

Inhalt

1 Einleitung zur Computerunterstützten Fertigung.....	1
1.1 Aktuelle Herausforderungen.....	3
1.2 Einführung in die Computerunterstützte Fertigung	5
1.3 Literatur zu Kapitel 1	10
2 Fertigungstechnik.....	11
2.1 Aufgaben der Fertigungstechnik.....	11
2.2 Grundbegriffe der Fertigungstechnik.....	12
2.3 Einteilung der Fertigungsverfahren	12
2.4 Kurzbeschreibung der einzelnen Fertigungsverfahren.....	14
2.4.1 Urformen	14
2.4.2 Umformen	15
2.4.3 Trennen.....	17
2.4.4 Fügen.....	18
2.4.5 Beschichten	19
2.4.6 Stoffeigenschaft ändern.....	21
2.5 Spanende Fertigungsverfahren.....	21
2.5.1 Einteilung der spanenden Fertigungsverfahren	22
2.5.2 Drehen	24
2.5.3 Bohren, Senken, Reiben	25
2.5.4 Fräsen	27
2.6 Wahl des anzuwendenden Fertigungsverfahrens	29
2.6.1 Technologische und wirtschaftliche Anforderungen	29
2.6.2 Beschreibung der Fertigungsaufgabe	32
2.6.3 Anwendungsgerechte Konstruktion (DFX).....	33
2.7 Grundlagen der Zerspanungstechnik	35
2.8 Modelle für Fertigungsprozesse.....	37
2.8.1 Ziele und Anforderungen an Modelle	38
2.8.2 Einteilung von Prozessmodellen	38
2.8.3 Modelle zur Darstellung der Zerspanungskraft	39
2.8.3.1 Prozessmodelle für Drehen	40
2.8.3.2 Prozessmodelle für Fräsen	41
2.8.4 Modelle für Schnitt- und Zerspanungsgrößen	43
2.8.4.1 Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl.....	43
2.8.4.2 Geometrieverhältnisse beim Fräsen	43
2.8.4.3 Eingriffsverhältnisse für Schnittkraftberechnung	43
2.8.4.4 Ermittlung des Spanungsquerschnittes	44
2.8.4.5 Ermittlung der Schnittkraft	45

2.8.4.6 Zeitspannungsvolumen	45
2.8.5 Modelle zur Standzeitberechnung und Standzeitoptimierung	46
2.8.5.1 Begriffsdefinition Standvermögen, Standzeit	46
2.8.5.2 Berechnung der Standzeit	47
2.8.6 Modelle für Schwingungen in Werkzeugmaschinen.....	48
2.8.7 Modelle aus der Umformtechnik.....	48
2.8.7.1 Modell für das Walzen.....	49
2.8.7.2 Modellanwendung: Automatisierung in Walzwerken	52
2.8.7.3 Modell für das Biegen.....	53
2.9 Literatur zu Kapitel 2	54
3 Werkzeugmaschinen	56
3.1 Allgemeines zu Werkzeugmaschinen	56
3.1.1 Begriffsdefinition	56
3.1.2 Einteilung der Werkzeugmaschinen.....	57
3.1.3 Automatisierung	57
3.2 Konstruktive Anforderungen an Werkzeugmaschinen	59
3.2.1 Ermittlung der Anforderungen	59
3.2.2 Sicherheitstechnische Maßnahmen	59
3.3 Struktur von Werkzeugmaschinen.....	60
3.4 Komponenten und deren Realisierung.....	62
3.4.1 Gestell	62
3.4.2 Führungen	63
3.4.3 Antriebe.....	65
3.4.4 Getriebe	66
3.4.5 Wegmesssysteme	66
3.4.6 Halter- und Spanneinrichtungen.....	69
3.5 Werkzeugmaschinen zum Umformen.....	70
3.6 Drehmaschinen	71
3.7 Bohrmaschinen	74
3.8 Fräsmaschinen	75
3.9 Literatur zu Kapitel 3	77
4 NC- und CNC-Technik und Programmierung	79
4.1 Allgemeines zur Entwicklung von NC- und CNC-Techniken.....	79
4.2 Steuerung und Regelung im Fertigungsprozess.....	81
4.2.1 Gliederung der Steuerungsarten	82
4.2.2 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).....	83
4.3 NC-CNC-Technik.....	83
4.3.1 NC-Programm	84
4.3.2 NC-Steuerungen	85
4.3.2.1 Anforderung an eine NC-Steuerung	86
4.3.2.2 NC-Achsen	88
4.3.2.3 Abarbeitung des NC-Programms	89

4.3.3 Verfahrtsweg-Steuerungsarten.....	90
4.3.3.1 Punktsteuerung.....	90
4.3.3.2 Streckensteuerung.....	91
4.3.3.3 Bahnsteuerung	92
4.3.4 NC-Maschinen	93
4.3.5 NC-Erweiterungsfunktionen.....	94
4.4 Die Programmierung.....	95
4.4.1 Gliederung und Begriffsbestimmung der NC-Programmiertechnik...	95
4.4.2 Einteilung der Programmierverfahren	97
4.5 Ablauf bei der Erstellung von NC-Programmen.....	98
4.5.1 Aufbau von NC-Programmen.....	100
4.5.2 Festlegung von Bezugselementen	105
4.5.2.1 Koordinatensysteme.....	105
4.5.2.2 Null- und Bezugspunkte	106
4.6 Beispiele für NC-Programme	107
4.6.1 Beispielprogramm Fräsen.....	107
4.6.2 Kreisinterpolation.....	108
4.6.3 Beispielprogramm Drehen.....	109
4.6.4 Werkzeugkorrektur.....	110
4.7 Aktuelle Trends bei NC-CNC-Steuerungen.....	112
4.7.1 Soft-CNC.....	112
4.7.1.1 Vorteile der Soft-CNC	113
4.7.1.2 Typische Struktur von Soft-CNC-Steuerungen.....	113
4.7.1.3 Mögliche Einsatzgebiete	115
4.7.2 Open Source Lösungen für CNC.....	115
4.8 Literatur zu Kapitel 4	116
5 CAD/CAM-Prozesskette	118
5.1 Überblick zum computerunterstützten Konstruieren und Fertigen	118
5.1.1 CAx-Systeme	118
5.1.2 Computer Aided Design (CAD).....	120
5.1.3 Computer Aided Engineering (CAE)	120
5.1.4 Computer Aided Planning (CAP).....	120
5.1.5 Computer Aided Manufacturing (CAM).....	121
5.1.6 Ablauf zur computerunterstützten Produktentwicklung und Fertigung	122
5.2 3D-CAD-Modell	123
5.2.1 3D-Modellierung	123
5.2.1.1 Allgemeines zur 3D-Modellierung	123
5.2.1.2 3D-Modellierungsstrategien.....	124
5.2.1.3 Querschnittsflächenorientierter Modellaufbau.....	125
5.2.1.4 Beispiel für einen profilbasierten Modellaufbau.....	127
5.2.1.5 Oberflächenbasierter Modellaufbau.....	127
5.2.1.6 Zeichnungserstellung	128
5.2.2 Geometrirepräsentationsschema	130

5.2.3 Kantenmodell (Drahtmodell)	130
5.2.4 Flächenmodell	131
5.2.5 Volumenmodell (Körpermodell)	132
5.2.5.1 Gliederung der Volumenmodelle.....	132
5.2.5.2 Constructive Solid Geometry (CSG)	133
5.2.5.3 Produktionsmodelle	135
5.2.5.4 Elementefamilienmodelle	136
5.2.5.5 Randrepräsentationen (Boundary Representation, BRep)	136
5.2.5.6 Finite-Elemente-Modelle (FEM)	137
5.2.5.7 Zellmodelle	137
5.2.5.8 Hybridmodelle (Kombination BRep und CSG).....	139
5.3 Geometrieschnittstellen	139
5.3.1 Arten des Geometriedatenaustausches	140
5.3.2 Initial Graphics Exchange Specification (IGES).....	141
5.3.3 Verband der deutschen Automobilindustrie-Flächenschnittstelle (VDAFS).....	141
5.3.4 Standard d'Echange et de Transfert (SET).....	142
5.3.5 Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP).....	142
5.3.6 Standard Triangulation Language (STL).....	145
5.3.7 Andere Schnittstellen	145
5.4 CAD/CAM-Kopplung	146
5.5 CAD/CAM-Programmierung	147
5.5.1 Arbeitsablauf bei der Nutzung von CAD/CAM	148
5.5.2 Werkzeugmaschinen-Einstellung.....	150
5.5.3 Werkzeug-Einstellung.....	150
5.5.4 NC-Folgen-Einstellung	150
5.6 Objektorientiertes NC-Programm (STEP-NC)	152
5.7 Automatisierungstendenzen in der NC-Programmierung.....	154
5.7.1 Feature-Technologie.....	155
5.7.2 Aufbau eines Features	156
5.7.3 Featureerkennung	157
5.7.4 Arten der Featureerkennung (Feature Recognition).....	157
5.8 Literatur zu Kapitel 5	158
6 CAD/CAM-Systeme und Simulationstechnik.....	159
6.1 CAD/CAM-Systeme.....	159
6.1.1 Funktionalitäten von CAD/CAM-Systemen	159
6.1.1.1 5-Achs-Simultanfräsen	160
6.1.1.2 Kollisionsprüfung	160
6.1.1.3 Maschinensimulation	161
6.1.1.4 Visualisierung und Bearbeitung von Restmaterial.....	161
6.1.1.5 Automatische Bohrungserkennung und Maschinenprozesse....	161
6.1.2 Auflistung einiger CAD/CAM-Systeme	161
6.1.3 Einführung von CAD/CAM-Systemen	162

6.1.3.1 Stufen bei der Einführung von CAD/CAM-Systemen.....	162
6.1.3.2 Anforderungen an ein CAD/CAM-System	165
6.1.3.3 Implementierung	166
6.2 Simulationstechnik bei rechnergestützter Fertigung.....	166
6.2.1 Allgemeines zur NC-Simulation	166
6.2.1.1 Vorteile durch den Einsatz von Simulationstechnik	167
6.2.1.2 Funktionalitäten von NC-Simulationsprogrammen	168
6.2.1.3 Einsatzgebiete von NC-Simulationsprogrammen	168
6.2.1.4 Softwareüberblick	169
6.2.2 NC-Programmprüfung.....	169
6.2.3 Ablauf einer Maschinensimulation.....	170
6.2.3.1 Aufbau des Maschinenmodells	172
6.2.3.2 Aufbau des Steuerungsmodells.....	173
6.2.3.3 Maschinensimulation mit Materialentfernung	174
6.2.4 NC-Codeoptimierung	174
6.2.4.1 Schrubbearbeitung	175
6.2.4.2 Schlichtbearbeitung.....	175
6.2.4.3 HSC-Bearbeitung.....	175
6.3 Literatur zu Kapitel 6.....	177
7 Gestaltung und Management von Produktionsprozessen.....	178
7.1 Allgemeines und Motivation.....	178
7.2 Rechnerunterstützte Planung und Fertigung	180
7.2.1 Prozessgestaltung	180
7.2.2 Y-CIM-Modell nach Scheer	181
7.2.3 Komponenten des Y-Modells	183
7.2.4 Engineering Data Management Systeme und Product Data Management Systeme (EDM/PDM-Systeme).....	184
7.3 Flexible Fertigungssysteme	184
7.4 Fertigungsleitsysteme	187
7.4.1 Anforderungen an Fertigungsleitsysteme.....	187
7.4.2 Direct Numerical Control (DNC)	187
7.5 Aktuelle Themen, Trends.....	188
7.5.1 Digitale Fabrik.....	188
7.5.1.1 Ziele und Nutzen einer digitalen Fabrik.....	189
7.5.1.2 Aufgaben und Ansatzpunkte einer digitalen Fabrik.....	190
7.5.1.3 Anwendungsgebiete und Softwarewerkzeuge	191
7.5.2 Lean Production	192
7.5.3 Digital Mock Up (DMU).....	193
7.6 Literatur zu Kapitel 7	193
8 Qualitätsmanagement in der Fertigung.....	195
8.1 Begriffserläuterungen	195
8.1.1 Qualität.....	196

8.1.2 Qualitätsmanagement	196
8.1.3 Aufgaben der Qualitätssicherung	197
8.1.4 Bedeutung der Qualitätssicherung während der Produktentstehung	198
8.1.5 Demingkreis	199
8.1.6 Total Quality Management (TQM)	201
8.2 Qualitätsmanagementmethoden	202
8.2.1 Einsatz von Qualitätsmanagementmethoden.....	202
8.2.2 Fehlerbaumanalyse (FTA).....	203
8.2.3 Fehlhandlungsvermeidung (Poka-Yoke).....	204
8.3 Qualitätssichernde Maßnahmen in der Fertigung	204
8.3.1 Qualitätsprüfung.....	205
8.3.2 Statistische Prozessregelung.....	206
8.3.3 Fähigkeitsuntersuchungen.....	206
8.3.4 Anlagenbetreuung, Instandhaltung.....	209
8.4 Q7-Werkzeuge	210
8.4.1 Fehlersammelliste	211
8.4.2 Histogramm	211
8.4.3 Qualitätsregelkarte	212
8.4.4 Pareto-Diagramm	213
8.4.5 Korrelationsdiagramm.....	214
8.4.6 Brainstorming.....	215
8.4.7 Ursache-Wirkungsdiagramm (Ishikawa- Diagramm)	215
8.5 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA).....	217
8.5.1 Arten der FMEA	217
8.5.2 Durchführung der FMEA	218
8.6 Quality Function Deployment (QFD).....	220
8.6.1 Begriffserläuterung Quality Function Deployment	220
8.6.2 House of Quality (HoQ).....	220
8.6.3 Vor- und Nachteile von QFD	221
8.7 Six-Sigma	222
8.7.1 Allgemeines.....	222
8.7.2 Statistische Interpretation.....	223
8.7.3 Vor- und Nachteile von Six-Sigma	223
8.7.4 Arten der Six-Sigma-Methode	224
8.7.5 Konzeptioneller Rahmen für die DMAIC-Methode.....	224
8.8 Rechnergestützte Qualitätssicherung (CAQ)	225
8.9 Literatur zu Kapitel 8	227
9 Reverse Engineering und Rapid Prototyping	229
9.1 Allgemeines zu Reverse Engineering	229
9.1.1 Anwendungen von Reverse Engineering	229
9.1.2 Historische Entwicklung	231
9.2 Grundlegende Einteilung der Digitalisierungssysteme	231
9.3 Taktile Messsysteme.....	232

9.3.1 Eigenschaften taktiler Verfahren	232
9.3.2 Schaltende Tastsysteme.....	233
9.3.3 Messende Tastsysteme	234
9.3.4 Koordinatenmessgerät	235
9.4 Optische Messsysteme	235
9.4.1 Photoelektrische Kantenantastung.....	235
9.4.2 Bildanalyse	236
9.4.3 Lasertriangulation.....	236
9.4.4 Lichtschnittverfahren.....	237
9.4.5 Streifenprojektion.....	238
9.4.6 Theodolite.....	239
9.4.7 Photogrammetrie	240
9.5 Flächenrückführung	240
9.5.1 Triangulation der Punktewolke	242
9.5.2 Polygonisierung.....	243
9.6 Allgemeines zu Rapid Prototyping	245
9.7 Physische Modellarten (Prototypen).....	245
9.8 Einteilung der generativen Verfahren.....	246
9.9 Verfahrenskette.....	247
9.10 Rapid Prototyping-Verfahren.....	248
9.10.1 Stereolithographie (SL)	248
9.10.2 Selektives Laser Sintern (SLS).....	249
9.10.3 Laminated Object Manufacturing (LOM, LLM).....	250
9.10.4 Fused Deposition Modelling (FDM)	251
9.10.5 Solidier-Verfahren (Solid Ground Curing – SGC).....	251
9.10.6 3D-Drucken (Three Dimensional Printing – 3DP).....	252
9.10.7 Vergleich der Rapid Prototyping-Verfahren	253
9.11 Rapid Manufacturing und Tooling.....	253
9.12 Literatur Kapitel 9.....	254
Literatur	255
Sachverzeichnis.....	260