

Dubbel

Taschenbuch für den Maschinenbau

Achtzehnte Auflage

Herausgegeben von

W. Beitz und K.-H. Küttner

Mit 2608 Bildern und 513 Tabellen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork London
Paris Tokyo HongKong Barcelona Budapest

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Benutzung	XL
Chronik des Taschenbuchs	XLII
Biographische Daten über H. Dubbel	XLII

A Mathematik

1 Mengen, Funktionen und Boolesche Algebra	A3
1.1 Mengen	A3
1.1.1 Mengenbegriff A3. — 1.1.2 Mengenrelationen A3. — 1.1.3 Mengenverknüpfungen A3. — 1.1.4 Das kartesische oder Kreuzprodukt A3.	
1.2 Funktionen	A4
1.3 Boolesche Algebra	A4
1.3.1 Grundbegriffe A4. — 1.3.2 Zweielementige Boolesche Algebra A5.	
2 Zahlen	A6
2.1 Reelle Zahlen	A6
2.1.1 Einführung A6. — 2.1.2 Grundgesetze der reellen Zahlen A6. — 2.1.3 Der absolute Betrag A7. — 2.1.4 Mittelwerte und Ungleichungen A7. — 2.1.5 Potenzen, Wurzeln und Logarithmen A7. — 2.1.6 Zahlendarstellung in Stellenwertsystemen A7. — 2.1.7 Endliche Folgen und Reihen. Binomischer Lehrsatz A8. — 2.1.8 Unendliche reelle Zahlenfolgen und Zahlenreihen A8.	
2.2 Komplexe Zahlen	A9
2.2.1 Komplexe Zahlen und ihre geometrische Darstellung A9. — 2.2.2 Addition und Multiplikation A 10. — 2.2.3 Darstellung in Polarkoordinaten. Absoluter Betrag A 10. — 2.2.4 Potenzen und Wurzeln A 10.	
2.3 Gleichungen	A10
2.3.1 Algebraische Gleichungen A 10. — 2.3.2 Polynome A11. — 2.3.3 Transzendente Gleichungen A 12.	
3 Lineare Algebra	A12
3.1 Vektoralgebra	A12
3.1.1 Vektoren und ihre Eigenschaften A 12. — 3.1.2 Lineare Abhängigkeit und Basis A13. — 3.1.3 Koordinatendarstellung von Vektoren A13. — 3.1.4 Inneres oder skalares Produkt A14. — 3.1.5 Äußeres oder vektorielles Produkt A 14. - 3.1.6 Spatprodukt A15. - 3.1.7 Entwicklungssatz und mehrfache Produkte A15.	
3.2 Der reelle n-dimensionale Vektorraum \mathbf{R}^n	A15
3.2.1 Der reelle Euklidische Raum A15. — 3.2.2 Determinanten A 16. — 3.2.3 Cramer-Regel A 17. — 3.2.4 Matrizen und lineare Abbildungen A 17. — 3.2.5 Lineare Gleichungssysteme A 19.	
4 Geometrie	A20
4.1 Planimetrie	A20
4.1.1 Punkt, Gerade, Strahl, Strecke, Streckenzug A20. — 4.1.2 Orientierung einer Ebene A20. — 4.1.3 Winkel A21. - 4.1.4 Strahlensätze A21. - 4.1.5 Ähnlichkeit A21. - 4.1.6 Teilung von Strecken A22. — 4.1.7 Pythagoreische Sätze A22.	
4.2 Trigonometrie	A23
4.2.1 Goniometrie A23. — 4.2.2 Berechnung von Dreiecken und Flächen A26.	
4.3 Stereometrie	A27
4.3.1 Punkt, Gerade und Ebene im Raum A27. — 4.3.2 Körper, Volumenmessung A29. — 4.3.3 Polyeder A29. — 4.3.4 Oberfläche und Volumen von Polyedern A29. - 4.3.5 Oberfläche und Volumen von einfachen Rotationskörpern A29. — 4.3.6 Guldinsche Regeln A29.	
4.4 Darstellende Geometrie	A29
4.4.1 Vergleich der Projektionsarten A32. - 4.4.2 Orthogonale Zweitafelprojektion A33. - 4.4.3 Axonometrische Projektionen A34.	
4.5 Methoden zur Darstellung analytisch nicht beschreibbarer geometrischer Objekte	A36
4.5.1 Problemstellung A36. — 4.5.2 Darstellung einer Raumkurve durch n+1 Stützpunkte mit Hilfe von Spline-Funktionen A36. — 4.5.3 Bezier-Kurven A 37. — 4.5.4 B-spline-Kurven A 38. — 4.5.5 Flächendarstellung A39.	

X Inhaltsverzeichnis

5	Analytische Geometrie	A40
5.1	Analytische Geometrie der Ebene.	A40
	5.1.1 Das kartesische Koordinatensystem A40. — 5.1.2 Strecke A40. — 5.1.3 Dreieck A41. — 5.1.4 Winkel A41. — 5.1.5 Gerade A41. - 5.1.6 Koordinatentransformationen A42. — 5.1.7 Kegelschnitte A42. - 5.1.8 Allgemeine Kegelschnittgleichung A45.	
5.2	Analytische Geometrie des Raumes.	A46
	5.2.1 Das kartesische Koordinatensystem A46. - 5.2.2 Strecke A46. - 5.2.3 Dreieck und Tetra- eder A47. — 5.2.4 Gerade A47. — 5.2.5 Ebene A48. — 5.2.6 Koordinatentransformationen A48.	
6	Differential- und Integralrechnung	A49
6.1	Reellwertige Funktionen einer reellen Variablen	A49
	6.1.1 Grundbegriffe A49. - 6.1.2 Grundfunktionen A50. — 6.1.3 Einteilung der Funktionen A51. — 6.1.4 Grenzwert und Stetigkeit A51. — 6.1.5 Ableitung einer Funktion A52. — 6.1.6 Differentiale A53. — 6.1.7 Sätze über differenzierbare Funktionen A53. — 6.1.8 Monotonie, Konvexität und Extrema von differenzierbaren Funktionen A54. — 6.1.9 Grenzwertbestimmung durch Differenzieren. Regel von de l'Hospital A55. — 6.1.10 Das bestimmte Integral A55. — 6.1.11 Integralfunktion, Stammfunktion und Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung A56. — 6.1.12 Das unbestimmte Integral A56. — 6.1.13 Integrationsmethoden A57. — 6.1.14 Integration rationaler Funktionen A57. — 6.1.15 Integration von irrationalen algebraischen und transzendenten Funktionen A58. — 6.1.16 Uneigentliche Integrale A59. — 6.1.17 Geometrische Anwendungen der Differential- und Integralrechnung A59. — 6.1.18 Unendliche Funktionenrei- hen A59.	
6.2	Reellwertige Funktionen mehrerer reeller Variablen.	A63
	6.2.1 Grundbegriffe A63. — 6.2.2 Grenzwerte und Stetigkeit A64. - 6.2.3 Partielle Ableitungen A64. — 6.2.4 Integraldarstellung von Funktionen und Doppelintegrale A67. — 6.2.5 Flächen- und Raumintegrale A67.	
7	Kurven und Flächen, Vektoranalysis	A69
7.1	Kurven in der Ebene.	A69
	7.1.1 Grundbegriffe A69. - 7.1.2 Tangenten und Normalen A70. - 7.1.3 Bogenlänge A71. — 7.1.4 Krümmung A71. — 7.1.5 Einhüllende einer Kurvenschar A72. — 7.1.6 Spezielle ebene Kurven A73. — 7.1.7 Kurvenintegrale A75.	
7.2	Kurven im Raum.	A77
	7.2.1 Grundbegriffe A77. — 7.2.2 Tangente und Bogenlänge A77. — 7.2.3 Kurvenintegrale A77.	
7.3	Fläche.	A78
	7.3.1 Grundbegriffe A78. - 7.3.2 Tangentialebene A78. - 7.3.3 Oberflächenintegrale A79.	
7.4	Vektoranalysis.	A79
	7.4.1 Grundbegriffe A79. - 7.4.2 Der $V(\text{Nabla})$ -Operator A80. - 7.4.3 Integralsätze A81.	
8	Differentialgleichungen	A81
8.1	Gewöhnliche Differentialgleichungen.	A81
	8.1.1 Grundbegriffe A81. - 8.1.2 Differentialgleichung 1. Ordnung A82. - 8.1.3 Differentialglei- chungen n -ter Ordnung A83. — 8.1.4 Lineare Differentialgleichungen A84. — 8.1.5 Lineare Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten A84. — 8.1.6 Systeme von linearen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten A86. — 8.1.7 Randwertaufgabe A87. — 8.1.8 Eigenwertaufgabe A88.	
8.2	Partielle Differentialgleichungen.	A88
	8.2.1 Lineare partielle Differentialgleichungen 2. Ordnung A88. — 8.2.2 Trennung der Veränderlichen A89. — 8.2.3 Anfangs- und Randbedingungen A89.	
9	Auswertung von Beobachtungen und Messungen	A90
9.1	Kombinatorik.	A90
	9.1.1 Permutationen A90. - 9.1.2 Variationen A90. — 9.1.3 Kombinationen A91.	
9.2	Fehlerrechnung.	A91
	9.2.1 Fehlerarten A91. — 9.2.2 Fehlerfortpflanzung bei systematischen Fehlern A91.	
9.3	Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate.	A92
	9.3.1 Grundlagen A92. — 9.3.2 Ausgleich direkter Messungen gleicher Genauigkeit A92. — 9.3.3 Fehlerfortpflanzung bei zufälligen Fehlergrößen A93. — 9.3.4 Ausgleich direkter Messungen ungleicher Genauigkeit A93.	
9.4	Wahrscheinlichkeitsrechnung.	A93
	9.4.1 Definitionen und Rechengesetze der Wahrscheinlichkeit A94. — 9.4.2 Zufallsvariable und Verteilungsfunktion A95. — 9.4.3 Parameter der Verteilungsfunktion A96. — 9.4.4 Einige spezi- elle Verteilungsfunktionen A97.	
9.5	Statistik.	A97
	9.5.1 Häufigkeitsverteilung A97. — 9.5.2 Arithmetischer Mittelwert, Varianz und Standardabweichung A100. — 9.5.3 Regression und Korrelation A101.	
10	Praktische Mathematik	A102
10.1	Graphische Darstellung von Funktionen	A102
	10.1.1 Graph einer Funktion A102. - 10.1.2 Funktionsskalen A102. - 10.1.3 Funktionskurven in ebenen, rechtwinkligen Koordinatensystemen (Diagramme) A102.	

10.2	Einführung in die Nomographie.	A 103
10.2.1	Nomogramme für zwei Veränderliche A 103. — 10.2.2 Nomogramme für drei Veränderliche A 103. — 10.2.3 Nomogramme für mehr als drei Veränderliche A 106.	
10.3	Numerische Berechnung von Wurzeln nichtlinearer Gleichungen.	A 106
10.3.1	Methode der schrittweisen Näherung (Iterationsverfahren) A 106. — 10.3.2 Newtonsches Näherungsverfahren A 106. — 10.3.3 Sekantenverfahren und Regula falsi A 107. — 10.3.4 Konvergenzordnung A 107. — 10.3.5 Probleme der Genauigkeit A 107.	
10.4	Interpolationsverfahren.	A 108
10.4.1	Aufgabenstellung, Existenz und Eindeutigkeit der Lösung A 108. — 10.4.2 Ansatz nach Lagrange A 108. — 10.4.3 Ansatz nach Newton A 108. — 10.4.4 Polynomrechnung nach dem Horner-Schema A 109.	
10.5	Auflösung linearer Gleichungen.	AHO
10.5.1	Gaußsches Eliminationsverfahren AHO.	
10.6	Integrationsverfahren.	A 111
10.6.1	Newton-Cotes-Formeln A 111. — 10.6.2 Graphisches Integrationsverfahren A 112. — 10.6.3 Differenzenoperatoren A 113.	
10.7	Numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungen.	A 114
10.7.1	Aufgabenstellung des Anfangswertproblems A 114. — 10.7.2 Das Eulersche Streckenzugverfahren A 114. - 10.7.3 Runge-Kutta-Verfahren A 115.	
10.8	Lineare Optimierung.	A 115
10.8.1	Graphisches Verfahren für zwei Variablen A 116. - 10.8.2 Simplexverfahren A 116. - 10.8.3 Parametrische lineare Optimierung A 119.	
10.9	Nichtlineare Optimierung.	A 120
10.9.1	Problemstellung A 120. — 10.9.2 Einige spezielle Algorithmen A 120.	
11	Anhang A: Diagramme und Tabellen.	A 122
B	Mechanik	
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 Kräfteystem 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 (Kettenlinie) B 12. — 1.9.2 Seil unter konstanter Streckenlast B 12. - 1.9.3 Seil mit Einzellast B 13.	
1.10	Schwerpunkt (Massenmittelpunkt).	B 13
1.11	Reibung.	B 15
1.11.1	Haft- und Gleitreibung B 15. — 1.11.2 Anwendungen zur Haft- und Gleitreibung B 16. — 1.11.3 Rollwiderstand B 17. - 1.11.4 Widerstand an Seilrollen B 17.	
2	Kinematik.	B 17
2.1	Bewegung eines Punktes.	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 21
2.2.1	Translation (Parallelverschiebung, Schiebung) B 21. — 2.2.2 Rotation (Drehbewegung, Drehung) B 21. — 2.2.3 Allgemeine Bewegung des starren Körpers B 21.	
3	Kinetik.	B 25
3.1	Energetische Grundbegriffe - Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad.	B 25

XII Inhaltsverzeichnis

3.2 Kinetik des Massenpunkts und des translatorisch bewegten Körpers B 26
3.2.1 Dynamisches Grundgesetz von Newton (2. Newtonsches Axiom) B26. — 3.2.2 Arbeits- und Energiesatz B27. — 3.2.3 Impulssatz B27. — 3.2.4 Prinzip von d'Alembert und geführte Bewegungen B27. — 3.2.5 Impulsmomenten- (Flächen-) und Drehimpulssatz B28.

3.3 Kinetik des Massenpunktsystems B 28
3.3.1 Schwerpunktsatz B28. — 3.3.2 Arbeits- und Energiesatz B28. — 3.3.3 Impulssatz B28. — 3.3.4 Prinzip von d'Alembert und geführte Bewegungen B29. — 3.3.5 Impulsmomenten- und Drehimpulssatz B29. — 3.3.6 Lagrangesche Gleichungen B30. — 3.3.7 Prinzip von Hamilton B30. — 3.3.8 Systeme mit veränderlicher Masse B30.

3.4 Kinetik starrer Körper. B 30
3.4.1 Rotation eines starren Körpers um eine feste Achse B31. — 3.4.2 Allgemeines über Massenträgheitsmomente B31. — 3.4.3 Allgemeine ebene Bewegung starrer Körper B33. — 3.4.4 Allgemeine räumliche Bewegung B34.

3.5 Kinetik der Relativbewegung B 35

3.6 Der Stoß B36
3.6.1 Gerader zentraler Stoß B36. - 3.6.2 Schiefer zentraler Stoß B36. - 3.6.3 Exzentrischer Stoß B37. - 3.6.4 Drehstoß B37.

4 **Schwingungslehre** B37

4.1 Systeme mit einem Freiheitsgrad B37
4.1.1 Freie ungedämpfte Schwingung B37. — 4.1.2 Freie gedämpfte Schwingung B38. — 4.1.3 Ungedämpfte erzwungene Schwingung B39. — 4.1.4 Gedämpfte erzwungene Schwingung B39. — 4.1.5 Kritische Drehzahl und Biegeschwingung der einfach besetzten Welle B40.

4.2 Systeme mit mehreren Freiheitsgraden (Koppelschwingungen). B40
4.2.1 Freie Schwingung mit zwei und mehr Freiheitsgraden B40. — 4.2.2 Erzwungene Schwingung mit zwei und mehr Freiheitsgraden B41. — 4.2.3 Berechnung von Eigenfrequenzen ungedämpfter Systeme B42. — 4.2.4 Schwingungen der Kontinua B42.

4.3 Nichtlineare Schwingungen. B43
4.3.1 Schwinger mit nichtlinearer Federkennlinie oder Rückstellkraft B44. — 4.3.2 Schwingungen mit periodischen Koeffizienten (rheoliner Schwingungen) B44.

5 **Hydrostatik (Statik der Flüssigkeiten)** B 45

6 **Hydro- und Aerodynamik (Strömungslehre, Dynamik der Fluide)** B 46

6.1 Eindimensionale Strömungen idealer Flüssigkeiten. B47
6.1.1 Anwendungen der Bernoullischen Gleichung für den stationären Fall B47. — 6.1.2 Anwendung der Bernoullischen Gleichung für den instationären Fall B48.

6.2 Eindimensionale Strömungen zäher Newtonscher Flüssigkeiten (Rohrhydraulik). B48
6.2.1 Stationäre laminare Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B48. — 6.2.2 Stationäre turbulente Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B49. — 6.2.3 Strömung in Leitungen mit nicht vollkreisförmigen Querschnitten B50. — 6.2.4 Strömungsverluste durch spezielle Rohrleitungselemente und Einbauten B 50. — 6.2.5 Stationärer Ausfluß aus Behältern B 52. — 6.2.6 Stationäre Strömung durch offene Gerinne B 53. — 6.2.7 Instationäre Strömung zäher Newtonscher Flüssigkeiten B53. - 6.2.8 Der freie Strahl B53.

6.3 Eindimensionale Strömung Nicht-Newtonscher Flüssigkeiten. B 53

6.4 Kraftwirkungen strömender inkompressibler Flüssigkeiten. B 54
6.4.1 Impulssatz B54. — 6.4.2 Anwendungen B54.

6.5 Mehrdimensionale Strömung idealer Flüssigkeiten B 55
6.5.1 Allgemeine Grundgleichungen B55. — 6.5.2 Potentialströmungen B56.

6.6 Mehrdimensionale Strömung zäher Flüssigkeiten. B 57
6.6.1 Bewegungsgleichungen von Navier-Stokes B57. — 6.6.2 Einige Lösungen für kleine Reynoldssche Zahlen (laminare Strömung) B 58. — 6.6.3 Grenzschichttheorie B 58. — 6.6.4 Strömungswiderstand von Körpern B59. — 6.6.5 Tragflügel und Schaufeln B60. — 6.6.6 Schaufeln und Profile im Gitterverband B62.

7 **Ähnlichkeitsmechanik** B63

7.1 Allgemeines. B63

7.2 Ähnlichkeitsgesetze (Modellgesetze). B63
7.2.1 Statische Ähnlichkeit B63. — 7.2.2 Dynamische Ähnlichkeit B64. — 7.2.3 Thermische Ähnlichkeit B65. — 7.2.4 Analyse der Einheiten (Dimensionsanalyse) und Π -Theorem B65.

8 **Spezielle Literatur.** B 65

C Festigkeitslehre

1 **Allgemeine Grundlagen** C1

1.1 Spannungen und Verformungen. C1
1.1.1 Spannungen C 1. — 1.1.2 Verformungen C3. — 1.1.3 Formänderungsarbeit C4.

1.2 Festigkeitsverhalten der Werkstoffe. C4

1.3	Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannungen.	C6
	1.3.1 Normalspannungshypothese C6. — 1.3.2 Schubspannungshypothese C6. —	
	1.3.3 Gestaltänderungsenergiehypothese C6. — 1.3.4 Erweiterte Schubspannungshypothese C6. —	
	1.3.5 Anstrengungsverhältnis nach Bach C6.	
2	Beanspruchung stabförmiger Bauteile.	C7
2.1	Zug- und Druckbeanspruchung.	C7
	2.1.1 Stäbe mit konstantem Querschnitt und konstanter Längskraft C7. — 2.1.2 Stäbe mit	
	veränderlicher Längskraft C7. — 2.1.3 Stäbe mit veränderlichem Querschnitt C7. — 2.1.4 Stäbe	
	mit Kerben C7. — 2.1.5 Stäbe unter Temperatureinfluß C7.	
2.2	Abscherbeanspruchung.	C7
2.3	Flächenpressung und Lochleibung.	C8
	2.3.1 Ebene Flächen C8. — 2.3.2 Gewölbte Flächen C8.	
2.4	Biegebeanspruchung.	C8
	2.4.1 Schnittlasten: Normalkraft, Querkraft, Biegemoment C8. — 2.4.2 Schnittlasten am geraden	
	Träger in der Ebene C8. — 2.4.3 Schnittlasten an abgewinkelten und gekrümmten ebenen	
	Trägern C11. — 2.4.4 Schnittlasten an räumlichen Trägern C12. — 2.4.5 Biegespannungen in ge-	
	raden Balken C12. — 2.4.6 Schubspannungen und Schubmittelpunkt am geraden Träger C16. —	
	2.4.7 Biegespannungen in stark gekrümmten Trägern C18. — 2.4.8 Durchbiegung von Trägern	
	C19. — 2.4.9 Formänderungsarbeit bei Biegung und Energiemethoden zur Berechnung von Ein-	
	zeldurchbiegungen C25.	
2.5	Torsionsbeanspruchung.	C27
	2.5.1 Stäbe mit Kreisquerschnitt und konstantem Durchmesser C27. — 2.5.2 Stäbe mit Kreis-	
	querschnitt und veränderlichem Durchmesser C27. — 2.5.3 Dünnwandige Hohlquerschnitte	
	(Bredtsche Formeln) C27. — 2.5.4 Stäbe mit beliebigem Querschnitt C29. —	
	2.5.5 Wölbkrafttorsion C30.	
2.6	Zusammengesetzte Beanspruchung.	C30
	2.6.1 Biegung und Längskraft C30. — 2.6.2 Biegung und Schub C31. — 2.6.3 Biegung und Torsion	
	C31. — 2.6.4 Längskraft und Torsion C31. — 2.6.5 Schub und Torsion C31. — 2.6.6 Bie-	
	gung mit Längskraft sowie Schub und Torsion C31.	
2.7	Statisch unbestimmte Systeme.	C31
3	Elastizitätstheorie.	C34
3.1	Allgemeines.	C34
3.2	Der rotationssymmetrische Spannungszustand.	C35
3.3	Der ebene Spannungszustand.	C35
4	Beanspruchung bei Berührung zweier Körper (Hertzsche Formeln).	C36
4.1	Kugel.	C36
4.2	Zylinder.	C37
4.3	Beliebig gewölbte Fläche.	C37
5	Flächentragwerke.	C37
5.1	Platten.	C37
	5.1.1 Rechteckplatten C38. — 5.1.2 Kreisplatten C38. — 5.1.3 Elliptische Platten C38.	
	— 5.1.4 Gleichseitige Dreieckplatte C38. — 5.1.5 Temperaturspannungen in Platten C39.	
5.2	Scheiben.	C39
	5.2.1 Volle Kreisscheibe C39. — 5.2.2 Ringförmige Scheibe C39. — 5.2.3 Unendlich aus-	
	gedehnte Scheibe mit Bohrung C39. — 5.2.4 Keilförmige Scheibe unter Einzelkräften C39.	
5.3	Schalen.	C39
	5.3.1 Biegeschlaffe Rotationsschalen und Membrantheorie für Innendruck C39. — 5.3.2 Biege-	
	steife Schalen C40.	
6	Dynamische Beanspruchung umlaufender Bauteile durch Fliehkräfte.	C41
6.1	Umlaufender Stab.	C41
6.2	Umlaufender dünnwandiger Ring oder Hohlzylinder.	C41
6.3	Umlaufende Scheiben.	C41
	6.3.1 Vollscheibe konstanter Dicke C41. — 6.3.2 Ringförmige Scheibe konstanter Dicke C41. —	
	6.3.3 Scheiben gleicher Festigkeit C41. — 6.3.4 Scheiben veränderlicher Dicke C42. — 6.3.5 Um-	
	laufender dickwandiger Hohlzylinder C42.	
7	Stabilitätsprobleme.	C42
7.1	Knickung.	C42
	7.1.1 Knicken im elastischen (Euler-)Bereich C42. — 7.1.2 Knicken im unelastischen (Tetmajer-)	
	Bereich C43. — 7.1.3 Das to-Verfahren C43. — 7.1.4 Näherungsverfahren zur Knicklastbe-	
	rechnung C44. — 7.1.5 Stäbe bei Änderung des Querschnitts bzw. der Längskraft C44. —	
	7.1.6 Knicken von Ringen, Rahmen und Stabsystemen C44. — 7.1.7 Biegedrillknicken C44.	

7.2	Kippung	C45
7.2.1	Träger mit Rechteckquerschnitt C45. - 7.2.2 Träger mit I-Querschnitt C45.	
7.3	Beulung	C45
7.3.1	Beulen von Platten C45. — 7.3.2 Beulen von Schalen C46. — 7.3.3 Beulspannungen im unelastischen (plastischen) Bereich C47.	
8	Methode der Finken Elemente und der Randelemente	C47
8.1	Finite Elemente.	C47
8.2	Randelemente.	C50
9	Plastizitätstheorie	C52
9.1	Allgemeines.	C52
9.2	Anwendungen.	C53
9.2.1	Biegung des Rechteckbalkens C53. — 9.2.2 Räumlicher und ebener Spannungszustand C53.	
10	Anhang C: Diagramme und Tabellen	C55
11	Spezielle Literatur	C65
D	Thermodynamik	
1	Aufgaben der Thermodynamik. Grundbegriffe	D1
1.1	Systeme, Systemgrenzen, Umgebung.	D1
1.2	Beschreibung des Zustands eines Systems. Thermodynamische Prozesse	D1
2	Temperaturen, Gleichgewichte	D2
2.1	Adiabate und diatherme Wände.	D2
2.2	Nullter Hauptsatz und empirische Temperatur.	D2
2.3	Temperaturskalen	D2
2.3.1	Die Internationale Praktische Temperaturskala D3.	
3	Erster Hauptsatz	D3
3.1	Allgemeine Formulierung	D3
3.2	Die verschiedenen Energieformen	D4
3.2.1	Arbeit D4. - 3.2.2 Innere Energie D5. - 3.2.3 Wärme D5.	
3.3	Anwendung auf geschlossene Systeme.	D5
3.4	Anwendung auf offene Systeme.	D5
3.4.1	Stationäre Prozesse D5. - 3.4.2 Instationäre Prozesse D6.	
4	Zweiter Hauptsatz	D6
4.1	Das Prinzip der Irreversibilität.	D6
4.2	Allgemeine Formulierung	D6
4.3	Spezielle Formulierungen.	D7
4.3.1	Adiabate Systeme D7. — 4.3.2 Systeme mit Wärmezufuhr D7.	
5	Exergie und Anergie	D7
5.1	Exergie eines geschlossenen Systems.	D7
5.2	Anergie.	D8
5.3	Exergie eines offenen Systems.	D8
5.4	Exergie einer Wärme.	D8
5.5	Exergieverluste.	D8
6	Stoffthermodynamik	D9
6.1	Thermische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen.	D9
6.1.1	Ideale Gase D9. — 6.1.2 Gaskonstante und Gesetz von Avogadro D9. — 6.1.3 Reale Gase D9. - 6.1.4 Dämpfe D 10.	
6.2	Kalorische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen.	DU
6.2.1	Ideale Gase DU. - 6.2.2 Reale Gase und Dämpfe DU.	
6.3	Feste Stoffe.	D12
6.3.1	Wärmedehnung fester Stoffe D12. — 6.3.2 Schmelz- und Sublimationsdruckkurve D13. — 6.3.3 Kalorische Zustandsgrößen D13.	
6.4	Mischtemperatur. Bestimmung von spez. Wärmekapazitäten.	D13

7	Zustandsänderungen von Gasen und Dämpfen	D13
7.1	Zustandsänderungen ruhender Gase und Dämpfe.	D13
7.2	Zustandsänderungen strömender Gase und Dämpfe.	D14
	7.2.1 Strömung idealer Gase D 15. — 7.2.2 Düsen und Diffusorströmung D15.	
8	Thermodynamische Prozesse	D16
8.1	Verbrennungsprozesse.	D16
	8.1.1 Reaktionsgleichungen D 16. — 8.1.2 Heizwert und Brennwert D16. — 8.1.3 Verbrennungstemperatur D 17.	
8.2	Verbrennungskraftanlagen.	D17
8.3	Kreisprozesse.	D18
	8.3.1 Carnot-Prozeß D 18. - 8.3.2 Wärmekraftanlagen D 19.	
8.4	Kühlen und Heizen.	D21
	8.4.1 Kompressionskälteanlage D21. — 8.4.2 Kompressionswärmepumpe D22. — 8.4.3 Kraft-Wärme-Kopplung D22.	
9	Gemische idealer Gase	D 22
9.1	Gesetz von Dalton. Thermische und kalorische Zustandsgrößen.	D22
9.2	Gas-Dampf-Gemische.	D23
9.3	Feuchte Luft	D 23
	9.3.1 Mollier-Diagramm der feuchten Luft D24. — 9.3.2 Zustandsänderungen feuchter Luft D24.	
10	Wärmeübertragung	D25
10.1	Stationäre Wärmeleitung.	D25
10.2	Wärmeübergang und Wärmedurchgang.	D 26
10.3	Nichtstationäre Wärmeleitung.	D 27
	10.3.1 Der halbunendliche Körper D27. — 10.3.2 Zwei halbunendliche Körper in thermischem Kontakt D28. — 10.3.3 Temperaturnausgleich in einfachen Körpern D28.	
10.4	Wärmeübergang durch Konvektion.	D 29
	10.4.1 Wärmeübergang ohne Phasenumwandlung D29. — 10.4.2 Wärmeübergang beim Kondensieren und beim Sieden D31. — 10.5 Wärmeübertragung durch Strahlung D32. — 10.5.1 Gesetz von Stefan-Boltzmann D32. — 10.5.2 Kirchhoffsches Gesetz D32. - 10.5.3 Wärmeaustausch durch Strahlung D32. — 10.5.4 Gasstrahlung D33.	
11	Anhang D: Diagramme und Tabellen	D33
12	Spezielle Literatur	D47
E	Werkstofftechnik	
1	Grundlagen der Werkstoff- und Bauteileigenschaften	E 2
1.1	Belastungs- und Beanspruchungsfälle.	E2
	1.1.1 Grundlastfälle E2. — 1.1.2 Belastungsfälle an kräftegebundenen Oberflächen E2. — 1.1.3 Belastungszustände durch Eigenspannungen E2.	
1.2	Versagensursachen	E3
	1.2.1 Versagen durch mechanische Beanspruchungen E3. — 1.2.2 Festigkeitshypothesen E5. — 1.2.3 Versagen unter komplexen Beanspruchungen E5.	
1.3	Werkstoffkennwerte für die Konstruktion.	E6
	1.3.1 Statische Beanspruchungen E6. — 1.3.2 Schwingbeanspruchungen E6. — 1.3.3 Zähigkeits- und Bruchzähigkeits-Kennwerte E8.	
1.4	Einfluß des Werkstoffaufbaus, der Fertigungsverfahren und der Umgebungseinflüsse auf das Festigkeits- und Zähigkeits-Verhalten.	E 9
	1.4.1 Metallurgische Einflüsse E 10. — 1.4.2 Technologische Einflüsse E 10. — 1.4.3 Oberflächeneinflüsse E11. — 1.4.4 Umgebungseinflüsse E11.	
1.5	Festigkeitseigenschaften und konstruktive Gestaltung.	E12
	1.5.1 Gestalteinfluß auf statische Festigkeitseigenschaften E 12. - 1.5.2 Gestalteinfluß auf Schwingfestigkeitseigenschaften E 13.	
1.6	Tragfähigkeit von Bauteilen.	E15
	1.6.1 Statische Belastung E15. — 1.6.2 Bauteil-Tragfähigkeit unter Einstufen-Schwingbelastung E 15. — 1.6.3 Bauteil-Tragfähigkeit unter zufallsbedingten Last-Zeit-Funktionen (Betriebsfestigkeit) E 16. — 1.6.4 Bauteil-Tragfähigkeit unter Zeitstandbeanspruchung E 17. — 1.6.5 Anhaltswerte für Sicherheiten E 18.	
2	Werkstoffprüfung	E18
2.1	Grundlagen.	E18
	2.1.1 Probenentnahme E 19. — 2.1.2 Versuchsauswertung E 19.	

2.2	Prüfverfahren	E20
	2.2.1 Zugversuch E21. - 2.2.2 Druckversuch E21. - 2.2.3 Biegeversuch E22. - 2.2.4 Härteprüfverfahren E22. — 2.2.5 Kerbschlag-Biegeversuch E23. — 2.2.6 Bruchmechanische Prüfungen E24. — 2.2.7 Chemische und physikalische Analysemethoden E25. — 2.2.8 Metallographische Untersuchungen E26. — 2.2.9 Technologische Prüfungen E26. — 2.2.10 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung E27. - 2.2.11 Dauerversuche E27.	
3	Eigenschaften und Verwendung der Werkstoffe	E28
3.1	Eisenwerkstoffe	E28
	3.1.1 Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff E28. - 3.1.2 Stahlerzeugung E29. - 3.1.3 Wärmebehandlung E 31. - 3.1.4 Stähle E 35. - 3.1.5 Gußeisen E45.	
3.2	Nichteisenmetalle	E46
	3.2.1 Kupfer und seine Legierungen E46. — 3.2.2 Aluminium und seine Legierungen E49. — 3.2.3 Magnesiumlegierungen E 50. — 3.2.4 Titanlegierungen E 50. — 3.2.5 Nickel und seine Legierungen E51. - 3.2.6 Zink und seine Legierungen E51. - 3.2.7 Blei E51. - 3.2.8 Zinn E51. - 3.2.9 Überzüge auf Metallen E 52.	
3.3	Nichtmetallische Werkstoffe	E53
	3.3.1 Keramische Werkstoffe E53. - 3.3.2 Beton E54. - 3.3.3 Glas E56. - 3.3.4 Holz E56.	
3.4	Werkstoffauswahl	E57
	3.4.1 Grundsystem der Werkstoffauswahl E58. — 3.4.2 Werkstoffauswahl komplex beanspruchter Bauteile E58.	
4	Kunststoffe	E58
4.1	Einführung	E58
4.2	Aufbau und Verhalten	E59
4.3	Eigenschaften	E59
4.4	Wichtige Thermoplaste	E59
4.5	Fluorhaltige Kunststoffe	E61
4.6	Duroplaste	E61
4.7	Kunststoffschäume	E62
4.8	Elastomere	E62
4.9	Prüfung von Kunststoffen	E 64
	4.9.1 Kennwertermittlung an Probekörpern E64. — 4.9.2 Prüfung von Fertigteilen E66.	
4.10	Verarbeiten von Kunststoffen	E66
	4.10.1 Urformen E67. - 4.10.2 Umformen und Fügen E69.	
4.11	Gestalten und Fertigungsgenauigkeit von Formteilen	E70
4.12	Nachbehandlung	E71
5	Tribologie	E72
5.1	Reibung	E72
5.2	Reibungszustände ölgeschmierter Gleitpaarungen	E72
5.3	Elastohydrodynamische Schmierung	E73
5.4	Verschleiß	E74
5.5	Systemanalyse von Reibungs- und Verschleißvorgängen	E75
	5.5.1 Funktion von Tribosystemen E75. — 5.5.2 Beanspruchungskollektiv E76. — 5.5.3 Struktur tribologischer Systeme E76. — 5.5.4 Tribologische Kenngrößen E76. — 5.5.5 Checkliste zur Erfassung der wichtigsten tribologisch relevanten Größen E77.	
5.6	Schmierstoffe	E77
	5.6.1 Schmieröle E77. - 5.6.2 Schmierfette E80. - 5.6.3 Festschmierstoffe E80.	
6	Anhang E: Diagramme und Tabellen	E81
7	Spezielle Literatur	E118
F	Grundlagen der Konstruktionstechnik	
1	Grundlagen technischer Systeme	F 1
1.1	Energie-, Stoff- und Signalumsatz	F1
1.2	Funktionszusammenhang	F2
1.3	Wirkzusammenhang	F3
	1.3.1 Physikalische Effekte F3. - 1.3.2 Geometrische und stoffliche Merkmale F3.	
1.4	Bauzusammenhang	F3
1.5	Systemzusammenhang	F3
1.6	Generelle Zielsetzung und Bedingungen	F 3

2	Grundlagen methodischen Vorgehens	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.	
3	Konstruktionsprozeß	F 11
3.1	Klären der Aufgabenstellung.	F 11
	3.1.1 Anforderungsliste F 11. — 3.1.2 Aufstellung der Anforderungen F 11.	
3.2	Konzipieren.	F 11
3.3	Entwerfen.	F 12
3.4	Ausarbeiten.	F 13
3.5	Konstruktionsarten.	F 13
4	Grundlagen der Gestaltung	F 14
4.1	Grundregeln.	F 14
4.2	Gestaltungsprinzipien.	F 14
	4.2.1 Prinzip der Aufgabenteilung F 14. - 4.2.2 Prinzip der Selbsthilfe F 14. - 4.2.3 Prinzipien der Kraft- und Energieleitung F 15. — 4.2.4 Prinzipien der Sicherheitstechnik F 16.	
4.3	Gestaltungsrichtlinien.	F 16
	4.3.1 Beanspruchungsgerecht F 17. — 4.3.2 Formänderungsgerecht F 17. — 4.3.3 Stabilitäts- und resonanzgerecht F 17. — 4.3.4 Ausdehnungsgerecht F 17. — 4.3.5 Korrosionsgerecht F 18. — 4.3.6 Verschleißgerecht F 18. — 4.3.7 Arbeitssicherheits- und ergonomiegerecht F 18. — 4.3.8 Formgebungsgerecht F 19. — 4.3.9 Fertigungs- und kontrollgerecht F 19. — 4.3.10 Montagegerecht F 19. — 4.3.11 Gebrauchs- und instandhaltungsgerecht F 20. — 4.3.12 Recyclinggerecht F 20.	
5	Grundlagen der Baureihen- und Baukastenentwicklung	F 20
5.1	Ähnlichkeitsbeziehungen.	F 20
5.2	Dezimalgeometrische Normzahlreihen.	F 21
	5.2.1 Eigenschaften der dezimalgeometrischen Reihe F 21. — 5.2.2 Wahl der Größenstufung F 21. — 5.2.3 Darstellung im Normzahldiagramm F 21.	
5.3	Geometrisch ähnliche Baureihe.	F 21
5.4	Halbähnliche Baureihen.	F 22
5.5	Anwenden von Exponentengleichungen.	F 23
5.6	Baukasten.	F 23
6	Grundlagen des Normen- und Zeichnungswesens	F 24
6.1	Normenwerk.	F 24
	6.1.1 Überbetriebliche Normen F 24. — 6.1.2 Innerbetriebliche Normen F 24. — 6.1.3 Nennenanwendung F 24.	
6.2	Grundnormen.	F 24
	6.2.1 Technische Oberflächen F 24. — 6.2.2 Grenzmaße und Passungen F 26.	
6.3	Zeichnungen und Stücklisten.	F 28
	6.3.1 Zeichnungsarten F 28. — 6.3.2 Formate, Linien und Schrift F 29. — 6.3.3 Darstellung und Bemaßung F 29. - 6.3.4 Stücklisten F 30.	
6.4	Sachnummernsysteme.	F 30
7	Spezielle Literatur	F 31
G	Mechanische Konstruktionselemente	
1	Bauteilverbindungen	G 3
1.1	Schweißen.	G 3
	1.1.1 Schweißverfahren G 3. - 1.1.2 Schweißbarkeit der Werkstoffe G 7. - 1.1.3 Stoß- und Nahtarten G 11. — 1.1.4 Darstellung der Schweißnähte G 13. — 1.1.5 Berechnung von Schweißverbindungen G 13. — 1.1.6 Thermisches Abtragen G 20.	
1.2	Löten.	G 21
	1.2.1 Vorgang G 21. - 1.2.2 Weichlöten G 21. - 1.2.3 Hartlöten und Schweißlöten (Fugenlöten) G 21.	

5	Gleitlagerungen	G88
5.1	Grundlagen der Gleitlagerauslegung	G88
	5.1.1 Hydrodynamischer Tragvorgang G88. — 5.1.2 Reibungszustände im Gleitlager G89.	
5.2	Berechnung stationärer Radialgleitlager	G89
	5.2.1 Verschleißsicherheit G89. — 5.2.2 Berechnung der Lagertemperatur G90. — 5.2.3 Erforderlicher Ölbedarf G91. — 5.2.4 Das relative Lagerspiel G91.	
5.3	Berechnung instationärer Radialgleitlager	G91
5.4	Turbulente Filmströmung	G92
5.5	Berechnung von Axialgleitlagern	G 92
5.6	Konstruktive Gestaltung	G 95
	5.6.1 Einfluß der Konstruktion auf die Gleitraumgestalt G95. — 5.6.2 Schmierstoffversorgung G96. — 5.6.3 Lagerkühlung G96. — 5.6.4 Lagerwerkstoffe G96. — 5.6.5 Ausführung der Lagerschalen G97. — 5.6.6 Besondere Lagerwerkstoffe G97.	
5.7	Mehrgleitflächenlager	G97
5.8	Dichtungen	G98
5.9	Trockenlauflager	G98
5.10	Hydrostatische Anfahrhilfe	G98
5.11	Hydrostatische Lager	G98
	5.11.1 Radiallager G99. — 5.11.2 Axiallager G 100.	
6	Zugmittelgetriebe	G 100
6.1	Bauarten, Anwendungen	G100
6.2	Flachriemengetriebe	G101
	6.2.1 Kräfte am Flachriemengetriebe G101. — 6.2.2 Beanspruchungen G101. — 6.2.3 Geometrische Beziehungen G 102. — 6.2.4 Kinematik, Leistung, Wirkungsgrad G 102. — 6.2.5 Riemenlauf und Vorspannung G 103. — 6.2.6 Riemenwerkstoffe G 105. — 6.2.7 Entwurfsberechnung G 105.	
6.3	Keilriemen	G106
	6.3.1 Anwendungen und Eigenschaften G 106. — 6.3.2 Typen und Bauarten von Keilriemen G 106. — 6.3.3 Entwurfsberechnung G 107.	
6.4	Synchronriemen (Zahnriemen)	G108
	6.4.1 Aufbau, Eigenschaften, Anwendung G 108. — 6.4.2 Gestaltungshinweise G108. — 6.4.3 Entwurfsberechnung G 108.	
6.5	Kettengetriebe	G108
	6.5.1 Bauarten, Eigenschaften, Anwendung G 108. — 6.5.2 Gestaltungshinweise G 109. — 6.5.3 Entwurfsberechnung G 109.	
7	Reibradgetriebe	G 109
7.1	Wirkungsweise, Definitionen	G109
7.2	Bauarten, Beispiele	G110
	7.2.1 Reibradgetriebe mit festem Übersetzungsverhältnis G110. — 7.2.2 Wälzgetriebe mit stufenlos einstellbarer Übersetzung G110.	
7.3	Berechnungsgrundlagen	G112
	7.3.1 Bohrbewegung G112. — 7.3.2 Schlupf G112. — 7.3.3 Übertragbare Leistung und Wirkungsgrad G113. — 7.3.4 Gebräuchliche Werkstoffpaarungen G114.	
7.4	Hinweise für Anwendung und Betrieb	G114
8	Zahnradgetriebe	G115
8.1	Stirnräder - Verzahnungsgeometrie	G115
	8.1.1 Verzahnungsgesetz G116. — 8.1.2 Übersetzung, Zähnezahverhältnis, Momentenverhältnis G116. — 8.1.3 Konstruktion von Eingriffslinie und Gegenflanke G116. — 8.1.4 Flankenlinien und Formen der Verzahnung G116. — 8.1.5 Allgemeine Verzahnungsgrößen G117. — 8.1.6 Gleit- und Rollbewegung G118. — 8.1.7 Evolventenverzahnung G118. — 8.1.8 Sonstige Verzahnungen (außer Evolventen) und ungleichmäßig übersetzende Zahnräder G 121.	
8.2	Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Flankenspiel	G 122
8.3	Schmierung und Kühlung	G123
8.4	Werkstoffe und Wärmebehandlung - Verzahnungsherstellung	G 125
8.5	Tragfähigkeit von Gerad- und Schrägstirnrädern	G 126
	8.5.1 Zahnschäden und Abhilfen G126. — 8.5.2 Pflichtenheft G 127. — 8.5.3 Anhaltswerte für die Dimensionierung G 127. — 8.5.4 Nachrechnung der Tragfähigkeit G 128.	
8.6	Kegelräder	G133
	8.6.1 Geradzahn-Kegelräder G133. — 8.6.2 Kegelräder mit Schräg- oder Bogenverzahnung G134. — 8.6.3 Sondergetriebe G135. — 8.6.4 Lagerkräfte G 135. — 8.6.5 Hinweise zur Konstruktion von Kegelrädern G 135.	
8.7	Stirnschraubräder	G135

5	Gleitlagerungen	G88
5.1	Grundlagen der Gleitlagerauslegung	G88
	5.1.1 Hydrodynamischer Tragvorgang G88. — 5.1.2 Reibungszustände im Gleitlager G89.	
5.2	Berechnung stationärer Radialgleitlager.	G 89
	5.2.1 Verschleißsicherheit G89. — 5.2.2 Berechnung der Lagertemperatur G90. — 5.2.3 Erforderlicher Ölbedarf G91. - 5.2.4 Das relative Lagerspiel G91.	
5.3	Berechnung instationärer Radialgleitlager.	G91
5.4	Turbulente Filmströmung	G92
5.5	Berechnung von Axialgleitlagern.	G 92
5.6	Konstruktive Gestaltung.	G95
*	5.6.1 Einfluß der Konstruktion auf die Gleitraumgestalt G95. — 5.6.2 Schmierstoffversorgung G96. — 5.6.3 Lagerkühlung G96. — 5.6.4 Lagerwerkstoffe G96. — 5.6.5 Ausführung der Lagerschalen G97. - 5.6.6 Besondere Lagerwerkstoffe G97.	
5.7	Mehrgleitflächenlager.	G97
5.8	Dichtungen.	G98
5.9	Trockenlauflager.	G98
5.10	Hydrostatische Anfahrhilfe.	G98
5.11	Hydrostatische Lager.	G98
	5.11.1 Radiallager G99. - 5.11.2 Axiallager G 100.	
6	Zugmittelgetriebe	G 100
6.1	Bauarten, Anwendungen.	G100
6.2	Flachriemengetriebe.	G101
	6.2.1 Kräfte am Flachriemengetriebe G 101. - 6.2.2 Beanspruchungen G 101. — 6.2.3 Geometrische Beziehungen G 102. — 6.2.4 Kinematik, Leistung, Wirkungsgrad G 102. — 6.2.5 Riemenlauf und Vorspannung G 103. — 6.2.6 Riemenwerkstoffe G 105. — 6.2.7 Entwurfsberechnung G 105.	
6.3	Keilriemen.	G106
	6.3.1 Anwendungen und Eigenschaften G106. — 6.3.2 Typen und Bauarten von Keilriemen G 106. — 6.3.3 Entwurfsberechnung G 107.	
6.4	Synchronriemen (Zahnriemen).	G108
	6.4.1 Aufbau, Eigenschaften, Anwendung G 108. — 6.4.2 Gestaltungshinweise G 108. — 6.4.3 Entwurfsberechnung G108.	
6.5	Kettengetriebe.	G108
	6.5.1 Bauarten, Eigenschaften, Anwendung G108. — 6.5.2 Gestaltungshinweise G109. — 6.5.3 Entwurfsberechnung G109.	
7	Reibradgetriebe	G109
7.1	Wirkungsweise, Definitionen.	G109
7.2	Bauarten, Beispiele.	G110
	7.2.1 Reibradgetriebe mit festem Übersetzungsverhältnis G110. — 7.2.2 Wälzgetriebe mit stufenlos einstellbarer Übersetzung G 110.	
7.3	Berechnungsgrundlagen.	G112
	7.3.1 Bohrbewegung G112. - 7.3.2 Schlupf G112. - 7.3.3 Übertragbare Leistung und Wirkungsgrad G113. — 7.3.4 Gebräuchliche Werkstoffpaarungen G114.	
7.4	Hinweise für Anwendung und Betrieb.	G114
8	Zahnradgetriebe	G115
8.1	Stirnräder - Verzahnungsgeometrie.	G115
	8.1.1 Verzahnungsgesetz G116. — 8.1.2 Übersetzung, Zähnezahverhältnis, Momenten Verhältnis G116. — 8.1.3 Konstruktion von Eingriffslinie und Gegenflanke G116. — 8.1.4 Flankenlinien und Formen der Verzahnung G116. — 8.1.5 Allgemeine Verzahnungsgrößen G117. — 8.1.6 Gleit- und Rollbewegung G118. - 8.1.7 Evolventenverzahnung G118. - 8.1.8 Sonstige Verzahnungen (außer Evolventen) und ungleichmäßig übersetzende Zahnräder G 121.	
8.2	Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Flankenspiel.	G 122
8.3	Schmierung und Kühlung.	G123
8.4	Werkstoffe und Wärmebehandlung - Verzahnungsherstellung	G 125
8.5	Tragfähigkeit von Gerad- und Schrägstirnrädern.	G 126
	8.5.1 Zahnschäden und Abhilfen G 126. - 8.5.2 Pflichtenheft G127. - 8.5.3 Anhaltswerte für die Dimensionierung G 127. — 8.5.4 Nachrechnung der Tragfähigkeit G 128.	
8.6	Kegelräder.	G133
	8.6.1 Geradzahn-Kegelräder G133. — 8.6.2 Kegelräder mit Schräg- oder Bogenverzahnung G134. — 8.6.3 Sondergetriebe G135. - 8.6.4 Lagerkräfte G135. — 8.6.5 Hinweise zur Konstruktion von Kegelrädern G135.	
8.7	Stirnschraubräder.	G135

8.8	Schneckengetriebe.	G135
	8.8.1 Zylinderschnecken-Geometrie G 136. - 8.8.2 Zahnkräfte, Lagerkräfte G 136. -	
	8.8.3 Wirkungsgrad G137. - 8.8.4 Auslegung und Nachrechnung der Tragfähigkeit G137. -	
	8.8.5 Gestaltung, Werkstoffe, Lagerung, Genauigkeit, Schmierung, Montage G 138.	
8.9	Umlaufgetriebe.	G139
	8.9.1 Kinematische Grundlagen, Bezeichnungen G139. — 8.9.2 Allgemeingültigkeit der Berechnungs- gleichungen G141. — 8.9.3 Vorzeichenregeln G141. — 8.9.4 Drehmomente, Leistungen, Wirkungsgrade G141. — 8.9.5 Selbsthemmung und Teilhemmung G 143. — 8.9.6 Konstruktive Hinweise G 144. — 8.9.7 Auslegung einfacher Planetengetriebe G 144. — 8.9.8 Zusammengesetzte Planetengetriebe G 146.	
8.10	Gestaltung der Zahnradgetriebe.	G 148
	8.10.1 Bauarten G 148. - 8.10.2 Anschluß an Motor und Arbeitsmaschine G 149. -	
	8.10.3 Gestalten und Bemäßen der Zahnräder G 149. - 8.10.4 Gestalten der Gehäuse G150. -	
	8.10.5 Lagerung G 151.	
9	Getriebetechnik.	G152
9.1	Getriebesystematik.	G152
	9.1.1 Grundlagen G 152. - 9.1.2 Arten ebener Getriebe G 153.	
9.2	Getriebeanalyse.	G155
	9.2.1 Kinematische Analyse ebener Getriebe G 155. — 9.2.2 Kinetostatische Analyse ebener Ge- triebe G159. — 9.2.3 Kinematische Analyse räumlicher Getriebe G 160. — 9.2.4 Laufgüte der Getriebe G160.	
9.3	Getriebsynthese.	G161
	9.3.1 Viereckgetriebe G161. - 9.3.2 Kurvengetriebe G162.	
9.4	Sondergetriebe.	G163
10	Kurbeltrieb.	G163
10.1	Kinematik.	G163
	10.1.1 Kolbenweg G163. — 10.1.2 Kolbengeschwindigkeit G164. — 10.1.3 Kolbenbeschleunigung G164.	
10.2	Dynamik.	G164
	10.2.1 Stoffkräfte G 164. - 10.2.2 Massenkräfte G164. - 10.2.3 Gesamtkräfte G165. -	
	10.2.4 Kräfte in den Triebwerkteilen G 166.	
10.3	Elemente des Kurbeltriebs.	G 167
	10.3.1 Kurbelwellen G 167. - 10.3.2 Schubstangen G 167. - 10.3.3 Kolben G168. -	
	10.3.4 Festigkeitsberechnung G 169.	
10.4	Exzentrischer Kurbeltrieb.	G 170
11	Anhang G: Diagramme und Tabellen.	G 171
12	Spezielle Literatur.	G186
H	Fluidische Antriebe	
1	Grundlagen der fluidischen Energieübertragung.	H1
1.1	Der Fließprozeß.	H1
	1.1.1 Energieübertragung durch Flüssigkeiten H1. — 1.1.2 Energieübertragung durch Gase H2.	
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.	
2	Bauelemente hydrostatischer Getriebe.	H 4
2.1	Hydropumpen.	H4
	2.1.1 Übersicht H4, — 2.1.2 Pumpenkennwerte und Leistungsbilanz H4. — 2.1.3 Zahn- pumpen H6. — 2.1.4 Flügel- pumpen H6. - 2.1.5 Kolben- pumpen H7.	
2.2	Hydromotoren.	H8
2.3	Hydroventile.	H9
	2.3.1 Wegeventile H 10. - 2.3.2 Sperrventile H 10. - 2.3.3 Druckventile H11. - 2.3.4 Strom- ventile H11. - 2.3.5 Proportionalventile H 12.	
2.4	Hydraulikzubehör.	H12
3	Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe.	H12
3.1	Hydrokreise.	H12
	3.1.1 Offener Kreislauf H12. - 3.1.2 Geschlossener Kreislauf H 12. - 3.1.3 Halb- offene Kreisläufe H 13.	
3.2	Funktion der Hydrogetriebe.	H13
	3.2.1 Anlaufvorgang H 13. — 3.2.2 Formale Funktionsbeschreibung H 13.	

3.3	Steuerung	H14
3.3.1	Verstellgetriebe H 14. - 3.3.2 Stromteilgetriebe H 14. - 3.3.3 Selbsttätige Stromsteuerung bei Verstellpumpen H 14.	
4	Ausführung und Auslegung von Hydrogetrieben	H15
4.1	Getriebebeschaltungen	H15
4.1.1	Schaltungsbeispiele für Ferngetriebe H 15. — 4.1.2 Kompaktgetriebe H 16.	
4.2	Auslegung von Hydrokreisen.	H16
5	Pneumatische Antriebe	H17
5.1	Bauelemente.	H17
5.2	Schaltung.	H17
6	Druckwasserhydraulik	H18
7	Anhang H: Diagramme und Tabellen	H 19
8	Spezielle Literatur	H21
I	Elektronische Konstruktionskomponenten	
1	Passive Komponenten	II
1.1	Widerstände.	II
1.1.1	Grundlagen II. - 1.1.2 Festwiderstände II. - 1.1.3 Einstellbare Widerstände 12.	
1.2	Kapazitäten.	12
1.2.1	Grundlagen 12. — 1.2.2 Festkondensatoren 12. — 1.2.3 Einstellbare Kondensatoren 12.	
1.3	Induktivitäten.	12
1.3.1	Grundlagen 12. — 1.3.2 Spulen mit fester Induktivität 12. — 1.3.3 Spulen mit einstellbarer Induktivität 12.	
2	Dioden	13
2.1	Diodenkennlinien und Daten.	13
2.2	Schottky-Dioden.	13
2.3	Z-Dioden.	13
2.4	Leistungsdioden.	13
3	Transistoren	14
3.1	Bipolartransistoren.	14
3.2	Feldeffekttransistoren.	15
3.3	IGB-Transistoren.	16
4	Thyristoren	17
4.1	Thyristorkennlinien und Daten.	17
4.2	Steuerung des Thyristors.	18
4.3	Triacs, Diacs.	18
4.4	Rückwärtsleitende Thyristoren.	18
4.5	Abschaltbare Thyristoren.	19
4.6	Leistungshalbleiter-Module.	19
5	Optoelektronische Komponenten	110
5.1	Optoelektronische Empfänger.	110
5.1.1	Fotodioden 110. — 5.1.2 Fotoelemente 111. — 5.1.3 Fototransistoren 111. — 5.1.4 Fotowiderstände 111. — 5.1.5 Pyroelektrische Detektoren 112.	
5.2	Optoelektronische Sender.	112
5.2.1	Lumineszenzdioden 112. — 5.2.2 Laserdioden 112.	
5.3	Optokoppler	113
6	Spezielle Literatur	
K	Komponenten des thermischen Apparatebaus	
1	Grundlagen	K1
1.1	Unterscheidungsmerkmale von wärmeübertragenden Apparaten	K1

12	Wärme- und strömungstechnische Auslegung	K1
	12.1 Wärme technische Auslegung von Rekuperatoren K1. — 12.2 Wärme technische Auslegung von Regeneratoren K3. — 12.3 Druckverlustberechnung K3.	
13	Stromführung und Betriebscharakteristik wärmeübertragender Apparate	K4
14	Wirkungsgrade, Exergie Verluste	K4
	14.1 Wirkungsgrade K4. - 14.2 Exergieverluste K 5.	
2	Konstruktionselemente von Apparaten und Rohrleitungen	K 5
2.1	Berechnungsgrundlagen	K5
2.2	Zylindrische Mäntel und Rohre unter innerem Überdruck	K 6
2.3	Zylindrische Mäntel unter äußerem Überdruck	K 6
2.4	Ebene Böden und Rohrplatten	K7
2.5	Gewölbte Böden	K 7
2.6	Ausschnitte	K8
2.7	Flanschverbindungen	K8
	2.7.1 Schrauben K8. - 2.7.2 Flansche K9.	
2.8	Rohrleitungen	K10
	2.8.1 Rohrdurchmesser K 10. - 2.8.2 Strömungsverluste K 10. - 2.8.3 Rohrarten, Normen, Werkstoffe K10. - 2.8.4 Rohrverbindungen K1 1. - 2.8.5 Dehnungsausgleicher K 12. - 2.8.6 Rohrhalterungen K 13.	
2.9	Absperr- und Regelorgane	K13
	2.9.1 Allgemeines K 13. - 2.9.2 Ventile K 14. - 2.9.3 Schieber K 15. - 2.9.4 Hähne (Drehschieber) K 16. - 2.9.5 Klappen K 17.	
2.10	Dichtungen	K17
	2.10.1 Berührungsdichtungen an ruhenden Flächen K 17. — 2.10.2 Berührungsdichtungen an gleitenden Flächen K 18.	
3	Bauarten von Wärmeübertragern	K19
3.1	Rohrbündelapparate	K19
3.2	Sonstige Bauarten	K 21
4	Kondensation und Rückkühlung	K 22
4.1	Grundbegriffe der Kondensation	K22
4.2	Oberflächenkondensatoren	K22
	4.2.1 Wärme technische Berechnung K22. — 4.2.2 Kondensatoren in Dampfkraftanlagen K22. — 4.2.3 Kondensatoren in der chemischen Industrie K22. — 4.2.4 Konstruktive Gesichtspunkte K23.	
4.3	Einspritz-(Misch-) Kondensatoren	K23
4.4	Luftgekühlte Kondensatoren	K 24
4.5	Hilfsmaschinen	K24
	4.5.1 Trockenluftpumpen K24. — 4.5.2 Kühlwasser- und Kondensatpumpen K25.	
4.6	Indirekte Luftkühlung und Rückkühlanlagen	K25
	4.6.1 Bauarten K 25. - 4.6.2 Berechnung K 26.	
5	Anhang K: Diagramme und Tabellen	K 27
6	Spezielle Literatur	K 29
L	Energietechnik	
1	Grundsätze der Energieversorgung	L 1
1.1	Planung und Investitionen	L2
1.2	Elektrizitätswirtschaft	L3
1.3	Gaswirtschaft	L6
1.4	Fernwärmewirtschaft	L6
2	Primärenergien	L8
2.1	Definitionen	L8
2.2	Feste Brennstoffe	L8
2.3	Flüssige Brennstoffe	L10
2.4	Gasförmige Brennstoffe oder Brenngase	L12
2.5	Kernbrennstoffe	L13

2.6	Regenerative Energien	L16
2.7	Rationelle Energienutzung	L17
3	Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie	L18
3.1	Erzeugung elektrischer Energie	L18
	3.1.1 Wärmekraftwerke L 18. - 3.1.2 Kernkraftwerke L23. - 3.1.3 Kombi-Kraftwerke L27. - 3.1.4 Kraftwerksleittechnik L27. - 3.1.5 Motoren L28.	
3.2	Kraft-Wärme-Kopplung	L29
3.3	Wandlung regenerativer Energien	L31
	3.3.1 Windkraftanlagen L31. - 3.3.2 Sonnenkraftwerke L31.	
4	Verteilen und Speicherung von Nutzenergie	L33
4.1	Energietransport	L33
	4.1.1 Mineralöltransporte L33. — 4.1.2 Erdgastransporte L33. — 4.1.3 Elektrische Verbundnetze L34. — 4.1.4 Fernwärmetransporte L35.	
4.2	Energiespeicherung	L35
5	Feuerungen	L38
5.1	Allgemeines	L38
	5.1.1 Verbrennungsvorgang L38. — 5.1.2 Kennzahlen L39. — 5.1.3 Druckzustände L39. - 5.1.4 Emissionen L40. — 5.1.5 Sicherheitsvorschriften L41.	
5.2	Feuerungen für feste Brennstoffe.	L41
	5.2.1 Rostfeuerungen L41. — 5.2.2 Kohlenstaubfeuerung L43. — 5.2.3 Wirbelschichtfeuerung L47.	
5.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe.	L49
	5.3.1 Besondere Eigenschaften L49. - 5.3.2 Brenner L50. - 5.3.3 Gesamtanlage L51.	
5.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe.	L52
	5.4.1 Verbrennung und Brenneinteilung L52. — 5.4.2 Brennerbauarten L52. — 5.4.3 Sicher- heitsvorkehrungen L53.	
5.5	Allgemeines Feuerungszubehör.	L53
	5.5.1 Gebläse L53. - 5.5.2 Kanäle und Klappen L54. - 5.5.3 Schornstein L54.	
5.6	Umweltschutztechnologien.	L54
	5.6.1 Rauchgasentstaubung L54. — 5.6.2 Rauchgasentschwefelung L55. — 5.6.3 Rauchgasent- stickung L57. — 5.6.4 Entsorgung der Kraftwerksnebenprodukte L58.	
6	Dampferzeuger	L58
6.1	Angaben zum System	L58
	6.1.1 Bauarten L58. — 6.1.2 Dampferzeugersysteme L59. — 6.1.3 Drücke L59. - 6.1.4 Temper- aturen L60. — 6.1.5 Leistung L60. — 6.1.6 Sicherheit L60.	
6.2	Ausgeführte Dampferzeuger.	L60
	6.2.1 Großwasserraumkessel L60. — 6.2.2 Naturumlaufkessel für fossile Brennstoffe L61. — 6.2.3 Zwanglaufkessel für fossile Brennstoffe L62. — 6.2.4 Dampferzeuger für Kernreaktoren L65.	
6.3	Teile und Bauelemente von Dampferzeugern.	L66
	6.3.1 Verdampfer L66. — 6.3.2 Überhitzer und Zwischenüberhitzer L68. — 6.3.3 Speisewasser- vorwärmer (Eco) L69. — 6.3.4 Luftvorwärmer (Luvo) L70. — 6.3.5 Speisewasseraufbereitung L71.	
6.4	Wärmetechnische Berechnung	L72
	6.4.1 Energiebilanz und Wirkungsgrad L72. — 6.4.2 Ermittlung der Heizfläche L73. — 6.4.3 Strömungswiderstände L73. — 6.4.4 Festigkeitsberechnung L73.	
7	Kernreaktoren	L74
7.1	Bauteile des Reaktors und Reaktorgebäude.	L74
7.2	Sicherheitstechnik von Kernreaktoren.	L74
7.3	Funktionsbedingungen für Kernreaktoren.	L75
7.4	Bauarten von Kernreaktoren.	L76
	7.4.1 Leichtwasserreaktoren (LWR) L76. — 7.4.2 Schwerwasserreaktoren L78. — 7.4.3 Gas- gekühlte thermische Reaktoren L79. - 7.4.4 Schnelle Brutreaktoren (SNR) L80. - 7.4.5 Kenn- werte von Reaktortypen L80.	
8	Anhang L: Diagramme und Tabellen	L81
9	Spezielle Literatur.	L 85
M	Klimatechnik	
1	Grundlagen	MI
1.1	Aufgabe.	MI

1.2	Meteorologische Grundlagen	M2
	1.2.1 Lufttemperatur M2. — 1.2.2 Luftfeuchte M2. — 1.2.3 Wind M3. — 1.2.4 Sonnenstrahlung M3.	
1.3	Hygienische Grundlagen	M4
	1.3.1 Raumklima M4. — 1.3.2 Lüfterneuerung in Räumen M4. — 1.3.3 Behagliches Raumklima in Aufenthalts- und Arbeitsräumen M4. — 1.3.4 Erträgliches Raumklima in Arbeitsräumen und Industriebetrieben M5.	
1.4	Kältetechnische Verfahren	M6
	1.4.1 Allgemeines M6. — 1.4.2 Kaldampf-Verdichtungsverfahren M7. — 1.4.3 Absorptionskälteverfahren M8. — 1.4.4 Dampfstrahlkälteverfahren M10. — 1.4.5 Verdunstungskühlverfahren M10. — 1.4.6 Kältemittel, Kältemaschinen-Öle und Kühlsole M11.	
1.5	Heiztechnische Verfahren	M13
1.6	Raumlufttechnische Verfahren	M13
2	Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen der Heiz- und Raumlufttechnik	M 14
2.1	Wärmebedarf	M14
	2.1.1 Transmissionswärmebedarf M 15. — 2.1.2 Lüftungswärmebedarf M 15. — 2.1.3 Sonderfälle M16.	
2.2	Kühllast	M16
	2.2.1 Innere Kühllast M 17. — 2.2.2 Äußere Kühllast M 17.	
2.3	Luftbedarf	M18
	2.3.1 Lüftung M18. — 2.3.2 Lüftung M 18. — 2.3.3 Luftkühlung M 19. — 2.3.4 Klimaanlage M20.	
2.4	Leitungen	M20
	2.4.1 Rohrnetz für Warm- und Heißwasserleitungen M20. — 2.4.2 Rohrnetz für Dampfheizungen M20. — 2.4.3 Kanalnetz für raumlufttechnische Anlagen M21. — 2.4.4 Luftführung im Raum M21.	
3	Systeme und Bauteile der Heizungstechnik	M 22
3.1	Einzelheizung	M22
	3.1.1 Einzelheizgeräte für Wohnräume M22. — 3.1.2 Einzelheizgeräte für größere Räume und Hallen M23.	
3.2	Zentralheizung	M23
	3.2.1 Systeme M23. — 3.2.2 Raum-Heizkörper, -Heizflächen M24. — 3.2.3 Rohrnetz M26. — 3.2.4 Armaturen M 28. — 3.2.5 Umwälzpumpen M 28. — 3.2.6 Wärmeerzeugung M 29. — 3.2.7 Heizzentrale M 33. — 3.2.8 Regelung und Steuerung M 34. — 3.2.9 Wärmeverbrauchsermittlung M35.	
4	Systeme und Bauteile der Raumlufttechnik	M 36
4.1	Einrichtungen zur freien Lüftung	M 36
	4.1.1 Fensterlüftung M 37. — 4.1.2 Schachtlüftung M 37. — 4.1.3 Dachaufsatzlüftung M 37. — 4.1.4 Freie Lüftung, verstärkt durch Ventilatoren M37.	
4.2	Raumlufttechnische Anlagen	M 38
	4.2.1 Systeme M 38. — 4.2.2 Luftführung und Luftdurchlaß M39. — 4.2.3 Kanalnetz M45. — 4.2.4 Luftverteilung M46. — 4.2.5 Lüftungs- und Klimazentralen M47. — 4.2.6 Ventilatoren M 50. — 4.2.7 Filter M 53. — 4.2.8 Lüfterhitzer, -kühler M 55. — 4.2.9 Luftbefeuchter M 55. — 4.2.10 Luftentfeuchter M 57. — 4.2.11 Schalldämpfer M57. — 4.2.12 Nachbehandlungsgeräte mit Luftförderung M58. — 4.2.13 Wärmerückgewinnung M 59. — 4.2.14 Schaltung und Regelung M60.	
5	Systeme und Bauteile der kältetechnischen Anlagen	M61
5.1	Anwendungen und Bauarten	M61
5.2	Bauteile	M62
	5.2.1 Kältemittelverdichter M62. — 5.2.2 Verdampfer M64. — 5.2.3 Verflüssiger M65. — 5.2.4 Kältemittelkreisläufe M 65. — 5.2.5 Wasserkreisläufe M 66.	
5.3	Direktkühlanlagen	M67
	5.3.1 Klimageräte mit Kältemaschine M67. — 5.3.2 EDV-Klimageräte mit Kältemaschine M68.	
5.4	Wasserkühlsätze	M68
	5.4.1 Wasserkühlsätze mit Kolbenverdichter M68. — 5.4.2 Wasserkühlsätze mit Schraubenverdichter M69. — 5.4.3 Wasserkühlsätze mit Turboverdichter M69. — 5.4.4 Absorptions-Wasserkühlsätze M70.	
5.5	Rückkühlwerke	M71
	5.5.1 Bauarten und Zubehör M71. — 5.5.2 Kühlwassertemperaturen im Jahresverlauf M71. — 5.5.3 Wasserbehandlung M 72.	
5.6	Wasserkühlsysteme für RLT-Anlagen	M 72
	5.6.1 Kaltwassernetze M72. — 5.6.2 Fernkältesysteme M73. — 5.6.3 Rückkühlsysteme für Verflüssiger-Kühlwasser M 74.	
5.7	Systeme für ganzjährigen Kühlbetrieb	M 74
5.8	Speichersysteme	M75

6	Systeme und Bauteile der Wärmepumpenanlagen	M 77
6.1	Anwendungen und Bauarten	M77
6.2	Bauteile	M78
6.3	Kleinwärmepumpen	M79
6.4	Verdichtungswärmepumpen größerer Leistung	M79
6.5	Absorptionswärmepumpen	M80
6.6	Wärmepumpensysteme nur für Heizbetrieb	M 80
6.7	Systeme für gleichzeitigen Kühl- und Heizbetrieb	M81
7	Sonderklima- und Kühlanlagen	M 82
7.1	Grubenkühlanlagen	M 82
7.2	Fahrzeuganlagen	M 84
7.3	Klimaprüfschränke und -kammern	M 85
8	Wirtschaftlichkeit und Energieverbrauch	M 86
8.1	Allgemeines	M86
8.2	Kälte- und Wärmepumpentechnik	M 87
	8.2.1 Kosten- und energiesparender Betrieb M87. — 8.2.2 Grundsätzliche Wirtschaftlichkeitsfragen M88.	
8.3	Heiz- und Raumlufttechnik	M 89
	8.3.1 Energieverbrauch M89. — 8.3.2 Bedienung und Instandhaltung M91.	
9	Anhang M: Diagramme und Tabellen	M 92
10	Spezielle Literatur	M102
N	Grundlagen der Verfahrenstechnik	
1	Einführung	N1
2	Mechanische Verfahrenstechnik	N 3
2.1	Einführung	N3
2.2	Zerkleinern	N3
	2.2.1 Bruchphysik; Zerkleinerungstechnische Stoffeigenschaften N3. — 2.2.2 Zerkleinerungsmaschinen N4.	
2.3	Agglomerieren	N5
	2.3.1 Bindemechanismen, Agglomeratfestigkeit N5. — 2.3.2 Agglomerationstechnik N5.	
2.4	Trennen	N6
	2.4.1 Abscheiden von Partikeln aus Gasen N6. — 2.4.2 Abscheiden von Feststoffpartikeln aus Flüssigkeiten N7. — 2.4.3 Klassieren in Gasen N8.	
2.5	Mischen	N8
	2.5.1 Rühren N8. - 2.5.2 Mischen von Feststoffen N9.	
2.6	Bunkern	N9
	2.6.1 Fließverhalten von Schüttgütern N9. — 2.6.2 Dimensionierung von Bunkern N10.	
3	Thermische Verfahrenstechnik	N11
3.1	Absorbieren, Rektifizieren, Flüssig-flüssig-Extrahieren	N11
	3.1.1 Durchsatz N11. - 3.1.2 Stofftrennung N11.	
3.2	Verdampfen und Kristallisieren	N14
3.3	Adsorbieren, Trocknen, Fest-flüssig-Extrahieren	N17
3.4	Membrantrennverfahren	N19
4	Mehrphasenströmungen	N20
4.1	Einphasenströmung	N20
4.2	Widerstand fester und fluider Partikel	N 20
4.3	Feststoff/Fluidströmung	N21
	4.3.1 Pneumatische Förderung N21. — 4.3.2 Hydraulische Förderung N25. — 4.3.3 Wirbelschicht N26.	
4.4	Gas/Flüssigkeitsströmung	N27
	4.4.1 Strömungsform N27. — 4.4.2 Druckverlust N27. — 4.4.3 Filmströmung N28.	

0	Maschinendynamik	
1	Kurbeltrieb, Massenkräfte und -momente, Schwungradberechnung	.O 1
1.1	Drehkraftdiagramm von Mehrzylindermaschinen	.01
1.2	Massenkräfte und Momente	.O4
	1.2.1 Analytische Verfahren O4. — 1.2.2 Graphische Verfahren O9. — 1.2.3 Ausgleich der Kräfte und Momente O9.	
2	Schwingungen	.010
2.1	Problematik der Maschinenschwingungen	.010
2.2	Einige Grundbegriffe	.O11
	2.2.1 Mechanisches Ersatzsystem O11. — 2.2.2 Bewegungsgleichungen, Systemmatrizen O11. — 2.2.3 Modale Parameter: Eigenfrequenzen, modale Dämpfungen, Eigenvektoren O11. — 2.2.4 Modale Analyse O 12. — 2.2.5 Frequenzgangfunktionen mechanischer Systeme, Amplituden- und Phasengang O 13.	
2.3	Grundaufgaben der Maschinendynamik	.014
	2.3.1 Direktes Problem O14. — 2.3.2 Eingangssystem O 15. — 2.3.3 Identifikationsproblem O15. — 2.3.4 Entwurfsproblem O 15. — 2.3.5 Verbesserung des Schwingungszustands einer Maschine O15.	
2.4	Darstellung von Schwingungen im Zeit- und Frequenzbereich	.O 16
	2.4.1 Darstellung von Schwingungen im Zeitbereich O 16. — 2.4.2 Darstellung von Schwingungen im Frequenzbereich O 16.	
2.5	Entstehung von Maschinenschwingungen, Erregerkräfte $F(t)$	.O18
	2.5.1 Freie Schwingungen (Eigenschwingungen) O 18. — 2.5.2 Selbsterregte Schwingungen O18. — 2.5.3 Parametererregte Schwingungen O 18. — 2.5.4 Erzwungene Schwingungen O 18.	
2.6	Mechanische Ersatzsysteme, Bewegungsgleichungen	.O21
	2.6.1 Strukturfestlegung O22. — 2.6.2 Parameterermittlung O22. — 2.6.3 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme: Feder-Masse-Dämpfer-Modelle O22. — 2.6.4 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme: Finite-Elemente Modelle O23.	
2.7	Anwendungsbeispiele für Maschinenschwingungen	.O 25
	2.7.1 Drehschwinger mit zwei Drehmassen O25. — 2.7.2 Torsionsschwingungen einer Turbogruppe O26. — 2.7.3 Biegeschwingungen einer Welle mit Laufrad O 26. — 2.7.4 Biegeschwingungen einer mehrstufigen Kreiselpumpe O28.	
3	Maschinenakustik	.O29
3.1	Grundbegriffe	.O29
3.2	Die Entstehung von Maschinengeräuschen	.O31
3.3	Möglichkeiten zur Verminderung der Maschinengeräusche	.0 33
4	Spezielle Literatur	.O36
P	Kolbenmaschinen	
1	Allgemeine Grundbegriffe	.P1
1.1	Die Hubkolbenmaschine	.P2
	1.1.1 Arbeitsverfahren P2. — 1.1.2 Berechnungsgrundlagen P3.	
1.2	Ähnlichkeitsbetrachtungen	.P5
1.3	Baureihen	.P7
1.4	Konstruktive Gestaltung	.P8
	1.4.1 Gestelle und Grundplatten P9. — 1.4.2 Zylinder und Deckel P 10.	
1.5	Kühlung und Schmierung	.P10
	1.5.1 Kühlung P10. - 1.5.2 Schmierung PH.	
2	Pumpen	.P11
2.1	Arbeitsweise, Arten und Verwendung	.P11
2.2	Berechnungsgrundlagen	.P12
	2.2.1 Ströme und Liefergrad P13. - 2.2.2 Höhen, Geschwindigkeiten und Drücke P13. — 2.2.3 Strömungsverluste P14. - 2.2.4 Saugfähigkeit P 14. — 2.2.5 Gestängekräfte P15. — 2.2.6 Energien, Leistungen, Wirkungsgrade P15.	
2.3	Kennlinien	.P16
2.4	Schwingungsdämpfung	.P16
	2.4.1 Fluktuierende Flüssigkeit P 17. — 2.4.2 Schwingungen P17. — 2.4.3 Aufbau der Dämpfer P18.	
2.5	Bauteile	.P18
	2.5.1 Kolben P18. - 2.5.2 Steuerungen P 19. - 2.5.3 Stopfbuchsen P20.	

2.6	Betrieb einer Pumpenanlage	P21
2.7	Ausgeführte Pumpen.	P23
3	Kompressoren	P23
3.1	Arbeitsweise, Arten und Verwendung.	P23
3.2	Einstufige Verdichtung.	P 24
	3.2.1 Drücke und Temperaturen P24. — 3.2.2 Schadraum P24. — 3.2.3 Volumina und Massen P24. — 3.2.4 Liefergrad P25. - 3.2.5 Der Arbeitsvorgang P27. — 3.2.6 Leistungen und Wirkungsgrade P28.	
3.3	Mehrstufige Verdichtung.	P 30
	3.3.1 Drücke und Temperaturen P30. — 3.3.2 Ströme und Leistungen P30.	
3.4	Bauarten.	P31
	3.4.1 Konstruktionsgrundsätze P31. - 3.4.2 Stufenverteilung P31.	
3.5	Auslegung und Betriebsverhalten.	P 33
	3.5.1 Auslegung P33. — 3.5.2 Betriebsverhalten P34.	
3.6	Steuerungen.	P36
	3.6.1 Aufbau und Wirkungsweise P36. - 3.6.2 Berechnung P37. — 3.6.3 Ventileinbau P38.	
3.7	Regelungen.	P39
	3.7.1 Zweipunktregelung P39. — 3.7.2 Stetige Regelungen P41.	
3.8	Ausgeführte Verdichter.	P42
3.9	Sonderformen der Kolbenverdichter.	P44
	3.9.1 Rotationsverdichter P44. - 3.9.2 Schraubenverdichter P45. - 3.9.3 Trockenlaufverdichter P47. - 3.9.4 Höchstdruckverdichter P47.	
4	Verbrennungsmotoren	P47
4.1	Einteilung und Verwendung	P47
4.2	Arbeitsverfahren und Arbeitsprozesse.	P48
	4.2.1 Arbeitsverfahren P48. - 4.2.2 Vergleichsprozesse P48. - 4.2.3 Wirklicher Arbeitsprozeß P50.	
4.3	Ladungswechsel	P53
	4.3.1 Kenngrößen des Ladungswechsels P53. — 4.3.2 Steuerorgane für den Ladungswechsel P54. — 4.3.3 Ladungswechsel des Viertaktmotors P55. — 4.3.4 Ladungswechsel des Zweitaktmotors P56. - 4.3.5 Aufladung von Motoren P58.	
4.4	Verbrennung im Motor.	P61
	4.4.1 Motoren-Kraftstoffe P61. — 4.4.2 Gemischbildung und Verbrennung im Ottomotor P61. — 4.4.3 Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor P63. — 4.4.4 Gemischbildung und Verbrennung in Hybridmotoren P65.	
4.5	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Ottomotoren	P 65
	4.5.1 Vergaser P65. — 4.5.2 Benzin-Einspritzung P66. — 4.5.3 Zündausrüstung P67.	
4.6	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Dieselmotoren	P 68
	4.6.1 Einspritzsystem P68. — 4.6.2 Einspritzpumpe P68. — 4.6.3 Einspritzdüse P69. — 4.6.4 Start- und Zündhilfen P70.	
4.7	Betriebsverhalten und Kenngrößen.	P70
	4.7.1 Leistung, Drehmoment und Verbrauch P70. - 4.7.2 Kenngrößen P71. - 4.7.3 Umwelverhalten P72. — 4.7.4 Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat P76.	
4.8	Konstruktion von Motoren.	P78
	4.8.1 Ähnlichkeitsbeziehungen und Beanspruchung P78. — 4.8.2 Motorbauarten P79. — 4.8.3 Motorbauteile P80. - 4.8.4 Ausgeführte Motorkonstruktionen P83.	
4.9	Philips-Stirling-Motor.	P87
5	Anhang P: Diagramme und Tabellen	P 88
6	Spezielle Literatur	P92
Q	Kraftfahrzeugtechnik	
1	Übersicht . . . . .	.Q1
2	Fahrwiderstand und Motor	Q 3
2.1	Fahrwiderstände.	Q3
	2.1.1 Rollwiderstand Q3. - 2.1.2 Luftwiderstand Q 3. - 2.1.3 Innerer Widerstand Q3. - 2.1.4 Steigungswiderstand Q3. — 2.1.5 Beschleunigungswiderstand Q3. — 2.1.6 Zugkraftausnutzung Q4.	
2.2	Zugkraftdiagramm.	Q4
2.3	Längsdynamik.	Q4

3	Antriebsstrang	Q 5
3.1	Bauformen	Q 5
	3.1.1 Antriebsarten Q 5. — 3.1.2 Antriebsgrenzen Q 5.	
3.2	Kennungswandler	Q 5
	3.2.1 Kupplungen Q 5. - 3.2.2 Getriebe Q 6.	
3.3	Gelenkwellen	Q 9
4	Bremsen	Q 9
4.1	Vorschriften	Q 9
4.2	Physikalische Grundlagen	Q 10
4.3	Bremsbauarten	Q 10
4.4	Bremsanlagen für Pkw.	Q 11
4.5	Bremsanlagen für Nkw.	Q 11
4.6	Dauerbremsen.	Q 12
5	Fahrwerke	Q 13
5.1	Reifen	Q 13
	5.1.1 Bezeichnungen Q 13. - 5.1.2 Aufbau von Reifenkräften Q 13. — 5.1.3 Radzustände Q 14. — 5.1.4 Zweidimensionale Tangentialbelastung am Rad Q 15. - 5.1.5 Verringerter Kraftschluß Q 16.	
5.2	Radführungen.	Q 17
5.3	Federn	Q 19
5.4	Dämpfer.	Q 20
5.5	Gesteuerte Fahrwerke	Q 21
5.6	Lenkungen.	Q 21
6	Aufbau	Q 23
6.1	Fahrzeugzelle.	Q 23
6.2	Innenausstattung	Q 24
6.3	Sicherheitsmaßnahmen.	Q 25
7	Querdynamik und Fahrverhalten	Q 26
7.1	Regelkreis.	Q 26
7.2	Bewertungskriterien.	Q 26
7.3	Simulationstechnik	Q 28
8	Schwingungen und Komfort	Q 28
8.1	Vertikaldynamik	Q 28
8.2	Komfortbewertung	Q 29
8.3	Innengeräusche.	Q 30
9	Krafträder	Q 30
9.1	Bauarten.	Q 30
9.2	Fahrdynamik.	Q 31
10	Fahrzeugelektronik	Q 32
11	Automobil und Umwelt	Q 33
11.1	Abgase.	Q 33
11.2	Geräusche.	Q 33
11.3	Materialverbrauch	Q 34
11.4	Energieverbrauch	Q 35
11.5	Flächenverbrauch	Q 35
11.6	Straßenschonung.	Q 36
12	Spezielle Literatur	Q 36

R	Strömungsmaschinen	
1	Gemeinsame Grundlagen	R1
1.1	Strömungstechnik	R1
	1.1.1 Aufgabe und Einleitung R1. — 1.1.2 Wirkungsweise R1. — 1.1.3 Strömungsgesetze R2. — 1.1.4 Absolute und relative Strömung R3. — 1.1.5 Schaufelanordnung für Pumpen und Verdichter R3. — 1.1.6 Schaufelanordnung für Turbinen R3. — 1.1.7 Schaufelgitter, Stufe, Maschine, Anlage R4.	
1.2	Thermodynamik	R4
	1.2.1 Thermodynamische Gesetze R4. — 1.2.2 Zustandsänderung R4. — 1.2.3 Totaler Wirkungsgrad R5. — 1.2.4 Statischer Wirkungsgrad R5. — 1.2.5 Polytroper und isentroper Wirkungsgrad R5. — 1.2.6 Mechanische Verluste R6.	
1.3	Arbeitsfluid	R6
	1.3.1 Allgemeiner Zusammenhang zwischen thermischen und kalorischen Zustandsgrößen R6. — 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 R8. — 1.3.6 Kondensation bei Dämpfen R8.	
1.4	Schaufelgitter	R8
	1.4.1 Anordnung der Schaufeln im Gitter R8. - 1.4.2 Leit- und Laufgitter R9. - 1.4.3 Einteilung nach Geschwindigkeits- und Druckänderung R9. — 1.4.4 Reale Strömung durch Gitter R10. - 1.4.5 Gitterauslegung R10. - 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	Stufen	R14
	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 Repetierstufe einer Turbine R 18. — 1.5.8 Radiale Turbinenstufe R 19. - 1.5.9 Kenngrößen-Bereiche für Turbinenstufen R 19.	
1.6	Maschine	R20
	1.6.1 Beschauflung, Ein- und Austrittsgehäuse R20. — 1.6.2 Maschinenkenngrößen R20. — 1.6.3 Wahl der Bauweise R21.	
1.7	Betriebsverhalten und Regelmöglichkeiten	R21
	1.7.1 Maschinencharakteristiken R21. — 1.7.2 Instabiler Betriebsbereich bei Verdichtern R23. — 1.7.3 Anlagencharakteristik R23. — 1.7.4 Zusammenarbeit von Maschine und Anlage R24. - 1.7.5 Regelung von Verdichtern R24. — 1.7.6 Regelung von Turbinen R25.	
1.8	Beanspruchung und Festigkeit der wichtigsten Bauteile	R25
	1.8.1 Rotierende Scheibe, rotierender Zylinder R25. — 1.8.2 Durchbiegung, kritische Drehzahlen von Rotoren R26. — 1.8.3 Beanspruchung der Schaufeln durch Fliehkräfte R26. — 1.8.4 Beanspruchung der Schaufeln durch stationäre Strömungskräfte R27. — 1.8.5 Schaufelschwingungen R28. — 1.8.6 Gehäuse R28. — 1.8.7 Thermische Beanspruchung R29. - 1.8.8 Werkstoffeigenschaften R30.	
2	Wasserturbinen	R30
2.1	Allgemeines	R30
	2.1.1 Kennzeichen R30. - 2.1.2 Wasserkraftwerke R31. - 2.1.3 Wirtschaftliches R31.	
2.2	Gleichdruckturbinen	R32
	2.2.1 Peltonurbinen R32. - 2.2.2 Ossbergerturbinen R32.	
2.3	Überdruckturbinen	R32
	2.3.1 Francisturbinen R32. - 2.3.2 Kaplanurbinen R33. - 2.3.3 Deriazurbinen R34.	
2.4	Werkstoffe	R34
2.5	Kennliniendarstellungen	R34
2.6	Extreme Betriebsverhältnisse	R35
2.7	Laufwasser- und Speicherkraftwerke	R36
3	Kreiselpumpen	R37
3.1	Allgemeines	R37
3.2	Bauarten	R37
	3.2.1 Laufrad R37. - 3.2.2 Gehäuse R38. - 3.2.3 Fluid R38. - 3.2.4 Werkstoff R38. - 3.2.5 Antrieb R38.	
3.3	Betriebsverhalten	R39
	3.3.1 Kavitation R39. — 3.3.2 Kennlinien R40. — 3.3.3 Anpassung der Kreiselpumpe an den Leistungsbedarf R42. — 3.3.4 Achsschubausgleich R43.	
3.4	Ausgeführte Pumpen	R43
4	Propeller	R47
4.1	Vorbemerkungen	R47
4.2	Schiffspropeller	R47

4.3	Flugzeugpropeller.	R48
4.4	Hubschrauberrotoren.	R48
5	Föttinger-Getriebe.	R49
5.1	Prinzip und Bauformen.	R49
5.2	Auslegung.	R49
5.3	Föttinger-Kupplungen.	R50
5.4	Föttinger-Wandler.	R51
6	Dampfturbinen.	R53
6.1	Benennungen.	R53
6.2	Bauarten.	R53
	6.2.1 Kraftwerksturbinen R 53. — 6.2.2 Industrieturbinen R55. — 6.2.3 Kleinturbinen R59.	
6.3	Konstruktionselemente.	R60
	6.3.1 Gehäuse R60. — 6.3.2 Ventile und Klappen R60. — 6.3.3 Beschauelung R61. —	
	6.3.4 Wellendichtungen R62. - 6.3.5 Läufer-Dreheinrichtung R62. - 6.3.6 Lager R62.	
6.4	Anfahren und Betrieb.	R 63
6.5	Regelung, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen.	R63
6.6	Berechnungsverfahren.	R64
	6.6.1 Allgemeines R64. — 6.6.2 Auslegung von Industrieturbinen R64.	
7	Turboverdichter.	R65
7.1	Einteilung und Einsatzbereiche.	R65
	7.1.1 Ventilatoren R65. - 7.1.2 Axialverdichter R65. - 7.1.3 Radialverdichter R65.	
7.2	Radiale Laufradbauarten.	R66
	7.2.1 Das geschlossene 2 D-Laufrad R66. - 7.2.2 Das geschlossene 3 D-Laufrad R66. —	
	7.2.3 Das offene Laufrad R66. — 7.2.4 Laufradverwendung R67. — 7.2.5 Laufradherstellung	
	R67. - 7.2.6 Laufradfestigkeit R68.	
7.3	Radiale Verdichterbauarten.	R 68
	7.3.1 Einwellenverdichter (EW) R68. - 7.3.2 Mehrwellen-Getriebeverdichter (MWG) R70. -	
	7.3.3 Bauartmerkmale, zusammengefaßt R71.	
7.4	Regelungsarten.	R71
	7.4.1 Saugdrosselregelung R72. — 7.4.2 Drehzahlregelung R72. — 7.4.3 Eintrittsleitschaufelrege-	
	lung R72. - 7.4.4 Nachleitschaufelregelung R72.	
7.5	Beispiel einer Radialverdichterauslegung nach vereinfachtem Verfahren.	R 73
	7.5.1 Betriebsbedingungen R73. — 7.5.2 Gasdaten R73. — 7.5.3 Volumenstrom, Laufraddurch-	
	messer, Drehzahl R73. - 7.5.4 Spezifische polytrope Arbeit R74. - 7.5.5 Stufenzahl R74. -	
	7.5.6 Leistung R74.	
8	Gasturbinen.	R75
8.1	Die Gasturbine als Wärmekraftmaschine.	R75
8.2	Thermodynamische Grundlagen.	R76
	8.2.1 Reversible Kreisprozesse mit idealen Gasen R76. — 8.2.2 Reale Gasturbinenprozesse R76.	
	— 8.2.3 Ergebnisse der Berechnungen R78.	
8.3	Bauteile der Anlage.	R 79
	8.3.1 Turbomaschinen R79. - 8.3.2 Brennkammern R80. - 8.3.3 Wärmetauscher R80.	
8.4	Gasturbinen in Schwerbauweise und von Flugtriebwerken abgeleitete Gasturbinen.	R80
8.5	Hilfssysteme.	R81
	8.5.1 Regelung R81. - 8.5.2 Brennstoffversorgung R82. - 8.5.3 Schmierölsystem R82. -	
	8.5.4 Weitere Hilfssysteme R83.	
8.6	Anwendungen.	R84
	8.6.1 Stromerzeugung R84. — 8.6.2 Rohrfernleitungen R84. — 8.6.3 Verkehr R85.	
8.7	Betrieb.	R86
	8.7.1 Teillastbetrieb R86. — 8.7.2 Besondere Betriebszustände, Wartung R87.	
8.8	Korrosion, Erosion und Verschmutzung.	R 88
8.9	Werkstoffe.	R88
8.10	Umweltaspekte.	R89
	8.10.1 Schadstoffe R89. - 8.10.2 Lärm R90.	
8.11	Kennfelder.	R90
9	Spezielle Literatur.	R91

S	Fertigungsverfahren	
1	Übersicht über die Fertigungsverfahren	S 3
1.1	Definition und Kriterien	S 3
1.2	Systematik	S 3
2	Urformen	S 4
2.1	Allgemeines	S 4
2.2	Formgebung bei metallischen Werkstoffen durch Gießen	S 5
	2.2.1 Herstellung von Halbzeugen S 5. - 2.2.2 Herstellung von Formteilen (Gußteilen) S 6. —	
	2.2.3 Gestaltungsrichtlinien S 14. — 2.2.4 Vorbereitende und nachbehandelnde Arbeitsvorgänge S 15.	
2.3	Formgebung bei Kunststoffen	S 15
	2.3.1 Foliengießen S 17. - 2.3.2 Strangpressen (Extrudieren) S 17. - 2.3.3 Kalandrieren S 17. -	
	2.3.4 Schichtpressen S 17. - 2.3.5 Spritzgießverfahren S 17. - 2.3.6 Formpressen S 18. -	
	2.3.7 Spritzpressen S 18. - 2.3.8 Schäumen S 18.	
2.4	Formgebung bei metallischen und keramischen Werkstoffen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	S 18
	2.4.1 Allgemeines S 18. - 2.4.2 Anwendung S 19. - 2.4.3 Technologie S 19.	
2.5	Weitere Urformverfahren	S 20
	2.5.1 Galvanoformung S 20. — 2.5.2 Chemoformung S 21.	
3	Umformen	S 21
3.1	Systematik und Einführung	S 21
3.2	Grundlagen der Umformtechnik	S 22
	3.2.1 Fließspannung S 22. - 3.2.2 Formänderungsgrößen S 22. - 3.2.3 Fließbedingung S 22. -	
	3.2.4 Fließkurve S 23. — 3.2.5 Anisotropie S 24. — 3.2.6 Formänderungsvermögen S 24. —	
	3.2.7 Grenzformänderungsdiagramm S 24.	
3.3	Modellvorstellungen	S 25
3.4	Spannungen und Kräfte bei ausgewählten Verfahren der Umformtechnik	S 27
	3.4.1 Stauchen zylindrischer Körper S 27. — 3.4.2 Stauchen rechteckiger Körper S 27. —	
	3.4.3 Drahtziehen S 27. - 3.4.4 Durchdrücken S 28. - 3.4.5 Tiefziehen S 29.	
3.5	Technologie	S 30
	3.5.1 Streckziehen S 30. — 3.5.2 Tiefziehen S 30. — 3.5.3 Biegen S 31. — 3.5.4 Superplastisches	
	Umformen von Blechen S 33. - 3.5.5 Stauchen S 33. - 3.5.6 Schmieden S 34. - 3.5.7 Strang-	
	pressen S 35.	
4	Trennen	S 37
4.1	Allgemeines	S 37
4.2	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	S 37
	4.2.1 Grundlagen S 37. - 4.2.2 Drehen S 39. - 4.2.3 Bohren S 43. - 4.2.4 Fräsen S 45. -	
	4.2.5 Sonstige Verfahren: Hobeln und Stoßen, Räumen, Sägen S 48. — 4.2.6 Schneidstoffe S 50.	
4.3	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	S 51
	4.3.1 Grundlagen S 51. - 4.3.2 Schleifen mit rotierendem Werkzeug S 53. - 4.3.3 Bandschleifen	
	S 55. — 4.3.4 Honen S 56. — 4.3.5 Sonstige Verfahren: Läppen, Innendurchmesser-Trennschleifen	
	S 57.	
4.4	Abtragen	S 58
	4.4.1 Gliederung S 58. — 4.4.2 Thermisches Abtragen mit Funken (Funkenerosives Abtragen)	
	S 59. - 4.4.3 Lasertrennen S 60. — 4.4.4 Elektrochemisches Abtragen S 62. — 4.4.5 Chemisches	
	Abtragen S 62.	
4.5	Scheren und Schneiden	S 62
	4.5.1 Systematik S 62. - 4.5.2. Technologie S 64. - 4.5.3 Kräfte und Arbeiten S 65. -	
	4.5.4 Werkstückeigenschaften S 65. — 4.5.5 Werkzeuge S 66. — 4.5.6 Sonderschneidverfahren S 67.	
5	Sonderverfahren	S 68
5.1	Gewindefertigung	S 68
	5.1.1 Gewindedrehen S 68. — 5.1.2 Gewindestrehlen S 69. — 5.1.3 Gewindestschneiden S 69. —	
	5.1.4 Gewindebohren S 69. - 5.1.5 Gewindefräsen S 69. - 5.1.6 Gewindegewindeschleifen S 70. -	
	5.1.7 Gewindeerodieren S 71. - 5.1.8 Gewindewalzen S 71. - 5.1.9 Gewindefurchen S 71. -	
	5.1.10 Gewindedrücken S 71.	
5.2	Verzahnen	S 72
	5.2.1 Verzahnen von Stirnrädern S 72. — 5.2.2 Verzahnen von Schnecken S 78. — 5.2.3 Verzahnen	
	von Schneckenrädern S 79. — 5.2.4 Verzahnen von KegeLRädern S 80.	
5.3	Fertigungsverfahren der Feinwerk- und Mikrotechnik	S 82
	5.3.1 Einführung S 82. - 5.3.2 Laserstrahlverfahren S 83. - 5.3.3 Elektronenstrahlverfahren S 84.	
	— 5.3.4 Ultraschallverfahren S 85. — 5.3.5 Funkenerosion, Elysieren, Metallätzen S 86. —	
	5.3.6 Herstellen von Schichten S 87. - 5.3.7 Herstellen planarer Strukturen S 88. —	
	5.3.8 Verfahren der Mikrotechnik S 89.	
5.4	Beschichten	S 91

6	Montage	S92
6.1	Begriffe	S92
6.2	Aufgaben der Montage	S 93
6.3	Durchführung der Montage	S 93
7	Fertigungs- und Fabrikbetrieb	S97
7.1	Arbeitsvorbereitung	S97
	7.1.1 Fertigungsplanung S97. - 7.1.2 Fertigungssteuerung S99.	
7.2	Fertigungssysteme	S101
	7.2.1 Das System „Fertigung“ S 101. — 7.2.2 Automatisierung von Handhabungsfunktionen S 102. - 7.2.3 Transferstraßen und automatische Fertigungslinien S 103. - 7.2.4 Flexible Fertigungssysteme S 104.	
7.3	Qualitätswesen	S105
	7.3.r Aufgaben der Qualitätssicherung S 105. — 7.3.2 Qualitätssicherungssysteme S 105. — 7.3.3 Methoden und Verfahren S 105. - 7.3.4 Prüfmittel S 105.	
7.4	Betriebliche Kostenrechnung	S106
	7.4.1 Grundlagen der betrieblichen Kostenrechnung S 106. — 7.4.2 Kostenartenrechnung S 106. — 7.4.3 Kostenstellenrechnung und Betriebsabrechnungsbögen S 106. — 7.4.4 Maschinenstundensatzrechnung S 107. - 7.4.5 Kalkulation S 108.	
7.5.	Arbeitswissenschaftliche Grundlagen	S108
8	Anhang S: Diagramme und Tabellen	S 110
9	Spezielle Literatur	S117
T	Fertigungsmittel	
1	Elemente der Werkzeugmaschinen	T1
1.1	Grundlagen	T1
	1.1.1 Funktionsgliederung T1. — 1.1.2 Mechanisches Verhalten T3.	
1.2	Antriebe	T5
	1.2.1 Motoren T5. — 1.2.2 Getriebe TU. — 1.2.3 Mechanische Vorschub-Übertragungselemente T16.	
1.3	Gestelle	T21
	1.3.1 Anforderungen, Bauformen T21. - 1.3.2 Werkstoffe für Gestellbauteile T23. - 1.3.3 Gestaltung der Gestellbauteile T23. — 1.3.4 Berechnung und Optimierung T25.	
1.4	Führungen	T27
	1.4.1 Linearführungen T27. — 1.4.2 Drehführungen, Lagerungen T31.	
2	Steuerungen	T34
2.1	Steuerungstechnische Grundlagen	T34
	2.1.1 Zum Begriff Steuerung T34. - 2.1.2 Informationsdarstellung T34. — 2.1.3 Programmsteuerung und Funktionssteuerung T34. — 2.1.4 Signaleingabe und -ausgabe T35. — 2.1.5 Signalbildung T35. — 2.1.6 Signalverarbeitung T35. — 2.1.7 Steuerungsprogramme T36. - 2.1.8 Aufbauorganisation von Steuerungen T36. — 2.1.9 Datenquellen und Verbindungsstrukturen in der Fertigung T37. — 2.1.10 Sicherheitsbestimmungen T38.	
2.2	Steuerungsmittel	T38
	2.2.1 Mechanische Speicher und Steuerungen T38. — 2.2.2 Fluidische Steuerungen T39. - 2.2.3 Elektrische Steuerungen T40.	
2.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	T41
	2.3.1 Aufbau T41. - 2.3.2 Programmierung T42.	
2.4	Numerische Steuerungen	T43
	2.4.1 Zum Begriff T43. - 2.4.2 Programmierung T43. - 2.4.3 Datenschnittstellen T44. - 2.4.4 Steuerdatenverarbeitung T44. — 2.4.5 Numerische Grundfunktionen T45. — 2.4.6 Lageeinstellung T46.	
2.5	Einrichtungen zur Positionsmessung bei NC-Maschinen	T48
	2.5.1 Arten der Positionswertenerfassung T48. — 2.5.2 Meßort und Meßwertabnahme T48. — 2.5.3 Digitale Meßwertenerfassung T49. — 2.5.4 Analoge Meßwertenerfassung T51. — 2.5.5 Laserinterferometer T51.	
3	Maschinen zum Scheren und Schneiden	T 52
3.1	Maschinen zum Scheren	T52
3.2	Maschinen zum Schneiden	T 53
3.3	Maschinen zum Knabberschneiden	T 54
3.4	Maschinen zum Strahlschneiden	T 54

4	Werkzeugmaschinen zum Umformen	T 54
4.1	Kenngößen von Preßmaschinen.	T54
4.2	Weggebundene Preßmaschinen.	T 56
	4.2.1 Bauarten T56. — 4.2.2 Baugruppen T57. — 4.2.3 Kinetik und Kinematik T57. - 4.2.4 Anwendung, Ausführungsbeispiele T58.	
4.3	Kraftgebundene Preßmaschinen.	T 60
	4.3.1 Bauarten T60. — 4.3.2 Baugruppen T61. — 4.3.3 Anwendung, Ausführungsbeispiele T61.	
4.4	Arbeitgebundene Preßmaschinen.	T62
	4.4.1 Hämmer T62. — 4.4.2 Spindelpressen T63.	
4.5	Arbeitssicherheit.	T64
5	Spanende Werkzeugmaschinen	T 65
5.1	Drehmaschinen.	T65
	5.1.1 Allgemeines T65. — 5.1.2 Universaldrehmaschinen T66. - 5.1.3 Frontdrehmaschinen T69. — 5.1.4 Drehautomaten T69. — 5.1.5 Großdrehmaschinen T73. — 5.1.6 Sonderdrehmaschinen T73. - 5.1.7 Flexible Drehbearbeitungssysteme T73.	
5.2	Bohrmaschinen.	T76
	5.2.1 Allgemeines T76. — 5.2.2 Tischbohrmaschinen T76. — 5.2.3 Säulenbohrmaschinen T76. — 5.2.4 Ständerbohrmaschinen T76. — 5.2.5 Mehrspindelbohrmaschinen T77. — 5.2.6 Schwenk- bohrmaschinen T78. — 5.2.7 Koordinatenbohrmaschinen T78. — 5.2.8 Revolverbohrmaschinen T78. - 5.2.9 Feinbohrmaschinen T78. - 5.2.10 Tiefbohrmaschinen T78. - 5.2.11 Sonderbohr- maschinen T79.	
5.3	Fräsmaschinen.	T79
	5.3.1 Allgemeines T79. - 5.3.2 Konsolfräsmaschinen T80. - 5.3.3 Bettfräsmaschinen T80. - 5.3.4 Nachformfräsmaschinen T81. — 5.3.5 Rundfräsmaschinen T81. — 5.3.6 Universal- Werkzeugfräsmaschinen T81. — 5.3.7 Sonderfräsmaschinen T81.	
5.4	Waagrecht-Bohr- und -Fräsmaschinen.	T82
5.5	Bearbeitungszentren.	T82
5.6	Hobel- und Stoßmaschinen.	T 84
	5.6.1 Hobelmaschinen T84. - 5.6.2 Stoßmaschinen T85.	
5.7	Räummaschinen.	T86
5.8	Säge- und Feilmaschinen.	T86
	5.8.1 Allgemeines T86. — 5.8.2 Kalkkreissägemaschinen T86. — 5.8.3 Bandsäge- und Feilmaschi- nen T88. — 5.8.4 Hubsäge- und Feilmaschinen T88.	
5.9	Schleifmaschinen.	T88
	5.9.1 Allgemeines T88. - 5.9.2 Flachsleifmaschinen T88. - 5.9.3 Rundschleifmaschinen T89. — 5.9.4 Schraubflächenschleifmaschinen T90. — 5.9.5 Verzahnungsschleifmaschinen T90. — 5.9.6 Profilschleifmaschinen T91. — 5.9.7 Entwicklungstendenzen T91.	
5.10	Honmaschinen.	T91
	5.10.1 Langhubhonmaschinen T91. - 5.10.2 Kurzhubhonmaschinen T92.	
5.11	Läppmaschinen.	T94
	5.11.1 Allgemeines T94. — 5.11.2 Einscheiben-Läppmaschinen T94. — 5.11.3 Zweiseiben- Läppmaschinen T94. — 5.11.4 Kugelläppmaschinen T95.	
5.12	Mehrmaschinenysteme.	T95
6	Schweiß- und Lötmaschinen	T 96
6.1	Lichtbogenschweißmaschinen.	T96
6.2	Widerstandsschweißmaschinen.	T98
6.3	Löteinrichtungen.	T98
7	Industrieroboter	T99
7.1	Einteilung von Handhabungseinrichtungen.	T99
7.2	Komponenten des Roboters.	T100
7.3	Kinematisches und dynamisches Modell.	T100
	7.3.1 Kinematisches Modell T100. - 7.3.2 Dynamisches Modell T101.	
7.4	Kenngößen, Genauigkeit.	T101
7.5	Steuerungssystem eines Industrieroboters.	T101
7.6	Programmierung.	T102
	7.6.1 Programmierverfahren T 102. - 7.6.2 Off-line-Programmiersysteme T 103.	
7.7	Anwendungsgebiete und Auswahl von Industrierobotern.	T106
8	Spezielle Literatur	T107

U	Fördertechnik	
1	Grundlagen	U1
1.1	Begriffsbestimmungen	U1
1.2	Fördergüter und Fördermittel	U2
1.3	Stromstärke und Durchsatz	U2
2	Hebezeuge und Krane	U 3
2.1	Ketten und Kettentriebe	U 3
	2.1.1 Rundstahlketten U 3. — 2.1.2 Stahlgelenkketten U4.	
2.2	Seile und Seiltriebe	U 4
	2.2.1 Faserseile U4. - 2.2.2 Drahtseile U4. - 2.2.3 Seilrollen und Seiltrommeln U 9. - 2.2.4 Treibscheiben und Treibtrommeln U 10.	
2.3	Tragmittel und Lastaufnahmemittel	U10
	2.3.1 Lasthaken U 10. — 2.3.2 Lastaufnahmemittel für Stückgüter U 12. — 2.3.3 Lastaufnahmemittel für Schüttgüter U 13.	
2.4	Mechanische Elemente der Antriebe	U14
	2.4.1 Getriebe U 14. - 2.4.2 Motorkupplungen U 14. - 2.4.3 Mechanische Bremsen U 15.	
2.5	Hubwerke und Winden	U19
	2.5.1 Antriebsleistung U 19. - 2.5.2 Serienhebezeuge U 19. - 2.5.3 Stückguthubwerke U 20. - 2.5.4 Greiferhubwerke U 21. - 2.5.5 Freifallwinden U 22.	
2.6	Fahrbahnen und Fahrwerke	U 22
	2.6.1 Kranschiene U 22. — 2.6.2 Laufräder und ihre Lagerung U 23. — 2.6.3 Berechnung der Laufräder U 23. — 2.6.4 Spurführung U 24. — 2.6.5 Antriebssysteme U 24.	
2.7	Antriebe	U26
	2.7.1 Elektromotorische Antriebe U 26. — 2.7.2 Dieselmotorisch getriebene Antriebe U 28.	
2.8	Krantragwerke	U28
	2.8.1 Berechnung U 28. - 2.8.2 Puffer U 30. - 2.8.3 Schraubenverbindungen U 30. - 2.8.4 Standsicherheit und Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind U 31. — 2.8.5 Abnahmeprüfung von Kranen U 31.	
2.9	Kranarten	U32
	2.9.1 Hängebahnen U 32. - 2.9.2 Hängekrane U 32. - 2.9.3 Brückenkrane U 32. - 2.9.4 Verladebrücken U 35. - 2.9.5 Drehkrane U 38. - 2.9.6 Autokrane U 42.	
3	Stetigförderer	U43
3.1	Förderprinzip, Einteilung, Leistungsfähigkeiten	U43
3.2	Stetigförderer, Zug- und Tragorgan vereinigt (Gurtförderer)	U43
	3.2.1 Gurtarten U43. — 3.2.2 Berechnungsgrundlagen U44. - 3.2.3 Konstruktionselemente und Baugruppen U 48.	
3.3	Stetigförderer, Zug- und Tragorgan getrennt	U 53
	3.3.1 Gliederförderer U 53. - 3.3.2 Schneckenförderer U 57.	
3.4	Stetigförderer ohne Zugorgan, mit Energiezufuhr (Schwingförderer)	U 58
3.5	Stetigförderer ohne Zugorgan und ohne Energiezufuhr (Schwerkraftförderer)	U 59
	3.5.1 Rutschen U 59. - 3.5.2 Rollenbahnen U 59.	
3.6	Strömungsförderer	U60
	3.6.1 Förderung im Luftstrom U 60. — 3.6.2 Förderung im Wasserstrom U 61. — 3.6.3 Förderung nach dem Lufthebeverfahren U 61. — 3.6.4 Berechnungsgrundlagen zur Strömungsförderung U 61.	
4	Flurförderer	U61
4.1	Hand-Flurförderzeuge	U61
	4.1.1 Karren U 61. - 4.1.2 Wagen U 61. - 4.1.3 Roller U 62. - 4.1.4 Hubwagen U 62.	
4.2	Motorisch angetriebene Stückgutförderer	U 62
	4.2.1 Wagen W U 62. - 4.2.2 Schlepper Z U 63. - 4.2.3 Gabelstapler U 64. - 4.2.4 Portalhubwagen und -Stapler U 66. - 4.2.5 Fahrerlose Flurförderzeuge U 68. — 4.2.6 Fahrwiderstände U 68.	
4.3	Motorisch angetriebene Schüttgut-Flurförderer	U 68
5	Baumaschinen	U68
5.1	Einteilung und Begriffe	U68
5.2	Hochbaumaschinen	U68
	5.2.1 Turmdrehkrane U 69. — 5.2.2 Betonmischanlagen U 69. - 5.2.3 Transportbetonmischer U 70. — 5.2.4 Betonpumpen U 70. - 5.2.5 Verteilmasten U 72.	

5.3	Erdbaumaschinen . . . . .	.U72
	5.3.1 Bagger U 72. - 5.3.2 Schaufellader U 74. - 5.3.3 Planiermaschinen U 76. - 5.3.4 Muldenkipper U 78.	
6	Lagertechnik . . . . .	.U78
6.1	Bildung von Ladeeinheiten . . . . .	.U78
	6.1.1 Packstücke U78. - 6.1.2 Ladehilfsmittel U 79. - 6.1.3 Container U79.	
6.2	Stückgutlagertechnik . . . . .	.U80
	6.2.1 Lagersysteme U80. — 6.2.2 Lagerbauweise U81. - 6.2.3 Lagermittel U81. - 6.2.4 Lagerorganisation U 83. — 6.2.5 Fördermittel im Lager U 84. — 6.2.6 Handhabungseinrichtungen und Hilfseinrichtungen zur Bildung von Versandeinheiten U 85. — 6.2.7 Automatisierung U 86.	
7	Spezielle Literatur . . . . .	.U 86
V	Elektrotechnik	
1	Grundlagen . . . . .	.VI
1.1	Grundgesetze . . . . .	.VI
	1.1.1 Feldgrößen und -gleichungen V 1. - 1.1.2 Elektrostatisches Feld V2. - 1.1.3 Stationäres Strömungsfeld V2. — 1.1.4 Stationäres magnetisches Feld V3. — 1.1.5 Quasistationäres elektromagnetisches Feld V3.	
1.2	Elektrische Stromkreise . . . . .	.V3
	1.2.1 Gleichstromkreise V3. - 1.2.2 Kirchhoffsche Sätze V4. - 1.2.3 Kapazitäten V4. - 1.2.4 Induktionsgesetz V5. — 1.2.5 Induktivitäten V5. — 1.2.6 Magnetische Materialien V5. — 1.2.7 Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld V6.	
1.3	Wechselstromtechnik . . . . .	.V7
	1.3.1 Wechselstromgrößen V 7. - 1.3.2 Leistung V 8. - 1.3.3 Drehstrom V 8. - 1.3.4 Schwingkreise und Filter V10.	
1.4	Netzwerke . . . . .	.V11
	1.4.1 Ausgleichsvorgänge V11. — 1.4.2 Netzwerkberechnung V13.	
1.5	Werkstoffe und Bauelemente . . . . .	.V13
	1.5.1 Leiter, Halbleiter, Isolatoren V 13. — 1.5.2 Besondere Eigenschaften bei Leitern V13. - 1.5.3 Stoffe im elektrischen Feld V14. - 1.5.4 Stoffe im Magnetfeld V15. - 1.5.5 Elektrolyte V15.	
2	Transformatoren und Wandler . . . . .	.V15
2.1	Einphasentransformatoren . . . . .	.V15
	2.1.1 Wirkungsweise und Ersatzschaltbilder V15. — 2.1.2 Spannungsinduktion V 16. — 2.1.3 Leerlauf und Kurzschluß V16. — 2.1.4 Zeigerdiagramm V 16.	
2.2	Meßwandler . . . . .	.V17
	2.2.1 Stromwandler V17. — 2.2.2 Spannungswandler V17.	
2.3	Drehstromtransformatoren . . . . .	.V17
3	Elektrische Maschinen . . . . .	.V18
3.1	Allgemeines . . . . .	.V18
	3.1.1 Maschinenarten V18. - 3.1.2 Bauformen und Achshöhen V20. - 3.1.3 Schutzarten V20. — 3.1.4 Verluste und Wirkungsgrad V20. — 3.1.5 Erwärmung und Kühlung V20. — 3.1.6 Betriebsarten V21. — 3.1.7 Schwingungen und Geräusche V21. — 3.1.8 Funkstörungen V22. - 3.1.9 Drehfelder in Drehstrommaschinen V22.	
3.2	Asynchronmaschinen . . . . .	.V23
	3.2.1 Ausführungen V23. — 3.2.2 Ersatzschaltbild und Kreisdiagramm V23. — 3.2.3 Betriebskennlinien V24. — 3.2.4 Einfluß der Stromverdrängung V24. — 3.2.5 Einphasenmotoren V25.	
3.3	Synchronmaschinen . . . . .	.V25
	3.3.1 Ausführungen V25. - 3.3.2 Betriebsverhalten V25. - 3.3.3 Kurzschlußverhalten V26.	
3.4	Gleichstrommaschinen . . . . .	.V27
	3.4.1 Ausführungen V27. — 3.4.2 Stationäres Betriebsverhalten V27. — 3.4.3 Instationäres Betriebsverhalten V28.	
3.5	Kleinmotoren . . . . .	.V28
4	Leistungselektronik . . . . .	.V31
4.1	Grundlagen und Bauelemente . . . . .	.V31
	4.1.1 Allgemeines V31. — 4.1.2 Ausführungen von Halbleiterventilen V32. — 4.1.3 Leistungsmerkmale der Ventile V32. — 4.1.4 Einteilung der Stromrichter V33.	
4.2	Wechselstrom- und Drehstromsteller . . . . .	.V 34
4.3	Netzgeführte Stromrichter . . . . .	.V34
	4.3.1 Netzgeführte Gleich- und Wechselrichter V 34. - 4.3.2 Steuerkennlinien V 35. - 4.3.3 Umkehrstromrichter V36. — 4.3.4 Netzurückwirkungen V36. — 4.3.5 Direktumrichter V36.	

4.4.	Selbstgeführte Stromrichter.	V 37
	4.4.1 Gleichstromsteller V 37. - 4.4.2 Selbstgeführte Wechselrichter und Umrichter V37. —	
	4.4.3 Blindleistungskompensation V 38.	
5	Elektrische Antriebstechnik	V 38
5.1	Allgemeines.	V38
	5.1.1 Aufgaben V38. - 5.1.2 Stationärer Betrieb V39. - 5.1.3 Anfahren V39. - 5.1.4 Drehzahlverstellung V40. — 5.1.5 Drehschwingungen V41. — 5.1.6 Elektrische Bremsung V41.	
5.2	Gleichstromantriebe.	V41
	5.2.1 Gleichstromantriebe mit netzgeführten Stromrichtern V41. — 5.2.2 Regelung in der Antriebstechnik V42. - 5.2.3 Drehzahlregelung V42.	
5.3	Drehstromantriebe.	V44
	5.3.1 Antriebe mit Drehstromsteller V44. — 5.3.2 Untersynchrone Stromrichter-kaskade V44. — 5.3.3 Stromrichter-motor V44. — 5.3.4 Umrichter-antriebe mit selbstgeführtem Wechselrichter V45. — 5.3.5 Regelung von Drehstromantrieben V46.	
6	Energieverteilung	V46
6.1	Allgemeines.	V46
6.2	Kabel und Leitungen.	V47
	6.2.1 Leitungsnachbildung V47. — 6.2.2 Kenngrößen der Leitungen V48.	
6.3	Schaltgeräte.	V48
	6.3.1 Schaltanlagen V48. — 6.3.2 Hochspannungsschaltgeräte V48. — 6.3.3 Niederspannungsschaltgeräte V49.	
6.4	Schutzeinrichtungen.	V49
	6.4.1 Kurzschlußschutz V49. - 6.4.2 Schutzschalter V49. - 6.4.3 Thermischer Überstromschutz V49. - 6.4.4 Kurzschlußströme V49. - 6.4.5 Selektiver Netzschutz V 50. - 6.4.6 Berührungsschutz V51.	
6.5	Energiespeicherung	V51
	6.5.1 Speicherkraftwerke V51. - 6.5.2 Batterien V51. — 6.5.3 Andere Energiespeicher V52.	
6.6	Elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen.	V 52
	6.6.1 Solarenergie V52. - 6.6.2 Windenergie V53.	
7	Elektrowärme	V54
7.1	Widerstandserwärmung	V 54
7.2	Lichtbogenerwärmung.	V55
	7.2.1 Lichtbogenofen V55. - 7.2.2 Lichtbogenschweißen V55.	
7.3	Induktive Erwärmung	V 56
	7.3.1 Stromverdrängung, Eindringtiefe V56. — 7.3.2 Aufwölbung und Bewegungen im Schmelz-gut V56. — 7.3.3 Oberflächenerwärmung V56. — 7.3.4 Stromversorgung V56.	
7.4	Dielektrische Erwärmung.	V57
8	Anhang V: Diagramme und Tabellen.	V 58
9	Spezielle Literatur.	V60
W	Meßtechnik	
1	Grundlagen	W1
1.1	Aufgabe der Meßtechnik	W1
1.2	Strukturen der Meßtechnik.	W1
	1.2.1 Meßkette W1. - 1.2.2 Kenngrößen von Meßgliedern W2. - 1.2.3 Fehler von Meßgliedern W2. — 1.2.4 Dynamische Übertragungseigenschaften von Meßgliedern W3.	
1.3	Planung von Messungen.	W4
1.4	Auswertung von Messungen	W4
2	Meßgrößen und Meßverfahren.	W 5
2.1	Einheitensystem und Gliederung der Meßgrößen.	W5
	2.1.1 Internationales Einheitensystem W5. — 2.1.2 Gliederung der Meßgrößen W5.	
2.2	Aufnehmer- und Sensorprinzipien.	W 5
	2.2.1 Meßgrößenumformung W5. — 2.2.2 Zerstörungsfreie Bauteil- und Maschinendiagnostik W6.	
2.3	Geometrische Meßgrößen.	W 6
	2.3.1 Längenmeßtechnik W6. — 2.3.2 Gewinde- und Zahnradmeßtechnik W8. — 2.3.3 Oberflächenmeßtechnik W9. — 2.3.4 Mustererkennung und Bildverarbeitung W 10.	
2.4	Kinematische und schwingungstechnische Meßgrößen.	W 10
	2.4.1 Wegmeßtechnik W 10. - 2.4.2 Geschwindigkeits- und Drehzahlmeßtechnik W11. - 2.4.3 Beschleunigungsmeißtechnik W 12.	

2.5	Mechanische Beanspruchungen . . . . .	.W12
	2.5.1 Kraftmeßtechnik W 12. - 2.5.2 Dehnungsmeßtechnik W 13. - 2.5.3 Experimentelle Spannungsanalyse W 14.	
2.6	Strömungstechnische Meßgrößen . . . . .	.W14
	2.6.1 Flüssigkeitsstand, Druck W 14. — 2.6.2 Volumen, Durchfluß, Strömungsgeschwindigkeit W15. - 2.6.3 Viskosimetrie W 16.	
2.7	Thermische Meßgrößen . . . . .	.W16
	2.7.1 Temperaturmeßtechnik W16. — 2.7.2 Kalorimetrie W17.	
2.8	Optische Meßgrößen . . . . .	.W18
	2.8.1 Licht- und Farbmeßtechnik W 18. - 2.8.2 Refraktometrie W 18. - 2.8.3 Polarimetrie W 19.	
2.9	Umweltmeßgrößen . . . . .	.W19
	2.9.1 Strahlungsmeßtechnik W 19. - 2.9.2 Akustische Meßtechnik W20. - 2.9.3 Klimameßtechnik W21.	
2.10	Stoffmeßgrößen . . . . .	.W21
	2.10.1 Anorganisch-chemische Analytik W21. — 2.10.2 Organisch-chemische Analytik W22. — 2.10.3 Oberflächenanalytik W22.	
3	Meßsignalverarbeitung . . . . .	.W23
3.1	Signalarten . . . . .	.W23
3.2	Analoge elektrische Meßtechnik . . . . .	.W 23
	3.2.1 Strom-, Spannungs- und Widerstandsmeßtechnik W23. — 3.2.2 Kompensatoren und Meßbrücken W 24. - 3.2.3 Meßverstärker W 25. - 3.2.4 Funktionsbausteine W 26.	
3.3	Digitale elektrische Meßtechnik . . . . .	.W26
	3.3.1 Digitale Meßsignaldarstellung W26. — 3.3.2 Analog-Digital-Umsetzer W27.	
3.4	Rechnerunterstützte Meßsignalverarbeitung . . . . .	.W27
4	Meßwertausgabe . . . . .	.W29
4.1	Meßwertanzeige . . . . .	.W29
	4.1.1 Meßwerke W29. — 4.1.2 Digitalvoltmeter, Digitalmultimeter W29. — 4.1.3 Oszilloskope W29.	
4.2	Meßwertregistrierung . . . . .	.W30
	4.2.1 Schreiber W30. - 4.2.2 Drucker W30. - 4.2.3 Meßwertspeicherung W30.	
4.3	Ergebnisdarstellung und Dokumentation . . . . .	.W31
5	Anhang W: Diagramme und Tabellen . . . . .	.W 32
6	Spezielle Literatur . . . . .	.W 34
X	Regelungstechnik	
1	Grundbegriffe . . . . .	.XI
2	Übertragungsverhalten . . . . .	.X3
2.1	Statisches Verhalten . . . . .	.X3
2.2	Übergangsverhalten . . . . .	.X3
	2.2.1 Antwortfunktion X3. — 2.2.2 Proportionales (P-)Verhalten X3. — 2.2.3 Integrales (I-)Verhalten X3. - 2.2.4 Differentiales (D-)Verhalten X3. - 2.2.5 Verzögertes (P-T,-) Verhalten 1. Ordnung X4. - 2.2.6 Verzögertes (P-T _z -)Verhalten 2. Ordnung X4. - 2.2.7 Verzögerungsverhalten höherer Ordnung X4. — 2.2.8 Totzeit-(T,-)Verhalten X4.	
2.3	Frequenzgang . . . . .	.X5
	2.3.1 Grundbegriffe des Frequenzgangs X5. — 2.3.2 Frequenzkennlinien X6.	
3	Regler . . . . .	.X7
3.1	Regler ohne und mit Hilfsenergie . . . . .	.X7
3.2	Grundtypen von stetigen Reglern . . . . .	.X 7
	3.2.1 P-Regler X7. - 3.2.2 I-Regler X7. - 3.2.3 PI-Regler X8. - 3.2.4 PD-Regler X8. - 3.2.5 PID-Regler X8.	
3.3	Unstetige Regler . . . . .	.X 8
4	Grundtypen von Regelstrecken . . . . .	.X9
4.1	P-Regelstrecke . . . . .	.X9
4.2	Regelstrecke ohne und mit Ausgleich . . . . .	.X10
4.3	Regelstrecken höherer Ordnung . . . . .	.X10

5 Zusammenwirken von Regler und Regelstrecke X10

5.1 Stabilität des Regelkreises. X11

5.2 Übertragungsverhalten des Regelkreises. X12

5.3 Anpassung des Reglers an die Regelstrecke. X12

5.4 Mittel zur Verbesserung der Regelgüte. X13

6 Ausführung von Reglern X13

6.1 Erfassung der Regelgröße. X13

6.2 Regelgeräte. X13

6.3 Stellantriebe. X14

6.4 Ventile und Klappen als Stellglieder. X14

6.5 Entwicklungstendenzen. X15

7 Anhang X: Diagramme und Tabellen X 17

Y Elektronische Datenverarbeitung

1 Einführung Y1

1.1 Begriffserläuterungen. Y1

1.2 Analogrechner. Y1

1.3 Digitalrechner. Y1

1.4 Hybridrechner. Y2

1.5 Rechnerkenngrößen. Y3

2 Analogrechnertechnik Y4

2.1 Grundlagen. Y4

2.1.1 Rechenelemente und ihre Symbole Y4. — 2.1.2 Koeffizient Y4. — 2.1.3 Operationsverstärker Y4. - 2.1.4 Umkehrer Y5. - 2.1.5 Summierer Y5. - 2.1.6 Integrierer Y5. - 2.1.7 Multiplizierer Y5. - 2.1.8 Funktionsgeber Y6. - 2.1.9 Komparatoren und Schalter Y6. - 2.1.10 Ein- und Ausgabegeräte Y6. - 2.1.11 Die Rechenschaltung Y6. - 2.1.12 Steuerung und Rechenabläufe Y7. — 2.1.13 Grundsätzliches Verfahren der Programmierung Y7.

2.2 Aufgaben und Anwendungen. Y7

2.2.1 Abgrenzung gegenüber Digitalrechnern Y7. — 2.2.2 Spezielle Anwendungen Y8.

3 Digitalrechnertechnik Y 8

3.1 Aufbau und Wirkungsweise von Digitalrechnern. Y8

3.1.1 Aufbau von Digitalrechnern Y8. — 3.1.2 Informationsverarbeitung im Digitalrechner Y9. — 3.1.3 Zahlendarstellung und arithmetische Operationen Y10. — 3.1.4 Komponenten eines Digitalrechners Y11. — 3.1.5 Architektur von Digitalrechnern Y13. — 3.1.6 Periphere Speicher und E/A-Geräte Y15. — 3.1.7 Betriebssystem Y18. — 3.1.8 Betriebssystemarten Y19.

3.2 Programmieren digitaler Datenverarbeitungsanlagen. Y20

3.2.1 Einteilung von Programmiersprachen Y20. — 3.2.2 Elemente von algorithmischen Programmiersprachen Y21. — 3.2.3 Datenstrukturen Y23. — 3.2.4 Übersetzen einer Programmiersprache Y25. — 3.2.5 Ausgewählte Programmiersprachen Y25. — 3.2.6 Hilfsmittel der Programmierung Y29. - 3.2.7 Methoden der Programmentwicklung Y32. - 3.2.8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Y33.

3.3 Aufgaben und Anwendungen. Y33

3.3.1 Rechnerunterstütztes Konstruieren Y33. — 3.3.2 Rechnerunterstützte Arbeitsplanung Y36. - 3.3.3 Rechnerunterstütztes Fertigen Y38. - 3.3.4 Rechnerunterstützte Qualitätssicherung Y38. - 3.3.5 Rechnerintegrierte Produktherstellung Y39. - 3.3.6 DV-Systeme zur Informationsspeicherung Y42. — 3.3.7 Künstliche Intelligenz und Expertensysteme Y42.

4 Anhang Y: Diagramme und Tabellen Y45

5 Spezielle Literatur Y47

Z Allgemeine Tabellen

1. Physikalische Konstanten Z 1. - 2. Einheitensysteme: SI-(MKS-), CGS-, mkps- und fps-System Z 1. - 3. Die wichtigsten Einheiten im SI- (MKS-) und mkps-System und ihre Umrechnung Z 1.-4. Umrechnung der wichtigsten Einheiten des fps- in das SI-System Z 2. - 5. Überslagswerte zur Umrechnung vom mkps- in das SI-System Z 2. - 6. Namen und Abkürzungen englischer Einheiten Z 2. - 7. Vorsätze für Einheiten Z 2.

- 8. Römisches Zahlensystem Z 2. - 9. Große Zahlen werte Z 2. - 10. Grundbegriffe und Grundgrößen der Kernphysik Z 3. - 11. Ältere Einheiten der Kerntechnik und ihre Umrechnung Z 3. - 12. Grundgrößen der Lichttechnik Z 4. - 13. Ältere Einheiten der Lichttechnik und ihre Umrechnung Z 3. - 14. Die wichtigsten Schadstoffe und ihre Kennwerte Z 4. - 15. Periodisches System der Elemente mit Ordnungszahl, Symbol, Namen und relativer Atommasse Z 6. - 16. Wichtige chemische Verbindungen Z 7. - 17. Die wichtigsten Größen der Schalltechnik Z 8. - 18. Angenäherte akustische Wirkungsgrade Z 8. - 19. Immissionsrichtwerte nach der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ TA-Lärm (1968) Z 9. - 20. Umrechnung von dB in Druck- oder Leistungs-(Druckquadrat-)verhältnisse und umgekehrt. Z 9. - 21. Alphabete Z 9. - 22. Einige deutsche Buchstabenwörter (Akronyme) Z 9. - 23. Gebräuchliche englische Buchstabenwörter (Akronyme) und Grundbegriffe Z 10. - Eine Auswahl der wichtigsten technischen Zeitschriften Z 12. - Bezugsquellen für Technische Regelwerke, die in den Textteilen und in den Anhängen auszugsweise als Hinweise enthalten sind Z 13. - Die wichtigsten ausländischen Normen und ihre Bezugsquellen Z 14.

Sachverzeichnis