

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Die Statik als Teilgebiet der Mechanik und des Konstruktiven Ingenieurbaus | 1 |
| 1.2 Idealisierte Tragelemente | 2 |
| 1.3 Aufgabenstellung, Modellbildung und Methodik | 5 |
| | |
| 2 Einführung in die Statik des Stabkontinuums | 9 |
| 2.1 Das Gleichgewichtsproblem | 9 |
| 2.1.1 Kräfte, Kräftesysteme und Gleichgewicht | 9 |
| 2.1.2 Äußere Kraftgrößen | 13 |
| 2.1.3 Innere Kraftgrößen | 16 |
| 2.1.4 Gleichgewicht eines ebenen, geraden Stabelementes | 19 |
| 2.1.5 Integration der Gleichgewichtsbedingungen | 22 |
| 2.1.6 Beispiel: Anwendung der Übertragungsgleichungen | 26 |
| 2.2 Das kinematische Problem | 28 |
| 2.2.1 Mechanische Arbeit und Formänderungsarbeit | 28 |
| 2.2.2 Äußere Weggrößen | 30 |
| 2.2.3 Innere Weggrößen | 31 |
| 2.2.4 Lineare und nichtlineare Theorien in der Statik | 34 |
| 2.2.5 Kinematik eines ebenen, geraden Stabelementes | 37 |
| 2.2.6 Normalenhypothese | 39 |
| 2.2.7 Starrkörperdeformationen | 41 |
| 2.3 Die Werkstoffgesetze | 42 |
| 2.3.1 Wirkliches, zeitunabhängiges Kraft-Verformungsverhalten | 42 |
| 2.3.2 Linear elastisches Werkstoffverhalten | 45 |
| 2.3.3 Zeitabhängiges Kraft-Verformungsverhalten | 47 |
| 2.3.4 Elastizitätsgesetz eines ebenen, geraden Stabelementes | 48 |
| 2.3.5 Kriech- und Schwindverformungen | 51 |
| 2.3.6 Temperaturverformungen | 51 |
| 2.4 Struktur und Grundgleichungen der Stabtheorie | 53 |
| 2.4.1 Zustandsgrößen | 53 |
| 2.4.2 Strukturschema ebener, gerader Stabkontinua | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.4.3 | Normalentheorie ebener, gerader Stabkontinua | 56 |
| 2.4.4 | Formänderungsarbeits-Funktionale | 58 |
| 3 | Das Tragwerksmodell der Statik der Tragwerke | 63 |
| 3.1 | Konstruktionselemente | 63 |
| 3.1.1 | Vom Bauwerk zur Tragstruktur | 63 |
| 3.1.2 | Stabelemente | 64 |
| 3.1.3 | Stützungen und Lager | 65 |
| 3.1.4 | Knotenpunkte und Anschlüsse | 67 |
| 3.2 | Aufbau von Stabtragwerken | 68 |
| 3.2.1 | Räumliche und ebene Tragstrukturen | 68 |
| 3.2.2 | Typen ebener Stabtragwerke | 70 |
| 3.2.3 | Beschreibung der Tragstruktur | 70 |
| 3.3 | Topologische Eigenschaften der Tragstrukturen | 73 |
| 3.3.1 | Knotengleichgewichtsbedingungen und Nebenbedingungen | 73 |
| 3.3.2 | Quadratische Form von g^* : Abzählkriterien | 76 |
| 3.3.3 | Aufbaukriterien | 80 |
| 3.3.4 | Innere und äußere statisch unbestimmte Bindungen | 82 |
| 3.3.5 | Ausnahmefall der Statik | 83 |
| 4 | Allgemeine Methoden der Kraftgrößenermittlung statisch bestimmter Tragwerke | 87 |
| 4.1 | Methode der Komponentengleichgewichtsbedingungen | 87 |
| 4.1.1 | Grundsätzliches | 87 |
| 4.1.2 | Gleichgewicht an Teilsystemen | 88 |
| 4.1.3 | Beispiel: Ebener Fachwerk-Kragträger | 91 |
| 4.1.4 | Beispiel: Ebenes Rahmentragwerk | 94 |
| 4.1.5 | Beispiel: Räumliches Rahmentragwerk | 94 |
| 4.1.6 | Gleichgewicht an Tragwerksknoten | 98 |
| 4.1.7 | Beispiel: Ebener Fachwerk-Kragträger | 105 |
| 4.1.8 | Beispiel: Ebenes Rahmentragwerk | 107 |
| 4.1.9 | Beispiel: Räumliches Rahmentragwerk | 110 |
| 4.2 | Kinematische Methode | 115 |
| 4.2.1 | Grundbegriffe der Kinematik starrer Scheiben | 115 |
| 4.2.2 | Kinematik der Einzelscheibe | 118 |
| 4.2.3 | Zwangsläufige kinematische Ketten | 120 |
| 4.2.4 | Beispiele für Polpläne und Verschiebungsfürigen | 123 |
| 4.2.5 | Ausnahmefall der Statik | 125 |
| 4.2.6 | Das Prinzip der virtuellen Verrückungen starrer Scheiben .. | 128 |
| 4.2.7 | Kraftgrößenbestimmung auf der Grundlage des Prinzips der virtuellen Verrückungen | 130 |
| 4.2.8 | Beispiele zur kinematischen Kraftgrößenermittlung | 132 |

| | |
|---|-----|
| 5 Schnittgrößen und Schnittgrößen-Zustandslinien | 137 |
| 5.1 Allgemeine Eigenschaften | 137 |
| 5.1.1 Definition und Darstellung von Zustandslinien | 137 |
| 5.1.2 Charakteristische Merkmale von Zustandslinien | 138 |
| 5.1.3 Beispiel: Schnittgrößen-Zustandslinien eines Gelenkträgers | 140 |
| 5.1.4 Ausnutzung von Symmetrieeigenschaften | 141 |
| 5.2 Gelenkträger | 143 |
| 5.2.1 Tragwerksaufbau | 143 |
| 5.2.2 Übersicht über die Berechnungsverfahren | 145 |
| 5.2.3 Beispiel zum Verfahren der Gleichgewichts- und Nebenbedingungen | 146 |
| 5.2.4 Beispiel zum Verfahren der Gelenkkräfte | 146 |
| 5.3 Gelenkrahmen und Gelenkbogen | 147 |
| 5.3.1 Tragwerksaufbau | 147 |
| 5.3.2 Berechnungsverfahren | 150 |
| 5.3.3 Zwei Beispiele | 152 |
| 5.3.4 Stützlinie und Seileck | 153 |
| 5.3.5 Räumliche Rahmentragwerke | 157 |
| 5.4 Verstärkte Balken mit Zwischengelenk | 158 |
| 5.4.1 Tragwerksaufbau | 158 |
| 5.4.2 Berechnungsverfahren | 160 |
| 5.4.3 Beispiel: LANGERScher Balken | 161 |
| 5.5 Ebene und räumliche Fachwerke | 162 |
| 5.5.1 Tragverhalten | 162 |
| 5.5.2 Tragwerksaufbau | 165 |
| 5.5.3 Berechnungsverfahren für statisch bestimmte Fachwerke .. | 169 |
| 5.5.4 Verfahren der Knotengleichgewichtsbedingungen | 171 |
| 5.5.5 Kräfteplan nach L. CREMONA | 171 |
| 5.5.6 Schnittverfahren nach A. RITTER | 177 |
| 6 Kraftgrößen—Einflusslinien | 181 |
| 6.1 Allgemeine Eigenschaften | 181 |
| 6.1.1 Definition und Darstellung von Einflusslinien | 181 |
| 6.1.2 Auswertung von Einflusslinien | 183 |
| 6.2 Ermittlung von Kraftgrößen-Einflusslinien mittels Gleichgewichtsbedingungen | 185 |
| 6.2.1 Vorgehensweise | 185 |
| 6.2.2 Beispiel: Kragarmträger | 185 |
| 6.2.3 Indirekte Lasteintragung | 187 |
| 6.3 Kinematische Ermittlung von Kraftgrößen-Einflusslinien | 188 |
| 6.3.1 Vorgehensweise | 188 |
| 6.3.2 Beispiel: Kragarmträger | 190 |
| 6.3.3 Charakteristische Eigenschaften von Kraftgrößen-Einflusslinien | 192 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.4 | Kraftgrößen-Einflusslinien verschiedener Stabtragwerke | 193 |
| 6.4.1 | Gelenkträger | 193 |
| 6.4.2 | Dreigelenkbogen und Gelenkrahmen | 193 |
| 6.4.3 | Fachwerke | 197 |
| 6.4.4 | Räumliche Rahmentragwerke | 199 |
| 7 | Formänderungsarbeit | 201 |
| 7.1 | Eigenschaften der Formänderungsarbeit | 201 |
| 7.1.1 | Wiederholung der Definition | 201 |
| 7.1.2 | Herleitung der Formänderungsarbeit für ebene, gerade Stabkontinua | 202 |
| 7.1.3 | Eigenarbeit oder aktive Arbeit | 206 |
| 7.1.4 | Verschiebungsarbeit oder passive Arbeit | 210 |
| 7.1.5 | Zusammenfassung und Verallgemeinerung | 212 |
| 7.2 | Energieaussagen | 214 |
| 7.2.1 | Energiesatz der Mechanik | 214 |
| 7.2.2 | Prinzip der virtuellen Arbeiten | 216 |
| 7.2.3 | Satz von CASTIGLIANO: Vom Differenzialquotienten der Eigenarbeit | 218 |
| 7.2.4 | Satz von BETTI: Von der Gegenseitigkeit der Verschiebungsarbeit | 220 |
| 7.2.5 | Satz von MAXWELL : Von der Vertauschbarkeit der Indizes | 223 |
| 7.2.6 | Einflusslinien für äußere Weggrößen | 224 |
| 8 | Verformungen einzelner Tragwerkspunkte | 227 |
| 8.1 | Grundlagen der Verformungsberechnung | 227 |
| 8.1.1 | Aufgabenstellung | 227 |
| 8.1.2 | Verformungsermittlung unter Anwendung der Verschiebungsarbeit | 228 |
| 8.1.3 | Beanspruchungsursachen | 229 |
| 8.1.4 | Satz der Verschiebungsarbeit | 232 |
| 8.1.5 | Verwendung der Eigenarbeit | 234 |
| 8.2 | Weggrößenbestimmung aus der Verschiebungsarbeit | 236 |
| 8.2.1 | Vereinfachung der Grundgleichungen | 236 |
| 8.2.2 | Grundfälle der Verformungsberechnung | 238 |
| 8.2.3 | Berechnung der Formänderungsarbeitsintegrale | 240 |
| 8.2.4 | Methodisches Vorgehen | 243 |
| 8.3 | Beispiele | 244 |
| 8.3.1 | Endverformung eines ebenen Kragarmes | 244 |
| 8.3.2 | Ebener Fachwerk-Kragträger | 245 |
| 8.3.3 | Ebenes Rahmentragwerk | 246 |
| 8.3.4 | Räumliches Rahmentragwerk | 250 |

| | |
|--|-----|
| 9 Biegelinien und Verformungslinien | 253 |
| 9.1 Das Randwertproblem der Normalentheorie | 253 |
| 9.1.1 Begriffe und Aufgabenstellung | 253 |
| 9.1.2 Differentialgleichungen ebener, gerader Stabelemente | 254 |
| 9.1.3 Einschluss nichtelastischer Deformationen | 255 |
| 9.1.4 Einfluss von Querkraftdeformationen | 257 |
| 9.1.5 Differentialgleichungen räumlicher, ebener Stabelemente .. | 259 |
| 9.2 Integrationsverfahren | 260 |
| 9.2.1 Analytische Integration | 260 |
| 9.2.2 Beispiele zur analytischen Integration | 261 |
| 9.2.3 Das Verfahren der ω -Funktionen | 263 |
| 9.2.4 Beispiel zur Anwendung der ω -Funktionen | 267 |
| 9.2.5 Das Verfahren von O. MOHR | 275 |
| 9.2.6 Beispiel zum Verfahren von O. MOHR | 276 |
| Literatur | 295 |
| Sachverzeichnis | 299 |