



BIBLIOTHEK DES TECHNIKERS **BDT**

Technische Mechanik

Statik – Dynamik – Festigkeit

von Horst Herr

4. völlig überarbeitete Auflage

81 Lektionen mit **247 Musteraufgaben** (Lehrbeispielen)

367 Übungsaufgaben mit vollständigem Lösungsweg im Anhang

373 Vertiefungsaufgaben mit Ergebnissen im Anhang

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.
Düsseldorf Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 5021X

Inhaltsverzeichnis

Seite

STATIK 1 bis 137

Grundlagen der Statik 1 bis 20

Lektion 1 **Der Verknüpfung von Physik und Technik** 1

- 1.1 Die Bedeutung der klassischen Physik für die Technik 1
- 1.1.1 Zweige und Entwicklungszeiträume der klassischen Physik. 1
- 1.2 Die Bedeutung der „Mechanik der festen Körper“ für technische Problemlösungen 1
- 1.2.1 Die Teilgebiete der Technischen Mechanik 2
- 1.2.1.1 Statik 2
- 1.2.1.2 Kinematik. 3
- 1.2.1.3 Kinetik 3
- 1.2.1.4 Dynamik. 3
- 1.2.1.5 Festigkeitslehre 4
- 1.3 Die Berechnungsmethoden der Statik 5

Lektion 2 **Kraft und Kraftmoment.** 7

- 2.1 Basisgrößen und abgeleitete Größen 7
- 2.2 Die physikalischen Größen der Statik 7
- 2.2.1 Kraft und Kraftmoment als physikalische Größen. 7
- 2.2.1.1 Die Kräfteinheit 7
- 2.2.1.2 Die Gewichtskraft und die alte Kräfteinheit 8
- 2.2.1.3 Das Kraftmoment 8
- 2.2.2 Die Wirkungen der Kraft auf einen Körper 9
- 2.2.3 Die Kraft als Vektor und die Kraftmerkmale 10
- 2.2.3.1 Der Erweiterungssatz 10
- 2.2.3.2 Der Längsverschiebungssatz 11
- 2.2.3.3 Die Richtung der Kraft im rechtwinkligen Koordinatensystem. 11

Lektion 3 **Die Freiheitsgrade eines Körpers** 14

- 3.1 Freiheitsgrade eines Körpers in der Ebene. 14
- 3.2 Freiheitsgrade eines Körpers im Raum. 14

Lektion 4 **Das Freimachen von Bauteilen.** 15

- 4.1 Das Wechselwirkungsgesetz 15
- 4.2 Freimachen 15
- 4.2.1 Regeln für das Freimachen von Bauteilen 17

Das zentrale Kräftesystem 21 bis 45

Lektion 5 **Kräfte auf derselben Wirkungslinie** 21

- 5.1 Die zwei Hauptaufgaben der Statik 21

5.1.1	Die erste Hauptaufgabe der Statik	21
5.1.2	Die zweite Hauptaufgabe der Statik	21
5.2	Die zwei Kräftesysteme der Statik	21
5.3	Sonderfall des zentralen Kräftesystems: gemeinsame WL	22
5.3.1	Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden	22
5.3.2	Rechnerische Ermittlung der Resultierenden	23
Lektion 6	Zusammensetzen von zwei Kräften, deren Wirkungslinien sich schneiden	25
6.1	Anwendung des Längsverschiebungssatzes	25
6.2	Der Parallelogrammsatz	25
Lektion 7	Zerlegung einer Kraft in zwei Kräfte	29
7.1	Die Richtungen beider Komponenten sind bekannt	29
7.1.1	Horizontal- und Vertikalkomponente	29
7.2	Größe und Richtung einer Kraftkomponente sind bekannt	30
7.3	Das Übertragen der Krafrichtungen vom LP in den KP	30
Lektion 8	Zusammensetzen von mehr als zwei in einem Punkt angreifenden Kräften	35
8.1	Lösung der Aufgabe mit mehreren Kräfteparallelogrammen	35
8.2	Lösung mittels Krafteck	35
Lektion 9	Die erste Gleichgewichtsbedingung der Statik	38
9.1	Das geschlossene Krafteck bei Kräftegleichgewicht	38
9.2	Rechnerische Ermittlung der Resultierenden aus den Horizontal- und Vertikalkomponenten	38
Lektion 10	Bestimmung unbekannter Kräfte im zentralen Kräftesystem	42
10.1	Das Kräftegleichgewicht im Zentralpunkt	42
10.1.1	Zeichnerische Ermittlung unbekannter Kräfte	42
10.1.2	Rechnerische Ermittlung unbekannter Kräfte	43
10.1.2.1	Die Vorzeichenregel	43
Das allgemeine Kräftesystem		46 bis 54
Lektion 11	Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden im allgemeinen Kräftesystem	46
11.1	Das allgemeine Kräftesystem	46
11.2	Wiederholte Konstruktion des Kräfteparallelogrammes	46
11.3	Verwendung von Zwischenresultierenden	47
Lektion 12	Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden mit dem Seileckverfahren	50
12.1	Erforderlichkeit eines universellen Lösungsverfahrens zur zeichnerischen Ermittlung der Resultierenden im allgemeinen Kräftesystem	50

12.2	Zusammensetzen von zwei Kräften mit der Seileckkonstruktion	50
12.2.1	Lösungsverfahren	50
12.2.2	Konstruktionsbegründung	50
12.2.3	Begriffe	51
12.3	Zusammensetzen von mehr als zwei Kräften mit der Seileckkonstruktion	51
12.3.1	Lösungsschritte	51
12.3.2	Konstruktionsbegründung	52

Drehung von Körpern 55 bis 68

Lektion 13 Kräfte als Ursache einer Drehbewegung 55

13.1	Das Kraftmoment der Resultierenden	55
13.2	Drehrichtung und wirksamer Hebelarm	55
13.2.1	Drehsinn und Vorzeichen des Drehmomentes	55
13.2.2	Das resultierende Drehmoment	56
13.2.3	Erzeugung von Drehmomenten durch Schrägkräfte	56
13.3	Die zweite Gleichgewichtsbedingung der Statik	57
13.4	Das Kräftepaar und der Parallelverschiebungssatz	58

Lektion 14 Rechnerische Ermittlung der Resultierenden im allgemeinen Kräftesystem 61

14.1	Der Momentensatz	61
14.2	Bestimmung der Resultierenden mit Hilfe des Momentensatzes	61

Lektion 15 Bestimmung der Auflagerkräfte beim Träger auf zwei Stützen 64

15.1	Rechnerische Bestimmung der Auflagerkräfte	64
15.2	Zeichnerische Bestimmung der Auflagerkräfte (Schlußlinienverfahren)	66

Der Schwerpunkt 69 bis 87

Lektion 16 Bestimmung von Schwerpunkten mittels Momentensatz 69

16.1	Der Schwerpunkt als Massenmittelpunkt	69
16.2	Linienschwerpunkte	70
16.2.1	Gerade Linie (Strecke)	70
16.2.2	Gerader Linienzug	70
16.2.3	Gekrümmte Linie	72
16.3	Flächenschwerpunkte	72
16.3.1	Schwerpunktlage von Einzelflächen	72
16.3.2	Schwerpunktlage von zusammengesetzten Flächen	73
16.4	Körperschwerpunkte	75

Lektion 17 Bestimmung von Schwerpunkten mittels Seileckkonstruktion 79

17.1	Zeichnerische Bestimmung von Linienschwerpunkten	79
17.2	Zeichnerische Bestimmung von Flächenschwerpunkten	80

Lektion 18	Gleichgewicht und Kippen	81
18.1	Die Gleichgewichtsarten	81
18.2	Die Standfestigkeit der Körper	81
18.3	Kippsicherheit	81
Lektion 19	Die Regeln von Guldin	85
19.1	Volumenberechnung	85
19.2	Oberflächenberechnung (Mantelberechnung)	86
Fachwerke		88 bis 100
Lektion 20	Das statisch bestimmte ebene Fachwerk	88
20.1	Fachwerkdefinition	88
20.2	Das ideale Fachwerk	88
20.3	Bedingung des statisch bestimmten Fachwerkes	89
20.4	Fachwerkformen	89
Lektion 21	Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Krafteck	91
Lektion 22	Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Cremonaplan	94
Lektion 23	Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Culmannschem Schnittverfahren	96
Lektion 24	Rechnerische Stabkraftermittlung mittels Ritterschem Schnittverfahren	98
Reibung		101 bis 137
Lektion 25	Die Reibungskräfte	101
25.1	Äußere und innere Reibung	101
25.2	Haft- und Gleitreibung	101
25.3	Das Reibungsgesetz nach Coulomb	102
25.3.1	Die Reibungszahl	102
25.3.1.1	Die Einflußparameter der Reibungszahl	103
Lektion 26	Reibung auf der schiefen Ebene	106
26.1	Bestimmung der Reibungszahlen	106
26.2	Selbsthemmung	107
26.2.1	Selbsthemmungskriterien	107
26.2.2	Reibungsdreieck und Reibungskegel	107
26.3	Wirkkräfte auf der schiefen Ebene	109
26.3.1	Kraft parallel zur schiefen Ebene	109
26.3.1.1	Aufwärtsbewegung	109
26.3.1.2	Abwärtsbewegung	110

26.3.2	Kraft parallel zur Grundfläche der schiefen Ebene	111
26.3.2.1	Aufwärtsbewegung	111
26.3.2.2	Abwärtsbewegung	112
Lektion 27	Reibung an Geradföhrungen	115
27.1	Flachföhrungen	115
27.2	Prismenföhrungen	115
27.2.1	Unsymmetrische Prismenföhrung	116
27.2.2	Symmetrische Prismenföhrung	116
27.3	Zylinderföhrungen	117
Lektion 28	Reibung in Gleitlagern	119
28.1	Tragzapfen (Querlager)	119
28.2	Spurzapfen (Längslager)	119
Lektion 29	Gewindereibung	121
29.1	Bewegungsgewinde	121
29.1.1	Schraube mit Flachgewinde	121
29.1.2	Schraube mit Spitz- oder Trapezgewinde	122
29.2	Befestigungsgewinde	124
Lektion 30	Seilreibung	126
Lektion 31	Reibungsbremsen und Reibungskupplungen	129
31.1	Reibungsbremsen	129
31.1.1	Backenbremsen	129
31.1.2	Bandbremsen	130
31.1.2.1	Einfache Bandbremse	130
31.1.2.2	Die Summenbandbremse	131
31.1.2.3	Die Differentialbandbremse	131
31.1.3	Scheibenbremsen	131
31.2	Reibungskupplungen	132
Lektion 32	Rollreibung	134
32.1	Der Rollwiderstand	134
32.2	Der Fahrwiderstand	135
32.2.1	Die Rollbedingung	136
DYNAMIK		138 bis 254
Kinematik der geradlinigen Bewegung		138 bis 154
Lektion 33	Gleichförmige geradlinige Bewegung	138
33.1	Bewegungskriterien und Geschwindigkeit	138
33.2	Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit	141

Lektion 34	Ungleichförmige geradlinige Bewegung	144
34.1	Merkmale einer ungleichförmigen Bewegung	144
34.1.1	Definition der Beschleunigung	144
34.2	Die ungleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung	144
34.3	Die gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung	145
34.3.1	Beschleunigung aus dem Ruhezustand	145
34.3.2	Gleichmäßige Beschleunigung bei vorhandener Anfangs- geschwindigkeit.	147
34.4	Verzögerte Bewegungen	148
34.4.1	Die gleichmäßig verzögerte Bewegung	148
34.5	Freier Fall und senkrechter Wurf nach oben.	150
34.5.1	Die Fallbeschleunigung	150
34.6	Weitere Formeln zur gleichmäßig beschleunigten (verzögerten) Bewegung	152
34.6.1	Gleichmäßige Beschleunigung mit $v_0 = 0$ und gleichmäßige Ver- zögerung mit $v_t = 0$	152
34.6.2	Gleichmäßige Beschleunigung mit $v_0 \neq 0$ und gleichmäßige Ver- zögerung mit $v_t \neq 0$	152
 Überlagerung verschiedener Bewegungen		155 bis 166
Lektion 35	Zusammensetzen von Geschwindigkeiten	155
35.1	Vektoren und Skalare	155
35.2	Das Überlagerungsprinzip bei geradlinigen Bewegungen	155
35.3	Das Überlagerungsprinzip bei kreisförmigen Bewegungen	156
35.4	Die vektorielle Addition von Geschwindigkeiten	157
35.5	Führungs-, Relativ- und Absolutgeschwindigkeit	159
Lektion 36	Freie Bewegungsbahnen	161
36.1	Der Grundsatz der Unabhängigkeit	161
36.2	Der schiefe Wurf	161
36.2.1	Zerlegen eines Vektors in seine Komponenten	163
36.3	Der waagerechte Wurf	165
 Kraft und Masse		167 bis 185
Lektion 37	Trägheit der Körper	167
37.1	Das erste Newtonsche Axiom	167
37.2	Das zweite Newtonsche Axiom	168
37.2.1	Die Kräfteinheit	169
37.2.2	Die Gewichtskraft	169
Lektion 38	Das Prinzip von d'Alembert	172
38.1	Erweitertes dynamisches Grundgesetz	172
38.1.1	Bewegung auf horizontaler Bahn	172
38.1.2	Bewegung auf vertikaler Bahn	173
38.1.3	Bewegung auf der schiefen Ebene	175

38.1.3.1	Die Steigung der schiefen Ebene	175
38.1.3.2	Kräfte bei beschleunigter Aufwärtsbewegung auf der schiefen Ebene	176
38.1.3.3	Kräfte bei beschleunigter Abwärtsbewegung auf der schiefen Ebene	176

Lektion 39	Kurzzeitig wirkende Kräfte	179
-------------------	---	------------

39.1	Die Bewegungsgröße (Impuls)	179
39.1.1	Die Impulsänderung eines Körpers	179
39.1.2	Die Impulserhaltung	180
39.2	Der Stoß	181
39.2.1	Der unelastische Stoß	182
39.2.2	Der elastische Stoß	182
39.2.3	Der halbelastische Stoß	185
39.2.4	Der schiefe Stoß	185

Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad 186 bis 213

Lektion 40	Arbeit und Energie	186
-------------------	-------------------------------------	------------

40.1	Die mechanische Arbeit	186
40.1.1	Die zeichnerische Darstellung der mechanischen Arbeit	187
40.1.2	Die Arbeitskomponente der Kraft	187
40.1.3	Der physikalische Unterschied zwischen mechanischer Arbeit und Drehmoment	188
40.2	Energiearten und Energiespeicherung	188
40.3	Die Gleichwertigkeit der mechanischen Arbeit und der mechanischen Energie	189
40.3.1	Hubarbeit und potentielle Energie	189
40.3.1.1	Arbeit auf der schiefen Ebene und die goldene Regel der Mechanik. .	189
40.3.2	Beschleunigungsarbeit und kinetische Energie	192
40.3.2.1	Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie	192
40.4	Der Energieerhaltungssatz und Beispiele der Energieerhaltung	193
40.4.1	Energieerhaltung bei der Umwandlung von mechanischer Energie in Wärmeenergie.	193
40.4.2	Energieerhaltung beim wirklichen Stoß	195
40.5	Weitere Formen der mechanischen Arbeit	196
40.5.1	Die Kolbenarbeit	196
40.5.2	Die Federspannarbeit als Formänderungsarbeit	197
40.5.2.1	Federspannarbeit bei Verformung aus ungespanntem Zustand	197
40.5.2.2	Federspannarbeit bei einer Feder mit Vorspannung	198

Lektion 41	Mechanische Leistung	200
-------------------	---------------------------------------	------------

41.1	Leistung als Funktion von Energie und Zeit	200
41.2	Leistung als Funktion von Kraft und Geschwindigkeit	201

Lektion 42	Reibungsarbeit und Wirkungsgrad, Reibungsleistung	203
-------------------	--	------------

42.1	Reibungsarbeit	203
42.2	Energieumwandlung bei der Reibung	204
42.2.1	Umwandlung von Reibungsarbeit in Wärmeenergie	204
42.2.2	Umwandlung von Reibungsarbeit in Schwingungsenergie	204
42.3	Der mechanische Wirkungsgrad	205
42.3.1	Der Gesamtwirkungsgrad einer Maschinenanlage	206
42.4	Die Reibungsleistung	208

Lektion 43	Wirkungsgrad wichtiger Maschinenelemente und Baugruppen	209
43.1	Gerade Führungen	209
43.1.1	Flachführung	209
43.1.2	Symmetrische Prismenführung	209
43.1.3	Unsymmetrische Prismenführung	209
43.1.4	Zylinderführung	210
43.2	Schraubenwirkungsgrad	211
43.2.1	Flachgewinde	211
43.2.2	Spitz- und Trapezgewinde	212
Kinematik und Dynamik der Drehbewegung		214 bis 244
Lektion 44	Drehleistung	214
44.1	Rotationsbewegung	214
44.2	Drehzahl und Umfangsgeschwindigkeit	215
44.3	Berechnung der Drehleistung bei gleichförmiger Drehbewegung ...	216
44.3.1	Berechnung der Drehleistung aus Drehmoment und Drehzahl	217
Lektion 45	Rotationskinematik	219
45.1	Die Bewegungszustände der Rotation	219
45.1.1	Die gleichförmige Drehbewegung	219
45.1.1.1	Die Winkelgeschwindigkeit	219
45.1.1.2	Die Umfangsgeschwindigkeit als Funktion der Winkelgeschwindigkeit	220
45.1.1.3	Die Drehleistung als Funktion der Winkelgeschwindigkeit	220
45.1.1.4	Der Drehwinkel bei gleichförmiger Rotation	220
45.1.2	Die <i>gleichmäßig beschleunigte oder verzögerte Drehbewegung</i>	221
45.1.2.1	Die Winkelbeschleunigung	221
45.2	Analogien zwischen Translation und Rotation	222
Lektion 46	Rotationsdynamik	226
46.1	Die Fliehkraft	226
46.1.1	Berechnung der Fliehkraft	226
46.2	Coriolisbeschleunigung und Corioliskraft	229
Lektion 47	Kinetische Energie rotierender Körper	232
47.1	Rotationsenergie als kinetische Energie	232
47.2	Das Trägheitsmoment	233
47.2.1	Das Trägheitsmoment einer Punktmasse	233
47.2.2	Das Trägheitsmoment einfacher Drehkörper	234
47.2.3	Trägheitsmomente weiterer technisch wichtiger Drehkörper	235
47.2.4	Trägheitsmoment zusammengesetzter Körper	236
47.2.4.1	Der Verschiebungssatz von Steiner	237
47.2.5	Reduzierte Masse	238
47.2.6	Der Trägheitsradius	239
47.3	Dynamisches Grundgesetz der Drehbewegung	240
47.4	Dreharbeit in Abhängigkeit von Drehmoment und Drehwinkel	241
47.5	Drehimpuls und Drehstoß	242
47.5.1	Die Drehimpulserhaltung (Drallerhaltung)	243

Übersetzungen 245 bis 251**Lektion 48** **Übersetzungsverhältnis beim Riementrieb** 245

- 48.1 Einfacher Riementrieb 245
 48.2 Doppelter Riementrieb und Mehrfachriementrieb 247

Lektion 49 **Übersetzungen beim Zahntrieb und in Getrieben** 248

- 49.1 Einfacher Zahntrieb 248
 49.2 Doppelter und Mehrfachzahntrieb 248
 49.2.1 Die Bedeutung des Zwischenrades 249
 49.3 Drehzahlen bei gestuften Schaltgetrieben 250
 49.4 Drehzahlen bei stufenlosen Antrieben 251
 49.5 Getriebewirkungsgrad in Abhängigkeit von Drehmoment und Übersetzungsverhältnis 251

Umwandlung von Rotation in Translation und umgekehrt 252 bis 254**Lektion 50** **Der Kurbeltrieb** 252

- 50.1 Die Schubkurbel 252
 50.1.1 Der Kolbenweg s 252
 50.1.1.1 Näherungsgleichung für den Kolbenweg s 253
 50.1.2 Die Kolbengeschwindigkeit v 253
 50.1.3 Die Kolbenbeschleunigung a 253
 50.2 Die Kurbelschleife 253

FESTIGKEITSLEHRE 255 bis 410**Grundlagen der Festigkeitslehre** 255 bis 260**Lektion 51** **Aufgabe der Festigkeitslehre** 255

- 51.1 Die drei Hauptaufgaben der Festigkeitslehre 255
 51.1.1 Ermittlung der Bauteilabmessungen 255
 51.1.2 Ermittlung der übertragbaren Kräfte und Momente 255
 51.1.3 Werkstoffwahl 255
 51.2 Der idealisierte Körper 256
 51.3 Gültigkeitsbereich der elementaren Festigkeitslehre 256

Lektion 52 **Spannung und Beanspruchung** 257

- 52.1 Äußere Kraft und die Beanspruchung durch innere Kräfte 257
 52.2 Das Schneiden des Bauteils zur Ermittlung der inneren Kraft und des inneren Moments 257
 52.3 Begriff und Ermittlung der Spannung 258

52.3.1	Normalspannungen	258
52.3.2	Schubspannungen	258
52.4	Elementarbeanspruchungen an stabförmigen Körpern	259
52.5	Zusammengesetzte Beanspruchungen	260

Die einfachen statischen Beanspruchungen 261 bis 279

Lektion 53	Beanspruchung auf Zug oder Druck	261
53.1	Die statische Beanspruchung	261
53.2	Beanspruchung auf Zug	261
53.2.1	Begriff der zulässigen Spannung	262
53.3	Beanspruchung auf Druck und gefährdeter Querschnitt	263
53.4	Beispiele für das Erkennen des gefährdeten Querschnitts	264
53.4.1	Ketten	264
53.4.2	Die Reißlänge	265
53.4.3	Auf Zug und Druck beanspruchte Schrauben	266

Lektion 54	Flächenpressung und Lochleibung	269
54.1	Flächenpressung an ebenen Flächen	269
54.2	Pressung an geneigten ebenen Flächen	269
54.3	Flächenpressung bei Gewinden	271
54.4	Flächenpressung an gewölbten Flächen und Lochleibung	272
54.5	Einflußgrößen auf die zulässige Flächenpressung	274

Lektion 55	Beanspruchung auf Abscherung	276
-------------------	---	------------

Verformungen infolge von Beanspruchungen 280 bis 306

Lektion 56	Das Hooke'sche Gesetz für Zug und Druck	280
56.1	Die Kraft als Ursache von Verformungen	280
56.2	Arten der Formänderung eines Körpers	280
56.2.1	Die elastische Verformung	281
56.2.2	Die plastische Verformung	281
56.3	Das Gesetz von Hooke	282
56.4	Die Messung von Kräften	283
56.4.1	Kraftmessung aufgrund der beschleunigenden Wirkung	283
56.4.2	Kraftmessung aufgrund der verformenden Wirkung	283
56.5	Hookesches Gesetz und Bauteildimensionierung	284
56.5.1	Dehnung und Verlängerung	284
56.5.2	Zusammenhang zwischen Dehnung und Spannung	285

Lektion 57	Querkontraktion	289
57.1	Definition der Querkontraktion	289
57.2	Zusammenhang zwischen Längs- und Querdehnung	289

Lektion 58	Belastungsgrenzen	291
58.1	Das Spannungs, Dehnungs-Diagramm.	291
58.2	Die Grenzspannungen im σ, ε -Diagramm.	292
58.3	Die drei verschiedenen Belastungsfälle	292
58.3.1	Belastungsfall I	293
58.3.2	Belastungsfall II	293
58.3.3	Belastungsfall III	294
58.4	Einfacher Sicherheitsbegriff und zulässige Spannungen	294
58.4.1	Die zulässige Spannung bei statischer Beanspruchung	294
58.4.2	Das Festlegen der Sicherheitszahl ν und Angaben über zulässige Spannungen	295
58.4.3	Einige wichtige Zusammenhänge zwischen verschiedenen Spannungen	296
Lektion 59	Wärmespannung und Formänderungsarbeit	298
59.1	Wärmespannung.	298
59.1.1	Einfluß der Temperatur auf das Werkstoffverhalten	298
59.1.2	Wärmedehnung metallischer Stoffe	298
59.2	Formänderungsarbeit	300
Lektion 60	Verformung bei Scherung und Flächenpressung	302
60.1	Hookesches Gesetz für Scherbeanspruchung (Schub)	302
60.2	Die Hertzschen Gleichungen	303
60.2.1	Pressung zwischen zwei Zylindern (Linienpressung)	303
60.2.2	Pressung zwischen zwei Kugeln (Punktpressung)	304
 Weitere Übungsaufgaben zu den Grundlagen der Festigkeitslehre, zu den einfachen statischen Beanspruchungen und zu den Verformungen infolge dieser Beanspruchungen		305 bis 306
 Biegung		307 bis 364
Lektion 61	Auf Biegung beanspruchte Bauteile	307
61.1	Beanspruchungen, die oftmals in Verbindung mit der Biegung auftreten.	307
61.2	Der Träger	307
61.2.1	Lagerung der Träger	308
61.2.2	Trägerbezeichnungen	308
61.2.2.1	Trägerbezeichnungen, von der Trägerlagerung bestimmt	308
61.2.2.2	Trägerbezeichnungen, von der Bauart bestimmt.	309
61.2.3	Trägerbelastungen und Belastungssymbole	309
61.2.4	Der statisch bestimmte oder unbestimmte Träger	309
Lektion 62	Die Biegespannung	311
62.1	Abhängigkeit der Biegespannung vom Biegemoment	311
62.2	Abhängigkeit der Biegespannung von Form und Lage der Querschnittsfläche.	312
62.3	Innere Kräfte und innere Momente bei Biegebeanspruchung	312

62.4	Vorzeichenregeln für Biegemomente und Querkräfte	313
62.4.1	Biegemomente	313
62.4.2	Querkräfte	313
62.5	Verteilung und Berechnung der Biegespannung	313
62.6	Zulässige Biegespannungen	315
62.7	Bedingungen für die Gültigkeit der Biegehauptgleichung	317
Lektion 63	Rechnerische Ermittlung von Trägheits- und Widerstandsmomenten	320
63.1	Äquatoriale Trägheitsmomente	320
63.2	Das polare Trägheitsmoment	320
63.3	Der Verschiebungssatz von Steiner	320
63.4	Trägheits- und Widerstandsmomente einiger technisch wichtiger Querschnitte	323
63.4.1	Rechteckquerschnitt	323
63.4.2	Kreisquerschnitt	323
63.4.3	Dreieckquerschnitt	323
63.5	Trägheits- und Widerstandsmoment von zusammengesetzten Flächen	323
Lektion 64	Schiefe Biegung	330
64.1	Hauptachsen im biegebeanspruchten Querschnitt	330
64.1.1	Ermittlung der Hauptachsen und der Hauptträgheitsmomente	331
64.1.1.1	Rechnerische Ermittlung	331
64.1.1.2	Zeichnerische Ermittlung der Hauptträgheitsmomente	333
64.2	Ermittlung der Biegespannung	334
64.2.1	Lastebene liegt in einer der Hauptachsen; einachsige Biegung	334
64.2.2	Biegespannung bei zweiachsiger Biegung	335
64.2.2.1	Biegespannungen in symmetrischen Querschnitten	335
64.2.2.2	Biegespannungen in unsymmetrischen Querschnitten	336
Lektion 65	Biegemomenten- und Querkraftverlauf beim Freitragler	339
65.1	Freitragler mit Einzellasten	339
65.2	Freitragler mit gleichmäßig verteilter Streckenlast	343
65.3	Freitragler mit gemischter Belastung	345
Lektion 66	Biegemomenten- und Querkraftverlauf beim Träger auf zwei Stützen	348
66.1	Stützträger mit Einzellasten	348
66.2	Träger auf zwei Stützen mit vielen gleich großen Einzellasten	349
66.3	Träger auf zwei Stützen mit gleichmäßig verteilter Streckenlast	350
66.4	Träger auf zwei Stützen mit Mischbelastung	352
Lektion 67	Träger gleicher Biegespannung	355
67.1	Der Gedanke der wirtschaftlichen Konstruktion	355
67.2	Berechnung von Trägern gleicher Biegefestigkeit	355
67.2.1	Freitragler mit einer Einzellast am Trägerende	355
67.2.1.1	Rechteckquerschnitt mit konstanter Höhe und veränderlicher Breite	356
67.2.1.2	Rechteckquerschnitt mit konstanter Breite und veränderlicher Höhe	356

Lektion 68	Verformung bei Biegebeanspruchung	359
68.1	Die Verformung im elastischen Bereich	359
68.2	Der Krümmungsradius der Biegelinie	359
68.3	Berechnung der Durchbiegung und des Neigungswinkels	360
68.3.1	Freitragler mit einer Einzellast am Trägerende	360
68.3.2	Träger auf zwei Stützen mit einer Einzellast in Trägermitte	360
68.3.3	Freitragler mit Streckenlast	361
68.4	Resultierende Durchbiegung	361
68.4.1	Resultierende Durchbiegung bei einachsiger Biegung	361
68.4.2	Resultierende Durchbiegung bei schiefer Biegung	362
Torsion		365 bis 374
Lektion 69	Torsionsspannung	365
69.1	Drehmoment als Ursache der Torsion	365
69.2	Ermittlung des Torsionsmomentes	365
69.3	Berechnung der Torsionsspannung	366
69.3.1	Polares Widerstandsmoment für den Kreisquerschnitt	367
69.3.2	Polares Widerstandsmoment für den Kreisringquerschnitt	367
Lektion 70	Verformung bei Torsion	371
70.1	Die Analogie zwischen Zug und Torsion	371
70.2	Der Zusammenhang zwischen dem Elastizitätsmodul E und dem Gleitmodul G	371
70.3	Die Größe des Verdrehwinkels (Torsionswinkel) φ	372
Beanspruchung auf Knickung		375 bis 384
Lektion 71	Knickfestigkeit	375
71.1	Unterscheidung von Druckbeanspruchung und Knickbeanspruchung	375
71.2	Der Schlankheitsgrad und die Einspannungsfälle	375
Lektion 72	Knickspannung bei elastischer Knickung → Eulerknickung ..	377
72.1	Definition der Knickspannung	377
72.2	Ermittlung der Knickkraft bei elastischer Knickung	377
Lektion 73	Unelastische Knickung → Tetmajerknickung	379
73.1	Der Grenzschlankheitsgrad	379
73.2	Die Knickspannung bei unelastischer Knickung	379
Lektion 74	Das Omegaverfahren	383

	Mehrere gleichzeitige Beanspruchungen	385 bis 394
Lektion 75	Beanspruchung auf Biegung und Zug oder Druck	385
Lektion 76	Beanspruchung auf Zug und Schub, Druck und Schub, Biegung und Schub	389
Lektion 77	Beanspruchung auf Biegung und Torsion	391
	Dynamische Beanspruchungen	395 bis 410
Lektion 78	Dauerstandfestigkeit, Schwellfestigkeit, Wechselfestigkeit ...	395
78.1	Dauerstandfestigkeit	395
78.2	Schwellfestigkeit	395
78.3	Wechselfestigkeit	395
Lektion 79	Ermittlung der Dauerfestigkeit	397
79.1	Gewalt- und Dauerbruch	397
79.2	Die Ermittlung von Schwell- und Wechselfestigkeit	397
79.3	Die Konstruktion des Dauerfestigkeitsschaubildes	398
79.4	Zulässige Spannungen, erweiterter Sicherheitsbegriff	400
Lektion 80	Gestaltfestigkeit	402
80.1	Dauerfestigkeit und Bauteilgröße	402
80.2	Dauerfestigkeit und Bauteiloberfläche	402
80.3	Dauerfestigkeit und Bauteilform	402
80.3.1	Die Kerbwirkung	402
80.3.2	Berechnung der Kerbwirkung	403
80.4	Gestaltfestigkeit in Abhängigkeit von Bauteilgröße, Bauteilform und Bauteiloberfläche	404
Lektion 81	Experimentelle Spannungsanalyse	407
81.1	Messung von Spannungen am fertigen Bauteil	407
81.2	Spannungsanalyse mittels Dehnungsmeßstreifen	407
81.3	Spannungsanalyse mittels Spannungsoptik	408
81.4	Spannungsanalyse mittels Finite-Elemente-Methode	409
	Lösungsgänge zu den Übungsaufgaben	411 bis 482
	Ergebnisse der Vertiefungsaufgaben	483 bis 502
	Sachwortverzeichnis	503 bis 508
	Griechisches Alphabet	509
	DIN-Normen, Auswahl zu den Sachgebieten dieses Buches	509