

# **Vorlesungen über Statik und Festigkeitslehre**

## **Einführung in die Tragwerkslehre**

Von Prof. Dr.-Ing. Walther Mann  
Technische Hochschule Darmstadt

2., überarbeitete Auflage

Mit 39 Photos und 201 Zeichnungen



**B. G. Teubner Stuttgart 1997**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>13</b>
1.1	Statik als Teil der Mechanik	13
1.2	Baustatik als technisches Fachgebiet	15
1.3	Wie lernt man Statik?	16
<b>2</b>	<b>Zentrales ebenes Kraftsystem</b>	<b>17</b>
2.1	Definition	17
2.2	Begriff der Kraft	17
2.3	Kräfte auf Bauwerken	19
2.4	Zeichnerische Behandlung des zentralen Kraftsystems	21
2.4.1	Addition von Kräften; Parallelogramm der Kräfte und Krafteck	21
2.4.2	Zerlegen einer Kraft in 2 Komponenten	22
2.4.3	Resultierende, Festhaltekraft und Gleichgewicht	23
2.5	Rechnerische Behandlung des zentralen Kraftsystems	24
2.5.1	Zerlegen einer Kraft in 2 Komponenten	24
2.5.2	Addition von Kräften	24
2.5.3	Gleichgewicht und Festhaltekraft	24
2.6	Kräfte auf einer Wirkungslinie	26
2.7	Ausblick auf das zentrale räumliche Kraftsystem	27
<b>3</b>	<b>Allgemeines ebenes Kraftsystem</b>	<b>28</b>
3.1	Definition	28
3.2	Rechnerische Behandlung des allgemeinen Kraftsystems	28
3.2.1	Moment einer Kraft	28
3.2.2	Moment eines Kräftepaars	28
3.2.3	Resultierende Wirkung des allgemeinen Kraftsystems	30
3.2.4	Gleichgewicht und Festhaltekraft	31
3.3	Zeichnerische Behandlung des allgemeinen Kraftsystems	32
3.3.1	Verschiebungssatz	32
3.3.2	Addition von Kräften mittels Teilresultierender	33
3.3.3	Gleichgewicht und Festhaltekraft	34
3.4	Sonderfälle	34
3.4.1	Zwei Kräfte	34
3.4.2	Drei Kräfte	34
3.4.3	Vier Kräfte	34
3.4.4	Culmannsche Gerade	35

<b>4</b>	<b>Statisch bestimmt gelagerte Träger</b>	37
4.1	Begriff des Trägers	37
4.2	Lagerarten	38
4.3	Statisch bestimmte und unbestimmte Lagerung	39
4.4	Lagerreaktionen bei statisch bestimmt gelagerten Trägern	41
<b>5</b>	<b>Schnittkräfte</b>	44
5.1	Schnittprinzip	44
5.2	Bestimmung der Schnittkräfte	45
5.3	Vorzeichen der Schnittkräfte	46
<b>6</b>	<b>Normalkraftwirkung und Dehnung</b>	48
6.1	Spannung	48
6.2	Dehnung	49
6.2.1	Definition	49
6.2.2	Elastische Dehnung	50
6.2.3	Querdehnung	51
6.2.4	Temperaturdehnung	52
6.2.5	Plastische Verformung	53
6.3	Schwerpunkt und Schwerachse	54
<b>7</b>	<b>Momentenwirkung</b>	58
7.1	Technische Biegelehre	58
7.2	Biegespannungen	59
7.3	Trägheitsmoment, Widerstandsmoment	61
7.4	Hauptachsen des Querschnitts	64
7.5	Zweiachsige Biegung	65
7.6	Gleichzeitige Wirkung von $M$ und $N$	67
7.6.1	Allgemeines	67
7.6.2	Exzentrische Normalkraft bei zugfesten Baustoffen	68
7.6.3	Exzentrische Normalkraft bei versagender Zugzone	70
<b>8</b>	<b>Querkraftwirkung</b>	74
8.1	Reine Querkraftwirkung	74
8.2	Querkraftbiegung	75
8.3	Schubspannungen in Rechteck- und I-Profilen	77
<b>9</b>	<b>Schnittkraftflächen</b>	78
9.1	Ableitung	78
9.2	Bedeutung der Schnittkraftflächen	79
9.3	Zusammenhang Belastung - Querkraft - Biegemoment	80

---

<b>10</b>	<b>Träger auf zwei Stützen und Kragträger</b>	83
10.1	Stützweite	83
10.2	Gerade Träger	83
10.3	Schräge Träger	85
10.4	Geknickte Träger	86
<b>11</b>	<b>Gelenkträger</b>	88
11.1	Allgemeines	88
11.2	Schnittkraftflächen	88
11.2.1	Lösung über Gleichungssystem	88
11.2.2	Prinzip des Stapelns	88
11.2.3	Prinzip der Schlußlinie	89
11.3	Konstruktive Gesichtspunkte	90
11.3.1	Gelenkfelder	90
11.3.2	Lage der Gelenke	91
11.3.3	Ausbildung der Gelenke	92
11.3.4	Gestaltung	92
<b>12</b>	<b>Statisch bestimmte Rahmen</b>	94
12.1	Allgemeines	94
12.2	Schnittkraftflächen	95
12.2.1	Dreigelenkrahmen mit gleich hohen Stielen	95
12.2.2	Dreigelenkrahmen mit ungleichen Stielen	98
12.3	Konstruktive Gesichtspunkte	99
12.3.1	Riegel- und Fußgelenke	99
12.3.2	Lage der Riegelgelenke und Gestaltung	99
12.3.3	Einfluß der Herstellung	100
<b>13</b>	<b>Bogen, Stützlinie und Hängeseil</b>	102
13.1	Allgemeines	102
13.2	Schnittkraftflächen des Dreigelenkbogens	103
13.3	Stützlinie	105
13.4	Seillinie	107
13.5	Konstruktive Gesichtspunkte	108
13.5.1	Gelenke	108
13.5.2	Aufnahme der Horizontalkraft	108
13.5.3	Auswirkung unsymmetrischer Zusatzlasten	110
13.5.4	Lastabtragung über $N$ und $M$	110
<b>14</b>	<b>Ebene Fachwerkträger</b>	113
14.1	Allgemeines	113
14.2	Rechnerische Ermittlung der Stabkräfte	115

14.3	Grafische Ermittlung der Stabkräfte	117
14.4	Konstruktive Gesichtspunkte	118
14.4.1	Anwendung von Fachwerken	118
14.4.2	Zug- und Druckdiagonalen	118
14.4.3	Knotenpunkte	119
14.4.4	Aussteifung der Druckstäbe	120
14.4.5	Fachwerkanalogien	120
<b>15</b>	<b>Durchbiegung</b>	123
15.1	Allgemeines	123
15.2	Die Biegelinie	124
15.3	Mathematische Lösung der Differentialgleichung	125
15.4	Häufig auftretende Durchbiegungswerte	126
15.5	Konstruktive Gesichtspunkte	128
<b>16</b>	<b>Knicken</b>	131
16.1	Allgemeines	131
16.2	Der Euler-Stab	132
16.3	Die 4 Euler-Fälle	133
16.4	Praktische Behandlung des Knickproblems	135
16.4.1	Schlankheit des Knickstabes	135
16.4.2	Das $\omega$ -Verfahren	136
16.4.3	Das $\Delta M$ -Verfahren	136
16.5	Weitere Stabilitätsfälle	137
16.5.1	Beulen	137
16.5.2	Drillknicken	138
16.5.3	Kippen	138
16.6	Konstruktive Gesichtspunkte	139
16.6.1	Formgebung	139
16.6.2	Starke und schwache Knickachse	139
16.6.3	Montagefälle	140
16.6.4	Obergurte von Fachwerkträgern	140
<b>17</b>	<b>Statisch unbestimmte Systeme</b>	143
17.1	Prinzip der rechnerischen Behandlung	143
17.2	Gebrauch von Tabellen	145
17.2.1	Mehrfeldträger mit gleichen Stützweiten	145
17.2.2	Zweifeldträger mit ungleichen Stützweiten	146
17.2.3	Abschätzen von Schnittkräften durch Vergleich	146
17.2.4	Statisch unbestimmte Rahmen	147
17.3	Der Vierendeel-Träger	148
17.4	Unterspannte und abgspannte Träger	150

---

17.5	Innerlich statisch unbestimmte Systeme und Systeme veränderlicher	151
17.6	Konstruktive Gesichtspunkte	152
17.6.1	Statisch bestimmt oder unbestimmt konstruieren?	152
17.6.2	Vereinfachte Systeme und Randeinspannung	153
17.6.3	Form und Momentenbeanspruchung	154
<b>18</b>	<b>Torsion</b>	<b>158</b>
18.1	Torsionsmoment	158
18.2	Torsion bei Kreisquerschnitten	159
18.3	Torsion bei Kreisringquerschnitten	160
18.4	Dünnwandige geschlossene Hohlprofile	161
18.5	Torsion bei Rechteckquerschnitten	162
18.6	Strömungsgleichnis	162
18.7	Torsion dünnwandiger offener Profile	163
18.8	Konstruktive Gesichtspunkte	164
18.8.1	Querschnittswahl bei Torsionsbeanspruchung	164
18.8.2	Instabilität und Torsionssteifigkeit	165
18.8.3	Torsionsverformung und Theorie II. Ordnung	165
18.8.4	Schubmittelpunkt	166
<b>19</b>	<b>Hauptspannungen und Trajektorien</b>	<b>169</b>
19.1	Spannungen bei gedrehtem Koordinatensystem	169
19.2	Hauptspannungen	170
19.3	Hauptspannungs-Trajektorien	172
19.4	Bedeutung der Hauptspannungen	173
<b>20</b>	<b>Flächentragwerke: Platten, Scheiben, Schalen, Faltwerke</b>	<b>176</b>
20.1	Begriffe	176
20.2	Platten	176
20.3	Scheiben und wandartige Träger	178
20.4	Schalen	182
20.5	Faltwerke	184
<b>21</b>	<b>Dynamische Beanspruchung von Tragwerken</b>	<b>186</b>
21.1	Allgemeine Grundlagen	186
21.2	Stoßartige und fallende Lasten	187
21.3	Schwingung und Resonanz	188
21.4	Wirkung von Erdbeben	189
21.5	Materialverhalten unter dynamischer Belastung	190

---

<b>22</b>	<b>Anhang</b>	193
	Beispiele von Bezeichnungen und Einheiten	194
	Umrechnung von neuen in alte Einheiten	194
	Eigengewichte von Baustoffen	195
	Verformungskennwerte von Baustoffen	195
	Zulässige Spannungen von Baustoffen	196
	Beschränkung der Durchbiegungen	196
	Statische Werte von Einfeldträgern	197
	Statische Werte von Durchlaufträgern	198
	Knickzahlen $\omega$	199
	Profiltafeln I-, IPB-, U-Profile	200
	Profiltafeln Kreis-, Quadrat-, Rechteckrohr	201
	Profiltafeln Rechteckquerschnitte	202
	<b>Verzeichnis der abgebildeten Modelle</b>	<b>203</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>205</b>