

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Zielsetzung	1
1.1.1. Zu den Begriffen „Benutzeroberfläche“ und „Software-Ergonomie“	1
1.1.2. Ziele dieser Arbeit	2
1.1.3. Struktur dieser Arbeit	3
1.1.4. Die Interdisziplinarität der Software-Ergonomie	4
1.2. Überforderung durch die Informationstechnik	5
1.2.1. Das historisch gewachsene CAD-Programm	5
1.2.2. Die Funktionalitätsexplosion des CAD	6
1.2.3. Einführung des Rechners in die Konstruktion	6
1.2.4. Der Konstrukteur als Computer-Spezialist	7
1.2.5. Das heutige Umfeld	7
1.3. Das Rationalisierungspotential	8
1.3.1. Schnelles und effektives Lernen	9
1.3.2. Zufriedenheit und Kreativität in der Konstruktion	9
1.3.3. Steigerung der Produktivität	10
1.3.4. Meßbare Rationalisierungskriterien	10
2. Software-Ergonomie und Konstruktionsarbeit	11
2.1. Die traditionelle Konstruktion am Zeichenbrett	11
2.2. Denkweise des Konstrukteurs	13
2.2.1. Problemlösung in der Konstruktion	13
2.2.2. Vergleich Brett- und CAD-Konstruktion	14
2.3. Die konventionelle Rechnerunterstützung	15
2.3.1. Der Rechner als Zeicheninstrument	17
2.4. Der typische Konstrukteur am Rechner	17
2.5. Konstruktionsszenarien am Rechner	19
2.5.1. Neukonstruktion	19
2.5.2. Variantenkonstruktion	21
2.5.3. Anpassungskonstruktion	23
2.6. Basisaufgaben eines CAD-Systems	23
2.6.1. Konzeptionelle Phase	24
2.6.2. Geometriedefinition / Detaillierung	25
2.6.3. Geometriemanipulation	25
2.6.4. Variantenbildung	26
2.7. Logische Struktur der Arbeit am CAD	26
2.7.1. Basisaktionen	28
2.7.2. Syntaktische Ebene	29
2.7.3. Funktionale Ebene (Werkzeugebene)	30
2.7.4. Aufgabenebene (Organisatorische Ebene)	31
2.8. Der CAD-Arbeitsplatz im Unternehmen	32
2.8.1. Das Arbeitsklima im Konstruktionsbüro	32
2.8.2. Die Empfehlungen der IG-Metall	33
2.9. Vier Gestaltungsziele für ein CAD-System	34
2.9.1. Entlastung des Vorstellungsvermögens	35
2.9.2. Reduzierung des Eingabeaufwandes	35
2.9.3. Verbesserung der Eingabegenauigkeit	36
2.9.4. Unterstützung des konstruktiven Denkens	37

3. CAD-Anwenderbefragungen	38
3.1. Phase 1 – CAD-Benutzerumfrage an der Universität	38
3.1.1. Spy-Points	39
3.1.2. Spy-Points: Ergebnisse	40
3.1.3. Interviews	43
3.1.4. Interviews: Ergebnisse	43
3.1.5. Fragebogen	44
3.1.6. Fragebogen: Ergebnisse	44
3.1.7. Diskussion	46
3.1.8. Interviews	47
3.1.9. Spy-Points	47
3.1.10. Fragebogen	48
3.2. Phase 2 – Benutzerinterviews Universität und Industrie	48
3.2.1. Untersuchungsverfahren	49
3.2.2. Untersuchte Umgebungen	49
3.2.3. Eingabe	50
3.2.4. Befehlsspektrum	50
3.2.5. Programm	51
3.2.6. Konstruktionsvorgang	52
3.2.7. Der Einsatz von CAD	54
3.2.8. Fazit	55
3.2.9. Vorschläge für die Verbesserung der CAD-Lehre	56
4. Software-Ergonomie und zweidimensionale CAD-Programme	57
4.1. Stand der Technik	57
4.1.1. Bisherige Forschungsaktivitäten	58
4.1.2. Direkte Manipulation am Bildschirm	59
4.1.3. Rasterung	59
4.1.4. Fangfunktionen	60
4.2. Interaktion mit Eingabegeräten	60
4.2.1. Tastatur & Funktionstasten	61
4.2.2. Das grafische Tablett	62
4.2.3. Maus	63
4.2.4. Sonstige Geräte	64
4.3. Ausgabegeräte	65
4.3.1. Der alphanumerische Bildschirm	65
4.3.2. Der Grafikbildschirm	65
4.3.3. Vorteile der Fenstertechnik	66
4.3.4. Plotter und Drucker	67
4.4. Darstellung	67
4.4.1. Die Bedeutung der Übersicht	67
4.4.2. Kontextänderungen während der Konstruktion	69
4.4.3. Verständlichkeit der Darstellung	69
4.5. Definition und Bauteilbeschreibung	73
4.5.1. Interaktive Erstdefinition	73
4.5.2. Numerische Eingabe mit Formularen	74
4.5.3. Textuelle Beschreibung	75
4.5.4. Befehle mit Menüs / Paletten	75
4.5.5. Die Parameterversorgung	76
4.5.6. Fang- und Trimmfunktionen	80
4.5.7. Formelemente	83

4.5.8. Anwendung von Bedingungen und Relationen	83
4.6. Manipulation	86
4.6.1. Verschiebung	87
4.6.2. Skalierung	88
4.6.3. Rotation	89
4.6.4. Parameteränderung	90
4.6.5. Ausrichtung /Verteilung	92
4.6.6. Symmetrie / Spiegelung	93
4.6.7. Löschen	94
4.6.8. Gruppierung	95
4.7. Das „intelligente“ CAD	96
4.7.1. Parametrisierung	96
4.7.2. Umgang mit Produktwissen	97
4.8. Implementierung einer CAD-Benutzeroberfläche	98
4.8.1. Ausgangssituation	100
4.8.2. Die neue Arbeitsweise	101
4.8.3. Programmtechnische Realisierung	103
4.8.4. Der Tablettemulator	107
5. Software-Ergonomie und dreidimensionale CAD-Programme	110
5.1. Stand der Technik	110
5.1.1. Dreidimensionale Arbeit am Rechner	111
5.1.2. Darstellung dreidimensionaler Bauteile	112
5.1.3. Definition von Bauteilen	113
5.1.4. Manipulation	114
5.1.5. Eingabe- und Manipulationshilfen	115
5.1.6. Dreidimensionale Interaktionsgeräte	115
5.2. Darstellungsmöglichkeiten	117
5.2.1. Das räumliche Denken	117
5.2.2. Die Bedeutung der Darstellung	119
5.2.3. Ansichtenfelder	120
5.2.4. Automatische Ansichtszentrierung und Orientierung	122
5.2.5. Navigation und Echt-Zeit Darstellung	123
5.3. Bauteildefinition im Raum	126
5.3.1. Positionsversorgung	126
5.3.2. Interaktive Definition	127
5.3.3. Verwendung einer Beschreibungssprache	129
5.3.4. Dreidimensionale Fangfunktionen	129
5.3.5. Die Rekonstruktion als Eingabemethode	132
5.4. Manipulation dreidimensionaler Bauteilinformationen	133
5.4.1. Auswählen und Aktivieren	134
5.4.2. Verschieben und Drehen	136
5.4.3. Dreidimensionales Ausrichten	138
5.4.4. Verknüpfungsoperationen	139
5.5. Freiformflächen	141
5.5.1. Besondere Probleme	141
5.5.2. Definition von Freiformflächen und -kurven	141
5.5.3. Darstellung	143
5.5.4. Manipulation	143
5.6. Interaktionsstrategien und virtuelle Geräte	144
5.6.1. Arbeitsebene	145

5.6.2. Die eindimensionale Manipulation	147
5.6.3. Ankerpunkt	148
5.6.4. Schieber und Scheibe	150
5.6.5. Das Drehen mit der virtuellen Kugel	151
5.6.6. Maßstabänderung (Zoom)	153
5.7. Implementierung einer 3D-Benutzeroberfläche	154
6. Neuartige Systeme der Rechnerunterstützung in der Konstruktion	157
6.1. Entwicklungstendenzen	157
6.1.1. Arbeit mit „ungenauen“ Informationen	158
6.1.2. Objektorientierte Produktmodellierung	158
6.1.3. Rechnerunterstützte Zusammenarbeit	159
6.2. Das Produktionsmodell	159
6.2.1. Zielsetzung und Definition	159
6.2.2. Der objektorientierte Ansatz – Einleitung	160
6.2.3. Merkmalstabellen	162
6.2.4. Vorteile der Klassen / Klassenstrukturen	164
6.2.5. Logische Struktur des Produktionsmodells	168
6.2.6. Das Strukturierungswerkzeug „struked“	170
6.2.7. Wenn-Dann Regeln	172
6.3. Anwendungen der Klassenstruktur	173
6.3.1. Produktionsmodell und Konstruktionsprozeß	173
6.3.2. Wissensstrukturierung mit der Klassenstruktur	174
6.3.3. Analyse und Synthese in der Klassenstruktur	174
6.3.4. Klassenbibliotheken mit Lösungen	175
6.3.5. Anwendung in der Varianten- und Anpassungskonstruktion	176
6.3.6. Anwendung in der Neukonstruktion	178
6.4. Der Objektprozessor	185
6.4.1. Beschreibung des Objektprozessors	185
6.4.2. Aufgaben des Objektprozessors	187
6.4.3. Die Bearbeitung von Objekten	188
6.4.4. Vergabe von Merkmalen	190
6.4.5. Die Benutzeroberfläche des Objektprozessors – erste Entwicklung	190
6.4.6. Die Benutzeroberfläche des Objektprozessors – zweite Entwicklung	191
6.4.7. Die programmierbare Benutzeroberfläche „obbo“	193
6.4.8. Implementierung	196
6.5. Die Gruppenarbeit in der Konstruktion	199
6.5.1. Besonderheiten der Gruppenarbeit in der Konstruktion	200
6.5.2. Die „parallele“ Gruppenarbeit – Informationstechnische Hilfsmittel	201
6.5.3. Werkzeuge & Beispiele	203
6.5.4. Die „überlappende“ Gruppenarbeit	205
7. Ausblick	208
7.1. Fortsetzung der Benutzerstudien – Neue Interaktionsmethoden	208
7.2. Die rechnerunterstützte Konstruktion heute und morgen	209
7.3. Konstruktion und Wissensverarbeitung	210
7.4. Die zunehmende Bedeutung der Dreidimensionalität	210
7.5. Das Werkzeug Rechner	211
7.6. Der Mensch muß bleiben	212
Anhang A: Befragungsbogen	213

Anhang B: Klassendeklaration obbo221

Anhang C: obbo-Befehle224

Literaturverzeichnis228