

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 (Kräfтерeduktion)	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	71
1.3.3.2	Das Ritter'sche Schnittverfahren	73

2 Schwerpunktslehre	75
2.1 Begriffsbestimmung für Schwerlinie, Schwerebene und Schwerpunkt	75
2.2 Der Flächenschwerpunkt	76
2.2.1 Flächen haben einen Schwerpunkt	76
2.2.2 Schwerpunkte einfacher Flächen	77
2.2.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Flächen	78
2.2.3.1 Rechnerische Bestimmung des Flächenschwerpunkts	78
2.2.3.2 Übungen zur Bestimmung des Flächenschwerpunkts	80
2.3 Der Linienschwerpunkt	82
2.3.1 Linien haben einen Schwerpunkt	82
2.3.2 Schwerpunkte einfacher Linien	82
2.3.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Linien (Linienzüge)	83
2.3.3.1 Rechnerische Bestimmung des Linienschwerpunkts	83
2.4 Guldin'sche Regeln	85
2.4.1 Volumenberechnung	85
2.4.2 Oberflächenberechnung	85
2.4.3 Übungen mit den Guldin'schen Regeln	86
2.5 Gleichgewichtslagen und Standsicherheit	86
2.5.1 Gleichgewichtslagen	86
2.5.1.1 Stabiles Gleichgewicht	86
2.5.1.2 Labiles Gleichgewicht	86
2.5.1.3 Indifferentes Gleichgewicht	86
2.5.2 Standsicherheit	87
2.5.2.1 Kippmoment, Standmoment, Standsicherheit	87
2.5.2.2 Übung zur Standsicherheit	88
3 Reibung	89
3.1 Grunderkenntnisse über die Reibung	89
3.2 Gleitreibung und Haftreibung	90
3.2.1 Reibungswinkel, Reibungszahl und Reibungskraft	90
3.2.2 Ermittlung der Reibungszahlen μ , und μ_0	91
3.2.3 Der Reibungskegel	92
3.2.4 Übungen zur Lösung von Reibungsaufgaben	94
3.3 Reibung auf der schiefen Ebene	99
3.3.1 Verschieben des Körpers nach oben (1. Grundfall)	99
3.3.1.1 Zugkraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel	99
3.3.1.2 Zugkraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	100
3.3.1.3 Zugkraft F wirkt waagerecht	102

3.3.2	Halten des Körpers auf der schiefen Ebene (2. Grundfall)	104
3.3.2.1	Haltekraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel	104
3.3.2.2	Haltekraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	105
3.3.2.3	Haltekraft F wirkt waagerecht	107
3.3.3	Verschieben des Körpers nach unten (3. Grundfall)	109
3.3.3.1	Schubkraft F wirkt unter beliebigem Schubwinkel.	109
3.3.3.2	Schubkraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene	110
3.3.3.3	Schubkraft F wirkt waagerecht	111
3.3.4	Übungen zur Reibung auf der schiefen Ebene	112
3.4	Reibung an Maschinenteilen	113
3.4.1	Prismenführung und Keilnut	113
3.4.2	Zylinderführung	114
3.4.3	Lager.	115
3.4.3.1	Reibung am Tragzapfen (Querlager)	115
3.4.3.2	Reibung am Spurzapfen (Längslager)	116
3.4.3.3	Übungen zur Trag- und Spurzapfenreibung	117
3.4.4	Schraube und Schraubgetriebe.	118
3.4.4.1	Bewegungsschraube mit Flachgewinde.	118
3.4.4.2	Bewegungsschraube mit Spitz- oder Trapezgewinde	119
3.4.4.3	Befestigungsschraube mit Spitzgewinde.	120
3.4.4.4	Übungen zur Schraube.	121
3.4.5	Seilreibung	123
3.4.5.1	Grundgleichung der Seilreibung	123
3.4.5.2	Aufgabenarten und Lösungsansätze	124
3.4.5.3	Übungen zur Seilreibung	124
3.4.6	Bremsen	127
3.4.6.1	Backen- oder Klotzbremsen.	127
3.4.6.2	Bandbremsen	131
3.4.6.3	Scheiben- und Kegelbremsen	132
3.4.7	Rollwiderstand (Rollreibung).	133
3.4.8	Fahrwiderstand	133
3.4.9	Übungen zum Rollwiderstand und Fahrwiderstand	134
3.4.10	Rolle und Rollenzug.	137
3.4.10.1	Feste Rolle (Leit- oder Umlenkrolle)	137
3.4.10.2	Lose Rolle	138
3.4.10.3	Rollenzug.	140
3.4.10.4	Übung zum Rollenzug.	141

4 Dynamik	142
4.1 Allgemeine Bewegungslehre	143
4.1.1 Größen und v, t -Diagramm, Ordnung der Bewegungen	143
4.1.2 Übungen mit dem v, t -Diagramm	145
4.1.3 Gesetze und Diagramme der gleichförmigen Bewegung, Geschwindigkeitsbegriff	147
4.1.4 Gesetze und Diagramme der gleichmäßig beschleunigten (verzögerten) Bewegung, Beschleunigungsbegriff	149
4.1.5 Arbeitsplan zur gleichmäßig beschleunigten oder verzögerten Bewegung	152
4.1.6 Freier Fall und Luftwiderstand	156
4.1.6.1 Freier Fall ohne Luftwiderstand	156
4.1.6.2 Luftwiderstand F_w	156
4.1.6.3 Freier Fall mit Luftwiderstand	157
4.1.7 Übungen zur gleichmäßig beschleunigten und verzögerten Bewegung	159
4.1.8 Zusammengesetzte Bewegungen	163
4.1.8.1 Kennzeichen der zusammengesetzten Bewegung	163
4.1.8.2 Überlagerungsprinzip	164
4.1.8.3 Zusammensetzen und Zerlegen von Wegen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen	164
4.1.9 Übungen zur zusammengesetzten Bewegung	165
4.1.9.1 Überlagerung von zwei gleichförmig geradlinigen Bewegungen	165
4.1.9.2 Überlagerung von gleichförmiger und gleichmäßig beschleunigter Bewegung	166
4.2 Gleichförmige Drehbewegung (Kreisbewegung)	175
4.2.1 Die Drehzahl n	175
4.2.2 Die Umfangsgeschwindigkeit v_u	176
4.2.3 Richtung der Umfangsgeschwindigkeit v_u	176
4.2.4 Umfangsgeschwindigkeit v_u und Drehzahl n	176
4.2.4.1 Zahlenwertgleichungen für die Umfangs- geschwindigkeit	177
4.2.5 Umfangsgeschwindigkeit und Mittelpunktsgeschwindigkeit	177
4.2.6 Die Winkelgeschwindigkeit ω	178
4.2.7 Winkelgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit	178
4.2.7.1 Zahlenwertgleichung für die Winkelgeschwindigkeit	179
4.2.8 Baugrößen und Größen der Bewegung in Getrieben	179
4.2.9 Übersetzung i (Übersetzungsverhältnis)	180
4.3 Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Drehbewegung	181
4.3.1 Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen	181

4.3.2	Winkelbeschleunigung α	182
4.3.3	Der Drehwinkel im ω, t -Diagramm	182
4.3.4	Die Tangentialbeschleunigung α_T	183
4.3.5	Arbeitsplan zur Kreisbewegung (Vergleiche mit Abschnitt 4.1.5)	183
4.4	Dynamik der geradlinigen Bewegung (Translation)	187
4.4.1	Das Trägheitsgesetz (Beharrungsgesetz), erstes Newton'sches Axiom	187
4.4.2	Masse, Gewichtskraft und Dichte	188
4.4.3	Das dynamische Grundgesetz, zweites Newton'sches Axiom	190
4.4.4	Die gesetzliche und internationale Einheit für die Kraft	192
4.4.5	Übungen zum dynamischen Grundgesetz	192
4.4.6	Prinzip von d'Alembert	194
4.4.7	Arbeitsplan zum Prinzip von d'Alembert	196
4.4.8	Übungen zum Prinzip von d'Alembert	196
4.4.9	Impuls (Bewegungsgröße) und Impulserhaltungssatz	201
4.5	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	202
4.5.1	Arbeit W einer konstanten Kraft F	202
4.5.2	Zeichnerische Darstellung der Arbeit W	203
4.5.3	Federarbeit W_f (Formänderungsarbeit) als Arbeit einer veränderlichen Kraft	204
4.5.4	Übungen mit der Größe Arbeit	205
4.5.5	Leistung P	208
4.5.6	Wirkungsgrad η	209
4.5.7	Übungen mit den Größen Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	211
4.6	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad bei der Drehbewegung (Kreisbewegung)	212
4.6.1	Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen	212
4.6.2	Dreharbeit W_{rot} (Rotationsarbeit)	213
4.6.3	Drehleistung P_{rot} (Rotationsleistung)	214
4.6.4	Zahlenwertgleichung für die Drehleistung P_{rot}	214
4.6.5	Wirkungsgrad, Drehmoment und Übersetzung	215
4.6.6	Übungen zu Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Übersetzung bei Drehbewegung	215
4.7	Energie	217
4.7.1	Energie, Begriffsbestimmung und Einheit	217
4.7.2	Potenzielle Energie E_{pot} und Hubarbeit W_h	218
4.7.3	Kinetische Energie E_{kin} und Beschleunigungsarbeit W_a	219
4.7.4	Spannungsenergie E_s und Formänderungsarbeit W_f	219
4.7.5	Energieerhaltungssatz für technische Vorgänge	220
4.7.6	Übungen zum Energieerhaltungssatz	221

4.8	Gerader zentrischer Stoß	223
4.8.1	Stoßbegriff, Kräfte und Geschwindigkeiten beim Stoß	223
4.8.2	Merkmale des geraden zentrischen Stoßes	223
4.8.3	Elastischer Stoß	224
4.8.4	Unelastischer Stoß	226
4.8.4.1	Schmieden und Nieten	226
4.8.4.2	Rammen von Pfählen, Eintreiben von Keilen	227
4.8.5	Wirklicher Stoß	227
4.8.6	Übungen zum geraden zentrischen Stoß	229
4.9	Dynamik der Drehbewegung (Rotation)	231
4.9.1	Das dynamische Grundgesetz für die Drehbewegung	231
4.9.2	Trägheitsmoment J und Trägheitsradius i	232
4.9.2.1	Definition des Trägheitsmoments	232
4.9.2.2	Übung zum Trägheitsmoment	233
4.9.2.3	Verschiebesatz (Steiner'scher Satz)	235
4.9.2.4	Reduzierte Masse m_{red} und Trägheitsradius i	237
4.9.3	Übung zum dynamischen Grundgesetz für die Drehung	238
4.9.4	Drehimpuls (Drall) und Impulserhaltungssatz für die Drehung	238
4.9.5	Kinetische Energie E_{rot} (Rotationsenergie)	239
4.9.6	Energieerhaltungssatz für Drehung	240
4.9.7	Fliehkraft	241
4.9.7.1	Zentripetalbeschleunigung und Zentripetalkraft	241
4.9.7.2	Übungen zur Fliehkraft	242
4.9.8	Gegenüberstellung der translatorischen und rotatorischen Größen	244
4.10	Mechanische Schwingungen	245
4.10.1	Begriff	245
4.10.2	Ordnungsbegriffe	245
4.10.3	Die harmonische Schwingung	245
4.10.3.1	Die Bewegungsgesetze der harmonischen Schwingung	245
4.10.3.1.1	Auslenkung-Zeit-Gesetz	246
4.10.3.1.2	Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz	246
4.10.3.1.3	Beschleunigung-Zeit-Gesetz	246
4.10.3.2	Die Graphen der harmonischen Schwingung	247
4.10.3.3	Zusammenstellung der wichtigsten Größen und Gleichungen der harmonischen Schwingung	248
4.10.3.4	Rückstellkraft F_R , Richtgröße D und lineares Kraftgesetz bei der harmonischen Schwingung	249
4.10.4	Das Schraubenfederpendel	250
4.10.4.1	Rückstellkraft F_R und Federrate R	250
4.10.4.2	Periodendauer T des Schraubenfederpendels	252
4.10.5	Das Torsionsfederpendel	253
4.10.5.1	Federrate R , Rückstellmoment M_R und Periodendauer T	253

4.10.5.2	Experimentelle Bestimmung von Trägheitsmomenten J aus der Periodendauer	254
4.10.6	Das Schwerependel (Fadenpendel)	255
4.10.7	Schwingung einer Flüssigkeitssäule	256
4.10.8	Analogiebetrachtung zum Schraubenfederpendel, Torsionsfederpendel, Schwerependel und zur schwingenden Flüssigkeitssäule	257
4.10.9	Dämpfung, Energiezufuhr, erzwungene Schwingung, Resonanz	257
4.10.9.1	Dämpfung	257
4.10.9.2	Energieminderung durch Dämpfung	258
4.10.9.3	Energiezufuhr	258
4.10.9.4	Die erzwungene Schwingung und Resonanz	259
4.10.9.5	Das Amplituden-Frequenz-Diagramm	260
5	Festigkeitslehre	261
5.1	Grundbegriffe	263
5.1.1	Die Aufgabe der Festigkeitslehre	263
5.1.2	Das Schnittverfahren zur Bestimmung des inneren Kräftesystems	264
5.1.3	Spannung und Beanspruchung	265
5.1.4	Die beiden Spannungsarten (Normalspannung σ und Schubspannung τ)	266
5.1.5	Die fünf Grundbeanspruchungarten	267
5.1.5.1	Zugbeanspruchung (Zug)	267
5.1.5.2	Druckbeanspruchung (Druck)	268
5.1.5.3	Abscherbeanspruchung (Abscheren)	268
5.1.5.4	Biegebeanspruchung (Biegung)	268
5.1.5.5	Torsionsbeanspruchung (Torsion, Verdrehung)	269
5.1.5.6	Kurzzeichen für Spannung und Beanspruchung	269
5.1.6	Die zusammengesetzte Beanspruchung	269
5.1.7	Bestimmen des inneren ebenen Kräftesystems (Schnittverfahren) und der Beanspruchungarten	270
5.1.7.1	Das allgemeine innere Kräftesystem	270
5.1.7.2	Arbeitsplan zur Bestimmung des inneren Kräftesystems und der Beanspruchungarten	271
5.1.7.3	Übungen zum Schnittverfahren	271
5.2	Beanspruchung auf Zug	277
5.2.1	Spannung	277
5.2.2	Erkennen des gefährdeten Querschnitts in zugbeanspruchten Bauteilen	277
5.2.2.1	Profilstäbe mit Querbohrung	278
5.2.2.2	Zuglaschen	278
5.2.2.3	Zugschrauben	278

5.2.2.4	Herabhängende Stäbe oder Seile	279
5.2.2.5	Ketten	279
5.2.3	Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz)	279
5.2.3.1	Verlängerung Δl und Dehnung ε	280
5.2.3.2	Querdehnung ε_q	280
5.2.3.3	Poisson-Zahl μ	281
5.2.3.4	Das Hooke'sche Gesetz	281
5.2.3.5	Wärmespannung	282
5.2.3.6	Formänderungsarbeit W_f	282
5.2.4	Reißlänge	283
5.3	Beanspruchung auf Druck	284
5.4	Übungen zur Zug- und Druckbeanspruchung	285
5.5	Flächenpressung	287
5.5.1	Begriff und Hauptgleichung	287
5.5.2	Flächenpressung an geneigten Flächen	287
5.5.3	Flächenpressung am Gewinde	289
5.5.4	Flächenpressung in Gleitlagern, Niet- und Bolzenverbindungen	290
5.5.5	Flächenpressung an gewölbten Flächen (Hertz'sche Gleichungen)	291
5.5.5.1	Pressung zwischen Kugel und Ebene oder zwischen zwei Kugeln	291
5.5.5.2	Pressung zwischen Zylinder und Ebene oder zwischen zwei Zylindern	291
5.5.6	Übungen zur Flächenpressung	292
5.6	Beanspruchung auf Abscheren	294
5.6.1	Spannung	294
5.6.2	Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz für Schub)	296
5.7	Flächenmomente 2. Grades I und Widerstandsmomente W	302
5.7.1	Gleichmäßige und lineare Spannungsverteilung (Gegenüberstellung)	302
5.7.2	Definition der Flächenmomente 2. Grades	303
5.7.3	Herleitungssübung	304
5.7.4	Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten einfacher Querschnitte	305
5.7.5	Axiale Flächenmomente 2. Grades symmetrischer Querschnitte	311
5.7.6	Axiale Flächenmomente 2. Grades unsymmetrischer Querschnitte (Steiner'scher Verschiebesatz)	312
5.7.6.1	Erste Herleitung des Steiner'schen Satzes	313
5.7.6.2	Zweite Herleitung des Steiner'schen Satzes	314

5.7.6.3	Arbeitsplan zur Berechnung axialer Flächenmomente 2. Grades	315
5.7.7	Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten zusammengesetzter Querschnitte	315
5.8	Beanspruchung auf Torsion	320
5.8.1	Spannungsverteilung	320
5.8.2	Herleitung der Torsions-Hauptgleichung	321
5.8.3	Formänderung bei Torsion	323
5.8.4	Formänderungsarbeit W_f	324
5.9	Beanspruchung auf Biegung	327
5.9.1	Spannungsarten und inneres Kräftesystem bei Biegeträgern	327
5.9.2	Bestimmung der Biegemomente und Querkräfte an beliebigen Trägerstellen	328
5.9.3	Spannungsverteilung im Trägerquerschnitt	328
5.9.4	Herleitung der Biege-Hauptgleichung	329
5.9.5	Spannungsverteilung im unsymmetrischen Querschnitt	331
5.9.6	Gültigkeitsbedingungen für die Biege-Hauptgleichung	331
5.9.7	Übungen zur Berechnung des Biegemomenten- und Querkraftverlaufs bei den wichtigsten Trägerarten und Belastungen	332
5.9.7.1	Freiträger mit Einzellast	332
5.9.7.2	Freiträger mit mehreren Einzellasten	333
5.9.7.3	Freiträger mit konstanter Streckenlast (gleichmäßig verteilte Streckenlast)	334
5.9.7.4	Freiträger mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast)	335
5.9.7.5	Stützträger mit Einzellast	336
5.9.7.6	Stützträger (Kragträger) mit mehreren Einzellasten	337
5.9.7.7	Stützträger (Kragträger) mit konstanter Streckenlast	339
5.9.7.8	Stützträger mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast)	341
5.9.8	Träger gleicher Biegespannung	342
5.9.8.1	Allgemeine Anformungsgleichung	342
5.9.8.2	Achsen und Wellen	342
5.9.8.3	Biegefeder mit Rechteckquerschnitt	343
5.9.8.4	Konsolträger mit Einzellast	344
5.9.8.5	Konsolträger mit Streckenlast	344
5.9.9	Formänderung bei Biegung	345
5.9.9.1	Krümmungsradius, Krümmung	345
5.9.9.2	Allgemeine Durchbiegungsgleichung	346
5.9.9.3	Neigungswinkel der Biegelinie	347
5.9.10	Übungen zur Durchbiegungsgleichung	348
5.10	Beanspruchung auf Knickung	350
5.10.1	Grundbegriffe	350
5.10.2	Elastische Knickung (Eulerfall)	351

5.10.3	Unelastische Knickung (Tetmajerfall)	354
5.10.4	Arbeitsplan für Knickungsaufgaben	355
5.10.5	Knickung im Stahlbau	358
5.10.5.1	Vorschriften	358
5.10.5.2	Tragsicherheitsnachweis bei einteiligen Knickstäben.	358
5.10.5.3	Herleitung einer Entwurfsformel	358
5.10.5.4	Arbeitsplan (AP) zum Tragsicherheitsnachweis	358
5.10.5.5	Zusammengesetzte Knickstäbe	361
5.11	Zusammengesetzte Beanspruchung	364
5.11.1	Zug und Biegung	364
5.11.2	Druck und Biegung	365
5.11.3	Übung zur zusammengesetzten Beanspruchung durch Normalspannungen	366
5.11.4	Biegung und Torsion	367
5.11.4.1	Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannung σ_v	367
5.11.4.2	Vergleichsmoment M_v	368
5.11.4.3	Übung zu Biegung und Torsion	369
5.12	Festigkeit, zulässige Spannung, Sicherheit	374
5.12.1	Festigkeitswerte im Spannungs-Dehnungs-Diagramm	374
5.12.2	Einflüsse auf die Festigkeit des Bauteils	375
5.12.2.1	Beanspruchungsart und Festigkeit	375
5.12.2.2	Temperatur und Festigkeit	375
5.12.2.3	Belastungsart und Festigkeit	375
5.12.2.4	Gestalt und Dauerfestigkeit	377
5.12.3	Spannungsbegriffe	379
5.12.3.1	Nennspannung	379
5.12.3.2	Örtliche Spannung	379
5.12.3.3	Zulässige Spannung	379
5.12.3.4	Berechnungen im Buch	380
5.12.3.5	Praktische Festigkeitsberechnungen im Maschinenbau	380
5.12.4	Dauerbruchsicherheit	381
5.12.4.1	Sicherheit S_D bei ruhender Belastung	381
5.12.4.2	Sicherheit S_D bei dynamischer Belastung	381
5.12.5	Übungen zur Dauerfestigkeit	382
6	Fluidmechanik	385
6.1	Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik)	385
6.1.1	Eigenschaften der Flüssigkeiten	385
6.1.2	Hydrostatischer Druck (Flüssigkeitsdruck, hydraulische Pressung)	386
6.1.3	Druckverteilung in einer Flüssigkeit ohne Berücksichtigung der Schwerkraft, das Druck-Ausbreitungsgesetz	386

6.1.4	Anwendungen des Druck-Ausbreitungsgesetzes	387
6.1.4.1	Hydraulischer Hebebock	387
6.1.4.2	Druckkraft auf gewölbte Böden.	389
6.1.4.3	Beanspruchung einer Kessel- oder Rohrlängsnaht	389
6.1.4.4	Hydraulische Presse.	390
6.1.5	Druckverteilung in einer Flüssigkeit unter Berücksichtigung der Schwerkraft	391
6.1.6	Kommunizierende Röhren	393
6.1.7	Bodenkraft	393
6.1.8	Seitenkraft.	394
6.1.9	Auftriebskraft	396
6.1.10	Schwimmen	397
6.1.11	Gleichgewichtslagen schwimmender Körper	398
6.1.12	Stabilität eines Schiffes	399
6.2	Dynamik der Fluide (Hydrodynamik, Strömungsmechanik)	401
6.2.1	Übersicht.	401
6.2.2	Erhaltungssätze der Strömung	402
6.2.2.1	Massenerhaltungssatz (Kontinuitätsgleichung)	402
6.2.2.2	Energieerhaltungssatz (Bernoulli'sche Gleichung)	404
6.2.2.2.1	Horizontale Strömung (Strömung ohne Höhenunterschied)	404
6.2.2.2.2	Nichthorizontale Strömung (Strömung mit Höhenunterschied)	405
6.2.2.2.3	Anwendung der Bernulligleichung	406
6.2.2.3	Impulserhaltungssatz	411
6.2.3	Strömung in Rohrleitungen	415
Sachwortverzeichnis		417