

Inhaltsübersicht

A Mathematik und Statistik	A1 – A154
Mathematik (<i>P. Ruge</i>)	A1 – A126
Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik (<i>M. Wermuth</i>)	A126 – A150
B Physik (H. Niedrig)	B1 – B245
C Chemie (B. Plewinsky)	C1 – C88
D Werkstoffe (H. Czichos)	D1 – D90
E Technische Mechanik	E1 – E186
Mechnik fester Körper (<i>J. Wittenburg</i>)	E1 – E119
Strömungsmechanik (<i>J. Zierep, K. Bühler</i>)	E120 – E176
F Technische Thermodynamik (J. Ahrendts)	F1 – F53
G Elektrotechnik	G1 – G153
Netzwerke (<i>G. Wiesemann</i>)	G1 – G35
Felder (<i>H. Clausert</i>)	G36 – G58
Energietechnik (<i>H. Zürneck</i>)	G59 – G72
Nachrichtentechnik (<i>K. Hoffmann</i>)	G72 – G101
Elektronik (<i>K. Hoffmann, G. Wiesemann, L. Haase</i>)	G101 – G152
H Meßtechnik (H.-R. Tränkler)	H1 – H81
I Regelungs- und Steuerungstechnik (H. Unbehauen)	I1 – I90
J Technische Informatik	J1 – J137
Mathematische Modelle (<i>H. Liebig, P. Rechenberg</i>)	J2 – J18
Digitale Systeme (<i>H. Liebig</i>)	J18 – J55
Rechnerorganisation (<i>Th. Flik</i>)	J55 – J98
Programmierung (<i>P. Rechenberg</i>)	J99 – J133
K Entwicklung und Konstruktion (W. Beitz)	K1 – K64
L Produktion (G. Spur)	L1 – L49
M Betriebswirtschaft (W. Plinke)	M1 – M19
N Normung (H. Reihlen)	N1 – N11
O Recht (J. Borck)	O1 – O12
P Patentwesen (E. Häußer)	P1 – P15
Sachverzeichnis	S1 – S52

Inhalt

A Mathematik und Statistik P. Ruge, M. Wermuth

Mathematik

P. Ruge

1	Mengen, Logik, Graphen	. . . . .	A1
1.1	Mengen	. . . . .	A1
	1.1.1 Grundbegriffe der Mengenlehre. – 1.1.2 Mengenrelationen und -operationen.		
1.2	Verknüpfungsmerkmale spezieller Mengen	. . . . .	A2
1.3	Aussagenlogik	. . . . .	A3
1.4	Graphen	. . . . .	A4
2	Zahlen, Abbildungen, Folgen	. . . . .	A5
2.1	Reelle Zahlen	. . . . .	A5
	2.1.1 Zahlenmengen, Mittelwerte. – 2.1.2 Potenzen, Wurzeln, Logarithmen.		
2.2	Stellenwertsysteme	. . . . .	A5
2.3	Komplexe Zahlen	. . . . .	A6
	2.3.1 Grundoperationen; Koordinatendarstellung. – 2.3.2 Potenzen, Wurzeln.		
2.4	Intervalle	. . . . .	A6
2.5	Abbildungen, Folgen und Reihen	. . . . .	A7
	2.5.1 Abbildungen, Funktionen. – 2.5.2 Folgen und Reihen. –		
	2.5.3 Potenzen von Reihen.		
3	Matrizen und Tensoren	. . . . .	A8
3.1	Matrizen	. . . . .	A8
	3.1.1 Bezeichnungen, spezielle Matrizen. – 3.1.2 Rechenoperationen. –		
	3.1.3 Matrixnormen.		
3.2	Determinanten	. . . . .	A12
3.3	Vektoren	. . . . .	A13
	3.3.1 Vektoreigenschaften. – 3.3.2 Basis. – 3.3.3 Inneres oder Skalarprodukt. –		
	3.3.4 Äußeres oder Vektorprodukt. – 3.3.5 Spatprodukt, Mehrfachprodukte.		
3.4	Tensoren	. . . . .	A16
	3.4.1 Tensoren n -ter Stufe. – 3.4.2 Tensoroperationen.		
4	Elementare Geometrie	. . . . .	A16
4.1	Koordinaten	. . . . .	A16
	4.1.1 Koordinaten, Basen. – 4.1.2 Kartesische Koordinaten. –		
	4.1.3 Polarkoordinaten. – 4.1.4 Flächenkoordinaten. –		
	4.1.5 Volumenkoordinaten. – 4.1.6 Zylinderkoordinaten. –		
	4.1.7 Kugelkoordinaten.		

4.2	Kurven, Flächen 1. und 2. Ordnung	A18
4.2.1	Gerade in der Ebene. – 4.2.2 Ebene im Raum. – 4.2.3 Gerade im Raum. –	
4.2.4	Kurven 2. Ordnung. – 4.2.5 Flächen 2. Ordnung.	
4.3	Planimetrie, Stereometrie	A23
5	Projektionen	A30
6	Algebraische Funktionen einer Veränderlichen	A31
6.1	Sätze über Nullstellen	A31
6.2	Quadratische und kubische Gleichungen	A33
7	Transzendente Funktionen	A33
7.1	Exponentialfunktionen	A33
7.2	Trigonometrische Funktionen	A33
7.3	Hyperbolische Funktionen	A36
8	Höhere Funktionen	A37
8.1	Algebraische Funktionen 2. und 4. Ordnung	A37
8.2	Zykloiden, Spiralen	A38
8.3	Delta-, Heaviside-, Gammafunktion	A38
9	Differentiation reeller Funktionen einer Variablen	A41
9.1	Grenzwert, Stetigkeit	A41
9.2	Ableitung einer Funktion	A42
	9.2.1 Funktionsdarstellung nach Taylor. – 9.2.2 Grenzwerte durch Ableitungen. –	
	9.2.3 Extrema, Wendepunkte.	
10	Integration reeller Funktionen einer Variablen	A46
10.1	Unbestimmtes Integral	A46
10.2	Bestimmtes Integral	A49
	10.2.1 Integrationsregeln. – 10.2.2 Uneigentliche Integrale	
11	Differentiation reeller Funktionen mehrerer Variablen	A51
11.1	Grenzwert, Stetigkeit	A51
11.2	Ableitungen	A51
	11.2.1 Funktionsdarstellung nach Taylor. – 11.2.2 Extrema.	
12	Integration reeller Funktionen mehrerer Variablen	A54
12.1	Parameterintegrale	A54
12.2	Doppelintegrale	A54
12.3	Uneigentliche Bereichsintegrale	A55
12.4	Dreifachintegrale	A55
12.5	Variablentransformation	A56
12.6	Kurvenintegrale	A57
12.7	Oberflächenintegrale	A58
13	Differentialgeometrie der Kurven	A58
13.1	Ebene Kurven	A58
	13.1.1 Tangente, Krümmung. – 13.1.2 Hüllkurve.	
13.2	Räumliche Kurven	A60
14	Räumliche Drehungen	A61
15	Differentialgeometrie gekrümmter Flächen	A61

16	Differentialgeometrie im Raum	A63
16.1	Basen, Metrik	A63
16.2	Krummlinige Koordinaten	A63
17	Differentiation und Integration in Feldern	A64
17.1	Nabla-Operator	A64
17.2	Fluß, Zirkulation	A66
17.3	Integralsätze	A67
18	Differentiation und Integration komplexer Funktionen	A68
18.1	Darstellung, Stetigkeit komplexer Funktionen.	A68
18.2	Ableitung	A69
18.3	Integration	A69
19	Konforme Abbildung	A72
20	Orthogonalsysteme	A73
21	Fourier-Reihen	A74
21.1	Reelle Entwicklung	A74
21.2	Komplexe Entwicklung	A75
22	Polynomentwicklungen	A77
23	Integraltransformationen	A78
23.1	Fourier-Transformation	A78
23.2	Laplace-Transformation	A78
23.3	Z-Transformation	A81
24	Gewöhnliche Differentialgleichungen	A82
24.1	Einteilung	A82
24.2	Geometrische Interpretation	A82
25	Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen	A83
25.1	Trennung der Veränderlichen	A83
25.2	Totales Differential	A83
25.3	Substitution	A84
25.4	Lineare Differentialgleichungen	A84
25.5	Lineare Differentialgleichung, konstante Koeffizienten	A85
25.6	Normiertes Fundamentalsystem	A86
25.7	Greensche Funktion	A87
25.8	Integration durch Reihenentwicklung	A88
25.9	Integralgleichungen.	A88
26	Systeme von Differentialgleichungen	A88
27	Selbstadjungierte Differentialgleichung	A90
28	Klassische nichtelementare Differentialgleichungen	A91
29	Partielle Differentialgleichungen 1. Ordnung	A92
30	Partielle Differentialgleichungen 2. Ordnung	A93
31	Lösungen partieller Differentialgleichungen	A95
31.1	Spezielle Lösungen der Wellen- und Potentialgleichung	A95
31.2	Fundamentallösungen	A96

32 Variationsrechnung	.....	A97
32.1 Funktionale	.....	A97
32.2 Optimierung	.....	A100
32.3 Lineare Optimierung	.....	A101
33 Lineare Gleichungssysteme	.....	A102
33.1 Gestaffelte Systeme	.....	A102
33.2 Gaußverwandte Verfahren	.....	A103
33.3 Überbestimmte Systeme	.....	A105
33.4 Testmatrizen	.....	A105
34 Nichtlineare Gleichungen	.....	A106
34.1 Fixpunktiteration, Konvergenzordnung	.....	A106
34.2 Spezielle Iterationsverfahren	.....	A107
34.3 Nichtlineare Gleichungssysteme	.....	A109
35 Matrizeneigenwertproblem	.....	A109
35.1 Homogene Matrizenfunktionen, Normalformen	.....	A109
35.2 Symmetrische Matrizenpaare	.....	A112
35.3 Testmatrizen	.....	A113
35.4 Singulärwertzerlegung	.....	A114
36 Interpolation	.....	A115
36.1 Nichtperiodische Interpolation	.....	A115
36.2 Periodische Interpolation	.....	A118
36.3 Integration durch Interpolation	.....	A119
37 Numerische Integration von Differentialgleichungen	.....	A121
37.1 Anfangswertprobleme	.....	A121
37.2 Randwertprobleme	.....	A124

Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik

M. Wermuth

38 Wahrscheinlichkeitsrechnung	.....	A126
38.1 Zufallsexperiment und Zufallsereignis	.....	A126
38.2 Wahrscheinlichkeit von Zufallsereignissen	.....	A127
38.3 Bedingte Wahrscheinlichkeit	.....	A127
38.4 Unabhängigkeit von Ereignissen	.....	A128
38.5 Rechenregeln für Wahrscheinlichkeiten	.....	A128
39 Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeitsverteilung	.....	A129
39.1 Zufallsvariablen	.....	A129
39.2 Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen	.....	A130
39.3 Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion einer stetigen Zufallsvariablen	.....	A130
39.4 Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	.....	A131
39.4.1 Erwartungswert einer Funktion einer Zufallsgröße. – 39.4.2 Lageparameter einer Verteilung. – 39.4.3 Streuungsparameter einer Verteilung.	.....
39.5 Stochastische Unabhängigkeit von Zufallsgrößen	.....	A132
39.6 Korrelation von Zufallsgrößen	.....	A132
39.7 Wichtige Wahrscheinlichkeitsverteilungen	.....	A132

40	Deskriptive Statistik	A139
40.1	Aufgaben der Statistik	A139
40.2	Grundbegriffe	A139
40.3	Häufigkeit und Häufigkeitsverteilung	A140
40.4	Kenngrößen empirischer Verteilungen	A140
40.4.1	Lageparameter. – 40.4.2 Streuungsparameter.	
40.5	Empirischer Korrelationskoeffizient	A142
41	Induktive Statistik	A143
41.1	Stichprobenauswahl	A143
41.2	Stichprobenfunktionen	A143
42	Statistische Schätzverfahren	A143
42.1	Schätzfunktion	A143
42.2	Punktschätzung	A143
42.3	Intervallschätzung	A144
43	Statistische Prüfverfahren	A145
43.1	Ablauf eines Tests	A145
43.2	Test der Gleichheit des Erwartungswertes μ eines quantitativen Merkmals mit einem gegebenen Wert μ_0 (Parametertest)	A146
43.3	Test der Gleichheit des Anteilswertes p eines qualitativen Merkmals mit einem gegebenen Wert p_0 (Parametertest)	A147
43.4	Test der Gleichheit einer empirischen mit einer theoretischen Verteilung (Anpassungstest)	A147
43.5	Prüfen der Unabhängigkeit zweier Zufallsgrößen (Korrelationskoeffizient)	A148
44	Regression	A148
44.1	Grundlagen	A148
44.2	Schätzwerte für α , β und σ^2	A148
44.3	Konfidenzintervalle für die Parameter β , σ^2 und $\mu(x)$	A149
44.4	Prüfen einer Hypothese über den Regressionskoeffizienten	A149
44.5	Beispiel zur Regressionsrechnung	A149
	Formelzeichen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik	A151
	Literatur	A151

B Physik

H. Niedrig

1	Physikalische Größen und Einheiten	B1
1.1	Physikalische Größen	B1
1.2	Basisgrößen und -einheiten	B1
1.3	Das Internationale Einheitensystem	B2
	<i>I. Teilchen und Teilchensysteme</i>	
2	Kinematik	B6
2.1	Geradlinige Bewegung	B6
2.2	Kreisbewegung	B8
2.3	Gleichförmig translatorische Relativbewegung	B9
2.3.1	Galilei-Transformation. – 2.3.2 Lorentz-Transformation. –	
2.3.3	Relativistische Kinematik.	

2.4	Geradlinig beschleunigte Relativbewegung	B12
2.5	Rotatorische Relativbewegung	B12
3	Kraft und Impuls	B12
3.1	Trägheitsgesetz	B13
3.2	Kraftgesetz	B13
	3.2.1 Gewichtskraft (Schwerkraft). – 3.2.2 Federkraft. – 3.2.3 Reibungskräfte.	
3.3	Reaktionsgesetz	B16
	3.3.1 Kräfte bei elastischen Verformungen. – 3.3.2 Kräfte zwischen freien Körpern („innere Kräfte“).	
3.4	Äquivalenzprinzip: Schwer- und Trägheitskräfte	B17
3.5	Trägheitskräfte bei Rotation	B17
	3.5.1 Zentripetal- und Zentrifugalkraft. – 3.5.2 Coriolis-Kraft.	
3.6	Drehmoment und Gleichgewicht	B18
3.7	Drehimpuls (Drall)	B18
3.8	Drehimpulserhaltung	B19
4	Arbeit und Energie	B19
4.1	Beschleunigungsarbeit, kinetische Energie	B20
4.2	Potentielle Energie, Hub- und Spannungsarbeit	B20
4.3	Energieerhaltung bei konservativen Kräften	B22
4.4	Energiesatz bei nichtkonservativen Kräften	B22
4.5	Relativistische Dynamik	B23
5	Schwingungen	B24
5.1	Kinematik der harmonischen Bewegung	B25
5.2	Der ungedämpfte, harmonische Oszillator	B25
	5.2.1 Mechanische harmonische Oszillatoren. – 5.2.2 Schwingungsgleichung und Schwingungsenergie des harmonischen Oszillators.	
5.3	Freie gedämpfte Schwingungen	B29
	5.3.1 Periodischer Fall (Schwingfall). – 5.3.2 Aperiodischer Grenzfall. – 5.3.3 Aperiodischer Fall (Kriechfall). – 5.3.4 Abklingzeit.	
5.4	Erzwungene Schwingungen, Resonanz	B31
	5.4.1 Resonanz. – 5.4.2 Leistungsaufnahme des Oszillators.	
5.5	Überlagerung von harmonischen Schwingungen	B33
	5.5.1 Schwingungen gleicher Frequenz. – 5.5.2 Schwingungen verschiedener Frequenz.	
5.6	Gekoppelte Oszillatoren	B37
	5.6.1 Gekoppelte Pendel. – 5.6.2 Mehrere gekoppelte Oszillatoren.	
5.7	Nichtlineare Oszillatoren. Chaotisches Schwingungsverhalten	B39
6	Teilchensysteme	B41
6.1	Schwerpunkt, Impuls und Drehimpuls von Teilchensystemen	B41
	6.1.1 Schwerpunktbewegung ohne äußere Kräfte. – 6.1.2 Schwerpunktbewegung bei Einwirkung äußerer Kräfte. – 6.1.3 Drehimpuls eines Teilchensystems.	
6.2	Energieinhalt von Teilchensystemen	B44
	6.2.1 Energieerhaltungssatz in Teilchensystemen. – 6.2.2 Bindungsenergie eines Teilchensystems.	
6.3	Stöße	B46
	6.3.1 Zentraler elastischer Stoß. – 6.3.2 Nichtzentraler elastischer Stoß. – 6.3.3 Unelastischer Stoß.	
7	Dynamik starrer Körper	B50
7.1	Translation und Rotation eines starren Körpers	B50
7.2	Rotationsenergie, Trägheitsmoment	B51

7.3	Drehimpuls eines starren Körpers	B52
7.4	Kreisel	B54
7.5	Vergleich Translation – Rotation	B56
8	Statistische Mechanik – Thermodynamik	B56
8.1	Kinetische Theorie der Gase	B56
8.2	Temperaturskalen, Gasgesetze	B58
8.3	Freiheitsgrade, Gleichverteilungssatz	B61
8.4	Reale Gase, tiefe Temperaturen	B63
8.5	Energieaustausch bei Vielteilchensystemen	B67
	8.5.1 Volumenarbeit. – 8.5.2 Wärme. – 8.5.3 Energieerhaltungssatz für Vielteilchensysteme.	
8.6	Wärmemengen bei thermodynamischen Prozessen	B69
	8.6.1 Spezifische und molare Wärmekapazitäten. –	
	8.6.2 Phasenumwandlungsenthalpien.	
8.7	Zustandsänderungen bei idealen Gasen	B73
8.8	Kreisprozesse	B74
	8.8.1 Wärmekraftmaschine. – 8.8.2 Kältemaschine und Wärmepumpe.	
8.9	Richtungsablauf physikalischer Prozesse (Entropie)	B77
9	Transporterscheinungen	B81
9.1	Stoßquerschnitt, mittlere freie Weglänge	B81
9.2	Molekulardiffusion	B82
9.3	Wärmeleitung	B83
9.4	Innere Reibung: Viskosität	B84
10	Hydro- und Aerodynamik	B87
10.1	Strömungen idealer Flüssigkeiten	B88
10.2	Strömungen realer Flüssigkeiten	B92

II. Wechselwirkungen und Felder

11	Gravitationswechselwirkung	B94
11.1	Der Feldbegriff	B94
11.2	Planetenbewegung: Kepler-Gesetze	B95
11.3	Newton'sches Gravitationsgesetz	B95
11.4	Das Gravitationsfeld	B96
11.5	Satellitenbahnen im Zentralfeld	B98
12	Elektrische Wechselwirkung	B101
12.1	Elektrische Ladung, Coulombsches Gesetz	B101
12.2	Das elektrostatische Feld	B102
12.3	Elektrisches Potential, elektrische Spannung	B105
12.4	Quantisierung der elektrischen Ladung	B107
12.5	Energieaufnahme im elektrischen Feld	B108
12.6	Elektrischer Strom	B109
12.7	Elektrischer Leiter im elektrostatischen Feld, Influenz	B111
12.8	Kapazität leitender Körper	B112
12.9	Nichtleitende Materie im elektrischen Feld, elektrische Polarisation	B114
13	Magnetische Wechselwirkung	B119
13.1	Das magnetostatische Feld, stationäre Magnetfelder	B119
13.2	Die magnetische Kraft auf bewegte Ladungen	B122
13.3	Die magnetische Kraft auf stromdurchflossene Leiter	B125
13.4	Materie im magnetischen Feld, magnetische Polarisation	B126

14	Zeitveränderliche elektromagnetische Felder	B132
14.1	Zeitveränderliche magnetische Felder: Induktion	B132
14.2	Selbstinduktion	B136
14.3	Energieinhalt des Magnetfeldes	B137
14.4	Wirkung zeitveränderlicher elektrischer Felder	B137
14.5	Maxwellsche Gleichungen	B138
15	Elektrische Stromkreise	B139
15.1	Ohmsches Gesetz	B139
15.2	Gleichstromkreise, Kirchhoffsche Sätze	B140
15.3	Wechselstromkreise	B141
15.3.1	Wechselstromarbeit. – 15.3.2 Transformation. – 15.3.3 Scheinwiderstand	
15.4	Elektromagnetische Schwingungen.	B145
15.4.1	Freie, gedämpfte elektromagnetische Schwingungen. –	
15.4.2	Erzwungene elektromagnetische Schwingungen, Resonanzkreise. –	
15.4.3	Selbsterregung elektromagnetischer Schwingungen durch Rückkopplung.	
16	Transport elektrischer Ladung: Leitungsmechanismen	B149
16.1	Elektrische Struktur der Materie	B149
16.1.1	Atomstruktur. – 16.1.2 Elektronen in Festkörpern.	
16.2	Metallische Leitung	B157
16.3	Supraleitung.	B159
16.4	Halbleiter	B163
16.4.1	Eigenleitung. – 16.4.2 Störstellenleitung. – 16.4.3 Hall-Effekt in Halbleitern. – 16.4.4 PN-Übergänge.	
16.5	Elektrolytische Leitung	B167
16.6	Stromleitung in Gasen	B168
16.6.1	Unselbständige Gasentladung. – 16.6.2 Selbständige Gasentladung. –	
16.6.3	Der Plasmazustand.	
16.7	Elektrische Leitung im Hochvakuum	B171
16.7.1	Elektronenemission. – 16.7.2 Bewegung freier Ladungsträger im Vakuum.	
17	Starke und schwache Wechselwirkung: Atomkerne und Elementarteilchen	B176
17.1	Atomkerne	B177
17.2	Massendefekt, Kernbindungsenergie	B178
17.3	Radioaktiver Zerfall	B180
17.3.1	Alphazerfall. – 17.3.2 Betazerfall.	
17.4	Künstliche Kernumwandlungen, Kernenergiegewinnung	B182
17.5	Elementarteilchen	B186
<i>III. Wellen und Quanten</i>		
18	Wellenausbreitung	B190
18.1	Beschreibung von Wellenbewegungen, Wellengleichung	B190
18.2	Elastische Wellen, Schallwellen	B194
18.3	Doppler-Effekt, Kopfwellen	B197
19	Elektromagnetische Wellen	B199
19.1	Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	B199
19.2	Elektromagnetisches Spektrum	B204
20	Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Materie	B206
20.1	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Materie, Dispersion	B206
20.2	Emission und Absorption des schwarzen Körpers, Plancksches Strahlungsgesetz	B208

20.3	Quantisierung des Lichtes, Photonen	B211
20.4	Stationäre Energiezustände, Spektroskopie	B213
20.5	Induzierte Emission, Laser	B215
21	Reflexion und Brechung, Polarisation	B218
21.1	Reflexion, Brechung, Totalreflexion	B218
21.2	Optische Polarisation	B221
22	Geometrische Optik	B223
22.1	Optische Abbildung	B223
22.2	Abbildungsfehler	B226
23	Interferenz und Beugung	B229
23.1	Huygensches Prinzip	B229
23.2	Fraunhofer-Beugung an Spalt und Gitter	B231
24	Wellenaspekte bei der optischen Abbildung	B234
24.1	Abbesche Mikroskoptheorie	B234
24.2	Holographie	B236
25	Materiewellen	B237
25.1	Teilchen, Wellen, Unschärferelation	B237
25.2	Die De-Broglie-Beziehung	B238
25.3	Die Schrödinger-Gleichung	B240
25.4	Elektronenbeugung, Elektroneninterferenzen	B241
25.5	Elektronenoptik	B242
Literatur	. . . . .	B245

C Chemie

B. Plewinsky

1	Stöchiometrie	C1
1.1	Grundgesetze der Stöchiometrie	C1
	1.1.1 Gesetz von der Erhaltung der Masse. – 1.1.2 Gesetz der konstanten Proportionen. – 1.1.3 Gesetz der multiplen Proportionen.	
1.2	Stoffmenge, Avogadro-Konstante	C1
1.3	Die molare Masse	C2
1.4	Quantitative Beschreibung von Mischphasen	C2
	1.4.1 Der Massenanteil w_B . – 1.4.2 Der Stoffmengenanteil x_B . – 1.4.3 Die Konzentration (oder Stoffmengenkonzentration) c_B .	
1.5	Chemische Formeln	C3
1.6	Chemische Gleichungen	C3
1.7	Stöchiometrische Berechnungen	C4
	1.7.1 Gravimetrische Analyse. – 1.7.2 Maßanalyse. – 1.7.3 Verbrennungsvorgänge.	
2	Atombau	C5
2.1	Das Atommodell von Rutherford	C5
2.2	Das Bohrsche Atommodell	C5
2.3	Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität	C6
2.4	Das quantenmechanische Atommodell	C7
	2.4.1 Die Ψ -Funktion. – 2.4.2 Die Schrödinger-Gleichung für das Wasserstoffatom. – 2.4.3 Darstellung der Wasserstoff-Orbitale. – 2.4.4 Mehrelektronensysteme.	

2.5	Besetzung der Energieniveaus	C9
2.6	Darstellung der Elektronenkonfiguration	C9
2.7	Aufbau des Atomkerns	C9
3	Das Periodensystem der Elemente	C9
3.1	Aufbau des Periodensystems	C11
3.2	Periodizität einiger Eigenschaften	C11
4	Chemische Bindung	C11
4.1	Atombindung (kovalente Bindung)	C12
4.1.1	Modell nach Lewis. – 4.1.2 Molekülorbitale. – 4.1.3 Hybridisierung. –	
4.1.4	Elektronegativität.	
4.2	Ionenbindung	C14
4.2.1	Gitterenergie. – 4.2.2 Born-Haberscher Kreisprozeß. – 4.2.3 Atom- und	
	Ionenradien.	
4.3	Metallische Bindung	C15
4.4	Van-der-Waalssche Bindung und Wasserstoffbrückenbindung	C16
5	Gase	C16
5.1	Ideale Gase	C16
5.1.1	Zustandsgleichung idealer Gase. – 5.1.2 Spezialfälle der	
	Zustandsgleichung idealer Gase.	
5.2	Reale Gase	C17
5.2.1	Die Virialgleichung. – 5.2.2 Die van-der-Waalssche Gleichung.	
	Der kritische Punkt.	
6	Flüssigkeiten	C20
6.1	Einteilung der Flüssigkeiten	C20
6.2	Struktur von Flüssigkeiten	C20
6.3	Eigenschaften des flüssigen Wassers	C21
6.4	Gläser	C21
7	Festkörper	C22
7.1	Kristalle	C22
7.1.1	Elementarzelle. – 7.1.2 Kristallsysteme. –	
7.2	Bindungszustände in Kristallen	C22
7.2.1	Struktur von Metallkristallen. – 7.2.2 Struktur von Ionenkristallen. –	
7.2.3	Kovalente Kristalle. – 7.2.4 Kristalle mit komplexen Bindungsverhältnissen.	
7.3	Reale Kristalle	C25
8	Thermodynamik chemischer Reaktionen. Das chemische Gleichgewicht	C25
8.1	Grundlagen	C25
8.1.1	Einteilung der thermodynamischen Systeme. – 8.1.2 Die Umsatzvariable.	
8.2	Anwendung des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik auf chemische Reaktionen	C26
8.2.1	Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik. – 8.2.2 Die Reaktionsenergie. –	
8.2.3	Die Reaktionsenthalpie. – 8.2.4 Der Heßsche Satz. – 8.2.5 Die Standardbildungsenthalpie von Verbindungen. – 8.2.6 Temperatur- und Druckabhängigkeit der Reaktionsenthalpie.	
8.3	Anwendung des 2. und 3. Hauptsatzes der Thermodynamik auf chemische Reaktionen	C29
8.3.1	Grundlagen. – 8.3.2 Reaktionsentropie. – 8.3.3 Die Freie Enthalpie und das chemische Potential. – 8.3.4 Die Freie Reaktionsenthalpie. Die Gibbs-Helmholtzsche Gleichung. – 8.3.5 Phasenstabilität.	

8.4	Das Massenwirkungsgesetz	C32
8.4.1	Chemisches Gleichgewicht. – 8.4.2 Homogene Gasreaktionen. –	
8.4.3	8.4.3 Heterogene Reaktionen. – 8.4.4 Berechnung von Gleichgewichtskonstanten aus thermochemischen Tabellen. – 8.4.5 Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstante. – 8.4.6 Prinzip des kleinsten Zwanges. –	
8.4.7	8.4.7 Gekoppelte Gleichgewichte.	
9	Geschwindigkeit chemischer Reaktionen. Reaktionskinetik	C35
9.1	Reaktionsgeschwindigkeit und Freie Reaktionenthalpie	C35
9.2	Reaktionsgeschwindigkeit und Reaktionsordnung	C35
9.3	Elementarreaktion, Reaktionsmechanismus und Molekularität	C36
9.4	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	C36
9.4.1	9.4.1 Zeitgesetz 1. Ordnung. – 9.4.2 Zeitgesetz 2. Ordnung.	
9.5	Reaktionsgeschwindigkeit und Massenwirkungsgesetz	C37
9.6	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	C38
9.7	Kettenreaktionen	C38
9.8	Explosionen	C39
9.9	Katalyse	C39
9.9.1	9.9.1 Grundlagen. – 9.9.2 Homogene Katalyse. – 9.9.3 Heterogene Katalyse. –	
9.9.4	9.9.4 Haber-Bosch-Verfahren.	
10	Stoffe und Reaktionen in Lösung	C41
10.1	Disperse Systeme	C41
10.1.1	10.1.1 Kolloide. – 10.1.2 Lösungen. – 10.1.3 Elektrolyte, Elektrolytlösungen.	
10.2	Kolligative Eigenschaften von Lösungen	C42
10.2.1	10.2.1 Dampfdruckerniedrigung. – 10.2.2 Gefrierpunkterniedrigung und Siedepunktserhöhung. – 10.2.3 Osmotischer Druck.	
10.3	Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten	C44
10.4	Verteilung gelöster Stoffe zwischen zwei Lösungsmitteln	C44
10.5	Wasser als Lösungsmittel	C44
10.6	Eigendissoziation des Wassers, Ionenprodukt des Wassers	C45
10.7	Säuren und Basen	C45
10.7.1	10.7.1 Definition nach Arrhenius und Brønsted. – 10.7.2 Starke und schwache Säuren und Basen. – 10.7.3 Der pH-Wert. – 10.7.4 pH-Wert der Lösung einer starken Säure bzw. Base. – 10.7.5 pH-Wert der Lösung einer schwachen Säure bzw. Base. – 10.7.6 pH-Wert von Salzlösungen (Hydrolyse)	
10.8	Löslichkeitsprodukt	C48
10.9	Härte des Wassers	C49
11	Redoxreaktionen	C49
11.1	Oxidationszahl	C49
11.2	Oxidation und Reduktion, Redoxreaktionen	C50
11.3	Beispiele für Redoxreaktionen	C51
11.3.1	11.3.1 Verbrennungsvorgänge. – 11.3.2 Auflösen von Metallen in Säuren. –	
11.3.3	11.3.3 Darstellung von Metallen durch Reduktion von Metalloxiden.	
11.4	Redoxreaktionen in elektrochemischen Zellen	C52
11.5	Elektrodenpotentiale, elektrochemische Spannungsreihe	C52
11.5.1	11.5.1 Definition von Anode und Kathode. – 11.5.2 Berechnung der EMK elektrochemischer Zellen aus Elektrodenpotentialen. – 11.5.3 Edle und unedle Metalle.	
11.6	Elektrochemische Korrosion	C53
11.7	Erzeugung von elektrischem Strom durch Redoxreaktionen	C53
11.8	Elektrolyse, Faraday-Gesetz	C54
11.8.1	11.8.1 Technische Anwendungen elektrolytischer Vorgänge.	
12	Die Elementgruppen	C55
12.0	Wasserstoff	C55
12.1	I. Hauptgruppe: Alkalimetalle	C55

12.2	II. Hauptgruppe: Erdalkalimetalle	C56
12.3	III. Hauptgruppe: Borgruppe	C57
	12.3.1 Bor. – 12.3.2 Aluminium.	
12.4	IV. Hauptgruppe: Kohlenstoffgruppe	C58
12.5	V. Hauptgruppe: Stickstoffgruppe	C60
	12.5.1 Stickstoff. – 12.5.2 Phosphor. – 12.5.3 Arsen, Antimon.	
12.6	VI. Hauptgruppe: Chalkogene	C62
	12.6.1 Sauerstoff. – 12.6.2 Schwefel.	
12.7	VII. Hauptgruppe: Halogene	C63
	12.7.1 Fluor. – 12.7.2 Chlor. – 12.7.3 Brom und Iod.	
12.8	VIII. Hauptgruppe: Edelgase	C64
12.9	III. Nebengruppe: Scandiumgruppe.	C65
12.10	IV. Nebengruppe: Titangruppe	C65
	12.10.1 Titan. – 12.10.2 Zirconium.	
12.11	V. Nebengruppe: Vanadiumgruppe	C66
12.12	VI. Nebengruppe: Chromgruppe	C66
	12.12.1 Chrom. – 12.12.2 Molybdän. – 12.12.3 Wolfram.	
12.13	VII. Nebengruppe: Mangangruppe	C68
12.14	VIII. Nebengruppe: Eisenmetalle und Elementgruppe der Platinmetalle	C68
	12.14.1 Eisen. – 12.14.2 Cobalt. – 12.14.3 Nickel.	
12.15	I. Nebengruppe: Kupfergruppe	C69
	12.15.1 Kupfer. – 12.15.2 Silber. – 12.15.3 Gold.	
12.16	II. Nebengruppe: Zinkgruppe	C70
	12.16.1 Zink. – 12.16.2 Quecksilber.	
12.17	Die Lanthanoide	C71
12.18	Die Actinoide	C72
	12.18.1 Thorium. – 12.18.2 Uran. – 12.18.3 Plutonium.	
13	Organische Verbindungen	C73
13.1	Organische Chemie: Überblick	C73
13.2	Isomerie bei organischen Molekülen	C74
	13.2.1 Strukturisomerie. – 13.2.2 Stereoisomerie.	
14	Kohlenwasserstoffe	C75
14.1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe	C75
	14.1.1 Alkane C_nH_{2n+2} . – 14.1.2 Alkene C_nH_{2n} . – 14.1.3 Alkine C_nH_{2n-2} . – 14.1.4 Kohlenwasserstoffe mit zwei oder mehr Doppelbindungen.	
14.2	Alicyclische Kohlenwasserstoffe	C79
14.3	Aromatische Kohlenwasserstoffe	C79
	14.3.1 Benzol C_6H_6 .	
15	Verbindungen mit funktionellen Gruppen	C80
15.1	Halogenderivate der aliphatischen Kohlenwasserstoffe	C81
15.2	Alkohole	C82
15.3	Aldehyde	C83
15.4	Ketone	C84
15.5	Carbonsäuren und ihre Derivate	C84
	15.5.1 Carbonsäurederivate. – 15.5.2 Aminocarbonsäuren (Aminosäuren).	
	Formelzeichen der Chemie	C86
	Literatur	C86

D Werkstoffe

H. Czichos

1 Übersicht	.....	D1
1.1 Der Materialkreislauf	.....	D1
1.2 Werkstoffe im allgemeinen Zusammenhang	.....	D2
1.3 Gliederung des Werkstoffgebietes	.....	D4
2 Aufbau der Werkstoffe	.....	D4
2.1 Aufbauprinzipien von Festkörpern	.....	D4
2.2 Mikrostruktur	.....	D5
2.3 Werkstoffoberflächen	.....	D8
2.4 Werkstoffgruppen	.....	D8
3 Metallische Werkstoffe	.....	D9
3.1 Herstellung metallischer Werkstoffe	.....	D9
3.2 Einteilung der Metalle	.....	D10
3.3 Eisenwerkstoffe	.....	D10
3.3.1 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm. – 3.3.2 Wärmebehandlung. – 3.3.3 Stahl. – 3.3.4 Gußeisen.	.....
3.4 Nichteisenmetalle und ihre Legierungen	.....	D15
3.4.1 Aluminium. – 3.4.2 Magnesium. – 3.4.3 Titan. – 3.4.4 Kupfer. – 3.4.5 Nickel. – 3.4.6 Zinn. – 3.4.7 Zink. – 3.4.8 Blei.	.....
3.5 Metallische Gläser	.....	D19
4 Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe	.....	D19
4.1 Mineralische Naturstoffe	.....	D19
4.2 Kohlenstoff, Graphit	.....	D19
4.3 Keramische Werkstoffe	.....	D21
4.3.1 Herstellung keramischer Werkstoffe. – 4.3.2 Silikatkeramik. – 4.3.3 Oxidkeramik. – 4.3.4 Nichtoxidkeramik.	.....
4.4 Glas	.....	D24
4.5 Glaskeramik	.....	D24
4.6 Baustoffe	.....	D24
4.6.1 Bindemittel. – 4.6.2 Zement. – 4.6.3 Beton.	.....
4.7 Erdstoffe	.....	D26
5 Organische Stoffe; Polymerwerkstoffe	.....	D27
5.1 Organische Naturstoffe	.....	D27
5.1.1 Holz und Holzwerkstoffe. – 5.1.2 Fasern.	.....
5.2 Papier und Pappe	.....	D28
5.3 Herstellung von Polymerwerkstoffen	.....	D28
5.4 Aufbau von Polymerwerkstoffen	.....	D29
5.5 Thermoplaste	.....	D28
5.6 Duroplaste	.....	D32
5.7 Elastomere	.....	D32
6 Verbundwerkstoffe	.....	D34
6.1 Teilchenverbundwerkstoffe	.....	D34
6.2 Faserverbundwerkstoffe	.....	D34
6.3 Stahlbeton und Spannbeton	.....	D35
6.4 Schichtverbundwerkstoffe	.....	D35
6.5 Oberflächentechnologien	.....	D36

7	Technische Fluide	D37
7.1	Rheologische Grundlagen	D37
	7.1.1 Newtonsche und nicht-newtonische Fluide. – 7.1.2 Viskosität und Viskositätsfunktionen.	
7.2	Hydraulikflüssigkeiten	D38
7.3	Schmierstoffe	D38
8	Beanspruchung von Werkstoffen	D39
8.1	Volumenbeanspruchungen	D40
8.2	Oberflächenbeanspruchungen	D41
8.3	Zeitlicher Verlauf von Beanspruchungen	D41
9	Werkstoffeigenschaften und Werkstoffkennwerte	D41
9.1	Dichte	D42
9.2	Mechanische Eigenschaften	D43
	9.2.1 Elastizität. – 9.2.2 Viskoelastizität. – 9.2.3 Festigkeit und Verformung. – 9.2.4 Kriechen und Zeitstandverhalten. – 9.2.5 Ermüdung und Wechselfestigkeit. – 9.2.6 Bruchmechanik. – 9.2.7 Betriebsfestigkeit.	
9.3	Thermische Eigenschaften	D54
	9.3.1 Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit. – 9.3.2 Thermische Ausdehnung. – 9.3.3 Schmelztemperatur.	
9.4	Sicherheitstechnische Kenngrößen	D58
	9.4.1 Sicherheitsbeiwerte von Konstruktionswerkstoffen. – 9.4.2 Sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Stoffe.	
9.5	Elektrische Eigenschaften	D61
9.6	Magnetische Eigenschaften	D61
9.7	Optische Eigenschaften	D63
10	Materialschädigung und Materialschutz	D64
10.1	Schadenskunde: Übersicht	D64
10.2	Alterung	D65
10.3	Bruch	D65
	10.3.1 Gewaltbruch. – 10.3.2 Schwingbruch. – 10.3.3 Warmbruch.	
10.4	Korrosion	D67
	10.4.1 Korrosionsarten. – 10.4.2 Korrosionsmechanismen. – 10.4.3 Korrosionsschutz.	
10.5	Biologische Materialschädigung	D68
	10.5.1 Materialschädigungsarten. – 10.5.2 Materialschädlinge und Schadformen. – 10.5.3 Materialschutz gegen Organismen	
10.6	Tribologie	D70
	10.6.1 Reibungszustände. – 10.6.2 Verschleißarten. – 10.6.3 Verschleißmechanismen. – 10.6.4 Verschleißschutz.	
10.7	Methodik der Schadensanalyse	D73
11	Materialprüfung	D74
11.1	Planung von Messungen und Prüfungen	D74
11.2	Chemische Analyse von Werkstoffen	D74
11.3	Mikrostruktur-Untersuchungsverfahren	D76
	11.3.1 Gefügeuntersuchungen. – 11.3.2 Oberflächenrauhigkeitsmeßtechnik. – 11.3.3 Oberflächenanalytik.	
11.4	Experimentelle Beanspruchungsanalyse	D77
11.5	Werkstoffmechanische Prüfverfahren	D78
	11.5.1 Festigkeits- und Verformungsprüfungen. – 11.5.2 Bruchmechanische Prüfungen. – 11.5.3 Härteprüfungen. – 11.5.4 Technologische Prüfungen.	

11.6	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	D81
11.7.1	Akustische Verfahren: Ultraschallprüfung, Schallemissionsanalyse. –	
11.6.2	Elektrische und magnetische Verfahren. – 11.6.3 Radiographie und Computertomographie.	
11.7	Komplexe Prüfverfahren	D83
11.7.1	Bewitterungsprüfungen. – 11.7.2 Korrosionsprüfungen. –	
11.7.3	Tribologische Prüfungen. – 11.7.4 Biologische Prüfungen.	
11.8	Bescheinigungen über Materialprüfungen	D85
12	Materialauswahl für technische Anwendungen	D86
12.1	Strukturmaterialien	D86
12.2	Funktionsmaterialien	D86
12.3	Festigkeitsbezogene Auswahlkriterien	D86
12.4	Systemmethodik zur Materialauswahl	D88
Literatur		D88

E Technische Mechanik

J. Wittenburg, J. Zierep, K. Bühler

Mechanik fester Körper

J. Wittenburg

1	Kinematik	E1
1.1	Kinematik des Punktes	E1
1.1.1	Lage. Lagekoordinaten. – 1.1.2 Geschwindigkeit. Beschleunigung.	
1.2	Kinematik des starren Körpers	E2
1.2.1	Winkellage. Koordinatentransformation. –	
1.2.2	Winkelgeschwindigkeit. – 1.2.3 Winkelbeschleunigung.	
1.3	Kinematik des Punktes mit Relativbewegung	E8
1.4	Freiheitsgrade der Bewegung. Kinematische Bindungen	E8
1.5	Virtuelle Verschiebungen	E9
1.6	Kinematik offener Gelenkketten	E10
2	Statik starrer Körper	E11
2.1	Grundlagen	E11
2.1.1	Kraft. Moment. – 2.1.2 Äquivalenz von Kräftesystemen. –	
2.1.3	Zerlegung von Kräften. – 2.1.4 Resultierende von Kräften mit gemeinsamem Angriffspunkt. – 2.1.5 Reduktion von Kräftesystemen. –	
2.1.6	Ebene Kräftesysteme. – 2.1.7 Schwerpunkt. Massenmittelpunkt. –	
2.1.8	Das 3. Newtonsche Axiom „actio = reactio“. – 2.1.9 Innere Kräfte und äußere Kräfte. – 2.1.10 Eingeprägte Kräfte und Zwangskräfte. –	
2.1.11	Gleichgewichtsbedingungen für einen starren Körper. – 2.1.12 Das Schnittprinzip. – 2.1.13 Arbeit. Leistung. – 2.1.14 Potentialkraft. Potentielle Energie. – 2.1.15 Virtuelle Arbeit. Generalisierte Kräfte. – 2.1.16 Prinzip der virtuellen Arbeit.	
2.2	Lager. Gelenke	E20
2.2.1	Lagerreaktionen. Lagerwertigkeit. – 2.2.2 Statisch bestimmte Lagerung. – 2.2.3 Berechnung von Lagerreaktionen.	
2.3	Fachwerke	E23
2.3.1	Statische Bestimmtheit. – 2.3.2 Nullstäbe. – 2.3.3 Knotenschnittverfahren. –	
2.3.4	Rittersches Schnittverfahren für ebene Fachwerke. –	
2.3.5	Prinzip der virtuellen Arbeit. – 2.3.6 Methode der Stabvertauschung.	
2.4	Ebene Seil- und Kettenlinien	E24
2.4.1	Das gewichtslose Seil mit Einzelgewichten. – 2.4.2 Die schwere Gliederkette. – 2.4.3 Das schwere Seil. – 2.4.4 Das schwere Seil mit Einzelgewicht. – 2.4.5 Das rotierende Seil.	

2.5	Coulombsche Reibungskräfte	E26
	2.5.2 Ruhereibungskräfte. – 2.5.2 Gleitreibungskräfte.	
2.6	Stabilität von Gleichgewichtslagen	E28
3	Kinetik starrer Körper	E29
3.1	Grundlagen	E29
	3.1.1 Inertialsystem und absolute Beschleunigung. – 3.1.2 Impuls. –	
	3.1.3 Newtonsche Axiome. – 3.1.4 Impulssatz. Impulserhaltungssatz. –	
	3.1.5 Kinetik der Punktmasse im beschleunigten Bezugssystem. –	
	3.1.6 Trägheitsmomente. Trägheitstensor. – 3.1.7 Drall. –	
	3.1.8 Drallsatz (Axiom von Euler). – 3.1.9 Drallerhaltungssatz. –	
	3.1.10 Kinetische Energie. – 3.1.11 Energieerhaltungssatz. – 3.1.12 Arbeitssatz.	
3.2	Kreiselmechanik	E34
	3.2.1 Reguläre Präzession. – 3.2.2 Nutation. – 3.2.3 Linearisierte Kreiselgleichungen. – 3.2.4 Präzessionsgleichungen.	
3.3	Bewegungsgleichungen für holonome Mehrkörpersysteme	E37
	3.3.1 Die synthetische Methode. – 3.3.2 Die Lagrangesche Gleichung. –	
	3.3.3 Das d'Alembertsche Prinzip.	
3.4	Stöße	E39
	3.4.1 Vereinfachende Annahmen über Stoßvorgänge. – 3.4.2 Stöße an Mehrkörpersystemen. – 3.4.3 Der schiefe exzentrische Stoß. –	
	3.4.4 Der gerade zentrale Stoß. – 3.4.5 Gerader Stoß gegen ein Pendel.	
3.5	Körper mit veränderlicher Masse	E41
3.6	Gravitation und Satellitenbahnen	E42
3.7	Stabilität	E44
4	Schwingungen	E44
4.1	Lineare Eigenschwingungen	E45
	4.1.1 Systeme mit einem Freiheitsgrad. – 4.1.2 Eigenschwingungen bei endlich vielen Freiheitsgraden.	
4.2	Erzwungene lineare Schwingungen	E47
	4.2.1 Systeme mit einem Freiheitsgrad. – 4.2.2 Erzwungene Schwingungen bei endlich vielen Freiheitsgraden.	
4.3	Lineare parametererregte Schwingungen	E51
4.4	Freie Schwingungen eindimensionaler Kontinua	E52
	4.4.1 Saiten. Zugstäbe. Torsionsstäbe. – 4.4.2 Biegeschwingungen von Stäben.	
4.5	Näherungsverfahren zur Bestimmung von Eigenfrequenzen	E56
	4.5.1 Rayleigh-Quotient. – 4.5.2 Ritz-Verfahren.	
4.6	Autonome nichtlineare Schwingungen mit einem Freiheitsgrad	E57
	4.6.1 Methode der kleinen Schwingungen. – 4.6.2 Harmonische Balance. –	
	4.6.3 Störungsrechnung nach Lindstedt. – 4.6.4 Methode der multiplen Skalen.	
4.7	Erzwungene nichtlineare Schwingungen	E60
	4.7.1 Harmonische Balance. – 4.7.2 Methode der multiplen Skalen. –	
	4.7.3 Subharmonische, superharmonische und Kombinationsresonanzen.	
5	Festigkeitslehre, Elastizitätstheorie	E61
5.1	Kinematik des deformierbaren Körpers	E61
	5.1.1 Verschiebungen. Verzerrungen. Verzerrungstensor. –	
	5.1.2 Kompatibilitätsbedingungen. – 5.1.3 Koordinatentransformation. –	
	5.1.4 Hauptdehnungen. Dehnungshauptachsen. – 5.1.5 Mohrscher Dehnungskreis.	
5.2	Spannungen	E63
	5.2.1 Normal- und Schubspannungen. Spannungstensor. –	
	5.2.2 Koordinatentransformation. – 5.2.3 Hauptnormalspannungen. Spannungshauptachsen. – 5.2.4 Hauptschubspannungen. –	
	5.2.5 Kugeltensor. Spannungsdeviator. – 5.2.6 Ebener Spannungszustand. Mohrscher Spannungskreis. – 5.2.7 Volumenkraft. Gleichgewichtsbedingungen.	

5.3	Hooke'sches Gesetz	E65
5.4	Geometrische Größen für Stabquerschnitte	E67
5.4.1	Flächenmomente 2. Grades. – 5.4.2 Statische Flächenmomente. –	
5.4.3	Querschubzahlen. – 5.4.4 Schubmittelpunkt oder Querkraftmittelpunkt. –	
5.4.5	5.4.5 Torsionsflächenmomente. – 5.4.6 Wölbwiderstand.	
5.5	Schnittgrößen in Stäben.	E73
5.5.1	Definition der Schnittgrößen für gerade Stäbe. – 5.5.2 Berechnung von Schnittgrößen für gerade Stäbe.	
5.6	Spannungen in Stäben.	E76
5.6.1	Zug und Druck. – 5.6.2 Gerade Biegung. – 5.6.3 Schiefe Biegung. –	
5.6.4	Druck und Biegung. Kern eines Querschnitts. – 5.6.5 Biegung von Stäben aus Verbundwerkstoff. – 5.6.6 Biegung vorgekrümpter Stäbe. – 5.6.7 Reiner Schub. –	
5.6.8	5.6.8 Torsion ohne Wölbbehinderung (Saint-Venant-Torsion). –	
5.6.9	5.6.9 Torsion mit Wölbbehinderung.	
5.7	Verformungen von Stäben	
5.7.1	Zug und Druck. – 5.7.2 Gerade Biegung. – 5.7.3 Schiefe Biegung. –	
5.7.4	Stab auf elastischer Bettung (Winkler-Bettung). – 5.7.5 Biegung von Stäben aus Verbundwerkstoff. – 5.7.6 Querkraftbiegung. – 5.7.7 Torsion ohne Wölbbehinderung (Saint-Venant-Torsion). – 5.7.8 Torsion mit Wölbbehinderung.	
5.8	Energiemethoden der Elastostatik.	E77
5.8.1	Formänderungsenergie. Äußere Arbeit. – 5.8.2 Das Prinzip der virtuellen Arbeit. – 5.8.3 Arbeitsgleichung oder Verfahren mit einer Hilfskraft. –	
5.8.4	5.8.4 Sätze von Castiglano. – 5.8.5 Steifigkeitsmatrix. Nachgiebigkeitsmatrix. Satz von Maxwell und Betti. – 5.8.6 Statisch unbestimmte Systeme. Kraftgrößenverfahren. – 5.8.7 Satz von Menabrea. – 5.8.8 Verfahren von Ritz für Durchbiegungen.	
5.9	Rotierende Stäbe und Ringe	E93
5.10	Flächentragwerke	E94
5.10.1	Scheiben. – 5.10.2 Platten. – 5.10.3 Schalen.	
5.11	Dreidimensionale Probleme	E99
5.11.1	5.11.1 Einzelkraft auf Halbraumoberfläche (Boussinesq-Problem). –	
5.11.2	5.11.2 Einzelkraft im Vollraum (Kelvin-Problem). – 5.11.3 Druckbehälter. Kesselformeln. – 5.11.4 Kontaktprobleme. Hertz'sche Formeln. –	
5.11.5	5.11.5 Kerbspannungen.	
5.12	Stabilitätsprobleme	E101
5.12.1	5.12.1 Knicken von Stäben. – 5.12.2 Biegedrillknicken. – 5.12.3 Kippen. –	
5.12.4	5.12.4 Plattenbeulung. – 5.12.5 Schalenbeulung.	
5.13	Finite Elemente	E106
5.13.1	5.13.1 Elementmatrizen. Formfunktionen. – 5.13.2 Matrizen für das Gesamtsystem. – 5.13.3 Aufgabenstellungen bei Finite-Elemente-Rechnungen.	
5.14	Übertragungsmatrizen	E110
5.14.1	5.14.1 Übertragungsmatrizen für Stabsysteme. – 5.14.2 Übertragungsmatrizen für rotierende Scheiben. – 5.14.3 Ergänzende Bemerkungen.	
5.15	Festigkeitshypothesen	E114
6	Plastizitätstheorie	E115
6.1	Fließkriterien	E115
6.2	Fließregeln	E115
6.3	Gleitlinien	E116
6.4	Elementare Theorie technischer Umformprozesse	E116
6.4.1	6.4.1 Schrankensatz für Umformleistung. – 6.4.2 Streifen-, Scheiben- und Röhrenmodell.	
6.5	Traglast	E118
6.5.1	6.5.1 Fließgelenke. Fließschnittrößen. – 6.5.2 Traglastsätze. –	
6.5.3	6.5.3 Traglasten für Durchlaufträger. – 6.5.4 Traglasten für Rahmen.	

Strömungsmechanik

J. Zierep, K. Bühler

7 Einführung in die Strömungsmechanik	E120
7.1 Eigenschaften von Fluiden	E120
7.2 Newtonsche und nicht-newtonssche Medien	E121
7.3 Hydrostatik und Aerostatik	E121
7.4 Gliederung der Darstellung: nach Viskositäts- und Kompressibilitäts-einflüssen	E122
8 Hydrodynamik: Inkompressible Strömungen mit und ohne Viskositätseinfluß	E122
8.1 Eindimensionale reibungsfreie Strömungen	E122
8.1.1 Grundbegriffe. – 8.1.2 Grundgleichungen der Stromfadentheorie. –	
8.1.3 Anwendungsbeispiele.	
8.2 Zweidimensionale reibungsfreie, inkompressible Strömungen	E127
8.2.1 Kontinuität. – 8.2.2 Eulersche Bewegungsgleichungen. – 8.2.3 Stationäre ebene Potentialströmungen. – 8.2.4 Anwendungen elementarer und zusammengesetzter Potentialströmungen. – 8.2.5 Stationäre räumliche Potentialströmungen.	
8.3 Reibungsbehaftete inkompressible Strömungen	E132
8.3.1 Grundgleichungen für Masse, Impuls und Energie. – 8.3.2 Kennzahlen. –	
8.3.3 Lösungseigenschaften der Navier-Stokeschen Gleichungen. –	
8.3.4 Spezielle Lösungen für laminare Strömungen. – 8.3.5 Turbulente Strömungen. – 8.3.6 Grenzschichttheorie. – 8.3.7 Impulssatz.	
8.4 Druckverlust und Strömungswiderstand	E141
8.4.1 Durchströmungsprobleme. – 8.4.2 Umströmungsprobleme.	
8.5 Strömungen in rotierenden Systemen	E151
9 Gasdynamik	E152
9.1 Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie	E152
9.2 Allgemeine Stoßgleichungen	E153
9.2.1 Rankine-Hugoniot-Relation. – 9.2.2 Rayleigh-Gerade. –	
9.2.3 Schallgeschwindigkeit. – 9.2.4 Senkrechter Stoß. – 9.2.5 Schiefer Stoß. –	
9.2.6 Busemann-Polare. – 9.2.7 Herzkurve.	
9.3 Kräfte auf umströmte Körper	E158
9.4 Stromfadentheorie.	E159
9.4.1 Lavaldüse.	
9.5 Zweidimensionale Strömungen	E162
9.5.1 Kleine Störungen, $M_\infty \gtrsim 1$. – 9.5.2 Transformation auf Charakteristiken. –	
9.5.3 Prandtl-Meyer-Expansion. – 9.5.4 Düsenströmungen. –	
9.5.5 Profilumströmungen. – 9.5.6 Transsonische Strömungen.	
10 Gleichzeitiger Viskositäts- und Kompressibilitätseinfluß	E170
10.1 Eindimensionale Rohrströmung mit Reibung	E170
10.2 Kugelumströmung, Naumann-Diagramm für c_w	E172
10.3 Grundsätzliches über die laminare Plattengrenzschicht	E172
10.4 (M, Re)-Ähnlichkeit in der Gasdynamik	E174
10.5 Auftriebs- und Widerstandsbeiwerte aktueller Tragflügel	E174
Formelzeichen der Mechanik	E177
Formelzeichen der Strömungsmechanik	E179
Literatur	E180

F Technische Thermodynamik

J. Ahrendts

1	Grundlagen	F1
1.1	Energie und Energieformen	F1
	1.1.1 Erster Hauptsatz der Thermodynamik. – 1.1.2 Zweiter und dritter Hauptsatz der Thermodynamik.	
1.2	Fundamentalgleichungen	F3
	1.2.1 Innere Energie. – 1.2.2 Spezifische, molare und partielle molare Größen. – 1.2.3 Legendre-Transformierte der inneren Energie.	
1.3	Gleichgewichte	F6
	1.3.1 Extremalbedingungen. – 1.3.2 Notwendige Gleichgewichtsbedingungen. – 1.3.3 Stabilitätsbedingungen und Phasenzerfall.	
1.4	Messung der thermodynamischen Temperatur	F9
1.5	Bilanzgleichungen der Thermodynamik	F10
	1.5.1 Stoffmengen- und Massenbilanzen. – 1.5.2 Energiebilanzen. – 1.5.3 Entropiebilanzen. Bernoullische Gleichung.	
1.6	Energieumwandlung	F14
	1.6.1 Beispiele stationärer Energiewandler. Kreisprozesse. – 1.6.2 Wertigkeit von Energieformen.	
2	Stoffmodelle	F18
2.1	Reine Stoffe	F18
	2.1.1 Ideale Gase. – 2.1.2 Inkompressible Fluide. – 2.1.3 Reale Fluide.	
2.2	Gemische	F25
	2.2.1 Ideale Gasgemische. – 2.2.2 Gas-Dampf-Gemische. Feuchte Luft. – 2.2.3 Reale Gemische.	
3	Phasen- und Reaktionsgleichgewichte	F34
3.1	Phasengleichgewichte reiner Stoffe	F35
	3.1.1 p, v, T -Fläche. – 3.1.2 Koexistenzkurven. – 3.1.3 Sättigungsgrößen des Naßdampfgebiets. – 3.1.4 Eigenschaften von nassem Dampf. – 3.1.5 T,s - und h,s -Diagramm.	
3.2	Phasengleichgewichte flüssiger Mehrstoffsysteme	F40
	3.2.1 Phasendiagramme. – 3.2.2 Differentialgleichungen der Phasengrenzkurven. – 3.2.3 Punktweise Berechnung von Phasengleichgewichten.	
3.3	Gleichgewichte reagierender Gemische	F46
	3.3.1 Thermochemische Daten. – 3.3.2 Gleichgewichtsalgorithmen. – 3.3.3 Empfindlichkeit gegenüber Parameteränderungen.	
Literatur	.....	F51

G Elektrotechnik

H. Clausert, L. Haase, K. Hoffmann, G. Wiesemann, H. Zürneck

Netzwerke
G. Wiesemann

1	Elektrische Stromkreise	G1
1.1	Elektrische Ladung und elektrischer Strom	G1
	1.1.1 Elementarladung. – 1.1.2 Elektrischer Strom. – 1.1.3 1. Kirchhoffscher Satz (Satz von der Erhaltung der Ladungen, Strom-Knotengleichung).	

1.2 Energie und elektrische Spannung; Leistung	G2
1.2.1 Definition der Spannung. – 1.2.2 Energieaufnahme eines elektrischen Zweipols. – 1.2.3 Elektrisches Potential. – 1.2.4 Spannungsquellen. –	
1.2.5 2. Kirchhoffscher Satz (Satz von der Erhaltung der Energie, Spannungs-Maschengleichung).	
1.3 Elektrischer Widerstand	G4
1.3.1 Ohmsches Gesetz. – 1.3.2 Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit. –	
1.3.3 Temperaturabhängigkeit des Widerstandes.	
2 Wechselstrom	G6
2.1 Beschreibung von Wechselströmen und -spannungen	G6
2.2 Mittelwerte periodischer Funktionen	G7
2.3 Wechselstrom in Widerstand, Spule und Kondensator.	G7
2.4 Zeigerdiagramm	G8
2.5 Impedanz und Admittanz.	G9
2.6 Kirchhoffsche Sätze für die komplexen Effektivwerte	G9
3 Lineare Netze	G9
3.1 Widerstandsnetze	G9
3.1.1 Gruppenschaltungen. – 3.1.2 Brückenschaltungen. –	
3.1.3 Stern-Dreieck-Umwandlung.	
3.2 Strom- und Spannungsberechnung in linearen Netzen	G12
3.2.1 Der Überlagerungssatz (Superpositionsprinzip). –	
3.2.2 Ersatz-Zweipolquellen. – 3.2.3 Maschen- und Knotenanalyse.	
3.3 Vierpole	G17
3.3.1 Vierpolgleichungen in der Leitwertform. – 3.3.2 Vierpolgleichungen in der Widerstandsform. – 3.3.3 Vierpolgleichungen in der Kettenform.	
4 Schwingkreise	G18
4.1 Phasen- und Betragsresonanz	G18
4.2 Einfache Schwingkreise	G18
4.2.1 Reihenschwingkreis. – 4.2.2 Parallelschwingkreis. –	
4.2.3 Spannungsüberhöhung am Reihenschwingkreis. – 4.2.4 Bandbreite.	
4.3 Parallelschwingkreis mit Wicklungsverlusten	G20
4.4 Reaktanzzweipole	G20
4.4.1 Verlustloser Reihen- und Parallelschwingkreis. – 4.4.2 Kombinationen verlustloser Schwingkreise.	
5 Leistung in linearen Schaltungen	G21
5.1 Leistung in Gleichstromkreisen	G21
5.1.1 Wirkungsgrad. – 5.1.2 Leistungsanpassung. – 5.1.3 Belastbarkeit von Leitungen.	
5.2 Leistung in Wechselstromkreisen	G22
5.2.1 Wirk-, Blind- und Scheinleistung. – 5.2.2 Wirkleistungsanpassung.	
6 Der Transformator	G24
6.1 Schaltzeichen	G24
6.2 Der eisenfreie Transformator	G24
6.2.1 Transformator-Gleichungen. – 6.2.2 Verlustloser Transformator. –	
6.2.3 Verlust- und streuungsfreier Transformator. – 6.2.4 Idealer Transformator. –	
6.2.5 Streufaktor und Kopplungsfaktor. – 6.2.6 Vierpolersatzschaltungen. –	
6.2.7 Zweipolersatzschaltung.	
6.3 Transformator mit Eisenkern	G26

7	Drehstrom	G26
7.1	Spannungen symmetrischer Drehstromgeneratoren	G26
7.2	Die Spannung zwischen Generator- und Verbrauchersternpunkt	G28
7.3	Symmetrische Drehstromsysteme (symmetrische Belastung symmetrischer Drehstromgeneratoren)	G28
7.4	Asymmetrische Belastung eines symmetrischen Generators	G29
7.4.1	Verbraucher-Sternschaltung. – 7.4.2 Verbraucher-Dreieckschaltung.	
7.5	Wirkleistungsmessung im Drehstromsystem (Zwei-Leistungsmesser- Methode, Aronschaltung)	G30
8	Nichtlineare Schaltungen	G30
8.1	Linearität	G30
8.2	Nichtlineare Kennlinien	G30
8.2.1	Beispiele nichtlinearer Strom-Spannungskennlinien von Zweipolen. –	
8.2.2	Verstärkungskennlinie des Operationsverstärkers.	
8.3	Graphische Lösung durch Schnitt zweier Kennlinien	G32
8.3.1	Arbeitsgerade und Verbraucherkennlinie. – 8.3.2 Stabile und instabile Arbeitspunkte einer Schaltung mit nichtlinearem Zweipol. – 8.3.3 Rückkopplung von Operationsverstärkern.	
8.4	Graphische Zusammenfassung von Strom-Spannungs-Kennlinien	G35
8.5	Lösung durch abschnittsweises Linearisieren	G35
 <i>Felder</i>		
H. Clausert		
9	Leitungen	
9.1	Die Differentialgleichungen der Leitung und ihre Lösungen	G36
9.2	Die charakteristischen Größen der Leitung	G37
9.3	Die Leitungsgleichungen	G37
9.4	Der Eingangswiderstand	G37
9.5	Der Reflexionsfaktor	G38
10	Elektrostatische Felder	G38
10.1	Skalare und vektorielle Feldgrößen	G38
10.2	Die elektrische Feldstärke	G38
10.3	Die elektrische Flußdichte	G39
10.4	Die Potentialfunktion spezieller Ladungsverteilung	G40
10.5	Influenz	G40
10.6	Die Kapazität	G40
10.7	Die Kapazität spezieller Anordnungen	G41
10.8	Energie und Kräfte	G42
10.9	Bedingungen an Grenzflächen	G43
11	Stationäre elektrische Strömungsfelder	G44
11.1	Die Grundgesetze	G44
11.2	Methoden zur Berechnung von Widerständen	G44
11.3	Bedingungen an Grenzflächen	G45
12	Stationäre Magnetfelder	G45
12.1	Die magnetische Flußdichte	G45
12.2	Die magnetische Feldstärke	G46
12.3	Der magnetische Fluß	G47
12.4	Bedingungen an Grenzflächen	G47
12.5	Magnetische Kreise	G48

13	Zeitlich veränderliche Magnetfelder	G49
13.1	Das Induktionsgesetz	G49
13.2	Die magnetische Energie	G49
13.3	Induktivitäten	G51
	13.3.1 Die Selbstinduktivität. – 13.3.2 Die Gegeninduktivität. –	
	13.3.3 Berechnung von Selbst- und Gegeninduktivitäten. –	
	13.3.4 Die gespeicherte Energie.	
13.4	Kräfte im Magnetfeld	G53
14	Elektromagnetische Felder	G54
14.1	Die Maxwellschen Gleichungen in integraler und differentieller Form	G54
14.2	Die Einteilung der elektromagnetischen Felder	G54
14.3	Die Maxwellschen Gleichungen bei harmonischer Zeitabhängigkeit	G55
15	Elektromagnetische Wellen	G55
15.1	Die Wellengleichung	G55
15.2	Die Anregung elektromagnetischer Wellen	G56
15.3	Die abgestrahlte Leistung	G57
15.4	Die Phase und aus dieser abgeleitete Begriffe	G58

Energietechnik

H. Zürneck

16	Prinzipien der Energieumwandlung	G59
16.0	Grundbegriffe	G59
	16.0.1 Energie, Leistung, Wirkungsgrad. – 16.0.2 Energietechnische Betrachtungsweisen. – 16.0.3 Definitionen.	
16.1	Elektrodynamische Energieumwandlung	G60
	16.1.1 Energiedichte in magnetischen und elektrischen Feldern. –	
	16.1.2 Energiewandlung in elektrischen Maschinen. –	
	16.1.3 Kommutatormaschinen. – 16.1.4 Magnetisches Drehfeld. –	
	16.1.5 Synchronmaschine. – 16.1.6 Asynchronmotoren.	
16.2	Elektromagnete	G65
16.3	Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes	G66
	16.3.1 Widerstandserwärmung. – 16.3.2 Bogenentladung.	
16.4	Chemische Wirkungen des elektrischen Stromes	G66
	16.4.1 Primärelemente. – 16.4.2 Akkumulatoren.	
16.5	Direkte Energiewandlung, photovoltaischer Effekt, Solarzellen	G67
17	Übertragung elektrischer Energie	G67
17.1	Leistungsdichte, Spannungsabfall	G67
17.2	Stabilitätsprobleme	G68
17.3	Grundsätzliches zum Berührungsschutz.	G69
	17.3.1 Körperströme. – 17.3.2 Schutzmaßnahmen.	
18	Umformung elektrischer Energie	G70
18.1	Schalten	G70
18.2	Gleichrichter, Wechselrichter, Umrichter	G71
	18.2.1 Leistungselektronik. – 18.2.2 Netzgeführte Stromrichter mit natürlicher Kommutierung. – 18.2.3 Selbstgeführte Stromrichter mit Zwangskommutierung oder abschaltbaren Ventilen.	

Nachrichtentechnik

K. Hoffmann

<i>Grundlagen der Nachrichtentechnik</i>	G72
19 Grundbegriffe	G72
19.1 Signal, Information, Nachricht	G72
19.1.1 Beschreibung zeitabhängiger Signale. – 19.1.2 Deterministische und stochastische Signale – 19.1.3 Symbolische Darstellungweise, Bewertung. – 19.2.4 Unverschlüsselte und codierte Darstellung.	
19.2 Aufbereitung, Übertragung, Verarbeitung	G74
19.2.1 Grundprinzip der Signalübertragung. – 19.2.2 Eigenschaften von Quellen und Senken. – 19.2.3 Grundschema der Kommunikation. – 19.2.4 Betriebsweise der Vielfachnutzung.	
19.3 Schnittstelle, Funktionsblock, System	G75
19.3.1 Konstruktive und funktionelle Abgrenzung. – 19.3.2 Mathematische Beschreibungsformen. – 19.3.3 Darstellung in Funktionsblockbildern. – 19.3.4 Zusammenwirken und Betriebsverhalten.	
20 Signaleigenschaften	G76
20.1 Signaldynamik, Verzerrungen	G76
20.1.1 Dämpfungsmaß und Pegelangaben. – 20.1.2 Lineare und nichtlineare Verzerrungen.	
20.2 Auflösung, Störungen, Störabstand	G76
20.2.1 Empfindlichkeit und Aussteuerung. – 20.2.2 Störungarten und Auswirkungen. – 20.2.3 Maßnahmen zur Störverminderung.	
20.3 Informationsfluß, Nachrichtengehalt	G77
20.3.1 Herleitung des Entscheidungsbaumes. – 20.3.2. Darstellung mit Nachrichtenquader. – 20.3.3 Grenzwerte und Mittelungszeitraum. – 20.3.4 Kanalkapazität und Informationsverlust.	
20.4 Relevanz, Redundanz, Fehlerkorrektur	G78
20.4.1 Erkennungssicherheit bei Mustern. – 20.4.2 Störeinflüsse und Redundanz. – 20.4.3 Fehlererkennung und Fehlerkorrektur.	
21 Beschreibungsweisen	G78
21.1 Signalfilterung, Korrelation	G78
21.1.1 Reichweite des Filterungsbegriffes. – 21.1.2 Lineare und nichtlineare Verzerrungen. – 21.1.3 Redundanzverteilung in Mustern. – 21.1.4 Kreuz- und Autokorrelation. – 21.1.5 Änderung der Redundanzverteilung.	
21.2 Analoge und digitale Signalbeschreibung	G79
21.2.1 Lineare Beschreibungswweise, Überlagerung. – 21.2.2 Beschreibung nichtlinearer Zusammenhänge. – 21.2.3 Parallele und serielle Bearbeitung.	
<i>Verfahren der Nachrichtentechnik</i>	G80
22 Aufbereitungsverfahren	G80
22.1 Basisbandsignale, Signalwandler	G80
22.1.1 Dynamik der Signalquellen. – 22.1.2 Direktwandler, Steuerungswandler.	
22.2 Abtastung, Quantisierung, Codierung	G81
22.2.1 Zeitquantisierung, Abtasttheorem. – 22.2.2 Amplitudenquantisierung. – 22.2.3 Differenz- und Blockcodierung. – 22.2.4 Quellen- und Kanalcodierung.	
22.3 Sinusträger- und Pulsträgermodulation	G84
22.4.1 Modulationsprinzip und Darstellungsarten. – 22.3.2 Zwei-, Ein- und Restseitenbandmodulation. – 22.3.3 Frequenz- und Phasenmodulation. – 22.3.4 Zeitkontinuierliche Umtastmodulation. – 22.3.5 Kontinuierliche Pulsmodulation. – 22.3.6 Pulscode- und Deltamodulation.	

22.4	Raum-, Frequenz- und Zeitmultiplex	G88
22.4.1	Baum- und Matrixstruktur. – 22.4.2 Durchschalt- und Speicherverfahren. –	
22.4.3	Zugänglichkeit und Blockierung. – 22.4.4 Trägerfrequenzverfahren. –	
22.4.5	Geschlossene und offene Systeme. –	
22.4.6	Zeitschlitz- und Amplitudenauswertung.	
23	Signalübertragung	G91
23.1	Kanaleigenschaften, Übertragungsrate	G91
23.1.1	Eigenschaften, Verzerrungen, Entzerrung. – 23.1.2 Nutzunggrad und Kompressionssysteme.	
23.2	Leitungsgebundene Übertragungswege	G92
23.2.1	Symmetrische und unsymmetrische Leitungen. – 23.2.2 Hohlleiter- und Glasfaserarten. – 23.2.3 Kabelnetze.	
23.3	Datennetze, integrierte Dienste	G93
23.3.1	Netzgestaltung, Vermittlungsprotokoll. – 23.3.2 Fernschreiben, Bildfernübertragung. – 23.3.3 Verbundnetze mit Dienstintegration.	
23.4	Richtfunk, Rundfunk, Sprechfunk	G94
23.4.1	Funkwege, Antennen, Wellenausbreitung. –	
23.4.2	Punkt-zu-Punkt-Verbindung, Systemparameter. – 23.4.3 Ton- und Fernsehgrundfunk. – 23.4.4 Stationärer und mobiler Sprechfunk.	
24	Signalverarbeitung	G96
24.1	Detektionsverfahren, Funkmessung	G96
24.1.1	Detektionsprinzipien, Auflösungsgrenze. – 24.1.2 Aussteuerung und Verzerrungen. – 24.1.3 Amplituden- und Frequenzdemodulation. –	
24.1.4	Pulsdemodulation, Augendiagramm. – 24.1.5 Funkmeßprinzip und Signalauswertung.	
24.2	Signalrekonstruktion, Signalspeicherung	G98
24.2.1	Systemadaption und Umsetzalgorithmen. – 24.2.2 Speicherdichte, Schreib- und Leserate. – 24.2.3 Flüchtige und remanente Speicherung. –	
24.2.4	Magnetische, elektrische und optische Speicher.	
24.3	Signalverarbeitung und Singalvermittlung	G99
24.3.1	Strukturen für die Verarbeitung analoger und digitaler Signale. –	
24.3.2	Signalauswertung und Parametersteuerung. – 24.3.3 Rekursion, Adaption, Stabilität, Verklemmung. – 24.3.4 Netzarten, Netzführung, Ausfallverhalten. – 24.3.5 Belegungsdichte, Verlust- und Wartezeitsysteme.	

Elektronik

K. Hoffmann, G. Wiesemann, L. Haase

25	Analoge Grundschaltungen	G101
25.1	Passive Netzwerke (RLC-Schaltungen)	G102
25.1.1	Tief- und Hochpaßschaltung. – 25.1.2 Differenzier- und Integrierglieder. –	
25.1.3	Bandpässe, Bandsperren, Altpässe. – 25.1.4 Resonanzfilter und Übertrager.	
25.2	Nichtlineare Zweipole (Dioden)	G104
25.2.1	Diodenverhalten (Beschreibung). – 25.2.2 Gleichrichterschaltungen. –	
25.2.3	Mischer und Demodulatoren. – 25.2.4 Besondere Diodenschaltungen.	
25.3	Aktive Dreipole (Transistoren)	G108
25.3.1	Transistorverhalten. – 25.3.2 Lineare Kleinsignalverstärker. –	
25.3.3	Lineare Großsignalverstärker (A- und B-Betrieb). – 25.3.4 Nichtlineare Großsignalverstärker	
25.4	Operationsverstärker	G116
25.4.1	Verstärkung. – 25.4.2 Idealer und realer Operationsverstärker. –	
25.4.3	Komparatoren. – 25.4.4 Anwendungen des Umkehrverstärkers. –	
25.4.5	Anwendungen des Elektrometerverstärkers. –	
25.4.6	Mitkopplungsschaltungen (Schmitt-Trigger).	

26	Digitale Grundschaltungen	G124
26.1	Gatter	G124
	26.1.1 Diodengatter. – 26.1.2 Der Transistor als Inverter. – 26.1.3 DTL-Gatter. –	
	26.1.4 TTL-Gatter. – 26.1.5 Schaltkreisfamilien (Übersicht). –	
	26.1.6 Beispiele digitaler Schaltnetze.	
26.2	Ein-Bit-Speicher	G129
	26.2.1 Einfache Kippschaltungen. – 26.2.2 Getaktete SR-Flipflops. –	
	26.2.3 Flipflops mit Zwischenspeicherung (Master-Slave-Flipflops, Zählerflipflops).	
26.3	Schaltwerke	G132
	26.3.1 Auffang- und Schieberegister. – 26.3.2 Zähler.	
27	Halbleiterbauelemente	G135
27.1	Grundprinzipien elektronischer Halbleiterbauelemente	G135
	27.1.1 Ladungsträger in Silizium. – 27.1.2 Das Bändermodell. –	
	27.1.3 Stromleitung in Halbleitern. – 27.1.4 Ausgleichsvorgänge bei der Injektion von Ladungsträgern.	
27.2	Halbleiterdioden	G138
	27.2.1 Aufbau und Wirkungsweise des PN-Überganges. – 27.2.2 Der PN-Übergang in Flußpolung. – 27.2.3 Der PN-Übergang in Sperrpolung. –	
	27.2.4 Durchbruchmechanismen. – 27.2.5 Kennliniengleichung des PN-Überganges. – 27.2.6 Zenerdioden. – 27.2.7 Tunneldioden. –	
	27.2.8 Kapazitätsdioden („Varaktoren“). – 27.2.9 Leistungsgleichrichterdioden, PN-Dioden. – 27.2.10 Mikrowellendiode, Rückwärtsdioden.	
27.3	Bipolare Transistoren	G142
	27.3.1 Prinzip und Wirkungsweise. – 27.3.2 Universaltransistoren. Kleinleistungstransistoren. – 27.3.3 Schalttransistoren.	
27.4	Halbleiterleistungsbauelemente	G145
	27.4.1 Der Thyristor. – 27.4.2 Der abschaltbare Thyristor. –	
	27.4.3 Zweierrichtungs-Thyristordiode (Diac). – 27.4.4 Bidirektionale Thyristordiode (Triac).	
27.5	Feldeffektbauelemente	G147
	27.5.1 Sperrschiert-Feldeffekt-Transistoren (Junction-FET, PN-FET, MSFET oder JFET). – 27.5.2 Feldeffekttransistoren mit isoliertem Gate (IG-FET, MISFET, MOSFET oder MNSFET).	
27.6	Optoelektronische Halbleiterbauelemente	G149
	27.6.1 Innerer Photoeffekt. – 27.6.2 Der Photowiderstand. –	
	27.6.3 Der PN-Übergang bei Lichteinwirkung. – 27.6.4 Der Phototransistor. –	
	27.6.5 Die Lumineszenzdiode (LED).	
Literatur	. . . . .	G152

H Meßtechnik

H.-R. Tränkler

1	Grundlagen der Meßtechnik	H1
1.1	Übersicht	H1
	1.1.1 Meßsysteme und Meßketten. – 1.1.2 Anwendungsbereiche und Aufgabenstellungen der Meßtechnik.	
1.2	Übertragungseigenschaften von Meßgliedern	H2
	1.2.1 Statische Kennlinien von Meßgliedern. – 1.2.2 Dynamische Übertragungseigenschaften von Meßgliedern. – 1.2.3 Testfunktionen und Übergangsfunktionen für Übertragungsglieder. – 1.2.4 Das Frequenzverhalten des Übertragungsgliedes 1. Ordnung. – 1.2.5 Das Frequenzverhalten des Übertragungsgliedes 2. Ordnung. – 1.2.6 Sprungantwort eines Übertragungsgliedes 2. Ordnung. – 1.2.7 Frequenzgang eines Übertragungsgliedes 2. Ordnung. – 1.2.8 Kenngrößen für Meßglieder höherer Ordnungen.	

1.3	Meßfehler	H8
1.3.1	Zufällige und systematische Fehler. – 1.3.2 Definition von Fehlern, Fehlerkurven und Fehleranteilen. – 1.3.3 Linearitätsfehler und zulässige Fehlergrenzen. – 1.3.4 Einflußgrößen und Einflußeffekt. – 1.3.5 Diskrete Verteilungsfunktionen zufälliger Meßwerte. – 1.3.6 Die Normalverteilung. – 1.3.7 Gaußsche Fehlerwahrscheinlichkeit. – 1.3.8 Wahrscheinlichkeitspapier. – 1.3.9 Fehlerfortpflanzung zufälliger Fehler. – 1.3.10 Fehlerfortpflanzung systematischer Fehler.	
2	Strukturen der Meßtechnik	H14
2.1	Meßsignalverarbeitung durch strukturelle Maßnahmen	H14
2.1.1	Die Kettenstruktur. – 2.1.2 Die Parallelstruktur (Differenzprinzip). – 2.1.3 Die Kreisstruktur.	
2.2	Das Modulationsprinzip	H16
2.3	Struktur eines digitalen Instrumentierungssystems	H17
2.3.1	Erhöhung des nutzbaren Informationsgehalts. – 3.2.2 Struktur von Mikroelektroniksystemen mit dezentraler Intelligenz.	
3	Meßgrößenaufnehmer (Sensoren)	H18
3.1	Sensoren und deren Umfeld	H18
3.1.1	Aufgabe der Sensoren. – 3.1.2 Meßeffekt und Einflußeffekt. – 3.1.3 Anforderungen an Sensoren. – 3.1.4 Signalform der Sensorsignale.	
3.2	Sensoren für geometrische und kinematische Größen	H20
3.2.1	Resistive Weg- und Winkelauflnehmer. – 3.2.2 Induktive Weg- und Längenaufnehmer. – 3.2.3 Kapazitive Aufnehmer für Weg und Höhenstand. – 3.2.4 Magnetische Aufnehmer. – 3.2.5 Codierte Weg- und Winkelauflnehmer. – 3.2.6 Inkrementale Aufnehmer. – 3.2.7 Laser-Interferometer. – 3.2.8 Drehzahlauflnehmer. – 3.2.9 Beschleunigungsaufnehmer.	
3.3	Sensoren für mechanische Beanspruchungen	H27
3.3.1	Dehnungsmessung mit Dehnungsmeßstreifen. – 3.3.2 Kraftmessung mit Dehnungsmeßstreifen. – 3.3.3 Druckmessung mit Dehnungsmeßstreifen. – 3.3.4 Drehmomentmessung mit Dehnungsmeßstreifen. – 3.3.5 Messung von Kräften über die Auslenkung von Federkörpern. – 3.3.6 Messung von Drücken über die Auslenkung von Federkörpern. – 3.3.7 Kraftmessung über Schwingssaiten. – 3.3.8 Waage mit elektrodynamischer Kraftkompensation. – 3.3.9 Piezoelektrische Kraft- und Druckaufnehmer.	
3.4	Sensoren für strömungstechnische Kenngrößen	H32
3.4.1	Durchflußmessung nach dem Wirkdruckverfahren. – 3.4.2 Schwebekörper-Durchflußmessung. – 3.4.3 Durchflußmessung über magnetische Induktion. – 3.4.4 Ultraschall-Durchflußmessung. – 3.4.5 Turbinen-Durchflußmesser (mittelbare Volumenzähler mit Meßflügeln). – 3.4.6 Verdrängungszähler (unmittelbare Volumenzähler).	
3.5	Sensoren zur Temperaturmessung	H35
3.5.1	Platin-Widerstandsthermometer. – 3.5.2 Andere Widerstandsthermometer. – 3.5.3 Thermoelemente als Temperaturoaufnehmer. – 3.5.4 Strahlungsthermometer (Pyrometer).	
3.6	Sensorspezifische Meßsignalverarbeitung	H39
3.6.1	Analoge Meßsignalverarbeitung. – 3.6.2 Inkrementale Meßsignalverarbeitung. – 3.6.3 Digitale Grundverknüpfungen und Grundfunktionen. – 3.6.4 Physikalische Modelfunktionen für einen Sensor. – 3.6.5 Skalierung und Linearisierung von Sensorkennlinien durch Interpolation. – 3.6.6 Interpolation von Sensorkennlinien mit kubischen Splines. – 3.6.7 Ausgleichskriterien zur Approximation von Sensorkennlinien. – 3.6.8 Korrektur von Einflußeffekten auf Sensorkennlinien. – 3.6.9 Dynamische Korrektur von Sensoren.	
4	Meßschaltungen und Meßverstärker	H44
4.1	Signalumformung mit verstärkerlosen Meßschaltungen	H44
4.1.1	Strom-Spannungs-Umformung mit Meßwiderstand. – 4.1.2 Spannungsteiler und Stromteiler. – 4.1.3 Direktanzeigende Widerstandsmessung.	

4.2	Meßbrücken und Kompensatoren	H47
4.2.1	Qualitative Behandlung der Prinzipschaltungen. –	
4.2.2	Spannungs- und Stromkompensation. –	
4.2.3	Meßbrücken im Ausschlagverfahren (Teilkompensation). –	
4.2.4	Wheatstone-Brücke im Abgleichverfahren. – 4.2.5 Wechselstrombrücken.	
4.3	Grundschaltungen von Meßverstärkern	H50
4.3.1	Operationsverstärker. – 4.3.2 Anwendung von Operationsverstärkern als reine Nullverstärker. – 4.3.3 Das Prinzip der Gegenkopplung am Beispiel des reinen Spannungsverstärkers. – 4.3.4 Die vier Grundschaltungen gegengekoppelter Meßverstärker.	
4.4	Ausgewählte Meßverstärker-Schaltungen	H53
4.4.1	Vom Stromverstärker mit Spannungsausgang zum Invertierer. –	
4.4.2	Aktive Brückenschaltung. – 4.4.3 Addier- und Subtrahierverstärker. –	
4.4.4	Der Elektrometerverstärker (Instrumentation Amplifier). –	
4.4.5	Präzisionsgleichrichtung. – 4.4.6 Aktive Filter. – 4.4.7 Ladungsverstärker. –	
4.4.8	Integrationsverstärker für Spannungen.	
5	Analoge Meßtechnik	H56
5.1	Analoge Meßwerke	H57
5.1.1	Prinzip des linearen Drehspulmeßwerks. – 5.1.2 Statische Eigenschaften des linearen Drehspulmeßwerks.	
5.2	Funktionsbildung und Verknüpfung mit Meßwerken	H58
5.2.1	Kermagnetmeßwerk mit radialem Sinusfeld. – 5.2.2 Quotientenbestimmung mit Kreuzspulmeßwerken. – 5.2.3 Bildung von linearen Mittelwerten und Extremwerten. – 5.2.4 Bildung von quadratischen Mittelwerten. – 5.2.5 Multiplikation mit elektrodynamischen Meßwerken. – 5.2.6 Integralwertbestimmung mit Induktionszählern.	
5.3	Prinzip und Anwendung des Elektronenstrahlloszilloskops	
5.3.1	Elektronenstrahlröhre. Ablenkempfindlichkeit. – 5.3.2 Darstellung des zeitlichen Verlaufs periodischer Meßsignale. – 5.3.3 Blockschaubild eines Oszilloskops in Standardausführung. – 5.3.4 Anwendung eines Oszilloskops im x,y-Betrieb. – 5.3.5 Frequenzkompensierter Eingangsteiler.	
6	Digitale Meßtechnik	H67
6.1	Quantisierung und digitale Signaldarstellung	H67
6.1.1	Informationsverlust durch Quantisierung. – 6.1.2 Der relative Quantisierungsfehler.	
6.2	Abtasttheorem und Abtastfehler	H68
6.2.1	Das Shannonsche Abtasttheorem. – 6.2.2 Frequenzgang bei Extrapolation nullter Ordnung. – 6.2.3 Abtastfehler eines Haltekreises.	
6.3	Digitale Zeit- und Frequenzmessung	H70
6.3.1	Prinzip der digitalen Zeit- und Frequenzmessung. – 6.3.2 Der Quarzoszillator. –	
6.3.3	Digitale Zeitmessung. – 6.3.4 Digitale Frequenzmessung. –	
6.3.5	Auflösung und Meßzeit bei der Periodendauer- bzw. Frequenzmessung. –	
6.3.6	Reziprokwertbildung und Multiperiodendauermessung.	
6.4	Analog-Digital-Umsetzung über Zeit oder Frequenz als Zwischengrößen . . . H73	
6.4.1	Charge-balancing-Umsetzer. – 6.4.2 Dual-slope-Umsetzer. –	
6.4.3	Integrierende Filterung bei integrierenden Umsetzern.	
6.5	Analog-Digital-Umsetzung nach dem Kompensationsprinzip	H76
6.5.1	Prinzip der Analog-Digital-Umsetzung nach dem Kompensationsprinzip. –	
6.5.2	Digital-Analog-Umsetzer mit bewerteten Leitwerten. – 6.5.3 Digital-Analog-Umsetzer mit Widerstandskettenleiter. – 6.5.4 Nachlaufumsetzer mit Zweirichtungszähler. – 6.5.5 Analog-Digital-Umsetzer mit sukzessiver Approximation.	
6.6	Schnelle Analog-Digital-Umsetzung und Transientenspeicherung	H79
6.6.1	Parallele Analog-Digital-Umsetzer (Flash-Converter). –	
6.6.2	Transientenspeicherung.	
	Literatur	H80

I Regelungs- und Steuerungstechnik

H. Unbehauen

1 Einführung	I1
1.1 Einordnung der Regelungs- und Steuerungstechnik	I1
1.2 Darstellung im Blockschaltbild	I1
1.3 Unterscheidung zwischen Regelung und Steuerung	I1
1.4 Beispiele von Regel- und Steuerungssystemen	I2
2 Modelle und Systemeigenschaften	I4
2.1 Mathematische Modelle	I4
2.2 Systemeigenschaften	I4
2.2.1 Lineare und nichtlineare Systeme. – 2.2.2 Systeme mit konzentrierten und verteilten Parametern. – 2.2.3 Zeitvariante und zeitinvariante Systeme. –	
2.2.4 Systeme mit kontinuierlicher und diskreter Arbeitsweise. –	
2.2.5 Systeme mit deterministischen oder stochastischen Variablen. –	
2.2.6 Kausale Systeme. – 2.2.7 Stabile und instabile Systeme. –	
2.2.8 Eingrößen- und Mehrgrößensysteme.	
3 Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Zeitbereich	I8
3.1 Beschreibung mittels Differentialgleichungen	I8
3.1.1 Elektrische Systeme. – 3.1.2 Mechanische Systeme. – 3.1.3 Thermische Systeme.	
3.2 Beschreibung mittels spezieller Ausgangssignale	I10
3.2.1 Die Übergangsfunktion. – 3.2.2 Die Gewichtsfunktion (Impulsantwort). –	
3.2.2 Das Faltungsintegral (Duhamelsches Integral).	
3.3 Zustandsraumdarstellung	I11
3.3.1 Zustandsraumdarstellung für Eingrößensysteme. –	
3.3.2 Zustandsraumdarstellung für Mehrgrößensysteme.	
4 Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Frequenzbereich	I12
4.1 Die Laplace-Transformation	I12
4.2 Die Fourier-Transformation	I13
4.3 Der Begriff der Übertragungsfunktion.	I14
4.3.1 Definition. – 4.3.2 Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktion. –	
4.3.3 Das Rechnen mit Übertragungsfunktionen. – 4.3.4 Zusammenhang zwischen $G(s)$ und der Zustandsraumdarstellung. – 4.3.5 Die komplexe G -Ebene.	
4.4 Die Frequenzgangdarstellung	I16
4.4.1 Definition. – 4.4.2 Ortskurvendarstellung des Frequenzganges. –	
4.4.3 Darstellung des Frequenzganges durch Frequenzkennlinien (Bode-Diagramm).	
4.5 Das Verhalten der wichtigsten Übertragungsglieder.	I17
4.5.1 Das proportional wirkende Glied (P-Glied). – 4.5.2 Das integrierende Glied (I-Glied). – 4.5.3 Das differenzierende Glied (D-Glied). – 4.5.4 Das Verzögerungsglied 1. Ordnung (PT_1 -Glied). – 4.5.5 Das Verzögerungsglied 2. Ordnung (PT_2 -Glied und PT_2S -Glied). – 4.5.6 Bandbreite eines Übertragungsgliedes. – 4.5.7 Systeme mit minimalem und nichtminimalem Phasenverhalten.	
5 Das Verhalten linearer kontinuierlicher Regelkreise	I23
5.1 Dynamisches Verhalten des Regelkreises	I23
5.2 Stationäres Verhalten des Regelkreises	I24
5.3 Der PID-Regler und die aus ihm ableitbaren Reglertypen	I25
6 Stabilität linearer kontinuierlicher Regelsysteme	I28
6.1 Definition der Stabilität	I28
6.2 Algebraische Stabilitätskriterien	I28
6.2.1 Das Hurwitz-Kriterium. – 6.2.2 Das Routh-Kriterium.	

6.3	Das Nyquist-Verfahren.	I29
6.3.1	Das Nyquist-Kriterium in der Ortskurvendarstellung. –	
6.3.2	Das Nyquist-Kriterium in der Frequenzkennliniendarstellung, –	
6.3.3	Vereinfachte Formen des Nyquist-Kriteriums.	
7	Das Wurzelortskurvenverfahren	I32
7.1	Der Grundgedanke des Verfahrens	I32
7.2	Regeln zur Konstruktion von Wurzelortskurven	I33
8	Entwurfsverfahren für lineare kontinuierliche Regelsysteme	I35
8.1	Problemstellung	I35
8.2	Entwurf im Zeitbereich	I35
8.2.1	Gütemaße im Zeitbereich. – 8.2.2 Integralkriterien. – 8.2.3 Quadratische Regelfläche. – 8.2.4 Ermittlung optimaler Einstellwerte eines Reglers nach dem Kriterium der minimalen quadratischen Regelfläche. – 8.2.5 Empirisches Vorgehen.	
8.3	Entwurf im Frequenzbereich	I40
8.3.1	Kenndaten des geschlossenen Regelkreises im Frequenzbereich und deren Zusammenhang mit den Gütemaßen im Zeitbereich. –	
8.3.2	Die Kenndaten des offenen Regelkreises und deren Zusammenhang mit den Gütemaßen des geschlossenen Regelkreises im Zeitbereich. –	
8.3.3	Reglerentwurf nach dem Frequenzkennlinien-Verfahren. –	
8.3.4	Korrekturglieder für Phase und Amplitude. –	
8.3.5	Reglerentwurf mit dem Wurzelortskurvenverfahren.	
8.4	Analytische Entwurfsverfahren	I44
8.4.1	Vorgabe des Verhaltens des geschlossenen Regelkreises. –	
8.4.2	Das Verfahren nach Truxal-Guillemain. –	
8.4.3	Algebraisches Entwurfsverfahren.	
9	Nichtlineare Regelsysteme	I49
9.1	Allgemeine Eigenschaften nichtlinearer Regelsysteme	I49
9.2	Regelkreise mit Zwei- und Dreipunktregrern	I49
9.3	Analyse nichtlinearer Regelsysteme mit Hilfe der Beschreibungsfunktion	I50
9.3.1	Definition der Beschreibungsfunktion. – 9.3.2 Stabilitätsuntersuchung mittels der Beschreibungsfunktion.	
9.4	Analyse nichtlinearer Regelsysteme in der Phasenebene	I51
9.4.1	Zustandskurven. – 9.4.2 Anwendung der Methode der Phasenebene zur Untersuchung von Relaissystemen.	
9.5	Stabilitätstheorie nach Ljapunow	I53
9.5.1	Der Grundgedanke der direkten Methode von Ljapunow. –	
9.5.2	Stabilitätssätze von Ljapunow. – 9.5.3 Ermittlung geeigneter Ljapunow-Funktionen.	
9.6	Das Stabilitätskriterium von Popov	I54
9.6.1	Absolute Stabilität. – 9.6.2 Formulierung des Popov-Kriteriums. –	
9.6.3	Geometrische Auswertung der Popov-Ungleichung.	
10	Lineare zeitdiskrete Systeme (digitale Regelung)	I56
10.1	Arbeitsweise digitaler Regelsysteme	I56
10.2	Darstellung im Zeitbereich	I57
10.3	Die z-Transformation	I58
10.4	Darstellung im Frequenzbereich	I59
10.4.1	Die Übertragungsfunktion diskreter Systeme. –	
10.4.2	Die z-Übertragungsfunktion kontinuierlicher Systeme.	
10.5	Stabilität diskreter Regelsysteme	I60
10.5.1	Stabilitätsbedingungen. – 10.5.2 Stabilitätskriterien.	
10.6	Regelalgorithmen für die digitale Regelung.	I62
10.6.1	PID-Algorithmus. – 10.6.2 Kompensationsalgorithmus für endliche Einstellzeit.	

11	Zustandsraumdarstellung linearer Regelsysteme	I65
11.1	Allgemeine Darstellung	I65
11.2	Normalformen für Eingrößensysteme	I65
11.3.	Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit	I66
11.4	Synthese linearer Regelsysteme im Zustandsraum	I67
	11.4.1 Das geschlossene Regelsystem. – 11.4.2 Der Grundgedanke der Reglersynthese. – 11.4.3 Die modale Regelung. – 11.4.4 Das Verfahren der Polvorgabe. – 11.4.5 Optimaler Zustandsregler nach dem quadratischen Gütekriterium. – 11.4.6 Das Meßproblem.	
12	Systemidentifikation	I70
12.1	Deterministische Verfahren zur Systemidentifikation	I70
	12.1.1 Wendetangenten- und Zeitprozentkennwerte-Verfahren. –	
	12.1.2 Identifikation im Frequenzbereich. – 12.1.3 Berechnung des Frequenzgangs aus der Übergangsfunktion. – 12.1.4 Berechnung der Übergangsfunktion aus dem Frequenzgang.	
12.2	Statistische Verfahren zur Systemidentifikation	I73
	12.2.1 Korrelationsanalyse. – 12.2.2 Spektrale Leistungsdichte. –	
	12.2.3 Statistische Bestimmung dynamischer Eigenschaften linearer Systeme. –	
	12.2.4 Systemidentifikation mittels Parameterschätzverfahren.	
13	Adaptive Regelsysteme	I75
13.1	Begriffsdefinition	I75
13.2	Drei wichtige Grundstrukturen adaptiver Regelsysteme	I76
13.3	„On-line“-Identifikation der Regelstrecke	I77
13.4	Zwei wichtige Entwurfsprinzipien.	I77
14	Binäre Steuerungstechnik	I78
14.1	Grundstruktur binärer/Steuerungen	I78
	14.1.1 Signalflußplan. – 14.1.2 Klassifizierung binärer Steuerungen.	
14.2	Grundlagen der kombinatorischen und der sequentiellen Schaltungen	I79
	14.2.1 Kombinatorische Schaltungen. – 14.2.2 Synthese und Analyse sequentieller Schaltungen.	
14.3	Darstellung von Zuständen durch Zustandsgraphen und Petri-Netze	I82
14.4	Technische Realisierung von verbindungsprogrammierten Steuerungseinrichtungen	I84
	14.4.1 Relaistechnik. – 14.4.2 Diskrete Bausteinsysteme.	
14.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen	I84
	14.5.1 Arbeitsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). –	
	14.5.2 Sprachen für speicherprogrammierbare Steuerungen.	
	Formelzeichen der Regelungs- und Steuerungstechnik	I87
Literatur		I88

J

Technische Informatik
H. Liebig, Th. Flik, P. Rechenberg

Mathematische Modelle

H. Liebig, P. Rechenberg

1	Boolesche Algebra	J2
1.1	Logische Verknüpfungen und Rechenregeln	J2
	1.1.1 Grundverknüpfungen. – 1.1.2 Ausdrücke. – 1.1.3 Axiome. – 1.1.4 Sätze.	

1.2	Boolesche Funktionen	J4
1.2.1	Von der Mengen- zur Vektordarstellung. – 1.2.2 Darstellungsmittel.	
1.3	Normal- und Minimalformen	J6
1.3.1	Kanonische Formen boolescher Funktionen. – 1.3.2 Minimierung von Funktionsgleichungen.	
1.4	Boolesche Algebra und Logik	J7
1.4.1	Begriffe. – 1.4.2 Logisches Schließen und mathematisches Beweisen in der Aussagenlogik. – 1.4.3 Beispiel für einen aussagenlogischen Beweis. –	
1.4.4	Entscheidbarkeit und Vollständigkeit.	
2	Automaten	J10
2.1	Endliche Automaten	J10
2.1.1	Automaten mit Ausgaben. – 2.1.2 Funktionsweise.	
2.2	Hardwareorientierte Automatenmodelle	J11
2.2.1	Von der Mengen- zur Vektordarstellung. – 2.2.2 Darstellungsmittel. –	
2.2.3	Netzdarstellungen.	
2.3	Softwareorientierte Automatenmodelle	J15
2.3.1	Erkennende Automaten und formale Sprachen. – 2.3.2 Erkennende endliche Automaten. – 2.3.3 Turing-Maschinen. – 2.3.4 Grenzen der Modellierbarkeit.	

Digitale Systeme

H. Liebig

3	Schaltnetze	J18
3.1	Signaldurchschaltung und -verknüpfung	J19
3.1.1	Schalter und Schalterkombinationen. – 3.1.2 Durchschaltglieder. –	
3.1.3	Verknüpfungsglieder.	
3.2	Schaltungen für Volladdierer	J22
3.2.1	Volladdierer mit Durchschaltgliedern. – 3.2.2 Volladdierer mit Verknüpfungsgliedern.	
3.3	Schaltnetze zur Datenverarbeitung und zum Datentransport	J24
3.3.1	Arithmetisch-logische Einheiten. – 3.3.2 Multiplexer. – 3.3.3 Shifter. –	
3.3.4	Busse.	
3.4	Schaltnetze zur Datencodierung/-decodierung und -speicherung	J28
3.4.1	Codierer, Decodierer. – 3.4.2 Festwertspeicher. – 3.4.3 Logische Felder. –	
3.4.4	Beispiel eines PLA-Steuerwerks. –	
4	Schaltwerke	J30
4.1	Signalverzögerung und -speicherung	J32
4.1.1	Flipflops, Darstellung mit Taktsignalen. – 4.1.2 Flipflops, Abstraktion von Taktsignalen.	
4.2	Registertransfer und Datenspeicherung	J34
4.2.1	Flipflops auf der Registertransfer-Ebene. – 4.2.2 Register, Speicherzellen. –	
4.2.3	Schreib-/Lesespeicher. – 4.2.4 Speicher mit speziellem Zugriff.	
4.3	Schaltwerke zur Datenverarbeitung	J38
4.3.1	Zähler. – 4.3.2 Shiftregister. – 4.3.3 Logik-/Arithmetikwerke	
4.4	Schaltwerke zur Programmsteuerung und zur programmgesteuerten Datenverarbeitung	J40
4.4.1	PLA- und ROM-Steuerwerke. – 4.4.2 Beispiele für programmgesteuerte Datenverarbeitungswerke (Prozessoren). – 4.4.3 Prozessoraufbau aus der Sicht der Programmierung.	
5	Prozessorstrukturen	J43
5.1	Prozessorbau aus der Sicht der Mikroprogrammierung	J44
5.1.1	Datenwerk. – 5.1.2 Programmwerk.	

5.2	Befehlsformate, Befehlsvorrat	J47
5.2.1	Befehlsformate. – 5.2.2 Befehlsvorrat.	
5.3	Ein typischer 32-Bit-CISC	J49
5.3.1	Prozessorstruktur des MC 68020. – 5.3.2 Beispiel für ein Mikroprogramm. –	
5.3.3	Beispiel für ein Maschinenprogramm.	
5.4	Ein typischer 32-Bit-RISC	J41
5.4.1	Prozessorstruktur für den SPARC. – 5.4.2 Beispiel für ein Maschinenprogramm. – 5.4.3 Probleme der Fließbandtechnik.	
5.5	Ein Superskalar-/VLIW-Prozessor	J53
5.5.1	Prinzipielle Prozessorstruktur. – 5.5.2 Probleme der Parallelverarbeitung.	

Rechnerorganisation

Th. Flik

6	Informationsdarstellung	J55
6.1	Zeichen- und Zifferncodes	J56
6.1.1	ASCII. – 6.1.2 EBCDI-Code. – 6.1.3 Binärcodes für Dezimalziffern (BCD-Codes). – 6.1.4 Oktalcode und Hexadezimalcode.	
6.2	Codesicherung	J58
6.3	Assemblersprache und Maschinencode	J59
6.3.1	Symbole, Zahlen, Ausdrücke. – 6.3.2 Adressierungsarten. –	
6.3.3	Assembleranweisungen. – 6.3.4 Befehlscodierung.	
6.4	Datentypen	J61
6.4.1	Zustandsgröße. – 6.4.2 Bitvektor. – 6.4.3 Ganze Zahl (integer). –	
6.4.4	Gleitkommazahl (floating-point number). – 6.4.5 Vektor.	
7	Prozessorfunktionen	J64
7.1	Registersatz und Prozessorstatus	J64
7.2	Adressierungsarten	J65
7.3	Ablaufsteuerung	J67
7.3.1	Sprung und Programmverzweigung. – 7.3.2 Unterprogramme.	
7.4	Betriebsarten und Ausnahmeverarbeitung	J69
7.4.1	Privilegienebenen. – 7.4.2 Programmunterbrechungen (Traps, Interrupts). –	
7.4.3	Ausnahmeverarbeitung (exception processing).	
8	Rechnersysteme	J71
8.1	Busse	J71
8.1.1	Ein- und Mehrbussysteme. – 8.1.2 Systemaufbau. – 8.1.3 Busfunktionen. –	
8.1.4	Einige gebräuchliche Busse.	
8.2	Speicherorganisation	J77
8.2.1	Hauptspeicher. – 8.2.2 Caches. – 8.2.3 Hintergrundspeicher.	
8.3	Ein-/Ausgabeorganisation	J80
8.3.1	Prozessorgesteuerte Ein-/Ausgabe. – 8.3.2 Controller- und kanalgesteuerte Ein-/Ausgabe. – 8.3.3 Ein-/Ausgaberechner. – 8.3.4 Ein-/Ausgabegeräte.	
8.4	Parallelarbeitende Rechner	J84
8.4.1	Vektorrechner mit Fließbandverarbeitung. – 8.4.2 Feldrechner. –	
8.4.3	Mehrprozessorsysteme.	
8.5	Rechnernetze	J86
8.5.1	Weitverkehrsnetze (WANs). – 8.5.2 Protokolle. – 8.5.3 Datenübertragung. –	
8.5.4	Schnittstellenvereinbarungen. – 8.5.5 Lokale Netze (LANs). –	
8.5.6	Verteilte Systeme.	
8.6	Leistungskenngrößen von Rechnersystemen und ihre Einheiten	J90

9	Betriebssysteme	. . . . .	J91
9.1	Betriebssystemarten	. . . . .	J92
9.2	Prozeß-, Datei- und Ein-/Ausgabeverwaltung	. . . . .	J93
9.2.1	Prozeßverwaltung. – 9.2.2 Interprozeßkommunikation. –		
9.2.3	Dateiverwaltung. – 9.2.4 Ein-/Ausgabeverwaltung.		
9.3	Hauptspeicherverwaltung	. . . . .	J95
9.3.1	Einprogrammsysteme. – 9.3.2 Mehrprogrammsysteme und		
9.3.3	virtuelle Adressierung. – 9.3.3 Segmentierung (segmenting). –		
9.3.4	Seitenverwaltung (paging). – 9.3.5 Segmentierung mit Seitenverwaltung.		

Programmierung

P. Rechenberg

10	Algorithmen	. . . . .	J99
10.1	Begriffe	. . . . .	J99
10.2	Darstellungsarten	. . . . .	J99
10.2.1	Abstraktionsschichten.		
10.3	Einteilungen	. . . . .	J101
10.3.1	Einteilung nach Strukturmerkmalen. – 10.3.2 Einteilung nach den Datenstrukturen. – 10.3.3 Einteilung nach dem Aufgabengebiet.		
10.4	Komplexität	. . . . .	J103
11	Datenstrukturen und Datentypen	. . . . .	J104
11.1	Begriffe	. . . . .	J104
11.1.1	Datenstruktur. – 11.1.2 Datentyp. – 11.1.3 Repräsentation. –		
11.1.5	Konkrete und abstrakte Datentypen.		
11.2	Elementare Datentypen	. . . . .	J106
11.3	Lineare Datenstrukturen	. . . . .	J107
11.3.1	Felder. – 11.3.2 Verbunde. – 11.3.3 Abstrakte lineare Datenstrukturen.		
11.4	Bäume und Graphen	. . . . .	J108
11.4.1	Binäre Bäume. – 11.4.2 Zyklenfreie und allgemeine Graphen.		
11.5	Mengen	. . . . .	J111
11.6	Dateien	. . . . .	J111
11.6.1	Sequentielle Dateien. – 11.6.2 Direktzugriffsdateien. – 11.6.3 Mischsortieren.		
12	Programmiersprachen	. . . . .	J113
12.1	Begriffe und Einteilungen	. . . . .	J113
12.1.1	Universal- und Spezialsprachen. – 12.1.2 Sequentielle und parallele Sprachen. – 12.1.3 Imperative und nichtimperative Sprachen (Denkmodelle)		
12.2	Beschreibungsverfahren	. . . . .	J116
12.2.1	Syntax. – 12.2.2 Semantik.		
12.3	Konstruktionen algorithmischer Sprachen	. . . . .	J117
12.3.1	Deklarationen. – 12.3.2 Anweisungen. – 12.3.3 Ausdrücke. –		
12.3.4	Prozeduren. – 12.3.5 Module.		
12.4	Programmiersprachen für technische Anwendungen	. . . . .	J120
12.4.1	Zur Auswahl der Programmiersprache. – 12.4.2 Fortran. – 12.4.3 Pascal und Modula-2. – 12.4.4 Ada. – 12.4.5 C und C++.		
12.5	Programmbibliotheken für numerisches Rechnen	. . . . .	J123
12.6	Programmiersysteme für numerisches und symbolisches Rechnen	. . . . .	J123
13	Softwaretechnik	. . . . .	J123
13.1	Begriffe, Aufgaben und Probleme	. . . . .	J123
13.1.1	Eigenschaften großer Programme. – 13.1.2 Begriff der Softwaretechnik. –		
13.1.3	Kompatibilität und Portabilität. – 13.1.4 Software-Lebenszyklus und Prototyping. – 13.1.5 Methoden und Werkzeuge. – 13.1.6 Software-Entwicklungs-Umgebungen.		

13.2	Problemanalyse und Anforderungsdefinition	J127
13.3	Entwurf und Programmentwicklung	J127
	13.3.1 Entwurfsmethoden. – 13.3.2 Modulares Programmieren. –	
	13.3.3 Strukturiertes Programmieren. – 13.3.4 Defensives Programmieren. –	
	13.3.5 Mensch-Maschine-Kommunikation.	
13.4	Test	J130
	13.4.1 Begriffe. – 13.4.2 Testprogramme (Testtreiber). – 13.4.3 Modultest. –	
	13.4.4 Integrationstest. – 13.4.5 Leistungs- und Abnahmetest.	
13.5	Qualitätssicherung	J131
13.6	Dokumentation	J132
	13.6.1 Dokumentgestaltung. – 13.6.2 Dokumentationswerkzeuge. –	
	13.6.3 Programmintegrierte Benutzerdokumentation.	
	Literatur	J133

K Entwicklung und Konstruktion

W. Beitz

1	Produktentstehung	K1
1.1	Lebensphasen eines Produkts	K1
	1.1.1 Technischer Lebenszyklus. – 1.1.2 Wirtschaftlicher Lebenszyklus.	
1.2	Produktplanung	K2
	1.2.1 Bedeutung. – 1.2.2 Grundlagen. – 1.2.3 Vorgehensschritte.	
1.3	Produktentwicklung	K5
	1.3.1 Generelles Vorgehen. – 1.3.2 Produktspezifisches Vorgehen.	
2	Aufbau technischer Produkte	K8
2.1	Funktionszusammenhang	K8
	2.1.1 Allgemeines. – 2.1.2 Spezielle Funktionen.	
2.2	Wirkzusammenhang	K10
	2.2.1 Physikalische, chemische und biologische Effekte. – 2.2.2 Geometrische und stoffliche Merkmale.	
2.3	Bauzusammenhang	K13
2.4	Systemzusammenhang	K13
2.5	Generelle Zielsetzungen für technische Produkte	K13
2.6	Anwendungen	K14
3	Konstruktionsmethoden	K14
3.1	Allgemeine Lösungsmethoden	K14
	3.1.1 Allgemeiner Lösungsprozeß. – 3.1.2 Systemtechnisches Vorgehen. –	
	3.1.3 Problem- und Systemstrukturierung. – 3.1.4 Allgemeine Hilfsmittel.	
3.2	Methoden des Konzipierens	K17
	3.2.1 Intuitiv betonte Methoden. – 3.2.2 Diskursiv betonte Methoden.	
3.3	Methoden zur Gestaltung	K18
	3.3.1 Grundregeln der Gestaltung. – 3.3.2 Gestaltungsprinzipien. –	
	3.3.3 Gestaltungsrichtlinien.	
3.4	Baustrukturen	K24
	3.4.1 Baureihen. – 3.4.2 Baukästen. – 3.4.3 Differentialbauweise. –	
	3.4.4 Integralbauweise. – 3.4.5 Verbundbauweise.	
3.5	Methoden der Auswahl	K27
4	Konstruktionselemente	K30
4.1	Bauteilverbindungen	K31
	4.1.1 Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.1.2 Formschluß. –	
	4.1.3 Reibschluß. – 4.1.4 Stoffschluß. – 4.1.5 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	

4.2	Federn	K33
4.2.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.2.2 Zug-druckbeanspruchte Metallfedern. – 4.2.3 Biegebeanspruchte Metallfedern. – 4.2.4 Drehbeanspruchte Metallfedern. – 4.2.5 Gummifedern. – 4.2.6 Gasfedern. – 4.2.7 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.3	Kupplungen und Gelenke	K36
4.3.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.3.2 Feste Kupplungen. – 4.3.3 Drehstarre Ausgleichskupplungen. – 4.3.4 Elastische Kupplungen. – 4.3.5 Schaltkupplungen. – 4.3.6 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.4	Lagerungen und Führungen	K40
4.4.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.4.2 Wälzlagerungen und -führungen. – 4.4.3 Hydrodynamische Gleitlagerungen und -führungen. – 4.4.4 Hydrostatische Gleitlagerungen und -führungen. – 4.4.5 Magnetische Lagerungen und -führungen. – 4.4.6 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.5	Mechanische Getriebe	K43
4.5.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.5.2 Zahnradgetriebe. – 4.5.3 Kettengetriebe. – 4.5.4 Riemengetriebe. – 4.5.5 Reibradgetriebe. – 4.5.6 Kurbel-(Gelenk-) und Kurvengetriebe. – 4.5.7 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.6	Hydraulische Getriebe	K48
4.6.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.6.2 Hydrostatische Getriebe (Hydrogetriebe). – 4.6.3 Hydrodynamische Getriebe (Föttinger-Getriebe). – 4.6.4 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.7	Elemente zur Führung von Fluiden	K50
4.7.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.7.2 Rohre. – 4.7.3 Absperr- und Regelorgane (Armaturen). – 4.7.4 Allgemeine Anwendungsrichtlinien.	
4.8	Dichtungen	K52
4.8.1	Funktionen und generelle Wirkungen. – 4.8.2 Berührungsreie Dichtungen zwischen relativ bewegten Teilen. – 4.8.3 Berührungsdiichtungen zwischen relativ bewegten Teilen (dynamische Dichtungen). – 4.8.4 Berührungsdiichtungen zwischen ruhenden Teilen (statische Dichtungen). – 4.8.5 Membrandichtungen zwischen relativ bewegten Bauteilen. – 4.8.6 Anwendungsrichtlinien.	
5	Konstruktionsmittel	K55
5.1	Zeichnungen	K55
5.2	Rechnerunterstützte Konstruktion	K56
5.2.1	Grundlagen. – 5.2.2 Rechnereinsatz in den Konstruktionsphasen.	
5.3	Normen	K58
5.4	Kostenerkennung, Wertanalyse	K58
5.4.1	Beeinflußbare Kosten. – 5.4.2 Methoden der Kostenerkennung. – 5.4.3 Wertanalyse.	
Literatur		K60

L Produktion

G. Spur

1	Grundlagen	L1
1.1	Produktionsfaktoren	L1
1.2	Produktionssysteme	L2
1.3	Produktivität	L3
1.4	Produktionstechnik	L3
2	Rohstoffgewinnung und -erzeugung durch Urproduktion	L4
2.1	Biotische und abiotische Rohstoffe	L4
2.2	Energierohstoffe und Güterrohstoffe	L4

2.3 Erschließen und Gewinnen	L5
2.4 Aufbereiten	L6
3 Stoffwandlung durch Verfahrenstechnik	L7
3.1 Verfahrenstechnische Prozesse	L7
3.2 Mechanische Verfahrenstechnik	L7
3.3 Thermische Verfahrenstechnik	L10
3.4 Chemische Reaktionstechnik	L12
4 Formgebung und Fügen durch Fertigungstechnik	L12
4.1 Fertigungsverfahren und Fertigungssysteme: Übersicht	L12
4.1.1 Einteilung der Fertigungsverfahren. – 4.1.2 Fertigungsgenauigkeit. –	
4.1.3 Fertigungssysteme und Fertigungsprozesse. – 4.1.4 Integrierte flexible Fertigungssysteme.	
4.2 Urformen	L16
4.2.1 Gießen. – 4.2.2 Pulvermetallurgie. – 4.2.3 Galvanoformen.	
4.3 Umformen	L18
4.3.1 Walzen. – 4.3.2 Schmieden. – 4.3.3 Strang- und Fließpressen. –	
4.3.4 Blechumformung.	
4.4 Trennen	L21
4.4.1 Scherschneiden. – 4.4.2 Drehen. – 4.4.3 Bohren, Senken, Reiben. –	
4.4.4 Fräsen. – 4.4.5 Hobeln, Stoßen, Räumen, Sägen. – 4.4.6 Schleifen. –	
4.4.7 Honen. – 4.4.8 Läppen. – 4.4.9 Polieren. – 4.4.10 Abtragen.	
4.5 Fügen	L34
4.6 Beschichten	L36
4.7 Stoffeigenschaftändern	L38
5 Produktionsorganisation	L40
5.1 Produktplanung	L40
5.2 Produktionspersonalorganisation	L41
5.3 Produktionsplanung	L43
5.4 Produktionssteuerung	L44
5.5 Produktionsbewertung	L45
6 Produktionsinformatik	L45
6.1 Aufgaben	L45
6.2 Informationsfluß	L46
6.3 Rechnerintegrierter Fabrikbetrieb.	L46
Literatur	L48

M Betriebswirtschaft

W. Plinke

1 Gegenstand der Betriebswirtschaftslehre	M1
2 Das Grundmodell der Betriebswirtschaftslehre	M1
3 Konstitutive Entscheidungen	M2
3.1 Die Gründung des Betriebes	M2
3.1.1 Einflußfaktoren der Gründungsentscheidung. – 3.1.2 Der betriebliche Standort.	
3.2 Das Wachstum des Betriebes	M3
3.3 Die Beendigung des Betriebes	M3

3.4	Die Verfassung des Betriebes	M4
3.4.1	Die Rechtsform des Betriebes. – 3.4.2 Die Mitbestimmung.	
3.5	Betriebliche Zusammenschlüsse	M6
4	Funktionsbezogene Entscheidungen	M7
4.1	Das Realgütersystem	M7
4.1.1	Beschaffung. – 4.1.2 Produktion. – 4.1.3 Absatz.	
4.2	Das Finanzsystem	M9
4.3	Das soziale System	M9
4.3.1	Die Organisation des Betriebes. – 4.3.2 Personalwirtschaft. –	
4.3.3	Mitarbeiterführung.	
4.4	Das Informationssystem	M12
4.4.1	Informationssysteme des Betriebes. – 4.4.2 Das externe Rechnungswesen. –	
4.4.3	Das interne Rechnungswesen.	
Literatur		M19

N Normung

H. Reihlen

1	Normung in Deutschland	N1
1.1	Normung: eine technisch-wissenschaftliche und wirtschaftliche Optimierung.	N1
1.2	Das DIN Deutsches Institut für Normung e. V.	N1
1.3	DIN-Normen – Verfahren zu ihrer Erarbeitung und rechtliche Bedeutung.	N2
2	Internationale und Europäische Normung	N3
2.1	Internationale Normung	N3
2.2	Europäische Normung	N4
2.3	Übernahme internationaler Normen in das deutsche Normenwerk.	N5
3	Ergebnisse der Normung	N5
3.1	Terminologie	N6
3.2	Rationalisierung	N7
3.3	Sicherheit	N7
3.4	Ergonomie	N7
3.5	Qualitätsmanagement	N7
3.6	Verbraucherschutz	N8
3.7	Umweltschutz	N8
3.8	Informationstechnik – Kommunikation offener Systeme (Open Systems Interconnection, OSI)	N10
3.9	Rechnergestützte Entwicklung, Konstruktion und Produktion (CAE, CAD, CIM)	N10
Literatur		N11

O Recht

J. Borck

1	Materielles Recht: Überblick	O1
2	Verfahrensrecht	O1
2.1	Gerichtsbarkeiten	O1
2.2	Klage und Mahnverfahren	O2

L	Inhalt	
2.3	Zwangsvollstreckung und Konkurs	O3
2.4	Strafprozeß und Bußgeldverfahren	O3
3	Verträge und Haftung	O4
3.1	Kauf- und Werkvertrag	O4
3.2	Bauvertrag	O4
3.3	Architekten- und Ingenieurvertrag	O5
3.4	Internationale Anlagenverträge	O5
3.5	Mietvertrag und Leasing	O6
3.6	Haftung und Schadensersatz	O6
4	Wirtschaftsrecht	O7
5	Arbeitsrecht	O7
5.1	Quellen	O7
5.2	Arbeitnehmerschutzrechte	O7
5.3	Urlaub	O8
5.4	Mitwirkungs- und Mitbestimmungsrechte	O8
5.5	Urheberrecht	O8
6	Verwaltungsrecht	O8
6.1	Verwaltung	O8
6.2	Allgemeines Verwaltungsrecht	O9
6.3	Verwaltungsverfahren	O9
6.4	Besonderes Verwaltungsrecht	O9
7	Steuern und Sozialversicherung	O9
8	Datenschutz	O10
9	Energierecht	O10
10	Umweltschutz	O10
	Literatur	O12

P	Patentwesen	
	E. Häußer	
1	Bedeutung des Patentwesens	P1
1.1	Technische Schutzrechte	P1
1.2	Technische Information	P1
1.3	Patentämter	P2
	1.3.1 Deutsches Patentamt. – 1.3.2 Europäisches Patentamt.	
1.4	Patentstatistik	P2
2	Patente	P3
2.1	Voraussetzungen der Patentfähigkeit	P3
	2.1.1 Technische Erfindung. – 2.1.2 Neuheit. – 2.1.3 Erfindungshöhe. –	
	2.1.4 Gewerbliche Anwendbarkeit.	
2.2	Die Patentanmeldung	P5
2.3	Erteilungsverfahren	P5
	2.3.1 Offensichtlichkeitsprüfung und Offenlegung. – 2.3.2 Prüfung auf	
	Patentfähigkeit	
2.4	Einspruchsverfahren	P7
2.5	Nichtigkeitsverfahren	P7

	Inhalt	LI
2.6 Schutzdauer, Erlöschen, Jahresgebühren und Zahlungserleichterungen	P7	
2.7 Verfügungen über das Patent und Lizenzvereinbarungen	P8	
2.8 Wirkungen des Patents	P8	
3 Europäisches Patentrecht	P9	
3.1 Die europäische Patentanmeldung	P9	
3.2 Das europäische Verfahren	P9	
3.3 Das erteilte europäische Patent	P10	
3.4 Vor- und Nachteile des europäischen Patents	P10	
4 (Internationaler) Patentzusammenarbeitsvertrag (PCT)	P10	
4.1 Die PCT-Anmeldung	P10	
4.2 Das PCT-Verfahren	P11	
4.3 Vor- und Nachteile	P11	
5 Gebrauchsmuster	P11	
5.1 Schutzhafte Erfindungen	P11	
5.2 Neuheit, Erfindungshöhe und gewerbliche Anwendbarkeit	P12	
5.3 Anmeldung und Eintragung	P12	
5.4 Schutzdauer und Wirkungen des Gebrauchsmusters	P12	
6 Arbeitnehmererfindungsrecht	P13	
6.1 Freie und gebundene Erfindungen	P13	
6.2 Meldung und Inanspruchnahme	P13	
6.3 Pflichten des Arbeitgebers	P14	
6.4 Vergütungsanspruch	P14	
6.5 Streitigkeiten	P14	
Literatur	P15	
Sachverzeichnis	S1	