

Festigkeitslehre

Elastizität, Plastizität und Stabilität der Stabwerke

von

Dr.-Ing. Nikola Dimitrov

apl. Professor an der Universität (TH) Karlsruhe und
Lehrstuhlvertreter am Institut für Tragkonstruktionen
und konstruktives Entwerfen an der Universität (TH) Stuttgart

und

Dr.-Ing.habil. Wolfgang Herberg

apl. Professor an der Universität (TH) Karlsruhe

Mit 154 Bildern

Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage

W
DE
G

Sammlung Göschen Band 6144

Walter de Gruyter

Berlin • New York • 1971

Inhalt

Literaturverzeichnis [1 bis 21].	10
--	----

I Grundlagen der Festigkeitslehre

§ 1 <i>Einleitung.</i>	12
1.1 Übersicht	12
1.2 Elastizität.	16
1.3 Plastizität	18
1.4 Stabilität.	20
§ 2 <i>Schnittkräfte und Deformationen.</i>	22
2.1 Statik und Kinematik des starren Körpers.	22
2.2 Arbeitsgleichung und Schnittkräfte.	24
2.3 Formänderungsenergie und Biegelinie.	26
2.4 Differentielles Gleichgewicht dehnbarer Körper.	35
2.5 Differentialgleichung der Balkenbiegung als Anfangswertproblem.	38
2.6 Differentialgleichung der Balkenbiegung als Randwertproblem.	44
2.7 Numerisches Gleichgewicht.	58
2.8 Literatur [22 bis 27].	62
§ 3 <i>Spannung und Verzerrung.</i>	63
3.1 Spannungszustand.	63
3.2 Verzerrungszustand.	70
§ 4 <i>Elastizitätsgesetze und Fließbedingungen.</i>	76
4.1 Spannungs-Dehnungs-Linien.	76
4.2 Elastische und plastische Hysteresis.	86
4.3 Hooke'sches Gesetz und elastische Grundgleichungen.	87
4.4 Fließbedingungen und Verfestigungshypothesen.	91
4.5 Schrifttum [28 bis 47].	98
5 <i>Energie- und Extremalprinzipien.</i>	99
5.1 Prinzip der virtuellen Arbeit.	99
5.2 Spezielle Sätze und Energiesätze.	101
5.3 Sätze zur Berechnung der Traglast.	103

5.4	Sätze für stabiles Werkstoffverhalten und für das Einspielen (shake-down)	105
5.5	Schrifttum [48 bis 67].	106

II Zug und Druck

§ 6	<i>Seile, Ringe und Behälter.</i>	107
6.1	Seile.	107
6.2	Ringe und Behälter.	116
6.3	Silodruck	119
6.4	Schrifttum [68 bis 80].	121
§ 7	<i>Verbindungen und Fachwerke.</i>	121
7.1	Verbindungstechnik.	121
7.2	Elastische und plastische Fachwerke.	125
7.3	Schrifttum [81 bis 93].	132

III Balkenbiegung

§ 8	<i>Querschnittsfestigkeit.</i>	133
8.1	Querschnittswerte.	133
8.1.1	Polygonzug.	133
8.1.2	Diskretisierung	138
8.2	Elastische Biegung ohne Normalkraft.	139
8.2.1	Allgemeiner Querschnitt	139
8.2.2	Verbundquerschnitt	142
8.2.3	Schubspannungen und Schubmittelpunkt.	143
8.3	Elastische Biegung mit Normalkraft	148
8.3.1	Kern des Querschnittes.	149
8.3.2	Druckspannungen bei versagender Zugzone.	152
8.3.3	Kerbspannungen.	154
8.4	Plastische Biegung	154
8.4.1	Grundgleichungen.	154
8.4.2	Symmetrische Biegung ohne Normalkraft	157
8.4.3	Biegung mit Normalkraft	164
8.5	Schrifttum [94 bis 102].	167
§ 9	<i>Balken, Durchlaufträger und Rahmen.</i>	168
9.1	Biegelinie statisch bestimmter Systeme.	168
9.1.1	Elastische und plastische Biegung.	169
9.1.2	Schubspannungen bei der plastischen Biegung.	172

9.2	Statisch unbestimmte Balken und Durchlaufträger.	174
9.2.1	Eingespannte Träger.	175
9.2.2	Ein Paradoxon der Traglasttheorie.	180
9.2.3	Elastische Berechnung und Dreimomentengleichung ..	182
9.2.4	Plastische Berechnung des Durchlaufträgers.	184
9.3	Rahmen.	188
9.3.1	Elastische Berechnung.	188
9.3.2	Plastische Berechnung.	190
9.4	Schrifttum [103 bis 111].	193
§ 10	<i>Hängebrücken und Bogenbrücken.</i>	193
10.1	Hängebrücken nach der Theorie 2. Ordnung.	193
10.2	Zweigelenbogenbrücken nach der Theorie 2. Ordnung	199
10.3	Zahlenbeispiel.	201
10.4	Schrifttum [112 bis 123].	205
§ 11	<i>Elastische Bettung.</i>	206
11.1	Steifenzahlverfahren.	207
11.2	Bettungszahlverfahren.	211
11.3	Einfluß der Hochbausteifigkeit.	214
11.4	Schrifttum [124 bis 158].	215
IV Knickfestigkeit		
§ 12	<i>Knickung.</i>	217
12.1	Knickung im elastischen Bereich.	218
12.2	Knickung im überkritischen Bereich.	223
12.3	Knickung im plastischen Bereich.	224
12.4	Kippen.	226
12.5	Schrifttum [159 bis 199].	231
§ 13	<i>Knickbiegung.</i>	233
13.1	Balkendruckbiegung.	234
13.2	Stockwerkrahmen.	241
13.3	Omega-Verfahren.	241
13.4	Schrifttum [200 bis 210].	243
	Sachverzeichnis.	245
	Namensverzeichnis.	247

Festigkeitslehre

Elastizität, Plastizität und Stabilität der Flächentragwerke

von

Dr.-Ing. Nikola Dimitrov

Ordinarius für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen
an der Universität (TH) Stuttgart, Fachbereich Baukonstruktion

und

Dr.-Ing.habil. Wolfgang Herberg
apl. Professor an der Universität (TH) Karlsruhe

Mit 129 Bildern

Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage

W
DE
G

Sammlung Göschen Band 6145

Walter de Gruyter

Berlin • New York • 1972

Inhaltsverzeichnis

V Neuere Berechnungsmethoden

§ 14 Operatorenrechnung.	8
14.1 Einführung.	8
14.2 Differential- und Differenzenoperator.	11
14.2.1 Differentialoperator s	11
14.2.2 Differenzenoperator $(1-li)$	13
14.3 Integrations- und Summierungsoperator.	19
14.3.1 Integrationsoperator l/s	19
14.3.2 Summierungsoperator $l/(1-h)$	19
14.4 Ebene und räumliche Probleme.	19
14.4.1 Differential- und Differenzenoperator.	20
14.4.2 Integrations- und Summierungsoperator.	23
14.5. Anwendungen.	25
14.5.1 Operatorformen verschiedener Funktionen.	25
14.5.2 Durchlaufträger.	29
14.5.3 Stockwerkrahmen.	34
14.5.4 Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen	37
14.6 Literatur.	43
§ 15 Matrizen- und Tensoralgebra.	44
15.1 Matrizenrechnung.	44
15.1.1 Grundbegriffe.	44
15.1.2 Zustandsvektor und Übertragungsmatrizen.	49
15.1.3 Steifigkeits- und Nachgiebigkeitsmatrizen.	56
15.2 Tensorrechnung	58
15.2.1 Koordinatensysteme und Vektoren.	59
15.2.2 Tensoren.	61
15.2.3 Differentiation und Torsionstensor.	62
15.2.4 Maßtensor.	63
15.2.5 Krümmungstensor.	67
15.3. Literatur.	68

§ 16 <i>Elementenmethode</i>	70
16.1 Endliche Elemente	70
16.1.1 Rechteckelement der Scheibe	73
16.1.2 Dreieckelement der Scheibe	78
16.1.3 Steifigkeitsmatrizen für die Plattenbiegung	82
16.1.4 Elemente des Raumkörpers	91
16.2. Gitterrostmodelle	97
16.2.1 Rechteckelement der Scheibe	100
16.2.2 Rechteckelement der Platte	102
16.3. Literatur	104

VI Torsion

§17 <i>Elastische Torsion</i>	107
17.1 St. Venant'sche Torsion	108
17.2 Wölbkrafttorsion	116
17.3 Literatur	120
§ 18 <i>Plastische Torsion</i>	121
18.1 Idealplastisches Material	121
18.2 Verfestigendes Material	127
18.3 Literatur	127

VII Membranen, Platten, Scheiben

§ 19 <i>Membranen</i>	128
19.1 Analytische Lösungen der Membrangleichung	128
19.2 Numerische Lösungen der Membrangleichung	133
19.2.1 Gewöhnliche rechteckige Differenzen	134
19.2.2 Gewöhnliche Dreiecksdifferenzen	136
19.2.3 Methode der Seilpolygongleichungen	138
19.2.4 Mehrstellenverfahren	140
19.2.5 Computer-Methoden	142
19.3. Literatur	143

§ 20 <i>Platten</i>	145
20.1. Allgemeine Übersicht	145
20.2. Elastische Platten	146
20.2.1 Isotrope Platten	146
20.2.2 Orthotrope Platten	158
20.2.3 Analytische und numerische Lösungen	161
20.3. Plastische Platten	162
20.3.1 Isotrope Platten	162
20.3.2 Orthotrope Platten	169
20.4. Literatur	171
§ 21 <i>Scheiben</i>	173
21.1 Elastische Scheiben	173
21.1.1 Ebener Spannungszustand	173
21.1.2 Ebener Formänderungszustand	174
21.1.3 Polarkoordinaten	175
21.1.4 Massenkräfte	175
21.1.4 Anwendungen	175
21.2 Plastische Scheiben	179
21.2.1 Theorie der Gleitlinien	179
21.2.2 Anwendungen	183
21.3 Analytische und numerische Lösungen	186
21.4. Literatur	188

VIII Schalen

§ 22 <i>Translations- und Rotationsschalen</i>	189
22.1 Grundgleichungen der Schalenstatik	189
22.1.1 Gleichgewichtsbedingungen	189
22.1.2 Dehnungsbeziehungen	190
22.1.3 Differentialgleichungen	190
22.1.4 Membrantheorie	193
22.2 Translationsschalen	194
22.2.1 Geometrie der Paraboloiden	194
22.2.2 Gleichgewicht beim Membranzustand	197

22.2.3	Anwendungen für EP-Schalen	201
22.2.4	Anwendungen für HP-Schalen	204
22.3.	Roatationsschalen	209
22.3.1	Kugelschale	211
22.3.2	Kegelschale	211
22.3.3	Rotationsparaboloid	211
22.3.4	Rotationsellipsoid	211
22.4	Literatur	213
§ 23	<i>Einfach gekrümmte Schalen und Faltwerke.</i>	213
23.1	Theorie der Kreiszyinderschalen	215
23.2	Behälter und Bogenstaumauer	217
23.3	Faltwerke	218
23.4	Aussteifungen von Hochhäusern	222
23.5	Literatur	222
IX Stabilitätsprobleme		
§ 24	<i>Plattenbeulung.</i>	224
24.1	Beulen im elastischen Bereich	224
24.2	Beulen mit Querlasten, Vorkrümmung und mit Störungen	226
24.3	Beulen im überkritischen Bereich	226
24.4	Beulen im plastischen Bereich	227
24.5	Literatur	227
§ 25	<i>Schalenbeulung.</i>	228
25.1	Kreiszyinderschale	229
25.2	Kugelschale	232
25.3	Literatur	233
	Sachverzeichnis	236
	Namenverzeichnis	238