und Fazit.....	30
3	Konzeption und Systementwurf	31
3.1	Zielsetzung des Planungssystems	31
3.2	Gesamtkonzeption des Planungssystems	32
3.2.1	Planungssystematik	32
3.2.2	Einordnung des Planungssystems.....	34
3.2.3	Planungssystem als integratives Hilfsmittel	34
3.3	Anforderungen an das zu entwickelnde Planungssystem	35
3.3.1	Flexible Anpaßbarkeit des Planungssystems.....	35
3.3.2	Einfache und schnelle Variantenerstellung und Variantenbewertung.....	36
3.3.3	Weitere Anforderungen	37
3.4	Grundstruktur des zu entwickelnden Planungssystems	37
3.5	Beschreibung der Entwicklungsumgebung	39
3.6	Notwendige Entwicklungen zur Umsetzung des Konzeptes	40

4 Internationales, parametrisiertes Menschmodell	42
4.1 Zielsetzung dieses Kapitels.....	42
4.2 Analyse der Anwendung anthropometrischer Daten	43
4.2.1 Perzentilierung anthropometrischer Maße.....	43
4.2.2 Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen Körpermaßen..	44
4.2.3 Vergleichbarkeit und Anwendbarkeit anthropometrischer Daten.	44
4.2.4 Mögliche Personengruppen und relevante Perzentilgrenzen.....	45
4.3 Analyse des existierenden Menschmodells	47
4.4 Anforderungen an das zu entwickelnde Modell	48
4.5 Konzeption des flexibel anpaßbaren Menschmodells.....	49
4.6 Realisierung der Grundstruktur des Menschmodells.....	50
4.6.1 Integration eines detaillierten Handmodells	50
4.6.2 Kinematikstruktur des Referenzmodells.....	51
4.6.2.1 Kinematische Struktur des Gesamtmodells	51
4.6.2.2 Idealisierungen im kinematischen Modell.....	52
4.6.3 Geometrieobjekte.....	52
4.7 Anpassung der Maße der Grundstruktur über die Simulationsschnittstelle	53
4.7.1 Mathematische Grundlagen zur Beschreibung und Manipulation der Maße der Kinematikstruktur	53
4.7.2 Vorgehen bei der flexiblen Anpassung der Grundstruktur.....	54
4.7.3 Schnittstelle zur Anpassung der kinematischen Struktur	55
4.7.4 Anpassung der geometrischen Struktur.....	57
4.7.4.1 Referenzsysteme der Geometrieobjekte	57
4.7.4.2 Generierung von Geometrieobjekten.....	58
4.8 Ermittlung von Kenndaten des erzeugten Menschmodells.....	58
4.8.1 Berechnung anthropometrischer Maße.....	58
4.8.2 Berechnung und Darstellung aufgabenorientierter Funktionsräume	59
4.8.3 Ermittlung von Gewichten und Trägheitsachsen.....	60
4.9 Anbindung einer internationalen anthropometrischen Datenbasis	62

4.9.1	Beschreibung der Datenbasis.....	62
4.9.2	Ableitung der Funktions- und Geometriemaße aus den anthropometrischen Körpermaßdaten.....	62
4.9.3	Stufenlose Generierung beliebiger Größen und Perzentile	64
4.10	Ergebnisse	64
5	Simulation des Bewegungsablaufs	66
5.1	Zielsetzung dieses Kapitels.....	66
5.2	Einflußfaktoren für Körperhaltung und Bewegungsablauf.....	67
5.2.1	Mögliche Einflußfaktoren für die Gesamtkörperhaltung	67
5.2.2	Nähere Analyse der Bedeutung des Einflußfaktors Greifart	68
5.2.3	Individuelle Unterschiede und Körperhaltungsprognose	71
5.3	Vorhandene Möglichkeiten in der Entwicklungsumgebung	72
5.4	Anforderungen an die zu entwickelnden Funktionen	72
5.5	Konzeption der Bewegungsmodellierung.....	73
5.5.1	Vorgehensweise bei der Bewegungsmodellierung.....	73
5.5.2	Bausteine der Bewegungsmodellierung	74
5.5.3	Geforderte Genauigkeit	74
5.5.4	Flexible Anpassung der Funktionalitäten.....	75
5.6	Flexibel anpaßbare Bewegungsberechnung.....	76
5.6.1	Auf Gesamtkörper erweiterte Hand-Arm-Rücktransformation....	76
5.6.2	Ansatz zur Körperhaltungsprognose	78
5.7	Automatisierte Greifmodellierung	79
5.7.1	Vorgehensweise bei der Erstellung des Greifmakros	79
5.7.2	Vorformung der Hand	80
5.7.2.1	Erstellung einer simulationsgerechten Systematik der Greifarten.....	80
5.7.2.2	Automatische Vorformung auf die Objektgröße	81
5.7.3	Plazierung der Hand	83
5.7.4	Schließen der Hand.....	84
5.8	Berücksichtigung weiterer Einflußgrößen	85

5.8.1	Kollisionsüberprüfung	85
5.8.2	Sichtbarkeit und Verdeckung von Arbeitspunkten.....	85
5.8.3	Körpergleichgewicht und Kräfte	87
5.9	Zusammenfassung und Ergebnisse	87
6	Anbindung von Verfahren zur Belastungsanalyse	89
6.1	Zielsetzung dieses Kapitels.....	89
6.2	Erfassung von Belastungsarten am Arbeitsplatz.....	90
6.3	Anforderungen an die Anbindung von Verfahren zur Belastungsanalyse	94
6.4	Schnittstelle zur flexiblen Anbindung von Verfahren zur Belastungsanalyse	94
6.4.1	Aufbau der allgemeinen Schnittstelle.....	94
6.4.2	Überblick der ableitbaren Daten.....	95
6.4.3	Ableitung der geometrischen Informationen und Zeitanteile	96
6.4.4	Ableitung von auf den Körper wirkenden Kräften	97
6.4.4.1	Definition des Kraftangriffspunktes in den Händen	97
6.4.4.2	Erkennung der angreifenden Gewichtskräfte	97
6.4.4.3	Erkennung der angreifenden Wirkkräfte	98
6.4.4.4	Statische und dynamische Kraftaufbringung.....	99
6.4.5	Ableitung weiterer Daten.....	100
6.4.6	Kommunikation mit dem Anwender	100
6.4.7	Ereignisorientierte Registrierung von Funktionen	101
6.5	Auswahl geeigneter Verfahren zur Belastungsanalyse.....	102
6.5.1	Kriterien zur Auswahl von Verfahren zur Belastungsanalyse.....	102
6.5.2	Gliederung existierender Verfahren zur Belastungsermittlung ..	104
6.5.3	Analyse und Bewertung der Arbeitskörperhaltung	104
6.5.4	Biomechanische Berechnungsmodelle	107
6.5.5	Berechnungsverfahren für dynamische und statische	107
Muskelarbeit		
6.5.6	Verfahren zur Ermittlung des Energieumsatzes	108

6.5.7	Kombinierte Verfahren zur Analyse von Hebe- und Tragevorgängen	109
6.5.8	Weitere Verfahren zur Belastungsanalyse	110
6.5.9	Auswahl der Verfahren	110
6.6	Realisierung ausgewählter Verfahren zur Belastungsanalyse	111
6.6.1	Ermittlung der Eingangsdaten für die Verfahren	111
6.6.2	Simulationsgestützte OWAS-Körperhaltungsanalyse	112
6.6.3	Simulationsgestützte Burandt-Schultetus-Maximalkraftanalyse	114
6.6.4	Simulationsgestützte Analyse des Heben und Tragens von Lasten	115
6.6.5	Simulationsgestützte Analyse des Energieumsatzes	117
6.6.6	Darstellung der Analyseergebnisse	118
6.6.6.1	OWAS-Körperhaltungsanalyse	118
6.6.6.2	Burandt-Schultetus Hand-Arm-Maximalkraft	121
6.7	Vorteile der realisierten simulationsgestützten Belastungsanalyse	122
7	Anwendungsbeispiele	124
7.1	Bedienpult einer international eingesetzten Maschine	124
7.2	Arbeitsplatzgestaltung in der spanenden Fertigung	125
7.3	Montage- und Wartungstätigkeiten an einer Gasheizung	126
7.4	Endmontageband in der Automobilindustrie	127
7.5	Kommissionierarbeitsplatz in der Logistik	128
8	Zusammenfassung und Ausblick	130
9	Literaturverzeichnis	133