

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung .....	1
Aufgabe und Umfang der Statik .....	3

## I. Grundlagen.

### A. Das Tragwerk und seine Teile. Standfestigkeit.

1. Das Tragwerk und seine Stäbe .....	5
2. Fachwerke und Rahmenwerke .....	6
3. Auflager .....	6
4. Standfestigkeit .....	6
5. Koordinatensystem, Richtung, Grundannahme .....	7
6. Verschiebungen. Parallelogramm der Wege und Geschwindigkeiten .....	7
7. Verschiebungs- und Formänderungsgrößen .....	8
8. Beziehungen zwischen Verschiebungs- und Formänderungsgrößen. Grundannahme .....	9
9. Kennzeichen der Standfestigkeit .....	10
10. Sonderfall: Das Rahmenwerk .....	12
11. Der Ausnahmefall .....	13

### B. Kraftwirkungen.

12. Kraft. Ihre Arten .....	15
13. Grundgesetz von Wirkung und Gegenwirkung .....	15
14. Kräfte am Tragwerk .....	15
15. Stabkräfte, Momente und ihre Vorzeichen .....	16
16. Verzerrungen und Spannungen .....	17
17. Das Hooke'sche Gesetz .....	18
18. Eigenspannungen .....	19
19. Wärmegrad und Formänderung .....	20
20. Das Überlagerungsgesetz .....	20
21. Mögliche Verschiebungen .....	21
22. Gleichgewicht .....	21
23. Mögliche Spannungen und mögliche Belastungen .....	22
24. Gleichwertigkeit möglicher und wirklicher Größen .....	22

### C. Die Hauptgleichung.

25. Arbeit und Energie .....	23
26. Mögliche Arbeit .....	24
27. Die Hauptgleichung der Mechanik .....	24
28. Festes und loses Gleichgewicht .....	25

### D. Hauptsätze der Mechanik.

29. Gleichgewicht an einem Massenelement .....	26
30. Parallelogramm der Kräfte .....	26
31. Verschiebbarkeit einer Kraft .....	26
32. Gleichgewicht am verformbaren und starren Körper .....	27
33. Gleichgewichtsbedingungen. Beispiel: Die starre Scheibe .....	27

	Seite
34. NEWTONS Kraftgesetz .....	29
35. Spannungen an einem Elementarquader .....	29
36. Gleichungen des Gleichgewichts .....	30
37. Eindeutigkeit der Lösung .....	31
38. Die Gleichungen von CASTIGLIANO .....	32
39. Reziproke Eigenschaften .....	33
40. Die Formänderungsarbeit:	
a) Das elastische Potential .....	33
b) Satz von CLAPEYRON .....	34
c) Der Kleinstwert der Formänderungsarbeit .....	34
<b>E. Krafteck und Seileck.</b>	
<i>a) Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften.</i>	
41. Das Parallelogramm der Kräfte .....	35
42. Krafteck und Seileck .....	35
43. Die Lage des Seilecks, des Poles und der Kräfte .....	36
44. Die CULMANNSche Gerade .....	37
45. Weitere Eigenschaften des Seilecks .....	37
46. Seileck durch drei gegebene Punkte .....	37
47. Gleichgewichtsbedingung .....	38
48. Das Kräftepaar .....	38
49. Zerlegung von Kräften .....	39
<i>b) Statisches Moment und Seileck.</i>	
50. Das Moment einer Kräftegruppe und ihrer Summenkraft .....	40
51. Bestimmung des Moments einer Kräftegruppe .....	40
52. Parallele Kräfte .....	41
53. Die Seilkurve .....	41
<b>F. Spannungen und Formänderungen des Stabes.</b>	
<i>a) Der gerade Stab.</i>	
54. Der gerade Stab. Koordinatensystem .....	42
55. Annahmen .....	42
56. Gleichgewichtsbedingungen .....	43
57. Die Normalspannungen .....	44
58. Die Schubspannungen .....	46
59. Der Schubmittelpunkt .....	48
60. Verzerrungen und Verschiebungen. Vorzeichen .....	49
61. Der Schubquerschnitt .....	51
62. Die Formänderung .....	52
63. Wärmegradeinflüsse .....	52
64. Die Formänderungsarbeit .....	53
<i>b) Der krumme Stab.</i>	
65. Der krumme Stab .....	53
66. Gleichgewichtsbedingungen .....	54
67. Die Normalspannungen .....	54
68. Die Schubspannungen .....	56
69. Formänderung und Formänderungsarbeit .....	56
<b>G. Die Hauptgleichung der Statik des ebenen Tragwerkes.</b>	
70. Zwei Formen der Hauptgleichung .....	57
71. Die Hauptgleichung in der ersten Form (Kraftverfahren) .....	57
72. Der mögliche Verschiebungszustand und seine Kraftwirkungen .....	58
73. Die Hauptgleichung in der zweiten Form (Formänderungsverfahren) .....	60
74. Eigenspannungszustände .....	60
75. Die Hauptgleichung für Eigenspannungszustände .....	61
76. Sonderfälle der Hauptgleichung .....	61
77. Die Hauptgleichung für krumme Stäbe .....	62

<b>H. Die Aufgabe der Statik. Lösungsverfahren.</b>	<b>Seite</b>
78. Die Aufgabe. Die gegebenen und die unbekannten Werte .....	63
79. Beziehungen zwischen Stab- und Eckmomenten .....	63
80. Abzählung der Unbekannten und Gleichungen. Eindeutigkeit der Lösung ....	64
81. Einfach und mehrfach standfeste Tragwerke .....	64
82. Kraft- und Formänderungsverfahren .....	66
 <b>II. Das einfach standfeste Tragwerk.</b>	
<b>A. Allgemeines.</b>	
83. Die Aufgabe .....	66
84. Die Teile des Tragwerkes .....	66
85. Tragwerkssysteme .....	67
86. Bildungsgesetze einfacher Fachwerke .....	68
<b>B. Allgemeine Berechnung mit der Hauptgleichung.</b>	
87. Das einfach standfeste Fachwerk .....	69
88. Das einfach standfeste Rahnenwerk .....	70
<b>C. Allgemeine Berechnung mit den Gleichgewichtsbedingungen der Knoten.</b>	
89. Das einfach standfeste Fachwerk .....	71
90. Das einfach standfeste Rahmenwerk .....	72
<b>D. Die Stützkräfte.</b>	
91. Das innerlich standfeste Tragwerk .....	74
92. Das Tragwerk ohne innere Standfestigkeit .....	75
93. Der Scheibenzug .....	75
94. Der mehrfache Scheibenzug .....	78
<b>E. Die inneren Kräfte des Tragwerks.</b>	
95. Momente, Normalkräfte, Querkräfte .....	80
96. Die Spannungen .....	82
<b>F. Stabvertauschungsverfahren.</b>	
97. Die Stabzahl in einem Knoten (Stäbigkeit) .....	82
98. Das Stabvertauschungsverfahren von MÜLLER-BRESLAU .....	83
99. Knotenpunkte mit zwei unbekannten Stabkräften .....	84
100. Das Ersatzstabverfahren von HENNEBERG .....	86
101. Vergleich zwischen dem Stabvertauschungs- und dem Ersatzstabverfahren ....	88
<b>G. Der einfache Träger.</b>	
102. Der einfache Träger .....	88
103. Stetige Vollbelastung .....	89
104. Stetige Teilbelastung .....	90
105. Einzellast. Unmittelbare Belastung .....	91
106. Einzellast. Mittelbare Belastung .....	91
107. Kraglast .....	92
108. Moment. Endmomente .....	93
109. Mehrere Einzellasten .....	93
110. Der Kragarm .....	95
111. Der Gelenkträger unter senkrechter Belastung .....	95
<b>H. Einflußlinien.</b>	
112. Die Einflußlinie .....	97
113. Gleichmäßige Belastung und Gruppen von Einzellasten .....	98
114. Der einfache Träger .....	99
115. Der Gelenkträger .....	101
116. Der einfache Träger unter Belastung durch Endmomente .....	102

J. Der einfache Träger unter einem verschiebbaren System von Einzel-	
lasten.	
117. Die Aufgabe .....	104
118. Auflagerdrücke und Querkräfte .....	104
119. Momente .....	106
K. Das Dreieckfachwerk.	
120. Das Dreieckfachwerk .....	109
121. Lasten zwischen den Knoten .....	109
122. Die Stabkräfte des Dreieckfachwerks .....	109
123. Das CULMANNsche Verfahren .....	113
124. Kräftepläne .....	113
125. Das Verfahren von ZIMMERMANN .....	115
126. Lastscheiden .....	116
127. Einflußlinien .....	117
128. Zusammengesetzte Dreieckfachwerke .....	119
L. Mehrfache und mehrteilige Fachwerke.	
129. Fachwerke mit Gegenstreben .....	122
130. Mehrfache Fachwerke .....	125
131. Mehrteilige Fachwerke .....	125
 <b>III. Kinematische Untersuchung des einfach standfesten Tragwerkes.</b>	
<i>1. Zwangsläufige Ketten.</i>	
A. Die zwangsläufige Kette.	
132. Die zwangsläufige Kette .....	127
133. Die Größe der Verschiebung .....	128
134. Die Kette mit zwei Bewegungsfreiheiten .....	128
B. Der Polplan.	
135. Die einzelne Scheibe. Der Pol .....	129
136. Der Nebenpol .....	129
137. Die Relativbewegung zweier Scheiben gegeneinander .....	130
138. Der Nebenpol als Gelenk .....	131
139. Drei Scheiben .....	131
140. Vier Scheiben .....	131
141. Zwangsläufige Ketten .....	131
142. Ketten mit zwei Bewegungsfreiheiten .....	132
143. Der Polplan .....	134
144. Beispiele .....	134
C. Der Geschwindigkeits- und Verschiebungsplan.	
145. Der Geschwindigkeitsplan .....	137
146. Geschwindigkeitsplan einer zwangsläufigen Kette: Verwendung des Polplans ..	138
147. Geschwindigkeitsplan ohne Verwendung des Polplans .....	139
148. Kette mit zwei Bewegungsfreiheiten .....	140
149. Verschiebungspläne elastischer Ketten .....	141
150. Ermittlung der Verschiebung in zwei Stufen .....	142
151. Beispiele .....	142
<i>2. Anwendungen.</i>	
D. Berechnung der Stabkräfte aus dem Geschwindigkeitsplan.	
152. Die Grundgleichung .....	145
153. Die möglichen Verschiebungen im Geschwindigkeitsplan .....	145
154. Die statischen Werte .....	146
155. Beispiele .....	146

<b>E. Kinematische Ermittlung der Einflußlinien.</b>	<b>Seite</b>
156. Grundlagen .....	149
157. Einflußlinie und Polplan .....	149
158. Die Größe der Ordinaten .....	150
159. Die Einflußlinie als Seileck. Vorzeichen .....	153
160. Berechnung der Verschiebungen aus der Einflußlinie. Schräge Lasten .....	155
161. Beispiele .....	155
161a. Weitere Beispiele: Mehrteilige Fachwerke (im Nachtrag S. 364)	

<b>F. Das kinematische Kennzeichen der Standfestigkeit.</b>	
162. Kinematisches Kennzeichen des Ausnahmefalles .....	162
163. Beispiele .....	163
163a. Weiteres Beispiel: Das Sechseck (im Nachtrag S. 367)	

#### IV. Die Formänderung des Tragwerkes.

<b>1. Allgemeine Berechnung der Formänderung.</b>	
164. Die Aufgabe .....	164
165. Allgemeine Lösung .....	165
166. Belastungseinheiten .....	165
167. Die Größe der Verschiebung .....	166
168. Die Gegenseitigkeit der Formänderungen .....	166
169. Der Anteil der statischen Werte an der Verschiebung .....	167
170. Beispiele .....	167
<b>2. Besondere Verfahren.</b>	
<b>A. Fachwerkstabzüge.</b>	
171. Der Stabzug. Die Aufgabe .....	170
172. Die Biegungslinie .....	171
173. Beispiele .....	172
174. Berechnung der Verschiebungen .....	173
175. Die Längenänderung der Stabzugsehne .....	173
176. Die Änderungen der Dreieckswinkel .....	174
<b>B. Die Biegungslinie als Momentenlinie (Seileck).</b>	
177. Die Aufgabe .....	174
178. Die Biegungslinie als Seileck .....	174
179. Der stellvertretende Stabzug .....	175
180. Die Größe der g-Gewichte .....	176
181. Die Biegungslinie als Momentenlinie .....	177
182. Besonders stellvertretende Stabzüge .....	178
183. Die Längenänderung der Stabzugsehne .....	179
184. Die vollständigen Verschiebungen .....	179
185. Einflußlinien .....	180
186. Einflußzahlen .....	181
187. Beispiele .....	181
188. Dehnungs- und Drehungsgewichte .....	183
<b>C. Die Formänderung des geraden Stabes.</b>	
189. Die Grundgleichungen .....	184
190. Die Biegungslinie bei stetiger Belastung .....	184
191. Die Biegungslinie bei Einzellasten .....	185
192. Der Einfluß der Querkräfte .....	187
193. Der Einfluß der Wärmegradänderungen .....	187
194. Die Drehwinkel .....	188
195. Der Einfluß der Querkräfte und Wärmegradunterschiede .....	189
196. Der gerade Stab mit Endmomenten .....	190
197. Beispiele .....	190

**D. Rahmenstabzüge.**

198. Der Stabzug .....	192
199. Der Verschiebungsplan .....	192
200. Die Biegelinie .....	193
201. Der krumme Stab. Zwischengelenke .....	194
202. Berücksichtigung des Einflusses der Stabkrümmung .....	195
203. Schräge Lasten .....	196
204. Schrittweise Berechnung .....	196
205. Beispiele .....	197

**V. Das mehrfach standfeste Tragwerk. Kraftverfahren.****A. Das Kraftverfahren.**

Die Aufgabe .....	198
206. Das Hauptnetz und seine Belastung .....	198
207. Die Hauptgleichung und ihre Beiwerte .....	200
208. Verschiedene Hauptnetze .....	201
209. Innere Glieder als Überzählige .....	202
210. Überzählige Auflagerwirkungen .....	203
211. Von den überzähligen abhängige Abmessungen und Auflagerwirkungen .....	203
212. Allgemeiner Auffassung des Lösungsverfahrens .....	204
213. Der Rechnungsgang. Die Formänderungsaufgabe .....	204
214. Einflußlinien .....	205
215. Rechengenauigkeit .....	206

**B. Lastengruppen.**

216. Die Lastengruppen .....	207
217. Die Hauptgleichung und ihre Beiwerte .....	208
218. Beziehungen zwischen den Beiwerten $\Delta$ , $\theta$ , $\delta$ .....	209
219. Elastizitätsgleichung mit je einer Unbekannten .....	210
220. Mehrfach standfeste Hauptnetze .....	210
221. Der Rechnungsgang .....	210

**C. Das Festpunktverfahren.**

222. Berechnung mit Festpunkten .....	213
---------------------------------------	-----

*a) Unverschiebliche Knotenpunkte.*

223. Die Festpunkte .....	213
224. Die Größe der Drehwinkel .....	215
225. Stabdrehwinkel und Verteilungsmaße .....	215
226. Drittelslinien und verschränkte Drittelslinien .....	216
227. Bestimmung der Festpunkte .....	217
228. Das Verteilungsmaß .....	219
229. Kreuzlinien und Kreuzlinienabschnitte .....	220

*b) Verschiebliche Knotenpunkte.*

230. Verschiebliche Knotenpunkte .....	221
--	-----

**D. Beispiele.**

231. Der durchlaufende Träger: a) Die Dreimomentengleichung, b) Stützensenkungen, c) Der durchlaufende Träger, zweite Berechnungsweise, d) Fachwerkbalken, e) Zahlenbeispiel: der Dreifelderbalken .....	225
232. Weitere Beispiele: a) Gleichmäßige Wärmegradänderungen, b) Zweigelenkrahmen, c) Zweigelenkrahmen als Rahmenstabzug .....	232
233. Träger über drei Felder mit eingespannten Pfosten .....	238
234. Der eingespannte Stabzug .....	243
235. Die Berechnung von Flächenmomenten .....	245
236. Fachwerkbogen .....	245

E. Der eingespannte Stab.	Seite
237. Der beidseitig eingespannte Stab (gleichbleibender Querschnitt) .....	248
238. Stützenverschiebungen und Wärmegradänderungen .....	250
239. Beliebige Belastung .....	251
240. Veränderlicher Querschnitt .....	251
241. Der einseitig eingespannte Stab .....	251
242. Lastengruppen .....	251
F. Der eingespannte Bogen.	
243. Der symmetrische, beidseitig eingespannte Bogen .....	252
244. Einflußlinien für den symmetrischen Bogen .....	255
245. Der unsymmetrische, starr eingespannte Bogen .....	259
 <b>VI. Das mehrfach standfeste Tragwerk. Formänderungsverfahren.</b>	
A. Die Grundwerte und die Hauptsätze.	
Die Aufgabe .....	261
246. Die Grundwerte .....	261
247. Bestimmung der Grundwerte .....	262
248. Die Hauptnetze .....	263
249. Die Anzahl der Grundwerte .....	263
250. Die Formänderungen der Hauptnetze .....	265
251. Die Formänderungszustände $\xi = 1$ .....	267
252. Berechnung der Drehwinkel $\chi_{rs}$ .....	268
253. Berechnung der Dehnungen $\Delta l_{rt}$ .....	268
254. Berechnung der Drehwinkel $\theta_{rt}$ .....	268
255. Berechnung der Momente $M_{ik}$ , $M_{ri}$ .....	268
256. Krumme Stäbe .....	270
257. Die Grundwerte zweiter Art .....	270
258. Näherungswerte für die Längenänderungen $\lambda$ und $\Delta l$ .....	273
B. Die Hauptgleichung.	
259. Die Hauptgleichung .....	274
260. Die Wirkungen $q_{rh}$ .....	274
261. Die Beiwerte der Knotengleichungen .....	275
262. Die Beiwerte der Kettengleichungen .....	275
263. Die Beiwerte der Fachwerkgleichungen .....	276
264. Endgültige Form der Hauptgleichung .....	276
265. Die Belastungsglieder .....	277
266. Wärmegradänderungen und Stützpunktverschiebungen .....	279
267. Der Rechnungsgang .....	279
268. Vergleich zwischen Kraft- und Formänderungsverfahren .....	280
269. Die Hauptgleichung mit den Grundwerten zweiter Art. Krumme Stäbe .....	280
C. Stockwerkrahmen.	
270. Der Stockwerkrahmen .....	282
271. Die Hauptgleichungen .....	282
272. Gleichbleibende Stabquerschnitte .....	283
D. Formänderungsgruppen.	
273. Formänderungsgruppen .....	284
274. Die Formänderungsgruppen und ihre Knotenrückwirkungen .....	284
275. Die Hauptgleichungen .....	285
276. Die Beiwerte $\eta_{eh}$ .....	286
Die Gleichungssysteme .....	287
Reziproke Beziehungen .....	287
Die Unbekannten $\eta_{nn}$ und $\eta_{rn}$ .....	287
Die Unbekannten $\eta_{eh}$ .....	289

## E. Näherungsverfahren.

277. Allgemeines .....	289
<i>a) Unverschiebliche Knotenpunkte.</i>	
278. Entwicklung in Kettenbrüche .....	290
279. Das Iterationsverfahren .....	291
280. Nebenspannungen .....	292

*a) Das Momentenausgleichverfahren.*

281. Das Momentenausgleichverfahren .....	293
282. Verteilungs- und Übertragungszahl .....	293
283. Der über mehrere Felder durchlaufende Träger. Allgemeine Belastung .....	294
284. Einflußzahlen .....	296
285. Konvergenz des Verfahrens .....	297
286. Andere Tragwerksformen .....	298
287. Stützensenkungen und Wärmegradänderungen .....	298

*β) Das Drehwinkelausgleichverfahren.*

288. Das Drehwinkelausgleichverfahren .....	298
289. Verteilungs- und Übertragungszahl .....	298
290. Der durchlaufende Träger .....	300
291. Einflußzahlen und Konvergenz .....	301
292. Zahlenbeispiel .....	302

*b) Verschiebliche Knotenpunkte.*

293. Das erweiterte Iterationsverfahren .....	302
294. Der Rahmenträger .....	305
295. Hilfsstützpunkte. Verfahren der unbestimmten Beiwerte. Zahlenbeispiel .....	306

## F. Beispiele.

296. Rahmen mit geraden Stäben .....	316
Der Rechteckrahmen: a) Festwerte und Grundgleichungen, b) Gleichmäßige Belastung des Riegels, c) Zweigelenrahmen, d) Waagerechte Last, e) Momentenlinien .....	316
Stützenverschiebungen .....	319
Wärmegradänderungen .....	322
Der einhüftige Rahmen .....	323
297. Rahmen mit Bogenstäben .....	324
Rahmenform 1 .....	324
Rahmenform 2 .....	327
Dreischiffiger Rahmen mit Bogenstab .....	327
298. Rahmenträger auf zwei Pfosten (Rahmenbrücke) .....	331
299. Eingespannter Bogen .....	343
300. Bogenreihe .....	348
301. Stockwerkrahmen .....	354

## Nachtrag.

161a. Weitere Beispiele: Mehrteilige Fachwerke .....	364
163a. Weiteres Beispiel: Das Sechseck .....	367