

# **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

## **Vorlesungen über technische Mechanik**

in sechs Bänden

Graphische Statik

**Föppl, August**

**1912**

Inhaltsübersicht

## Inhaltsübersicht.

	Seite
<b>Erster Abschnitt.</b> Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte am materiellen Punkte und in der Ebene	1—58
§ 1. <i>Zeichnung und Rechnung in der Statik</i> . . . . .	1
Genauigkeit, Zeichenfehler . . . . .	3
Zusammensetzen von Kräften an einem Punkte . . .	4
§ 2. <i>Zerlegung einer Kraft nach gegebenen Richtungslinien</i>	5
Bockgerüst, Zerlegung nach Culmann . . . . .	8
Zerlegung nach Müller-Breslau . . . . .	10
Geometrischer Satz über veränderliche $n$ -Ecke . . .	11
Ausnahmefälle . . . . .	13
§ 3. <i>Kräftepläne für einfache Dachbinder</i> . . . . .	15
Zweckmäßigste Anordnung des Kräfteplanes . . . .	20
§ 4. <i>Die reziproken Kräftepläne</i> . . . . .	22
Geometrische Beziehungen zwischen Kräfteplan und Binderfigur . . . . .	22
Aufeinanderfolge der äußeren Kräfte . . . . .	24
§ 5. <i>Herstellung des reziproken Kräfteplanes nach dem Verfahren von Bow</i> . . . . .	26
§ 6. <i>Die Aufeinanderfolge der Pfeile an einer Ecke des reziproken Kräfteplanes</i> . . . . .	31
§ 7. <i>Zusammensetzen von Kräften in der Ebene</i> . . . . .	34
§ 8. <i>Zerlegen von Kräften in der Ebene</i> . . . . .	36
Culmannsches Verfahren . . . . .	36
Momentenmethode von Ritter . . . . .	37
9. <i>Anwendung der Ritterschen Methode auf die Berechnung von Fachwerkträgern</i> . . . . .	39
Wiegmann-Binder . . . . .	39
Andere Lösung der Aufgabe, mit Hilfe des Satzes über die Eigenschaften veränderlicher Vielecke . .	43
Brückenträger . . . . .	44

	Seite
Aufgaben 1—10 . . . . .	45
Kräfteplan für Winddruckbelastung (Aufg. 3 und 4)	47
Kranerüst (Aufg. 6) . . . . .	51
Derrick-Kran (Aufg. 9) . . . . .	55
Räumliches Stabgerüst (Aufg. 10) . . . . .	57
<b>Zweiter Abschnitt. Das Seilpolygon oder Seileck . . .</b>	<b>59—115</b>
§ 10. <i>Zusammensetzen von Kräften in der Ebene mit Hilfe     des Seileckes</i> . . . . .	59
Satz über vollständige Vierecke . . . . .	61
§ 11. <i>Seilecke zu verschiedenen Polen</i> . . . . .	61
§ 12. <i>Zerlegung von Kräften nach parallelen Richtungslinien</i>	63
Auflagerkräfte von Balken . . . . .	65
Schlußlinie des Seilpolygons . . . . .	67
§ 13. <i>Die Seilkurven</i> . . . . .	67
Belastungslinie und Belastungsfläche . . . . .	67
Konstruktion der Seilkurve . . . . .	69
§ 14. <i>Differentialgleichung der Seilkurve</i> . . . . .	70
Parabel als Seilkurve . . . . .	72
Näherungsformel für die Bogenlänge der Parabel . .	73
§ 15. <i>Die Kettenlinie</i> . . . . .	74
Hyperbelfunktionen . . . . .	77
§ 16. <i>Die Momentenfläche</i> . . . . .	79
Systeme fest miteinander verbundener Lasten . . .	81
Maximalmomentenfläche . . . . .	82
§ 17. <i>Besondere Fälle für die Konstruktion der Momenten-     fläche</i> . . . . .	82
Mittelbare Belastung . . . . .	82
Gerbersche Kragträger . . . . .	85
§ 18. <i>Die graphische Ermittlung von Trägheitsmomenten</i> .	88
Verfahren von Mohr . . . . .	88
Verfahren von Nehls . . . . .	91
§ 19. <i>Die elastische Linie als Seilkurve</i> . . . . .	93
Das zweite Seileck . . . . .	94
Verzerrung der elastischen Linie . . . . .	96
Beispiel . . . . .	97
Veränderliche Trägheitsmomente . . . . .	99
Zerlegung in Komponenten bei Lasten, die in ver- schiedenen Ebenen liegen. . . . .	101
§ 20. <i>Ermittlung von Flächeninhalten mit Hilfe des Seileckes</i>	102

	Seite
Aufgaben 11—20 . . . . .	103
Träger mit schiefer Auflagerung (Aufg. 11) . . . . .	103
Lokomotive (Aufg. 12) . . . . .	106
Telegraphendraht (Berücksichtigung der Temperatur- änderung, Aufg. 14) . . . . .	106
Drahtseil, Kettenlinie (Aufg. 15) . . . . .	107
Gerbersche Kragträger über drei Öffnungen (Aufg. 18)	112
Maximalmomentenfläche (Aufg. 19) . . . . .	113
<b>Dritter Abschnitt. Die Kräfte im Raume . . . . .</b>	<b>116—171</b>
§ 21. <i>Zurückführung auf ein Kraftkreuz</i> . . . . .	116
§ 22. <i>Zusammensetzung von Kräftepaaren</i> . . . . .	119
Momentenvektor als freier Vektor . . . . .	124
Geometrische Summierung der Momentenvektoren .	127
§ 23. <i>Gleichwertigkeit von Kraftkreuzen</i> . . . . .	128
Punkt vorgeschrieben für eine Kraft . . . . .	129
Ebene vorgeschrieben für eine Kraft . . . . .	130
Wirkungslinie der einen Kraft vorgeschrieben . . .	131
Nulllinie . . . . .	133
Nullpunkt und Nullebene . . . . .	133
§ 24. <i>Das Nullsystem</i> . . . . .	134
Konjugierte Geraden . . . . .	134
Achsenrichtung . . . . .	134
Konjugierte Geraden in Achsenrichtung projiziert .	135
Zusammenhang des Nullsystems mit der Theorie der reziproken Kräftepläne . . . . .	135
§ 25. <i>Die praktische Ausführung der Kräftezusammensetzung</i>	136
§ 26. <i>Drei oder vier windschiefe Kräfte</i> . . . . .	137
Hyperboloidische Lage der Richtungslinien . . . . .	139
§ 27. <i>Das Kraftkreuztetraeder</i> . . . . .	139
Bedeutung des Tetraederinhaltes . . . . .	141
§ 28. <i>Die Zentralachse eines Kräftesystemes</i> . . . . .	142
§ 29. <i>Die Koordinaten eines Kräftesystemes nach der ana-   lytischen Darstellung</i> . . . . .	143
§ 30. <i>Zerlegung einer Kraft nach sechs gegebenen Richtungs-   linien</i> . . . . .	146
Ausnahmefall . . . . .	147
Lösung nach der Momentenmethode . . . . .	150
Bedingung für den Ausnahmefall . . . . .	151
§ 31. <i>Praktische Anwendungen dieser Zerlegungsaufgabe</i> . .	151
Tisch mit sechs Beinen . . . . .	153
Momentengleichungen für unendlich ferne Achsen . .	155

	Seite
Aufgaben 21—28 . . . . .	156
Biegemomente für Schwungradwelle von Dampf- maschine (Aufg. 23) . . . . .	160
Beispiel für Tisch mit sechs Beinen (Aufg. 26) . . . . .	167
Weitere Beispiele für die Zerlegung nach 6 Richtungs- linien (Aufg. 27 u. 28) . . . . .	168
<b>Vierter Abschnitt. Das ebene Fachwerk . . . . .</b>	<b>172—241</b>
§ 32. <i>Die Zahl der notwendigen Stäbe</i> . . . . .	172
Überzählige Stäbe . . . . .	173
Ausnahmefall . . . . .	174
Stabvertauschung . . . . .	175
§ 33. <i>Die Stabspannungen</i> . . . . .	175
Einfache Fachwerke . . . . .	176
Statisch unbestimmte Fachwerke . . . . .	176
Analytische Berechnung der Stabspannungen . . . . .	177
Ausnahmefall . . . . .	180
§ 34. <i>Die Grundfigur</i> . . . . .	182
§ 35. <i>Die Bildungsweisen des Fachwerkes</i> . . . . .	185
Scheiben . . . . .	185
Imaginäre Gelenke . . . . .	187
Zurückführung jeder Grundfigur durch Stabvertau- schungen auf ein einfaches Fachwerk . . . . .	190
§ 36. <i>Die Methode von Henneberg</i> . . . . .	191
Ersatzstäbe . . . . .	191
Zwei Stabvertauschungen . . . . .	194
§ 37. <i>Die Berechnung der sechseckigen Grundfigur mit Hilfe     der imaginären Gelenke</i> . . . . .	195
Ausnahmefall . . . . .	200
Pascalsche Sechsecke . . . . .	202
§ 38. <i>Die kinematische Methode</i> . . . . .	203
Senkrechte Geschwindigkeiten . . . . .	205
Deutung des Ausnahmefalles . . . . .	207
Ersatz der Arbeiten durch statische Momente . . . . .	209
§ 39. <i>Analytische Untersuchung des Ausnahmefalles</i> . . . . .	210
Eliminationsdeterminante $\Delta$ . . . . .	213
Lehrsatz . . . . .	215
§ 40. <i>Die Fachwerkträger</i> . . . . .	216
Auflagerbedingungen . . . . .	216
Träger mit drei einzelnen Auflagerbedingungen . . . . .	217

	Seite
Beispiele für statisch bestimmte Träger mit vier oder mehr Auflagerbedingungen . . . . .	218
Versteifte Hängebrücken . . . . .	219
§ 41. <i>Der Dreigelenkbogen</i> . . . . .	221
Einflußlinie . . . . .	223
Seileck durch drei vorgeschriebene Punkte . . . . .	224
Aufgaben 29—37 . . . . .	225
Kragträger im Ausnahmefall (Aufg. 31) . . . . .	227
Dachbinder mit sechseckiger Grundfigur (Aufg. 34) . . . . .	232
Traggerüst mit Grundfigur, nach dem Henneberg- schen Verfahren berechnet (Aufg. 35) . . . . .	235
Träger mit Mittelgelenk und 4 Stützen (Aufg. 36) . . . . .	238
Träger mit imaginärem Auflagergelenk (Aufg. 37) . . . . .	239
<b>Fünfter Abschnitt. Das Fachwerk im Raume . . . . .</b>	<b>242—301</b>
§ 42. <i>Notwendige Stäbe und Auflagerbedingungen</i> . . . . .	242
Starre Körper als Fachwerkelemente . . . . .	244
Ersatz der Auflagerbedingungen durch Stäbe . . . . .	247
§ 43. <i>Das Flechtwerk</i> . . . . .	248
Satz von Euler . . . . .	249
Lehrsatz über das Flechtwerk . . . . .	250
Flechtwerkträger . . . . .	252
§ 44. <i>Die Schwedlersche Kuppel</i> . . . . .	253
Berechnung für symmetrische Belastung . . . . .	255
Gegendiagonalen . . . . .	257
Einzellast, spannungslose Stäbe . . . . .	260
Praktische Brauchbarkeit der Theorie . . . . .	263
§ 45. <i>Die Netzwerkkuppel</i> . . . . .	265
Ausnahmefall . . . . .	267
Endliche Verschieblichkeit der quadratischen Netz- werkkuppel . . . . .	269
Berechnung der Stabspannungen für eine Einzellast . . . . .	271
§ 46. <i>Das Tonnenflechtwerkdach</i> . . . . .	274
Löhlesche Tonnenflechtwerkdächer . . . . .	278
§ 47. <i>Flechtwerkträger eines Krangerüstes</i> . . . . .	279
§ 48. <i>Anwendung des Stabvertauschungsverfahrens auf die</i> <i>Berechnung räumlicher Fachwerke</i> . . . . .	286
Zimmermannsche Kuppel . . . . .	286
Aufgaben 38—39 . . . . .	297
Leipziger Kuppel (Aufg. 38) . . . . .	297
Beispiel für eine Schwedlersche Kuppel (Aufg. 39) . . . . .	299

	Seite
<b>Sechster Abschnitt.</b> Die elastische Formänderung des Fachwerks und das statisch unbestimmte Fachwerk . . . . .	302—367
§ 49. <i>Methode von Maxwell und Mohr</i> . . . . .	302
§ 50. <i>Der Maxwellsche Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen</i> . . . . .	307
§ 51. <i>Der Verschiebungsplan</i> . . . . .	309
Durchführung eines Beispiels . . . . .	313
Zurückdrehen . . . . .	317
Konstruktion von der Mitte her . . . . .	318
Verbindung des Verschiebungsplanes mit der Trägerfigur . . . . .	319
§ 52. <i>Die Stabspannungen im einfach statisch unbestimmten Träger</i> . . . . .	320
Hauptnetz . . . . .	321
Formel für die Spannung im überzähligen Stabe . . . . .	324
Auflagerbedingung als überzählig angesehen . . . . .	325
§ 53. <i>Träger mit zwei oder mehr überzähligen Stäben</i> . . . . .	325
§ 54. <i>Die Temperaturspannungen</i> . . . . .	328
§ 55. <i>Einflußlinien für die statisch unbestimmten Größen</i> . . . . .	333
§ 56. <i>Die Ausnahmefachwerke als statisch unbestimmte Konstruktionen</i> . . . . .	342
§ 57. <i>Die Ausnahmefachwerke bei beliebiger Belastung</i> . . . . .	344
<b>Aufgaben 40—50</b> . . . . .	350
Verschiebungsplan für Kragträger (Aufg. 41) . . . . .	351
Einfaches Beispiel für einen Fachwerkbogen (Aufg. 45) . . . . .	358
Beispiel für Berechnung der Temperaturspannungen (Aufg. 46) . . . . .	361
Bockgerüst, elastische Formänderung (Aufg. 47) . . . . .	362
Dreiseitige Netzwerkkuppel mit elastischer Formänderung (Aufg. 48) . . . . .	363
Räumliche statisch unbestimmte Fachwerke (Aufg. 49 u. 50) . . . . .	365
<b>Siebenter Abschnitt.</b> Theorie der Gewölbe und der durchlaufenden Träger . . . . .	368—412
§ 58. <i>Gleichgewichtsbedingungen für das Tonnengewölbe</i> . . . . .	368
Belastungslinie . . . . .	369
Gewölbe dreifach statisch unbestimmt . . . . .	371
§ 59. <i>Die Einsturzmöglichkeiten</i> . . . . .	371
Gleiten . . . . .	372

	Seite
Bruchfugen . . . . .	372
Größte Kantenpressung . . . . .	373
§ 60. <i>Stützlinie und Drucklinie</i> . . . . .	374
Lotrechte Fugenschnitte . . . . .	375
Gewölbe mit Gelenken . . . . .	377
§ 61. <i>Schiefe Projektion des Gewölbequerschnittes mit ein- gezeichneter Stützlinie</i> . . . . .	377
§ 62. <i>Ältere Ansichten über die wirklich auftretende Stütz- linie</i> . . . . .	378
Prinzip des kleinsten Widerstandes . . . . .	378
Theorie der günstigsten Drucklinie . . . . .	380
§ 63. <i>Die Elastizitätstheorie des Tonnengewölbes</i> . . . . .	381
Satz von Winkler . . . . .	383
§ 64. <i>Vereinfachte Berechnung der Gewölbe</i> . . . . .	385
§ 65. <i>Die Kuppelgewölbe</i> . . . . .	387
Minimum der Formänderungsarbeit . . . . .	388
Eisenringe . . . . .	388
Behandlung eines Beispiels . . . . .	389
§ 66. <i>Die graphische Berechnung der durchlaufenden Träger</i>	393
Träger über zwei Öffnungen . . . . .	393
Träger über drei oder mehr Öffnungen . . . . .	398
§ 67. <i>Gleichung von Clapeyron</i> . . . . .	401
Gleichung der drei Momente . . . . .	404
Gleichungen für die Enden, wenn diese eingespannt sind . . . . .	405
Aufgaben 51—54 . . . . .	405
—————	
Zusammenstellung der wichtigsten Formeln . . . . .	413—416
Sachverzeichnis . . . . .	417—419