

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. Verschiebarkeit 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
E. Krafteck und Seileck.	
<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. Parallel. Kräfte	41
53. Die Seilkurve	41
F. Spannungen und Formänderungen des Stabes.	
<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. Wärmegradcinfüsse	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
G. Die Hauptgleichung der Statik des ebenen Tragwerkes.	
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

H. Die Aufgabe der Statik. Lösungsverfahren.

Seite

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

II. Das einfach standfeste Tragwerk.**A. Allgemeines.**

83. Die Aufgabe	66
84. Die Teile des Tragwerkes	66
85. Tragwerkssysteme	67
86. Bildungsgesetze einfacher Fachwerke	68

B. Allgemeine Berechnung mit der Hauptgleichung.

87. Das einfach standfeste Fachwerk	69
88. Das einfach standfeste Rahmenwerk	70

C. Allgemeine Berechnung mit den Gleichgewichtsbedingungen der Knoten.

89. Das einfach standfeste Fachwerk	71
90. Das einfach standfeste Rahmenwerk	72

D. Die Stützkräfte.

91. Das innerlich standfeste Tragwerk	74
92. Das Tragwerk ohne innere Standfestigkeit	75
93. Der Scheibenzug	75
94. Der mehrfache Scheibenzug	78

E. Die inneren Kräfte des Tragwerks.

95. Momente, Normalkräfte, Querkräfte	80
96. Die Spannungen	82

F. Stabvertauschungsverfahren.

97. Die Stabzahl in einem Knoten (Stäbigkeit)	82
98. Das Stabvertauschungsverfahren von MÜLLER-BRESLAU	83
99. Knotenpunkt mit zwei unbekannten Stabkräften	84
100. Das Ersatzstabverfahren von HENNEBERG	86
101. Vergleich zwischen dem Stabvertauschungs- und dem Ersatzstabverfahren	88

G. Der einfache Träger.

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

H. Einflußlinien.

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 Gegenstrebten	122
130. Mehrfache Fachwerke	125
131. Mehrteilige Fachwerke	125
III. Kinematische Untersuchung des einfach standfesten Tragwerkes.	
1. Zwangsläufige Ketten.	
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
2. Anwendungen.	
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

E. Kinematische Ermittlung der Einflußlinien.	Seite
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)	
F. Das kinematische Kennzeichen der Standfestigkeit.	
162. Kinematisches Kennzeichen des Ausnahmefalles	162
163. Beispiele	163
163a. Weiteres Beispiel: Das Sechseck (im Nachtrag S. 367)	
IV. Die Formänderung des Tragwerkes.	
1. Allgemeine Berechnung der Formänderung.	
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
2. Besondere Verfahren.	
A. Fachwerkstabzüge.	
171. Der Stabzug. Die Aufgabe	170
172. Die Biegelungslinie	171
173. Beispiele	172
174. Berechnung der Verschiebungen	173
175. Die Längenänderung der Stabzugsehne	173
176. Die Änderungen der Dreieckswinkel	174
B. Die Biegelungslinie als Momentenlinie (Seileck).	
177. Die Aufgabe	174
178. Die Biegelungslinie als Seileck	174
179. Der stellvertretende Stabzug	175
180. Die Größe der g. Gewichte	176
181. Die Biegelungslinie 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
C. Die Formänderung des geraden Stabes.	
189. Die Grundgleichungen	184
190. Die Biegelungslinie bei stetiger Belastung	184
191. Die Biegelungslinie 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 Biegungslinie	193
201. Der kurze 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. Allgemeinere 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 Δ , θ , δ	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 Verteilungsmaß	215
226. Drittelslinien und verschrankte 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) Fachwerk balken, 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. Fachwerkbo gen	245

	Seite
E. Der eingespannte Stab.	
237. Der beidseitig eingespannte Stab (gleichbleibender Querschnitt)	248
238. Stützverschiebungen 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
 VI. Das mehrfach standfeste Tragwerk. Formänderungsverfahren.	
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 χ_{rs}	268
253. Berechnung der Dehnungen Δl_m	268
254. Berechnung der Drehwinkel θ_{rl}	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 λ und Δl	273
B. Die Hauptgleichung.	
259. Die Hauptgleichung	274
260. Die Wirkungen ϱ_{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 η_{ch}	286
Die Gleichungssysteme	287
Reziproke Beziehungen	287
Die Unbekannten η_{mn} und η_{rn}	287
Die Unbekannten η_{ch}	289

E. Näherungsverfahren.	
277. Allgemeines	289
<i>a) Unverschiebbliche Knotenpunkte.</i>	
278. Entwicklung in Kettenbrüche	290
279. Das Iterationsverfahren	291
280. Nebenspannungen	292
<i>a) Das Momentenausgleichverfahren.</i>	
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. Stützenenkungen und Wärmegradänderungen	298
<i>b) Das Drehwinkel ausgleichverfahren.</i>	
288. Das Drehwinkel ausgleichverfahren	298
289. Verteilungs- und Übertragungszahl	298
290. Der durchlaufende Träger	300
291. Einflußzahlen und Konvergenz	301
292. Zahlenbeispiel	302
<i>b) Verschiebbliche Knotenpunkte.</i>	
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) Zweigelenkrahmen, d) Waagerechte Last, e) Momentenlinien	316
Stützenverschiebungen	319
Wärmegradänderungen	322
Der einhäufige 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