

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung in die Statik der Tragwerke</b>	<b>1</b>
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, Vorzeichendefinition	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) $\varepsilon$ infolge $N$	17
1.2.5.2	Schubverzerrung (Gleitung) $\gamma$ infolge $Q$	18
1.2.5.3	Verkrümmung $\kappa$ infolge $M$	18
1.2.5.4	Verdrillung $\vartheta'$ 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 Stabelements	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
1.4	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
<b>2</b>	<b>Stabtragwerke</b> .....	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
<b>3</b>	<b>Allgemeine Methoden der Kraftgrößenermittlung</b> .....	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
<b>4</b>	<b>Grundformen der Tragwerke</b> .....	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
<b>5</b>	<b>Verformungen statisch bestimmter Stabwerke .....</b>	<b>109</b>
5.1	Elastische und nichtelastische Verzerrungen .....	109
5.1.1	Elastische Verzerrungen .....	109
5.1.2	Temperaturwirkungen .....	110
5.1.3	Kriechen .....	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 $M_i$ - $M_k$ -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 Einzelverformungen von Krag- und Einfeldträgern .....	139
<b>6</b>	<b>Biegelinien</b> .....	141
6.1	Allgemeines und Grundgleichungen .....	141
6.2	Analytische Integration .....	143
6.3	Das Verfahren der $\omega$ -Zahlen .....	145
6.4	Die MOHRsche Analogie .....	149
<b>7</b>	<b>Einflusslinien</b> .....	153
7.1	Definition .....	153
7.2	Auswertungsformeln .....	154
7.3	Einflusslinien 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 „ $u_r$ “ .....	167
7.5	Auswertung von Einflusslinien .....	168
7.5.1	Polygonale Einflusslinien .....	168
7.5.2	Gekrümmte Einflusslinien .....	170
<b>8</b>	<b>Das Kraftgrößenverfahren zur Berechnung statisch unbestimmter Stabwerke</b> .....	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

<b>9</b>	<b>Das Drehwinkelverfahren</b>	237
9.1	Allgemeines	237
9.2	Stabendmomente bei stabweise konstantem $I$	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 $N_r$	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
<b>10</b>	<b>Hilfstafeln</b>	261
	<b>Literatur</b>	271
	<b>Sachverzeichnis</b>	273

Statik der Stabtragwerke  
Einführung in die Tragwerkslehre  
Meskouris, K.; Hake, E.  
2009, XIV, 276 S., Softcover  
ISBN: 978-3-540-88992-2