

HANSER

# Grundwissen des Ingenieurs

Herausgegeben von Ekbert Hering, Karl-Heinz Modler

ISBN-10: 3-446-22814-4

ISBN-13: 978-3-446-22814-6

Inhaltsverzeichnis

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-22814-6>

sowie im Buchhandel

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mathematik</b>	31
<b>1.1</b>	<b>Zahlen</b>	33
1.1.1	Reelle Zahlen	33
1.1.1.1	Aufbau des Zahlensystems	33
1.1.1.2	Potenzen, Wurzeln, Logarithmen	33
1.1.1.3	Mittelwerte	34
1.1.2	Komplexe Zahlen	34
1.1.2.1	Imaginäre Einheit, Darstellung komplexer Zahlen	34
1.1.2.2	Rechnen mit komplexen Zahlen	35
1.1.2.3	Fundamentalsatz der Algebra	37
1.1.2.4	Darstellung harmonischer Schwingungen	37
1.1.3	Folgen	38
1.1.4	Reihen	39
1.1.5	Kombinatorik	39
<b>1.2</b>	<b>Lineare Algebra</b>	40
1.2.1	Lineare Gleichungssysteme	40
1.2.1.1	Gauß-Algorithmus	40
1.2.1.2	Numerische Probleme	41
1.2.2	Vektorrechnung	42
1.2.2.1	Vektoralgebra	43
1.2.2.2	Skalarprodukt, Vektorprodukt, Spatprodukt	44
1.2.2.3	Lineare Unabhängigkeit im $\mathbb{R}^n$	45
1.2.3	Determinanten	46
1.2.4	Matrizen	47
1.2.4.1	Lineare Abbildungen	47
1.2.4.2	Rechenregeln	48
1.2.4.3	Eigenwertprobleme	49
<b>1.3</b>	<b>Funktionen einer reellen Veränderlichen</b>	50
1.3.1	Funktionsbegriff	50
1.3.2	Grenzwert und Stetigkeit	51
1.3.3	Ableitung einer Funktion	53
1.3.3.1	Differenzialquotient	53
1.3.3.2	Extrema, Wendepunkte	55
1.3.3.3	Differenzial	56
1.3.3.4	Taylorentwicklung	56
1.3.3.5	Newton-Verfahren	57
1.3.3.6	Regel von de l'Hospital	58
1.3.4	Integralrechnung	59
1.3.4.1	Das bestimmte Integral	59
1.3.4.2	Stammfunktion, Hauptsatz der Differenzial- und Integralrechnung	60
1.3.4.3	Grundintegrale, Integrationsregeln	61
1.3.5	Elementare Funktionen	61
1.3.5.1	Rationale Funktionen	62
1.3.5.2	Wurzelfunktionen	64
1.3.5.3	Transzendente Funktionen	65

<b>1.4</b>	<b>Funktionen mehrerer Variabler</b> . . . . .	68
1.4.1	Grafische Darstellung, Isoquanten (Höhenlinien) . . . . .	68
1.4.2	Partielle Ableitungen . . . . .	69
1.4.3	Richtungsableitung, Gradient . . . . .	69
1.4.4	Tangentialebene, totales Differenzial . . . . .	70
1.4.5	Extrema . . . . .	70
1.4.6	Mehrfachintegrale . . . . .	71
<b>1.5</b>	<b>Vektoranalysis</b> . . . . .	73
1.5.1	Kurven im $\mathbb{R}^2$ . . . . .	73
1.5.2	Kurvenintegrale . . . . .	74
1.5.3	Potenzial, Gradientenfeld . . . . .	75
1.5.4	Divergenz, Rotation, Integralsätze . . . . .	75
<b>1.6</b>	<b>Differenzialgleichungen</b> . . . . .	76
1.6.1	Differenzialgleichungen 1. Ordnung . . . . .	77
1.6.2	Lineare Differenzialgleichungen $n$ -ter Ordnung . . . . .	78
1.6.3	Systeme von Differenzialgleichungen . . . . .	79
1.6.4	Numerische Verfahren . . . . .	81
<b>2</b>	<b>Physik</b> . . . . .	83
<b>2.1</b>	<b>Einleitung, Stellung der Physik</b> . . . . .	85
<b>2.2</b>	<b>Mechanik</b> . . . . .	85
<b>2.3</b>	<b>Akustik</b> . . . . .	86
2.3.1	Schallwellen . . . . .	87
2.3.1.1	Schallgeschwindigkeit . . . . .	87
2.3.1.2	Schallfeldgrößen . . . . .	88
2.3.1.3	Pegelmaße . . . . .	92
2.3.2	Schallempfindung . . . . .	93
2.3.3	Raumakustik . . . . .	96
2.3.4	Körperschalldämmung . . . . .	98
<b>2.4</b>	<b>Optik</b> . . . . .	100
2.4.1	Geometrische Optik . . . . .	100
2.4.1.1	Lichtstrahlen und Abbildung . . . . .	100
2.4.1.2	Reflexion . . . . .	101
2.4.1.3	Brechung . . . . .	102
2.4.1.4	Abbildung durch Linsen . . . . .	102
2.4.1.5	Optische Instrumente . . . . .	104
2.4.2	Wellenoptik . . . . .	106
2.4.2.1	Interferenz . . . . .	106
2.4.2.2	Beugung am Spalt . . . . .	109
2.4.2.3	Beugung am Gitter . . . . .	111
2.4.3	Quantenoptik . . . . .	111
2.4.3.1	Lichtquanten . . . . .	111
2.4.3.2	Emission und Absorption von Licht . . . . .	112
2.4.3.3	Laser . . . . .	113
<b>3</b>	<b>Chemie</b> . . . . .	115
<b>3.1</b>	<b>Atombau und chemische Bindung</b> . . . . .	118
3.1.1	Atombau . . . . .	118
3.1.2	Periodensystem der Elemente . . . . .	118

3.1.3	Chemische Bindung . . . . .	121
3.1.3.1	Beschreibung der Bindungsarten . . . . .	121
3.1.3.2	Intermolekulare Wechselwirkungen. . . . .	124
<b>3.2</b>	<b>Chemische Reaktionen.</b> . . . . .	<b>125</b>
3.2.1	Stöchiometrie . . . . .	125
3.2.2	Reaktionsenergie . . . . .	126
3.2.3	Reaktionskinetik . . . . .	127
3.2.4	Chemisches Gleichgewicht und Reaktionstypen . . . . .	128
<b>3.3</b>	<b>Analytische Chemie</b> . . . . .	<b>130</b>
3.3.1	Analysenverfahren . . . . .	132
3.3.2	Probenahme . . . . .	136
<b>3.4</b>	<b>Umweltchemie.</b> . . . . .	<b>136</b>
3.4.1	Boden . . . . .	136
3.4.2	Wasser . . . . .	138
3.4.3	Atmosphäre . . . . .	139
3.4.4	Umweltschadstoffe . . . . .	140
<b>4</b>	<b>Elektrotechnik/Elektronik</b> . . . . .	<b>147</b>
<b>4.1</b>	<b>Grundgesetze und Definitionen</b> . . . . .	<b>149</b>
4.1.1	Ladung und Strom . . . . .	149
4.1.2	Spannung und Potenzial . . . . .	150
4.1.3	Ohm'sches Gesetz und Widerstand . . . . .	151
4.1.4	Arbeit und Leistung . . . . .	152
4.1.5	Kirchhoff'sche Gesetze . . . . .	152
<b>4.2</b>	<b>Gleichstromkreise</b> . . . . .	<b>153</b>
4.2.1	Spannungs- und Stromquellen. . . . .	153
4.2.2	Schaltungen von Widerständen . . . . .	154
<b>4.3</b>	<b>Elektrisches Feld</b> . . . . .	<b>155</b>
4.3.1	Feldbegriff. . . . .	155
4.3.2	Kapazität . . . . .	156
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren . . . . .	157
<b>4.4</b>	<b>Magnetisches Feld</b> . . . . .	<b>158</b>
4.4.1	Feldbegriff. . . . .	158
4.4.2	Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld . . . . .	159
4.4.3	Materie im Magnetfeld. . . . .	160
4.4.4	Magnetischer Kreis. . . . .	161
4.4.5	Elektromagnetische Induktion. . . . .	163
4.4.6	Selbstinduktion . . . . .	164
4.4.7	Ein- und Ausschalten von Stromkreisen mit Spulen . . . . .	165
<b>4.5</b>	<b>Wechselstrom</b> . . . . .	<b>166</b>
4.5.1	Sinusförmige Wechselströme und -spannungen . . . . .	166
4.5.2	Zeigerdiagramm . . . . .	167
4.5.3	Wechselstromverhalten von Widerstand, Spule und Kondensator. . . . .	169
4.5.4	Transformator. . . . .	170
<b>4.6</b>	<b>Drehstrom</b> . . . . .	<b>171</b>
<b>4.7</b>	<b>Leitungsmechanismen</b> . . . . .	<b>173</b>
4.7.1	Elektrische Leitung in Metallen . . . . .	173
4.7.2	Elektrische Leitung in Halbleitern . . . . .	174

<b>4.8</b>	<b>Elektronik</b> . . . . .	177
4.8.1	Übersicht über die Halbleiterelemente . . . . .	177
4.8.2	Dioden . . . . .	177
4.8.3	Transistoren . . . . .	178
4.8.3.1	Bipolare Transistoren . . . . .	178
4.8.3.2	Feldeffekttransistoren . . . . .	179
4.8.4	Thyristoren . . . . .	180
4.8.5	Integrierte Schaltungen . . . . .	181
4.8.5.1	Analoge integrierte Schaltungen . . . . .	182
4.8.5.2	Digitale integrierte Schaltungen . . . . .	184
<b>5</b>	<b>Informatik und Kommunikationstechnik</b> . . . . .	187
<b>5.1</b>	<b>Informatik</b> . . . . .	189
5.1.1	Technische Informatik . . . . .	190
5.1.1.1	Aufbau und Funktionsweise eines Computers . . . . .	190
5.1.1.2	Mikroprozessor . . . . .	190
5.1.1.3	Mikroprozessorarchitekturen und Spezialformen . . . . .	193
5.1.1.4	Halbleiterspeicher . . . . .	194
5.1.1.5	Ein-/Ausgabe-Einheiten . . . . .	197
5.1.1.6	Massenspeicher- und Archivspeichergeräte . . . . .	200
5.1.2	Betriebssysteme . . . . .	200
5.1.2.1	Aufgaben und Struktur eines Betriebssystems . . . . .	201
5.1.2.2	Klassifizierung von Betriebssystemen . . . . .	202
5.1.3	Programmiersprachen und Datentypen . . . . .	202
5.1.3.1	Klassifizierung von Programmiersprachen . . . . .	203
5.1.3.2	Konzepte höherer Programmiersprachen . . . . .	204
5.1.3.3	Datenstrukturen . . . . .	205
5.1.4	Software-Engineering . . . . .	206
5.1.4.1	Phasenmodell des Software-Entwicklungsprozesses . . . . .	206
5.1.4.2	Methoden, Darstellungsformen, Werkzeuge . . . . .	207
<b>5.2</b>	<b>Kommunikationstechnik</b> . . . . .	208
5.2.1	Grundlagen der Kommunikationstechnik . . . . .	209
5.2.1.1	Komponenten einer digitalen Nachrichtenübertragungsstrecke . . . . .	209
5.2.1.2	Codierer/Decodierer . . . . .	209
5.2.1.3	Modulator/Demodulator . . . . .	210
5.2.1.4	Multiplexer/Demultiplexer . . . . .	210
5.2.1.5	Übertragungsmedien . . . . .	211
5.2.1.6	Paketübertragung . . . . .	211
5.2.1.7	Das ISO/OSI-Referenzmodell . . . . .	212
5.2.2	Datenfernübertragung in Telekommunikationsnetzen . . . . .	213
5.2.2.1	Telekommunikationsnetze . . . . .	213
5.2.2.2	Komponenten einer Datenfernübertragungsstrecke . . . . .	214
5.2.2.3	Schnittstellenempfehlungen . . . . .	214
5.2.3	Rechnernetze . . . . .	215
5.2.3.1	Technologien, Parameter lokaler Rechnernetze . . . . .	215
5.2.3.2	LAN-Kopplung: Erweiterung von Rechnernetzen . . . . .	217
5.2.3.3	Internet . . . . .	217

<b>6</b>	<b>Technische Mechanik</b>	221
<b>6.1</b>	<b>Statik starrer Körper</b>	223
6.1.1	Grundlagen	224
6.1.1.1	Kraft	224
6.1.1.2	Moment	225
6.1.1.3	Moment einer Kraft	225
6.1.1.4	Resultierende Kraft und resultierendes Moment	225
6.1.1.5	Gleichgewicht	226
6.1.1.6	Sonderfall des ebenen Systems	226
6.1.2	Linientragwerke	227
6.1.2.1	Ebene Linientragwerke	227
6.1.2.2	Räumliche Linientragwerke	229
6.1.3	Reibung	229
6.1.4	Schwerpunkt	230
6.1.4.1	Körperschwerpunkt	230
6.1.4.2	Flächen- und Linienschwerpunkt	230
6.1.5	Flächenmomente	232
<b>6.2</b>	<b>Festigkeitslehre</b>	234
6.2.1	Grundlagen	234
6.2.1.1	Spannungen	234
6.2.1.2	Verzerrungen	236
6.2.1.3	Linear elastisches Materialverhalten	237
6.2.2	Zug und Druck	238
6.2.3	Biegung	239
6.2.3.1	Biegespannungen	239
6.2.3.2	Biegeverformungen	240
6.2.4	Reine Torsion	244
6.2.5	Querkraftschub	246
6.2.6	Extremalprinzip	247
6.2.6.1	Prinzip vom Minimum des elastischen Gesamtpotenzials	247
6.2.6.2	Prinzip vom Minimum des elastischen Ergänzungspotenzials	248
6.2.7	Einführung in die Stabilitätstheorie	249
6.2.8	Rotationssymmetrische Spannungszustände	250
6.2.8.1	Kreis- und Kreisringscheiben	251
6.2.8.2	Kreis- und Kreisringplatten	251
6.2.9	Festigkeitshypothesen	253
6.2.10	Räumliches linear-elastisches Gesamtproblem	254
<b>6.3</b>	<b>Kinematik</b>	256
6.3.1	Kinematik des Punktes	256
6.3.1.1	Darstellung der Vektoren in verschiedenen Koordinatensystemen	256
6.3.1.2	Wichtige Sonderfälle	258
6.3.2	Kinematik des starren Körpers	259
6.3.2.1	Translation des starren Körpers	259
6.3.2.2	Rotation des starren Körpers	260
6.3.2.3	Zusammengesetzte Bewegung	260
6.3.3	Relativbewegung	261
<b>6.4</b>	<b>Kinetik</b>	261
6.4.1	Kinetik des Massenpunktes und des starren Körpers in der Ebene	262
6.4.1.1	Impulserhaltung	263

6.4.1.2	Arbeitssatz der Mechanik . . . . .	263
6.4.1.3	Energiesatz der Mechanik . . . . .	264
6.4.2	Kinetik des Massenpunktsystems . . . . .	264
6.4.2.1	Schwerpunktsatz . . . . .	264
6.4.2.2	Impulssatz . . . . .	265
6.4.2.3	Arbeitssatz der Mechanik für das Massenpunktsystem . . . . .	266
6.4.3	Kinetik des starren Körpers . . . . .	266
6.4.3.1	Dynamische Kennwerte des starren Körpers . . . . .	266
6.4.3.2	Drehimpulssatz . . . . .	267
6.4.3.3	Schlussfolgerungen aus dem Drehimpulssatz . . . . .	268
6.4.4	Aufstellen von Bewegungsgleichungen . . . . .	269
6.4.4.1	D'Alembert'sches Prinzip . . . . .	269
6.4.4.2	Lagrange'sche Gleichungen zweiter Art . . . . .	270
<b>6.5</b>	<b>Schwingungen mechanischer Systeme . . . . .</b>	<b>270</b>
6.5.1	Kinematik der Schwingungen und Schwingungsanalyse . . . . .	270
6.5.1.1	Harmonische Schwingungen . . . . .	270
6.5.1.2	Periodische Schwingungen . . . . .	271
6.5.1.3	Rechnergestützte Schwingungsanalyse . . . . .	271
6.5.2	Verfahren der kleinen Schwingungen . . . . .	272
6.5.3	Freie Schwingungen . . . . .	273
6.5.3.1	Freie ungedämpfte Schwingungen . . . . .	273
6.5.3.2	Freie gedämpfte Schwingungen . . . . .	273
6.5.4	Erzwungene Schwingungen . . . . .	275
<b>7</b>	<b>Strömungsmechanik . . . . .</b>	<b>279</b>
<b>7.1</b>	<b>Einführung . . . . .</b>	<b>281</b>
7.1.1	Fluide . . . . .	281
7.1.1.1	Fließeigenschaften der Flüssigkeiten und Gase . . . . .	281
7.1.1.2	Zustandsgrößen, Stoffgrößen, Zustandsänderungen . . . . .	282
7.1.1.3	Wandhaftung und Grenzflächenspannung . . . . .	284
7.1.2	Strömungsfelder . . . . .	284
7.1.2.1	Ortsvektor, Geschwindigkeit und Beschleunigung . . . . .	284
7.1.2.2	Stromlinie, Bahnlinie und Streichlinie . . . . .	285
7.1.2.3	Masse-, Impuls- und Energiefluss . . . . .	285
7.1.2.4	Instabilität von Scherschichten . . . . .	286
7.1.3	Hydro- und Aerostatik . . . . .	286
7.1.3.1	Druckverteilung . . . . .	286
7.1.3.2	Auftrieb, Lagestabilität . . . . .	287
<b>7.2</b>	<b>Stromfadentheorie . . . . .</b>	<b>288</b>
7.2.1	Definitionen, Kontinuitätsgleichung . . . . .	288
7.2.2	Bewegungsgleichung des reibungsfreien Stromfadens . . . . .	289
7.2.2.1	Euler-Gleichung . . . . .	289
7.2.2.2	Bernoulli-Gleichung inkompressibler Strömungen . . . . .	290
7.2.3	Impulsgleichung . . . . .	290
7.2.3.1	Integraler Impulssatz . . . . .	290
7.2.3.2	Druckanstieg hinter einer plötzlichen Rohrerweiterung . . . . .	292
7.2.3.3	Fördervorgang im Strahlapparat . . . . .	293
7.2.3.4	Haltekraft eines Tragflügels . . . . .	294
7.2.3.5	Wandkraft auf eine gekrümmte Düse . . . . .	294

7.2.3.6	Haltekraft und Energiewandlung bei Propeller und Windrad . . . .	295
7.2.4	Energiesatz . . . . .	296
7.2.4.1	Gesamtdruckverlust, Dissipation und Energieumwandlung. . . . .	296
7.2.4.2	Energiegleichung des stationären Stromfadens. . . . .	297
7.2.5	Drehimpuls, Turbinengleichung. . . . .	298
<b>7.3</b>	<b>Inkompressible Strömungsfelder</b> . . . . .	<b>299</b>
7.3.1	Reibungsfreie inkompressible Strömungen . . . . .	299
7.3.1.1	Strömungspotenzial, Stromfunktion. . . . .	299
7.3.1.2	Ebene inkompressible Potenzialströmungen . . . . .	299
7.3.1.3	Räumliche inkompressible Potenzialströmungen . . . . .	301
7.3.1.4	Beschleunigte Strömung, hydrodynamische Masse . . . . .	302
7.3.1.5	Oberflächenwellen, Wellenwiderstand . . . . .	303
7.3.2	Reibungsbehaftete Strömungen . . . . .	304
7.3.2.1	Kontinuitätsgleichung, Bewegungsgleichung . . . . .	304
7.3.2.2	Ähnlichkeitstheorie, Modellgesetze . . . . .	306
7.3.2.3	Laminare Rohr- und Kanalströmung, Kugelumströmung . . . . .	306
7.3.3	Strömungsgrenzschichten . . . . .	307
<b>7.4</b>	<b>Strömungsmechanisches Versuchswesen</b> . . . . .	<b>309</b>
7.4.1	Aufgabengebiete . . . . .	309
7.4.2	Hydraulische Sonden. . . . .	309
7.4.3	Modellgesetze, Versuchsanlagen . . . . .	310
<b>7.5</b>	<b>Druckverlustbeiwerte</b> . . . . .	<b>311</b>
7.5.1	Rohrleitungen und Kanäle . . . . .	311
7.5.1.1	Kreiszyklindrische Rohre . . . . .	311
7.5.1.2	Kanäle von nicht kreisförmigen Querschnitten. . . . .	313
7.5.1.3	Kanäle mit freier Oberfläche. . . . .	314
7.5.2	Kanaleinbauten . . . . .	314
7.5.2.1	Blenden, Siebgitter und Rohrbündel . . . . .	314
7.5.2.2	Krümmen, Umlenkgeritter und Verzweigungen . . . . .	316
7.5.2.3	Diffusoren . . . . .	317
7.5.3	Durchflussregler . . . . .	317
7.5.3.1	Drosselklappen und Schieber . . . . .	317
7.5.3.2	Tellerventile . . . . .	318
<b>8</b>	<b>Thermodynamik</b> . . . . .	<b>319</b>
<b>8.1</b>	<b>Zustandseigenschaften der Fluide</b> . . . . .	<b>322</b>
8.1.1	Temperatur . . . . .	322
8.1.2	Druck . . . . .	323
8.1.3	Druck-Temperatur-Verhalten der Fluide . . . . .	323
8.1.4	Masse, Volumen und Dichte. . . . .	325
8.1.4.1	Zustandsverhalten – $p, v$ -Diagramm . . . . .	325
8.1.4.2	Flüssigkeit und überhitzter Dampf . . . . .	325
8.1.4.3	Nassdampf – Zweiphasengemisch flüssig-gasförmig . . . . .	327
8.1.5	Wärmekapazität und Isentropenexponent . . . . .	328
8.1.5.1	Isochore und isobare Wärmekapazität . . . . .	328
8.1.5.2	Isentropenexponent . . . . .	330
8.1.6	Innere Energie und Enthalpie . . . . .	330
8.1.6.1	Zustandsverhalten – $h, s$ -Diagramm . . . . .	330
8.1.6.2	Flüssigkeit und überhitzter Dampf . . . . .	331

8.1.6.3	Nassdampf – Zweiphasengemisch flüssig-gasförmig . . . . .	333
8.1.7	Entropie . . . . .	334
8.1.7.1	Zustandsverhalten – $T, s$ -Diagramm. . . . .	334
8.1.7.2	Flüssigkeit und überhitzter Dampf . . . . .	334
8.1.7.3	Nassdampf – Zweiphasengemisch flüssig-gasförmig . . . . .	336
8.1.8	Exergie. . . . .	336
<b>8.2</b>	<b>Energiebilanz – 1. Hauptsatz der Thermodynamik</b> . . . . .	<b>337</b>
8.2.1	Irreversibilität und Reversibilität . . . . .	337
8.2.2	Geschlossenes System . . . . .	338
8.2.2.1	Aufstellen der Energiebilanz. . . . .	338
8.2.2.2	Volumenänderungsarbeit. . . . .	339
8.2.2.3	Kolbennutzarbeit . . . . .	340
8.2.2.4	Dissipationsarbeit . . . . .	340
8.2.2.5	Wärme . . . . .	341
8.2.3	Offenes stationäres System . . . . .	341
8.2.3.1	Aufstellen der Energiebilanz. . . . .	341
8.2.3.2	Technische Arbeitsleistung. . . . .	343
8.2.4	Allgemeine instationäre Energiebilanz . . . . .	344
8.2.5	Berechnung der Änderungen von innerer Energie und Enthalpie . . . . .	344
<b>8.3</b>	<b>Entropiebilanz – 2. Hauptsatz der Thermodynamik</b> . . . . .	<b>346</b>
8.3.1	Geschlossenes System . . . . .	346
8.3.2	Offenes stationäres System . . . . .	347
8.3.3	Berechnung der Entropieänderungen . . . . .	348
<b>8.4</b>	<b>Exergiebilanz</b> . . . . .	<b>350</b>
8.4.1	Energie, Exergie und Anergie . . . . .	350
8.4.2	Offenes stationäres System . . . . .	351
8.4.3	Berechnung der Exergieänderungen . . . . .	352
<b>8.5</b>	<b>Einfache technische Prozesse</b> . . . . .	<b>352</b>
8.5.1	Fluide in geschlossenen Behältern . . . . .	352
8.5.2	Fluide unter konstantem Druck . . . . .	353
8.5.3	Mischung von Fluidströmen. . . . .	353
8.5.4	Übertragung von Wärme an Fluidströme. . . . .	355
8.5.5	Verdichten und Pumpen . . . . .	356
8.5.6	Turbinenentspannung . . . . .	357
<b>9</b>	<b>Konstruktionselemente</b> . . . . .	<b>365</b>
<b>9.1</b>	<b>Definition und Konstruktionsprozess</b> . . . . .	<b>368</b>
<b>9.2</b>	<b>Maße, Toleranzen und Passungen</b> . . . . .	<b>369</b>
9.2.1	Normzahlen (NZ nach DIN 323) . . . . .	369
9.2.2	Maße, Abmaße und Toleranzen . . . . .	370
9.2.3	Passungen . . . . .	372
9.2.4	Gestaltabweichungen von Oberflächen. . . . .	374
<b>9.3</b>	<b>Nichtlösbare Verbindungen</b> . . . . .	<b>376</b>
9.3.1	Schweißverbindungen . . . . .	377
9.3.1.1	Schmelz-Schweißverbindungen . . . . .	378
9.3.1.2	Press-Schweißverbindungen . . . . .	388
9.3.2	Lötverbindungen . . . . .	390
9.3.2.1	Lötverfahren. . . . .	391
9.3.2.2	Gestalten der Lötverbindungen . . . . .	391

9.3.2.3	Berechnen der Lötverbindungen . . . . .	392
9.3.3	Klebverbindungen . . . . .	393
9.3.3.1	Klebeverfahren . . . . .	393
9.3.3.2	Gestaltung der Klebverbindungen . . . . .	393
9.3.3.3	Berechnung der Klebverbindungen . . . . .	394
9.3.4	Nietverbindungen. . . . .	394
9.3.4.1	Nietformen und Nietverfahren . . . . .	395
9.3.4.2	Berechnung der Nietverbindungen . . . . .	395
9.3.5	Pressverbände . . . . .	397
9.3.5.1	Pressverfahren und Gestaltung. . . . .	397
9.3.5.2	Berechnung zylindrischer Pressverbände . . . . .	398
<b>9.4</b>	<b>Lösbare Verbindungen</b> . . . . .	<b>401</b>
9.4.1	Befestigungsschrauben. . . . .	401
9.4.1.1	Gewinde . . . . .	401
9.4.1.2	Werkstoffe und Korrosionsschutz . . . . .	403
9.4.1.3	Ausführungen von Schrauben und Muttern. . . . .	403
9.4.1.4	Unterlegscheiben und Sicherungen . . . . .	404
9.4.1.5	Kraftfluss . . . . .	406
9.4.1.6	Beanspruchung und Verformung beim Anziehen . . . . .	407
9.4.1.7	Kräfte und Haltbarkeit der Schraubenverbindungen. . . . .	409
9.4.2	Bewegungsschrauben . . . . .	411
9.4.2.1	Gewinde und Werkstoffe. . . . .	411
9.4.2.2	Berechnungen . . . . .	412
9.4.3	Bolzen- und Stiftverbindungen, Sicherungselemente . . . . .	414
9.4.3.1	Definitionen und Ausführungen . . . . .	414
9.4.3.2	Berechnungen . . . . .	415
<b>9.5</b>	<b>Elastische Verbindungselemente, Federn.</b> . . . .	<b>416</b>
9.5.1	Grundlegende Zusammenhänge. . . . .	416
9.5.1.1	Federrate, Federarbeit, Schalten mehrerer Federn . . . . .	416
9.5.1.2	Schwingverhalten . . . . .	417
9.5.1.3	Zylindrische Schraubenfedern . . . . .	418
9.5.1.4	Tellerfedern . . . . .	418
9.5.1.5	Drehfedern. . . . .	420
9.5.1.6	Blattfedern. . . . .	421
9.5.1.7	Sonstige Metallfedern . . . . .	422
9.5.1.8	Gummifedern . . . . .	422
<b>9.6</b>	<b>Drehbewegungselemente</b> . . . . .	<b>423</b>
9.6.1	Achsen und Wellen. . . . .	423
9.6.2	Lager. . . . .	428
9.6.2.1	Gleitlager . . . . .	428
9.6.2.2	Wälzlager . . . . .	432
9.6.3	Reibung und Schmierstoffe . . . . .	433
9.6.3.1	Reibung . . . . .	433
9.6.3.2	Schmierstoffe . . . . .	433
9.6.3.3	Schmieröle. . . . .	434
9.6.3.4	Schmierfette . . . . .	434
9.6.3.5	Festschmierstoffe . . . . .	434
9.6.4	Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	435
9.6.4.1	Längskeilverbindungen. . . . .	435

9.6.4.2	Passfederverbindungen . . . . .	436
9.6.4.3	Keilwellenverbindungen . . . . .	436
9.6.4.4	Zahnwellenverbindungen. . . . .	437
9.6.4.5	Polygonwellenverbindungen. . . . .	437
9.6.4.6	Kegelverbindungen . . . . .	438
9.6.4.7	Spannelementverbindungen . . . . .	438
9.6.4.8	Klemmverbindungen . . . . .	439
9.6.4.9	Stirnzahnverbindungen . . . . .	439
9.6.5	Wellenkupplungen und -bremsen . . . . .	440
9.6.5.1	Starre Kupplungen . . . . .	440
9.6.5.2	Formschlüssig nachgiebige, drehsteife Wellenkupplungen (Ausgleichskupplungen) . . . . .	442
9.6.5.3	Formschlüssig nachgiebige, drehelastische Wellenkupplungen . . . . .	443
9.6.5.4	Schlupfkupplungen . . . . .	443
9.6.5.5	Formschlüssige Schaltkupplungen . . . . .	444
9.6.5.6	Reibkupplungen als kraftschlüssige Schaltkupplungen . . . . .	444
9.6.5.7	Fliehkraftkupplungen (drehzahlbetätigt) und Sicherheits- kupplungen (momentbetätigt) . . . . .	445
9.6.5.8	Richtungsbetätigte Kupplungen als Freilaufkupplungen . . . . .	445
9.6.5.9	Bremsen . . . . .	445
9.6.6	Lager- und Wellendichtungen . . . . .	446
9.6.6.1	Berührungsfreie Dichtungen . . . . .	446
9.6.6.2	Schleifende Dichtungen . . . . .	446
<b>9.7</b>	<b>Zahnräder und Zahnradgetriebe . . . . .</b>	<b>447</b>
9.7.1	Grundlagen . . . . .	447
9.7.1.1	Begriffe und Bezeichnungen. . . . .	447
9.7.1.2	Verzahnungsgesetz . . . . .	449
9.7.1.3	Zykloidenverzahnung. . . . .	449
9.7.1.4	Evolventenverzahnung . . . . .	450
9.7.2	Abmessungen, Geometrie und Tragfähigkeit von Stirn- und Kegelrädern . . . . .	451
9.7.2.1	Abmessungen und Geometrie der Stirn- und Kegelräder . . . . .	451
9.7.2.2	Tragfähigkeit der Stirn- und Kegelräder . . . . .	452
9.7.3	Zahnradpaare mit sich kreuzenden Achsen . . . . .	455
<b>9.8</b>	<b>Hülltriebe . . . . .</b>	<b>457</b>
9.8.1	Kettentriebe . . . . .	457
9.8.1.1	Arten von Ketten . . . . .	458
9.8.1.2	Berechnung von Rollenketten . . . . .	459
9.8.2	Riementriebe . . . . .	460
9.8.2.1	Flachriementriebe. . . . .	460
9.8.2.2	Keilriementriebe . . . . .	462
9.8.2.3	Zahnriementriebe . . . . .	462
<b>9.9</b>	<b>Führungselemente für Flüssigkeiten und Gase . . . . .</b>	<b>463</b>
9.9.1	Rohrleitungen . . . . .	463
9.9.1.1	Grundlagen . . . . .	464
9.9.1.2	Rohrarten, Rohrformstücke und Rohrverbindungen. . . . .	464
9.9.1.3	Darstellung und Berechnung von Rohrleitungen. . . . .	465
9.9.2	Armaturen . . . . .	466

<b>10 Konstruktionstechnik</b> . . . . .	469
<b>10.1 Begriffe und Grundlagen</b> . . . . .	471
10.1.1 Eigenschaften technischer Produkte . . . . .	471
10.1.2 Ablauf des konstruktiven Entwicklungsprozesses . . . . .	476
10.1.2.1 Charakter des Konstruierens . . . . .	476
10.1.2.2 Stadien und Phasen des konstruktiven Entwicklungsprozesses . . . . .	479
10.1.3 Werkzeuge der Konstruktionstechnik . . . . .	481
<b>10.2 Konstruktionsmethoden</b> . . . . .	481
10.2.1 Elementare Methoden . . . . .	482
10.2.2 Präzisieren von Konstruktionsaufgaben . . . . .	484
10.2.2.1 Präzisieren der Prozessdaten . . . . .	485
10.2.2.2 Präzisieren der Produktdaten . . . . .	486
10.2.2.3 Festlegen der Aufgaben im Pflichtenheft . . . . .	488
10.2.2.4 Methode der kunden- und wettbewerbsorientierten Produkt- und Qualitätsplanung – QFD (Quality Function Deployment) . . . . .	490
10.2.3 Methoden zur Lösungsfindung . . . . .	491
10.2.3.1 Ermitteln der Gesamtfunktion . . . . .	491
10.2.3.2 Ermitteln von Verfahrensprinzipien und Funktionsstrukturen . . . . .	492
10.2.3.3 Funktionsorientierte Auswahl aus Lösungskatalogen . . . . .	494
10.2.3.4 Variation . . . . .	495
10.2.3.5 Analogien . . . . .	497
10.2.3.6 Ideenfindung . . . . .	499
10.2.3.7 Wertanalyse . . . . .	501
10.2.3.8 Kombination . . . . .	502
10.2.4 Methoden zur Lösungsbewertung . . . . .	505
10.2.4.1 Fehlerkritik . . . . .	506
10.2.4.2 Bewertung . . . . .	507
10.2.4.3 Bewertungsverfahren . . . . .	509
<b>10.3 Gestalten und Dimensionieren</b> . . . . .	512
10.3.1 Grundsätze . . . . .	512
10.3.2 Vorgehen beim Gestalten . . . . .	513
10.3.3 Dimensionieren . . . . .	518
<b>10.4 Produktdokumentation und Datentransfer</b> . . . . .	519
<b>10.5 Schutz von Erfindungen</b> . . . . .	522
10.5.1 Patente . . . . .	522
10.5.1.1 Erfindungsbeschreibung . . . . .	523
10.5.1.2 Anmeldung, Prüfung und Erteilung . . . . .	524
10.5.2 Gebrauchsmuster . . . . .	524
10.5.3 Hinweise für Erfinder . . . . .	525
<b>11 Werkstofftechnik</b> . . . . .	527
<b>11.1 Kristallbau und Gitterbaufehler</b> . . . . .	530
<b>11.2 Thermisch aktivierte Prozesse</b> . . . . .	531
<b>11.3 Werkstoffprüfung</b> . . . . .	532
11.3.1 Härteprüfung . . . . .	532
11.3.2 Zugversuch . . . . .	533
11.3.3 Biegeversuch . . . . .	534
11.3.4 Zeitstandversuch . . . . .	535
11.3.5 Schwingversuch . . . . .	535

<b>11.4 Eisen und Stahl</b> . . . . .	535
11.4.1 Grundlagen der Eisenwerkstoffe . . . . .	536
11.4.2 Wärmebehandlung . . . . .	539
11.4.3 Systematik der Stähle . . . . .	543
11.4.4 Eisengusslegierungen . . . . .	550
<b>11.5 Nichteisenmetalle</b> . . . . .	552
11.5.1 Aluminiumlegierungen. . . . .	552
11.5.2 Magnesiumlegierungen . . . . .	553
11.5.3 Nickellegierungen . . . . .	554
11.5.4 Kupferlegierungen . . . . .	555
<b>11.6 Keramische Werkstoffe</b> . . . . .	556
11.6.1 Herstellung . . . . .	556
11.6.2 Aufbau und Eigenschaften. . . . .	557
11.6.3 Eigenschaften und Anwendungen. . . . .	560
<b>11.7 Kunststoffe.</b> . . . . .	562
11.7.1 Herstellung . . . . .	562
11.7.2 Bezeichnung der Kunststoffe . . . . .	562
11.7.3 Eigenschaften und Anwendungen. . . . .	563
<b>11.8 Verbundwerkstoffe.</b> . . . . .	568
11.8.1 Faserverbundwerkstoffe . . . . .	568
11.8.2 Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (MMC) . . . . .	569
11.8.3 Keramikmatrix-Verbundwerkstoffe (CMC) . . . . .	571
<b>11.9 Funktionswerkstoffe</b> . . . . .	571
11.9.1 Magnetwerkstoffe . . . . .	571
11.9.2 Werkstoffe mit besonderen elektrischen Eigenschaften. . . . .	574
11.9.3 Halbleiter . . . . .	576
<b>11.10 Werkstoffe mit besonderen thermischen Eigenschaften</b> . . . . .	577
<b>12 Energietechnik</b> . . . . .	579
<b>12.1 Energietechnische Randbedingungen</b> . . . . .	583
<b>12.2 Primärenergieträger</b> . . . . .	584
12.2.1 Fossile Brennstoffe. . . . .	584
12.2.2 Kernbrennstoffe. . . . .	586
12.2.3 Dampferzeuger für fossile Brennstoffe. . . . .	587
12.2.4 Energieumwandlung in der Brennkammer von Gasturbinenanlagen . . . . .	591
<b>12.3 Wärmefreisetzung und Dampferzeugung im Kernkraftwerk</b> . . . . .	592
12.3.1 Wärmefreisetzung durch Kernumwandlung . . . . .	592
12.3.2 Dampferzeugung für den 2. Kreislauf eines KKW mit Druckwasserreaktor. . . . .	592
<b>12.4 Verfahren und Anlagen der thermischen Energieumwandlung</b> . . . . .	594
12.4.1 Energetische Gasturbinenanlagen . . . . .	594
12.4.2 Dampfkraftwerk . . . . .	596
12.4.3 Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD). . . . .	602
<b>12.5 Anlagen zur Umwandlung regenerativer Energien</b> . . . . .	604
12.5.1 Wasserkraftanlagen. . . . .	505
12.5.2 Windkraftanlagen. . . . .	606
12.5.3 Solarenergie. . . . .	608
12.5.4 Thermische Verwertung von Biomasse und Müll . . . . .	609
12.5.5 Geothermische Kraftwerke . . . . .	609

<b>12.6</b>	<b>Zuverlässigkeit, Ökonomie und Ökologie.</b>	609
12.6.1	Zuverlässigkeit von Energieanlagen	609
12.6.2	Ökonomische Bewertung der Elektroenergieerzeugungsverfahren	611
12.6.3	Schadstoffe aus thermischen Energieanlagen und ihre Beeinflussung.	612
<b>12.7</b>	<b>Zukünftige Entwicklungen in der Energietechnik</b>	614
12.7.1	Dezentraler Bereich der Energieversorgung	614
12.7.2	Zentrale Energieversorgung	616
<b>13</b>	<b>Fertigungstechnik</b>	619
<b>13.1</b>	<b>Einführung</b>	621
13.1.1	Grundbegriffe und Definitionen.	621
13.1.2	Gliederung der Fertigungsverfahren	621
13.1.3	Gliederung des Fertigungsprozesses	622
<b>13.2</b>	<b>Urformen</b>	624
13.2.1	Verfahrensübersicht	624
13.2.2	Gießen mit verlorenen Formen	628
13.2.3	Gießen mit Dauerform	630
13.2.4	Pulvermetallurgische Teilefertigung (Pressen und Sintern)	631
<b>13.3</b>	<b>Umformen</b>	632
13.3.1	Grundbegriffe und Verfahrensübersicht	632
13.3.2	Grundlagen der Umformtechnik	635
13.3.3	Walzen.	640
13.3.4	Freiformen.	642
13.3.5	Gesenkformen.	642
13.3.6	Durchdrücken/Fließpressen	643
13.3.7	Tiefziehen	644
13.3.8	Zugumformen.	644
13.3.9	Biegen	645
<b>13.4</b>	<b>Zerteilen</b>	646
13.4.1	Verfahrensübersicht	646
13.4.2	Schneidvorgang.	647
13.4.3	Schneidverfahren	647
<b>13.5</b>	<b>Spanen</b>	649
13.5.1	Einführung, Verfahrensübersicht	649
13.5.2	Drehen	652
13.5.3	Bohren, Senken, Reiben	653
13.5.4	Fräsen	655
13.5.5	Hobeln, Stoßen, Räumen.	658
13.5.6	Schleifen.	659
13.5.7	Honen	661
13.5.8	Läppen.	662
<b>13.6</b>	<b>Abtragen</b>	663
13.6.1	Definition und Verfahrensübersicht.	663
13.6.2	Thermisches Abtragen	663
13.6.3	Chemisches Abtragen	664
13.6.4	Elektrochemisches Abtragen	664
<b>13.7</b>	<b>Fügen</b>	665
13.7.1	Verfahrensübersicht	665
13.7.2	Schweißvorgang und Grundbegriffe	666

13.7.3	Schmelzschweißverfahren . . . . .	667
13.7.4	Pressschweißverfahren . . . . .	669
<b>13.8</b>	<b>Beschichten . . . . .</b>	<b>669</b>
13.8.1	Einführung, Verfahrensübersicht . . . . .	669
13.8.2	Vakuumbeschichten . . . . .	670
13.8.3	Galvanisieren . . . . .	671
<b>13.9</b>	<b>Stoffeigenschaftsändern . . . . .</b>	<b>672</b>
13.9.1	Verfahrensübersicht . . . . .	672
13.9.2	Verfestigen durch Umformen . . . . .	673
13.9.3	Wärmebehandeln . . . . .	674
13.9.4	Thermomechanische Behandlung . . . . .	675
<b>14</b>	<b>Fertigungssysteme . . . . .</b>	<b>677</b>
<b>14.1</b>	<b>Einleitung . . . . .</b>	<b>679</b>
<b>14.2</b>	<b>Entwicklungstendenzen in der Fertigungstechnik. . . . .</b>	<b>680</b>
14.2.1	Notwendigkeit der Fertigungsprozessoptimierung . . . . .	680
14.2.2	Veränderungen der industriellen Randbedingungen. . . . .	680
14.2.3	Flexible Automation in der Fertigung . . . . .	681
<b>14.3</b>	<b>Voraussetzungen und Charakteristika des Einsatzes von Flexiblen Fertigungssystemen (FFS) . . . . .</b>	<b>681</b>
14.3.1	Voraussetzungen für den Einsatz von FFS . . . . .	681
14.3.2	Einsatzcharakteristika für FFS. . . . .	682
<b>14.4</b>	<b>Planungsgrundlagen für FFS. . . . .</b>	<b>684</b>
<b>14.5</b>	<b>Aufbau und Planung des FFS. . . . .</b>	<b>686</b>
14.5.1	Hauptkomponenten des FFS. . . . .	686
14.5.2	Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung der FFS-Hauptkomponenten . . . . .	687
14.5.3	Varianten Flexibler Fertigungssysteme (FFS) . . . . .	689
<b>14.6</b>	<b>Das Maschinenkonzept im FFS. . . . .</b>	<b>694</b>
14.6.1	Grundbaustein der flexiblen Automation. . . . .	694
14.6.2	Bearbeitungszentrum oder Flexible Fertigungszelle . . . . .	694
14.6.2.1	Werkzeugmagazin und Werkzeugwechsel . . . . .	695
14.6.2.2	Werkstückspeicher mit Wechseleinrichtung . . . . .	696
14.6.2.3	Kühlmittelversorgung und Späneentsorgung . . . . .	696
14.6.2.4	Automatische Messeinrichtung . . . . .	697
14.6.2.5	Sonderausstattungen . . . . .	698
14.6.3	Erforderliche Eigenschaften der Fertigungseinrichtung im FFS . . . . .	698
14.6.4	Kriterien bei der Beschaffung der Fertigungseinrichtungen . . . . .	699
<b>14.7</b>	<b>Materialflusssystem im FFS . . . . .</b>	<b>700</b>
14.7.1	Werkzeugverwaltung. . . . .	700
14.7.2	Werkstücktransport. . . . .	703
<b>14.8</b>	<b>Informationssystem im FFS. . . . .</b>	<b>706</b>
14.8.1	Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung des Informationssystems. . . . .	706
14.8.2	Steuerung von FFS . . . . .	708
14.8.3	CNC-Steuerung eines FFS. . . . .	711
14.8.4	Programmierung im FFS. . . . .	712
14.8.4.1	Methoden zur Werkstückprogrammierung . . . . .	713
14.8.4.2	Materialfluss-Programmierung . . . . .	713
14.8.4.3	Werkzeugfluss- und Werkzeugdaten-Programmierung . . . . .	715
14.8.4.4	Bearbeitungsablaufsimation . . . . .	716

<b>14.9 Flexible Montagesysteme (FMS)</b> . . . . .	716
14.9.1 Grundkomponenten des FMS . . . . .	717
14.9.2 Aufgaben des FMS . . . . .	719
14.9.3 Einsatzbedingungen für eine flexible Montage . . . . .	719
14.9.4 Hauptkomponenten des FMS . . . . .	719
14.9.4.1 Mechanische Grundelemente . . . . .	719
14.9.4.2 FMS-internes Transportsystem . . . . .	719
14.9.4.3 Materialfluss im FMS. . . . .	720
14.9.4.4 Handhabungstechnik im FMS . . . . .	720
14.9.4.5 Aufgaben und Varianten der Steuerung im FMS. . . . .	722
14.9.4.6 Effektivitätsmerkmale für ein FMS . . . . .	722
<b>14.10 Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungslösungen</b> . . . . .	722
14.10.1 Fertigungsmesstechnik. . . . .	722
14.10.2 Einsetzbare Messtechnik im FFS . . . . .	723
14.10.3 Koordinatenmessgeräte im FFS . . . . .	724
14.10.4 Steuerung und Programmierung systemintegrierter flexibler Qualitätssicherungslösungen . . . . .	724
<b>14.11 Personalbedarf für Planung und Betrieb eines FFS.</b> . . . . .	725
<b>14.12 Bewertung von FFS</b> . . . . .	725
14.12.1 Bewertung in der Planungsphase . . . . .	726
14.12.2 Bewertung in der Einsatzphase . . . . .	727
<b>14.13 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für FFS</b> . . . . .	728
14.13.1 Kapazitätsbetrachtungen . . . . .	728
14.13.2 Effektivitätsbetrachtungen. . . . .	729
14.13.3 Reduzierung der Stillstandszeiten und anderer Nutzungsverluste . . . . .	730
14.13.4 Besonderheiten der FFS-Installation im Zusammenhang mit der Fertigungssituation . . . . .	730
<b>14.14 Zusammenfassung und Ausblick.</b> . . . . .	732
<b>15 Fluidenergiemaschinen</b> . . . . .	735
<b>15.1 Charakterisierung und Einteilung der Fluidenergiemaschinen</b> . . . . .	738
<b>15.2 Turbomaschinen</b> . . . . .	740
15.2.1 Turbokraftmaschinen. . . . .	740
15.2.1.1 Wasserturbinen . . . . .	740
15.2.1.2 Windturbinen . . . . .	742
15.2.1.3 Dampfturbinen . . . . .	744
15.2.1.4 Gasturbinen . . . . .	747
15.2.2 Turboarbeitsmaschinen . . . . .	750
15.2.2.1 Kreiselpumpen . . . . .	750
15.2.2.2 Turboverdichter . . . . .	752
<b>15.3 Kolbenmaschinen.</b> . . . . .	754
15.3.1 Kolbenkraftmaschinen . . . . .	754
15.3.1.1 Verbrennungsmotoren . . . . .	754
15.3.1.2 Kolbenentspannungsmaschinen . . . . .	761
15.3.2 Kolbenarbeitsmaschinen. . . . .	762
15.3.2.1 Kolbenpumpen . . . . .	762
15.3.2.2 Kolbenverdichter . . . . .	763

<b>16 Elektrische und Elektronische Bauelemente</b> . . . . .	767
<b>16.1 Passive Bauelemente</b> . . . . .	769
16.1.1 Widerstände . . . . .	769
16.1.1.1 Drahtwiderstände . . . . .	769
16.1.1.2 Schichtwiderstände . . . . .	770
16.1.1.3 Veränderbare Widerstände . . . . .	771
16.1.1.4 Dehnungsmessstreifen (DMS) . . . . .	771
16.1.1.5 Temperaturmesswiderstände . . . . .	772
16.1.1.6 Heileiter und Kaltleiter . . . . .	773
16.1.1.7 Spannungsabhängige Widerstände . . . . .	774
16.1.1.8 Magnetfeldabhängige Widerstände . . . . .	774
16.1.1.9 Lichtabhängige Widerstände . . . . .	774
16.1.2 Kondensatoren . . . . .	774
16.1.2.1 Folienkondensatoren . . . . .	775
16.1.2.2 Metall-Papier-Kondensatoren . . . . .	775
16.1.2.3 Keramische Kondensatoren . . . . .	776
16.1.2.4 Elektrolytkondensatoren . . . . .	776
16.1.2.5 Sonderbauformen bei Kondensatoren . . . . .	777
16.1.3 Induktivitäten . . . . .	778
16.1.3.1 Luftspulen . . . . .	778
16.1.3.2 Induktivität mit Eisenkern . . . . .	778
16.1.3.3 Induktivität mit Ferritkern . . . . .	779
16.1.3.4 Transformator . . . . .	779
16.1.3.5 Leitung mit Ferritring . . . . .	780
16.1.4 Entstorfilter . . . . .	781
<b>16.2 Halbleiterbauelemente</b> . . . . .	781
16.2.1 Dioden . . . . .	781
16.2.1.1 Schaltdioden . . . . .	782
16.2.1.2 Gleichrichterioden . . . . .	782
16.2.1.3 Schnelle Leistungsdioden . . . . .	783
16.2.1.4 Schottky-Leistungsdioden . . . . .	783
16.2.1.5 Z-Dioden . . . . .	783
16.2.1.6 Transzorbioden . . . . .	784
16.2.1.7 Leuchtdioden . . . . .	784
16.2.1.8 Fotodioden . . . . .	784
16.2.1.9 Solarzellen . . . . .	785
16.2.2 Bipolare Transistoren . . . . .	785
16.2.2.1 Emitterschaltung . . . . .	787
16.2.2.2 Kollektorschaltung . . . . .	787
16.2.3 Feldeffekttransistoren (FET) . . . . .	788
16.2.3.1 Kleinsignaltransistoren . . . . .	789
16.2.3.2 Leistungs-FET . . . . .	789
16.2.4 Thyristoren und Triacs . . . . .	790
16.2.4.1 Thyristoren . . . . .	790
16.2.4.2 Triacs . . . . .	791
16.2.4.3 Phasenanschnittsteuerung und Schwingungspaketsteuerung . . . . .	792
16.2.5 Analoge integrierte Schaltungen . . . . .	792
16.2.5.1 Operationsverstärker (OPV) . . . . .	793
16.2.5.2 Digital-Analog-Wandler (DA-Wandler) . . . . .	795

16.2.5.3	Analog-Digital-Wandler (AD-Wandler) . . . . .	795
16.2.6	Digitale integrierte Schaltungen . . . . .	797
16.2.6.1	Logikschaltungen . . . . .	797
16.2.6.2	Speicherschaltungen . . . . .	799
<b>16.3</b>	<b>Elektromechanische Bauteile und elektronische Alternativen</b> . . . . .	<b>800</b>
16.3.1	Schalter . . . . .	800
16.3.2	Relais . . . . .	801
16.3.2.1	Elektromechanische Relais . . . . .	801
16.3.2.2	Halbleiterrelais . . . . .	802
16.3.3	Schütze . . . . .	803
16.3.3.1	Sicherheitsrelevante Teile . . . . .	804
16.3.4	Sicherungen . . . . .	804
16.3.4.1	Schmelzsicherungen . . . . .	804
16.3.4.2	Überstromsicherung mit PTC . . . . .	805
16.3.4.3	Thermosicherung . . . . .	805
16.3.4.4	Sicherungsautomaten oder Leitungsschutzschalter . . . . .	806
16.3.4.5	Fehlerstromschutzschalter . . . . .	807
<b>16.4</b>	<b>Galvanische Elemente</b> . . . . .	<b>808</b>
16.4.1	Primärelemente . . . . .	809
16.4.2	Sekundärelemente . . . . .	810
<b>17</b>	<b>Messtechnik</b> . . . . .	<b>813</b>
<b>17.1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	<b>815</b>
17.1.1	Wirtschaftliche Bedeutung . . . . .	815
17.1.2	Informationsbeziehungen in Messprozessen . . . . .	815
<b>17.2</b>	<b>Grundbegriffe</b> . . . . .	<b>816</b>
17.2.1	Gegenstand der Messtechnik . . . . .	816
17.2.2	Messtechnische Disziplinen, Aufgaben und Ziele . . . . .	817
17.2.2.1	Bezeichnungen . . . . .	818
17.2.2.2	Strategische Ziele . . . . .	819
17.2.2.3	Messtechnische Handlungen und Einrichtungen . . . . .	821
17.2.3	Größen und Einheiten . . . . .	823
17.2.3.1	Größen . . . . .	823
17.2.3.2	Einheiten . . . . .	823
17.2.4	Messgrößenwandlung . . . . .	825
17.2.5	Grundstrukturen . . . . .	827
17.2.6	Weiterverarbeitung . . . . .	830
17.2.7	Unifizierung und Schnittstellen . . . . .	831
17.2.7.1	Aufgabenunifizierung . . . . .	831
17.2.7.2	Schnittstellen . . . . .	831
<b>17.3</b>	<b>Signale</b> . . . . .	<b>832</b>
17.3.1	Signalmerkmale . . . . .	832
17.3.2	Signalwandlung . . . . .	833
17.3.3	Abtastung und Analog-Digital-Umsetzung . . . . .	834
17.3.4	Einheitssignale . . . . .	837
<b>17.4</b>	<b>Kennfunktionen und Kennwerte</b> . . . . .	<b>839</b>
17.4.1	Statische Kennfunktionen und Kennwerte . . . . .	839
17.4.2	Dynamische Kennfunktionen und Kennwerte . . . . .	840
<b>17.5</b>	<b>Messfehler</b> . . . . .	<b>842</b>

17.5.1 Fehlerdefinitionen . . . . .	842
17.5.1.1 Statische Fehler . . . . .	842
17.5.1.2 Dynamische Fehler . . . . .	844
17.5.1.3 Fehlergrenzen, Fehlerklasse . . . . .	845
17.5.1.4 Fehlerfortpflanzung . . . . .	845
17.5.2 Vorbereitung und Auswertung von Messungen . . . . .	846
<b>17.6 Baugruppen . . . . .</b>	<b>847</b>
17.6.1 Sensoren . . . . .	847
17.6.2 Weitere Baugruppen . . . . .	851
<b>18 Steuerungs- und Regelungstechnik . . . . .</b>	<b>853</b>
<b>18.1 Einführung . . . . .</b>	<b>856</b>
18.1.1 Blockdarstellung von Funktionalbeziehungen . . . . .	856
18.1.2 Klassifizierung von Systemen . . . . .	856
18.1.2.1 Lineare zeitinvariante und zeitvariante Systeme . . . . .	858
18.1.2.2 Nichtlineare Systeme . . . . .	858
18.1.3 Linearisierung um den Arbeitspunkt . . . . .	859
18.1.4 Steuerungen und Regelungen . . . . .	860
18.1.5 Laplace-Transformation . . . . .	861
18.1.5.1 Rechenregeln der Laplace-Transformation . . . . .	863
18.1.5.2 Anwendung der Laplace-Transformation . . . . .	863
18.1.6 Übertragungsfunktion . . . . .	864
18.1.6.1 Wichtige Übertragungsglieder . . . . .	865
18.1.6.2 Umformung eines Strukturbildes . . . . .	868
18.1.7 Zustandsraumdarstellung von Systemen . . . . .	869
18.1.8 Modellbildung einer Gleichstrommaschine . . . . .	871
18.1.9 Modellbildung einer GM im Zustandsraum . . . . .	872
18.1.10 Modellbildung einer mechanischen Welle . . . . .	873
<b>18.2 Reglerentwurf für lineare kontinuierliche Systeme . . . . .</b>	<b>874</b>
18.2.1 Regeleinrichtung . . . . .	875
18.2.2 Reglertypen und Reglerparameter . . . . .	876
18.2.3 Reglerbegrenzung . . . . .	880
18.2.4 Stabilität von Systemen und Regelkreisen . . . . .	881
18.2.5 Beurteilung von Regelkreisen . . . . .	882
18.2.6 Reglereinstellung . . . . .	883
18.2.6.1 Betragsoptimum . . . . .	883
18.2.6.2 Symmetrisches Optimum . . . . .	885
18.2.6.3 Empirische Reglereinstellung . . . . .	886
18.2.7 Störgrößenaufschaltung . . . . .	886
18.2.8 Kaskadenregelung . . . . .	887
<b>18.3 Zustandsraumregelung . . . . .</b>	<b>888</b>
18.3.1 Regelungsnormalform . . . . .	889
18.3.2 Beobachtungsnormalform . . . . .	890
18.3.3 Polvorgabe . . . . .	890
18.3.4 Zustandsbeobachter . . . . .	893
<b>18.4 Abtastregelung . . . . .</b>	<b>895</b>
18.4.1 Aufbau einer Abtastregelung . . . . .	895
18.4.1.1 Mathematische Beschreibung des Abtastthalteglieds . . . . .	896
18.4.1.2 Z-Transformation . . . . .	897

18.4.1.3	Rechenregeln der $z$ -Transformation . . . . .	898
18.4.1.4	Zeitdiskreter PID-Regler . . . . .	899
18.4.2	Reglereinstellung . . . . .	900
18.4.3	Beschreibung einer Regelung mit der $z$ -Transformation . . . . .	900
18.4.4	Stabilität . . . . .	901
18.4.5	Kompensationsregler . . . . .	902
<b>19</b>	<b>Antriebstechnik</b> . . . . .	<b>905</b>
<b>19.1</b>	<b>Elektrische Maschinen</b> . . . . .	<b>908</b>
19.1.1	Einführung und Zusammenfassung . . . . .	908
19.1.1.1	Prinzipielles . . . . .	908
19.1.1.2	Allgemeines über elektrische Antriebstechnik . . . . .	908
19.1.2	Typen elektrischer Maschinen . . . . .	909
19.1.2.1	Gleichstrommaschinen (GSM) . . . . .	909
19.1.2.2	Asynchronmaschinen (ASM) . . . . .	916
19.1.2.3	Synchronmaschinen (SM) . . . . .	916
19.1.2.4	Linearmotor . . . . .	917
19.1.3	Arbeitspunkt, Vierquadrantenbetrieb . . . . .	917
19.1.4	Wirkungsgrad und Leistungsgrenzen . . . . .	919
19.1.5	Dynamisches Verhalten, Hochlauf . . . . .	919
19.1.5.1	Newton'sches Aktionsprinzip . . . . .	919
19.1.5.2	Linearer Hochlauf (Rampen-Zeitfunktion) . . . . .	920
19.1.5.3	Exponentieller Hochlauf . . . . .	921
19.1.6	Thermodynamik, Erwärmung und Abkühlung . . . . .	921
19.1.7	Normrichtlinien: Bauformen, Schutzarten, Kühlung und Isolation . . . . .	923
19.1.7.1	Bauformen . . . . .	923
19.1.7.2	Schutzarten, Schutzgrade . . . . .	923
19.1.7.3	Kühlung . . . . .	924
19.1.7.4	Isolation . . . . .	924
<b>19.2</b>	<b>Leistungselektronische Umrichter</b> . . . . .	<b>925</b>
19.2.1	Einleitung . . . . .	925
19.2.2	Stromrichterschaltungen . . . . .	926
19.2.2.1	Gleich-, Wechsel- und Umrichter . . . . .	926
19.2.2.2	Zwischenkreis-Umrichter . . . . .	926
19.2.2.3	Stromrichterspeisung für Synchron- und Asynchronmotoren . . . . .	926
19.2.2.4	Der Pulsrichter mit Spannungs-Zwischenkreis . . . . .	930
19.2.2.5	GTO-Stromrichter . . . . .	931
19.2.2.6	Direktumrichter . . . . .	933
19.2.2.7	Untersynchrone Stromrichtererkaskade für Schleifringläufer . . . . .	933
19.2.2.8	Netzseitige Stromrichter . . . . .	934
19.2.3	Projektierung . . . . .	935
19.2.3.1	Nennleistung: vom Hersteller genannte Bemessungsleistung . . . . .	935
19.2.3.2	Drehmoment . . . . .	936
19.2.3.3	Drehzahlstellbereich . . . . .	936
19.2.3.4	Umgebungsbedingungen . . . . .	937
19.2.3.5	Netzbedingungen . . . . .	938
19.2.4	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Redundanz . . . . .	938
19.2.4.1	Standardwerte zur Ausfall- und Verfügbarkeitsberechnung . . . . .	938
19.2.4.2	Weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit . . . . .	939
19.2.5	Auswahlkriterien für Antriebssysteme . . . . .	939

<b>19.3</b>	<b>Hydraulische Antriebstechnik</b>	941
19.3.1	Übersicht	941
19.3.2	Grundlagen	941
19.3.2.1	Druck	941
19.3.2.2	Hydraulische Energie	942
19.3.2.3	Hydraulische Leistung	942
19.3.2.4	Zusammenhang zwischen Druck- und Temperaturdifferenzen	942
19.3.2.5	Fluide und ihre Eigenschaften	943
19.3.2.6	Spalt- und Blendenströmungen	944
19.3.3	Bauelemente hydrostatischer Antriebe	945
19.3.3.1	Pumpen	945
19.3.3.2	Fluidmotoren	947
19.3.4	Ventile	947
19.3.5	Arbeitszylinder	948
19.3.6	Verbindungselemente	948
19.3.7	Dichtelemente	949
19.3.8	Hydrostatische Getriebe	949
19.3.9	Speicher	949
19.3.10	Bauelemente hydrodynamischer Antriebe	951
19.3.10.1	Hydrodynamische Kupplung	951
19.3.10.2	Hydrodynamische Bremse	953
19.3.10.3	Hydrodynamischer Drehmomentwandler	953
<b>20</b>	<b>Maschinendynamik</b>	955
<b>20.1</b>	<b>Einleitung</b>	957
<b>20.2</b>	<b>Modellbildung und Parameterbestimmung</b>	958
20.2.1	Modellbildung	958
20.2.2	Bewegungsgleichungen	958
20.2.3	Parameterbestimmung	960
<b>20.3</b>	<b>Dynamik zwangsläufiger starrer Körper</b>	961
<b>20.4</b>	<b>Eigenwertproblem</b>	962
<b>20.5</b>	<b>Massenausgleich und Auswuchten</b>	964
20.5.1	Freie Massenkräfte	964
20.5.2	Massenausgleich	964
20.5.3	Auswuchten von Rotoren	964
<b>20.6</b>	<b>Schwingungsisoliertes Aufstellen von Maschinen</b>	966
20.6.1	Aktive und passive Schwingungsisolierung	966
20.6.2	Abstimmung und Dämpfung	966
20.6.3	Eigenfrequenzen der elastisch gelagerten Maschine	969
<b>20.7</b>	<b>Antriebsdynamik</b>	970
20.7.1	Berechnungsmodelle	970
20.7.2	Eigenfrequenzen und Eigenschwingformen	971
20.7.3	Systeme mit $n$ Massen	972
<b>20.8</b>	<b>Biegeschwingungen</b>	972
20.8.1	Berechnung der Biegesteifigkeit	972
20.8.2	Biegeschwingung der einfach besetzten Welle mit Kreiselwirkung	973
20.8.3	Biegeschwingungen des Balkens mit $n$ diskreten Punktmassen	975
20.8.4	Näherungsverfahren zur Abschätzung von Eigenfrequenzen	975
<b>20.9</b>	<b>Mehrkörpersysteme</b>	976

<b>21</b>	<b>Simulationstechnik</b>	979
<b>21.1</b>	<b>Einführende Beispiele</b>	982
21.1.1	Simulation bei der Entwicklung technischer Systeme	982
21.1.2	Simulation in der Fertigungsvorbereitung	983
21.1.3	Simulation beim Betreiben technischer Anlagen	985
21.1.4	Historische Entwicklung	986
<b>21.2</b>	<b>Grundlagen der Simulationstechnik</b>	986
21.2.1	Definitionen: Prozesse, Systeme, Modelle	987
21.2.2	Aufbau von Simulationsmodellen	988
21.2.3	Testen von Simulationsmodellen	990
21.2.4	Untersuchungsmethoden	991
<b>21.3</b>	<b>Simulationsmodelle</b>	992
21.3.1	Differenzenmodelle	994
21.3.2	Differenzialmodelle	996
21.3.3	Endliche Automaten	998
21.3.4	Petri-Netz-Modelle	998
<b>21.4</b>	<b>Numerische Methoden</b>	999
21.4.1	Zeitdiskretisierung	1000
21.4.2	Ortsdiskretisierung	1001
21.4.3	Finite-Elemente-Methode	1002
<b>21.5</b>	<b>Beschreibung mit Graphen</b>	1005
21.5.1	Signalflussgraphen	1005
21.5.2	Energieflussgraphen (Bondgraphen)	1007
21.5.3	Zustands- und Ereignisgraphen	1009
<b>21.6</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	1012
21.6.1	Ausbildung und Training	1012
21.6.2	Computer-Aided Engineering	1013
21.6.3	Hardware-in-the-Loop	1014
21.6.4	Man-in-the-Loop	1016
<b>22</b>	<b>Mechatronik/Adaptronik</b>	1019
<b>22.1</b>	<b>Einführung in die Mechatronik und Adaptronik</b>	1021
22.1.1	Mechatronik	1022
22.1.2	Adaptronik	1023
22.1.3	Vergleich von Mechatronik und Adaptronik	1024
22.1.4	Definition der Begriffe	1025
<b>22.2</b>	<b>Aktor- und Sensorsysteme</b>	1026
22.2.1	Funktionswerkstoffe	1026
22.2.1.1	Piezokeramiken	1027
22.2.1.2	Formgedächtnislegierungen	1032
22.2.1.3	Sonstige	1036
22.2.2	Multifunktionale Werkstoffsysteme	1038
22.2.3	Diskrete Aktoren	1040
22.2.3.1	Piezokeramische Stapelaktoren	1040
22.2.3.2	Piezokeramische Biegegewandler	1044
<b>22.3</b>	<b>Regelungstechnische Ansätze für adaptive Systeme</b>	1045
22.3.1	Einführung	1045
22.3.2	System mit Rückkopplung	1046
22.3.3	System mit adaptiver Gegensteuerung	1048

<b>22.4</b>	<b>Berechnungsverfahren</b> . . . . .	1049
22.4.1	Allgemein . . . . .	1049
22.4.2	Bewegungsdifferentialgleichung für einen diskretisierten Balken mit aktiven Werkstoffen . . . . .	1049
22.4.3	Aktor- und Sensorpositionierung . . . . .	1052
22.4.4	Regelung mit proportionaler Rückführung . . . . .	1054
<b>22.5</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b> . . . . .	1055
22.5.1	Adaptive Tilger und Kompensatoren . . . . .	1055
22.5.2	Semiaktive Dämpfung . . . . .	1056
22.5.3	Adaptive Lärmunterdrückung . . . . .	1058
<b>23</b>	<b>Umweltechnik</b> . . . . .	1061
<b>23.1</b>	<b>Wasser-/Abwassertechnik</b> . . . . .	1066
23.1.1	Zusammenhänge der Abwasser- und Schadstoffentstehung . . . . .	1066
23.1.2	Standzeitverlängerung des Wirkbades . . . . .	1067
23.1.3	Verringerung der Ausschleppung von Wirkstoffen . . . . .	1069
23.1.4	Wasser sparende Spültechnik . . . . .	1070
23.1.4.1	Ziele der Spültechnik . . . . .	1070
23.1.4.2	Spültechnik-Parameter . . . . .	1071
23.1.4.3	Spülsystem-Typen und Berechnungen der Wassermengen . . . . .	1072
23.1.4.4	Kreislaufführung von Spülwasser . . . . .	1072
23.1.4.5	Vergleich unterschiedlicher Spülsysteme . . . . .	1073
23.1.5	Rückführung von Ausschleppungen . . . . .	1074
23.1.6	Abwasserbehandlung . . . . .	1075
<b>23.2</b>	<b>Umweltbereich Luft/Abluft</b> . . . . .	1076
23.2.1	Luftzusammensetzung und Luftverunreinigungen . . . . .	1077
23.2.2	Auswirkungen von Luftverunreinigungen . . . . .	1077
23.2.3	Begrenzung der Emission von Luftverunreinigungen . . . . .	1078
23.2.3.1	Primärmaßnahmen . . . . .	1078
23.2.3.2	Sekundärmaßnahmen . . . . .	1079
<b>23.3</b>	<b>Umweltbereich Boden/Abfall</b> . . . . .	1080
23.3.1	Grundsatz der Abfallwirtschaft . . . . .	1081
23.3.2	Primärmaßnahmen zur Abfallvermeidung . . . . .	1081
23.3.3	Sekundärmaßnahmen zur Stoffkreislaufschließung . . . . .	1082
23.3.4	Beseitigung von Abfällen . . . . .	1082
<b>24</b>	<b>Betriebswirtschaftslehre</b> . . . . .	1085
<b>24.1</b>	<b>Betriebliches Personalmanagement</b> . . . . .	1087
24.1.1	Einführung . . . . .	1087
24.1.2	Personalentwicklung . . . . .	1088
24.1.2.1	Grundlagen . . . . .	1088
24.1.2.2	Qualifikation von Mitarbeitern . . . . .	1088
24.1.2.3	Mitarbeiterbeurteilung . . . . .	1089
24.1.3	Personalführung . . . . .	1090
24.1.3.1	Grundlagen . . . . .	1090
24.1.3.2	Motivation . . . . .	1092
24.1.4	Personalbeschaffung . . . . .	1093
24.1.4.1	Grundlagen . . . . .	1093
24.1.4.2	Werbung und Auswahl von Mitarbeitern . . . . .	1093

24.1.5	Personalorganisation . . . . .	1095
24.1.5.1	Grundlagen . . . . .	1096
24.1.5.2	Personalinformationssysteme (PIS) . . . . .	1096
24.1.6	Entgeltpolitik . . . . .	1097
24.1.6.1	Grundlagen . . . . .	1097
24.1.6.2	Prämien . . . . .	1097
<b>24.2.</b>	<b>Marketing . . . . .</b>	<b>1098</b>
24.2.1	Sichtweisen des Marketings . . . . .	1098
24.2.2	Marketing-Mix . . . . .	1100
24.2.3	Marketingformen . . . . .	1100
24.2.4	Marketingstrategien . . . . .	1100
24.2.4.1	Strategische Ziele . . . . .	1101
24.2.4.2	Marketing-Basisstrategien . . . . .	1101
24.2.5	Preispolitik . . . . .	1104
24.2.5.1	Kostenorientierte Preissetzung . . . . .	1104
24.2.5.2	Kundenorientierte Preissetzung . . . . .	1104
24.2.5.3	Konkurrenzorientierte Preissetzung . . . . .	1105
24.2.5.4	Konditionenpolitik . . . . .	1105
24.2.6	Produktpolitik . . . . .	1106
24.2.6.1	Produkttypologien . . . . .	1107
24.2.6.2	Produkt Hierarchien . . . . .	1108
24.2.6.3	Produktlinie . . . . .	1108
24.2.6.4	Produktmix . . . . .	1108
24.2.6.5	Sortiment . . . . .	1109
24.2.6.6	Produktlebenszyklus (PLZ) . . . . .	1109
24.2.6.7	Die Marke . . . . .	1110
24.2.7	Distributionspolitik . . . . .	1111
24.2.7.1	Wahl der Vertriebskanäle . . . . .	1112
24.2.8	Kommunikationspolitik und Ziele . . . . .	1116
24.2.8.1	Der Kommunikationsprozess . . . . .	1116
24.2.8.2	Instrumente der Absatzförderung . . . . .	1117
24.2.9	Das Bilden von Marktsegmenten . . . . .	1118
24.2.10	Die Wahl der Zielmärkte und der Positionierung . . . . .	1119
<b>24.3</b>	<b>Der Jahresabschluss . . . . .</b>	<b>1119</b>
24.3.1	Bilanz . . . . .	1119
24.3.1.1	Bilanzarten . . . . .	1120
24.3.1.2	Gliederung der Bilanz . . . . .	1121
24.3.1.3	Bewertung in der Bilanz . . . . .	1122
24.3.2	Gewinn- und Verlustrechnung (GuV-Rechnung) . . . . .	1123
24.3.3	Anhang und Lagebericht . . . . .	1125
<b>24.4</b>	<b>Kosten- und Leistungsrechnung . . . . .</b>	<b>1125</b>
24.4.1	Grundlagen . . . . .	1125
24.4.2	Grundbegriffe der Kostenrechnung . . . . .	1126
24.4.3	Kostenartenrechnung . . . . .	1127
24.4.4	Kostenstellenrechnung . . . . .	1129
24.4.4.1	Bestimmung der Kostenstellen . . . . .	1129
24.4.4.2	Betriebsabrechnungsbogen (BAB) . . . . .	1129
24.4.5	Kostenträgerrechnung . . . . .	1131
24.4.5.1	Divisionskalkulation . . . . .	1131

24.4.5.2	Zuschlagskalkulation . . . . .	1133
24.4.6	Kostenrechnungssysteme in der Praxis . . . . .	1134
24.4.6.1	Ist- und Plankostenrechnung . . . . .	1134
24.4.6.2	Zusammenhang Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung . . . . .	1134
24.4.6.3	Teilkostenrechnung (Deckungsbeitragsrechnung) . . . . .	1135
<b>24.5</b>	<b>Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung . . . . .</b>	<b>1136</b>
24.5.1	Statische Verfahren. . . . .	1136
24.5.1.1	Kostenvergleichsrechnung . . . . .	1136
24.5.1.2	Gewinnvergleichsrechnung . . . . .	1137
24.5.1.3	Rentabilitätsrechnung. . . . .	1137
24.5.1.4	Amortisationsrechnung. . . . .	1137
24.5.2	Dynamische Verfahren. . . . .	1138
24.5.2.1	Kapitalwertmethode . . . . .	1138
24.5.2.2	Interne Zinsfuß-Methode. . . . .	1138
24.5.2.3	Annuitätenmethode . . . . .	1138
<b>24.6</b>	<b>Finanzierung . . . . .</b>	<b>1139</b>
24.6.1	Fremdfinanzierung . . . . .	1140
24.6.1.1	Sicherheiten . . . . .	1140
24.6.1.2	Kurzfristige Fremdfinanzierung . . . . .	1140
24.6.1.3	Langfristige Fremdfinanzierung . . . . .	1140
24.6.2	Innenfinanzierung . . . . .	1141
24.6.2.1	Finanzierung aus Umsatzerlösen . . . . .	1141
24.6.2.2	Finanzierung aus Kapitalfreisetzungen . . . . .	1141
24.6.3	Beteiligungsfinanzierung . . . . .	1142
24.6.3.1	Kapitalgesellschaften . . . . .	1142
24.6.3.2	Personengesellschaften . . . . .	1142
<b>25</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>1145</b>
	<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>1169</b>