

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Vorlesungen über technische Mechanik

in sechs Bänden

Festigkeitslehre

Föppl, August

1909

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht.

| | Seite |
|--|-------|
| Erster Abschnitt. Allgemeine Untersuchungen über den Spannungszustand | 1—34 |
| § 1. <i>Aufgabe der Festigkeitslehre.</i> | 1 |
| Statisch unbestimmte Aufgaben | 2 |
| § 2. <i>Die innern Kräfte.</i> | 3 |
| Spannungen | 6 |
| § 3. <i>Die spezifische oder bezogene Spannung</i> | 7 |
| Prüfung des Zements auf Zugfestigkeit | 9 |
| Normalspannung und Schubspannung | 11 |
| Zahl der Spannungskomponenten zur Kennzeichnung eines Spannungszustandes | 11 |
| § 4. <i>Gleichgewichtsbedingungen zwischen den Spannungskomponenten</i> | 15 |
| Gleichgewicht am Parallelepipet | 16 |
| Vorzeichenfestsetzungen | 18 |
| Gleichgewicht gegen Drehen | 20 |
| Gleichgewicht gegen Verschieben | 21 |
| § 5. <i>Das Gleichgewicht am Tetraeder.</i> | 23 |
| § 6. <i>Der ebene Spannungszustand</i> | 25 |
| Hauptrichtungen und Hauptspannungen | 28 |
| Größtwerth der Schubspannungen | 30 |
| § 7. <i>Der lineare oder einachsige Spannungszustand</i> | 31 |
| § 8. <i>Spannungskreis und Spannungsellipse</i> | 31 |
| § 9. <i>Die reine Schubbeanspruchung</i> | 33 |
| Aufgaben 1—3. | 33 |
| Zweiter Abschnitt. Elastische Formänderung. Beanspruchung des Materials | 35—72 |
| § 10. <i>Das Elastizitätsgesetz</i> | 35 |
| Feinmeßvorrichtung von Bauschinger | 37 |
| Begriffsfeststellungen (Elastizitätsgrad usf.) | 38 |
| Innere Reibung | 40 |
| Elastische Nachwirkung | 41 |
| Spezifische oder bezogene Dehnung | 41 |
| Gesetz von Hooke | 43 |
| Querkontraktion, Poissonsche Konstante | 43 |

| | Seite |
|--|---------------|
| Gesetz der Superposition | 44 |
| Messungsergebnisse an Steinen | 45 |
| Abweichende Definitionen des Elastizitätsmoduls . . | 47 |
| Potenzformel | 48 |
| § 11. <i>Einfache Längsspannung und einfache Schubspannung</i> | 49 |
| Kubische Ausdehnung | 51 |
| Schubelastizitätsmodul | 53 |
| Zusammenhang zwischen G , E und m | 55 |
| § 12. <i>Elastische Dehnungen in verschiedenen Richtungen</i> . | 55 |
| § 13. <i>Die Anstrengung des Materials</i> | 57 |
| Sicherheitskoeffizient | 57 |
| Oft wiederholte Belastung | 57 |
| Verschiedene Ansichten über die Abhängigkeit der Bruchgefahr vom Spannungszustande | 59 |
| § 14. <i>Die reduzierten Spannungen</i> | 60 |
| Zulässiger Betrag der einfachen Schubbeanspruchung | 62 |
| Zusammenwirken eines linearen Spannungszustandes mit einer einfachen Schubbeanspruchung | 63 |
| § 15. <i>Die bezogene Formänderungsarbeit</i> | 64 |
| Aufgaben 4–10 | 67 |
| Dritter Abschnitt. Biegung des geraden Stabes | 73–152 |
| § 16. <i>Begriff der Biegung</i> | 73 |
| Zusammengesetzte Festigkeit | 74 |
| Allgemeiner Fall der Biegung | 75 |
| Biegemoment | 75 |
| § 17. <i>Willkürliche Annahmen von Bernoulli und Navier</i> . | 75 |
| Querschnitte bleiben eben | 76 |
| Prüfung durch den Versuch | 77 |
| Andere Begründung der Navierschen Spannungsver- teilung | 79 |
| Geradliniengesetz | 80 |
| § 18. <i>Folgerungen aus dem Geradliniengesetz</i> | 80 |
| Nulllinie geht durch Schwerpunkt | 81 |
| Trägheitsmoment, Widerstandsmoment | 82 |
| Zentrifugalmoment | 84 |
| § 19. <i>Trägheits- und Zentrifugalmoment von Querschnitts- flächen</i> | 85 |
| Hauptachsen des Querschnitts | 88 |
| Trägheitsellipse, Zentralellipse | 91 |
| Polares Trägheitsmoment | 92 |
| § 20. <i>Berechnung der Spannungsverteilung bei schiefer Be- lastung</i> | 93 |
| Trägheitsmoment des Rechtecks | 95 |

| | Seite |
|---|---------|
| § 21. <i>Exzentrische Zug- oder Druckbelastung eines Stabes</i> | 96 |
| Antipol und Antipolare | 101 |
| Querschnittskern | 102 |
| Rechteckiger, kreisförmiger, elliptischer Querschnitt | 103 |
| § 22. <i>Berechnung der Biegungsspannungen mit Hilfe des Kerns</i> | 105 |
| Erweiterte Definition des Widerstandsmoments | 107 |
| § 23. <i>Berechnung der Schubspannungen im gebogenen Stabe</i> | 108 |
| Zusammenhang zwischen Scherkraft und Biegemoment | 110 |
| Kreisförmiger Querschnitt, Nieten | 113 |
| § 24. <i>Die Spannungstrajektorien</i> | 115 |
| § 25. <i>Einfluß der Schubspannungen auf die Bruchgefahr</i> | 116 |
| Längenverhältnis, von dem ab die Bruchgefahr nur durch die Normalspannungen bedingt ist | 117 |
| § 26. <i>Genietete Träger</i> | 118 |
| § 27. <i>Die elastische Linie des gebogenen Stabes</i> | 120 |
| Differentialgleichung der elastischen Linie | 121 |
| Momentenfläche | 122 |
| Biegungspfeil | 123 |
| Zusammenfassung mehrerer Äste der elastischen Linie durch eine einzige Gleichung | 125 |
| § 28. <i>Einfluß der Schubspannungen auf die Biegungslinie</i> | 128 |
| Formel für den Biegungspfeil | 132 |
| § 29. <i>Durchlaufende Träger</i> | 132 |
| Senkung der Mittelstütze | 134 |
| § 30. <i>Der auf beiden Seiten eingespannte Träger</i> | 134 |
| § 31. <i>Vergleich der Biegungslehre mit der Erfahrung</i> | 136 |
| Gußeisen | 137 |
| Steine | 138 |
| Aufgaben 11–22 | 139 |
| Vierter Abschnitt. Die Formänderungsarbeit | 152–184 |
| § 32. <i>Die potentielle Energie eines gebogenen Stabes</i> | 152 |
| Gleichsetzung der potentiellen Energie mit der Arbeit der äußeren Kräfte | 154 |
| § 33. <i>Die Sätze von Castigliano</i> | 157 |
| Zerlegung einer Tragkonstruktion in zwei Teile | 163 |
| Minimum der Formänderungsarbeit | 165 |
| Vergleich mit den älteren Methoden | 167 |
| § 34. <i>Stoßweise Belastung</i> | 167 |
| Näherungstheorie von Cox | 171 |
| § 35. <i>Satz von Maxwell über die Gegenseitigkeit der Verschiebungen</i> | 173 |

Seite

| | |
|---|---------|
| Einflußzahlen | 174 |
| Anwendung des Satzes auf die Berechnung von Tragkonstruktionen | 176 |
| Einflußlinie für den Auflagerdruck beim durchlaufenden Träger | 178 |
| Aufgaben 23—26. | 179 |
| Fünfter Abschnitt. Stäbe mit gekrümmter Mittellinie | 185—227 |
| § 36. <i>Die ebene Biegung von schwach gekrümmten Stäben</i> | 185 |
| Formel für die Krümmungsänderung | 187 |
| Differentialgleichung für die Verbiegung eines kreisförmigen Stabes | 188 |
| § 37. <i>Der Bogen mit zwei Gelenken.</i> | 190 |
| Formel für den Horizontalschub | 192 |
| Genauere Formel mit Berücksichtigung der Normalkräfte | 195 |
| § 38. <i>Zweites Verfahren zur Berechnung des Horizontalschubs</i> | 196 |
| § 39. <i>Einfluß von Temperaturänderungen</i> | 199 |
| § 40. <i>Der beiderseits eingespannte Bogen</i> | 202 |
| § 41. <i>Berechnung eines Ringes oder einer Röhre auf Druck oder Zug in einer Durchmesserenebene.</i> | 204 |
| Einfluß einer Überschreitung der Elastizitätsgrenze . | 208 |
| Allgemeinerer Fall | 209 |
| Kettenglieder | 210 |
| § 42. <i>Berechnung der ebenen Spiralfedern</i> | 210 |
| § 43. <i>Stäbe von starker Krümmung.</i> | 214 |
| Hyperbolische Spannungsverteilung | 215 |
| Aufgaben 27—34. | 216 |
| Sechster Abschnitt. Stäbe auf nachgiebiger Unterlage | 228—243 |
| § 44. <i>Grundlegende Annahmen.</i> | 228 |
| Versuche über die Elastizität des Erdbodens. | 229 |
| § 45. <i>Die Eisenbahnquerschwellen mit konstantem Querschnitt</i> | 231 |
| § 46. <i>Lösung der vorigen Aufgabe auf graphischem Wege.</i> | 235 |
| § 47. <i>Aufgaben ähnlicher Art</i> | 236 |
| Aufgaben 35—37. | 238 |
| Siebter Abschnitt. Die Festigkeit von ebenen Platten, die am ganzen Umfange unterstützt sind. | 244—277 |
| § 48. <i>Genauere Theorie der kreisförmigen Platte mit symmetrischer Belastung.</i> | 244 |
| Gleichförmig verteilte Belastung | 249 |
| Gestalt der elastischen Fläche | 252 |
| § 49. <i>Fortsetzung für den Fall einer Einzellast in der Mitte</i> | 253 |

| | Seite |
|---|---------|
| § 50. Fortsetzung für den Fall, daß die Platte am Rande frei aufliegt | 259 |
| § 51. Bachsche Näherungstheorie für kreisförmige Platten | 263 |
| § 52. Näherungstheorie für elliptische Platten | 268 |
| § 53. Näherungstheorie für quadratische und rechteckige Platten | 273 |
| Aufgaben 38—40. | 275 |
| Achter Abschnitt. Die Festigkeit von Gefäßen unter innerem oder äußerem Überdrucke | 278—298 |
| § 54. Kugelkessel und zylindrische Kessel unter innerem Überdrucke | 278 |
| § 55. Röhren von ovalem Querschnitte und Röhren von kreisförmigem Querschnitte unter äußerem Überdrucke | 282 |
| Ausknicken von Flammröhren | 286 |
| § 56. Dickwandige Röhren | 286 |
| Aufgaben 41—45. | 291 |
| Neunter Abschnitt. Die Verdrehungsfestigkeit | 299—319 |
| § 57. Wellen von kreisförmigem Querschnitte | 299 |
| § 58. Wellen von elliptischem Querschnitte | 302 |
| § 59. Wellen von rechteckigem Querschnitte | 306 |
| Annahme über das Spannungsverteilungsgesetz. | 307 |
| Verträglichkeit desselben mit den allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen und mit dem Elastizitätsgesetze | 309 |
| § 60. Berechnung der Torsionsfedern | 312 |
| (Wegen der strengeren Theorie der Torsionsfestigkeit vergleiche den letzten Abschnitt.) | |
| Aufgaben 46—48. | 316 |
| Zehnter Abschnitt. Die Knickfestigkeit | 320—347 |
| § 61. Ableitung der Eulerschen Formel für Stäbe mit Spitzenlagerung | 320 |
| Formel für die Ausbiegung | 322 |
| Eulersche Formel | 323 |
| Gültigkeitsgrenze der Eulerschen Formel | 324 |
| Graphische Behandlung von Aufgaben über die Knickfestigkeit | 324 |
| § 62. Stab mit einer ursprünglichen Krümmung | 325 |
| Biegunbspfeil und Drehungswinkel des Endes | 326 |
| § 63. Die wirkliche Knickbelastung P_K | 327 |
| Zahlenbeispiel für den Unterschied zwischen P_K und P_E | 328 |
| Formeln von v. Tetmajer. | 329 |

| | Seite |
|---|-------|
| § 64. <i>Stab mit Einspannung an einem oder an beiden Enden</i> | 330 |
| Zuverlässigkeit der Einspannung | 331 |
| Formel für den beiderseits eingespannten Stab | 333 |
| Auf einer Seite eingespannter, auf der anderen drehbar befestigter Stab | 334 |
| § 65. <i>Knicken bei gleichzeitiger Biegeb Belastung</i> | 336 |
| „Steife Kettenlinie“ | 338 |
| § 66. <i>Knickformel von Navier, Schwarz, Rankine</i> | 339 |
| Entscheidung durch den Versuch | 340 |
| (Man vgl. hierzu auch Aufg. 52, S. 341 in der über Versuchsergebnisse mit Stäben berichtet ist, deren Querschnitt in der Mitte geschwächt war.) | |
| Aufgaben 49–53 | 341 |

Elfter Abschnitt. Grundzüge der mathematischen Elastizitätstheorie 348–401

| | |
|--|-----|
| § 67. <i>Ableitung der Grundgleichungen.</i> | 348 |
| Zurückführung der sechs unbekannt GröÙen auf drei | 350 |
| Berechnung der Dehnungen aus den Verschiebungen | 351 |
| Berechnung der Winkeländerungen | 352 |
| Berechnung der Schubspannungen aus den Verschiebungen | 354 |
| Desgl. für die Normalspannungen | 355 |
| Laplacescher Operator | 356 |
| Darstellung in Vektorform | 357 |
| § 68. <i>Wellenbewegungen in elastischen Körpern.</i> | 358 |
| Schallbewegung | 360 |
| Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls; Zahlenbeispiel. | 363 |
| Transversale Wellen | 364 |
| Wellengleichungen | 365 |
| Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Transversalwelle | 366 |
| § 69. <i>Die Eindeutigkeit der Lösung des Problems</i> | 366 |
| Gußspannungen usf. kommen dabei nicht in Betracht | 368 |
| § 70. <i>Die Lösung von de Saint-Venant</i> | 369 |
| Bestätigung der linearen Spannungsverteilung | 374 |
| § 71. <i>Rückblick auf die vorige Entwicklung</i> | 375 |
| Anwendbarkeit der de Saint-Venantschen Lösung auf Fälle von abweichender Verteilung der äußeren Kräfte | 376 |
| § 72. <i>Reine Verdrehungsbeanspruchung</i> | 378 |
| Grenzbedingung für den Umfang | 381 |
| Nur der kreisförmige Querschnitt bleibt eben | 383 |
| § 73. <i>Fortsetzung für den elliptischen Querschnitt</i> | 384 |

| | Seite |
|--|----------------|
| § 74. <i>Hydrodynamisches Gleichnis</i> | 387 |
| Spannungslinien, Vergleich mit den Kraftlinien . . | 387 |
| Verwindung eines Flacheisens | 390 |
| Querschnitte von E-Form usf. | 393 |
| Einfluß einer Fehlstelle im Querschnitte auf die Spannungsverteilung | 395 |
| § 75. <i>Die Härte</i> | 396 |
| Druckfläche | 397 |
| Formeln von Hertz | 398 |
| Walzenlager | 399 |
| Gekreuzte Zylinder | 400 |
| Kugeldruckhärte. | 401 |
| Zusammenstellung der wichtigsten Formeln. | 402—424 |
| Sachverzeichnis | 425—426 |