

# Inhalt

<b>Vorwort</b>		<b>5</b>
<b>Inhalt</b>		<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>17</b>
1.1	Historische Entwicklung	17
1.1.1	Drei Jahrzehnte CAD	17
1.1.2	Hardware	20
1.1.3	PDM	21
1.1.4	Datenkommunikation	21
1.1.5	CIM und PLM	21
1.2	Warum Digital Prototyping?	22
1.2.1	Innovationszyklen verkürzen	22
1.2.2	Bessere Lösungen finden	22
1.2.3	Globalisierung	23
1.2.4	Erschwingliche Lösungen	23
<b>2</b>	<b>Die wichtigsten Anbieter</b>	<b>25</b>
2.1	Autodesk	25
2.1.1	Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugbau	26
2.1.2	Bau, Architektur, Kartografie	26
2.1.3	Media und Entertainment	27
2.2	Dassault Systèmes	27
2.2.1	PLM	28
2.2.2	Mainstream 3D	28
2.3	PTC	29
2.3.1	Enterprise Solutions	30
2.3.2	Desktop Solutions	30
2.3.3	Services Solutions	30
2.4	Siemens PLM Software	31
2.4.1	Digital Product Development	31
2.4.2	Digital Manufacturing	31
2.4.3	Digital Lifecycle Management	31

# Inhalt

2.4.4	Velocity Series	32
<b>3</b>	<b>Ideenfindung und Konzeption</b>	<b>33</b>
3.1	Digitale Skizzen	33
3.1.1	Skizzieren in Mechanik-CAD-Systemen	33
3.1.2	Digitales Entwerfen	35
3.1.3	Digitizer statt Papier	36
3.1.4	Computerunterstützter Duktus	38
3.1.5	Übergang 2D-3D	38
3.1.6	3D-Scanner	40
3.1.7	Konvergenz der Ideen	41
3.2	Industriedesign	42
3.2.1	Höchste Ansprüche im Automobilbau	44
3.2.2	Höhere Mathematik für perfekte Ästhetik	45
3.2.3	Kurze Wege bei der Designentwicklung	45
3.3	Wissensmanagement	46
3.3.1	Wissenswerkzeug Wiki	47
3.3.2	Motivation der Autoren	47
3.3.3	Einfache Bedienung, geringe Kosten	47
3.3.4	Wikis für Unternehmen	48
3.3.5	Vorbehalte schwinden	48
3.3.6	Beispiel Schaeffler-Gruppe	48
<b>4</b>	<b>3D-Modell: Basis des digitalen Prototyps</b>	<b>51</b>
4.1	2D-CAD	51
4.2	3D-CAD	52
4.2.1	Vollständigkeit	52
4.2.2	Enge Bauräume	53
4.2.3	Innovativere Lösungen	53
4.2.4	Leicht zu erlernen	54
4.2.5	Die wichtigsten Schritte in zweieinhalb Tagen	54
4.2.6	Selbststudium ist teuer	55
4.3	Parametrische Bauteilkonstruktion	56
4.3.1	Parametrische Skizze	56
4.3.2	3D-Elemente	56
4.4	Parametrische Baugruppenkonstruktion	57
4.4.1	Produktfamilien	58

4.4.2	Strukturierte Stückliste für Produktfamilien	59
4.4.3	PDM-Integration	60
4.4.4	Anwenderbeispiele	61
4.5	Produktkonfiguration und automatisierte Konstruktion	63
4.5.1	Erweiterung der Konfigurationslogik	63
4.5.2	Datenbankintegration	64
4.5.3	Online-Produktkonfiguration	65
4.5.4	Hohe Kostenvorteile erzielbar	65
4.6	Kaufteile und Normteile	66
4.6.1	Teilemanagement	68
4.7	Große Baugruppen	70
4.7.1	Was sind „große“ Baugruppen?	70
4.7.2	Wie lässt sich die System-Performance optimieren?	71
4.7.2.1	Methodische Arbeitsweise, Regeln	71
4.7.2.2	Vorausschauend konstruieren	72
4.7.2.3	Hardware, Netzwerk, Software	74
4.8	Parametrische oder direkte Modellierung	75
4.8.1	Parametrik ist ideal – aber nicht für alles	75
4.8.2	PTC: CoCreate	75
4.8.3	Synchronous-Technologie von Siemens PLM Software	76
4.8.4	Autodesk Inventor Fusion	76
4.8.4.1	Weniger ist mehr	78
4.8.4.2	Freies Skizzieren und Modellieren	79
4.8.4.3	Direkte Änderungen	80
4.8.4.4	Parametrische und direkte Modellierung wachsen zusammen	82
<b>5</b>	<b>Branchenlösungen</b>	<b>83</b>
5.1	Blechkonstruktion	83
5.1.1	Räumliche Blechteile konstruieren	83
5.1.2	Ablauf der 3D-Blechkonstruktion	84
5.1.3	Funktionen	85
5.1.4	Abwicklung und Längskorrektur	85
5.1.5	Voreinstellungen	86
5.1.6	Aufbau eines Blechteils	87
5.1.6.1	Fläche	88
5.1.6.2	Lasche	88
5.1.6.3	Form	88

# Inhalt

5.1.6.4	Biegung	89
5.1.6.5	Ecken	89
5.1.6.6	Konturlaschen	91
5.1.6.7	Profilrollen	92
5.1.6.8	Ausklinkung	93
5.1.6.9	Falz	94
5.1.6.10	Falten	94
5.1.6.11	Eckverbindung	95
5.1.6.12	Biegung	95
5.1.6.13	Stanzwerkzeug	96
5.1.6.14	Übergangsfansch	98
5.1.7	Bauteilefamilien	98
5.1.8	Verbindungselemente	99
5.1.9	Abwicklung	100
5.1.10	Fertigungszeichnungen	101
5.1.11	Daten für die Fertigung	102
5.1.12	Innovativere Lösungen, Fehlversuche vermeiden	103
5.2	Schweißkonstruktion	104
5.2.1	Schweißbaugruppen	104
5.2.2	Drei Fertigungsphasen	105
5.3	Anlagenbau (kleine Anlagen)	107
5.3.1	Stahlbaukonstruktion	108
5.3.1.1	Platzierung der Profile	108
5.3.1.2	Ausprägung der Verbindungen	109
5.3.1.3	Gehrungsschnitt	109
5.3.1.4	Stoßverbindung	110
5.3.1.5	Profile passend beschneiden	110
5.3.1.6	Profileigenschaften	110
5.3.1.7	Geländer und Handläufe	111
5.3.1.8	Berechnungen integriert	112
5.3.2	Rohrleitungen	113
5.3.2.1	Selbstentleerende Leitungen	114
5.3.2.2	Flexible Schläuche	114
5.3.2.3	Stücklisten auf Knopfdruck	115
5.3.2.4	Integrierte PDM-Lösung	115
5.3.2.5	Geringere Kosten – höhere Qualität	116

5.4	Anlagenbau (Großanlagen)	116
5.4.1	P&ID-Fließschemata	117
5.4.2	3D-Anlagenkonstruktion	118
5.4.2.1	Stahlbau	118
5.4.2.2	Rohrleitungen	119
5.4.2.3	Dokumentation	119
5.4.2.4	Listengenerierung	120
5.4.3	Alle Gewerke einbinden	120
5.4.4	Vierdimensionale Baustelle	123
5.4.5	Beispiele: Stahlproduktionsanlagen	123
5.4.5.1	voestalpine Stahl GmbH	123
5.4.5.2	SMS Concast AG	124
5.5	Kunststoff-Spritzguss	125
5.5.1	Wachsende Ansprüche	126
5.5.2	Digitale Technologien	127
5.5.3	Spritzgussmaschine	128
5.5.4	Detailkonstruktion	129
5.5.5	Werkzeug- und Formenbau	129
5.5.6	Ablauf der Werkzeugkonstruktion	131
5.5.7	Konstruktion von Familienwerkzeugen	138
5.5.8	Auswerfer und Stifte	138
5.5.9	Schieber	138
5.5.10	Simulation und Optimierung des Spritzgussvorgangs	139
5.5.11	Fertigung der Form	139
<b>6</b>	<b>Maschinenelemente und Auslegung</b>	<b>141</b>
6.1	Ingenieurgrundwissen integriert	141
6.2	Schraubverbindungsgenerator	143
6.3	Schraubenberechnung	145
6.4	Einfügen mit „Autodrop“	146
6.5	Konstruktion und Berechnung von Wellen	146
6.6	Auswahl und Auslegung von Lagern	150
6.7	Auslegung von Kegelrädern	151
6.8	Weitere Berechnungsverfahren	152
6.9	Stahlbau-Berechnungen	153
6.10	Zeit sparen – Fehler vermeiden	154

# Inhalt

<b>7</b>	<b>Simulation</b>	<b>155</b>
7.1	Dynamische Systeme	155
7.1.1	Beispiele	156
7.1.2	Ablauf	157
7.2	Integrierte FE-Analysen	158
7.2.1	FEM-Netz	159
7.2.2	Ablauf	160
7.2.3	Ergebnisdarstellung	161
7.3	Simulation von Strömungen und Wärmeübertragung	161
7.3.1	Grundbegriffe	162
7.3.1.1	Fluiddynamik	162
7.3.1.2	Wärmeübertragung	162
7.3.2	CFD-Anwendungen	164
7.3.3	Anwendungsbeispiele	165
7.4	Universelle CAE-Software-Pakete	167
7.4.1	CAD-Integration	168
7.4.2	Diskretisierung	169
7.4.3	Vorbereitung	169
7.4.4	Multiphysik (Multiphysics)	170
7.4.5	Ergebnisdarstellung	171
7.5	Spritzgussimulation	171
7.5.1	CAD-integrierte Simulation	172
7.5.1.1	Materialauswahl	172
7.5.1.2	Anspritzpunkte	173
7.5.1.3	Prozesseinstellungen	173
7.5.1.4	Simulation des Füllvorgangs	174
7.5.1.5	Simulation der Schwindung	175
7.5.1.6	Datenexport	176
7.5.2	Simulation für Experten	176
7.5.2.1	Optimierung des digitalen Prototyps	176
7.5.2.2	Kühlung, Schwund, Verzug	178
7.5.2.3	Autodesk Moldflow Insight	178
7.5.2.4	Anwenderbeispiel	179
<b>8</b>	<b>Visualisierung</b>	<b>181</b>
8.1	Darstellungen in der Konstruktion	182
8.2	Rendering	182

8.3	Rendering für Einsteiger	183
8.4	Rendering für Fortgeschrittene	185
8.4.1	Bildgröße	185
8.4.2	Beleuchtung	186
8.4.3	Szenen	186
8.4.4	Rendertyp	187
8.4.5	Antialiasing und illustrative Darstellung	187
8.5	Visualisierung für Profis	187
8.5.1	Oberflächen	188
8.5.2	Beleuchtung	188
8.5.3	Komponenten mit Eigenlicht	189
8.5.4	Weiche Schatten	190
8.5.5	Beleuchtungshinweise	190
8.5.6	Kamera	192
8.5.7	Animation	193
8.5.7.1	Komponenten animieren	193
8.5.7.2	Kamera animieren	194
8.6	Design-Kommunikation	195
8.6.1	Multi-CAD-Unterstützung	196
8.6.2	Daten organisieren	197
8.6.3	Realistische Materialien	197
8.6.4	Umgebungsschatten	197
8.6.5	Szenen erstellen und bearbeiten	198
8.6.6	Untersuchung von Entwurfsalternativen	198
8.6.7	Animation	199
8.6.8	Drehtisch	199
8.6.9	Storyboard	199
8.6.10	Realtime Raytracing	200
8.6.11	Globale Design Reviews	201
8.6.12	Bessere Entscheidungen	201
8.6.13	Gute Bilder lohnen sich	202
<b>9</b>	<b>Elektrokonstruktion</b>	<b>203</b>
9.1	Mechatronik	203
9.2	Technologie-Anforderungen	204
9.3	Beispiel: AutoCAD eccad	205
9.3.1	Alles unter Kontrolle	206

# Inhalt

9.3.2	Symbole und Makros	208
9.3.3	Querverweise	210
9.3.4	Konform mit Normen	210
9.3.5	Vielsprachigkeit	211
9.3.6	Artikeldatenbank	211
9.3.7	Fehlervermeidung	212
9.3.8	Automatisierung	213
9.3.9	Auswertung und Prüffunktionen	213
9.3.10	Schnittstellen	214
9.3.11	Verwaltung & Wiederverwendung	215
9.3.12	Ausgabe	215
9.4	Kabelbaumkonstruktion	215
9.4.1	Verdrahtung mit System	217
9.4.2	Import von Kabelbaumdaten	217
9.4.3	Elektrische Bauteile	217
9.4.4	Kabelbaum erstellen	218
9.4.5	Drähte und mehradrige Kabel erstellen	219
9.4.6	Segmente	219
9.4.7	Routing	219
9.4.8	Spleißobjekte	219
9.4.9	Flachbandkabel	220
9.4.10	Dokumentation	220
9.4.11	Listen und Berichte	220
10	<b>Produktdatenmanagement (PDM)</b>	221
10.1	Grundbegriffe	221
10.1.1	PDM oder PLM?	222
10.1.2	Artikel	222
10.1.3	Dokumente	223
10.1.4	Projekte	223
10.1.5	Version - Revision - Variante	224
10.1.6	Stücklisten	224
10.1.7	Klassifizierung	224
10.1.8	Benutzerverwaltung	225
10.1.9	Status und Workflow	225
10.1.10	Konfigurationsmanagement und Änderungswesen	226
10.1.11	Datenmanagement in verteilten Organisationen	226



10.1.12	Viewing-Funktionen	227
10.1.13	Web-Zugriff	227
10.1.14	Anpassungsfähigkeit	227
10.1.15	PDM ist erschwinglich	227
10.2	Wozu PDM?	228
10.2.1	Jede Version exakt definieren	229
10.2.2	Änderungen dokumentieren	229
10.2.3	Verwendungsnachweis	229
10.2.4	Wer ist verantwortlich?	230
10.2.5	Wer wacht über die wertvollen Daten?	230
10.2.6	Standardisierung und schnelle Suche	232
10.2.7	Elektronischer Freigabeprozess	233
10.2.8	Zuverlässige Stücklistenverwaltung	234
10.2.9	Dokumentationspflichten erfüllen	234
10.2.10	Entwicklungszyklen verkürzen	235
10.3	Branchenspezifische Anforderungen an PDM	235
10.3.1	Serienfertigung	235
10.3.2	Auftragsfertigung	236
10.3.2.1	Verbessertes Kostenmanagement	237
10.3.2.2	Beschleunigte Abwicklung	237
10.4	PDM-Einführungsplanung	238
10.4.1	Dreh- und Angelpunkt: Konstruktion	239
10.4.2	Altdaten-Übernahme	239
10.4.3	ECAD- und CAE-Daten integriert verwalten	240
10.4.4	Das Pferd von der richtigen Seite aufzäumen	240
10.4.5	Aufwand und Kosten sparen	241
10.4.6	Praktikable Lösungen	241
10.4.7	2D-Daten	242
10.4.8	Zusammenarbeit über mehrere Standorte	242
11	<b>Fertigung</b>	<b>243</b>
11.1	Rapid Prototyping	243
11.2	Rapid Manufacturing	245
11.3	CAM – Integration der Fertigung	248
11.3.1	BleCHFertigung	248
11.3.1.1	Laserstrahlschneiden	248
11.3.1.2	Wasserstrahlschneiden	249

# Inhalt

11.3.2	Modellbau, Formenbau	250
11.3.2.1	Fräsen	250
11.3.2.2	Erodieren	252
<b>12</b>	<b>Produktpublikationen</b>	<b>253</b>
12.1	Dokumentarten	253
12.1.1	Pre-Sales	253
12.1.2	Post-Sales	253
12.2	Zielgruppen	254
12.3	Medien	254
12.4	Formale Anforderungen	254
12.5	Technische Illustration	255
12.5.1	Techniken und Stilmittel	256
12.6	Text	257
<b>13</b>	<b>Nachhaltigkeit</b>	<b>259</b>
13.1	Endzeit und Anfang	259
13.2	Anforderungen	259
13.3	Chancen	261
<b>14</b>	<b>Digital Prototyping macht sich bezahlt</b>	<b>263</b>
14.1	Kosten der Entwicklung	263
14.2	Problem: Langläufer	264
14.3	Informationsverluste vermeiden	264
14.4	Erfolge mit virtuellen Prototypen	265
14.5	Planungsaufwand deutlich reduziert	266
14.6	Was Anwender sagen	266
<b>Akronyme</b>		<b>273</b>
<b>Index</b>		<b>275</b>
<b>Literatur</b>		<b>287</b>