



## Inhaltsverzeichnis

Taschenbuch der Konstruktionstechnik

Herausgegeben von Klaus-Jörg Conrad

ISBN: 978-3-446-41510-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41510-2>

sowie im Buchhandel.

---

# Inhaltsverzeichnis

## Konstruktion KO

1	Einführung und Übersicht	20
1.1	Einführung	20
1.2	Übersicht	22
1.3	Ingenieuraufgaben	22
1.4	Konstruktionsmittel	23

## Konstruktionsausarbeitung KA

2	Technische Zeichnungen	28
2.1	Grundlagen	29
2.2	Zeichnungen – Normen und Regeln	32
2.2.1	Papier-Endformate	33
2.2.2	Schriftfelder für Zeichnungen	34
2.2.3	Schriften technischer Zeichnungen	35
2.2.4	Maßstäbe	35
2.2.5	Linienarten	36
2.3	Axonometrische Darstellungen	39
2.4	Zeichnungen – Informationen und Daten	40
2.4.1	Geometrieinformationen	41
2.4.1.1	Geometriedarstellungen in Ansichten	42
2.4.1.2	Formelemente	46
2.4.2	Bemaßungsinformationen	48
2.4.2.1	Systeme der Maßeintragung	49
2.4.2.2	Elemente der Maßeintragung	49
2.4.2.3	Maßzahlen-Eintragung	51
2.4.2.4	Eintragen von Maßen	51
2.4.2.5	Maßeintragung an Formelementen	52
2.4.2.6	Arten der Maßeintragung	57
2.4.2.7	Eintragung von Toleranzen für Längen- und Winkelmaße	59
2.4.3	Technologieinformationen	60
2.4.4	Organisationsinformationen	61
2.5	Hauptzeichnungen	64
2.6	Grafische Symbole	66
2.7	Technisches Freihandzeichnen	66
3	Normung	69
3.1	Normen und Standards	69
3.2	Normen und Richtlinien	70
3.3	Aufgaben und Zweck der Normung	72
3.4	Normen für den Konstruktionsprozess	73

3.5	Inhalt und Arten von DIN-Normen . . . . .	74
3.6	Normzahlen und Normzahlreihen . . . . .	75
4	Oberflächen . . . . .	80
4.1	Was sind Oberflächen? . . . . .	80
4.2	Kenngrößen zur Beschreibung der Feingestalt . . . . .	80
4.2.1	Gestaltabweichungen von Oberflächen . . . . .	81
4.2.2	Senkrechtkenngößen (Amplitudenkenngößen) . . . . .	82
4.2.2.1	Profilfilter und Profiltypen . . . . .	82
4.2.2.2	Mittenrauwerte $R_a$ und $R_q$ . . . . .	83
4.2.2.3	Höhe des Rauheitsprofils $R_z$ , $R_{max}$ , Grundrautiefe $R_{3z}$ . . . . .	84
4.2.2.4	Gesamthöhe des Profils . . . . .	85
4.2.3	Gemischte Kenngrößen und Kennkurven . . . . .	86
4.2.3.1	Materialanteil des Profils $R_{mr}(c)$ und Materialanteilkurve . . . . .	86
4.2.3.2	Rauheitsprofil ( $R_{pk}$ , $R_k$ , $R_{vk}$ , $Mr_1$ , $Mr_2$ ) . . . . .	87
4.3	Funktion von Oberflächen und Wahl der Kenngrößen . . . . .	88
4.4	Fertigungstechnisch erreichbare Feingestalt . . . . .	90
4.5	Dokumentation der Feingestalt – Zeichnungseintragungen . . . . .	91
4.6	Verfahren zur Erfassung der Feingestalt . . . . .	92
4.6.1	Optisch-manuelle Vergleichsverfahren . . . . .	92
4.6.2	Gerätebasierte optische Verfahren . . . . .	93
4.6.3	Mechanisch-elektrische Tastschnittverfahren . . . . .	93
4.6.3.1	Gleitkufentastsysteme . . . . .	94
4.6.3.2	Freitastsystem . . . . .	94
5	Toleranzen und Passungen . . . . .	97
5.1	Übersicht . . . . .	97
5.2	Geometrische Produktspezifikation . . . . .	97
5.3	Maße mit Toleranzangaben . . . . .	99
5.3.1	Toleranzarten und -begriffe . . . . .	99
5.3.2	Allgemeintoleranzen . . . . .	101
5.3.3	ISO-Toleranzsystem . . . . .	102
5.4	Passungen . . . . .	104
5.4.1	Passungsarten und Begriffe . . . . .	104
5.4.2	Passungssysteme . . . . .	105
5.4.3	Zeichnungseintragungen . . . . .	106
5.5	Tolerierungsgrundsatz . . . . .	106
5.5.1	Taylor'scher Prüfgrundsatz . . . . .	106
5.5.2	Unabhängigkeitsprinzip . . . . .	107
5.5.3	Hüllprinzip . . . . .	108
5.6	Toleranzverknüpfungen in Maßketten . . . . .	108
5.6.1	Arithmetische Tolerierung . . . . .	108
5.6.2	Statistische Tolerierung . . . . .	109

6	Form- und Lagetoleranzen . . . . .	113
6.1	Übersicht und Begriffe . . . . .	113
6.2	Toleranzarten für Form und Lage . . . . .	116
6.2.1	Formtoleranzen . . . . .	116
6.2.2	Profiltoleranzen . . . . .	118
6.2.3	Richtungstoleranzen . . . . .	119
6.2.4	Ordstoleranzen . . . . .	120
6.2.5	Lauftoleranzen . . . . .	122
6.3	Anwendung der Maximum-Material-Bedingung . . . . .	124
6.4	Hinweise für die Praxis . . . . .	125

## **Konstruktionselemente KE**

7	Maschinenelemente . . . . .	130
7.1	Definition und Einteilung . . . . .	130
7.2	Elemente zum Verbinden . . . . .	130
7.2.1	Stoffschlussverbindungen . . . . .	131
7.2.1.1	Schweißen . . . . .	131
7.2.1.2	Löten . . . . .	132
7.2.1.3	Kleben . . . . .	132
7.2.2	Reibschlussverbindungen . . . . .	132
7.2.2.1	Zylindrischer Pressverband . . . . .	134
7.2.2.2	Konischer Pressverband . . . . .	134
7.2.2.3	Spannelementverbindungen . . . . .	135
7.2.2.4	Klemmverbindungen . . . . .	135
7.2.3	Formschlussverbindungen . . . . .	135
7.2.3.1	Passfederverbindungen . . . . .	136
7.2.3.2	Profilwellen . . . . .	136
7.2.3.3	Bolzen- und Stiftverbindungen . . . . .	137
7.2.4	Elastische Verbindungen . . . . .	137
7.2.5	Schraubenverbindungen . . . . .	138
7.3	Elemente zum Bewegen . . . . .	139
7.3.1	Achsen und Wellen . . . . .	140
7.3.2	Lager . . . . .	141
7.3.2.1	Gleitlager . . . . .	141
7.3.2.2	Wälzlager . . . . .	142
7.3.3	Führungen . . . . .	143
7.3.4	Kupplungen und Bremsen . . . . .	144
7.3.5	Getriebe . . . . .	145
7.3.5.1	Rädergetriebe . . . . .	145
7.3.5.2	Zugmitteltriebe . . . . .	147
7.4	Elemente zur Leitung von Fluiden . . . . .	147
7.4.1	Leitungen . . . . .	148
7.4.2	Armaturen . . . . .	148
7.5	Elemente zur Vermeidung von Schäden . . . . .	149
7.6	Elemente zum Abdichten von Fluiden . . . . .	150

**Konstruktion und Berechnung KB**

8	Konstruktionsberechnung . . . . .	154
8.1	Berechnungsverfahren . . . . .	154
8.2	Auslegungsrechnung . . . . .	156
8.3	Nachrechnung . . . . .	158
8.4	Optimierungsrechnung . . . . .	159
8.5	Simulationsrechnung . . . . .	160
8.6	Grundlagen der Festigkeitsberechnung . . . . .	162
	8.6.1 Grundaufgaben der Festigkeitsberechnung	162
	8.6.2 Grundbelastungsfälle . . . . .	164
	8.6.3 Werkstoffverhalten . . . . .	166
8.7	Schwingende Beanspruchung . . . . .	168
	8.7.1 Belastungsfälle . . . . .	169
	8.7.2 Spannungsermittlung . . . . .	170
	8.7.3 Werkstoffverhalten . . . . .	172
	8.7.4 Zulässige Spannungen . . . . .	175
8.8	Festigkeitsypothesen . . . . .	176
8.9	Betriebsfestigkeit . . . . .	179

**Konstruktion und Wissensmanagement KW**

9	Wissensmanagement . . . . .	182
9.1	Ziele des Wissensmanagements . . . . .	182
9.2	Wege zur Umsetzung . . . . .	183
	9.2.1 Taylorisierung von Wissensarbeit . . . . .	184
	9.2.2 Wissen als Erkenntnisprozess . . . . .	185
	9.2.3 Wissensmanagement auf Basis der Unter- nehmensstrategie . . . . .	185
	9.2.4 Der „Faktor Mensch“ . . . . .	186
10	Informationsmanagement in der Konstruktion . . . . .	188
10.1	Informationsquellen und -beschaffung . . . . .	189
10.2	Konstruktionsinformatik . . . . .	191
10.3	Simultaneous Engineering . . . . .	192

**Konstruktionsmethodik KM**

11	Methodisches Konstruieren . . . . .	196
11.1	Einführung . . . . .	196
11.2	Technische Systeme . . . . .	197
11.3	Funktion . . . . .	198
11.4	Konstruktionsprozess . . . . .	199
11.5	Konzeptionsphase . . . . .	200
	11.5.1 Aufgabenstellung . . . . .	200
	11.5.2 Funktionsstruktur . . . . .	203
	11.5.3 Lösungsprinzipien . . . . .	204
	11.5.4 Konzept . . . . .	205
11.6	Gestaltungsphase . . . . .	205
	11.6.1 Entwerfen . . . . .	205

11.6.2	Optimieren	206
11.6.3	Fertigungsunterlagen	207
11.7	Methoden zur Lösungsfindung	207
11.7.1	Konventionelle Hilfsmittel	208
11.7.2	Intuitive Methoden	208
11.7.3	Diskursive Methoden	210
11.8	Auswahl einer Lösung	212
11.8.1	Vorauswahl	212
11.8.2	Bewertung	212
11.9	Zusammenfassung	215

## **Konstruktionstechnik KT**

12	Konstruktionstechnik	218
12.1	Konstruktionsprozess	218
12.2	Schalenmodell der Konstruktionstechnik	220
12.3	Traditionelles Denken und Systemdenken	221
12.4	Konstrukteur als Problemlöser	221
13	Organisation der Konstruktion	224
13.1	Unternehmensorganisation	224
13.2	Abteilungsorganisation	226
13.2.1	Funktionale Organisation	227
13.2.2	Projektmanagement	228
13.2.3	Mitarbeiter und Organisation	229
14	Prozessmanagement	230
14.1	Prozesse	230
14.2	Prozessorientierung	233
14.3	Geschäftsprozessmanagement	234
14.3.1	Geschäftsprozesse	234
14.3.2	Geschäftsprozessstypen	237
14.3.3	Prozessmodell der DIN EN ISO 9000: 2000	238
14.3.4	Prozess-Landkarte	240
14.3.5	Kunden-Lieferanten-Beziehungen	241
14.3.6	Gestaltung von Geschäftsprozessen	242
14.3.6.1	Struktur der Geschäftsprozesse	243
14.3.6.2	Beschreibung der Geschäftsprozesse	243
14.3.6.3	Beschreibung der Teilprozesse	246
14.3.7	Prozessdokumentation	247
15	Konstruktionsablauf	249
15.1	Konstruktionsphasen und Vorgehen	249
15.2	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	251
15.3	Anforderungslisten	252
15.4	Konzipieren	255
15.5	Entwerfen	255
15.6	Ausarbeiten	257
15.6.1	Erzeugnisgliederung	257

15.6.2	Stücklisten . . . . .	260
15.6.2.1	Stücklistenaufbau . . . . .	260
15.6.2.2	Gliederung der Stücklistenarten . . . . .	262
15.6.2.3	Verwendung von Stücklisten . . . . .	263
15.6.3	Nummernsysteme . . . . .	263
15.6.3.1	Nummerungstechnik – Grundlagen . . . . .	263
15.6.3.2	Ziele der Nummerung . . . . .	265
15.6.3.3	Nummernsysteme . . . . .	265
15.6.3.4	Sachnummernsysteme . . . . .	265
15.6.3.5	Sachmerkmale . . . . .	267
16	Prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme . . . . .	271
16.1	Systemübersicht . . . . .	271
16.1.1	ISO 9000:2000/DIN EN ISO 9000:2000 . . . . .	272
16.1.2	Total Quality Management . . . . .	273
16.1.3	Six Sigma Quality . . . . .	278
16.2	Bewertung von Managementsystemen . . . . .	281
16.2.1	EFQM-Modell . . . . .	282
16.2.2	European Quality Award . . . . .	286
16.2.3	Der Ludwig Erhard Preis . . . . .	287
16.3	Verbesserung von Prozessen und Qualität . . . . .	287
16.3.1	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess . . . . .	288
16.3.2	Kundenorientierung verbessern . . . . .	291
16.3.3	Kundenorientierung und Kundenzufriedenheit . . . . .	292
16.3.4	Qualitätsbezogene Kosten . . . . .	295
16.3.5	Wertschöpfung in Prozessen . . . . .	299
16.3.6	Leistungsfähigkeit der Prozesse . . . . .	301
16.4	Qualität – Begriff und Mittel . . . . .	304
17	Variantenmanagement . . . . .	306
17.1	Produkt- und Teilevielfalt ermitteln . . . . .	306
17.2	Produkt- und Teilevielfalt analysieren . . . . .	307
17.3	Produkt- und Teilevielfalt reduzieren . . . . .	308
17.4	Baureihen konstruieren . . . . .	309
17.4.1	Normzahlen anwenden . . . . .	310
17.4.2	Ähnlichkeitsgesetze anwenden . . . . .	312
17.5	Baukasten konstruieren . . . . .	313
18	Werkstoffauswahl . . . . .	316
18.1	Allgemeine Aspekte der Werkstoffauswahl . . . . .	317
18.2	Entscheidungssituationen . . . . .	318
18.3	Der Teilprozess Werkstoffwahl . . . . .	320
18.3.1	Eine Anforderungsliste für den Konstruktionswerkstoff . . . . .	321
18.3.1.1	Ableiten von Suchkriterien . . . . .	324
18.3.2	Suche und Auswahl von Werkstofflösungen . . . . .	324
18.3.2.1	Hilfsmittel Werkstoffschaubild . . . . .	326

	18.3.2.2	Hilfsmittel Designparameter . . .	330
	18.3.2.3	Hilfsmittel Fachliteratur . . . . .	331
	18.3.2.4	Hilfsmittel Materialkosten . . . . .	336
	18.3.3	Bewertung der Auswahlkandidaten . . . . .	338
	18.3.4	Analyse und endgültige Materialwahl . . . . .	339
	18.4	Zusammenfassung . . . . .	341
19		Marketing und Vertrieb, Einkauf . . . . .	344
	19.1	Das Unternehmen im Wettbewerb . . . . .	345
	19.1.1	Das Wettbewerbsmodell von Michael Porter . . . . .	345
	19.1.2	Erfolgsstrategien . . . . .	347
	19.1.3	Marktbearbeitung durch Segmentierung . . . . .	348
	19.2	Analyse des Produktangebots . . . . .	349
	19.2.1	ABC-Analyse . . . . .	349
	19.2.2	Portfolio-Analyse . . . . .	350
	19.2.3	Produktlebenszyklus-Konzept . . . . .	351
	19.3	Vertrieb und Einkauf im B2B-Geschäft . . . . .	352
	19.3.1	Einfache Regeln zur Kundenorientierung . . . . .	352
	19.3.2	Organisationales Beschaffungsverhalten . . . . .	353

### **Konstruktion und Kosten KK**

20		Kosten in der Konstruktion . . . . .	358
	20.1	Kostenverantwortung der Konstruktion . . . . .	358
	20.1.1	Bedeutung der Kosten . . . . .	359
	20.1.2	Wichtige Kostenbegriffe . . . . .	360
	20.2	Einflussgrößen verschiedener Kostenbereiche . . . . .	361
	20.2.1	Herstellkosten . . . . .	362
	20.2.2	Entwicklungs- und Konstruktionskosten . . . . .	363
	20.2.3	Selbstkosten . . . . .	365
	20.2.4	Lebenslaufkosten (Life-Cycle-Cost) . . . . .	366
	20.3	Verfahren zur Kostenermittlung . . . . .	368
	20.3.1	Grundlagen der Kostenrechnung . . . . .	368
	20.3.2	Kalkulationsverfahren . . . . .	370
	20.3.3	Kostenfrüherkennung . . . . .	373
	20.3.4	Relativkostenrechnung . . . . .	375
	20.4	Kostenmanagement in der Konstruktion . . . . .	376
	20.4.1	Methodenüberblick . . . . .	377
	20.4.2	Target Costing . . . . .	381
	20.4.3	Wertanalyse . . . . .	382

### **Konstruktion und Gestaltung KG**

21		Technische Gestaltung . . . . .	386
	21.1	Entwerfen und Gestalten . . . . .	386
	21.2	Gestaltungsgrundregeln . . . . .	390
	21.2.1	Eindeutig als Grundregel . . . . .	391
	21.2.2	Einfach als Grundregel . . . . .	391
	21.2.3	Sicher als Grundregel . . . . .	392
	21.3	Gestaltungsprinzipien . . . . .	393



22	Industriedesign und Ergonomie	398
22.1	Einordnung der Gestaltung	398
22.2	Gestalterische Mittel	401
22.3	Gestaltungsansätze	404
22.4	Ergonomie	406
22.4.1	Aufgaben der Ergonomie bei der Produktentwicklung und -gestaltung	408
22.4.2	Eigenschaften des Menschen	410
22.5	Beispiele	412
22.6	Zusammenfassung	415
23	Gestaltungsrichtlinien	416
23.1	Funktionsgerechte Gestaltung	418
23.2	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	419
23.3	Werkstoffgerechte Gestaltung	421
23.4	Fertigungsgerechte Gestaltung	424
23.5	Montagegerechte Gestaltung	430
23.6	Toleranzgerechte Gestaltung	436
23.7	Transportgerechte Gestaltung	438
23.8	Sicherheit und Zuverlässigkeit	441
23.9	Anschluss- und Schnittstellen	446
23.10	Korrosion und Verschleiß	448
23.11	Instandhaltung und Gebrauch	450
23.12	Recyclinggerechte Gestaltung	452
23.13	Entsorgungsgerechte Gestaltung	461
<b>Konstruktion und Innovation KI</b>		
24	Innovation technischer Produkte	468
24.1	Wirtschaftliche Bedeutung von Innovationen	468
24.1.1	Herkunft des Wortes Innovation	468
24.1.2	Der Innovationsbegriff	469
24.1.3	Ursachen von Produktinnovationen	471
24.1.4	Wirtschaftliche Bedeutung von Innovationen	471
24.1.4.1	Entstehung von Pioniergewinnen	472
24.1.4.2	Chancen und Risiken der Innovationsorientierung	473
24.1.4.3	Volkswirtschaftliche Bedeutung von Innovationen	473
24.2	Quellen der Innovation	473
24.2.1	Indikatoren und Erfolgskriterien	474
24.2.2	Entwickeln eigener Ideen	476
24.2.2.1	Logisch-systematische Verfahren	476
24.2.2.2	Intuitiv-kreative Verfahren	477
24.2.3	Nutzung fremder Kreativität	479
24.3	Technologie- und Innovationsmanagement	480
24.3.1	Entwicklung einer Technologie-Strategie	481
24.3.1.1	Bemessung des F & E-Budgets	482

24.3.1.2	Formulierung der F&E-Strategie	483
24.3.2	Gezieltes Innovationsmanagement . . . . .	485
24.3.2.1	Auswahl von Zukunftstechnologien . . . . .	486
24.3.2.2	Effektive Gestaltung von Projektportfolios . . . . .	488
24.3.3	Effiziente Steuerung von Innovationsprojekten . . . . .	490
24.3.3.1	Zeitmanagement . . . . .	491
24.3.3.2	Qualitätsmanagement . . . . .	492
24.3.3.3	Steigerung der Innovationskraft . . . . .	492
24.3.3.4	Ressourcenmanagement . . . . .	493
24.3.3.5	F&E-Controlling . . . . .	493
24.3.3.6	Personalmanagement . . . . .	493
24.3.4	Die innovationsorientierte Organisation . . . . .	494

### **Konstruktion und Produktentstehung KP**

25	Produktentstehung . . . . .	498
25.1	Produktplanung . . . . .	500
25.1.1	Potenzialfindung . . . . .	500
25.1.1.1	Befragung der Kunden . . . . .	501
25.1.1.2	Methoden zur Marktanalyse . . . . .	502
25.1.1.3	Der Blick in die Zukunft . . . . .	505
25.1.2	Produktfindung . . . . .	506
25.1.3	Geschäftsplanung . . . . .	509
25.2	Produktentwicklung . . . . .	509
25.2.1	Die Ingenieurarbeit in der Produktentwicklung . . . . .	511
25.2.2	Aufgabe klären . . . . .	513
25.2.3	Konzeptfindung . . . . .	515
25.2.4	Vom Konzept zum Entwurf . . . . .	516
25.2.5	Gestaltung und Ausarbeitung . . . . .	519
25.2.6	Prototypen, Vor- und Nullserie . . . . .	520
25.2.7	Produktionsvorbereitung . . . . .	521
25.3	Integrierte Produktentwicklung (IPE) . . . . .	525
25.3.1	Management der Komplexität . . . . .	526
25.3.1.1	Arbeitsteilung und Ablauforganisation . . . . .	526
25.3.1.2	Projektmanagement . . . . .	528
25.3.2	Management der Qualität . . . . .	531
25.3.2.1	Qualitätsmanagement . . . . .	532
25.3.2.2	Werkzeuge zur Qualitätssicherung . . . . .	536
25.3.3	Management „kurzer“ Entwicklungszeiten . . . . .	537
25.3.4	Allgemeine Aspekte der Produktentwicklung . . . . .	538

25.4	Ausgewählte Methoden der Produktentwicklung . . .	540
25.4.1	Häufig eingesetzte Methoden . . . . .	540
25.4.1.1	Quality Function Deployment (QFD) . . . . .	540
25.4.1.2	Benchmarking . . . . .	542
25.4.1.3	Risikoanalyse . . . . .	544
25.4.1.4	Statistische Versuchsmethodik (DoE) . . . . .	547
25.4.2	An Einfluss gewinnende Werkzeuge und Methoden . . . . .	549
25.4.2.1	Produktdaten-Management (PDM) . . . . .	549
25.4.2.2	Rapid und Virtual Prototyping . . .	551
<b>Konstruktion und Rechnereinsatz KR</b>		
26	Rechnerunterstützung der Konstruktion . . . . .	560
26.1	CAD/CAM-Begriffe und Übersicht . . . . .	560
26.1.1	CAD – Computer Aided Design . . . . .	560
26.1.2	CAP – Computer Aided Planning . . . . .	561
26.1.3	CAM – Computer Aided Manufacturing . . .	562
26.1.4	CAQ – Computer Aided Quality Assurance	563
26.1.5	PPS – Produktionsplanung und -steuerung	563
26.1.6	CAD/CAM . . . . .	564
26.2	CAD-Systeme . . . . .	565
26.2.1	CAD-System-Schnittstellen . . . . .	566
26.2.2	2D-CAD-Systeme . . . . .	567
26.2.3	Konstruieren mit 3D-CAD/CAM-Systemen .	569
26.2.4	3D-CAD-Systeme . . . . .	572
	26.2.4.1 Feature-Technologie . . . . .	573
	26.2.4.2 Parametrische CAD-Systeme . . .	574
26.2.5	Ausblick . . . . .	578
27	Finite-Elemente-Methode . . . . .	580
27.1	Computergestützte Berechnung in der Konstruktion	580
27.1.1	Berechnung und Simulation . . . . .	580
27.1.2	Numerische Verfahren . . . . .	580
27.1.3	Analytische oder FEM-Berechnung? . . . . .	581
27.1.4	Versuch oder FEM-Berechnung? . . . . .	582
27.2	Hintergründe der Finite-Elemente-Methode . . . . .	582
27.2.1	Grundgedanke . . . . .	582
27.2.2	Begriffe . . . . .	583
27.2.3	Ansatz . . . . .	584
27.2.4	Knotenkräfte, Steifigkeitsmatrix . . . . .	584
27.2.5	Ablauf einer FE-Berechnung . . . . .	585
27.2.6	Elementtypen . . . . .	586
27.3	Genauigkeit und Aufwand . . . . .	586
27.4	Anwendungsgebiete und Berechnungsziele . . . . .	587

27.5	Lineare und nichtlineare Berechnungen . . . . .	588
27.6	Modellbildung, Idealisierung . . . . .	589
27.7	CAD-FEM-Kopplung . . . . .	591
27.8	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	592
27.9	Varianten- und Parameterstudien, Optimierung . . . . .	594
27.10	Qualitätssicherung . . . . .	595
27.11	Auswahl geeigneter Software . . . . .	595
28	Rechnerunterstützung der Produktion . . . . .	597
28.1	Rapid Prototyping – RP . . . . .	597
28.2	Gestaltung und Fertigung . . . . .	600
28.3	Werkzeuge . . . . .	603
28.3.1	Stereolithographie – SL . . . . .	603
28.3.2	Laser-Sintern – LS . . . . .	605
28.3.3	Selective Laser Melting – SLM . . . . .	607
28.3.4	Laserformen . . . . .	608
28.3.5	Laser Cusing – LC . . . . .	609
28.3.6	Layer Laminate Manufacturing – LLM . . . . .	609
28.3.7	Fused Layer Modeling – FLM . . . . .	610
28.3.8	3D-Printing – 3DP . . . . .	612
28.3.9	Electron Beam Melting – EBM . . . . .	613
29	Produktdaten-Management . . . . .	615
29.1	Konstruktion und Informationstechnik . . . . .	615
29.2	Virtuelle Produktentwicklung . . . . .	616
29.3	Virtualisierung der Produktentwicklung und Digital Mock-Up . . . . .	618
29.4	Produktdaten Management . . . . .	620
29.5	Von PDM zu PLM . . . . .	622
29.6	Produktlebenszyklus-Management . . . . .	625

### **Konstruktion und Schutzrechte KS**

30	Schutzrechte in der Konstruktion . . . . .	628
30.1	Arten gewerblicher Schutzrechte . . . . .	628
30.1.1	Das Patent . . . . .	628
30.1.2	Das Gebrauchsmuster . . . . .	629
30.1.3	Das Geschmacksmuster . . . . .	629
30.1.4	Die Marke . . . . .	630
30.1.5	Weitere Schutzrechte . . . . .	630
30.2	Wirkung von gewerblichen Schutzrechten . . . . .	630
30.3	Arbeitnehmererfindungen . . . . .	631
30.4	Patentbewertung . . . . .	631
30.5	Patente als Informationsquelle . . . . .	632
30.5.1	Vorgehen bei einer Patentrecherche . . . . .	633
30.5.2	Patentrecherche im Internet . . . . .	633
30.5.3	Die internationale Patentklassifikation . . . . .	634

<b>Sachwortverzeichnis SV</b> . . . . .	<b>637</b>
---	------------