

Konstantin Meskouns • Erwin Hake

Statik der Stabtragwerke

Einführung in die Tragwerkslehre

Zweite Auflage

4u Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Statik der Tragwerke	1
1.1	Vorbemerkungen	1
1.1.1	Definition und Aufgabe der Baustatik	1
1.1.2	Tragwerksformen und deren Idealisierung	2
1.1.2.1	Dreidimensionale Tragelemente: Raumelemente	2
1.1.2.2	Zweidimensionale Tragelemente: Flächenträger	2
1.1.2.3	Eindimensionale Tragelemente: Stäbe	3
1.1.2.4	Beispiel zur Modellfindung	4
1.1.3	Idealisierung der Auflagerungen und der Anschlüsse	6
1.1.4	Geometrische Idealisierung	8
1.2	Zustandsgrößen	9
1.2.1	Schnittprinzip, Vorzeichenderinition	11
1.2.2	Lasten (äußere Kraftgrößen)	13
1.2.3	Verschiebungsgrößen (äußere Weggrößen)	16
1.2.4	Schnittgrößen (innere Kraftgrößen)	16
1.2.5	Verzerrungen (innere Weggrößen)	17
1.2.5.1	Längsdehnung (Axialdehnung) e infolge T_V	17
1.2.5.2	Schubverzerrung (Gleitung) γ infolge Q	18
1.2.5.3	Verkrümmung K infolge M	18
1.2.5.4	Verdrillung ϕ' infolge M_T	19
1.2.5.5	Verzerrungen infolge lastfreier Einwirkungen	20
1.2.6	Arbeitsanteile eines differentiellen Stabelementes	20
1.3	Grundgleichungen	21
1.3.1	Gleichgewicht	22
1.3.1.1	Gleichgewicht eines geraden Stabes in der Ebene	22
1.3.1.2	Das räumliche Gleichgewicht eines geraden Stabelementes	26
1.3.2	Kinematik	28
1.3.2.1	Kinematik eines geraden Stabelementes in der Ebene	28

1.3.2.2	Normalenhypothese (BERNOULLI)	29
1.3.2.3	Starrkörperverschiebungen	29
1.3.3	Materialgesetz	30
1.3.3.1	Reine Dehnung	31
1.3.3.2	Reine Schubverzerrung	31
1.3.3.3	Reine Biegung	32
1.3.3.4	Verdrillung	32
1.3.3.5	Zusammenfassung des Elastizitätsgesetzes in Matrizenform	33
14	Grundbeziehungen ebener Tragwerke mit geraden Stäben	34
1.4.1	Gliederung der Zustandsgrößen	34
1.4.2	Verknüpfung der Zustandsgrößen	34
1.4.3	Gesamtdifferentialgleichung	35
	Stabtragwerke	39
2.1	Konstruktionselemente	39
2.1.1	Stabelemente	40
2.1.2	Stützungen und Lager	40
2.1.3	Knotenpunkte und Anschlüsse	42
2.2	Aufbau von Stabtragwerken	43
2.2.1	Abzählkriterien	45
2.2.1.1	Abzählkriterien für Fachwerke	45
2.2.1.2	Abzählkriterien für biegesteife Stabwerke	47
2.2.2	Abbaukriterium	50
2.2.3	Aufbaukriterium	51
	Allgemeine Methoden der Kraftgrößenermittlung	53
3.1	Die Methode der Gleichgewichtsbedingungen	53
3.1.1	Gleichgewicht am Teilsystem	53
3.1.2	Gleichgewicht am Tragwerksknoten	55
3.2	Kinematische Methode	57
3.2.1	Virtuelle Verrückungen	58
3.2.2	Grundregeln der Kinematik	59
3.2.3	Regeln für die Konstruktion des Polplans	60
3.2.4	Der Ausnahmefall der Statik und Überprüfung der kinematischen Unverschieblichkeit	62
3.2.5	Kraftgrößenberechnung mit dem Prinzip der virtuellen Verschiebungen	63
3.3	Verlauf der Schnittgrößen (Zustandslinien)	63
3.4	Schnittgrößen infolge Vorspannung	65
	Grundformen der Tragwerke	67
4.1	Statisch bestimmte ebene Stabwerke	69
4.1.1	Einfeldträger	69
4.1.2	Kragträger	76

4.1.3	Einfeldträger mit Kragarm.	76
4.1.4	Gelenkträger und GERBERträger.	78
4.1.4.1	Das Verfahren der Gleichgewichts- und Nebenbedingungen.	79
4.1.4.2	Das Verfahren der Gelenkkräfte.	80
4.1.5	Rahmen und Bögen.	83
4.1.6	Dreigelenkrahmen und Dreigelenkbögen.	85
4.1.7	Verstärkte Balken.	88
4.2	Statisch bestimmte räumliche Systeme.	89
4.2.1	Lokale,Koordinaten.	89
4.2.2	Statisch bestimmter räumlicher Rahmen (Beispiel).	90
4.2.3	Statisch bestimmter Trägerrost (Beispiel).	93
4.3	Fachwerke.	94
4.3.1	Ebene Fachwerke.	95
4.3.1.1	Einteilung der Fachwerke ..*	95
4.3.1.2	Schnittgrößen und Reaktionen statisch bestimmter ebener Fachwerke.	96
4.3.2	Räumliche Fachwerke.	101
4.4	Ausnutzung von Symmetrie und Antimetrie.	106
5	Verformungen statisch bestimmter Stab werke	109
5.1	Elastische und nichtelastische Verzerrungen.	109
•5.1.1	Elastische Verzerrungen.	109
5.1.2	Temperaturwirkungen.	110
5.1.3	Kriechen. ^N	111
5.1.4	Schwinden.	112
5.1.5	Zusammenfassung der Verzerrungen.	112
5.2	Formänderungsarbeit.	113
5.2.1	Verschiebungsarbeit.	114
5.2.2	Eigenarbeit.	116
5.2.3	Arbeitssatz.	117
5.3	Prinzip der virtuellen Arbeit.	117
5.3.1	Prinzip der virtuellen Verschiebungen.	117
5.3.2	Prinzip der virtuellen Kräfte.	119
5.4	Die Sätze von BETTI und MAXWELL.	120
5.4.1	Der Satz von BETTI.	120
5.4.2	Der Satz von MAXWELL.	120
5.5	Verformungen einzelner Tragwerkspunkte.	122
5.5.1	Grundgleichungen.	122
5.5.2	Federungen.	123
5.5.2.1	Allgemeines.	123
5.5.2.2	Dehnfedern.	124
5.5.2.3	Drehfedern.	126
5.5.2.4	Federarbeit.	127
5.5.3	Baugrundbewegungen.	127

5.5.4	Gesamtgleichung für die Einzelverformungen und baupraktische Vereinfachungen.	128
5.5.5	Die sechs Grundfälle der Verformungsberechnung.	131
5.5.6	Anwendung der M,-M [^] -Tafeln.	132
5.5.6.1	Allgemeines.	132
5.5.6.2	Beispiel: Knotenverschiebung infolge äußerer Lasten.	133
5.5.6.3	Beispiel: Knotenverdrehung infolge von Temperaturänderungen.	134
5.5.6.4	Beispiel: Verformung eines halbkreisförmigen Stabes.	136
5.5.7	Numerische Integration nach SIMPSON.	137
5.5.7.1	Die SIMPSONsche Regel.	137
5.5.7.2	Anwendungsbeispiel: Voutenträger.	137
5.5.8	Gebräuchliche Formeln für Einzel Verformungen von Krag- und Einfeldträgern.	139
6	Biegelinien	141
6.1	Allgemeines und Grundgleichungen.	141
6.2	Analytische Integration.	143
6.3	Das Verfahren der «-Zahlen.	145
6.4	Die MOHRsche Analogie.	149
7	Einflusslinien	153
7.1	Definition	153
7.2	Auswertungsformeln	154
7.3	Einnusslinien für Kraftgrößen.	155
7.3.1	Grundlagen.	155
7.3.2	Analytische Methode für statisch bestimmte Stabwerke	158
7.3.3	Kinematische Methode für statisch bestimmte Stabwerke. . .	161
7.4	Einflusslinien für Verformungen	164
7.4.1	Grundlagen.	164
7.4.2	Einflusslinien für Verschiebungen.	165
7.4.3	Einflusslinien für Verdrehungen.	166
7.4.4	Zahlenbeispiel	166
7.4.4.1	Einflusslinie „w _r “.	167
7.4.4.2	Einflusslinie „w _r “.	167
7.5	Auswertung von Einflusslinien.	168
7.5.1	Polygonale Einflusslinien.	168
7.5.2	Gekrümmte Einflusslinien.	170
8	Das Kraftgrößenverfahren zur Berechnung statisch unbestimmter Stabwerke	173
8.1	Allgemeine Schreibweise für ebene Stabwerke.	173
8.2	Beispiel mit Berechnungsablauf.	176

8.3	Das Gleichungssystem des Kraftgrößenverfahrens und seine Lösung	178
8.4	Ausnutzung von Symmetrie und Antimetrie	180
8.5	Die Behandlung von Zwängungslastfällen	186
8.5.1	Temperaturänderungen	186
8.5.2	Vorgegebene Lagerbewegungen	188
8.6	Grundformen statisch unbestimmter Tragwerke	191
8.6.1	Durchlaufträger	191
8.6.1.1	Ansatz der statisch Unbestimmten	191
8.6.1.2	Schnittgrößenermittlung mit Hilfe von Tabellenwerken	194
8.6.1.3	Maßgebende Lastkombinationen	194
8.6.1.4	Zahlenbeispiel: Dreifeldträger mit Stützensenkungen	198
8.6.2	Ebene Rahmen	201
8.6.2.1	Allgemeines zur Berechnung	201
8.6.2.2	Beispiel: Einfacher Rahmen mit Zugband	201
8.6.2.3	Einfache Rahmenformeln	203
8.6.2.4	Bemessungsschnittgrößen	204
8.6.3	Trägerroste	206
8.6.3.1	Grundlagen	206
8.6.3.2	Berechnungsbeispiel	207
8.6.4	Räumliche Rahmen	209
8.6.4.1	Grundlagen	209
8.6.4.2	Berechnungsbeispiel	210
8.6.4.3	Verdrehte Hauptquerschnittsachsen	213
8.7	Verformungen statisch unbestimmter Systeme	216
8.7.1	Einzelverformungen und Reduktionssatz	216
8.7.2	Formänderungsproben	218
8.7.3	Biegelinien	219
8.8	Einflusslinien	219
8.8.1	Einflusslinien für Kraftgrößen	219
8.8.1.1	Benutzung eines statisch bestimmten Grundsystems	220
8.8.1.2	Benutzung eines ($n - 1$)fach statisch unbestimmten Systems	221
8.8.1.3	Verwendung der Einflusslinien der statisch Unbestimmten	225
8.8.2	Einflusslinien für Verformungen	230
8.8.2.1	Allgemeines Vorgehen	230
8.8.2.2	Beispiel: Einflusslinie für eine Knotenverdrehung	230
8.9	Das Kraftgrößenverfahren am statisch unbestimmten Grundsystem	232
8.10	Der elastische Schwerpunkt	234

9	Das Drehwinkelverfahren	237
9.1	Allgemeines ..."	237
9.2	Stabendmomente bei stabweise konstantem λ	239
9.2.1	Festeinspannmomente	239
9.2.2	Stabendmomente infolge Knotendrehung	239
9.2.3	Stabendmomente infolge Stabverdrehung	241
9.2.4	Zusammenfassung	241
9.3	Das Gleichungssystem des Drehwinkelverfahrens	242
9.3.1	Knotengleichungen	242
9.3.2	Verschiebungsgleichungen	243
9.4	Allgemeines Vorgehen	244
9.5	Zahlenbeispiel: Elastisch unverschiebliches System	246
9.6	Einflusslinien	249
9.6.1	Einflusslinien für Kraftgrößen	249
9.6.1.1	Beschreibung des Verfahrens	249
9.6.1.2	Einflusslinie für die Normalkraft N_p	250
9.6.1.3	Einflusslinie für das Biegemoment M_s	253
9.6.1.4	Einflusslinie für die Querkraft Q_t	255
9.6.2	Einflusslinien für Verformungen	257
10	Hilfstafeln	261
	Literatur	271
	Sachverzeichnis	273