

Reiner Anderl · Pablo Castro

CAD/CAM

Auf dem Weg zu einer
branchenübergreifenden Integration

Mit 147 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London
Paris Tokyo Hong Kong Barcelona 1990

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | CAD/CAM-Systeme im Produktentstehungsprozeß | 4 |
| 2.1 | Begriffsdefinitionen für den Rechneinsatz im Produktentstehungsprozeß | 5 |
| 2.2 | Der Produktlebenszyklus | 8 |
| 2.2.1 | Das Produkt aus der Sicht des Produzenten | 8 |
| 2.2.2 | Das Produkt aus technischer Sicht | 10 |
| 2.2.3 | Das Produkt aus der Sicht des Anwenders | 11 |
| 2.3 | Der Produktentstehungsprozeß als Teil des Produktlebenszyklus | 12 |
| 2.4 | Branchenspezifische Vorgehensweisen bei der Produktentwicklung | 14 |
| 2.5 | Literatur zu Kapitel 2 | 19 |
| 3 | Merkmale der CAD/CAM-Technologie | 21 |
| 3.1 | Eigenschaften von CAD/CAM-Systemen | 22 |
| 3.2 | Daten im CAD/CAM-Prozeß | 25 |
| 3.2.1 | Abbildung von Produktmerkmalen | 28 |
| 3.2.2 | Randbedingungen für die Abbildung von Produktmerkmalen | 30 |
| 3.3 | Kommunikation mit CAD/CAM-Systemen | 31 |
| 3.4 | Literatur zu Kapitel 3 | 35 |
| 4 | Datenintegration | 36 |
| 4.1 | Integration über Datenbanken | 37 |
| 4.1.1 | Systemarchitektur von Datenbanken | 37 |
| 4.1.2 | Datenbankentwurf | 40 |
| 4.1.2.1 | Informationsbedarfsanalyse | 42 |
| 4.1.2.2 | Konzeptioneller Entwurf | 42 |
| 4.1.2.3 | Logischer Entwurf | 45 |
| 4.1.2.4 | Physischer Entwurf | 51 |
| 4.2 | Integration über Schnittstellen zum Austausch produktdefinierender Daten | 52 |
| 4.2.1 | Entwicklung von Schnittstellen | 53 |
| 4.2.2 | Industriell genutzte Schnittstellen | 56 |
| 4.2.2.1 | Initial Graphics Exchange Specification (IGES) | 56 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.2.2.2 | Standard d'Echange et de Transfert (SET) | 59 |
| 4.2.2.3 | Flächenschnittstelle des Verbands der Automobilindustrie (VDAFS) .. | 62 |
| 4.2.3 | Weitere Schnittstellenentwicklungen | 64 |
| 4.2.3.1 | Electronic Design Interchange Format (EDIF) | 64 |
| 4.2.3.2 | Product Definition Data Interface (PDDI) | 65 |
| 4.2.3.3 | CAD Interfaces (CAD*I) | 66 |
| 4.2.3.4 | Product Data Exchange Specification (PDES) | 66 |
| 4.2.3.5 | Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP) | 67 |
| 4.2.4 | Vergleich der Schnittstellenkonzepte | 72 |
| 4.2.5 | Implementierungskonzepte für Schnittstellen | 75 |
| 4.2.6 | Normteile | 78 |
| 4.3 | Literatur zu Kapitel 4 | 79 |
| 5 | CAD/CAM-Anwendungen | 82 |
| 5.1 | Maschinenbau | 82 |
| 5.1.1 | Produktentwicklung (CAE/CAD) | 87 |
| 5.1.1.1 | Verfahren und Modelle für das geometrische Modellieren | 90 |
| 5.1.1.2 | Klassifikation und Suche ähnlicher Bauteile | 95 |
| 5.1.2 | Fertigungsplanung(CAP), Produktherstellung (CAM) und Qualitätssicherung(CAQ) | 98 |
| 5.2 | Mikroelektronik | 106 |
| 5.2.1 | Der Entwurfsprozeß | 109 |
| 5.2.2 | Die Entwurfsstile und -technologien | 110 |
| 5.2.3 | Anforderungen an CAD-Systeme in der Mikroelektronik | 114 |
| 5.2.4 | Entwurf integrierter Schaltungen für CAD/CAM-Anwendungen | 115 |
| 5.2.4.1 | Entwurfsprozeß integrierter Schaltungen mit einem Silicon Compiler, | 116 |
| 5.2.4.2 | Vorstellung des Entwurfsprozesses an Hand von Beispielen | 121 |
| 5.2.4.3 | Ausblick | 138 |
| 5.3 | Architektur | 139 |
| 5.3.1 | Die Arbeit der Architekten | 139 |
| 5.3.2 | Der CAD-Einsatz | 142 |
| 5.3.2.1 | Bauspezifische CAD-Systeme | 143 |
| 5.3.2.2 | Der aktuelle CAD-Einsatz | 144 |
| 5.3.2.3 | Kurz- und mittelfristige Entwicklungen und Forderungen | 148 |
| 5.3.2.4 | Langfristige Entwicklungen und Forderungen | 149 |
| 5.4 | Bauingenieurwesen | 150 |
| 5.4.1 | Bereiche des Bauingenieurwesens | 150 |
| 5.4.2 | CAD - Einsatz in der Planung und Erstellung von Bauwerken | 151 |
| 5.4.2.1 | Findung des statischen und dynamischen Tragsystems | 152 |
| 5.4.2.2 | Wahl der Baustoffe und des Bauverfahrens, sowie Vordimensionierung und Ermittlung der Belastung | 154 |
| 5.4.2.3 | Nachweis des Tragsystems | 155 |
| 5.4.2.4 | Planung der Bauteile | 156 |
| 5.4.2.5 | Planung des Bauverfahrens und der Bauleistung | 157 |
| 5.4.2.6 | Planung und Organisation der Bauausführung | 158 |
| 5.4.2.7 | Bauausführung und Qualitätskontrolle | 160 |
| 5.4.2.8 | Nachkalkulation | 161 |

| | | |
|--|--|------------|
| 5.4.2.9 | Dokumentation..... | 162 |
| 5.5 | Automatisierung in der Bauproduktion | 162 |
| 5.5.1 | Die gegenwärtige Situation der Bauwirtschaft..... | 163 |
| 5.5.2 | Gegenwärtige Probleme der Baurobotereinführung..... | 164 |
| 5.5.2.1 | Robotergerichtetes Planen, Entwickeln und Konstruieren..... | 164 |
| 5.5.2.2 | Probleme bei der Integration der Robotertechnologie..... | 165 |
| 5.5.2.3 | Anforderungen bezüglich Arbeitsraum und Nutzlast..... | 167 |
| 5.5.2.4 | Probleme von Baurobotern mit großem Arbeitsraum und Nutzlast... 168 | |
| 5.5.2.5 | Mobile Roboter und fahrerlose Transportsysteme (FTS) für das Bauwesen | 169 |
| 5.5.3 | Tendenzen für Robotereinsätze | 169 |
| 5.5.4 | Stand der Robotertechnologie im Bauwesen | 170 |
| Entwicklungsstufen eines autonomen Bauroboters | 171 | |
| 5.5.5 | Ausblick: Der automatisierte Baubetrieb | 174 |
| 5.5.6 | Rechnerintegration von Baurobotersystemen | 175 |
| 5.5.7 | Zusammenfassung | 177 |
| 5.6 | Literatur zu Kapitel 5..... | 178 |
| 6 | Unterstützung von CAD/CAM-Anwendungen durch wissensbasierte Systeme.... | 182 |
| 6.1 | Verfahren für den Aufbau wissensbasierter Systeme | 182 |
| 6.2 | Ausgewählte Anwendungen | 185 |
| 6.2.1 | Wissensbasierte CAD-Systeme - am Beispiel des intelligenten Designwerkzeugs ARMILLA | 185 |
| 6.2.1.1 | Der Anwendungsbereich von ARMILLA | 186 |
| 6.2.1.2 | Das Installationsmodell..... | 186 |
| 6.2.1.3 | Das Konzept des Designwerkzeugs..... | 191 |
| 6.2.1.4 | Die grafische Benutzeroberfläche..... | 192 |
| 6.2.1.5 | Das Datenmodell..... | 194 |
| 6.2.1.6 | Tests und XPS-Komponenten..... | 197 |
| 6.2.1.7 | Implementierung von ARMILLA | 200 |
| 6.2.2 | Expertensystem für die Planung und Bemessung der Bewehrung in Stahlbetonbauteilen | 200 |
| 6.2.2.1 | Der Bewehrungsprozeß..... | 200 |
| 6.2.2.2 | Allgemeine Anforderungen an das Expertensystem | 201 |
| 6.2.2.3 | Strukturierung von Stahlbetonteilen in funktionale Elemente | 202 |
| 6.2.2.4 | Innere Struktur der funktionalen Elemente | 203 |
| 6.2.2.5 | Einbau der funktionalen Elemente..... | 204 |
| 6.2.2.6 | Struktur des Bewehrungsprozesses | 206 |
| 6.2.2.7 | Erscheinungsbild..... | 207 |
| 6.2.2.8 | Leistungsumfang..... | 208 |
| 6.2.2.9 | Komponenten des Expertensystems | 209 |
| 6.2.2.10 | Struktur der Vorschriftenbank..... | 212 |
| 6.2.2.11 | Architektur des Problemlösers | 213 |
| 6.3 | Literatur zu Kapitel 6..... | 214 |

| | |
|--|------------|
| 7 CAD/CAM-Prozeßketten | 216 |
| 7.1 Integrierter Informationsfluß von der rechnerunterstützten Konstruktion zur numerisch gesteuerten Fertigung | 218 |
| 7.1.1 Integrationsmodelle der CAD/CAM-Prozeßkette | 219 |
| 7.1.2 Methoden der NC-Programmierung | 222 |
| 7.1.2.1 Manuelle Programmierung | 223 |
| 7.1.2.2 Maschinelle Programmierung mit Programmiersprachen | 223 |
| 7.1.2.3 Grafisch-interaktive Werkstattprogrammierung | 224 |
| 7.1.2.4 Programmierung mit integrierten CAD/CAM-Arbeitsplätzen | 225 |
| 7.1.3 NC-Programmiersystem für die spanende Fertigung | 226 |
| 7.1.3.1 Systembeschreibung | 226 |
| 7.1.3.2 Hauptfunktionen des NC-Programmiersystems | 228 |
| 7.2 Rechnerunterstützte Planung der Qualitätsprüfung mit CAD | 230 |
| 7.2.1 Verfahren der Prüfplanung | 232 |
| 7.2.1.1 Manuelle Prüfplanerstellung | 233 |
| 7.2.1.2 Rechnerunterstützte Prüfplanerstellung | 234 |
| 7.2.2 Verfahren der NC-Programmierung für Koordinatenmeßgeräte | 235 |
| 7.2.2.1 On line-Programmierung (Lernprogrammierung) | 238 |
| 7.2.2.2 Off line-Programmierung | 238 |
| 7.2.2.3 Programmierung mit CAD-Unterstützung | 239 |
| 7.2.3 GEMINI - Generieren von Meßabläufen in integrierten Produktionssystemen | 239 |
| 7.2.3.1 Prüfplanung am CAD-System | 240 |
| 7.2.3.2 Meßgeräteprogrammierung am CAD-System | 244 |
| 7.3 Integration von CAD und Robotik | 248 |
| 7.3.1 Planungsablauf in einer Robotik Prozeßkette | 249 |
| 7.3.1.1 Bauteilbeschreibung | 250 |
| 7.3.1.2 Aktionsplanung | 250 |
| 7.3.1.3 Simulation und Ausführung | 253 |
| 7.3.2 Modellbildung | 254 |
| 7.3.2.1 Analyse von Roboterarbeitszellen | 256 |
| 7.3.2.2 Modellierung der Roboterarbeitszelle | 259 |
| 7.3.2.3 Implementierung des Roboterweltmodells | 265 |
| 7.3.3 Funktionale Nachbildung | 265 |
| 7.3.4 Off line-Programmierung und Simulation | 267 |
| 7.3.5 Fallbeispiel - ROSI : Entnahme von Werkstücken aus einem Umlaufkommissionierspeicher | 269 |
| 7.4 Literatur zu Kapitel 7 | 272 |
| 8 Nachwort | 274 |
| Autorenliste | 276 |