

Inhaltsverzeichnis.

Einführende Betrachtungen.

§ 1. Allgemeines	1
1. Die Aufgabe der Mechanik	1
2. Der Aufbau der Mechanik	2
3. Einteilung der Mechanik	3
4. Geschichtliche Bemerkungen	3
§ 2. Die Elemente der Vektorrechnung	8
1. Erklärungen	8
2. Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	9
3. Addition und Subtraktion von Vektoren	10
4. Komponentendarstellung eines Vektors	10
5. Inneres oder skalares Produkt zweier Vektoren	13
6. Projektion eines Vektors in Richtung eines anderen	14
7. Äußeres oder Vektorprodukt zweier Vektoren	15
8. Skalares Produkt dreier Vektoren (Spatprodukt)	17
9. Das dreifache Vektorprodukt	18
10. Zerlegung eines Vektors nach drei Richtungen	19
11. Die Gleichung der Geraden im Raume	19
12. Differentiation eines Vektors	20
Übungen zu § 2	22

I. Die Statik des starren Körpers.

§ 3. Über die Kraft	26
1. Der statische Kraftbegriff	26
2. Räumlich und flächenhaft verteilte Kräfte	27
3. Über den Begriff der Einzelkraft. Linienflüchtigkeit der Kraft am starren Körper	30
4. Einteilung der Kräfte	31
5. Gleichwertigkeit von Kräftesystemen am starren Körper	32
§ 4. Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt	32
1. Zusammensetzung von Kräften	32
2. Gleichgewichtsbedingung	34
3. Kräftezerlegung	34
4. Zeichnerische (graphische) Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften in der Ebene	36
a) Die graphische Bestimmung der Resultierenden	36
b) Die graphische Zerlegung einer Kraft	36
5. Fäden (Seile) und Stäbe	36
§ 5. Ebene Kräftegruppen am starren Körper mit nicht gemeinsamem Angriffspunkt	39
1. Zusammensetzung von zwei Kräften	39
a) Nicht parallele Kräfte	39
b) Parallele Kräfte mit gleicher Wirkungslinie	39
c) Parallele und gleichgerichtete Kräfte mit verschiedener Angriffslinie	39
d) Zwei entgegengesetzt gerichtete Kräfte mit verschiedener Angriffslinie. Das Kräftepaar	40
2. Zusammensetzung von mehreren Kräften. Das Seileck (Seilpolygon)	41
3. Gleichgewichtsbedingung	42

§ 6. Über Kräftepaar und Moment	43
1. Das Kräftepaar	43
2. Zusammensetzung von Einzelkraft und Kräftepaar mit auf dem Kraftvektor senkrechtem Momentenvektor. Das Versetzungsmoment	45
3. Das Moment einer Kraft in bezug auf einen Punkt und in bezug auf eine Achse	47
4. Das Moment einer ebenen Kräftegruppe	47
a) Moment einer Einzelkraft	47
b) Mehrere parallele Kräfte	48
c) Kräfte beliebiger Richtung	49
§ 7. Kräftezusammensetzung im Raume	49
1. Reduktion einer Kräftegruppe in bezug auf einen Punkt	49
2. Kraftschraube (Dynamie) und Zentralachse	50
3. Gleichgewichtsbedingungen	53
§ 8. Ebene Statik des starren Körpers	53
1. Auflagerkräfte. Beispiele	53
a) Das Gelenk	54
b) Führung oder Gleitlager	54
c) Einspannung	54
2. Bestimmung der Auflagerkräfte aus dem Seilpolygon	55
Übungen zu § 3 bis § 8	57
§ 9. Über den Schwerpunkt	63
1. Der Schwerpunkt	63
2. Sätze über den Schwerpunkt	64
3. Der Massenmittelpunkt	65
4. Beispiele	65
a) Das Dreieck	65
b) Der Schwerpunkt des Vierecks	66
c) Das Trapez	66
d) Der Kreiskegel	67
5. Die Regeln von GULDIN	67
a) Die erste GULDINSche Regel	68
b) Die zweite GULDINSche Regel	68
§ 10. Die Schnittlasten des Balkens	69
1. Grundsätzliche Bemerkungen	69
2. Querkraft, Längskraft und Biegemoment	69
a) Die Querkraft	71
b) Die Längs- oder Normalkraft	71
c) Das Biegemoment	71
3. Ermittlung der Schnittlasten	72
4. Beispiele	74
a) Der an den Enden gestützte durch vertikale Einzelkräfte belastete Balken	74
b) Balken an den Enden frei gestützt und gleichmäßig belastet	75
c) Balken mit überstehendem Ende durch Vertikalkräfte belastet	75
5. Stützlinie	75
Übungen zu § 9 und § 10	76

II. Einige elementare Probleme der Elastizitätstheorie.

§ 11. Allgemeine Bemerkungen und Gesetze zur Elastizitätstheorie und Festigkeitslehre	83
1. Einleitung	83
2. Das HOOKESche Gesetz	85
a) Dehnung	86
b) Gleitung	89

3. Der Zusammenhang zwischen Elastizitätsmodul, Querkontraktionszahl und Schubmodul	90
a) Der einachsige Spannungszustand und MOHRsche Spannungskreis	90
b) Der zweiachsige Spannungszustand	91
c) Der Zusammenhang zwischen den elastischen Konstanten	92
4. Geschichtliche Bemerkungen	93
§ 12. Die elementare Theorie der Balkenbiegung	95
1. Voraussetzungen und ihre Folgerungen	95
2. Verteilung der Spannungen und die Differentialgleichung der elastischen Linie	98
§ 13. Flächenmomente zweiten Grades	102
1. Definitionen	102
a) Das axiale Moment	102
b) Das polare Moment	103
c) Das Zentrifugalmoment	103
d) Der Trägheitsradius	103
2. Allgemeine Sätze	103
a) Der Satz von STEINER für parallele Achsen	104
b) Drehung des Koordinatensystems	105
3. Hauptträgheitsachsen und Hauptträgheitsmomente	106
4. Die Trägheitsellipse	107
5. Der Trägheitskreis	108
§ 14. Die elastische Linie des Balkens	109
1. Die vereinfachte Form der Differentialgleichung der elastischen Linie und ihre Integration	109
2. Beispiele für den Balken konstanten Querschnittes	112
a) Einseitig eingespannter Balken mit Einzellast	112
b) Einseitig eingespannter Balken mit gleichmäßiger Last	113
c) An den Enden frei gestützter Balken mit Einzellast	114
d) An den Enden frei gestützter Balken mit gleichmäßiger Belastung	115
3. Die MOHRschen Sätze und das MOHRsche Verfahren	116
a) Träger auf mehreren Stützen mit Gelenken über den Auflagern	118
b) Träger auf mehreren Stützen mit Gelenken in den Feldern (Gerberträger)	119
c) Kragträger	119
4. Bezüglich der Reaktionskräfte statisch unbestimmte Aufgaben	125
a) Der kontinuierlich und gleichmäßig belastete Balken auf drei gleich entfernten Stützen (Durchlaufträger)	125
b) Der an den Enden eingespannte und gleichmäßig belastete Balken	126
5. Eine Korrektur für breittförmige Balken (Platten)	127
6. Einflußzahl und Einflußlinie	129
§ 15. Ergänzungen zur Theorie des Balkens. Dünnwandige Behälter und Rohre	129
1. Das Prinzip von DE SAINT-VENANT	129
2. Die schiefe Biegung des Balkens	131
3. Die Abschätzung der von der Querkraft herrührenden Schubspannungen und ihres Einflusses auf die Durchbiegung eines Balkens konstanten Querschnittes	133
a) Der Satz von den zugeordneten Schubspannungen	133
b) Eine erste Abschätzung der Schubspannungen	135
c) Näherungsweise Bestimmung der Schubspannungsverteilung über den Querschnitt	136
d) Abschätzung des Einflusses der Schubspannungen auf die Durchbiegung	137
4. Der auf Zug oder Druck und Biegung beanspruchte Balken	139
5. Knickung	143
6. Der Balken auf nachgiebiger Unterlage	146

7. Torsion eines kreiszylindrischen Stabes	149
8. Torsion dünnwandiger Hohlquerschnitte. Die BREDTSchen Formeln	152
9. Torsion schmaler rechteckiger Stäbe	153
10. Der Schubmittelpunkt	156
11. Membrantheorie dünnwandiger Behälter und Biegetheorie des kreis-	
zylindrischen Rohres	159
a) Membranspannungszustand	159
b) Auftreten von Biegebeanspruchungen	160
c) Kesselformel	161
d) Biegung eines kreiszylindrischen Rohres	161
Übungen zu § 11 bis § 15	163

III. Statik der Systeme starrer Körper.

§ 16. Systeme aus einer endlichen Anzahl starrer Körper	196
1. Das Gleichgewichtsprinzip	196
2. Der Dreigelenkträger	197
3. Die Brückenwaage	198
§ 17. Ebene Fachwerke	199
1. Grundsätzliche Bemerkungen	199
2. Bestimmung der Stabkräfte in einem ebenen Fachwerk	201
a) Der CREMONAsche Kräfteplan	202
b) Die RITTERSche Schnittmethode	203
§ 18. Statik der Seile und Ketten. Stützlinie	204
1. Einleitende Bemerkungen	204
2. Die Grundgleichungen der Statik der Seile und Ketten	204
3. Das homogene, durch das Eigengewicht belastete Seil gleichen Quer-	
schnittes	206
4. Das durch beliebige Streckenlasten in Vertikalrichtung belastete Seil	208
5. Stützlinie	209
Übungen zu § 16 bis § 18	211

IV. Einführung in die Kinematik und Kinetik.

§ 19. Kinematische Betrachtungen	222
1. Einleitende Bemerkungen über Bewegung, Raum und Zeit	222
2. Die Darstellung der Bewegung eines Punktes	225
a) Vorgabe der Projektionen des Punktes auf die Koordinatenachsen	225
b) Vorgabe der Bahnkurve und Weg-Zeit-Funktion	225
3. Die Geschwindigkeit	225
a) Die geradlinige Bewegung	225
b) Die allgemeine (krummlinige) Bewegung	226
4. Die Beschleunigung	227
5. Geschwindigkeit und Beschleunigung in ebenen Polarkoordinaten	229
6. Umfangsgeschwindigkeit und Vektor der Winkelgeschwindigkeit.	232
7. Die Bewegung eines starren Körpers	233
8. Ebene Bewegung von starren Scheiben. Der Satz vom Momentan-	
zentrum	234
9. Relativbewegung	236
§ 20. Das NEWTONSche Grundgesetz und seine Folgerungen	238
1. Über die Kraft	238
2. Das dynamische Grundgesetz	239
a) Einleitende Bemerkungen	239
b) Mathematische Formulierung und physikalische Folgerungen des	
Grundgesetzes	241
3. Der Schwerpunktsatz	243

4. Der Drall- oder Momentensatz	244
5. Ein Beispiel	247
6. Das Massenträgheitsmoment	252
a) Dünner Stab	253
b) Kreiszyylinder	254
c) Kugel	254
7. Die ebene Bewegung eines starren Körpers	254
a) Reine Translation	255
b) Drehung um eine feste Achse	256
c) Die kinetische Energie	256
a) Rotation um eine feste Achse	256
β) Allgemeine ebene Bewegung	258
8. Maßsysteme	258
§ 21. Kinetik des Schwerpunktes	259
1. Erläuterungen	259
2. Der Flächensatz	260
3. Der Impulssatz	261
4. Der Arbeitssatz	263
5. Grundsätzliches und Geschichtliches zum Erhaltungssatz der Energie	266
6. Die KEPLERSchen Gesetze und die allgemeine Massenanziehungstheorie von NEWTON	267
7. Freie und geführte Bewegungen	271
a) Bewegung auf der Erde in Richtung eines Meridians	273
b) Bewegung eines Rades in der Kurve. Kreiselwirkung	273
§ 22. Über Bewegungswiderstände (Reibung)	276
1. Grundsätzliche Bemerkungen	276
2. Bewegungswiderstand fester Körper im flüssigen und gasförmigen Medium	277
3. Reibungswiderstände zwischen festen Körpern	280
4. Haftreibung oder Reibung der Ruhe	280
5. Gleitreibung	282
6. Beispiele zur Haftreibung	284
a) Die schiefe Ebene	284
b) Der Keil	285
c) Die Schraube	285
a) Flachgängige Schraube	285
β) Scharfgängige Schraube	286
7. Seilreibung	287
8. Seilsteifigkeit und Lagerreibung	289
9. Rollen von Rädern auf einer Ebene	290
a) Rotationssymmetrischer Körper auf der schiefen Ebene	290
a) Reines Rollen	291
β) Kein reines Rollen	292
b) Bewegung eines Fahrzeuges	292
a) Treibräder	292
β) Laufräder	293
γ) Wagenkasten	293
c) Rollwiderstand	293
10. Das ballistische Problem	294
Übungen zu § 19 bis § 22	296
§ 23. Die einfachsten Schwingungsprobleme der Mechanik	334
1. Die harmonische Schwingung	334
2. Longitudinalschwingungen	337
a) Schraubenfeder mit Einzelmasse	337
b) Stab konstanten Querschnittes mit Einzelmasse	339
c) Näherungsweise Berücksichtigung der Federmasse	339

3. Transversal schwingende Stäbe mit Einzelmasse	341
a) Einseitig eingespannter Stab	341
b) An beiden Enden gelenkig gestützter Stab	341
c) An beiden Enden eingespannter Stab	341
d) An dem einen Ende eingespannter, am anderen frei gelagerter Stab	342
e) Näherungsweise Berücksichtigung der Stabmasse	342
4. Torsionsschwingungen eines Stabes	344
5. Zusammengesetzte Federn	345
a) Hintereinanderschaltung	345
b) Parallelschaltung	345
6. Dämpfung durch Bewegungswiderstände	346
a) Dämpfung in Gasen und Flüssigkeiten	346
b) Trockenreibung oder Dämpfungskraft konstanten Betrages	346
7. Die freie Bewegung bei geschwindigkeitsproportionaler Dämpfung	348
a) Starke Dämpfung	349
b) Aperiodischer Grenzfall	350
c) Schwache Dämpfung	350
8. Erzwungene Schwingungen. Bewegung aus der Ruhelage heraus	352
9. Periodische Erregung. Resonanz	355
10. Ungedämpfte Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden	360
11. Nichtlineare Schwingungen	363
a) Freie Schwingungen	364
b) Erzwungene Schwingungen	365
§ 24. Über den Stoß	366
1. Allgemeine und historische Bemerkungen	366
2. Ansätze und Definitionen	367
3. Der gerade zentrale Stoß	369
4. Der schiefe zentrale Stoß	372
5. Der exzentrische Stoß gegen einen drehbar gelagerten Körper. Der Stoßmittelpunkt	372
6. Beispiele zum Stoß	374
a) Plötzliche Fixierung	374
b) Stoßvorgänge an Trägern mit angenäherter Berücksichtigung der Trägermasse	375
Übungen zu § 23 und § 24	378
§ 25. Einblick in die Hydromechanik	398
1. Allgemeine Eigenschaften der Flüssigkeiten	398
2. Das Grundgesetz für ideale Flüssigkeiten	398
3. BERNOULLISCHE Gleichung	403
4. Folgerungen und Anwendungen der BERNOULLISCHEN Gleichung	406
a) Hydrostatik	406
b) Archimedisches Prinzip	407
c) Ausfluß aus Gefäßen	408
d) Staudruck	409
5. Der Impulssatz für die stationäre Bewegung längs eines Stromfadens	409
a) Druck auf eine von einem freien Strahl angeströmte Wand	410
b) Strahlreaktion bei Ausfluß aus Gefäßen	410
c) Flüssigkeitsdruck auf Rohrwände	411
d) Energieverlust bei plötzlichen Rohrerweiterungen. CARNOTSche Gleichung	411
6. Ideale und wirkliche Flüssigkeit	412
a) Allgemeine Bemerkungen zur EULERSCHEN Theorie	412
b) Laminare und turbulente Strömung	413
c) Der NEWTONSche Ansatz	414
7. Die Strömung von zähen Flüssigkeiten in kreiszylindrischen Röhren	419
a) Laminare stationäre Strömung	419
b) Turbulente Bewegung	421

8. Die Verlusthöhe der BERNOULLISCHEN Gleichung	423
a) Örtliche Energieverluste	423
b) Kontinuierliche Energieverluste	423
Übungen zu § 25	425
§ 26. Grundgesetze der Ähnlichkeitsmechanik	445
1. Einführende Bemerkungen	445
2. Mechanische Ähnlichkeit. Das NEWTONSche Ähnlichkeitsgesetz	446
a) Die geometrische Ähnlichkeit	446
b) Die zeitliche Ähnlichkeit	446
c) Die Ähnlichkeit der Kräfte	446
3. Übertragungsgesetze für spezielle Kräfteklassen	448
4. Die Ähnlichkeitsgesetze	450
a) Beschleunigte Bewegungsvorgänge unter dem überwiegenden Einfluß von Schwerkraften. Das FROUDESche Modellgesetz	451
b) Beschleunigte Bewegungsvorgänge unter dem überwiegenden Einfluß von Reibungskraften. Das REYNOLDSSche Modellgesetz	451
c) Beschleunigte Bewegungsvorgänge unter dem überwiegenden Einfluß von elastischen Kräften. Das CAUCHYSche Modellgesetz	452
d) Die statische Ähnlichkeit	453
Übungen zu § 26	454
V. Arbeitsprinzipien der Mechanik.	
§ 27. Das Prinzip der virtuellen Arbeiten	457
1. Historische Bemerkungen	457
2. Das Prinzip der virtuellen Arbeiten	458
a) Der Hebel	458
b) Die doppelschiefe Ebene	458
c) In der Mitte gestützte Kreisplatte, am Rande durch drei Vertikalkräfte belastet	459
d) TORRICELLIS Formulierung des Prinzips, wenn nur Schwerkraften wirken	459
3. Anwendungen des Prinzips der virtuellen Arbeiten	459
a) Das Prinzip der virtuellen Arbeiten für starre Körper bzw. Systeme	459
b) Das Prinzip der virtuellen Arbeiten für deformierbare Körper	459
c) Satz von CASTIGLIANO	461
d) Näherungsweise Bestimmung der Knicklast aus einer Energiebetrachtung (RITZsches Verfahren)	465
e) Näherungsweise Berechnung der ersten Eigenkreisfrequenz einer massebehafteten Feder	467
§ 28. Das Prinzip von D'ALEMBERT	469
1. Formulierung des Prinzips	469
2. Beispiele	469
a) Rotation um eine feste Achse	469
b) Beschleunigungen und Seilkräfte	470
Übungen zu § 27 und § 28	472
Literatur zur Geschichte der Mechanik	483
Namen- und Sachverzeichnis	485