

Alfred Böge (Hrsg.)

**Formeln und Tabellen
Maschinenbau**

Aus dem Programm

Grundlagen Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Klausurentrainer Technische Mechanik

von J. Berger

Lehrsystem Technische Mechanik mit Lehrbuch, Aufgabensammlung, Lösungsbuch sowie Formeln und Tabellen

von A. Böge und W. Schlemmer

Vieweg Handbuch Maschinenbau

herausgegeben von A. Böge

Technische Strömungslehre

von L. Böswirth

Technische Mechanik mit Mathcad, Matlab und Maple

von G. Henning, A. Jahr und U. Mrowka

Thermodynamik für Ingenieure

von K. Langeheinecke, P. Jany und G. Thieleke

Technische Mechanik. Statik

von H.-A. Richard und M. Sander

Technische Mechanik. Festigkeitslehre

von H.-A. Richard und M. Sander

Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung

von W. Weißbach

Aufgabensammlung Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung

von W. Weißbach und M. Dahms

vieweg

Alfred Böge (Hrsg.)

Formeln und Tabellen Maschinenbau

Für Studium und Praxis

Mit über 1200 Stichworten

Autoren:

Alfred Böge: Mathematik, Thermodynamik,
Fluidmechanik, Festigkeitslehre, Zerspantechnik

Alfred Böge/Wolfgang Böge: Maschinenelemente

Gert Böge: Physik, Mechanik

Peter Franke: Elektrotechnik

Wolfgang Weißbach: Chemie, Werkstofftechnik

Viewegs Fachbücher der Technik



Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

1. Auflage März 2007

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007

Lektorat: Thomas Zipsner

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vieweg.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Technische Redaktion: Hartmut Kühn von Burgsdorff, Wiesbaden

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Satz: Zerosoft, Temeswar

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Wilhelm & Adam, Heusenstamm

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0032-9

Vorwort

Ingenieure und Techniker in Ausbildung und Beruf finden hier Größengleichungen und Formeln, Diagramme, Tabellenwerte, Regeln und Verfahren, die zum Lösen von Aufgaben aus den technischen Grundlagenfächern erforderlich sind.

Die Berechnungs- und Dimensionierungsgleichungen aus Mathematik, Physik, Chemie, Werkstofftechnik, Elektrotechnik, Thermodynamik, Mechanik, Fluidmechanik, Festigkeitslehre, Maschinenelemente, Zerspantechnik sind in Tabellen so geordnet, dass sie der speziellen Aufgabe zugeordnet werden können:

- das umfangreiche Sachwortverzeichnis führt schnell zu den gesuchten technisch-physikalischen Größen
- die zugehörige Tabelle zeigt die erforderlichen Größengleichungen
- die zusätzlichen Erläuterungen sichern die richtige Anwendung der Gleichungen, Diagramme und Tabellenwerte

Herausgeber, Autoren und Verlag sind für Hinweise zur Verbesserung des Werkes dankbar. Verwenden Sie dazu bitte die E-Mail-Adresse:

aboege@t-online.de

Braunschweig, Februar 2007

Alfred Böge

Inhaltsverzeichnis

1	Mathematik	1
1.1	Mathematische Zeichen	1
1.2	Griechisches Alphabet	2
1.3	Häufig gebrauchte Konstanten	2
1.4	Multiplikation, Division, Klammern, Binomische Formeln, Mittelwerte	3
1.5	Potenzrechnung (Potenzieren)	4
1.6	Wurzelrechnung (Radizieren)	5
1.7	Logarithmen	6
1.8	Komplexe Zahlen	7
1.9	Quadratische Gleichungen	8
1.10	Wurzel-, Exponential-, Logarithmische und Goniometrische Gleichungen in Beispielen	9
1.11	Graphische Darstellung der wichtigsten Relationen (schematisch)	10
1.12	Flächen (A Flächeninhalt, U Umfang)	12
1.13	Fläche A , Umkreisradius r und Inkreisradius ϱ einiger regelmäßiger Vielecke	13
1.14	Körper (V Volumen, O Oberfläche, M Mantelfläche)	14
1.15	Rechtwinkliges Dreieck	16
1.16	Schiefwinkliges Dreieck	17
1.17	Einheiten des ebenen Winkels	19
1.18	Trigonometrische Funktionen (Graphen in 1.11)	20
1.19	Beziehungen zwischen den trigonometrischen Funktionen	21
1.20	Arcusfunktionen	23
1.21	Hyperbelfunktionen	25
1.22	Areafunktionen	26
1.23	Analytische Geometrie: Punkte in der Ebene	26
1.24	Analytische Geometrie: Gerade	27
1.25	Analytische Geometrie: Lage einer Geraden im rechtwinkligen Achsenkreuz	28
1.26	Analytische Geometrie: Kreis	29
1.27	Analytische Geometrie: Parabel	30
1.28	Analytische Geometrie: Ellipse und Hyperbel	30
1.29	Reihen	32
1.30	Potenzreihen	33
1.31	Differenzialrechnung: Grundregeln	35
1.32	Differenzialrechnung: Ableitungen elementarer Funktionen	36
1.33	Integrationsregeln	36
1.34	Grundintegrale	38
1.35	Lösungen häufig vorkommender Integrale	38
1.36	Uneigentliche Integrale	42
1.37	Anwendungen der Differenzial- und Integralrechnung	42
1.38	Geometrische Grundkonstruktionen	49
2	Physik	55
2.1	Physikalische Größen, Definitionsgleichungen und Einheiten	55
2.1.1	Mechanik	55
2.1.2	Thermodynamik	57
2.1.3	Elektrotechnik	58
2.1.4	Optik	59

2.2	Allgemeine und atomare Konstanten	59
2.3	Umrechnungstafel für metrische Längeneinheiten	60
2.4	Vorsatzzeichen zur Bildung von dezimalen Vielfachen und Teilen von Grundeinheiten oder hergeleiteten Einheiten mit selbständigem Namen	60
2.5	Umrechnungstafel für Leistungseinheiten	60
2.6	Schallgeschwindigkeit c , Dichte ρ und Elastizitätsmodul E einiger fester Stoffe	61
2.7	Schallgeschwindigkeit c und Dichte ρ einiger Flüssigkeiten	61
2.8	Schallgeschwindigkeit c , Verhältnis $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ einiger Gase bei $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$	61
2.9	Schalldämmung von Trennwänden	61
2.10	Elektromagnetisches Spektrum	62
2.11	Brechzahlen n für den Übergang des Lichtes aus dem Vakuum in optische Mittel	62
3	Chemie	63
3.1	Atombau und Periodensystem	63
3.2	Metalle	67
3.3	Nichtmetalle	69
3.4	Elektronegativität	69
3.5	Chemische Bindungen, Wertigkeitsbegriffe	70
3.6	Systematische Benennung anorganischer Verbindungen	73
3.7	Systematische Benennung von Säuren und Säureresten	74
3.8	Systematische Benennung organischer Verbindungen	74
3.9	Benennung von funktionellen Gruppen	77
3.10	Ringförmige Kohlenwasserstoffe	77
3.11	Basen, Laugen	78
3.12	Gewerbliche und chemische Benennung von Chemikalien, chemische Formeln	79
3.13	Säuren	80
3.14	Chemische Reaktionen, Gesetze, Einflussgrößen	80
3.15	Ionenlehre	83
3.16	Elektrochemische Größen und Gesetze	85
3.17	Größen der Stöchiometrie	87
3.18	Beispiele für stöchiometrische Rechnungen	89
3.19	Energieverhältnisse bei chemischen Reaktionen	91
3.20	Heizwerte von Brennstoffen	92
3.21	Bildungs- und Verbrennungswärme einiger Stoffe	92
4	Werkstofftechnik	93
4.1	Werkstoffprüfung	93
4.2	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	96
4.3	Bezeichnung der Stähle nach DIN EN 10027	97
4.4	Baustähle DIN EN 10025-2/05	99
4.5	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	100
4.6	Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen, thermomechanisch gewalzte Stähle DIN EN 10149-2/95	100
4.7	Vergütungsstähle DIN EN 10083/06	100
4.8	Einsatzstähle DIN EN 10084/98	101
4.9	Nitrierstähle DIN EN 10085/01	101
4.10	Stahlguss DIN EN 10293/05	101
4.11	Bezeichnung der Gusseisensorten DIN EN 1560/97	101

4.12	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL DIN EN 1561/97	102
4.13	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS DIN 1563/05	103
4.14	Temperguss GJM DIN EN 1562/06	103
4.15	Bainitisches Gusseisen mit Kugelgraphit DIN EN 1564/06	104
4.16	Gusseisen mit Vermiculargraphit GJV VDG-Merkblatt W-50/02	104
4.17	Bezeichnung von Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	104
4.18	Aluminiumknetlegierungen, Auswahl	105
4.19	Aluminiumgusslegierungen, Auswahl aus DIN EN 1706/98.....	105
4.20	Bezeichnung von Kupfer und Kupferlegierungen nach DIN 1412/95	106
4.21	Zustandsbezeichnungen nach DIN EN 1173/95	106
4.22	Kupferknetlegierungen, Auswahl	107
4.23	Kupfergusslegierungen, Auswahl nach DIN EN 1982/98	107
4.24	Anorganisch nichtmetallische Werkstoffe	108
4.25	Bezeichnung von Si-Carbid, SiC und Siliciumnitrid, Si ₃ N ₄ nach der Herstellungsart.....	108
4.26	Druckgusswerkstoffe.....	108
4.27	Lagermetalle und Gleitwerkstoffe, Übersicht über die Legierungssysteme	109
4.28	Lagermetalle auf Cu-Basis (DKI)	110
4.29	Kurzzeichen für Kunststoffe und Verfahren, Auswahl	110
4.30	Thermoplastische Kunststoffe, Plastomere, Auswahl	112
5	Elektrotechnik	115
5.1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	115
5.1.1	Elektrischer Widerstand	115
5.1.1.1	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	116
5.1.2	Elektrische Leistung und Wirkungsgrad.....	116
5.1.3	Elektrische Energie.....	117
5.1.4	Elektrowärme	118
5.2	Gleichstromtechnik	118
5.2.1	Ohm'sches Gesetz, nicht verzweigter Stromkreis.....	118
5.2.2	Kirchhoffsche Sätze	119
5.2.3	Ersatzschaltungen des Generators.....	119
5.2.4	Schaltungen von Widerständen und Quellen	120
5.2.4.1	Parallelschaltung von Widerständen.....	120
5.2.4.2	Parallelschaltung von Quellen	121
5.2.4.3	Reihenschaltung von Widerständen	122
5.2.4.4	Reihenschaltung von Quellen	122
5.2.5	Messschaltungen.....	123
5.2.5.1	Indirekte Widerstandsbestimmung.....	123
5.2.5.2	Messbereichserweiterung bei Spannungs- und Strommessern	123
5.2.6	Spannungsteiler	124
5.2.7	Brückenschaltung	124
5.3	Elektrisches Feld und Kapazität.....	125
5.3.1	Größen des homogenen elektrostatischen Feldes.....	125
5.3.2	Kapazität von Leitern und Kondensatoren.....	126
5.4	Magnetisches Feld und Induktivität.....	128
5.4.1	Größen des homogenen magnetischen Feldes	128
5.4.2	Spannungserzeugung.....	130
5.4.3	Kraftwirkung.....	132
5.4.4	Richtungsregeln	133
5.4.5	Induktivität von parallelen Leitern und Luftspulen	135
5.4.6	Induktivität von Spulen mit Eisenkern	136
5.4.7	Drosselspule	137

5.4.8	Schaltungen von Induktivitäten	138
5.4.9	Einphasiger Transformator	138
5.5	Wechselstromtechnik	139
5.5.1	Kennwerte von Wechselgrößen	139
5.5.2	Passive Wechselstrom-Zweipole an sinusförmiger Wechselspannung..	141
5.5.2.1	Reihenschaltung von Blindwiderständen	142
5.5.2.2	Parallelschaltung von Blindwiderständen	144
5.5.3	Umwandlung passiver Wechselstrom-Zweipole in gleichwertige Schaltungen	146
5.5.4	Blindleistungskompensation	147
5.6	Drehstromtechnik	148
5.6.1	Drehstromnetz	148
5.6.2	Stern- und Dreieckschaltung	148
5.6.3	Stern-Dreieck-Umwandlung	150
5.7	Elementare Bauteile der Elektronik	151
5.7.1	Halbleiterdioden	151
5.7.1.1	Dioden zum Gleichrichten und Schalten	151
5.7.1.4	Z-Dioden	154
5.7.2	Transistoren	155
5.7.2.1	Bipolare Transistoren	155
5.7.2.2	Kennlinien und Kenngrößen bipolarer Transistoren	155
5.7.3	Thyristoren	157
5.7.3.1	Grundschialtung und Kenndaten	157
5.7.3.2	Ausgewählte Thyristorbaulemente	158
5.7.3.3	Phasenanschnittsteuerung	160
6	Thermodynamik	161
6.1	Grundbegriffe	161
6.2	Wärmeausdehnung	162
6.3	Wärmeübertragung	163
6.4	Gasmechanik	166
6.5	Gleichungen für Zustandsänderungen und Carnot'scher Kreisprozess	167
6.6	Gleichungen für Gasgemische	171
6.7	Temperatur-Umrechnungen	172
6.8	Temperatur-Fixpunkte	172
6.9	Spezifisches Normvolumen v_n und Dichte ρ_n (0 °C und 101 325 N/m ²)	172
6.10	Mittlere spezifische Wärmekapazität c_m fester und flüssiger Stoffe zwischen 0 °C und 100 °C in J / (kg K)	173
6.11	Mittlere spezifische Wärmekapazität c_p , c_v in J / (kg K) nach <i>Justi</i> und <i>Lüder</i>	173
6.12	Schmelzenthalpie q_s fester Stoffe in J / kg bei $p = 101\ 325\ \text{N/m}^2$	173
6.13	Verdampfungs- und Kondensationsenthalpie q_v in J / kg bei 101 325 N/m ²	174
6.14	Schmelzpunkt fester Stoffe in °C bei $p = 101\ 325\ \text{N/m}^2$	174
6.15	Siede- und Kondensationspunkt einiger Stoffe in °C bei $p = 101\ 325\ \text{N/m}^2$	174
6.16	Längenausdehnungskoeffizient α_l fester Stoffe in 1/K zwischen 0 °C und 100 °C (Volumenausdehnungskoeffizient $\alpha_v \approx 3\ \alpha_l$)	174
6.17	Volumenausdehnungskoeffizient α_v von Flüssigkeiten in 1/K bei 18 °C	174
6.18	Wärmeleit Zahlen λ fester Stoffe bei 20 °C in $10^3 \frac{\text{J}}{\text{mhK}}$; Klammerwerte in $\frac{\text{W}}{\text{mK}}$..	175
6.19	Wärmeleit Zahlen λ von Flüssigkeiten bei 20 °C in $\frac{\text{J}}{\text{mhK}}$; Klammerwerte in $\frac{\text{W}}{\text{mK}}$	175

6.20	Wärmeleitzahlen λ von Gasen in Abhängigkeit von der Temperatur (Ungefährwerte) in $\frac{J}{mhK}$ Klammerwerte in $\frac{W}{mK}$	175
6.21	Wärme-Übergangszahlen α für Dampferzeuger bei normalen Betriebs- bedingungen (Mittelwerte).....	175
6.22	Wärmedurchgangszahlen k bei normalem Kesselbetrieb (Mittelwerte).....	176
6.23	Emissionsverhältnis ε und Strahlungszahl C bei 20 °C.....	176
6.24	Spezifische Gaskonstante R_i , Dichte ρ und Verhältnis $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ einiger Gase.....	176
7	Mechanik fester Körper	177
7.1	Freimachen der Bauteile.....	177
7.2	Zeichnerische Bestimmung der Resultierenden F_r	178
7.3	Rechnerische Bestimmung der Resultierenden F_r	178
7.4	Zeichnerische Bestimmung unbekannter Kräfte	180
7.5	Rechnerische Bestimmung unbekannter Kräfte.....	181
7.6	Fachwerke	181
7.7	Schwerpunkt.....	182
7.8	Guldin'sche Regeln.....	184
7.9	Reibung	185
7.10	Reibung in Maschinenelementen.....	186
7.11	Bremsen	188
7.12	Gleitreibung μ und Haftreibung μ_0 (Klammerwerte sind die Gradzahlen für den Reibwinkel ϱ bzw. ϱ_0).....	190
7.13	Wirkungsgrad η_r des Rollenzugs in Abhängigkeit von der Anzahl n der tragenden Seilstränge ($\eta = 0,96$ angenommen).....	190
7.14	Geradlinige gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Bewegung	190
7.15	Wurfgleichungen.....	192
	7.15.1 Horizontaler Wurf (ohne Luftwiderstand)	192
	7.15.2 Wurf schräg nach oben (ohne Luftwiderstand)	192
7.16	Gleichförmige Drehbewegung.....	192
7.17	Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Kreisbewegung	193
7.18	Sinusschwingung (harmonische Schwingung).....	194
7.19	Pendelgleichungen	196
7.20	Schubkurbelgetriebe.....	197
7.21	Gerader zentrischer Stoß.....	198
7.22	Mechanische Arbeit W	199
7.23	Leistung P , Übersetzung i und Wirkungsgrad η	200
7.24	Dynamik der Verschiebewegung (Translation).....	201
7.25	Dynamik der Drehung (Rotation)	202
7.26	Gleichungen für Trägheitsmomente J (Massenmomente 2. Grades).....	203
7.27	Gegenüberstellung einander entsprechender Größen und Definitions- gleichungen für Schiebung und Drehung.....	204
8	Fluidmechanik	205
8.1	Statik der Flüssigkeiten.....	205
8.2	Strömungsgleichungen	206
8.3	Ausflussgleichungen.....	208
8.4	Widerstände in Rohrleitungen.....	209
8.5	Dynamische Zähigkeit η , kinematische Zähigkeit ν und Dichte ρ von Wasser.....	211
8.6	Staudruck q in N/m^2 und Geschwindigkeit w in m/s für Luft und Wasser	211

8.7	Absolute Wandrauigkeit k	211
8.8	Widerstandszahlen ζ für plötzliche Rohrverengung	212
8.9	Widerstandszahlen ζ für Ventile	212
8.10	Widerstandszahlen ζ von Leitungsteilen	212
9	Festigkeitslehre	215
9.1	Grundlagen	215
9.2	Zug- und Druckbeanspruchung	217
9.3	Biegebeanspruchung	218
9.4	Flächenmomente 2. Grades I , Widerstandsmomente W , Trägheitsradius i	219
9.5	Elastizitätsmodul E und Schubmodul G verschiedener Werkstoffe in N/mm^2	220
9.6	Träger gleicher Biegebeanspruchung	221
9.7	Stützkkräfte, Biegemomente und Durchbiegungen	222
9.8	Axiale Flächenmomente I , Widerstandsmomente W , Flächeninhalte A und Trägheitsradius i verschieden gestalteter Querschnitte für Biegung und Knickung (die Gleichungen gelten für die eingezeichneten Achsen)	225
9.9	Warmgewalzter rundkantiger U-Stahl	228
9.10	Warmgewalzter gleichschenkliger rundkantiger Winkelstahl	229
9.11	Warmgewalzter ungleichschenkliger rundkantiger Winkelstahl nach EN 10056-1	230
9.12	Warmgewalzte schmale I-Träger nach DIN 1025-1 (Auszug)	231
9.13	Warmgewalzte I-Träger, IPE-Reihe	232
9.14	Knickung im Maschinenbau (siehe auch 9.35)	233
9.15	Grenzschlankheitsgrad λ_0 für Euler'sche Knickung und Tetmajer-Gleichungen ..	234
9.16	Abscheren und Torsion	235
9.17	Widerstandsmoment W_p (W_t) und Flächenmoment I_p (Drillungswiderstand I_t) ...	237
9.18	Zusammengesetzte Beanspruchung bei gleichartigen Spannungen	238
9.19	Zusammengesetzte Beanspruchung bei ungleichartigen Spannungen	239
9.20	Beanspruchung durch Fliehkraft	240
9.21	Flächenpressung, Lochleibungsdruck, Hertz'sche Pressung	241
9.22	Hohlzylinder unter Druck	243
9.23	Metrisches ISO-Gewinde nach DIN 13	244
9.24	Metrisches ISO-Trapezgewinde nach DIN 103	245
9.25	Metrisches ISO-Feingewinde	246
9.26	Geometrische Größen an Sechskantschrauben	246
10	Maschinenelemente	247
10.1	Toleranzen und Passungen	247
10.1.1	Normzahlen	247
10.1.2	Grundbegriffe zu Toleranzen und Passungen	248
10.1.3	Eintragung von Toleranzen in Zeichnungen	250
10.1.4	Grundtoleranzen der Nennmaßbereiche in μm	250
10.1.5	Allgemeintoleranzen für Längenmaße nach DIN ISO 2768-1	251
10.1.6	Allgemeintoleranzen für Winkelmaße nach DIN ISO 2768-1	251
10.1.7	Allgemeintoleranzen für Fasen und Rundungshalbmesser nach DIN ISO 2768-1	251
10.1.8	Allgemeintoleranzen für Form und Lage nach DIN ISO 2768-2	251
10.1.9	Symbole für Form und Lagetoleranzen nach DIN ISO 1101	252
10.1.10	Kennzeichnung der Oberflächenbeschaffenheit nach DIN EN ISO 1302	253
10.1.11	Mittenrauwerte R_a in μm	253
10.1.12	Verwendungsbeispiele für Passungen	254
10.1.13	Ausgewählte Passtoleranzfelder und Grenzabmaße (in μm) für das System Einheitsbohrung (H)	255

10.1.14	Passungsauswahl, empfohlene Passtoleranzen, Spiel-, Übergangs- und Übermaßtoleranzfelder in μm nach DIN ISO 286	257
10.2	Schraubenverbindungen	259
10.2.1	Berechnung axial belasteter Schrauben ohne Vorspannung	259
10.2.2	Berechnung unter Last angezogener Schrauben.....	259
10.2.3	Berechnung einer vorgespannten Schraubenverbindung bei axial wirkender Betriebskraft	260
10.2.4	Kräfte und Verformungen in zentrisch vorgespannten Schraubenverbindungen	262
10.2.5	Berechnung vorgespannter Schraubenverbindungen bei Aufnahme einer Querkraft.....	267
10.2.6	Berechnung von Bewegungsschrauben	268
10.2.7	Richtwerte für die zulässige Flächenpressung bei Bewegungsschrauben	269
10.2.8	Reibungszahlen und Reibungswinkel für Trapezgewinde	269
10.2.9	$R_{p0,2}$ 0,2-Dehngrenze der Schraube	269
10.2.10	Geometrische Größen an Sechskantschrauben	270
10.2.11	Maße an Senkschrauben mit Schlitz und an Senkungen für Durchgangsbohrungen	270
10.2.12	Einschraublänge l_a für Sacklochgewinde.....	271
10.2.13	Metrisches ISO-Gewinde nach DIN 13	271
10.2.14	Metrisches ISO-Trapezgewinde nach DIN 103.....	272
10.3	Federn	273
10.3.1	Federkennlinie, Federrate, Federarbeit, Eigenfrequenz.....	273
10.3.2	Metallfedern	275
10.3.3	Gummifedern	287
10.4	Achsen, Wellen und Zapfen.....	288
10.4.1	Achsen.....	288
10.4.2	Wellen.....	289
10.4.3	Stützkkräfte und Biegemomente an Getriebewellen	291
10.4.4	Berechnung der Tragfähigkeit nach DIN 743.....	293
10.5	Nabenverbindungen.....	298
10.5.1	Kraftschlüssige (reibschlüssige) Nabenverbindungen (Beispiele).....	298
10.5.2	Formschlüssige Nabenverbindungen (Beispiele).....	299
10.5.3	Zylindrische Pressverbände.....	300
10.5.4	Keglige Pressverbände (Kegelsitzverbindungen)	306
10.5.5	Maße für kegliche Wellenenden mit Außengewinde.....	308
10.5.6	Richtwerte für Nabenabmessungen.....	308
10.5.7	Klemmsitzverbindungen.....	309
10.5.8	Keilsitzverbindungen.....	310
10.5.9	Ringfederspannverbindungen, Maße, Kräfte und Drehmomente.....	311
10.5.10	Ermittlung der Anzahl n der Spannelemente und der axialen Spannkraft F_a	312
10.5.11	Längsstiftverbindung.....	313
10.5.12	Passfederverbindungen	314
10.5.13	Keilwellenverbindung	316
10.6	Zahnradgetriebe.....	317
10.6.1	Kräfte am Zahnrad.....	317
10.6.2	Einzelrad- und Paarungsgleichungen für Gerad- und Schrägstriräder.	320
10.6.3	Einzelrad- und Paarungsgleichungen für Kegelräder.....	323
10.6.4	Einzelrad- und Paarungsgleichungen für Schneckengetriebe.....	325
10.6.5	Wirkungsgrad, Kühlöldurchsatz und Schmierarten der Getriebe	328

11 Zerspantechnik	329
11.1 Drehen und Grundbegriffe der Zerspantechnik	329
11.1.1 Bewegungen, Kräfte, Schnittgrößen und Spanungsgrößen	329
11.1.2 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit v_c beim Drehen	333
11.1.3 Werkzeugwinkel	334
11.1.4 Zerspankräfte	336
11.1.5 Richtwerte für die spezifische Schnittkraft k_c beim Drehen	338
11.1.6 Leistungsbedarf	339
11.1.7 Standverhalten	340
11.1.8 Hauptnutzungszeit	341
11.2 Fräsen	345
11.2.1 Schnittgrößen und Spanungsgrößen	345
11.2.2 Geschwindigkeiten	347
11.2.3 Werkzeugwinkel	348
11.2.4 Zerspankräfte	350
11.2.5 Leistungsbedarf	352
11.2.6 Hauptnutzungszeit	352
11.3 Bohren	355
11.3.1 Schnittgrößen und Spanungsgrößen	355
11.3.2 Geschwindigkeiten	356
11.3.3 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit v_c und den Vorschub f beim Bohren	358
11.3.4 Richtwerte für spezifische Schnittkraft beim Bohren	359
11.3.5 Werkzeugwinkel	360
11.3.6 Zerspankräfte	362
11.3.7 Leistungsbedarf	363
11.3.8 Hauptnutzungszeit	364
11.4 Schleifen	365
11.4.1 Schnittgrößen	365
11.4.2 Geschwindigkeiten	367
11.4.3 Werkzeugwinkel	368
11.4.4 Zerspankräfte	369
11.4.5 Leistungsbedarf	370
11.4.6 Hauptnutzungszeit	370
Sachwortverzeichnis	373