

Inhaltsverzeichnis

1 Statik in der Ebene	1
1.1 Grundlagen	2
1.1.1 Die Aufgaben der Statik	2
1.1.2 Physikalische Größen in der Statik	2
1.1.2.1 Die Kraft F	3
1.1.2.2 Das Kraftmoment oder Drehmoment M	4
1.1.2.3 Das Kräftepaar	4
1.1.3 Übungen zur Berechnung von Drehmomenten	5
1.1.4 Bewegungsmöglichkeiten (Freiheitsgrade) eines Körpers	6
1.1.4.1 Freiheitsgrade im Raum	6
1.1.4.2 Freiheitsgrade in der Ebene	6
1.1.5 Gleichgewicht des Körpers in der Ebene (Gleichgewichtsbedingungen)	6
1.1.6 Der Parallelogrammsatz für Kräfte	8
1.1.6.1 Zusammensetzen von zwei nichtparallelen Kräften (Kräfte reduktion)	8
1.1.6.2 Zerlegen einer Kraft F in zwei nichtparallele Kräfte F_1 und F_2	9
1.1.6.3 Zerlegen einer Kraft F in zwei parallele Kräfte	9
1.1.6.4 Übungen zum Parallelogrammsatz für Kräfte	10
1.1.7 Das Freimachen der Bauteile	11
1.1.7.1 Zweck und Beschreibung des Verfahrens, Oberflächen- und Volumenkräfte	11
1.1.7.2 Seile, Ketten, Riemen	12
1.1.7.3 Zweigelenkstäbe	13
1.1.7.4 Berührungsflächen (ebene Stützflächen)	13
1.1.7.5 Rollkörper (gewölbte Stützflächen)	14
1.1.7.6 Einwertige Lager (Loslager)	15
1.1.7.7 Zweiwertige Lager (Festlager)	15
1.1.7.8 Dreiwertige Lager	17
1.1.8 Übungen zum Freimachen	18
1.2 Die Grundaufgaben der Statik	21
1.2.1 Zentrales und allgemeines Kräftesystem	21
1.2.2 Die zwei Hauptaufgaben	21
1.2.3 Die zwei Lösungsmethoden	22
1.2.4 Die vier Grundaufgaben der Statik im zentralen ebenen Kräftesystem	22
1.2.4.1 Rechnerische Ermittlung der Resultierenden (erste Grundaufgabe)	22

1.2.4.2	Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden (zweite Grundaufgabe)	26
1.2.4.3	Rechnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (dritte Grundaufgabe), die rechnerischen Gleich- gewichtsbedingungen	28
1.2.4.4	Zeichnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (vierte Grundaufgabe), die zeichnerische Gleichgewichtsbedingung	32
1.2.4.5	Übungen zur dritten und vierten Grundaufgabe	35
1.2.5	Die vier Grundaufgaben der Statik im allgemeinen ebenen Kräftesystem	38
1.2.5.1	Rechnerische Ermittlung der Resultierenden (fünfte Grundaufgabe), der Momentensatz	38
1.2.5.2	Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden (sechste Grundaufgabe), das Seileckverfahren	40
1.2.5.3	Rechnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (siebte Grundaufgabe), die rechnerischen Gleich- gewichtsbedingungen	44
1.2.5.4	Übung zur Stützkraftberechnung	46
1.2.5.5	Zeichnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (achte Grundaufgabe), die zeichnerischen Gleich- gewichtsbedingungen	48
1.2.6	Systemanalytisches Lösungsverfahren zur Stützkraft- berechnung	53
1.2.6.1	Herleitung der Systemgleichungen	53
1.2.6.2	Zusammenstellung der Systemgleichungen	60
1.2.6.3	Beschreibung des Programmlaufs zur Stützkraft- berechnung	61
1.2.6.4	Übung zum systemanalytischen Lösungsverfahren zur Stützkraftberechnung	62
1.2.7	Stützkraftermittlung beim räumlichen Kräftesystem (Getriebewelle)	64
1.3	Statik der ebenen Fachwerke	68
1.3.1	Gestaltung von Fachwerkträgern	68
1.3.2	Die Gleichgewichtsbedingungen am statisch bestimmten Fachwerkträger	69
1.3.3	Ermittlung der Stabkräfte im Fachwerkträger	70
1.3.3.1	Das Knotenschnittverfahren	70
1.3.3.2	Das Ritter'sche Schnittverfahren	72
1.3.3.3	Der Cremonaplan	74

2	Schwerpunktslehre	76
2.1	Begriffsbestimmung für Schwerlinie, Schwerebene und Schwerpunkt	76
2.2	Der Flächenschwerpunkt	77
2.2.1	Flächen haben einen Schwerpunkt.	77
2.2.2	Schwerpunkte einfacher Flächen	78
2.2.3	Schwerpunkte zusammengesetzter Flächen.	79
2.2.3.1	Rechnerische Bestimmung des Flächenschwerpunkts	79
2.2.3.2	Übungen zur Bestimmung des Flächenschwerpunkts.	81
2.3	Der Linienschwerpunkt	83
2.3.1	Linien haben einen Schwerpunkt	83
2.3.2	Schwerpunkte einfacher Linien	83
2.3.3	Schwerpunkte zusammengesetzter Linien (Linienzüge)	84
2.3.3.1	Rechnerische Bestimmung des Linienschwerpunkts	84
2.4	Guldin'sche Regeln	86
2.4.1	Volumenberechnung	86
2.4.2	Oberflächenberechnung	86
2.4.3	Übungen mit den Guldin'schen Regeln	87
2.5	Gleichgewichtslagen und Standsicherheit	87
2.5.1	Gleichgewichtslagen.	87
2.5.1.1	Stabiles Gleichgewicht	87
2.5.1.2	Labiles Gleichgewicht	87
2.5.1.3	Indifferentes Gleichgewicht	87
2.5.2	Standsicherheit	88
2.5.2.1	Kippmoment, Standmoment, Standsicherheit	88
2.5.2.2	Übung zur Standsicherheit	89
3	Reibung	90
3.1	Grunderkenntnisse über die Reibung	90
3.2	Gleitreibung und Haftreibung	91
3.2.1	Reibungswinkel, Reibungszahl und Reibungskraft	91
3.2.2	Ermittlung der Reibungszahlen μ , und μ_0	92
3.2.3	Der Reibungskegel	93
3.2.4	Übungen zur Lösung von Reibungsaufgaben	95
3.3	Reibung auf der schiefen Ebene	100
3.3.1	Verschieben des Körpers nach oben (1. Grundfall)	100
3.3.1.1	Zugkraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel	100
3.3.1.2	Zugkraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	101
3.3.1.3	Zugkraft F wirkt waagrecht	103

3.3.2	Halten des Körpers auf der schiefen Ebene (2. Grundfall)	105
3.3.2.1	Haltekraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel	105
3.3.2.2	Haltekraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	106
3.3.2.3	Haltekraft F wirkt waagrecht	108
3.3.3	Verschieben des Körpers nach unten (3. Grundfall)	110
3.3.3.1	Schubkraft F wirkt unter beliebigem Schubwinkel.	110
3.3.3.2	Schubkraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	111
3.3.3.3	Schubkraft F wirkt waagrecht	112
3.3.4	Übungen zur Reibung auf der schiefen Ebene	113
3.4	Reibung an Maschinenteilen	114
3.4.1	Prismenführung und Keilnut	114
3.4.2	Zylinderführung	115
3.4.3	Lager	116
3.4.3.1	Reibung am Tragzapfen (Querlager)	116
3.4.3.2	Reibung am Spurzapfen (Längslager)	117
3.4.3.3	Übungen zur Trag- und Spurzapfenreibung	118
3.4.4	Schraube und Schraubgetriebe.	119
3.4.4.1	Bewegungsschraube mit Flachgewinde.	119
3.4.4.2	Bewegungsschraube mit Spitz- oder Trapezgewinde	120
3.4.4.3	Befestigungsschraube mit Spitzgewinde	121
3.4.4.4	Übungen zur Schraube.	122
3.4.5	Seilreibung	124
3.4.5.1	Grundgleichung der Seilreibung	124
3.4.5.2	Aufgabenarten und Lösungsansätze	124
3.4.5.3	Übungen zur Seilreibung	125
3.4.6	Bremsen	128
3.4.6.1	Backen- oder Klotzbremsen.	128
3.4.6.2	Bandbremsen	132
3.4.6.3	Scheiben- und Kegembremsen	133
3.4.7	Rollwiderstand (Rollreibung).	134
3.4.8	Fahrwiderstand	134
3.4.9	Übungen zum Rollwiderstand und Fahrwiderstand	135
3.4.10	Rolle und Rollenzug.	138
3.4.10.1	Feste Rolle (Leit- oder Umlenkrolle)	138
3.4.10.2	Lose Rolle	139
3.4.10.3	Rollenzug	141
3.4.10.4	Übung zum Rollenzug	142

4 Dynamik	143
4.1 Allgemeine Bewegungslehre	144
4.1.1 Größen und v, t -Diagramm, Ordnung der Bewegungen	144
4.1.2 Übungen mit dem v, t -Diagramm	146
4.1.3 Gesetze und Diagramme der gleichförmigen Bewegung, Geschwindigkeitsbegriff.	148
4.1.4 Gesetze und Diagramme der gleichmäßig beschleunigten (verzögerten) Bewegung, Beschleunigungsbegriff	150
4.1.5 Arbeitsplan zur gleichmäßig beschleunigten oder verzögerten Bewegung	153
4.1.6 Freier Fall und Luftwiderstand.	157
4.1.6.1 Freier Fall ohne Luftwiderstand.	157
4.1.6.2 Luftwiderstand F	157
4.1.6.3 Freier Fall mit Luftwiderstand.	158
4.1.7 Übungen zur gleichmäßig beschleunigten und verzögerten Bewegung	160
4.1.8 Zusammengesetzte Bewegungen	164
4.1.8.1 Kennzeichen der zusammengesetzten Bewegung	164
4.1.8.2 Überlagerungsprinzip	165
4.1.8.3 Zusammensetzen und Zerlegen von Wegen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen.	165
4.1.9 Übungen zur zusammengesetzten Bewegung	166
4.1.9.1 Überlagerung von zwei gleichförmig geradlinigen Bewegungen	166
4.1.9.2 Überlagerung von gleichförmiger und gleichmäßig beschleunigter Bewegung	167
4.2 Gleichförmige Drehbewegung (Kreisbewegung)	176
4.2.1 Die Drehzahl n	176
4.2.2 Die Umfangsgeschwindigkeit v_u	177
4.2.3 Richtung der Umfangsgeschwindigkeit v_u	177
4.2.4 Umfangsgeschwindigkeit v_u und Drehzahl n	177
4.2.4.1 Zahlenwertgleichungen für die Umfangs- geschwindigkeit	178
4.2.5 Umfangsgeschwindigkeit und Mittelpunktsgeschwindigkeit	178
4.2.6 Die Winkelgeschwindigkeit ω	179
4.2.7 Winkelgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit.	179
4.2.7.1 Zahlenwertgleichung für die Winkelgeschwindigkeit.	180
4.2.8 Baugrößen und Größen der Bewegung in Getrieben.	180
4.2.9 Übersetzung i (Übersetzungsverhältnis)	181
4.3 Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Drehbewegung	182
4.3.1 Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen	182

4.3.2	Winkelbeschleunigung α	183
4.3.3	Der Drehwinkel im ω , t -Diagramm	183
4.3.4	Die Tangentialbeschleunigung α_T	184
4.3.5	Arbeitsplan zur Kreisbewegung (Vergleiche mit Abschnitt 4.1.5)	184
4.4	Dynamik der geradlinigen Bewegung (Translation)	188
4.4.1	Das Trägheitsgesetz (Beharrungsgesetz), erstes Newton'sches Axiom	188
4.4.2	Masse, Gewichtskraft und Dichte	189
4.4.3	Das dynamische Grundgesetz, zweites Newton'sches Axiom	191
4.4.4	Die gesetzliche und internationale Einheit für die Kraft	193
4.4.5	Übungen zum dynamischen Grundgesetz	193
4.4.6	Prinzip von d'Alembert	195
4.4.7	Arbeitsplan zum Prinzip von d'Alembert	197
4.4.8	Übungen zum Prinzip von d'Alembert	197
4.4.9	Impuls (Bewegungsgröße) und Impulserhaltungssatz	202
4.5	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	203
4.5.1	Arbeit W einer konstanten Kraft F	203
4.5.2	Zeichnerische Darstellung der Arbeit W	204
4.5.3	Federarbeit W_f (Formänderungsarbeit) als Arbeit einer veränderlichen Kraft	205
4.5.4	Übungen mit der Größe Arbeit	206
4.5.5	Leistung P	209
4.5.6	Wirkungsgrad η	210
4.5.7	Übungen mit den Größen Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	212
4.6	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad bei der Drehbewegung (Kreisbewegung)	213
4.6.1	Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen	213
4.6.2	Drehtarbeit W_{rot} (Rotationsarbeit)	214
4.6.3	Drehleistung P_{rot} (Rotationsleistung)	215
4.6.4	Zahlenwertgleichung für die Drehleistung P_{rot}	215
4.6.5	Wirkungsgrad, Drehmoment und Übersetzung	216
4.6.6	Übungen zu Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Übersetzung bei Drehbewegung	216
4.7	Energie	218
4.7.1	Energie, Begriffsbestimmung und Einheit	218
4.7.2	Potenzielle Energie E_{pot} und Hubarbeit W_h	219
4.7.3	Kinetische Energie E_{kin} und Beschleunigungsarbeit W_a	220
4.7.4	Spannungsenergie E_s und Formänderungsarbeit W_f	220
4.7.5	Energieerhaltungssatz für technische Vorgänge	221
4.7.6	Übungen zum Energieerhaltungssatz	222

4.8	Gerader zentrischer Stoß	224
4.8.1	Stoßbegriff, Kräfte und Geschwindigkeiten beim Stoß	224
4.8.2	Merkmale des geraden zentrischen Stoßes	224
4.8.3	Elastischer Stoß	225
4.8.4	Unelastischer Stoß	227
	4.8.4.1 Schmieden und Nietten	227
	4.8.4.2 Rammern von Pfählen, Eintreiben von Keilen	228
4.8.5	Wirklicher Stoß	228
4.8.6	Übungen zum geraden zentrischen Stoß	230
4.9	Dynamik der Drehbewegung (Rotation)	232
4.9.1	Das dynamische Grundgesetz für die Drehbewegung	232
4.9.2	Trägheitsmoment J und Trägheitsradius i	233
	4.9.2.1 Definition des Trägheitsmoments	233
	4.9.2.2 Übung zum Trägheitsmoment	234
	4.9.2.3 Verschiebesatz (Steiner'scher Satz)	236
	4.9.2.4 Reduzierte Masse m_{red} und Trägheitsradius i	238
4.9.3	Übung zum dynamischen Grundgesetz für die Drehung	239
4.9.4	Drehimpuls (Drall) und Impulserhaltungssatz für die Drehung	239
4.9.5	Kinetische Energie E_{rot} (Rotationsenergie)	240
4.9.6	Energieerhaltungssatz für Drehung	241
4.9.7	Fliehkraft	242
	4.9.7.1 Zentripetalbeschleunigung und Zentripetalkraft	242
	4.9.7.2 Übungen zur Fliehkraft	243
4.9.8	Gegenüberstellung der translatorischen und rotatorischen Größen	245
4.10	Mechanische Schwingungen	246
4.10.1	Begriff	246
4.10.2	Ordnungsbegriffe	246
4.10.3	Die harmonische Schwingung	246
	4.10.3.1 Die Bewegungsgesetze der harmonischen Schwingung	246
	4.10.3.1.1 Auslenkung-Zeit-Gesetz	247
	4.10.3.1.2 Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz	247
	4.10.3.1.3 Beschleunigung-Zeit-Gesetz	247
	4.10.3.2 Die Graphen der harmonischen Schwingung	248
	4.10.3.3 Zusammenstellung der wichtigsten Größen und Gleichungen der harmonischen Schwingung	249
	4.10.3.4 Rückstellkraft F_R , Richtgröße D und lineares Kraftgesetz bei der harmonischen Schwingung	250
4.10.4	Das Schraubenfederpendel	251
	4.10.4.1 Rückstellkraft F_R und Federrate R	251
	4.10.4.2 Periodendauer T des Schraubenfederpendels	253
4.10.5	Das Torsionsfederpendel	254
	4.10.5.1 Federrate R , Rückstellmoment M_R und Perioden- dauer T	254

4.10.5.2	Experimentelle Bestimmung von Trägheitsmomenten J aus der Periodendauer	255
4.10.6	Das Schwerependel (Fadenpendel)	256
4.10.7	Schwingung einer Flüssigkeitssäule	257
4.10.8	Analogiebetrachtung zum Schraubenfederpendel, Torsionsfederpendel, Schwerependel und zur schwingenden Flüssigkeitssäule	258
4.10.9	Dämpfung, Energiezufuhr, erzwungene Schwingung, Resonanz	258
4.10.9.1	Dämpfung	258
4.10.9.2	Energieminderung durch Dämpfung	259
4.10.9.3	Energiezufuhr	259
4.10.9.4	Die erzwungene Schwingung und Resonanz	260
4.10.9.5	Das Amplituden-Frequenz-Diagramm	261

5 Festigkeitslehre 262

5.1	Grundbegriffe	264
5.1.1	Die Aufgabe der Festigkeitslehre	264
5.1.2	Das Schnittverfahren zur Bestimmung des inneren Kräftesystems	265
5.1.3	Spannung und Beanspruchung	266
5.1.4	Die beiden Spannungsarten (Normalspannung σ und Schubspannung τ)	267
5.1.5	Die fünf Grundbeanspruchungsarten	268
5.1.5.1	Zugbeanspruchung (Zug)	268
5.1.5.2	Druckbeanspruchung (Druck)	269
5.1.5.3	Abscherbeanspruchung (Abscheren)	269
5.1.5.4	Biegebeanspruchung (Biegung)	269
5.1.5.5	Torsionsbeanspruchung (Torsion, Verdrehung)	270
5.1.5.6	Kurzzeichen für Spannung und Beanspruchung	270
5.1.6	Die zusammengesetzte Beanspruchung	270
5.1.7	Bestimmen des inneren Kräftesystems (Schnittverfahren) und der Beanspruchungsarten	271
5.1.7.1	Das allgemeine innere Kräftesystem	271
5.1.7.2	Arbeitsplan zur Bestimmung des inneren Kräftesystems und der Beanspruchungsarten	272
5.1.7.3	Übungen zum Schnittverfahren	272
5.2	Beanspruchung auf Zug	278
5.2.1	Spannung	278
5.2.2	Erkennen des gefährdeten Querschnitts in zugbeanspruchten Bauteilen	278
5.2.2.1	Profilstäbe mit Querbohrung	279
5.2.2.2	Zuglaschen	279
5.2.2.3	Zugschrauben	279

5.2.2.4	Herabhängende Stäbe oder Seile	280
5.2.2.5	Ketten	280
5.2.3	Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz)	280
5.2.3.1	Verlängerung Δl und Dehnung ϵ	281
5.2.3.2	Querdehnung ϵ_q	281
5.2.3.3	Poisson-Zahl μ	282
5.2.3.4	Das Hooke'sche Gesetz	282
5.2.3.5	Wärmespannung	283
5.2.3.6	Formänderungsarbeit W_f	283
5.2.4	Reißlänge	284
5.3	Beanspruchung auf Druck	285
5.4	Übungen zur Zug- und Druckbeanspruchung	286
5.5	Flächenpressung	288
5.5.1	Begriff und Hauptgleichung	288
5.5.2	Flächenpressung an geneigten Flächen	288
5.5.3	Flächenpressung am Gewinde	290
5.5.4	Flächenpressung in Gleitlagern, Niet- und Bolzenverbindungen	291
5.5.5	Flächenpressung an gewölbten Flächen (Hertz'sche Gleichungen)	292
5.5.5.1	Pressung zwischen Kugel und Ebene oder zwischen zwei Kugeln	292
5.5.5.2	Pressung zwischen Zylinder und Ebene oder zwischen zwei Zylindern	292
5.5.6	Übungen zur Flächenpressung	293
5.6	Beanspruchung auf Abscheren	295
5.6.1	Spannung	295
5.6.2	Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz für Schub)	297
5.7	Flächenmomente 2. Grades I und Widerstandsmomente W	303
5.7.1	Gleichmäßige und lineare Spannungsverteilung (Gegenüberstellung)	303
5.7.2	Definition der Flächenmomente 2. Grades	304
5.7.3	Herleitungübung	305
5.7.4	Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten einfacher Querschnitte	306
5.7.5	Axiale Flächenmomente 2. Grades symmetrischer Querschnitte	312
5.7.6	Axiale Flächenmomente 2. Grades unsymmetrischer Querschnitte (Steiner'scher Verschiebesatz)	313
5.7.6.1	Erste Herleitung des Steiner'schen Satzes	314
5.7.6.2	Zweite Herleitung des Steiner'schen Satzes	315

5.7.6.3	Arbeitsplan zur Berechnung axialer Flächenmomente 2. Grades	316
5.7.7	Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten zusammengesetzter Querschnitte	316
5.8	Beanspruchung auf Torsion	321
5.8.1	Spannungsverteilung	321
5.8.2	Herleitung der Torsions-Hauptgleichung	322
5.8.3	Formänderung bei Torsion	324
5.8.4	Formänderungsarbeit W_f	325
5.9	Beanspruchung auf Biegung	328
5.9.1	Spannungsarten und inneres Kräftesystem bei Biegeträgern	328
5.9.2	Bestimmung der Biegemomente und Querkräfte an beliebigen Trägerstellen	329
5.9.3	Spannungsverteilung im Trägerquerschnitt	329
5.9.4	Herleitung der Biege-Hauptgleichung	330
5.9.5	Spannungsverteilung im unsymmetrischen Querschnitt	332
5.9.6	Gültigkeitsbedingungen für die Biege-Hauptgleichung	332
5.9.7	Übungen zur Berechnung des Biegemomenten- und Querkraftverlaufs bei den wichtigsten Trägerarten und Belastungen	333
5.9.7.1	Freitragler mit Einzellast	333
5.9.7.2	Freitragler mit mehreren Einzellasten	334
5.9.7.3	Freitragler mit konstanter Streckenlast (gleichmäßig verteilte Streckenlast)	335
5.9.7.4	Freitragler mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast)	336
5.9.7.5	Stützträger mit Einzellast	337
5.9.7.6	Stützträger (Kragträger) mit mehreren Einzellasten	338
5.9.7.7	Stützträger (Kragträger) mit konstanter Streckenlast	340
5.9.7.8	Stützträger mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast)	342
5.9.8	Träger gleicher Biegespannung	343
5.9.8.1	Allgemeine Anformungsgleichung	343
5.9.8.2	Achsen und Wellen	343
5.9.8.3	Biegefeder mit Rechteckquerschnitt	344
5.9.8.4	Konsolträger mit Einzellast	345
5.9.8.5	Konsolträger mit Streckenlast	345
5.9.9	Formänderung bei Biegung	346
5.9.9.1	Krümmungsradius, Krümmung	346
5.9.9.2	Allgemeine Durchbiegungsgleichung	347
5.9.9.3	Neigungswinkel der Biegelinie	348
5.9.10	Übungen zur Durchbiegungsgleichung	349
5.10	Beanspruchung auf Knickung	351
5.10.1	Grundbegriffe	351
5.10.2	Elastische Knickung (Eulerfall)	352

5.10.3	Unelastische Knickung (Tetmajerfall)	355
5.10.4	Arbeitsplan für Knickungsaufgaben	356
5.10.5	Knickung im Stahlbau	359
5.10.5.1	Vorschriften	359
5.10.5.2	Tragsicherheitsnachweis bei einteiligen Knickstäben	359
5.10.5.3	Herleitung einer Entwurfsformel	359
5.10.5.4	Arbeitsplan (AP) zum Tragsicherheitsnachweis	359
5.10.5.5	Zusammengesetzte Knickstäbe	362
5.11	Zusammengesetzte Beanspruchung	365
5.11.1	Zug und Biegung	365
5.11.2	Druck und Biegung	366
5.11.3	Übung zur zusammengesetzten Beanspruchung durch Normalspannungen	367
5.11.4	Biegung und Torsion	368
5.11.4.1	Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannung σ_v	368
5.11.4.2	Vergleichsmoment M_v	369
5.11.4.3	Übung zu Biegung und Torsion	370
5.12	Festigkeit, zulässige Spannung, Sicherheit	375
5.12.1	Festigkeitswerte im Spannungs-Dehnungs-Diagramm	375
5.12.2	Einflüsse auf die Festigkeit des Bauteils	376
5.12.2.1	Beanspruchungsart und Festigkeit	376
5.12.2.2	Temperatur und Festigkeit	376
5.12.2.3	Belastungsart und Festigkeit	376
5.12.2.4	Gestalt und Dauerfestigkeit	378
5.12.3	Spannungsbegriffe	380
5.12.3.1	Nennspannung	380
5.12.3.2	Örtliche Spannung	380
5.12.3.3	Zulässige Spannung	380
5.12.3.4	Berechnungen im Buch	381
5.12.3.5	Praktische Festigkeitsberechnungen im Maschinenbau	381
5.12.4	Dauerbruchsicherheit	382
5.12.4.1	Sicherheit S_D bei ruhender Belastung	382
5.12.4.2	Sicherheit S_D bei dynamischer Belastung	382
5.12.5	Übungen zur Dauerfestigkeit	383

6 Fluidmechanik (Hydraulik) 386

6.1	Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik)	386
6.1.1	Eigenschaften der Flüssigkeiten	386
6.1.2	Hydrostatischer Druck (Flüssigkeitsdruck, hydraulische Pressung)	387
6.1.3	Druckverteilung in einer Flüssigkeit ohne Berücksichtigung der Schwerkraft, das Druck-Ausbreitungsgesetz	387

6.1.4	Anwendungen des Druck-Ausbreitungsgesetzes	388
6.1.4.1	Hydraulischer Hebebock	388
6.1.4.2	Druckkraft auf gewölbte Böden.	390
6.1.4.3	Beanspruchung einer Kessel- oder Rohrlängsnaht	390
6.1.4.4	Hydraulische Presse	391
6.1.5	Druckverteilung in einer Flüssigkeit unter Berücksichtigung der Schwerkraft	392
6.1.6	Kommunizierende Röhren	394
6.1.7	Bodenkraft	394
6.1.8	Seitenkraft.	395
6.1.9	Auftriebskraft	397
6.1.10	Schwimmen	398
6.1.11	Gleichgewichtslagen schwimmender Körper	399
6.1.12	Stabilität eines Schiffes	400
6.2	Dynamik der Fluide (Strömungsmechanik)	402
6.2.1	Kontinuitätsgleichung (Stetigkeitsgleichung)	402
6.2.2	Bernoulli'sche Gleichung (Energieerhaltungssatz der Strömung)	402
6.2.2.1	Horizontale Strömung (Strömung ohne Höhenunterschied)	402
6.2.2.2	Nichthorizontale Strömung (Strömung mit Höhenunterschied)	403
6.2.3	Anwendung der Bernoulligleichung	405
6.2.3.1	Druck in einer Leitung	405
6.2.3.2	Ausfluss aus einem Gefäß	406
6.2.3.3	Ausfluss unter dem Fluidspiegel	407
6.2.3.4	Ausfluss bei Überdruck im Gefäß	407
6.2.3.5	Ausfluss bei sinkendem Fluidspiegel	408
6.2.4	Strömung in Rohrleitungen	410
	Sachwortverzeichnis	411

Arbeitspläne

Arbeitsplan zum Freimachen	17
Arbeitsplan zur rechnerischen Ermittlung der Resultierenden	26
Arbeitsplan zur zeichnerischen Ermittlung der Resultierenden	28
Arbeitsplan zur rechnerischen Ermittlung der unbekanntten Kräfte	29
Arbeitsplan zur zeichnerischen Ermittlung der unbekanntten Kräfte	34
Arbeitsplan zum Momentensatz	39
Arbeitsplan zum Seileckverfahren	42
Arbeitsplan zur rechnerischen Ermittlung unbekannter Kräfte	45
Arbeitsplan zum 3-Kräfte-Verfahren	50
Arbeitsplan zum 4-Kräfte-Verfahren	52
Arbeitsplan zum Ritter'schen Schnittverfahren	73
Arbeitsplan zur Aufzeichnung des Cremonaplaus	75
Arbeitsplan zur rechnerischen Bestimmung des Flächenschwerpunkts	80
Arbeitsplan zur rechnerischen Bestimmung des Linienschwerpunkts	85
Arbeitsplan zur gleichmäßig beschleunigten oder verzögerten Bewegung	153
Arbeitsplan zur Kreisbewegung	184
Arbeitsplan zum Prinzip von d'Alembert	197
Arbeitsplan zur Bestimmung des inneren Kräftesystems und der Beanspruchungsarten	272
Arbeitsplan zur Berechnung axialer Flächenmomente 2. Grades	316
Arbeitsplan zur Biegemomenten- und Querkraftbestimmung	329
Arbeitsplan für Knickungsaufgaben	356
Arbeitsplan zum Tragsicherheitsnachweis	359

Lehrbeispiele

Rechnerische Bestimmung der Resultierenden F_r eines zentralen Kräftesystems	30
Zeichnerische Bestimmung der Resultierenden F_r eines zentralen Kräftesystems	31
Seileckverfahren, Zusammensetzen zweier Parallelkräfte	43
Reibung in Ruhe und Bewegung	94
v, t -Diagramm	156
Prinzip von d'Alembert	198
Wirkungsgrad	217
Nietverbindung im Stahlhochbau	298
Nietverbindung im Stahlbau	300
Zugbolzen	302
Torsionsstabfeder	326
Verdrehwinkel (Drehmomentschlüssel)	327
Knickung im elastischen Bereich	357
Knickung im unelastischen Bereich	358
Berechnung einer Getriebewelle	371

Übungen

Übungen zur Berechnung von Drehmomenten	5
Übungen zum Parallelogrammsatz für Kräfte	10
Übungen zum Freimachen	18
Übung zur dritten und vierten Grundaufgabe	35
Übung zur Stützkraftberechnung	46
Übung zum systemanalytischen Lösungsverfahren zur Stützkraftberechnung	62
Übungen zur Bestimmung des Flächenschwerpunkts	81
Übungen mit den Guldin'schen Regeln	87
Übung zur Standsicherheit	89
Übungen zur Lösung von Reibungsaufgaben	95
Übungen zur Reibung auf der schiefen Ebene	113
Übungen zur Trag- und Spurzapfenreibung	118
Übungen zur Schraube	122
Übungen zur Seilreibung	125
Übungen zum Roll- und Fahrwiderstand	135
Übung zum Rollenzug	142
Übungen mit dem v, t -Diagramm	146
Übungen zur gleichmäßig beschleunigten und verzögerten Bewegung	160
Übungen zur zusammengesetzten Bewegung	166
Übungen zum dynamischen Grundgesetz	193
Übungen zum Prinzip von d'Alembert	197
Übungen mit der Größe Arbeit	206
Übungen mit den Größen Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	212
Übungen zum Energieerhaltungssatz	222
Übungen zum geraden zentrischen Stoß	230
Übung zum Trägheitsmoment	234
Übungen zum dynamischen Grundgesetz für die Drehung	239
Übungen zur Fliehkraft	243
Übungen zum Schnittverfahren	272
Übungen zur Zug- und Druckbeanspruchung	286
Übungen zur Flächenpressung	293
Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten einfacher Querschnitte	306
Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten zusammengesetzter Querschnitte	316
Übungen zur Berechnung des Biegemomenten- und Querkraftverlaufs bei den wichtigsten Trägerarten und Belastungen	333
Übungen zur Durchbiegungsgleichung	349
Übung zur zusammengesetzten Beanspruchung durch Normalspannungen	367
Übung zu Biegung und Torsion	370
Übungen zur Dauerfestigkeit	383

Tabellen

Tabelle 3.1 Reibzahlen μ_0 und μ 92

Tabelle 4.1 Gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung 154

Tabelle 4.2 Gleichmäßig verzögerte geradlinige Bewegung 155

Tabelle 4.3 Gleichmäßig beschleunigte Kreisbewegung 186

Tabelle 4.4 Gleichmäßig verzögerte Kreisbewegung 187

Tabelle 4.5 Gleichungen für Trägheitsmomente J (Massenmoment 2. Grades) 235

Tabelle 5.1 Axiale Flächenmomente I , Widerstandsmomente W und Trägheitsradius i für Biegung und Knickung 309

Tabelle 5.2 Polare Flächenmomente 2. Grades I_p und Widerstandsmomente W_p für Torsion 311

Tabelle 5.3 Grenzschlankheitsgrad λ_0 für Euler'sche Knickung und Tetmajergleichungen 355

Tabelle 5.4 Zuordnung der Knickspannungslinien zu den Stab-Querschnittsformen 363

Tabelle 5.5 Zulässige Spannungen im Stahlhochbau 364

Tabelle 5.6 Zulässige Spannungen im Kranbau 364

Tabelle 5.7 Richtwerte für die Kerbwirkungszahl 385

Tabelle 5.8 Festigkeitswerte für Stähle 385

Tabelle 5.9 Festigkeitswerte für Gusseisen 385

Das griechische Alphabet

Alpha	A	α	Ny	N	ν
Beta	B	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omikron	O	o
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	E	ϵ	Rho	P	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Theta	Θ	ϑ	Ypsilon	Y	υ
Jota	I	ι	Phi	Φ	φ
Kappa	K	κ	Chi	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
My	M	μ	Omega	Ω	ω