

# Inhaltsverzeichnis

<b>Hinweise zur Benutzung</b> . . . . .	XXXVIII
<b>Chronik des Taschenbuchs</b> . . . . .	XL
<b>Biographische Daten über H. Dubbel</b> . . . . .	XL
<b>A Mathematik</b>	
<b>1 Mengen, Funktionen und Boolesche Algebra</b> . . . . .	A 2
1.1 Mengen . . . . .	A 2
1.1.1 Mengenbegriff A 2. – 1.1.2 Mengenrelationen A 3. – 1.1.3 Mengenverknüpfungen A 3. – 1.1.4 Das kartesische oder Kreuzprodukt A 3.	
1.2 Funktionen . . . . .	A 3
1.3 Boolesche Algebra . . . . .	A 4
1.3.1 Grundbegriffe A 4. – 1.3.2 Zweielementige Boolesche Algebra A 4.	
<b>2 Zahlen</b> . . . . .	A 6
2.1 Reelle Zahlen . . . . .	A 6
2.1.1 Einführung A 6. – 2.1.2 Grundgesetze der reellen Zahlen A 6. – 2.1.3 Der absolute Betrag A 6. – 2.1.4 Mittelwerte und Ungleichungen A 6. – 2.1.5 Potenzen, Wurzeln und Logarithmen A 7. – 2.1.6 Zahlendarstellung in Stellenwertsystemen A 7. – 2.1.7 Endliche Folgen und Reihen. Binomischer Lehrsatz A 7. – 2.1.8 Unendliche reelle Zahlenfolgen und Zahlenreihen A 8.	
2.2 Komplexe Zahlen . . . . .	A 9
2.2.1 Komplexe Zahlen und ihre geometrische Darstellung A 9. – 2.2.2 Addition und Multiplikation A 9. – 2.2.3 Darstellung in Polarkoordinaten. Absoluter Betrag A 10. – 2.2.4 Potenzen und Wurzeln A 10.	
2.3 Gleichungen . . . . .	A 10
2.3.1 Algebraische Gleichungen A 10. – 2.3.2 Polynome A 11. – 2.3.3 Transzendente Gleichungen A 11.	
<b>3 Lineare Algebra</b> . . . . .	A 12
3.1 Vektoralgebra . . . . .	A 12
3.1.1 Vektoren und ihre Eigenschaften A 12. – 3.1.2 Lineare Abhängigkeit und Basis A 13. – 3.1.3 Koordinatendarstellung von Vektoren A 13. – 3.1.4 Inneres und skalares Produkt A 14. – 3.1.5 Äußeres oder vektorielles Produkt A 14. – 3.1.6 Spatprodukt A 14. – 3.1.7 Entwicklungssatz und mehrfache Produkte A 14.	
3.2 Der reelle $n$ -dimensionale Vektorraum $\mathbb{R}^n$ . . . . .	A 15
3.2.1 Der reelle Euklidische Raum A 15. – 3.2.2 Determinanten A 15. – 3.2.3 Cramer-Regel A 17. – 3.2.4 Matrizen und lineare Abbildungen A 17. – 3.2.5 Lineare Gleichungssysteme A 19.	
<b>4 Geometrie</b> . . . . .	A 20
4.1 Planimetrie . . . . .	A 20
4.1.1 Punkt, Gerade, Strahl, Strecke, Streckenzug A 20. – 4.1.2 Orientierung einer Ebene A 20. – 4.1.3 Winkel A 20. – 4.1.4 Strahlensätze A 21. – 4.1.5 Ähnlichkeit A 21. – 4.1.6 Teilung von Strecken A 21. – 4.1.7 Pythagoreische Sätze A 22.	
4.2 Trigonometrie . . . . .	A 22
4.2.1 Goniometrie A 22. – 4.2.2 Berechnung von Dreiecken und Flächen A 26.	
4.3 Stereometrie . . . . .	A 27
4.3.1 Punkt, Gerade und Ebene im Raum A 27. – 4.3.2 Körper, Volumenmessung A 27. – 4.3.3 Polyeder A 29. – 4.3.4 Oberfläche und Volumen von Polyedern A 29. – 4.3.5 Oberfläche und Volumen von einfachen Rotationskörpern A 29. – 4.3.6 Guldinsche Regeln A 29.	
4.4 Darstellende Geometrie . . . . .	A 29
4.4.1 Vergleich der Projektionsarten A 32. – 4.4.2 Orthogonale Zweitafelprojektion A 32. – 4.4.3 Axonometrische Projektionen A 34.	
<b>5 Analytische Geometrie</b> . . . . .	A 36
5.1 Analytische Geometrie der Ebene . . . . .	A 36
5.1.1 Das kartesische Koordinatensystem A 36. – 5.1.2 Strecke A 36. – 5.1.3 Dreieck A 36. – 5.1.4 Winkel A 37. – 5.1.5 Gerade A 37. – 5.1.6 Koordinatentransformationen A 38. – 5.1.7 Kegelschnitte A 38. – 5.1.8 Allgemeine Kegelschnittgleichung A 40.	
5.2 Analytische Geometrie des Raumes . . . . .	A 41
5.2.1 Das kartesische Koordinatensystem A 41. – 5.2.2 Strecke A 42. – 5.2.3 Dreieck und Tetraeder A 42. – 5.2.4 Gerade A 42. – 5.2.5 Ebene A 43. – 5.2.6 Koordinatentransformationen A 44.	

<b>6</b>	<b>Differential- und Integralrechnung</b>	A 44
6.1	Reellwertige Funktionen einer reellen Variablen	A 44
6.1.1	Grundbegriffe A 44. – 6.1.2 Grundfunktionen A 45. – 6.1.3 Einteilung der Funktionen A 46. – 6.1.4 Grenzwert und Stetigkeit A 46. – 6.1.5 Ableitung einer Funktion A 47. – 6.1.6 Differentiale A 48. – 6.1.7 Sätze über differenzierbare Funktionen A 48. – 6.1.8 Monotonie, Konvexität und Extrema von differenzierbaren Funktionen A 49. – 6.1.9 Grenzwertbestimmung durch Differenzieren. Regel von de l'Hospital A 50. – 6.1.10 Das bestimmte Integral A 51. – 6.1.11 Integralfunktion, Stammfunktion und Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung A 51. – 6.1.12 Das unbestimmte Integral A 52. – 6.1.13 Integrationsmethoden A 52. – 6.1.14 Integration rationaler Funktionen A 52. – 6.1.15 Integration von irrationalen algebraischen und transzendenten Funktionen A 53. – 6.1.16 Uneigentliche Integrale A 53. – 6.1.17 Geometrische Anwendungen der Differential- und Integralrechnung A 54. – 6.1.18 Unendliche Funktionenreihen A 54.	
6.2	Reellwertige Funktionen mehrerer reeller Variablen	A 59
6.2.1	Grundbegriffe A 59. – 6.2.2 Grenzwerte und Stetigkeit A 59. – 6.2.3 Partielle Ableitungen A 59. – 6.2.4 Integraldarstellung von Funktionen und Doppelintegrale A 62. – 6.2.5 Flächen- und Raumintegrale A 62.	
<b>7</b>	<b>Kurven und Flächen, Vektoranalysis</b>	A 64
7.1	Kurven in der Ebene	A 64
7.1.1	Grundbegriffe A 64. – 7.1.2 Tangenten und Normalen A 65. – 7.1.3 Bogenlänge A 66. – 7.1.4 Krümmung A 66. – 7.1.5 Einhüllende einer Kurvenschar A 67. – 7.1.6 Spezielle ebene Kurven A 67. – 7.1.7 Kurvenintegrale A 70.	
7.2	Kurven im Raum	A 71
7.2.1	Grundbegriffe A 71. – 7.2.2 Tangente und Bogenlänge A 72. – 7.2.3 Kurvenintegrale A 72.	
7.3	Fläche	A 73
7.3.1	Grundbegriffe A 73. – 7.3.2 Tangentialebene A 73. – 7.3.3 Oberflächenintegrale A 74.	
7.4	Vektoranalysis	A 74
7.4.1	Grundbegriffe A 74. – 7.4.2 Der $\nabla$ (Nabla)-Operator A 75. – 7.4.3 Integralsätze A 75.	
<b>8</b>	<b>Differentialgleichungen</b>	A 76
8.1	Gewöhnliche Differentialgleichungen	A 76
8.1.1	Grundbegriffe A 76. – 8.1.2 Differentialgleichung 1. Ordnung A 76. – 8.1.3 Differentialgleichungen $n$ -ter Ordnung A 78. – 8.1.4 Lineare Differentialgleichungen A 78. – 8.1.5 Lineare Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten A 79. – 8.1.6 Systeme von linearen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten A 80. – 8.1.7 Randwertaufgabe A 82. – 8.1.8 Eigenwertaufgabe A 82.	
8.2	Partielle Differentialgleichungen	A 83
8.2.1	Lineare partielle Differentialgleichungen 2. Ordnung A 83. – 8.2.2 Trennung der Veränderlichen A 83. – 8.2.3 Anfangs- und Randbedingungen A 83.	
<b>9</b>	<b>Auswertung von Beobachtungen und Messungen</b>	A 84
9.1	Kombinatorik	A 84
9.1.1	Permutationen A 84. – 9.1.2 Variationen A 85. – 9.1.3 Kombinationen A 85.	
9.2	Fehlerrechnung	A 85
9.2.1	Fehlerarten A 85. – 9.2.2 Fehlerfortpflanzung bei systematischen Fehlern A 86.	
9.3	Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate	A 86
9.3.1	Grundlagen A 86. – 9.3.2 Ausgleich direkter Messungen gleicher Genauigkeit A 86. – 9.3.3 Fehlerfortpflanzung bei zufälligen Fehlergrößen A 87. – 9.3.4 Ausgleich direkter Messungen ungleicher Genauigkeit A 87.	
9.4	Wahrscheinlichkeitsrechnung	A 88
9.4.1	Definitionen und Rechengesetze der Wahrscheinlichkeit A 88. – 9.4.2 Zufallsvariable und Verteilungsfunktion A 90. – 9.4.3 Parameter der Verteilungsfunktion A 90. – 9.4.4 Einige spezielle Verteilungsfunktionen A 91.	
9.5	Statistik	A 94
9.5.1	Häufigkeitsverteilung A 94. – 9.5.2 Arithmetischer Mittelwert, Varianz und Standardabweichung A 94. – 9.5.3 Regression und Korrelation A 95.	
<b>10</b>	<b>Praktische Mathematik</b>	A 96
10.1	Graphische Darstellung von Funktionen	A 96
10.1.1	Graph einer Funktion A 96. – 10.1.2 Funktionsskalen A 96. – 10.1.3 Funktionskurven in ebenen, rechtwinkligen Koordinatensystemen (Diagramme) A 97.	
10.2	Einführung in die Nomographie	A 98
10.2.1	Nomogramme für zwei Veränderliche A 98. – 10.2.2 Nomogramme für drei Veränderliche A 98. – 10.2.3 Nomogramme für mehr als drei Veränderliche A 100.	
10.3	Numerische Berechnung von Wurzeln nichtlinearer Gleichungen	A 100
10.3.1	Methode der schrittweisen Näherung (Iterationsverfahren) A 101. – 10.3.2 Newtonsches Näherungsverfahren A 101. – 10.3.3 Sekantenverfahren und Regula falsi A 101. – 10.3.4 Konvergenzordnung A 102. – 10.3.5 Probleme der Genauigkeit A 102.	

10.4	Interpolationsverfahren . . . . .	A 102
	10.4.1 Aufgabenstellung. Existenz und Eindeutigkeit der Lösung A 102. – 10.4.2 Ansatz nach Lagrange A 103. – 10.4.3 Ansatz nach Newton A 103. – 10.4.4 Polynomrechnung nach dem Horner-Schema A 104.	
10.5	Auflösung linearer Gleichungen . . . . .	A 104
	10.5.1 Gaußsches Eliminationsverfahren A 104.	
10.6	Integrationsverfahren . . . . .	A 105
	10.6.1 Newton-Cotes-Formeln A 106. – 10.6.2 Graphisches Integrationsverfahren A 107. – 10.6.3 Differenzenoperatoren A 107.	
10.7	Numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungen . . . . .	A 108
	10.7.1 Aufgabenstellung des Anfangswertproblems A 108. – 10.7.2 Das Eulersche Streckenzugverfahren A 109. – 10.7.3 Runge-Kutta-Verfahren A 109.	
10.8	Lineare Optimierung . . . . .	A 109
	10.8.1 Graphisches Verfahren für zwei Variablen A 110. – 10.8.2 Simplexverfahren A 111.	
10.9	Nichtlineare Optimierung . . . . .	A 113
	10.9.1 Problemstellung A 113. – 10.9.2 Einige spezielle Algorithmen A 113.	
11	Anhang A: Diagramme und Tabellen . . . . .	A 115
<b>B Mechanik</b>		
1	Statik starrer Körper . . . . .	B 1
1.1	Allgemeines . . . . .	B 1
1.2	Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften mit gemeinsamem Angriffspunkt B 2	
	1.2.1 Ebene Kräftegruppe B 2. – 1.2.2 Räumliche Kräftegruppe B 2.	
1.3	Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften mit verschiedenen Angriffspunkten B 4	
	1.3.1 Kräfte in der Ebene B 4. – 1.3.2 Kräfte im Raum B 4.	
1.4	Gleichgewicht und Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	B 5
	1.4.1 Kräftesystem im Raum B 5. – 1.4.2 Kräftesystem in der Ebene B 5. – 1.4.3 Prinzip der virtuellen Arbeiten B 6. – 1.4.4 Arten des Gleichgewichts B 6. – 1.4.5 Standsicherheit B 7.	
1.5	Lagerungsarten, Freimachungsprinzip . . . . .	B 7
1.6	Auflagerreaktionen an Körpern . . . . .	B 7
	1.6.1 Körper in der Ebene B 7. – 1.6.2 Körper im Raum B 9.	
1.7	Systeme starrer Körper . . . . .	B 9
1.8	Fachwerke . . . . .	B 10
	1.8.1 Ebene Fachwerke B 10. – 1.8.2 Räumliche Fachwerke B 11.	
1.9	Seile und Ketten . . . . .	B 11
	1.9.1 Seil unter Eigengewicht (Kettelinie) B 12. – 1.9.2 Seil unter konstanter Streckenlast B 12. – 1.9.3 Seil mit Einzellast B 12.	
1.10	Schwerpunkt (Massenmittelpunkt) . . . . .	B 12
1.11	Reibung . . . . .	B 15
	1.11.1 Haft- und Gleitreibung B 15. – 1.11.2 Anwendungen zur Haft- und Gleitreibung B 15. – 1.11.3 Rollwiderstand B 16. – 1.11.4 Widerstand an Seilrollen B 16.	
2	Kinematik . . . . .	B 17
2.1	Bewegung eines Punkts . . . . .	B 17
	2.1.1 Allgemeines B 17. – 2.1.2 Ebene Bewegung B 19. – 2.1.3 Räumliche Bewegung B 20.	
2.2	Bewegung starrer Körper . . . . .	B 20
	2.2.1 Translation (Parallelverschiebung, Schiebung) B 20. – 2.2.2 Rotation (Drehbewegung, Drehung) B 20. – 2.2.3 Allgemeine Bewegung des starren Körpers B 21.	
3	Kinetik . . . . .	B 25
3.1	Energetische Grundbegriffe – Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad . . . . .	B 25
3.2	Kinetik des Massenpunkts und des translatorisch bewegten Körpers . . . . .	B 26
	3.2.1 Dynamisches Grundgesetz von Newton (2. Newtonsches Axiom) B 26. – 3.2.2 Arbeits- und Energiesatz B 26. – 3.2.3 Impulssatz B 27. – 3.2.4 Prinzip von d'Alembert und geführte Bewegungen B 27. – 3.2.5 Impulsmomenten-(Flächen-) und Drehimpulssatz B 27.	
3.3	Kinetik des Massenpunktsystems . . . . .	B 27
	3.3.1 Schwerpunktsatz B 27. – 3.3.2 Arbeits- und Energiesatz B 27. – 3.3.3 Impulssatz B 28. – 3.3.4 Prinzip von d'Alembert und geführte Bewegungen B 28. – 3.3.5 Impulsmomenten- und Drehimpulssatz B 29. – 3.3.6 Lagrangesche Gleichungen B 29. – 3.3.7 Prinzip von Hamilton B 29. – 3.3.8 Systeme mit veränderlicher Masse B 29.	
3.4	Kinetik starrer Körper . . . . .	B 30
	3.4.1 Rotation eines starren Körpers um eine feste Achse B 30. – 3.4.2 Allgemeines über Massenträgheitsmomente B 30. – 3.4.3 Allgemeine ebene Bewegung starrer Körper B 31. – 3.4.4 Allgemeine räumliche Bewegung B 33.	

3.5	Kinetik der Relativbewegung . . . . .	B 34
3.6	Der Stoß . . . . .	B 35
	3.6.1 Gerader zentraler Stoß B 35. – 3.6.2 Schiefer zentraler Stoß B 35. – 3.6.3 Exzentrischer Stoß B 36. – 3.6.4 Drehstoß B 36.	
4	<b>Schwingungslehre</b> . . . . .	B 36
4.1	Systeme mit einem Freiheitsgrad . . . . .	B 36
	4.1.1 Freie ungedämpfte Schwingung B 36. – 4.1.2 Freie gedämpfte Schwingung B 37. – 4.1.3 Ungedämpfte erzwungene Schwingung B 38. – 4.1.4 Gedämpfte erzwungene Schwingung B 38. – 4.1.5 Kritische Drehzahl und Biegeschwingung der einfach besetzten Welle B 39.	
4.2	Systeme mit mehreren Freiheitsgraden (Koppelschwingungen) . . . . .	B 39
	4.2.1 Freie Schwingung mit zwei und mehr Freiheitsgraden B 39. – 4.2.2 Erzwungene Schwingung mit zwei und mehr Freiheitsgraden B 40. – 4.2.3 Berechnung von Eigenfrequenzen ungedämpfter Systeme B 41. – 4.2.4 Schwingungen der Kontinua B 41.	
4.3	Nichtlineare Schwingungen . . . . .	B 42
	4.3.1 Schwinger mit nichtlinearer Federkennlinie oder Rückstellkraft B 42. – 4.3.2 Schwingungen mit periodischen Koeffizienten (rheolinerare Schwingungen ) B 43.	
5	<b>Hydrostatik (Statik der Flüssigkeiten)</b> . . . . .	B 44
6	<b>Hydro- und Aerodynamik (Strömungslehre, Dynamik der Fluide)</b> . . . . .	B 45
6.1	Eindimensionale Strömungen idealer Flüssigkeiten . . . . .	B 46
	6.1.1 Anwendungen der Bernoullischen Gleichung für den stationären Fall B 46. – 6.1.2 Anwendung der Bernoullischen Gleichung für den instationären Fall B 47.	
6.2	Eindimensionale Strömungen zäher Newtonscher Flüssigkeiten (Rohrhydraulik) . . . . .	B 47
	6.2.1 Stationäre laminare Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B 48. – 6.2.2 Stationäre turbulente Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B 48. – 6.2.3 Strömung in Leitungen mit nicht vollkreisförmigen Querschnitten B 49. – 6.2.4 Strömungsverluste durch spezielle Rohrleitungselemente und Einbauten B 49. – 6.2.5 Stationärer Ausfluß aus Behältern B 51. – 6.2.6 Stationäre Strömung durch offene Gerinne B 52. – 6.2.7 Instationäre Strömung zäher Newtonscher Flüssigkeiten B 52. – 6.2.8 Der freie Strahl B 52.	
6.3	Eindimensionale Strömung Nicht-Newtonscher Flüssigkeiten . . . . .	B 52
6.4	Kraftwirkungen strömender inkompressibler Flüssigkeiten . . . . .	B 53
	6.4.1 Impulssatz B 53. – 6.4.2 Anwendungen B 53.	
6.5	Mehrdimensionale Strömung idealer Flüssigkeiten . . . . .	B 54
	6.5.1 Allgemeine Grundgleichungen B 54. – 6.5.2 Potentialströmungen B 55.	
6.6	Mehrdimensionale Strömung zäher Flüssigkeiten . . . . .	B 56
	6.6.1 Bewegungsgleichungen von Navier-Stokes B 56. – 6.6.2 Einige Lösungen für kleine Reynoldssche Zahlen (laminare Strömung) B 57. – 6.6.3 Grenzschichttheorie B 57. – 6.6.4 Strömungswiderstand von Körpern B 58. – 6.6.5 Tragflügel und Schaufeln B 59. – 6.6.6 Schaufeln und Profile im Gitterverband B 61.	
7	<b>Ähnlichkeitsmechanik</b> . . . . .	B 62
7.1	Allgemeines . . . . .	B 62
7.2	Ähnlichkeitsgesetze (Modellgesetze) . . . . .	B 62
	7.2.1 Statische Ähnlichkeit B 62. – 7.2.2 Dynamische Ähnlichkeit B 63. – 7.2.3 Thermische Ähnlichkeit B 63. – 7.2.4 Analyse der Einheiten (Dimensionsanalyse) und $\Pi$ -Theorem B 64.	
<b>C</b>	<b>Festigkeitslehre</b>	
1	<b>Allgemeine Grundlagen</b> . . . . .	C 1
1.1	Spannungen und Verformungen . . . . .	C 1
	1.1.1 Spannungen C 1. – 1.1.2 Verformungen C 3. – 1.1.3 Formänderungsarbeit C 4.	
1.2	Festigkeitsverhalten der Werkstoffe . . . . .	C 4
1.3	Festigkeits-hypothesen und Vergleichsspannungen . . . . .	C 5
	1.3.1 Normalspannungshypothese C 6. – 1.3.2 Schubspannungshypothese C 6. – 1.3.3 Gestaltänderungsenergiehypothese C 6. – 1.3.4 Erweiterte Schubspannungshypothese C 6. – 1.3.5 Anstrengungsverhältnis nach Bach C 6.	
2	<b>Beanspruchung stabförmiger Bauteile</b> . . . . .	C 7
2.1	Zug- und Druckbeanspruchung . . . . .	C 7
	2.1.1 Stäbe mit konstantem Querschnitt und konstanter Längskraft C 7. – 2.1.2 Stäbe mit veränderlicher Längskraft C 7. – 2.1.3 Stäbe mit veränderlichem Querschnitt C 7. – 2.1.4 Stäbe mit Kerben C 7. – 2.1.5 Stäbe unter Temperatureinfluß C 7.	
2.2	Abscherbeanspruchung . . . . .	C 7

2.3	<b>Flächenpressung und Lochleibung</b> . . . . .	C 8
	2.3.1 Ebene Flächen C 8. – 2.3.2 Gewölbte Flächen C 8.	
2.4	<b>Biegebeanspruchung</b> . . . . .	C 8
	2.4.1 Schnittlasten: Normalkraft, Querkraft, Biegemoment C 8. – 2.4.2 Schnittlasten am geraden Träger in der Ebene C 8. – 2.4.3 Schnittlasten an abgewinkelten und gekrümmten ebenen Trägern C 11. – 2.4.4 Schnittlasten an räumlichen Trägern C 12. – 2.4.5 Biegespannungen in geraden Balken C 12. – 2.4.6 Schubspannungen und Schubmittelpunkt am geraden Träger C 16. – 2.4.7 Biegespannungen in stark gekrümmten Trägern C 18. – 2.4.8 Durchbiegung von Trägern C 19. – 2.4.9 Formänderungsarbeit bei Biegung und Energiemethoden zur Berechnung von Einzeldurchbiegungen C 25.	
2.5	<b>Torsionsbeanspruchung</b> . . . . .	C 26
	2.5.1 Stäbe mit Kreisquerschnitt und konstantem Durchmesser C 26. – 2.5.2 Stäbe mit Kreisquerschnitt und veränderlichem Durchmesser C 27. – 2.5.3 Dünwandige Hohlquerschnitte (Bredtsche Formeln) C 27. – 2.5.4 Stäbe mit beliebigem Querschnitt C 27. – 2.5.5 Wölbkrafttorsion C 29.	
2.6	<b>Zusammengesetzte Beanspruchung</b> . . . . .	C 30
	2.6.1 Biegung und Längskraft C 30. – 2.6.2 Biegung und Schub C 30. – 2.6.3 Biegung und Torsion C 30. – 2.6.4 Längskraft und Torsion C 31. – 2.6.5 Schub und Torsion C 31. – 2.6.6 Biegung mit Längskraft sowie Schub und Torsion C 31.	
2.7	<b>Statisch unbestimmte Systeme</b> . . . . .	C 31
<b>3</b>	<b>Elastizitätstheorie</b> . . . . .	C 34
3.1	Allgemeines . . . . .	C 34
3.2	Der rotationssymmetrische Spannungszustand . . . . .	C 34
3.3	Der ebene Spannungszustand . . . . .	C 35
<b>4</b>	<b>Beanspruchung bei Berührung zweier Körper (Hertzsche Formeln)</b> . . . . .	C 36
4.1	Kugel . . . . .	C 36
4.2	Zylinder . . . . .	C 36
4.3	Beliebig gewölbte Fläche . . . . .	C 36
<b>5</b>	<b>Flächentragwerke</b> . . . . .	C 37
5.1	<b>Platten</b> . . . . .	C 37
	5.1.1 Rechteckplatten C 37. – 5.1.2 Kreisplatten C 37. – 5.1.3 Elliptische Platten C 38. – 5.1.4 Gleichseitige Dreieckplatte C 38. – 5.1.5 Temperaturspannungen in Platten C 38.	
5.2	<b>Scheiben</b> . . . . .	C 38
	5.2.1 Volle Kreisscheibe C 38. – 5.2.2 Ringförmige Scheibe C 38. – 5.2.3 Unendlich ausgedehnte Scheibe mit Bohrung C 38. – 5.2.4 Keilförmige Scheibe unter Einzelkräften C 38.	
5.3	<b>Schalen</b> . . . . .	C 39
	5.3.1 Biegeschlaffe Rotationsschalen und Membrantheorie für Innendruck C 39. – 5.3.2 Biegesteife Schalen C 39.	
<b>6</b>	<b>Dynamische Beanspruchung umlaufender Bauteile durch Fliehkräfte</b> . . . . .	C 40
6.1	Umlaufender Stab . . . . .	C 40
6.2	Umlaufender dünnwandiger Ring oder Hohlzylinder . . . . .	C 40
6.3	Umlaufende Scheiben . . . . .	C 41
	6.3.1 Vollscheibe konstanter Dicke C 41. – 6.3.2 Ringförmige Scheibe konstanter Dicke C 41. – 6.3.3 Scheiben gleicher Festigkeit C 41. – 6.3.4 Scheiben veränderlicher Dicke C 41. – 6.3.5 Umlaufender dickwandiger Hohlzylinder C 41.	
<b>7</b>	<b>Stabilitätsprobleme</b> . . . . .	C 41
7.1	<b>Knickung</b> . . . . .	C 41
	7.1.1 Knicken im elastischen (Euler-)Bereich C 42. – 7.1.2 Knicken im unelastischen (Tetmajer-)Bereich C 42. – 7.1.3 Das $\omega$ -Verfahren C 43. – 7.1.4 Näherungsverfahren zur Knicklastberechnung C 43. – 7.1.5 Stäbe bei Änderung des Querschnitts bzw. der Längskraft C 43. – 7.1.6 Knicken von Ringen, Rahmen und Stabsystemen C 44. – 7.1.7 Biegedrillknicken C 44.	
7.2	<b>Kippung</b> . . . . .	C 44
	7.2.1 Träger mit Rechteckquerschnitt C 44. – 7.2.2 Träger mit I-Querschnitt C 44.	
7.3	<b>Beulung</b> . . . . .	C 45
	7.3.1 Beulen von Platten C 45. – 7.3.2 Beulen von Schalen C 46. – 7.3.3 Beulspannungen im unelastischen (plastischen) Bereich C 46.	
<b>8</b>	<b>Methode der Finiten Elemente</b> . . . . .	C 47
<b>9</b>	<b>Plastizitätstheorie</b> . . . . .	C 48
9.1	Allgemeines . . . . .	C 48

9.2	Anwendungen . . . . .	C49
9.2.1	Biegung des Rechteckbalkens C49. – 9.2.2 Räumlicher und ebener Spannungszustand C49.	
<b>10</b>	<b>Anhang C: Diagramme und Tabellen . . . . .</b>	<b>C51</b>
<b>D</b>	<b>Thermodynamik</b>	
<b>1</b>	<b>Thermodynamische Systeme . . . . .</b>	<b>D1</b>
<b>2</b>	<b>Die Hauptsätze . . . . .</b>	<b>D1</b>
<b>3</b>	<b>Thermische Zustandsgrößen . . . . .</b>	<b>D1</b>
3.1	Temperatur . . . . .	D1
3.1.1	Temperaturskalen D1. – 3.1.2 Wärmedehnung D2.	
3.2	Druck . . . . .	D2
3.3	Volumen . . . . .	D2
<b>4</b>	<b>Wärme und Arbeit . . . . .</b>	<b>D2</b>
4.1	Wärmekapazität . . . . .	D2
4.2	Latente Wärme . . . . .	D3
4.3	Mischungstemperatur . . . . .	D3
4.4	Äußere Arbeit . . . . .	D3
4.5	Technische Arbeit . . . . .	D4
4.6	Exergie . . . . .	D4
<b>5</b>	<b>Reversible und irreversible Prozesse . . . . .</b>	<b>D4</b>
<b>6</b>	<b>Der 2. Hauptsatz . . . . .</b>	<b>D4</b>
<b>7</b>	<b>Kalorische Zustandsgrößen . . . . .</b>	<b>D5</b>
7.1	Innere Energie . . . . .	D5
7.2	Enthalpie . . . . .	D5
7.3	Entropie . . . . .	D5
<b>8</b>	<b>Zustand und Zustandsänderungen . . . . .</b>	<b>D5</b>
8.1	Zustandsgleichungen des idealen Gases . . . . .	D5
8.1.1	Thermische Zustandsgleichung D5. – 8.1.2 Kalorische Zustandsgleichung D6.	
8.2	Zustandsdiagramme . . . . .	D6
8.3	Zustandsänderungen des idealen Gases . . . . .	D6
8.3.1	Theoretische Zustandsänderungen D7. – 8.3.2 Polytrope Zustandsänderungen D7. – 8.3.3 Drosselung D8.	
8.4	Kreisprozesse . . . . .	D8
8.4.1	Carnot-Prozeß D9. – 8.4.2 Otto-Prozeß D9. – 8.4.3 Diesel-Prozeß D9. – 8.4.4 Seiliger-Prozeß D9. – 8.4.5 Ericsson-Prozeß D9. – 8.4.6 Ackeret-Keller-Prozeß D9. – 8.4.7 Joule-Prozeß D9.	
<b>9</b>	<b>Dämpfe . . . . .</b>	<b>D10</b>
9.1	Dampferzeugung . . . . .	D10
9.2	Zustandsgrößen der Dämpfe . . . . .	D10
9.3	Zustandsgleichungen der Dämpfe . . . . .	D10
9.4	Zustandsdiagramme der Dämpfe . . . . .	D10
<b>10</b>	<b>Schmelzen, Sublimieren . . . . .</b>	<b>D13</b>
<b>11</b>	<b>Gasgemische . . . . .</b>	<b>D13</b>
11.1	Gesetz von Dalton . . . . .	D13
11.2	Zustandsgleichungen für Gemische aus idealen Gasen . . . . .	D13
11.3	Gas-Dampf-Gemische . . . . .	D13
11.4	Feuchte Luft . . . . .	D13
11.4.1	Mollier-Diagramm für feuchte Luft D14. – 11.4.2 Zustandsänderungen von feuchter Luft D14.	

<b>12</b>	<b>Wärmeübertragung</b>	D 15
12.1	Wärmeleitung	D 15
	12.1.1 Stationäre Wärmeleitung durch eine ebene Wand D 16. – 12.1.2 Stationäre Wärmeleitung durch eine zylindrische Wand D 16. – 12.1.3 Stationäre Wärmeleitung durch eine Hohlkugelwand D 16.	
12.2	Konvektion und Wärmeübergang	D 16
	12.2.1 Wärmeübergang ohne Änderung des Aggregatzustands D 17. – 12.2.2 Wärmeübergang beim Kondensieren und Verdampfen D 18.	
12.3	Strahlung	D 19
	12.3.1 Gesetz von Stefan-Boltzmann D 19. – 12.3.2 Gesetz von Kirchhoff D 19. – 12.3.3 Gesetz von Lambert D 19. – 12.3.4 Wärmeaustausch durch Strahlung D 19. – 12.3.5 Gasstrahlung D 20.	
12.4	Wärmedurchgang	D 20
<b>13</b>	<b>Wärmequellen und Wärmeerzeugung</b>	D 20
13.1	Wärmequellen	D 20
13.2	Wärmeerzeugung durch Verbrennung von Brennstoffen	D 21
	13.2.1 Brennstoffe D 21. – 13.2.2 Heizwert D 22. – 13.2.3 Verbrennung D 22. – 13.2.4 Verbrennungstemperatur D 23.	
<b>14</b>	<b>Strömung von Gasen</b>	D 23
<b>15</b>	<b>Anhang D: Diagramme und Tabellen</b>	D 25
<b>E</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen der Werkstoff- und Bauteileigenschaften</b>	E 1
1.1	Belastungs- und Beanspruchungsfälle	E 1
	1.1.1 Grundlastfälle E 2. – 1.1.2. Belastungsfälle an kräftegebundenen Oberflächen E 2. – 1.1.3 Belastungszustände durch Eigenspannungen E 2.	
1.2	Versagensursachen	E 3
	1.2.1 Versagensarten durch mechanische Beanspruchungen E 3. – 1.2.2 Festigkeitshypothesen E 4. – 1.2.3 Versagensarten unter komplexen Beanspruchungen E 5.	
1.3	Werkstoffkennwerte für die Konstruktion	E 6
	1.3.1 Statische Beanspruchungen E 6. – 1.3.2 Schwingbeanspruchungen E 7. – 1.3.3 Zähigkeits- und Bruchzähigkeits-Kennwerte E 8.	
1.4	Einfluß des Werkstoffaufbaus, der Fertigungsverfahren und der Umgebungseinflüsse auf das Festigkeits-Zähigkeits-Verhalten	E 9
	1.4.1 Metallurgische Einflüsse E 9. – 1.4.2 Technologische Einflüsse E 10. – 1.4.3 Oberflächeneinfluß E 10. – 1.4.4 Umgebungseinflüsse E 11.	
1.5	Festigkeitseigenschaften und konstruktive Gestaltung	E 12
	1.5.1 Gestalteinfluß auf statische Festigkeitseigenschaften E 12. – 1.5.2 Gestalteinfluß auf Schwingfestigkeitseigenschaften E 13.	
1.6	Tragfähigkeit von Bauteilen	E 14
	1.6.1 Statische Belastung E 14. – 1.6.2 Bauteil-Tragfähigkeit unter Einstufen-Schwingbelastung E 14. – 1.6.3 Bauteil-Tragfähigkeit unter zufallsbedingten Last-Zeit-Funktionen (Betriebsfestigkeit) E 15. – 1.6.4 Bauteil-Tragfähigkeit unter Zeitstandsbeanspruchung E 16. – 1.6.5 Anhaltswerte für Sicherheiten E 17.	
<b>2</b>	<b>Werkstoffprüfung</b>	E 19
2.1	Grundlagen	E 19
	2.1.1 Probenentnahme E 19. – 2.1.2 Versuchsauswertung E 20.	
2.2	Prüfverfahren	E 21
	2.2.1 Zugversuch E 21. – 2.2.2 Druckversuch E 22. – 2.2.3 Biegeversuch E 23. – 2.2.4 Härteprüfverfahren E 23. – 2.2.5 Kerbschlag-Biegeversuch E 24. – 2.2.6 Bruchmechanische Prüfungen E 25. – 2.2.7 Chemische und physikalische Analysemethoden E 25. – 2.2.8 Metallographische Untersuchungen E 26. – 2.2.9 Technologische Prüfungen E 27. – 2.2.10 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung E 27. – 2.2.11 Dauerversuche E 28.	
<b>3</b>	<b>Eigenschaften und Verwendung der Werkstoffe</b>	E 29
3.1	Eisenwerkstoffe	E 29
	3.1.1 Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff E 29. – 3.1.2 Stahlerzeugung E 29. – 3.1.3 Wärmebehandlung des Stahls E 31. – 3.1.4 Stähle E 35. – 3.1.5 Gußeisen E 44.	
3.2	Nichteisenmetalle	E 45
	3.2.1 Kupfer und seine Legierungen E 45. – 3.2.2 Aluminium und seine Legierungen E 47. – 3.2.3 Magnesium-Legierungen E 49. – 3.2.4 Titan-Legierungen E 49. – 3.2.5 Nickel und seine Legierungen E 49. – 3.2.6 Zink und seine Legierungen E 50. – 3.2.7 Blei E 50. – 3.2.8 Zinn E 50. – 3.2.9 Überzüge auf Metallen E 50.	
3.3	Nichtmetallische Werkstoffe	E 51
	3.3.1 Keramische Werkstoffe E 51. – 3.3.2 Beton E 52. – 3.3.3 Glas E 53. – 3.3.4 Holz E 53. – 3.3.5 Kunststoffe E 54.	

3.4	Schmierstoffe	E 58
3.4.1	Flüssige Schmierstoffe E 58. – 3.4.2 Schmierfette E 60. – 3.4.3 Festschmierstoffe E 61.	
3.5	Werkstoffauswahl	E 61
3.5.1	Grundsystem der Werkstoffauswahl E 62. – 3.5.2 Werkstoffauswahl komplex beanspruchter Bauteile E 62.	
4	<b>Anhang E: Diagramme und Tabellen</b>	E 63
<b>F</b>	<b>Grundlagen der Konstruktionstechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen technischer Systeme</b>	F 1
1.1	Energie-, Stoff- und Signalumsatz	F 1
1.2	Funktionszusammenhang	F 2
1.3	Wirkzusammenhang	F 3
1.3.1	Physikalische Effekte F 3. – 1.3.2 Geometrische und stoffliche Merkmale F 3.	
1.4	Bauzusammenhang	F 3
1.5	Systemzusammenhang	F 3
1.6	Generelle Zielsetzung und Bedingungen	F 3
<b>2</b>	<b>Grundlagen methodischen Vorgehens</b>	F 5
2.1	Allgemeine Arbeitsmethodik	F 5
2.2	Allgemeiner Lösungsprozeß	F 5
2.3	Abstrahieren zum Erkennen der Funktionen	F 5
2.4	Suche nach Lösungsprinzipien	F 5
2.4.1	Allgemein anwendbare Methoden F 5. – 2.4.2 Intuitiv betonte Methoden F 6. – 2.4.3 Diskursiv betonte Methoden F 6.	
2.5	Beurteilen von Lösungen	F 7
2.5.1	Auswahlverfahren F 7. – 2.5.2 Bewertungsverfahren F 8. – 2.5.3 Ermitteln der Herstellkosten F 9. – 2.5.4 Kostenfrüherkennung F 9. – 2.5.5 Wertanalyse F 10.	
<b>3</b>	<b>Konstruktionsprozeß</b>	F 11
3.1	Klären der Aufgabenstellung	F 11
3.1.1	Anforderungsliste F 11. – 3.1.2 Aufstellen der Anforderungen F 11.	
3.2	Konzipieren	F 12
3.3	Entwerfen	F 12
3.4	Ausarbeiten	F 14
3.5	Konstruktionsarten	F 14
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Gestaltung</b>	F 14
4.1	Grundregeln	F 14
4.2	Gestaltungsprinzipien	F 14
4.2.1	Prinzip der Aufgabenteilung F 15. – 4.2.2 Prinzip der Selbsthilfe F 15. – 4.2.3 Prinzipien der Kraft- und Energieleitung F 15. – 4.2.4 Prinzipien der Sicherheitstechnik F 17.	
4.3	Gestaltungsrichtlinien	F 17
4.3.1	Beanspruchungsgerecht F 17. – 4.3.2 Formänderungsgerecht F 18. – 4.3.3 Stabilitäts- und resonanzgerecht F 18. – 4.3.4 Ausdehnungsgerecht F 18. – 4.3.5 Korrosionsgerecht F 18. – 4.3.6 Verschleißgerecht F 19. – 4.3.7 Arbeitssicherheits- und ergonomiegerecht F 19. – 4.3.8 Formgebungsgerecht F 20. – 4.3.9 Fertigungs- und kontrollgerecht F 20. – 4.3.10 Montagegerecht F 20. – 4.3.11 Gebrauchs- und instandhaltungsgerecht F 21. – 4.3.12 Recyclinggerecht F 21.	
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Baureihen- und Baukastenentwicklung</b>	F 21
5.1	Ähnlichkeitsbeziehungen	F 21
5.2	Dezimalgeometrische Normzahlreihen	F 21
5.2.1	Eigenschaften der dezimalgeometrischen Reihe F 22. – 5.2.2 Wahl der Größenstufung F 22. – 5.2.3 Darstellung im Normzahldiagramm F 23.	
5.3	Geometrisch ähnliche Baureihe	F 23
5.4	Halbähnliche Baureihen	F 24
5.5	Anwenden von Exponentengleichungen	F 24
5.6	Baukasten	F 24
<b>6</b>	<b>Grundlagen des Normen- und Zeichnungswesens</b>	F 25
6.1	Normenwerk	F 25
6.1.1	Überbetriebliche Normen F 25. – 6.1.2 Innerbetriebliche Normen F 25. – 6.1.3 Normenanwendung F 26.	

6.2	<b>Grundnormen</b> . . . . .	F 26
	6.2.1 Technische Oberflächen F 26. – 6.2.2 Toleranzen und Passungen F 26.	
6.3	<b>Zeichnungen und Stücklisten</b> . . . . .	F 30
	6.3.1 Zeichnungsarten F 30. – 6.3.2 Formate, Linien und Schrift F 30. – 6.3.3 Darstellung und Bemaßung F 30. – 6.3.4 Stücklisten F 30.	
6.4	<b>Sachnummernsysteme</b> . . . . .	F 32
<b>G</b>	<b>Konstruktionselemente</b>	
<b>1</b>	<b>Bauteilverbindungen</b> . . . . .	G 1
1.1	<b>Schweißen</b> . . . . .	G 1
	1.1.1 Schweißverfahren G 1. – 1.1.2 Schweißbarkeit der Werkstoffe G 6. – 1.1.3 Stoß- und Nahtarten G 10. – 1.1.4 Darstellung der Schweißnähte G 12. – 1.1.5 Berechnung von Schweißverbindungen G 12. – 1.1.6 Thermisches Abtragen G 19.	
1.2	<b>Löten</b> . . . . .	G 20
	1.2.1 Vorgang G 20. – 1.2.2 Weichlöten G 20. – 1.2.3 Hartlöten und Schweißlöten (Fugenlöten) G 21.	
1.3	<b>Kleben</b> . . . . .	G 21
	1.3.1 Anwendung und Vorgang G 21. – 1.3.2 Klebstoffe G 22. – 1.3.3 Tragfähigkeit G 23.	
1.4	<b>Reibschlußverbindungen</b> . . . . .	G 24
	1.4.1 Formen, Anwendungen G 24. – 1.4.2 Klemmverbindungen G 24.	
1.5	<b>Formschlußverbindungen</b> . . . . .	G 25
	1.5.1 Keilverbindungen G 25. – 1.5.2 Bolzen G 26. – 1.5.3 Stifte G 27.	
1.6	<b>Nietverbindungen</b> . . . . .	G 27
	1.6.1 Beanspruchungen G 27. – 1.6.2 Nieten im Kesselbau G 29. – 1.6.3 Nietungen im Stahlbau G 29. – 1.6.4 Nietungen im Leichtmetallbau G 30.	
1.7	<b>Schrauben und Schraubenverbindungen</b> . . . . .	G 31
	1.7.1 Kennzeichen der Schraubenbewegung G 31. – 1.7.2 Gewindearten G 31. – 1.7.3 Schrauben- und Mutterwerkstoffe G 32. – 1.7.4 Kräfte und Verformungen beim Anziehen von Schraubenverbindungen G 32. – 1.7.5 Beanspruchung in einer vorgespannten und belasteten Schraubenverbindung G 35. – 1.7.6 Auslegung und Dauerfestigkeitsberechnung von Schraubenverbindungen G 36. – 1.7.7 Schrauben- und Mutterarten G 38. – 1.7.8 Sicherung von Schraubenverbindungen G 39. – 1.7.9 Allgemeine Gestaltungshinweise G 40.	
1.8	<b>Verbindungsauswahl</b> . . . . .	G 42
	1.8.1 Systematik fester Verbindungen G 42. – 1.8.2 Auswahlmerkmale G 45.	
<b>2</b>	<b>Federnde Verbindungen (Federn)</b> . . . . .	G 46
2.1	<b>Eigenschaften, Kenngrößen, Aufgaben</b> . . . . .	G 46
	2.1.1 Begriffsbestimmungen G 46. – 2.1.2 Federkennlinie, Federsteifigkeit, Federnachgiebigkeit G 46. – 2.1.3 Arbeitsaufnahmefähigkeit, Nutzungsgrad, Dämpfungsvermögen, Dämpfungsfaktor G 46. – 2.1.4 Charakteristische Aufgaben federnder Verbindungen G 47.	
2.2	<b>Metallfedern</b> . . . . .	G 47
	2.2.1 Zug/Druck-beanspruchte Zug- oder Druckfedern, Ringfedern G 47. – 2.2.2 Einfache und geschichtete Blattfedern (gerade, biegebeanspruchte Federn) G 47. – 2.2.3 Spiralfedern (eben gewundene, biegebeanspruchte Federn) und Schenkelfedern (biegebeanspruchte Schraubendrehfedern) G 50. – 2.2.4 Tellerfedern (scheibenförmige, biegebeanspruchte Federn) G 50. – 2.2.5 Drehstabfedern (gerade, drehbeanspruchte Federn) G 51. – 2.2.6 Zylindrische Schraubenzugfedern und Schraubendruckfedern G 52.	
2.3	<b>Gummifedern</b> . . . . .	G 54
	2.3.1 Der Werkstoff „Gummi“ und seine Eigenschaften G 54. – 2.3.2 Aufbau von Gummifeder-elementen G 55.	
2.4	<b>Gasfedern</b> . . . . .	G 57
<b>3</b>	<b>Achsen und Wellen</b> . . . . .	G 59
3.1	<b>Auslegung von Achsen und Wellen</b> . . . . .	G 59
	3.1.1 Allgemeines G 59. – 3.1.2 Gestaltungs- und Auslegungsgesichtspunkte G 59. – 3.1.3 Bemessung G 59.	
3.2	<b>Wellen-Naben-Verbindung</b> . . . . .	G 60
	3.2.1 Überblick und wichtigste Eigenschaften G 60. – 3.2.2 Bemessung formschlüssiger Verbindungen G 61. – 3.2.3 Bemessung reibschlüssiger Verbindungen G 62. – 3.2.4 Axiale Sicherungselemente G 63.	
<b>4</b>	<b>Kupplungen und Bremsen</b> . . . . .	G 64
4.1	<b>Überblick, Aufgaben</b> . . . . .	G 64
4.2	<b>Drehstarre, nicht schaltbare Kupplungen</b> . . . . .	G 65
	4.2.1 Feste Kupplungen G 65. – 4.2.2 Drehstarre Ausgleich-Kupplungen G 66.	
4.3	<b>Elastische, nicht schaltbare Kupplungen</b> . . . . .	G 66
	4.3.1 Feder- und Dämpfungsverhalten G 66. – 4.3.2 Schwingungsverhalten, Auslegungsgesichtspunkte G 67. – 4.3.3 Auswahlgesichtspunkte G 67. – 4.3.4 Bauformen G 67.	

4.4	<b>Fremdgeschaltete Kupplungen</b> . . . . .	G 68
	4.4.1 Formschlüssige Schaltkupplungen G 68. – 4.4.2 Der Schaltvorgang bei reibschlüssigen Schaltkupplungen G 68. – 4.4.3 Auslegung einer reibschlüssigen Schaltkupplung G 69. – 4.4.4 Bauarten reibschlüssiger Schaltkupplungen G 69. – 4.4.5 Auswahlkriterien G 70. – 4.4.6 Bremsen G 70.	
4.5	<b>Selbsttätig schaltende Kupplungen</b> . . . . .	G 70
	4.5.1 Drehmomentgeschaltete Kupplungen G 70. – 4.5.2 Drehzahlgeschaltete Kupplungen G 70. – 4.5.3 Richtungsgeschaltete Kupplungen (Freiläufe) G 71.	
<b>5</b>	<b>Wälzlagerungen</b> . . . . .	G 72
5.1	<b>Grundlagen</b> . . . . .	G 72
	5.1.1 Beanspruchung einer Wälzpaarung G 72. – 5.1.2 Kraftverteilung und Tragzahl G 73. – 5.1.3 Baumaße, Benennungen und Kennzeichen genormter Wälzlager G 73. – 5.1.4 Toleranzen und Lagerluft G 74.	
5.2	<b>Wälzlager-Bauformen</b> . . . . .	G 74
	5.2.1 Kugellager G 74. – 5.2.2 Rollenlager G 74. – 5.2.3 Längsführungen G 75. – 5.2.4 Werkstoffe G 75.	
5.3	<b>Tragfähigkeit, Lebensdauer, Gebrauchsdauer</b> . . . . .	G 75
	5.3.1 Statische Tragfähigkeit G 76. – 5.3.2 Dynamische Tragfähigkeit bei konstanter Belastung und Drehzahl G 76. – 5.3.3 Dynamische Tragfähigkeit bei veränderlicher Belastung und Drehzahl G 77. – 5.3.4 Gebrauchsdauer und Verschleiß G 78. – 5.3.5 Wahl der Lebensdauer G 78. – 5.3.6 Grenzdrehzahlen G 78.	
5.4	<b>Schmierung der Wälzlager</b> . . . . .	G 79
	5.4.1 Wahl des Schmierverfahrens G 79. – 5.4.2 Ölauswahl G 80. – 5.4.3 Fettauswahl G 80.	
5.5	<b>Reibung und Erwärmung</b> . . . . .	G 81
5.6	<b>Gestaltung von Wälzlagerungen</b> . . . . .	G 82
	5.6.1 Lagereinbau und Lageranordnung G 82. – 5.6.2 Passungen G 82. – 5.6.3 Dichtungen G 82. – 5.6.4 Einfluß der Konstruktion auf die Lebensdauer G 83.	
<b>6</b>	<b>Gleitlagerungen</b> . . . . .	G 84
6.1	<b>Grundlagen der Gleitlagerauslegung</b> . . . . .	G 84
	6.1.1 Hydrodynamischer Tragvorgang G 84. – 6.1.2 Reibungszustände im Gleitlager G 84.	
6.2	<b>Berechnung stationärer Radialgleitlager</b> . . . . .	G 84
	6.2.1 Verschleißsicherheit G 84. – 6.2.2 Berechnung der Lagertemperatur G 85. – 6.2.3 Erforderlicher Ölbedarf G 86. – 6.2.4 Das relative Lagerspiel G 87.	
6.3	<b>Berechnung instationärer Radialgleitlager</b> . . . . .	G 87
6.4	<b>Berechnung von Axialgleitlagern</b> . . . . .	G 87
6.5	<b>Konstruktive Gestaltung</b> . . . . .	G 89
	6.5.1 Einfluß der Konstruktion auf die Gleitraumgestalt G 89. – 6.5.2 Schmierstoffversorgung G 89. – 6.5.3 Lagerkühlung G 90. – 6.5.4 Lagerwerkstoffe G 90. – 6.5.5 Ausführung der Lagerschalen G 91. – 6.5.6 Besondere Lagerwerkstoffe G 91.	
6.6	<b>Mehrgleitflächenlager</b> . . . . .	G 91
6.7	<b>Dichtungen</b> . . . . .	G 92
6.8	<b>Trockenlauflager</b> . . . . .	G 92
6.9	<b>Hydrostatische Anfahrhilfe</b> . . . . .	G 92
6.10	<b>Hydrostatische Lager</b> . . . . .	G 92
	6.10.1 Radiallager G 92. – 6.10.2 Axiallager G 93.	
<b>7</b>	<b>Zugmittelgetriebe</b> . . . . .	G 95
7.1	<b>Zweck und Bauarten</b> . . . . .	G 95
7.2	<b>Flachriemengetriebe</b> . . . . .	G 95
	7.2.1 Kräfte am Flachriemengetriebe G 95. – 7.2.2 Beanspruchungen G 96. – 7.2.3 Geometrische Beziehungen G 96. – 7.2.4 Kinematik, Leistung, Wirkungsgrad G 97. – 7.2.5 Riemenlauf und Vorspannung G 97. – 7.2.6 Riemenwerkstoffe G 98. – 7.2.7 Bemessungsrichtlinien G 99.	
7.3	<b>Keilriemen</b> . . . . .	G 100
	7.3.1 Anwendung und Eigenschaften G 100. – 7.3.2 Typen und Bauarten von Keilriemen G 100. – 7.3.3 Bemessungsrichtlinien G 101.	
7.4	<b>Zahnriemen</b> . . . . .	G 101
	7.4.1 Aufbau, Eigenschaften, Anwendung G 101. – 7.4.2 Konstruktive Hinweise G 102. – 7.4.3 Bemessungsrichtlinien G 102.	
7.5	<b>Kettengetriebe</b> . . . . .	G 102
	7.5.1 Bauarten, Eigenschaften, Anwendung G 102. – 7.5.2 Konstruktive Hinweise G 102. – 7.5.3 Bemessungsrichtlinien G 103.	
<b>8</b>	<b>Reibradgetriebe</b> . . . . .	G 103
8.1	<b>Reibradgetriebe mit annähernd konstanter Übersetzung</b> . . . . .	G 103
	8.1.1 Wirkungsweise G 103. – 8.1.2 Hinweise für Konstruktion und Anwendung G 104.	

8.2	Stufenlos einstellbare Wälzgetriebe . . . . .	G 104
	8.2.1 Definition und Anwendung G 104. – 8.2.2 Bauarten G 104. – 8.2.3 Abtriebskennlinie G 105. – 8.2.4 Übersetzung $i$ und Stellverhältnis $\varphi$ G 105. – 8.2.5 Bohrreibung G 106. – 8.2.6 Schlupf G 106. – 8.2.7 Übertragbare Leistung und Wirkungsgrad G 107. – 8.2.8 Hinweise für Konstruktion und Anwendung G 107.	
<b>9</b>	<b>Zahnradgetriebe . . . . .</b>	<b>G 108</b>
9.1	Stirnräder – Verzahnungsgeometrie . . . . .	G 109
	9.1.1 Verzahnungsgesetz G 109. – 9.1.2 Übersetzung, Zähnezahsverhältnis, Momentenverhältnis G 109. – 9.1.3 Konstruktion von Eingriffslinie und Gegenflanke G 109. – 9.1.4 Flankenlinien und Formen der Verzahnung G 110. – 9.1.5 Allgemeine Verzahnungsgrößen G 110. – 9.1.6 Gleit- und Wälzbewegung G 111. – 9.1.7 Evolventenverzahnung G 111. – 9.1.8 Sonstige Verzahnungen (außer Evolventen) und ungleichmäßig übersetzende Zahnräder G 115.	
9.2	Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Flankenspiel . . . . .	G 116
9.3	Schmierung und Kühlung . . . . .	G 116
9.4	Werkstoffe und Wärmebehandlung – Verzahnungsherstellung . . . . .	G 118
9.5	Tragfähigkeit von Gerad- und Schrägstirnrädern . . . . .	G 119
	9.5.1 Zahnschäden und Abhilfen G 119. – 9.5.2 Pflichtenheft G 120. – 9.5.3 Anhaltswerte für die Dimensionierung G 120. – 9.5.4 Nachrechnung der Tragfähigkeit G 121.	
9.6	Kegelräder . . . . .	G 126
	9.6.1 Geradzahn-Kegelräder G 126. – 9.6.2 Kegelräder mit Schräg- oder Bogenverzahnung G 127. – 9.6.3 Sondergetriebe G 127. – 9.6.4 Lagerkräfte G 128. – 9.6.5 Hinweise zur Konstruktion von Kegelrädern G 128.	
9.7	Stirnschraubräder . . . . .	G 128
9.8	Schneckengetriebe . . . . .	G 128
	9.8.1 Zylinderschnecken-Geometrie G 128. – 9.8.2 Zahnkräfte, Lagerkräfte G 129. – 9.8.3 Wirkungsgrad G 129. – 9.8.4 Auslegung und Nachrechnung der Tragfähigkeit G 130. – 9.8.5 Gestaltung, Werkstoffe, Lagerung, Genauigkeit, Schmierung, Montage G 131.	
9.9	Umlaufgetriebe . . . . .	G 132
	9.9.1 Kinematische Grundlagen, Bezeichnungen G 132. – 9.9.2 Vorzeichenregeln G 132. – 9.9.3 Drehmomente, Leistungen, Wirkungsgrade G 133. – 9.9.4 Konstruktive Hinweise G 133. – 9.9.5 Auslegung einfacher Planetengetriebe G 134. – 9.9.6 Zusammengesetzte Planetengetriebe G 134.	
9.10	Gestaltung der Zahnradgetriebe . . . . .	G 137
	9.10.1 Bauarten G 137. – 9.10.2 Anschluß an Motor und Arbeitsmaschine G 138. – 9.10.3 Gestalten und Bemaßen der Zahnräder G 138. – 9.10.4 Gestalten der Gehäuse G 138. – 9.10.5 Lagerung G 141.	
<b>10</b>	<b>Kurbeltrieb . . . . .</b>	<b>G 142</b>
10.1	Kinematik . . . . .	G 143
	10.1.1 Kolbenweg G 143. – 10.1.2 Kolbengeschwindigkeit G 143. – 10.1.3 Kolbenbeschleunigung G 143.	
10.2	Dynamik . . . . .	G 144
	10.2.1 Stoffkräfte G 144. – 10.2.2 Massenkräfte G 144. – 10.2.3 Gesamtkräfte G 145. – 10.2.4 Kräfte in den Triebwerkteilen G 146.	
10.3	Elemente des Kurbeltriebs . . . . .	G 146
	10.3.1 Kurbelwellen G 146. – 10.3.2 Schubstangen G 147. – 10.3.3 Kolben G 148.	
<b>11</b>	<b>Elemente zur Führung flüssiger und gasförmiger Fluide . . . . .</b>	<b>G 149</b>
11.1	Berechnung von Rohrleitungen . . . . .	G 149
	11.1.1 Innerer Rohrdurchmesser G 149. – 11.1.2 Strömungsverluste G 149. – 11.1.3 Rohrwanddicke G 150. – 11.1.4 Thermische Dehnung G 150. – 11.1.5 Rohrverbindungen G 150. – 11.1.6 Rohrkräfte G 150. – 11.1.7 Stützweite G 151.	
11.2	Gestaltung von Rohrnetzen . . . . .	G 151
	11.2.1 Rohrarten, Normen, Werkstoffe G 151. – 11.2.2 Rohrverbindungen G 152. – 11.2.3 Dehnungsausgleicher G 154. – 11.2.4 Rohrhalterungen G 155. – 11.2.5 Schutz der Rohrleitung G 155.	
11.3	Absperr- und Regelorgane . . . . .	G 155
	11.3.1 Allgemeines G 155. – 11.3.2 Ventile G 157. – 11.3.3 Schieber G 158. – 11.3.4 Hähne (Drehschieber) G 159. – 11.3.5 Klappen G 160.	
11.4	Dichtungen . . . . .	G 160
	11.4.1 Berührungsdichtungen an ruhenden Flächen G 160. – 11.4.2 Berührungsdichtungen an gleitenden Flächen G 161.	
<b>12</b>	<b>Anhang G: Diagramme und Tabellen . . . . .</b>	<b>G 163</b>
<b>H</b>	<b>Ölhydraulik und Pneumatik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen der fluidischen Energieübertragung . . . . .</b>	<b>H 1</b>
1.1	Der Fließprozeß . . . . .	H 1
	1.1.1 Energieübertragung durch Flüssigkeiten H 1. – 1.1.2 Energieübertragung durch Gase H 2.	

1.2	Hydraulikflüssigkeiten	H2
1.3	Systematik	H2
	1.3.1 Aufbau und Funktion der Fluidgetriebe H2. – 1.3.2 Ordnung der Fluidgetriebe H3. – 1.3.3 Gliederung der Getriebebauweisen H3. – 1.3.4 Symbole H4.	
<b>2</b>	<b>Bauelemente hydrostatischer Getriebe</b>	<b>H4</b>
2.1	Hydropumpen	H4
	2.1.1 Übersicht H4. – 2.1.2 Pumpenkennwerte und Leistungsbilanz H4. – 2.1.3 Zahnpumpen H3. – 2.1.4 Flügel-pumpen H6. – 2.1.5 Kolbenpumpen H7.	
2.2	Hydromotoren	H8
2.3	Hydroventile	H9
	2.3.1 Wegeventile H10. – 2.3.2 Sperrventile H11. – 2.3.3 Druckventile H11. – 2.3.4 Stromventile H11. – 2.3.5 Proportionalventile H12.	
2.4	Hydraulikzubehör	H12
<b>3</b>	<b>Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe</b>	<b>H12</b>
3.1	Hydrokreise	H12
	3.1.1 Offener Kreislauf H12. – 3.1.2 Geschlossener Kreislauf H12. – 3.1.3 Halboffene Kreisläufe H13.	
3.2	Funktion der Hydrogetriebe	H13
	3.2.1 Anlaufvorgang H13. – 3.2.2 Formale Funktionsbeschreibung H13.	
3.3	Steuerung	H14
	3.3.1 Verstellgetriebe H14. – 3.3.2 Stromteilgetriebe H14. – 3.3.3 Selbsttätige Stromsteuerung bei Verstellpumpen H14.	
<b>4</b>	<b>Ausführung und Auslegung von Hydrogetrieben</b>	<b>H15</b>
4.1	Getriebe-schaltungen	H15
	4.1.1 Schaltungsbeispiele für Ferngetriebe H15. – 4.1.2 Kompaktgetriebe H16.	
4.2	Auslegung von Hydrokreisen	H16
<b>5</b>	<b>Pneumatische Antriebe</b>	<b>H17</b>
5.1	Bauelemente	H17
5.2	Schaltung	H17
5.3	Niederdrucksteuerungen	H18
<b>6</b>	<b>Druckwasserhydraulik</b>	<b>H18</b>
<b>7</b>	<b>Anhang H: Diagramme und Tabellen</b>	<b>H19</b>
<b>I</b>	<b>Getriebetechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Getriebesystematik</b>	<b>I1</b>
1.1	Grundlagen	I1
	1.1.1 Getriebedefinition I1. – 1.1.2 Getriebeaufbau I1. – 1.1.3 Getriebe-Laufgrad I2	
1.2	Getriebearten	I2
	1.2.1 Gelenkviereck I2. – 1.2.2 Viergliedrige Schubgelenk-Getriebe I2. – 1.2.3 Mehrgliedrige Gelenkgetriebe I2. – 1.2.4 Durchlaufähigkeit der Ketten und Getriebe mit unterschiedlicher Verteilung von Umlauf- und Schwinggelenken I2. – 1.2.5 Kurvengetriebe mit vollumrollter und teilberollter Kurve I3.	
<b>2</b>	<b>Getriebeanalyse</b>	<b>I4</b>
2.1	Übertragungsfunktionen der Gelenkgetriebe	I4
	2.1.1 Lagenbeziehungen I4. – 2.1.2 Geschwindigkeitszustand als Übertragungsfunktion 1. Ordnung I4. – 2.1.3 Beschleunigungszustand als Übertragungsfunktion 2. Ordnung I4.	
2.2	Koppelkurven der Gelenkgetriebe	I5
2.3	Analyse mehrgliedriger Getriebe	I5
2.4	Wirksame Kräfte und Momente	I6
	2.4.1 Drehmomente aus dem Übersetzungsverhältnis I6. – 2.4.2 Gelenkkraft-Verfahren I6. – 2.4.3 Polkraft-Verfahren I6. – 2.4.4 Resultierende Trägheitskraft I6.	
2.5	Laufgüte der Getriebe	I6
	2.5.1 Kenngrößen für die Laufgüte I6. – 2.5.2 Übertragungswinkel I6. – 2.5.3 Ablenkwinkel I7. – 2.5.4 Übertragungswirkungsgrad I7.	
2.6	Ersatz-Gelenkgetriebe für Kurvengetriebe	I7

<b>3</b>	<b>Getriebesynthese</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Gelenkgetriebe</b> . . . . .	<b>18</b>
	3.1.1 Übertragungs- und beschleunigungsgünstige Schwingbewegungen 18. – 3.1.2 Winkelzuordnungen 18. – 3.1.3 Erzeugung gegebener ebener Kurven 18.	
<b>3.2</b>	<b>Kurvengetriebe</b> . . . . .	<b>19</b>
	3.2.1 Kurvengetriebe als Funktionsgetriebe 19. – 3.2.2 Wälzkurvengetriebe 19.	
<b>4</b>	<b>Sondergetriebe</b> . . . . .	<b>I 11</b>
 <b>K Thermischer Apparatebau</b>		
<b>1</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	<b>K 1</b>
<b>1.1</b>	<b>Unterscheidungsmerkmale von wärmeübertragenden Apparaten</b> . . . . .	<b>K 1</b>
<b>1.2</b>	<b>Wärme- und strömungstechnische Auslegung</b> . . . . .	<b>K 1</b>
	1.2.1 Wärmetechnische Auslegung von Rekuperatoren K 1. – 1.2.2 Wärmetechnische Auslegung von Regeneratoren K 2. – 1.2.3 Strömungstechnische Auslegung K 3.	
<b>1.3</b>	<b>Stromführung und Schaltungssinn wärmeübertragender Apparate</b> . . . . .	<b>K 3</b>
<b>1.4</b>	<b>Wirkungsgrade, Verluste</b> . . . . .	<b>K 4</b>
	1.4.1 Allgemeines K 4. – 1.4.2 Berechnung von Exergieverlusten K 4.	
<b>2</b>	<b>Konstruktionselemente</b> . . . . .	<b>K 5</b>
<b>2.1</b>	<b>Berechnungsgrundlagen</b> . . . . .	<b>K 5</b>
<b>2.2</b>	<b>Zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck</b> . . . . .	<b>K 5</b>
<b>2.3</b>	<b>Zylindrische Mäntel unter äußerem Überdruck</b> . . . . .	<b>K 6</b>
<b>2.4</b>	<b>Ebene Böden und Rohrplatten</b> . . . . .	<b>K 6</b>
<b>2.5</b>	<b>Gewölbte Böden</b> . . . . .	<b>K 7</b>
<b>2.6</b>	<b>Ausschnitte</b> . . . . .	<b>K 7</b>
<b>2.7</b>	<b>Flanschverbindungen</b> . . . . .	<b>K 7</b>
	2.7.1 Schrauben K 7. – 2.7.2 Flansche K 8.	
<b>3</b>	<b>Bauarten</b> . . . . .	<b>K 9</b>
<b>4</b>	<b>Kondensation und Rückkühlung</b> . . . . .	<b>K 10</b>
<b>4.1</b>	<b>Grundbegriffe der Kondensation</b> . . . . .	<b>K 10</b>
<b>4.2</b>	<b>Oberflächenkondensatoren</b> . . . . .	<b>K 11</b>
	4.2.1 Wärmetechnische Berechnung K 11. – 4.2.2 Kondensatoren in Dampfkraftanlagen K 11. – 4.2.3 Kondensatoren in der chemischen Industrie K 11. – 4.2.4 Konstruktive Gesichtspunkte K 12.	
<b>4.3</b>	<b>Einspritz-(Misch-)Kondensatoren</b> . . . . .	<b>K 12</b>
<b>4.4</b>	<b>Luftgekühlte Kondensatoren</b> . . . . .	<b>K 13</b>
<b>4.5</b>	<b>Hilfsmaschinen</b> . . . . .	<b>K 13</b>
	4.5.1 Trockenluftpumpen K 13. – 4.5.2 Kühlwasser- und Kondensatpumpen K 14.	
<b>4.6</b>	<b>Indirekte Luftkühlung und Rückkühlanlagen</b> . . . . .	<b>K 14</b>
	4.6.1 Bauarten K 15. – 4.6.2 Berechnung K 15.	
 <b>L Dampferzeugungsanlagen</b>		
<b>1</b>	<b>Energiequellen</b> . . . . .	<b>L 1</b>
<b>1.1</b>	<b>Brennstoffe</b> . . . . .	<b>L 1</b>
	1.1.1 Definitionen L 1. – 1.1.2 Feste Brennstoffe L 1. – 1.1.3 Flüssige Brennstoffe L 4. – 1.1.4 Gasförmige Brennstoffe oder Brenngase L 6.	
<b>1.2</b>	<b>Kernenergie</b> . . . . .	<b>L 8</b>
	1.2.1 Arten der Kernenergie L 8. – 1.2.2 Spalt- und Brutstoffe L 9. – 1.2.3 Moderatoren (Bremsstoffe) L 10. – 1.2.4 Kühlmittel L 11. – 1.2.5 Sonstige im Reaktorbau wichtige Stoffe L 11. – 1.2.6 Abschirmung L 11.	
<b>2</b>	<b>Feuerungen</b> . . . . .	<b>L 12</b>
<b>2.1</b>	<b>Allgemeines</b> . . . . .	<b>L 12</b>
	2.1.1 Verbrennungsvorgang L 12. – 2.1.2 Kennzahlen L 12. – 2.1.3 Druckzustände L 13. – 2.1.4 Emissionen L 13. – 2.1.5 Sicherheitsvorschriften L 13.	
<b>2.2</b>	<b>Feuerungen für feste Brennstoffe</b> . . . . .	<b>L 14</b>
	2.2.1 Rostfeuerungen L 14. – 2.2.2 Kohlenstaubfeuerungen L 16. – 2.2.3 Zubehör für Feuerungen für feste Brennstoffe L 22.	

2.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe . . . . .	L 23
2.3.1	Besondere Eigenschaften L 23. – 2.3.2 Brenner L 23. – 2.3.3 Gesamtanlage L 25.	
2.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe . . . . .	L 26
2.4.1	Verbrennung und Brennereinteilung L 26. – 2.4.2 Brennerbauarten L 27. –	
2.4.3	Sicherheitsvorkehrungen L 27.	
2.5	Allgemeines Feuerungszubehör . . . . .	L 28
2.5.1	Gebläse L 28. – 2.5.2 Kanäle und Klappen L 28. – 2.5.3 Schornstein L 28.	
<b>3</b>	<b>Kernreaktoren</b> . . . . .	L 29
3.1	Einteilung der Bauarten . . . . .	L 29
3.2	Bauteile des Reaktors und Reaktorgebäude . . . . .	L 30
3.3	Sicherheit von Kernreaktoren . . . . .	L 30
3.4	Regelung und Schnellabschaltung . . . . .	L 30
3.5	Berechnung . . . . .	L 31
3.6	Leichtwasserreaktoren . . . . .	L 32
3.6.1	Druckwasserreaktor L 32. – 3.6.2 Siedwasserreaktor L 33.	
3.7	Schwerwasserreaktoren . . . . .	L 35
3.8	Gasgekühlte thermische Reaktoren . . . . .	L 35
3.9	Schnelle Brutreaktoren . . . . .	L 37
<b>4</b>	<b>Dampferzeuger</b> . . . . .	L 38
4.1	Angaben zum System . . . . .	L 38
4.1.1	Bauarten L 38. – 4.1.2 Drücke L 38. – 4.1.3 Temperaturen L 38. – 4.1.4 Leistung L 38. –	
4.1.5	Sicherheit L 38.	
4.2	Ausgeführte Dampferzeuger . . . . .	L 39
4.2.1	Großwasserraum-Kessel L 39. – 4.2.2 Naturumlaufkessel mit Beheizung durch fossile Brennstoffe	
4.2.3	Zwanglaufkessel mit Beheizung durch fossile Brennstoffe L 41. – 4.2.4 Dampferzeuger	
	für Kernreaktoren L 48.	
4.3	Teile und Bauelemente von Dampferzeugern . . . . .	L 50
4.3.1	Verdampfer L 50. – 4.3.2 Überhitzer und Zwischenüberhitzer L 53. – 4.3.3 Speisewasservorwärmer	
4.3.4	(Eco) L 55. – 4.3.4 Luftvorwärmer (Luvo) L 55.	
4.4	Ausrüstung von Dampferzeugern . . . . .	L 57
4.4.1	Druckseitige Ausrüstung L 57. – 4.4.2 Drucklose Ausrüstung L 60.	
<b>5</b>	<b>Berechnung</b> . . . . .	L 63
5.1	Wärmetechnische Berechnung . . . . .	L 63
5.1.1	Energiebilanz, Wirkungsgrad und Abnahmeversuche L 63. – 5.1.2 Ermittlung der Heizfläche L 64. –	
5.1.3	Strömungswiderstände L 65.	
5.2	Festigkeitsberechnung . . . . .	L 65
5.2.1	Zylinderschalen unter innerem Überdruck L 65. – 5.2.2 Böden L 66.	
<b>6</b>	<b>Speisewasser-Aufbereitungsanlagen</b> . . . . .	L 67
6.1	Eigenschaften des Wassers . . . . .	L 67
6.2	Wirkungen der Verunreinigungen des Kesselwassers . . . . .	L 68
6.3	Speise- und Kesselwasserbeschaffenheit . . . . .	L 69
6.4	Wasseraufbereitungsanlagen . . . . .	L 69
6.5	Entgasung . . . . .	L 72
6.6	Verdampfung . . . . .	L 72
<b>M</b>	<b>Klimatechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	M 1
1.1	Aufgabe . . . . .	M 1
1.2	Meteorologische Grundlagen . . . . .	M 1
1.2.1	Lufttemperatur M 1. – 1.2.2 Luftfeuchte M 1. – 1.2.3 Wind M 3. – 1.2.4 Sonnenstrahlung M 3.	
1.3	Hygienische Grundlagen . . . . .	M 3
1.3.1	Raumklima M 3. – 1.3.2 Lüfterneuerung in Räumen M 3. – 1.3.3 Behagliches Raumklima in	
1.3.4	Aufenthalts- und Arbeitsräumen M 4. – 1.3.4 Erträgliches Raumklima in Arbeitsräumen und	
	Industriebetrieben M 5.	
1.4	Kältetechnische Verfahren . . . . .	M 5
1.4.1	Allgemeines M 5. – 1.4.2 Kaldampf-Verdichtungsverfahren M 6. – 1.4.3 Absorptionskälte-	
1.4.4	verfahren M 7. – 1.4.4 Dampfstrahlkälteverfahren M 8. – 1.4.5 Kältemittel und Kältemaschinen-Öle M 9.	

1.5	Heiztechnische Verfahren . . . . .	M 10
1.6	Raumlufttechnische Verfahren . . . . .	M 10
<b>2</b>	<b>Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen der Heiz- und Raumlufttechnik . . . . .</b>	<b>M 12</b>
2.1	Wärmebedarf . . . . .	M 12
	2.1.1 Transmissions-Wärmebedarf M 12. – 2.1.2 Lüftungswärmebedarf M 12. – 2.1.3 Sonderfälle M 14.	
2.2	Kühllast . . . . .	M 14
	2.2.1 Innere Kühllast M 14. – 2.2.2 Äußere Kühllast M 14.	
2.3	Luftbedarf . . . . .	M 15
	2.3.1 Luftheizung M 15. – 2.3.2 Lüftung M 16. – 2.3.3 Luftkühlung M 16. – 2.3.4 Klimaanlage M 17.	
2.4	Leitungen . . . . .	M 17
	2.4.1 Rohrnetz für Warm- und Heißwasserleitungen M 17. – 2.4.2 Rohrnetz für Dampfheizungen M 18. – 2.4.3 Kanalnetz für raumlufttechnische Anlagen M 18. – 2.4.4 Luftführung im Raum M 18.	
<b>3</b>	<b>Systeme und Bauteile der Heizungstechnik . . . . .</b>	<b>M 20</b>
3.1	Einzelheizung . . . . .	M 20
	3.1.1 Einzelheizgeräte für Wohnräume M 20. – 3.1.2 Einzelheizgeräte für größere Räume und Hallen M 21.	
3.2	Zentralheizung . . . . .	M 21
	3.2.1 Systeme M 21. – 3.2.2 Raum-Heizkörper, -Heizflächen M 22. – 3.2.3 Rohrnetz M 24. – 3.2.4 Armaturen M 25. – 3.2.5 Umwälzpumpen M 26. – 3.2.6 Wärmeerzeugung M 27. – 3.2.7 Heizzentrale M 30. – 3.2.8 Regelung und Steuerung M 31. – 3.2.9 Wärmeverbrauchs-Ermittlung M 32.	
<b>4</b>	<b>Systeme und Bauteile der Raumlufttechnik . . . . .</b>	<b>M 34</b>
4.1	Einrichtungen zur freien Lüftung . . . . .	M 34
	4.1.1 Fensterlüftung M 34. – 4.1.2 Schachtlüftung M 35. – 4.1.3 Dachaufsatzlüftung M 35. – 4.1.4 Freie Lüftung verstärkt durch Ventilatoren M 36.	
4.2	Raumlufttechnische Anlagen . . . . .	M 36
	4.2.1 Systeme M 36. – 4.2.2 Luftführung und Luftdurchlaß M 37. – 4.2.3 Kanalnetz M 41. – 4.2.4 Luftverteilung M 43. – 4.2.5 Lüftungs- und Klimazentralen M 44. – 4.2.6 Ventilator M 45. – 4.2.7 Filter M 46. – 4.2.8 Lufterhitzer, -kühler M 49. – 4.2.9 Luftbefeuchter M 49. – 4.2.10 Luftentfeuchter M 51. – 4.2.11 Schalldämpfer M 51. – 4.2.12 Nachbehandlungsgeräte mit Luftförderung M 52. – 4.2.13 Wärmerückgewinnung M 53. – 4.2.14 Schaltung und Regelung M 54.	
<b>5</b>	<b>Systeme und Bauteile der kältetechnischen Anlagen . . . . .</b>	<b>M 56</b>
5.1	Bauarten, Leistungsbereiche und Bemessungsgrundlagen . . . . .	M 56
5.2	Direktverdampfungsanlagen . . . . .	M 59
	5.2.1 Aufbau M 59. – 5.2.2 Hauptteile M 59. – 5.2.3 Inbetriebnahme M 60. – 5.2.4 Splitsystem M 60.	
5.3	Wasserkühlanlagen . . . . .	M 61
	5.3.1 Aufbau M 61. – 5.3.2 Kolbenverdichter – Kaltwassersatz M 61. – 5.3.3 Schraubenverdichter – Kaltwassersatz M 61. – 5.3.4 Turboverdichter – Kaltwassersatz M 62. – 5.3.5 Absorptionskaltwassersatz (H <sub>2</sub> O/LiBr) M 63.	
5.4	Verflüssigerkühlung . . . . .	M 64
	5.4.1 Luftkühlung M 64. – 5.4.2 Stadt- oder Brunnenwasserkühlung M 64. – 5.4.3 Wasserrückkühlwerke M 64.	
5.5	Kaltwassernetz . . . . .	M 65
	5.5.1 Regelung und Schaltung M 65. – 5.5.2 Fernkältezentralen M 66. – 5.5.3 Druckhaltung M 66. – 5.5.4 Kälteämmung M 67.	
5.6	Rückkühlwassernetze . . . . .	M 67
	5.6.1 Schaltungen M 67. – 5.6.2 Wasseraufbereitung M 67.	
<b>6</b>	<b>Systeme und Bauteile für Wärmepumpenanlagen . . . . .</b>	<b>M 68</b>
6.1	Allgemeines . . . . .	M 68
6.2	Arten und Bauteile . . . . .	M 68
6.3	Systeme . . . . .	M 69
	6.3.1 Dezentrales Wärmepumpensystem M 69. – 6.3.2 Zentrale Wärmepumpe M 70. – 6.3.3 Verdichtungswärmepumpe mit Gasmotor M 71. – 6.3.4 Absorptionswärmepumpen M 71.	
<b>7</b>	<b>Sonderklimaanlagen . . . . .</b>	<b>M 72</b>
<b>8</b>	<b>Wirtschaftlichkeit und Energieverbrauch . . . . .</b>	<b>M 73</b>
8.1	Allgemeines . . . . .	M 73

8.2	<b>Kältetechnik</b> . . . . .	M73
	8.2.1 Elektrisch angetriebene Verdichtungskälteanlage oder Absorptionskälteanlage? M73. –	
	8.2.2 Energiekostenvergleich zwischen Wärmepumpen und Gaskessel M74.	
8.3	<b>Heiz- und Raumlufttechnik</b> . . . . .	M74
	8.3.1 Kapitaldienst M74. – 8.3.2 Energieverbrauch M74. – 8.3.3 Bedienung und Instandhaltung M76.	
9	<b>Anhang M: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	M77
<b>N</b>	<b>Energiewirtschaft</b>	
<b>1</b>	<b>Planung der Energieversorgung</b> . . . . .	N1
1.1	Investitionsaufwand . . . . .	N1
1.2	<b>Zukünftige Energieversorgungsanlage</b> . . . . .	N2
	1.2.1 Energieeinsparung N2. – 1.2.2 Neue Primärenergien N2.	
<b>2</b>	<b>Primärenergien und ihre Aufbereitung</b> . . . . .	N3
2.1	Primärenergien . . . . .	N3
2.2	Aufbereitung . . . . .	N4
	2.2.1 Kohleveredlung N4. – 2.2.2 Rohöl N4. – 2.2.3 Erdgas N4.	
<b>3</b>	<b>Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie</b> . . . . .	N4
3.1	Erzeugung elektrischer Energie . . . . .	N4
	3.1.1 Anlagenbereiche N4. – 3.1.2 Kernenergiekraftwerke N7. – 3.1.3 Gasturbinen N7. –	
	3.1.4 Motoren N9.	
3.2	Kraftwärmekopplung . . . . .	N10
<b>4</b>	<b>Verteilen und Umformen der Nutzenergie</b> . . . . .	N11
4.1	Fernenergie . . . . .	N11
4.2	Fernwärme . . . . .	N11
	4.2.1 Heizkraftwerke N11. – 4.2.2 Fernheizung N12.	
4.3	Elektrische Heizung . . . . .	N12
	4.3.1 Speicherheizung N12. – 4.3.2 Tagstromheizung N13.	
4.4	Energiespeicherung . . . . .	N13
4.5	Energietransport . . . . .	N14
	4.5.1 Rohrleitungstransport N14. – 4.5.2 Ferntransport elektrischer Energie N16.	
<b>5</b>	<b>Anhang N: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	N17
<b>O</b>	<b>Maschinendynamik</b>	
<b>1</b>	<b>Kurbeltrieb, Massenkräfte und -momente, Schwungradberechnung</b> . . . . .	O1
1.1	Drehkraftdiagramm Mehrzylindermaschinen . . . . .	O1
1.2	Schwungradberechnung . . . . .	O1
1.3	Massenkräfte, Massenmomente . . . . .	O3
	1.3.1 Reihenmaschinen O3. – 1.3.2 V- und Fächer-Maschinen O7.	
<b>2</b>	<b>Schwingungen</b> . . . . .	O10
2.1	Drehschwingungen . . . . .	O10
	2.1.1 Massenträgheitsmoment O10. – 2.1.2 Drehfedersteifigkeit O10. – 2.1.3 Bewegungsgleichungen	
	O10. – 2.1.4 Eigenschwingungen O12. – 2.1.5 Erregende Momente bei Kolbenmaschinen O13. –	
	2.1.6 Sonstige Erregungen O14. – 2.1.7 Erzwungene Schwingungen bei harmonischer Erregung O14. –	
	2.1.8 Einschwingvorgänge O15. – 2.1.9 Dämpfung, Tilgung O15.	
2.2	Biegeschwingungen von Maschinenwellen . . . . .	O16
	2.2.1 Berechnungsmodelle O16. – 2.2.2 Gleitlager O16. – 2.2.3 Umwuchtschwingungen O17. –	
	2.2.4 Berechnung der 1. kritischen Drehzahl O17. – 2.2.5 Elastische Lager O17. – 2.2.6 Drehträgheit	
	und Kreiswirkung O17. – 2.2.7 Verschiedenes O18.	
2.3	Schwingungsisolierung . . . . .	O18
2.4	Auswuchten . . . . .	O19
	2.4.1 Einleitung O19. – 2.4.2 Auswuchten starrer Körper O20. – 2.4.3 Auswuchten elastischer Rotoren	
	O20. – 2.4.4 Auswuchtgüte O20.	
<b>3</b>	<b>Maschinenakustik</b> . . . . .	O21
3.1	Grundbegriffe . . . . .	O21
3.2	Die Entstehung von Maschinengeräuschen . . . . .	O23
3.3	Möglichkeiten zur Verminderung der Maschinengeräusche . . . . .	O25

<b>P</b>	<b>Kolbenmaschinen</b>	
<b>1</b>	<b>Allgemeine Grundbegriffe</b>	P1
1.1	Die Hubkolbenmaschine	P2
	1.1.1 Arbeitsverfahren P2. – 1.1.2 Berechnungsgrundlagen P3.	
1.2	Ähnlichkeitsbetrachtungen	P5
1.3	Baureihen	P6
1.4	Konstruktive Gestaltung	P7
	1.4.1 Gestelle und Grundplatten P8. – 1.4.2 Zylinder und Deckel P9.	
1.5	Kühlung und Schmierung	P10
	1.5.1 Kühlung P10. – 1.5.2 Schmierung P10.	
<b>2</b>	<b>Pumpen</b>	P11
2.1	Arbeitsweise, Arten und Verwendung	P11
2.2	Berechnungsgrundlagen	P12
	2.2.1 Ströme und Liefergrad P12. – 2.2.2 Höhen, Geschwindigkeiten und Drücke P12. – 2.2.3 Strömungsverluste P13. – 2.2.4 Saugfähigkeit P14. – 2.2.5 Gestängekräfte P14. – 2.2.6 Energien, Leistungen, Wirkungsgrade P15.	
2.3	Kennlinien	P16
2.4	Windkessel	P16
	2.4.1 Fluktuierende Flüssigkeit P16. – 2.4.2 Schwingungen P17. – 2.4.3 Aufbau P17.	
2.5	Bauteile	P18
	2.5.1 Kolben P18. – 2.5.2 Steuerungen P19. – 2.5.3 Stopfbuchsen P20.	
2.6	Betrieb einer Pumpenanlage	P21
2.7	Ausgeführte Pumpe	P22
<b>3</b>	<b>Kompressoren</b>	P22
3.1	Arbeitsweise, Arten und Verwendung	P22
3.2	Einstufige Verdichtung	P23
	3.2.1 Drücke und Temperaturen P23. – 3.2.2 Schadraum P23. – 3.2.3 Volumina und Massen P23. – 3.2.4 Liefergrad P24. – 3.2.5 Der Arbeitsvorgang P26. – 3.2.6 Leistungen und Wirkungsgrade P27.	
3.3	Mehrstufige Verdichtung	P29
	3.3.1 Drücke und Temperaturen P29. – 3.3.2 Ströme und Leistungen P29.	
3.4	Bauarten	P30
	3.4.1 Konstruktionsgrundsätze P30. – 3.4.2 Stufenverteilung P30.	
3.5	Auslegung und Betriebsverhalten	P32
	3.5.1 Auslegung P32. – 3.5.2 Betriebsverhalten P33.	
3.6	Steuerungen	P35
	3.6.1 Aufbau und Wirkungsweise P35. – 3.6.2 Berechnung P36. – 3.6.3 Ventileinbau P37.	
3.7	Regelungen	P38
	3.7.1 Zweipunktregelung P38. – 3.7.2 Stetige Regelungen P40.	
3.8	Ausgeführte Verdichter	P41
3.9	Sonderformen der Kolbenverdichter	P43
	3.9.1 Rotationsverdichter P43. – 3.9.2 Schraubenverdichter P44. – 3.9.3 Trockenlaufverdichtern P45. – 3.9.4 Höchstdruckverdichter P46.	
<b>4</b>	<b>Verbrennungsmotoren</b>	P46
4.1	Einteilung und Verwendung	P46
4.2	Arbeitsverfahren und Arbeitsprozesse	P47
	4.2.1 Arbeitsverfahren P47. – 4.2.2 Vergleichsprozesse P47. – 4.2.3 Wirklicher Arbeitsprozeß P49.	
4.3	Ladungswechsel	P52
	4.3.1 Kenngrößen des Ladungswechsels P52. – 4.3.2 Steuerorgane für den Ladungswechsel P53. – 4.3.3 Ladungswechsel des Viertaktmotors P54. – 4.3.4 Ladungswechsel des Zweitaktmotors P 55. – 4.3.5 Aufladung von Motoren P56.	
4.4	Verbrennung im Motor	P58
	4.4.1 Motoren-Kraftstoffe P58. – 4.4.2 Gemischbildung und Verbrennung im Ottomotor P59. – 4.4.3 Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor P60. – 4.4.4 Gemischbildung und Verbrennung in Hybridmotoren P62.	
4.5	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Ottomotoren	P63
	4.5.1 Vergaser P63. – 4.5.2 Benzin-Einspritzung P64. – 4.5.3 Zündausrüstung P65.	
4.6	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Dieselmotoren	P66
	4.6.1 Einspritzsystem P66. – 4.6.2 Einspritzpumpe P66. – 4.6.3 Einspritzdüse P67. – 4.6.4 Start- und Zündhilfen P68.	

4.7	<b>Betriebsverhalten und Kenngrößen</b> . . . . .	P 68
	4.7.1 Leistung, Drehmoment und Verbrauch P 68. – 4.7.2 Kenngrößen P 69. – 4.7.3 Umweltverhalten P 70. – 4.7.4 Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat P 72.	
4.8	<b>Konstruktion von Motoren</b> . . . . .	P 75
	4.8.1 Ähnlichkeitsbeziehungen und Beanspruchung P 75. – 4.8.2 Motorbauarten P 75. – 4.8.3 Motorbauteile P 77. – 4.8.4 Ausgeführte Motorkonstruktionen P 79.	
4.9	<b>Philips-Stirling-Motor</b> . . . . .	P 83
5	<b>Anhang P: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	P 85
<b>Q Kraftfahrzeugtechnik</b>		
1	<b>Grundlagen</b> . . . . .	Q 1
1.1	<b>Bauformen</b> . . . . .	Q 1
1.2	<b>Fahrwiderstände</b> . . . . .	Q 2
	1.2.1 Rollwiderstand $W_R$ Q 2. – 1.2.2 Luftwiderstand $W_L$ Q 2. – 1.2.3 Seitenkraftwiderstand $W_S$ Q 2. – 1.2.4 Steigungswiderstand $W_{St}$ Q 2. – 1.2.5 Beschleunigungswiderstand $W_B$ Q 2. – 1.2.6 Gesamtwiderstand $W$ Q 2. – 1.2.7 Fahrleistungen Q 3.	
2	<b>Konstruktionselemente</b> . . . . .	Q 3
2.1	<b>Kraftübertragung</b> . . . . .	Q 3
	2.1.1 Kupplung Q 3. – 2.1.2 Getriebe Q 4. – 2.1.3 Gelenkwellen Q 5. – 2.1.4 Achsantrieb Q 5. – 2.1.5 Übertragungsverluste Q 7.	
2.2	<b>Bremsen</b> . . . . .	Q 7
	2.2.1 Grundlagen Q 7. – 2.2.2 Bauarten Q 8. – 2.2.3 Bremsbetätigung Q 8.	
2.3	<b>Radführung und Lenkung</b> . . . . .	Q 9
	2.3.1 Radführung und Federung Q 9. – 2.3.2 Lenkung Q 10.	
2.4	<b>Räder und Reifen</b> . . . . .	Q 11
	2.4.1 Räder Q 11. – 2.4.2 Reifen Q 11.	
2.5	<b>Aufbau</b> . . . . .	Q 13
	2.5.1 Konzept Q 13. – 2.5.2 Rohbau Q 13. – 2.5.3 Ausstattung Q 13. – 2.5.4 Klimatisierung Q 13. – 2.5.5 Akustik Q 14.	
3	<b>Federung und Fahrkomfort</b> . . . . .	Q 15
3.1	<b>Fahrbahn</b> . . . . .	Q 15
3.2	<b>Fahrzeugmodelle</b> . . . . .	Q 15
	3.2.1 Nichtlinearitäten Q 16. – 3.2.2 Zweiachsfahrzeuge (Mehrachsfahrzeuge) Q 17. – 3.2.3 Fahrkomfort Q 17.	
4	<b>Lenkverhalten</b> . . . . .	Q 18
4.1	<b>Fahrzeug als Regelstrecke</b> . . . . .	Q 18
	4.1.1 Stationäres Lenkverhalten Q 18. – 4.1.2 Übergangverhalten Q 19.	
4.2	<b>Fahrer und Fahrzeug</b> . . . . .	Q 19
4.3	<b>Breitenbedarf in Kurven</b> . . . . .	Q 21
5	<b>Unfallmechanik</b> . . . . .	Q 21
5.1	<b>Grundlagen</b> . . . . .	Q 21
5.2	<b>Maßnahmen zur Verminderung der Verletzungsgefahr</b> . . . . .	Q 22
5.3	<b>Kompatibilität</b> . . . . .	Q 23
6	<b>Fahrzeug-Elektrik/-Elektronik</b> . . . . .	Q 24
7	<b>Anhang Q: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	Q 25
<b>R Strömungsmaschinen</b>		
1	<b>Gemeinsame Grundlagen</b> . . . . .	R 1
1.1	<b>Strömungstechnik</b> . . . . .	R 1
	1.1.1 Aufgabe und Einteilung R 1. – 1.1.2 Wirkungsweise R 1. – 1.1.3 Strömungsgesetze R 2. – 1.1.4 Absolute und relative Strömung R 3. – 1.1.5 Schaufelanordnung für Pumpen und Verdichter R 3. – 1.1.6 Schaufelanordnung für Turbinen R 3. – 1.1.7 Schaufelgitter, Stufe, Maschine, Anlage R 3.	

1.2	<b>Thermodynamik</b>	R 4
	1.2.1 Thermodynamische Gesetze R 4. – 1.2.2 Zustandsänderung R 4. – 1.2.3 Totaler Wirkungsgrad R 4. – 1.2.4 Statischer Wirkungsgrad R 5. – 1.2.5 Polytroper und isentroper Wirkungsgrad R 5. – 1.2.6 Mechanische Verluste R 6.	
1.3	<b>Arbeitsfluid</b>	R 6
	1.3.1 Allgemeiner Zusammenhang zwischen thermischen und kalorischen Zustandsgrößen R 6. – 1.3.2 Ideale Flüssigkeit R 6. – 1.3.3 Ideales Gas R 7. – 1.3.4 Reales Fluid R 8. – 1.3.5 Kavitation bei Flüssigkeiten R 8. – 1.3.6 Kondensation bei Dämpfen R 8.	
1.4	<b>Schaufelgitter</b>	R 8
	1.4.1 Anordnung der Schaufeln im Gitter R 8. – 1.4.2 Leit- und Laugitter R 9. – 1.4.3 Einteilung nach Geschwindigkeits- und Druckänderung R 9. – 1.4.4 Reale Strömung durch Gitter R 10. – 1.4.5 Gitterauslegung R 10. – 1.4.6 Gitter-Kenngrößen R 12. – 1.4.7 Kriterien für die zweckmäßige Stellung der Schaufeln im Gitter R 13. – 1.4.8 Profilverluste R 14. – 1.4.9 Verluste an den Schaufelenden R 14.	
1.5	<b>Stufen</b>	R 14
	1.5.1 Zusammensetzen von Gittern zu Stufen R 14. – 1.5.2 Gegenseitige Beeinflussung der Lauf- und Leitgitter R 15. – 1.5.3 Stufenkenngrößen R 16. – 1.5.4 Axiale Repetierstufe eines vielstufigen Verdichters R 17. – 1.5.5 Radiale Repetierstufe eines Verdichters R 18. – 1.5.6 Kenngrößen-Bereiche für Verdichterstufen R 18. – 1.5.7 Axiale Repetierstufen einer Turbine R 18. – 1.5.8 Radiale Turbinenstufe R 19. – 1.5.9 Kenngrößen-Bereiche für Turbinenstufen R 19.	
1.6	<b>Maschine</b>	R 20
	1.6.1 Beschauflung, Ein- und Austrittsgehäuse R 20. – 1.6.2 Maschinenkenngrößen R 20. – 1.6.3 Wahl der Bauweise R 21.	
1.7	<b>Betriebsverhalten und Regelmöglichkeiten</b>	R 21
	1.7.1 Maschinencharakteristiken R 21. – 1.7.2 Instabiler Betriebsbereich bei Verdichtern R 23. – 1.7.3 Anlagencharakteristik R 23. – 1.7.4 Zusammenarbeit von Maschine und Anlage R 24. – 1.7.5 Regelung von Verdichtern R 24. – 1.7.6 Regelung von Turbinen R 25.	
1.8	<b>Beanspruchung und Festigkeit der wichtigsten Bauteile</b>	R 25
	1.8.1 Rotierende Scheibe, rotierender Zylinder R 25. – 1.8.2 Durchbiegung, kritische Drehzahlen von Rotoren R 26. – 1.8.3 Beanspruchung der Schaufeln durch Fliehkräfte R 26. – 1.8.4 Beanspruchung der Schaufeln durch stationäre Strömungskräfte R 27. – 1.8.5 Schaufelschwingungen R 28. – 1.8.6 Gehäuse R 28. – 1.8.7 Thermische Beanspruchung R 29. – 1.8.8 Werkstoffeigenschaften R 30.	
<b>2</b>	<b>Wasserturbinen</b>	R 31
2.1	<b>Allgemeines</b>	R 31
	2.1.1 Kennzeichen R 31. – 2.1.2 Wasserkraftwerke R 32. – 2.1.3 Wirtschaftliches R 33.	
2.2	<b>Gleichdruckturbinen</b>	R 33
	2.2.1 Peltonurbinen R 33. – 2.2.2 Ossbergerturbinen R 33.	
2.3	<b>Überdruckturbinen</b>	R 34
	2.3.1 Francisurbinen R 34. – 2.3.2 Kaplanurbinen R 34. – 2.3.3 Dériaurbinen R 35.	
2.4	<b>Werkstoffe</b>	R 35
2.5	<b>Kennliniendarstellungen</b>	R 35
2.6	<b>Extreme Betriebsverhältnisse</b>	R 36
2.7	<b>Laufwasser- und Speicherkraftwerke</b>	R 37
<b>3</b>	<b>Kreiselpumpen</b>	R 38
3.1	<b>Allgemeines</b>	R 38
3.2	<b>Bauarten</b>	R 38
	3.2.1 Laufrad R 38. – 3.2.2 Gehäuse R 39. – 3.2.3 Fluid R 39. – 3.2.4 Werkstoff R 39. – 3.2.5 Antrieb R 40.	
3.3	<b>Betriebsverhalten</b>	R 40
	3.3.1 Kavitation R 40. – 3.3.2 Kennlinien R 42. – 3.3.3 Anpassung der Kreiselpumpe an den Leistungsbedarf R 43. – 3.3.4 Achsschubausgleich R 44.	
3.4	<b>Ausgeführte Pumpen</b>	R 46
<b>4</b>	<b>Propeller</b>	R 48
4.1	<b>Vorbemerkungen</b>	R 48
4.2	<b>Schiffspropeller</b>	R 48
4.3	<b>Flugzeugpropeller</b>	R 49
4.4	<b>Hubschrauberrotoren</b>	R 50
<b>5</b>	<b>Föttinger-Getriebe</b>	R 51
5.1	<b>Prinzip und Bauformen</b>	R 51
5.2	<b>Auslegung</b>	R 51

5.3	Föttinger-Kupplungen	R 52
5.4	Föttinger-Wandler	R 52
<b>6</b>	<b>Dampfturbinen</b>	R 55
6.1	Benennungen	R 55
6.2	Bauarten	R 55
	6.2.1 Kraftwerksturbinen R 55. – 6.2.2 Industrieturbinen R 58. – 6.2.3 Kleinturbinen R 61.	
6.3	Konstruktionselemente	R 61
	6.3.1 Gehäuse R 61. – 6.3.2 Ventile und Klappen R 61. – 6.3.3 Beschauelung R 63. –	
	6.3.4 Wellendichtungen R 63. – 6.3.5 Läufer-Dreheinrichtungen R 64. – 6.3.6 Lager R 64.	
6.4	Anfahren und Betrieb	R 64
6.5	Regelung, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	R 65
6.6	Berechnungsverfahren	R 65
	6.6.1 Allgemeines R 65. – 6.6.2 Auslegung von Industrieturbinen R 65.	
<b>7</b>	<b>Turboverdichter</b>	R 66
7.1	Definition und Einsatzbereich	R 66
7.2	Ventilatoren	R 67
7.3	Radialverdichter	R 67
7.4	Axialverdichter	R 68
7.5	Konstruktion	R 68
7.6	Arbeitsweise und Auslegung	R 69
7.7	Betriebsweise	R 69
7.8	Berechnung	R 70
7.9	Leistungsversuch	R 72
<b>8</b>	<b>Gasturbinen</b>	R 73
8.1	Die Gasturbine als Wärmekraftmaschine	R 73
8.2	Thermodynamische Grundlagen	R 74
	8.2.1 Reversible Kreisprozesse mit idealen Gasen R 74. – 8.2.2 Reale Gasturbinenprozesse R 74. –	
	8.2.3 Ergebnisse der Berechnungen R 77.	
8.3	Bauteile der Anlage	R 77
	8.3.1 Turbomaschinen R 77. – 8.3.2 Brennkammern R 78. – 8.3.3 Wärmetauscher R 79.	
8.4	Gasturbinen in Schwerbauweise und von Flugtriebwerken abgeleitete Gasturbinen	R 79
8.5	Hilfssysteme	R 80
	8.5.1 Regelung R 80. – 8.5.2 Brennstoffversorgung R 80. – 8.5.3 Schmierölsystem R 81. – 8.5.4 Weitere Hilfssysteme R 81.	
8.6	Anwendungen	R 82
	8.6.1 Stromerzeugung R 82. – 8.6.2 Rohrfernleitungen R 82. – 8.6.3 Verkehr R 82.	
8.7	Betrieb	R 84
	8.7.1 Teillastbetrieb R 84. – 8.7.2 Besondere Betriebszustände, Wartung R 85.	
8.8	Korrosion, Erosion und Verschmutzung	R 86
8.9	Werkstoffe	R 86
8.10	Umweltaspekte	R 87
	8.10.1 Schadstoffe R 87. – 8.10.2 Lärm R 88.	
8.11	Kennfelder	R 88
<b>S</b>	<b>Fertigungstechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Übersicht über die Fertigungstechnik</b>	S 1
<b>2</b>	<b>Urformen</b>	S 3
2.1	Formgebung durch Gießen (Metalle)	S 3
	2.1.1 Allgemeines S 3. – 2.1.2 Modelle und Formen S 4. – 2.1.3 Verfahren der Form- und Gießtechnik S 6. – 2.1.4 Gestaltungsrichtlinien S 8. – 2.1.5 Vorbereitende und nachbehandelnde Arbeitsvorgänge S 9.	
2.2	Formgebung von Kunststoffen	S 11
	2.2.1 Pressen S 12. – 2.2.2 Spritzgießen S 13. – 2.2.3 Extrudieren S 13.	

2.3	<b>Pulvermetallurgie</b> . . . . .	S 13
	2.3.1 Anwendung S 14. – 2.3.2 Technologie S 14.	
2.4	<b>Weitere Urformverfahren</b> . . . . .	S 16
	2.4.1 Galvanoformung S 16. – 2.4.2 Chemiformung S 17.	
<b>3</b>	<b>Umformen</b> . . . . .	S 17
3.1	<b>Systematik und Einführung</b> . . . . .	S 17
3.2	<b>Grundlagen der Umformtechnik</b> . . . . .	S 20
	3.2.1 Metallkundliche Grundlagen S 20. – 3.2.2 Plastizitätstheoretische Grundlagen S 20. – 3.2.3 Lösungsverfahren der Plastomechanik S 20. – 3.2.4 Reibung und Schmierung S 21. – 3.2.5 Oberflächenwandlung S 21.	
3.3	<b>Technologie</b> . . . . .	S 21
	3.3.1 Massivumformen S 21. – 3.3.2 Blechumformung S 28. – 3.3.3 Umformen unter besonderen Bedingungen S 32.	
3.4	<b>Werkzeugmaschinen zum Umformen</b> . . . . .	S 33
	3.4.1 Kenngrößen von Preßmaschinen S 33. – 3.4.2 Weggebundene Preßmaschinen S 33. – 3.4.3 Kraftgebundene Preßmaschinen S 38. – 3.4.4 Arbeitgebundene Preßmaschinen S 39. – 3.4.5 Arbeitssicherheit S 42. – 3.4.6 Automatisierung S 43.	
<b>4</b>	<b>Trennen</b> . . . . .	S 44
4.1	<b>Allgemeines</b> . . . . .	S 44
4.2	<b>Scheren und Schneiden</b> . . . . .	S 44
	4.2.1 Systematik S 44. – 4.2.2 Technologie S 45. – 4.2.3 Kräfte und Arbeiten S 46. – 4.2.4 Werkstückeigenschaften S 46. – 4.2.5 Werkzeuge S 46. – 4.2.6 Sonderschneidverfahren S 48.	
4.3	<b>Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden</b> . . . . .	S 49
	4.3.1 Grundlagen S 49. – 4.3.2 Drehen S 50. – 4.3.3 Hobeln und Stoßen S 51. – 4.3.4 Bohren S 52. – 4.3.5 Fräsen S 53. – 4.3.6 Sägen S 55. – 4.3.7 Räumen S 56. – 4.3.8 Zerspankräfte S 57. – 4.3.9 Richtwerte für spanende Bearbeitung S 59.	
4.4	<b>Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden</b> . . . . .	S 60
	4.4.1 Grundlagen S 60. – 4.4.2 Schleifen S 61. – 4.4.3 Honen S 62. – 4.4.4 Läppen S 63. – 4.4.5 Sonderverfahren S 63.	
4.5	<b>Abtragen</b> . . . . .	S 64
	4.5.1 Übersicht S 64. – 4.5.2 Thermisches Abtragen mit Funken (Funkenerosives Abtragen) S 64. – 4.5.3 Chemisches Abtragen S 65. – 4.5.4 Elektrochemisches Abtragen S 65.	
4.6	<b>Zerlegen, Reinigen, Evakuieren</b> . . . . .	S 66
4.7	<b>Maschinen zum Scheren und Schneiden</b> . . . . .	S 67
4.8	<b>Spanende Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	S 68
	4.8.1 Drehmaschinen S 68. – 4.8.2 Bohrmaschinen S 79. – 4.8.3 Fräsmaschinen S 82. – 4.8.4 Waagrecht- Bohr- und -Fräsmaschinen S 85. – 4.8.5 Bearbeitungszentren S 86. – 4.8.6 Hobel- und Stoßmaschinen S 88. – 4.8.7 Räummaschinen S 89. – 4.8.8 Säge- und Feilmaschinen S 90. – 4.8.9 Schleifmaschinen S 92. – 4.8.10 Honmaschinen S 94. – 4.8.11 Läppmaschinen S 96. – 4.8.12 Baueinheiten für Werkzeugmaschinen S 98.	
<b>5</b>	<b>Fügen</b> . . . . .	S 99
5.1	<b>Übersicht</b> . . . . .	S 99
5.2	<b>Schweiß- und Lötmaschinen</b> . . . . .	S 100
	5.2.1 Lichtbogenschweißmaschinen S 100. – 5.2.2 Widerstandsschweißmaschinen S 102. – 5.2.3 Lötteinrichtungen S 102.	
<b>6</b>	<b>Beschichten</b> . . . . .	S 103
<b>7</b>	<b>Stoffeigenschaftändern</b> . . . . .	S 104
<b>8</b>	<b>Sonderverfahren</b> . . . . .	S 105
8.1	<b>Gewindefertigung</b> . . . . .	S 105
	8.1.1 Gewindedrehen S 105. – 8.1.2 Gewindestrehlen S 105. – 8.1.3 Gewindeschneiden S 105. – 8.1.4 Gewindebohren S 105. – 8.1.5 Gewindewirbeln S 106. – 8.1.6 Gewindefräsen S 106. – 8.1.7 Gewindeschleifen S 107. – 8.1.8 Gewindeerodieren S 107. – 8.1.9 Gewindewalzen S 107. – 8.1.10 Gewindefurchen S 108. – 8.1.11 Gewindedrücken S 108.	
8.2	<b>Verzahnen</b> . . . . .	S 108
	8.2.1 Verzahnen von Stirnrädern S 108. – 8.2.2 Verzahnen von Schnecken S 113. – 8.2.3 Verzahnen von Schneckenrädern S 115. – 8.2.4 Verzahnen von Kegeln S 116.	
<b>9</b>	<b>Elemente der Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	S 118
9.1	<b>Grundlagen</b> . . . . .	S 118
	9.1.1 Werkstück, Werkzeug, Arbeitsraum S 118. – 9.1.2 Wirkbewegungen S 118.	

9.2	<b>Antriebe</b> . . . . .	S 120
9.2.1	Motoren S 120. – 9.2.2 Getriebe S 122. – 9.2.3 Mechanische Übertragungselemente S 126.	
9.3	<b>Gestelle</b> . . . . .	S 128
9.3.1	Allgemeines, Kraftfluß S 128. – 9.3.2 Statische und dynamische Steifigkeit S 128. –	
9.3.3	Gestaltung der Gestellteile S 129.	
9.4	<b>Führungen</b> . . . . .	S 130
9.4.1	Geradföhrungen S 130. – 9.4.2 Drehföhrungen, Lagerungen S 132.	
9.5	<b>Steuerungen</b> . . . . .	S 135
9.5.1	Einföhrung S 135. – 9.5.2 Steuermedien S 137. – 9.5.3 Programmsteuerung mit analogem Speicher S 139. – 9.5.4 Programmsteuerung mit digitalem Speicher S 141.	
<b>10</b>	<b>Fertigungs- und Fabrikbetrieb</b> . . . . .	S 145
10.1	<b>Arbeitsvorbereitung</b> . . . . .	S 146
10.1.1	Fertigungsplanung S 146. – 10.1.2 Fertigungssteuerung S 148.	
10.2	<b>Fertigungssysteme</b> . . . . .	S 151
10.2.1	Das System „Fertigung“ S 151. – 10.2.2 Automatisierung von Handhabungsfunktionen S 151. –	
10.2.3	Transferstraßen und automatische Fertigungslinien S 152. – 10.2.4 Flexible Fertigungssysteme S 153.	
10.3	<b>Qualitätswesen</b> . . . . .	S 153
10.3.1	Aufgaben des Qualitätswesens S 153. – 10.3.2 Prüfmittel für geometrische Größen S 153. –	
10.3.3	Statistische Methoden zur Qualitätssicherung S 154.	
10.4	<b>Betriebliche Kostenrechnung</b> . . . . .	S 155
10.4.1	Grundlagen der betrieblichen Kostenrechnung S 155. – 10.4.2 Kostenartenrechnung S 155. –	
10.4.3	Kostenstellenrechnung und Betriebsabrechnungsbogen S 155. –	
10.4.4	Maschinenstundensatzrechnung S 156. – 10.4.5 Kalkulation S 157.	
10.5	<b>Arbeitswissenschaftliche Grundlagen</b> . . . . .	S 157
<b>11</b>	<b>Anhang S: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	S 160
<b>T</b>	<b>Fördertechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	T 1
1.1	<b>Begriffsbestimmungen</b> . . . . .	T 1
1.2	<b>Die grundlegenden Förderverfahren</b> . . . . .	T 1
1.2.1	Das unsetige Förderverfahren T 1. – 1.2.2 Das stetige Förderverfahren T 2. – 1.2.3 Förderung mit Flurförderzeugen und Gleisfahrzeugen T 2.	
<b>2</b>	<b>Hebezeuge und Krananlagen</b> . . . . .	T 3
2.1	<b>Konstruktionselemente</b> . . . . .	T 3
2.1.1	Ketten T 3. – 2.1.2 Seile T 3. – 2.1.3 Rollen und Trommeln T 6. – 2.1.4 Achsen, Wellen, Lager T 8. – 2.1.5 Kranschiene und Laufräder T 8. – 2.1.6 Gesperre, Bremsen und Bremslüfter T 10. – 2.1.7 Lastenaufnahmemittel T 13.	
2.2	<b>Serienhebezeuge</b> . . . . .	T 16
2.2.1	Flaschenzüge T 16. – 2.2.2 Handwinden T 18.	
2.3	<b>Motorisch angetriebene Wind- und Hubwerke</b> . . . . .	T 19
2.3.1	Motorleistung T 19. – 2.3.2 Stückgutwinden T 19. – 2.3.3 Greiferwinden T 19. – 2.3.4 Laufwinden (Laufkatzen) T 20. – 2.3.5 Sonderausföhrungen T 20.	
2.4	<b>Antriebsmaschinen und Zubehö</b> . . . . .	T 21
2.4.1	Elektromotoren T 21. – 2.4.2 Elektrische Zusatzausrüstung T 22. – 2.4.3 Dieselmotoren T 22. – 2.4.4 Hydraulikantriebe T 22. – 2.4.5 Druckluftantriebe T 22.	
2.5	<b>Krantragwerke</b> . . . . .	T 23
2.5.1	Allgemeines T 23. – 2.5.2 Grundsätze für Stahltragwerke T 23. – 2.5.3 Abnahmeprüfung von Krananlagen T 25.	
2.6	<b>Kranformen</b> . . . . .	T 25
2.6.1	Brückenkrane (Laufkrane) T 25. – 2.6.2 Konsolkrane (Wand-Laufkrane) T 30. – 2.6.3 Bockkrane T 30. – 2.6.4 Verladebrücken T 31. – 2.6.5 Kabelkrane T 33. – 2.6.6 Drehkrane T 34.	
<b>3</b>	<b>Stetigföhrer</b> . . . . .	T 42
3.1	<b>Förderprinzip, Einteilung, Leistungsfähigkeiten</b> . . . . .	T 42
3.2	<b>Stetigföhrer, Zug- und Tragorgan vereinigt (Gurtföhrer)</b> . . . . .	T 43
3.2.1	Gurtarten T 43. – 3.2.2 Berechnungsgrundlagen T 43. – 3.2.3 Konstruktionselemente und Baugruppen T 46.	
3.3	<b>Stetigföhrer, Zug- und Tragorgan getrennt</b> . . . . .	T 50
3.3.1	Gliederföhrer T 50. – 3.3.2 Schneckenföhrer T 54.	
3.4	<b>Stetigföhrer ohne Zugorgan, mit Energiezuföhr (Schwingföhrer)</b> . . . . .	T 55
3.4.1	Schüttelrutschen T 55. – 3.4.2 Schwingrinnen T 55.	

3.5	Stetigförderer ohne Zugorgan und ohne Energiezufuhr (Schwerkraftförderer)	T 57
	3.5.1 Rutschen T 57. – 3.5.2 Rollenbahnen T 57.	
3.6	Strömungsförderer	T 57
	3.6.1 Förderung im Luftstrom T 57. – 3.6.2 Förderung im Wasserstrom T 57. – 3.6.3 Förderung nach dem Lufthebeverfahren T 59. – 3.6.4 Berechnungsgrundlagen zur Strömungsförderung T 59.	
<b>4</b>	<b>Flurförderer</b>	<b>T 60</b>
4.1	Handfahrgeräte	T 60
	4.1.1 Karren T 60. – 4.1.2 Wagen T 60. – 4.1.3 Roller T 60.	
4.2	Motorisch angetriebene Stückgutförderer	T 60
	4.2.1 Wagen W T 61. – 4.2.2 Schlepper Z T 62. – 4.2.3 Gabelstapler T 62. – 4.2.4 Portalhubwagen und -stapler T 64. – 4.2.5 Fahrwiderstände T 64.	
4.3	Motorisch angetriebene Schüttgut-Flurförderer	T 65
	4.3.1 Schaufellader T 65. – 4.3.2 Schürfmäschinen T 67. – 4.3.3 Planiermaschinen T 68.	
<b>5</b>	<b>Lagertechnik</b>	<b>T 69</b>
5.1	Bildung von Ladeeinheiten	T 69
	5.1.1 Packstück T 69. – 5.1.2 Ladehilfsmittel T 70. – 5.1.3 Container T 71.	
5.2	Stückgutlagertechnik	T 71
	5.2.1 Lagersysteme T 71. – 5.2.2 Bauliche Gestaltung von Stückgutlagern (Gebäude) T 72. – 5.2.3 Lagermittel T 72. – 5.2.4 Fördermittel im Lager T 73. – 5.2.5 Handhabungseinrichtungen und Hilfseinrichtungen zur Bildung von Versandeinheiten T 74. – 5.2.6 Automatisierung T 74.	
5.3	Schüttgutlagertechnik	T 75
	5.3.1 Freilager T 75. – 5.3.2 Hallenlager T 75. – 5.3.3 Bunker (Silo) T 76.	
<b>U</b>	<b>Elektrotechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik</b>	<b>U 1</b>
1.1	Elektrischer Strom	U 2
	1.1.1 Wärmewirkung U 2. – 1.1.2 Chemische Wirkung U 2. – 1.1.3 Magnetische Wirkung U 2. – 1.1.4 Kräfte im Magnetfeld U 2. – 1.1.5 Physiologische Wirkungen, elektrischer Unfall U 3.	
1.2	Elektrischer Stromkreis (Gleichstrom)	U 3
	1.2.1 Spannung und Widerstand, Ohmsches Gesetz U 3. – 1.2.2 Leiter, Halbleiter, Isolatoren, Supraleitung U 3. – 1.2.3 Leistung und Arbeit U 4. – 1.2.4 Stromverzweigungen, Kirchhoffsche Gesetze U 4.	
1.3	Magnetische Felder	U 5
	1.3.1 Erzeugung magnetischer Felder U 5. – 1.3.2 Magnetfelder von Spulen U 6. – 1.3.3 Materie im Magnetfeld U 6. – 1.3.4 Ohmsches Gesetz des magnetischen Kreises U 7. – 1.3.5 Energie im Magnetfeld, Hysterese U 7. – 1.3.6 Dauermagnete U 7. – 1.3.7 Magnetische Kräfte U 8. – 1.3.8 Kräfte an stromdurchflossenen Leitern U 8.	
1.4	Elektrische Felder	U 9
	1.4.1 Analogie zu magnetischen Feldern U 9. – 1.4.2 Kondensator, Kapazität U 9. – 1.4.3 Isolierstoffe, Durchschlag U 10. – 1.4.4 Elektrostatische Kräfte U 10. – 1.4.5 Nutzenwendungen elektrischer Felder U 10.	
1.5	Elektromagnetische Schwingungen	U 11
1.6	Erzeugung elektrischer Spannungen	U 12
	1.6.1 Thermospannung, Reibungselektrizität U 12. – 1.6.2 Elektrochemische Spannungserzeugung U 12. – 1.6.3 Elektromagnetische Induktion U 14. – 1.6.4 Sonstige Verfahren U 15.	
1.7	Wechselspannung, Wechselstrom	U 17
	1.7.1 Grundgesetze des Wechselstroms U 17. – 1.7.2 Induktivität im Wechselstromkreis U 18. – 1.7.3 Kapazität im Wechselstromkreis U 19. – 1.7.4 Netzwerke U 19. – 1.7.5 Leistung U 21.	
1.8	Dreiphasensystem, Drehstrom	U 21
	1.8.1 Stern- und Dreieckschaltung U 21. – 1.8.2 Leistung U 22.	
1.9	Schaltvorgänge	U 23
	1.9.1 Schaltvorgänge bei Gleichspannung U 23. – 1.9.2 Schaltvorgänge bei Wechselspannung U 25.	
<b>2</b>	<b>Transformatoren und Wandler</b>	<b>U 25</b>
2.1	Einphasen-Transformatoren	U 25
	2.1.1 Wirkungsweise und Ersatzschaltbild U 25. – 2.1.2 Leerlauf- und Kurzschlussversuch U 26. – 2.1.3 Betriebsverhalten U 26. – 2.1.4 Zeigerdiagramm und komplexe Darstellung U 27. – 2.1.5 Spartransformatoren U 27.	
2.2	Spannungswandler	U 28
2.3	Stromwandler	U 28
2.4	Drehstromtransformatoren	U 28

<b>3</b>	<b>Elektrische Maschinen</b> . . . . .	<b>U 29</b>
3.1	Generator- und Motorbetrieb . . . . .	U 29
3.2	Gleichstrommaschinen . . . . .	U 29
	3.2.1 Aufbau U 29. – 3.2.2 Wirkungsweise U 30. – 3.2.3 Betriebsverhalten U 31.	
3.3	Magnetische Drehfelder in Drehstrommaschinen . . . . .	U 34
3.4	Asynchronmaschinen . . . . .	U 35
	3.4.1 Aufbau U 35. – 3.4.2 Ersatzschaltbild U 35. – 3.4.3 Betriebsverhalten U 36. – 3.4.4 Zeigerdiagramm, Kreisdiagramm U 36. – 3.4.5 Drehzahlsteuerung U 37. – 3.4.6 Kurzschlußläufer U 38. – 3.4.7 Einphasenlauf und Bremsschaltungen U 38. – 3.4.8 Rückgewinnung der Schlupfleistung U 39.	
3.5	Synchronmaschinen . . . . .	U 39
	3.5.1 Aufbau U 39. – 3.5.2 Zeigerdiagramm U 39. – 3.5.3 Betriebsverhalten, Wirk- und Blindleistung U 40. – 3.5.4 Anlauf und Synchronisieren U 40.	
3.6	Drehstromkommutatormaschinen . . . . .	U 40
3.7	Einphasen-Wechselstrom-Motoren . . . . .	U 41
	3.7.1 Kommutator-Motoren U 41. – 3.7.2 Kurzschlußläufer-Motoren U 42.	
3.8	Gemeinsame Kennzeichen elektrischer Maschinen . . . . .	U 43
	3.8.1 Betriebsarten U 43. – 3.8.2 Erwärmung und Isolierstoffklassen U 44. – 3.8.3 Isoliervermögen, Prüfspannungen, Normspannungen U 44. – 3.8.4 Schutzarten U 44. – 3.8.5 Bauformen und Kühlarten U 44. – 3.8.6 Geräusche, Funkentstörung U 45. – 3.8.7 Genormte mechanische Größen U 45. – 3.8.8 Leistungsschilder U 45. – 3.8.9 Wirkungsgrad U 46.	
3.9	Elektromotor und Arbeitsmaschine . . . . .	U 46
	3.9.1 Belastung und Dimensionierung U 46. – 3.9.2 Anlauf unter Last U 46. – 3.9.3 Anlauf mit großen Schwungmassen U 46.	
<b>4</b>	<b>Stromrichter und Verstärker</b> . . . . .	<b>U 47</b>
4.1	Elektrische Ventile . . . . .	U 47
4.2	Stromrichter . . . . .	U 49
	4.2.1 Gleich-, Wechsel- und Umrichter U 49. – 4.2.2 Schaltungen U 49. – 4.2.3 Spannungssteuerung U 50. – 4.2.4 Umkehrstromrichter mit natürlicher Kommutierung U 50. – 4.2.5 Blindstrom 50. – 4.2.6 Stromrichter mit Zwangskommutierung U 51. – 4.2.7 Einsatz von Stromrichtern U 51. – 4.2.8 Spezielle Bauformen von Thyristoren U 52.	
4.3	Verstärker . . . . .	U 52
	4.3.1 Elektronische Verstärker U 52. – 4.3.2 Magnetische Verstärker U 52.	
<b>5</b>	<b>Energieverteilungsanlagen</b> . . . . .	<b>U 53</b>
5.1	Übertragungsverluste . . . . .	U 53
5.2	Kabel und Leitungen . . . . .	U 53
	5.2.1 Aufbau U 53. – 5.2.2 Belastbarkeit U 53. – 5.2.3 Spannungsabfall U 53.	
5.3	Schaltgeräte . . . . .	U 54
	5.3.1 Hochspannungsschaltgeräte (VDE 0670) U 54. – 5.3.2 Niederspannungsschaltgeräte (VDE 0660) U 54.	
5.4	Schutzeinrichtungen . . . . .	U 55
	5.4.1 Störungsarten in elektrischen Netzen U 55. – 5.4.2 Überstromschutz U 55. – 5.4.3 Kurzschlußschutz U 55. – 5.4.4 Schmelzsicherungen U 55. – 5.4.5 Berechnung der Kurzschlußströme (VDE 0102) U 55. – 5.4.6 Selektiver Netzschutz U 56. – 5.4.7 Überspannungsschutz U 57. – 5.4.8 Berührungsschutz U 57. – 5.4.9 Explosions- und Schlagwetterschutz U 58.	
<b>6</b>	<b>Elektrowärme</b> . . . . .	<b>U 59</b>
6.1	Widerstandserwärmung . . . . .	U 59
6.2	Lichtbogen-Erwärmung . . . . .	U 60
	6.2.1 Lichtbogenofen U 60. – 6.2.2 Lichtbogen-Schweißen U 60.	
6.3	Induktive Erwärmung . . . . .	U 60
	6.3.1 Stromverdrängung, Eindringtiefe U 60. – 6.3.2 Aufwölbung der Oberfläche und Bewegungen im Schmelzgut U 61. – 6.3.3 Oberflächenerwärmung U 61. – 6.3.4 Stromversorgung U 61.	
6.4	Dielektrische Erwärmung . . . . .	U 62
<b>7</b>	<b>Anhang U: Diagramme und Tabellen</b> . . . . .	<b>U 62</b>
<b>V</b>	<b>Meßtechnik</b> . . . . .	
<b>1</b>	<b>Grundbegriffe</b> . . . . .	<b>V 1</b>
1.1	Messen . . . . .	V 1
	1.1.1 Grunddefinitionen V 1. – 1.1.2 Meßverfahren V 1	
1.2	Meßfehler . . . . .	V 2
	1.2.1 Darstellung der Meßfehler V 2. – 1.2.2 Fehlerfortpflanzung V 2.	

1.3	Besondere Verfahren . . . . .	V 2
	1.3.1 Zählen V 2. – 1.3.2 Prüfen V 3. – 1.3.3 Klassieren, Sortieren, Dosieren V 3. – 1.3.4 Kalibrieren, Eichen, Justieren V 4.	
<b>2</b>	<b>Elektrische und elektronische Hilfsmittel, Meßgrößenumformung . . . . .</b>	<b>V 4</b>
2.1	Meßgrößenumformung . . . . .	V 4
	2.1.1 Meßfühler V 4. – 2.1.2 Thermische Größen V 8.	
2.2	Meßgrößenumformer und Verstärker . . . . .	V 10
	2.2.1 Signale zur Meßwertübertragung V 10. – 2.2.2 Verstärker für elektrische Größen V 10.	
2.3	Meßwerterfassung . . . . .	V 11
	2.3.1 Analog-Instrumente V 11. – 2.3.2 Digitalinstrumente V 12. – 2.3.3 Oszillographen V 12. – 2.3.4 Schreiber und Drucker V 13.	
<b>3</b>	<b>Maschinentechnische Messungen . . . . .</b>	<b>V 14</b>
3.1	Druck und Flüssigkeitsstand . . . . .	V 14
	3.1.1 Manometer und Barometer V 14. – 3.1.2 Indikatoren V 14.	
3.2	Menge, Geschwindigkeit und Durchfluß . . . . .	V 15
	3.2.1 Wägung V 15. – 3.2.2 Volumen- und Geschwindigkeitsmessung V 15. – 3.2.3 Staugeräte V 16. – 3.2.4 Drosselgeräte V 16. – 3.2.5 Massendurchflußmesser V 18.	
3.3	Kraft, Drehmoment und Drehzahl . . . . .	V 18
	3.3.1 Kraftmessung V 18. – 3.3.2 Drehmomentenmessung V 18. – 3.3.3 Drehzahl V 19.	
3.4	Temperatur, Feuchte und Wärmestrom . . . . .	V 19
	3.4.1 Temperaturmessung V 19. – 3.4.2 Feuchtemessung V 20. – 3.4.3 Kalorimeter V 21. – 3.4.4 Wärmestrommessung V 21.	
3.5	Abgasanalyse . . . . .	V 21
	3.5.1 Chemische Verfahren V 21. – 3.5.2 Physikalische Verfahren V 22.	
3.6	Schallmessungen und Schwingungsmessungen . . . . .	V 23
	3.6.1 Schallmessungen V 23. – 3.6.2 Schwingungsmessung V 23.	
<b>4</b>	<b>Fertigungstechnische Messungen . . . . .</b>	<b>V 23</b>
4.1	Längen- und Winkelmessung . . . . .	V 23
4.2	Oberflächenmessung . . . . .	V 25
4.3	Gewindemessungen . . . . .	V 26
	4.3.1 Gewindelehre V 26. – 4.3.2 Gewindemessung, Methoden V 26. – 4.3.3 Messung des Außendurchmessers V 27. – 4.3.4 Messung des Kerndurchmessers V 27. – 4.3.5 Messung des Flankendurchmessers V 27. – 4.3.6 Messung der Steigung V 27. – 4.3.7 Messung der Teilflankenwinkel V 28.	
4.4	Zahnradmessungen . . . . .	V 28
	4.4.1 Verzahnungsfehler V 28. – 4.4.2 Einzelfehlerprüfung V 28. – 4.4.3 Sammelfehlerprüfung V 29.	
<b>5</b>	<b>Anhang V: Diagramme und Tabellen . . . . .</b>	<b>V 30</b>
<b>W</b>	<b>Regelungstechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundbegriffe . . . . .</b>	<b>W 1</b>
<b>2</b>	<b>Übertragungsverhalten . . . . .</b>	<b>W 2</b>
2.1	Statisches Verhalten . . . . .	W 3
2.2	Übergangsverhalten . . . . .	W 3
	2.2.1 Antwortfunktion W 3. – 2.2.2 Proportionales (P-)Verhalten W 3. – 2.2.3 Integrales (I-)Verhalten W 3. – 2.2.4 Differentiales (D-)Verhalten W 3. – 2.2.5 Verzögertes (PT <sub>1</sub> -)Verhalten 1. Ordnung W 4. – 2.2.6 Verzögertes (PT <sub>2</sub> -)Verhalten 2. Ordnung W 4. – 2.2.7 Verzögerungsverhalten höherer Ordnung W 4. – 2.2.8 Totzeit (T <sub>r</sub> -)Verhalten W 4.	
2.3	Frequenzgang . . . . .	W 5
	2.3.1 Grundbegriffe des Frequenzgangs W 5. – 2.3.2 Frequenzkennlinien W 6.	
<b>3</b>	<b>Regler . . . . .</b>	<b>W 7</b>
3.1	Regler ohne und mit Hilfsenergie . . . . .	W 7
3.2	Grundtypen von stetigen Reglern . . . . .	W 7
	3.2.1 P-Regler W 7. – 3.2.2 I-Regler W 8. – 3.2.3 PI-Regler W 8. – 3.2.4 PD-Regler W 8. – 3.2.5 PID-Regler W 8.	
3.3	Unstetige Regler . . . . .	W 8
<b>4</b>	<b>Grundtypen von Regelstrecken . . . . .</b>	<b>W 10</b>
4.1	P-Regelstrecke . . . . .	W 10

4.2	Regelstrecke ohne und mit Ausgleich	W 10
4.3	Regelstrecken höherer Ordnung	W 11
<b>5</b>	<b>Zusammenwirken von Regler und Regelstrecke</b>	<b>W 11</b>
5.1	Stabilität des Regelkreises	W 12
5.2	Übertragungsverhalten des Regelkreises	W 12
5.3	Anpassung des Reglers an die Regelstrecke	W 12
5.4	Mittel zur Verbesserung der Regelgüte	W 13
<b>6</b>	<b>Ausführung von Reglern</b>	<b>W 13</b>
6.1	Erfassung der Regelgröße	W 14
6.2	Regelgeräte	W 14
6.3	Stellantriebe	W 14
6.4	Ventile und Klappen als Stellglieder	W 15
6.5	Entwicklungstendenzen	W 16
<b>7</b>	<b>Anhang W: Diagramme und Tabellen</b>	<b>W 17</b>

## X Elektronische Datenverarbeitung

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>X 1</b>
1.1	Begriffserläuterungen	X 1
1.2	Analogrechner	X 1
1.3	Digitalrechner	X 1
1.4	Hybridrechner	X 2
1.5	Rechnerkenngrößen	X 2
<b>2</b>	<b>Analogrechnerntechnik</b>	<b>X 3</b>
2.1	Grundlagen	X 3
	2.1.1 Rechenelemente und ihre Symbole X 3. – 2.1.2 Koeffizient X 4. – 2.1.3 Operationsverstärker X 4. – 2.1.4 Umkehrer X 4. – 2.1.5 Summierer X 4. – 2.1.6 Integrierer X 5. – 2.1.7 Multiplizierer X 5. – 2.1.8 Funktionsgeber X 6. – 2.1.9 Komperatoren und Schalter X 6. – 2.1.10 Ein- und Ausgabegeräte X 6. – 2.1.11 Die Rechenschaltung X 6. – 2.1.12 Steuerung und Rechenabläufe X 6. – 2.1.13 Grundsätzliches Verfahren der Programmierung X 6.	
2.2	Aufgaben und Anwendungen	X 7
	2.2.1 Abgrenzung gegenüber Digitalrechnern X 7. – 2.2.2 Typische Anwendungen X 7. – 2.2.3 Spezielle Anwendungen X 10.	
<b>3</b>	<b>Digitalrechnerntechnik</b>	<b>X 12</b>
3.1	Aufbau und Wirkungsweise von Digitalrechnern	X 12
	3.1.1 Aufbau von Digitalrechnern X 12. – 3.1.2 Informationsverarbeitung im Digitalrechner X 13. – 3.1.3 Zahlendarstellung und arithmetische Operationen X 14. – 3.1.4 Komponenten eines Digitalrechners X 16. – 3.1.5 Architektur von Digitalrechnern X 17. – 3.1.6 Periphere Speicher und E/A-Geräte X 17. – 3.1.7 Betriebssystem X 21. – 3.1.8 Betriebssystemarten X 21.	
3.2	Programmieren digitaler Datenverarbeitungsanlagen	X 23
	3.2.1 Einteilung von Programmiersprachen X 23. – 3.2.2 Elemente von Programmiersprachen X 23. – 3.2.3 Datenstrukturen X 24. – 3.2.4 Übersetzen einer Programmiersprache X 26. – 3.2.5 Ausgewählte Programmiersprachen X 26. – 3.2.6 Hilfsmittel der Programmierung X 29. – 3.2.7 Methoden der Programmentwicklung X 30. – 3.2.8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen X 33.	
3.3	Aufgaben und Anwendungen	X 34
	3.3.1 Berechnungsprogramme X 34. – 3.3.2 Simulationsprogramme X 35. – 3.3.3 Programme zur Informationsspeicherung X 36. – 3.3.4 Programme zur Zeichnungserstellung X 36. – 3.3.5 Programme zur Gestaltung X 38. – 3.3.6 Programme zur Arbeitsplanerstellung und NC-Programmierung X 39. – 3.3.7 Programme zur Prozeßsteuerung X 39.	
<b>4</b>	<b>Anhang X: Diagramme und Tabellen</b>	<b>X 43</b>

### Anhang. Allgemeine Tabellen.

1. Physikalische Konstanten Anh. 1. – 2. Einheitensysteme: SI-(MKS-), CGS-, m kp s- und f p s-System Anh. 1. – 3. Die wichtigsten Einheiten im SI- (MKS-) und m kp s-System und ihre Umrechnung Anh. 1. – 4. Umrechnung der wichtigsten Einheiten des f p s- in das SI-System Anh. 2. – 5. Überschlagswerte zur Umrechnung vom m kp s- in das SI-

System Anh. 2. – 6. Namen und Abkürzungen englischer Einheiten Anh. 2. – 7. Vorsätze für Einheiten Anh. 2. – 8. Römisches Zahlensystem Anh. 2. – 9. Große Zahlenwerte Anh. 2. – 10. Grundbegriffe und Grundgrößen der Kernphysik Anh. 3. – 11. Ältere Einheiten der Kerntechnik und ihre Umrechnung Anh. 3. – 12. Grundgrößen der Lichttechnik Anh. 4. – 13. Ältere Einheiten der Lichttechnik und ihre Umrechnung Anh. 3. – 14. Die wichtigsten Schadstoffe und ihre Kennwerte Anh. 4. – 15. Periodisches System der Elemente mit Ordnungszahl, Symbol, Namen und relativer Atommasse Anh. 6. – 16. Wichtige chemische Verbindungen Anh. 7. – 17. Die wichtigsten Größen der Schalltechnik Anh. 8. – 18. Angenäherte akustische Wirkungsgrade Anh. 8. – 19. Immissionsrichtwerte nach der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ TA-Lärm (1968) Anh. 9. – 20. Umrechnung von dB in Druck- oder Leistungs-(Druckquadrat-)verhältnisse und umgekehrt Anh. 9. – 21. Alphabete Anh. 9. – 22. Einige Buchstabenwörter (Akronyme) und Grundbegriffe Anh. 10. – Bezugsquellen für Technische Regelwerke Anh. 12. – Die wichtigsten ausländischen Normen Anh. 12.

**Sachverzeichnis** . . . . . 1