

# Inhaltsverzeichnis

<b>Bild- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Beteiligte Institutionen und Personen</b> .....	<b>XVI</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Menschengerechte Gestaltung zukünftiger computergestützter Konstruktionsarbeit</b> .....	<b>4</b>
2.1 Problemfelder konventioneller Organisationsformen in der Konstruktion .....	4
2.2 Arbeitswissenschaftliche Gestaltungsansätze als Basis für menschengerechte und innovative Organisationsformen .....	8
2.3 Arbeitswissenschaftliche Gestaltungsalternativen für neue Organisationsformen am Beispiel betrieblicher Szenarien .....	13
2.3.1 Ziel betrieblicher Szenarien .....	14
2.3.2 Klassifizierung der Szenarien .....	15
2.3.3 Aufbauorganisation .....	16
2.3.4 Grobkonzept des Auftragablaufs .....	23
2.3.5 Arbeitsaufgaben im Auftragsablauf .....	25
2.3.6 Konzept der Produktentwicklungsgruppe .....	27
2.3.7 Kooperation und Kommunikation in der Produktentwicklungsgruppe .....	31
2.4 Betriebliche Umsetzung der Gestaltungsalternativen .....	33

<b>3</b>	<b>Anforderungen an das CAD-Referenzmodell .....</b>	<b>40</b>
3.1	Arbeitswissenschaftliche Anforderungen .....	40
3.1.1	Arbeitswissenschaftliche Anforderungen an die Systemgestaltung am Beispiel des Szenarios zum Mittelbetrieb .....	41
3.1.2	Ableitung der Anforderungen für die betriebliche Szenarien „Klein- und Großbetrieb“ .....	45
3.2	Konstruktionstechnische Anforderungen .....	46
3.2.1	Der Konstruktionsprozeß .....	46
3.2.2	Anforderungen an zukünftige Konstruktionsunterstützungsmittel .....	47
3.2.2.1	Durchgängige Unterstützung des Konstruktionsprozesses .....	48
3.2.2.2	Verbesserung der Gestaltung der Funktionalität .....	50
3.3	Anforderungen an den Benutzungsdialog .....	51
3.3.1	Anforderungen aus der Sicht des Produktentwicklungsprozesses .....	52
3.3.2	Anforderungen an das Benutzungsoberflächensystem aus der Sicht ihrer Komponenten .....	54
3.3.2.1	Die Präsentationskomponente .....	54
3.3.2.2	Die Interaktionskomponente .....	55
3.3.3	Die Dialogkomponente .....	56
3.3.4	Anforderungen an die Umsetzungswerkzeuge eines Benutzungsoberflächensystems .....	56
3.4	Anforderungen an eine anwendungsorientierte Konfiguration .....	58
3.4.1	Anforderungen aus Anwendungssicht.....	58
3.4.1.1	Durchgreifende Anwendungsorientierung der Komponenten .....	58
3.4.1.2	Konfigurierbarkeit des Anwendungsprozesses.....	59
3.4.1.3	Beschreibbarkeit der Anwendungsmodule und -prozesse .....	59
3.4.2	Anforderungen an die Systemarchitektur .....	60
3.4.2.1	Offene Systemarchitektur .....	60
3.4.2.2	Modularität und Flexibilität .....	60
3.4.2.3	Erweiterbarkeit und Austauschbarkeit von Systemkomponenten .....	60
3.4.2.4	Offenes Kommunikationskonzept, Basis zur Konfiguration .....	61

---

3.5 Berechnungen, Analyse, Simulation .....	61
3.5.1 Analyse im Produktentwicklungsprozeß .....	61
3.5.2 Anforderungen an zukünftige Konstruktionsunterstützungsmittel .....	63
3.6 Aufgabenrelevante Wissensverarbeitung .....	65
3.6.1 Bedeutung des Aufgabenrelevanten Wissens .....	65
3.6.2 Strukturierung, Repräsentation und Verarbeitung von Wissen, Informationsbeschaffung mit Rechnerunterstützung .....	67
3.6.3 Anforderungen an die Integration von wissensbasierten Komponenten in CAD-Systeme .....	70
3.7. Modellierer .....	71
3.7.1 Frühe Phasen der Produktentwicklung .....	71
3.7.2 Modellierfunktionalität der CAD-Systeme .....	73
3.7.3 Feature-Modellierung .....	74
3.8 Produktmodelle und Produktdatenmanagement .....	78
3.8.1 Anwendungsorientierte, informations- und systemtechnische Anforderungen .....	78
3.8.2 Integrierte Produktmodelle .....	80
3.8.3 Standardisierungsaktivitäten für integrierte Produktmodelle .....	82
3.8.4 Entwurfsprinzipien für Produktmodelle .....	83
3.9 Anforderungen an die Integration .....	85
3.9.1 Anwendungsbezogene Anforderungen .....	85
3.9.2 Abgeleitete informationstechnische Anforderungen .....	86
3.9.3 Spezielle Integrationsanforderungen zur Unterstützung von Benutzergruppen .....	87
<b>4 Die Referenzarchitektur .....</b>	<b>91</b>
4.1 Grundstruktur der Referenzarchitektur .....	91
4.2 Grobspezifikation der Referenzarchitektur .....	93
4.2.1 Anwendungsteil .....	94
4.2.2 Systemteil .....	99
4.2.3 Produktmodell .....	102
4.2.4 Anwendungsspezifisches Wissen .....	107

4.3 Feinspezifikation der Referenzarchitektur .....	115
4.3.1 Anwendungsteil .....	115
4.3.1.1 Spezifische Anwendungen .....	116
4.3.1.2 Generische Anwendungen .....	117
4.3.1.3 Ressourcen .....	118
4.3.1.4 Dienstleistungen des Systemteils .....	120
4.3.2 Systemteil .....	125
4.3.2.1 Benutzungsoberflächensystem .....	125
4.3.2.1.1 Präsentations-Manager .....	131
4.3.2.1.2 Interaktions-Manager .....	133
4.3.2.1.3 Dialog-Manager .....	135
4.3.2.2 Kommunikationssystem .....	137
4.3.2.2.1 Informations-und Objektmanager .....	143
4.3.2.2.2 Informationsunit .....	146
4.3.2.2.3 Kommunikationsunit .....	149
4.3.2.2.4 Synchronisationsunit .....	154
4.3.2.2.5 Kommunikationspipeline .....	156
4.3.2.2.6 Das offene Kommunikationskonzept - Beziehungen zum ISO-Referenzmodell .....	159
4.3.2.3 Konfigurationssystem .....	161
4.3.2.3.1 Konfigurationsmanagement .....	169
4.3.2.3.2 Anwendungskontext .....	172
4.3.2.3.3 Werkzeugkonfigurationsdaten .....	174
4.3.2.4 Systemressourcen .....	176
4.3.2.4.1 Fehlerbehandlung .....	179
4.3.2.4.2 Betriebssystem-Manager .....	181
4.3.2.4.3 Werkzeug-Manager .....	183
4.3.2.5 Wissens-Managementsystem .....	185
4.3.2.5.1 Wissen-Modellierungsunit .....	186
4.3.2.5.2 Wissen-Zugriffunit .....	188
4.3.2.6 Produktdaten-Managementsystem .....	190
4.3.2.6.1 Schemaverarbeitungsunit .....	194
4.3.2.6.2 Datenmanagementunit .....	196
4.3.2.6.3 Data Dictionary .....	200

---

4.3.3	Produktmodell .....	202
4.3.3.1	Generische Ressourcen .....	202
4.3.3.2	Anwendungsressourcen .....	204
4.3.3.3	Anwendungsprotokolle .....	206
4.3.4	Anwendungsspezifisches Wissen .....	208
4.3.4.1	Wissensressourcen .....	208
4.3.4.2	Generisches Wissen .....	209
4.3.4.3	Spezifisches Wissen .....	210
4.4	Integration .....	214
4.4.1	Integrationsebenen .....	214
4.4.2	Integrationstypen .....	217
4.4.3	Integrationsaspekte für das kooperative Arbeiten .....	222
4.4.3.1	Kooperationsprimitive des Anwendungsteils .....	224
4.4.3.2	Kooperationsprimitive des Systemteil .....	227
4.4.3.3	Architektur des Unterstützungssystems .....	230
<b>5</b>	<b>Beispiel für die Abbildung einer Konstruktionsaufgabe auf das Architekturschema .....</b>	<b>237</b>
5.1	Beschreibung der Konstruktionsaufgabe .....	237
5.1.1	Organisatorischer Aufbau der Produktentwicklungsgruppe .....	238
5.1.2	Vorgehensschritte bei der Problemlösung .....	243
5.1.3	Beschreibung der zur Aufgabenlösung benötigten CAD-Komponenten und deren Zuordnung zu den Schichten des Anwendungsteils .....	246
5.2	Arbeitsweise der Referenzarchitektur .....	250
5.2.1	Modellierungsbeispiel „Zahnradstiz gestalten“ .....	250
5.2.2	Kooperatives Arbeiten (CSCW) .....	255
5.3	Folgerungen aus dem Modell "Zahnradgetriebe" .....	275

<b>6</b>	<b>Umsetzungs- und Anwendungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse des Verbundprojekts CAD-Referenzmodell</b> .....	<b>276</b>
6.1	Umsetzungsmöglichkeiten für Klein-, Mittel- und Großbetriebe .....	276
6.2	Umsetzungsmöglichkeiten für unterschiedliche Branchen .....	280
6.3	Anwendungsmöglichkeiten bei der Entwicklung zukünftiger CAD-Systeme .....	283
6.4	Bezug der Forschungsarbeiten zur nationalen und internationalen Normung .....	284
6.4.1	Normen und Standards für die Benutzungsschnittstelle .....	285
6.4.2	Standardisierung von Datenaustausch-Schnittstellen .....	288
6.4.3	Kommunikationsstandards .....	289
6.4.4	Graphikstandards .....	290
6.4.5	European CAD Standardization Initiative (ECSI) und European CAD Integration Project (ECIP) .....	292
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>294</b>
<b>8</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>295</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>298</b>
	<b>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen</b> .....	<b>309</b>
	<b>Anhang - Referenzglossar</b> .....	<b>314</b>

## Bild- und Tabellenverzeichnis

Bild 2.1:	Gestaltungsfelder einer integrierten und menschengerechten Arbeits- und Technikgestaltung .....	10
Bild 2.2:	Betriebliche Szenarien und Anforderungen an die Systemgestaltung .....	14
Bild 2.3:	Aufbauorganisation eines Mittelbetriebes, Ist-Zustand .....	17
Bild 2.4:	Aufbauorganisation eines Mittelbetriebes, Soll-Konzept .....	20
Bild 2.5:	Aufbauorganisation eines Kleinbetriebes, Soll-Konzept .....	21
Bild 2.6:	Aufbauorganisation eines Großbetriebes, Soll-Konzept (Darstellung für das Hauptwerk) .....	22
Bild 2.7:	Auftragsablauf eines Mittelbetriebes, Soll-Zustand .....	24
Bild 2.8:	Beispiel für eine selbständige Produktentwicklungsgruppe mit qualifizierter Assistenz .....	29
Tabelle 2.1:	Klassifizierung der Betriebe .....	15
Tabelle 2.2:	Aufgaben im Auftragsablauf eines Mittelbetriebs (am Beispiel des Produktentwurfs) .....	26
Tabelle 2.3:	Kooperation in der Produktentwicklungsgruppe .....	32
Bild 3.1:	Einflußnahme des Produktlebenszyklus auf das Konstruieren .....	66
Bild 3.2:	Möglichkeiten der rechnerunterstützten Informationsbeschaffung .....	68
Bild 3.3:	Merkmale zur Wissenstrukturierung .....	69
Bild 3.4:	Anwendung eines Featuremodellierers als Integrationsbaustein .....	75
Bild 3.5:	Segmentiertes Totales Produktmodell .....	81
Bild 3.6:	Anforderungsprofil des Unterstützungssystems .....	89
Bild 3.7:	Klassifikation von CSCW-Anwendungen nach [Johanson 1988] .....	89

Bild 4.1:	Grundstruktur der Referenzarchitektur .....	93
Bild 4.2:	Struktur des Anwendungsteils .....	94
Bild 4.3:	Eigenschaften der Komponenten des Anwendungsteils .....	95
Bild 4.4:	Aktivierung der Schichten des Anwendungsteils .....	95
Bild 4.5:	Umfang der Funktionalität einer Anwendung .....	96
Bild 4.6:	Eigenschaften der Schichten des Anwendungsteils .....	98
Bild 4.7:	Struktur des Systemteils .....	101
Bild 4.8:	Realisierung der Interaktion der Komponenten des Anwendungs- und Systemteils .....	102
Bild 4.9:	Darstellung möglicher Instanzen der Kommunikationsschnittstelle (CSI) .....	103
Bild 4.10:	Phasen der Produktmodellentwicklung (nach [GAP 1993]) .....	104
Bild 4.11:	Aufbau des Produktmodells .....	105
Bild 4.12:	Vereinfachtes Systemverhalten von Produktmodell und Produktdaten-Managementsystem .....	106
Bild 4.13:	Aufbau des anwendungsspezifischen Wissens .....	109
Bild 4.14:	Optimierung der Konstruktion durch informales Wissen .....	111
Bild 4.15:	Kreislauf bei der Anwendung von formalem und informalem Wissen .....	111
Bild 4.16:	Zugriff auf das anwendungsspezifische Wissen .....	113
Bild 4.17:	Transparenter Zugriff auf das anwendungsspezifische Wissen .....	113
Bild 4.18:	Grobspezifizierte Referenzarchitektur .....	114
Bild 4.19:	Beispiele für spezifische Anwendungen .....	117
Bild 4.20:	Beispiele für generische Anwendungen .....	118
Bild 4.21:	Beispiele für Anwendungsressourcen .....	119
Bild 4.22:	Schnittstellenkonventionen einer Anwendungskomponente ....	124
Bild 4.23:	Struktur des Benutzungsoberflächensystems .....	127
Bild 4.24:	Zustandsübergangsdiagramm des Benutzungsoberflächensystems .....	129
Bild 4.25:	Globales Zustandsübergangsdiagramm zur Aktivierung von Anwendungsdialogen .....	129

Bild 4.26:	Die prinzipielle Struktur des Präsentationsmanagers .....	132
Bild 4.27:	Die Struktur des Interaktionsmanagers .....	134
Bild 4.28:	Die Struktur des Dialogmanagers .....	136
Bild 4.29:	Leistungsstufen des Kommunikationssystems .....	139
Bild 4.30:	Struktur des Kommunikationssystems .....	140
Bild 4.31:	Aufbau des Information and Object Manager .....	145
Bild 4.32:	Kommunikation in verteilten Systemen .....	146
Bild 4.33:	Struktur der Informationsunit .....	148
Bild 4.34:	IDL Interface Compiler - Erzeugung von Sourcecode für Client- und Server-Stubs .....	151
Bild 4.35:	Aufbau der Kommunikationsunit .....	152
Bild 4.36:	Grundprinzip des RPC - Kommunikation über Stub und das Transportsystem (statische Erzeugung von Objektaufrufen) ...	153
Bild 4.37:	Aufbau der Synchronisationsunit .....	155
Bild 4.38:	Kommunikation zwischen entfernten Komponenten .....	157
Bild 4.39:	Verwendung von Kommunikationskanälen .....	159
Bild 4.40:	Die globale Struktur des Konfigurationssystems .....	164
Bild 4.41:	Das globale Zustandsübergangsdiagramm .....	166
Bild 4.42:	Das Zustandsübergangsdiagramm aus Sicht einer Anwendung .....	167
Bild 4.43:	Das Zustandübergangsdiagramm aus der Sicht eines Anwendungswerkzeuges .....	169
Bild 4.44:	Die prinzipielle Struktur der Konfigurationsmanagement-Dienste .....	171
Bild 4.45:	Die prinzipielle Struktur des Anwendungskontextmanagers ....	173
Bild 4.46:	Die prinzipielle Struktur des Werkzeugkonfigurations- datenmanagers .....	175
Bild 4.47:	Relation: Auftrag/Aufgabe - Konfiguration - Werkzeug(e) .....	176
Bild 4.48:	Struktur der Systemressourcen .....	178
Bild 4.49:	Struktur des Error Handlers .....	180
Bild 4.50:	Struktur des Betriebssystemmanagers .....	182
Bild 4.51:	Struktur des Werkzeugmanagers .....	184

Bild 4.52:	Struktur des Wissen-Managementsystems .....	186
Bild 4.53:	Struktur der Wissen-Modellierungseinheit .....	187
Bild 4.54:	Struktur der Wissen-Zugriffseinheit .....	189
Bild 4.55:	Struktur des Produktdaten-Managementsystems .....	192
Bild 4.56:	Schnittstellen des Produktdaten-Managementsystems .....	193
Bild 4.57:	Struktur der Schemaverarbeitungseinheit .....	195
Bild 4.58:	Struktur der Datenmanagementeinheit .....	197
Bild 4.59:	Arbeitsbereiche von Benutzern bzw. Benutzergruppen .....	199
Bild 4.60:	Struktur des Data Dictionary .....	200
Bild 4.61:	Struktur der generischen Ressourcen .....	203
Bild 4.62:	Struktur der Anwendungsressourcen .....	205
Bild 4.63:	Beispiele für Wissensressourcen .....	209
Bild 4.64:	Beispiele für Generisches Wissen .....	210
Bild 4.65:	Beispiele für Spezifisches Wissen .....	211
Bild 4.66:	Hierarchischer Zugriff auf den Wissensbaum .....	212
Bild 4.67:	Trennung von methodenspezifischen und allgemeinem Wissen .....	213
Bild 4.68:	Integrationsebenen im CAD-Referenzmodell .....	216
Bild 4.69:	Integrationsmatrix im CAD-Referenzmodell .....	217
Bild 4.70:	Integrationstypen im CAD-Referenzmodell .....	219
Bild 4.71:	Qualität der Integrationstypen bezogen auf Kommunikation und Kooperation .....	220
Bild 4.72:	Realisierung der Integrationstypen über das Kommunikationssystem .....	222
Bild 4.73:	Einordnung der Kooperationsprimitive in die Gesamtarchitektur .....	223
Bild 4.74:	Struktur des CSCW-Tools .....	225
Bild 4.75:	Aufbau und Arbeitsweise innerhalb des Kommunikationssystems .....	228
Bild 4.76:	Unterstützungssystem für direkt integrierte Komponenten .....	231
Bild 4.77:	Unterstützungssystem für gekapselt integrierte Komponenten .....	232

<b>Bild 4.78:</b>	<b>Unterstützungssystem für gekoppelt integrierte Komponenten</b> .....	<b>232</b>
<b>Bild 4.79:</b>	<b>Mediatorunterstütztes Interaktionsmodell</b> .....	<b>236</b>
<b>Bild 4.80:</b>	<b>Autonomes Interaktionsmodell</b> .....	<b>236</b>
<b>Bild 5.1:</b>	<b>Aufbauorganisation des beispielhaften Gesamtbetriebs</b> .....	<b>239</b>
<b>Bild 5.2:</b>	<b>Aufbauorganisation des Zweigwerks des beispielhaften Betriebs</b> .....	<b>240</b>
<b>Bild 5.3:</b>	<b>Produktentwicklungsgruppe für mechanische Getriebe des beispielhaften Betriebs</b> .....	<b>242</b>
<b>Bild 5.4:</b>	<b>Aufgaben bei der Getriebeentwicklung (Teil 1)</b> .....	<b>244</b>
<b>Bild 5.5:</b>	<b>Aufgaben bei der Getriebeentwicklung (Teil 2)</b> .....	<b>245</b>
<b>Bild 5.6:</b>	<b>Überblick über Abhängigkeiten bei der Gestaltung einer Getriebewelle</b> .....	<b>246</b>
<b>Bild 5.7:</b>	<b>Arbeitsabläufe bei der Lagerauslegung und der Gestaltung von Welle-Nabe-Verbindungen</b> .....	<b>247</b>
<b>Bild 5.8:</b>	<b>Ablauf im Architekturschema bei der Modellierung eines Zahnradsitzes</b> .....	<b>254</b>
<b>Bild 5.9:</b>	<b>Arbeitsaufgaben im Konstruktionsteam</b> .....	<b>257</b>
<b>Bild 5.10:</b>	<b>Ablauf im Architekturschema bei Initiierung der Sitzung, Zusammenstellen der Konferenzakte und Verbindungsaufbau</b> .....	<b>260</b>
<b>Bild 5.11:</b>	<b>Information der Konstruktionsfachkraft zu Konferenzvorschlag des Berechnungsingenieurs</b> .....	<b>263</b>
<b>Bild 5.12:</b>	<b>Ablauf beim Visualisieren von Berechnungs- und Entwurfsergebnissen (Arbeitsphase der Sitzung)</b> .....	<b>266</b>
<b>Bild 5.13:</b>	<b>Diskussion von Lösungsvarianten</b> .....	<b>268</b>
<b>Bild 5.14:</b>	<b>Ablauf bei der gemeinsamen Durchführung einer Recherche zu Lagerwerten (Arbeitsphase der Sitzung)</b> .....	<b>271</b>
<b>Bild 5.15:</b>	<b>Ablauf im Architekturschema bei Beendigung der Sitzung</b> .....	<b>274</b>