

1. Grundbegriffe, Ansätze und allgemeine Bezeichnungen	1
1.1. Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe	1
1.2. Einteilung der Werkstoffe	3
1.3. Eigenarten der Entlastung	7
1.4. Werkstoffmodelle	8
1.5. Elastische und plastische Zustände der Konstruktionen	12
1.5.1. Belastung	13
1.5.2. Entlastung und Wiederbelastung	16
1.5.3. Schlüsse	18
1.6. Geschichtlicher Überblick	18
1.7. Ansätze	22
1.8. Bezeichnungen	22
2. Allgemeine Beziehungen und Grundgleichungen	26
2.1. Spannungszustand	26
2.1.1. Spannungsvektor und Spannungstensor	26
2.1.2. Hauptspannungen, Spannungsinvarianten	28
2.1.3. Hauptschubspannungen und oktaedrische Spannungen	31
2.1.4. Der Spannungsdeviator	32
2.1.5. Darstellung des Spannungszustandes mit Hilfe von Mohrschen Kreisen ..	34
2.1.6. Gleichgewichtsbedingungen	35
2.2. Verzerrungszustand	37
2.2.1. Der Tensor der relativen Verschiebungen	38
2.2.2. Der Verzerrungstensor	41
2.2.3. Hauptdehnungen, Verzerrungsinvarianten	42
2.2.4. Haupt-Winkelverzerrungen und Oktaeder-Verzerrungen	43
2.2.5. Der Verzerrungsdeviator	44
2.2.6. Verzerrungsinkremente und Verzerrungsgeschwindigkeiten	45
2.2.7. Geometrische Beziehungen	46
2.3. Spannungs-Verzerrungs-Beziehungen. Das Stoffgesetz für elasto-idealplastische Körper	48
2.3.1. Spannungs-Verzerrungs-Beziehungen für elastische Körper	49
2.3.2. Fließbedingungen für idealplastische Körper	51
2.3.2.1. Allgemeine Merkmale der Fließbedingungen	51
2.3.2.2. Die Fließbedingung von Huber-v. Mises-Hencky	55

2.3.2.3. Die Fließbedingung von Tresca	57
2.3.2.4. Vergleich der Fließbedingungen	59
2.3.3. Das Stoffgesetz des elasto-idealplastischen Körpers	60
2.3.3.1. Allgemeine Zusammenhänge	60
2.3.3.2. Stoffgesetze von Lévy, v. Mises und von Prandtl-Reuss	65
2.3.3.3. Bestimmung des Faktors $d\lambda$	68
2.3.3.4. Das Henckysche Stoffgesetz	71
2.4. Die Grundgleichungen der elasto-idealplastischen Körper	75
2.4.1. Elastischer Zustand	76
2.4.2. Elasto-plastischer Zustand	78
2.4.2.1. Die Fließtheorie von Prandtl-Reuss	78
2.4.2.2. Die Deformationstheorie von Hencky	81
3. Energie- und Extremalprinzipien	83
3.1. Grundbegriffe	83
3.2. Prinzip der virtuellen Verschiebungen und der virtuellen Kräfte	85
3.2.1. Die virtuelle Arbeit und die virtuelle Ergänzungsarbeit	85
3.2.2. Prinzip der virtuellen Verschiebungen	86
3.2.3. Prinzip der virtuellen Kräfte	88
3.2.4. Diskontinuität des Spannungs- und Verzerrungsfeldes	90
3.3. Extremalprinzipien der Elastizitätstheorie	93
3.3.1. Prinzip der Stationarität der potentiellen Energie	93
3.3.2. Prinzip des Minimums der potentiellen Ergänzungsenergie	95
3.4. Extremalprinzipien der Plastizitätstheorie	98
3.4.1. Satz der konstanten Spannungen	99
3.4.2. Statischer Satz	101
3.4.3. Kinematischer Satz	102
3.4.4. Schlüsse aus dem statischen und dem kinematischen Satz	105
3.4.5. Das Minimum der Änderungsgeschwindigkeit der potentiellen Energie und der potentiellen Ergänzungsenergie	108
4. Einige Anwendungen der Plastizitätstheorie	112
4.1. Torsion von prismatischen Stäben	112
4.1.1. Bezeichnungen und Annahmen	112
4.1.2. Allgemeine Beziehungen	113
4.1.2.1. Kinematische Beziehungen	114
4.1.2.2. Gleichgewichtsbedingungen	115
4.1.3. Elastischer Zustand	118
4.1.3.1. Analytische Lösung	119
4.1.3.2. Membrananalogie	120
4.1.3.3. Stab mit elliptischem Querschnitt	120
4.1.4. Elasto-plastischer Zustand	123
4.1.4.1. Analytische Lösung	123
4.1.4.2. Membrananalogie	125
4.1.4.3. Stab mit Kreisquerschnitt	126
4.1.4.4. Die inverse Lösung	128

4.1.5. Der plastische Grenzzustand	129
4.1.5.1. Analytische Lösung	129
4.1.5.2. Membran- und Sandhügelanalogie	129
4.1.5.3. Beispiel: Stab mit Kreis-, Dreieck- und Rechteckquerschnitt	129
4.1.6. Entlastung	131
4.1.7. Untersuchung von Hohlstäben	132
4.2. Durch inneren Druck belastete, dickwandige Kugel- und Zylinderschalen	134
4.2.1. Dickwandige Kugelschale	134
4.2.1.1. Allgemeine Beziehungen	134
4.2.1.2. Elasto-plastischer Zustand	135
4.2.1.3. Elastischer Zustand	138
4.2.1.4. Plastischer Grenzzustand	139
4.2.1.5. Berechnung der Verschiebungen	139
4.2.1.6. Entlastung	140
4.2.2. Dickwandige Zylinderschale	141
4.2.2.1. Allgemeine Beziehungen	141
4.2.2.2. Elasto-plastischer Zustand	143
4.2.2.3. Elastischer Zustand	146
4.2.2.4. Plastischer Grenzzustand	146
4.2.2.5. Berechnung der Verschiebungen	147
4.2.2.6. Entlastung	148
5. Ebener Verzerrungs- und Spannungszustand	149
5.1. Grundsätze und allgemeine Zusammenhänge	149
5.1.1. Allgemeine Beschreibung des Problems	149
5.1.2. Gleichungen des elastischen Zustands	151
5.2. Das plastische ebene Fließen	154
5.2.1. Allgemeine Bemerkungen	154
5.2.2. Spannungsbeziehungen	157
5.2.3. Verzerrungs- und Geschwindigkeitsbeziehungen	162
5.2.4. Lösung mit Hilfe von Gleitlinienfeldern	165
5.2.4.1. Eigenschaften der Gleitlinien	166
5.2.4.2. Graphische und Näherungslösungen	171
5.2.5. Beispiele	177
5.3. Ebener Spannungszustand	193
5.3.1. Allgemeine Beziehungen	193
5.3.2. Lösung nach der Fließbedingung von Huber–v. Mises–Hencky	195
5.3.2.1. Allgemeine Gleichungen des Spannungsfeldes	195
5.3.2.2. Hyperbolischer Bereich	197
5.3.2.3. Parabolische und elliptische Bereiche	200
5.3.2.4. Allgemeine Gleichungen des Geschwindigkeitsfeldes	201
5.3.2.5. Diskontinuitätslinien	201
5.3.2.6. Durch kreisförmigen Einschnitt geschwächter Plattenstreifen	202
5.3.3. Lösung nach der Trescaschen Fließbedingung	203
5.4. Anwendung der Methode der finiten Elemente	207
5.4.1. Grundlagen der Methode	207

5.4.2. Grundgleichungen	208
5.4.3. Untersuchung der Zustandsänderung	213
5.4.3.1. Elastischer Zustand	213
5.4.3.2. Elasto-plastischer Zustand	213
5.4.4. Plastisches Traglastverfahren	216
5.4.4.1. Berechnung der unteren Schranke	216
5.4.4.2. Berechnung der oberen Schranke	217
6. Traglastverfahren von Stabwerken	219
6.1. Grenzzustände	219
6.2. Elasto-plastischer Zustand von Stabelementen und Balken	221
6.2.1. Auf Biegung beanspruchte Stabelemente	221
6.2.1.1. Belastung	222
6.2.1.2. Entlastung und Wiederbelastung	227
6.2.2. Elasto-plastischer Zustand des Einfeldbalkens	228
6.2.2.1. Spannungszustand und Tragfähigkeit	229
6.2.2.2. Fließgelenk	231
6.2.2.3. Durchbiegungen	232
6.2.3. Elasto-plastischer Zustand von Durchlaufträgern	236
6.3. Grenztragfähigkeit der Stabwerke	239
6.3.1. Voraussetzungen und Annahmen	239
6.3.2. Berechnung der Tragfähigkeit auf Grund der Untersuchung des Belastungsvorganges	240
6.3.3. Anwendung des Traglastverfahrens	242
6.3.3.1. Zusammenfassung der Grundlagen	242
6.3.3.2. Anwendung des kinematischen Satzes	244
6.3.3.3. Anwendung des statischen Satzes	252
6.3.3.4. Berücksichtigung verteilter Lasten	261
6.4. Mehrparametrische und Wechsellasten	264
6.4.1. Tragfähigkeit bei einer mehrparametrischen Last	264
6.4.1.1. Verallgemeinerung des Tragfähigkeitsbegriffs	264
6.4.1.2. Exakte Bestimmung des plastischen Tragfähigkeitsbereichs	268
6.4.1.3. Näherungsweise Bestimmung des plastischen Tragfähigkeitsbereichs	271
6.4.2. Restverformungen	272
6.4.2.1. Alternierende plastische Verformungen	273
6.4.2.2. Zunehmende plastische Verformungen	278
6.4.3. Einspielen	280
6.4.3.1. Einspielsatz von Melan	280
6.4.3.2. Untersuchung des Einspielens von Stabwerken	283
6.5. Bemessung von Tragwerken	290
6.5.1. Allgemeine Prinzipien der Bemessung	290
6.5.1.1. Prüfung und Bemessung	290
6.5.1.2. Bemessung auf Grund des plastischen Grenzzustands	291
6.5.2. Prinzipien der optimalen Bemessung	292
6.5.2.1. Allgemeine Aufgabe der optimalen Bemessung	292
6.5.2.2. Minimalgewichtsbemessung	293

6.5.3. Die optimale Bemessung von Stabwerken mit abschnittsweise konstantem plastischen Moment	295
6.5.3.1. Träger mit konstantem plastischen Moment	295
6.5.3.2. Stabwerke mit abschnittsweise konstantem plastischen Moment ..	296
6.5.4. Optimale Bemessung von Stabwerken mit kontinuierlich veränderlichem plastischen Moment	305
6.5.4.1. Anwendung einer quadratischen Gewichtsfunktion	305
6.5.4.2. Anwendung einer beliebigen konvexen Gewichtsfunktion	307
6.5.4.3. Anwendung einer linearen Gewichtsfunktion	309
6.5.5. Bemessung bei mehrparametrischen Lasten	313
6.6. Die Grenztragfähigkeit beeinflussende Effekte	315
6.6.1. Einfluß der übrigen Schnittgrößen auf die Grenztragfähigkeit	315
6.6.1.1. Verallgemeinertes Traglastverfahren der Tragwerke	315
6.6.1.2. Fließbedingungen für Stabelemente	320
6.6.1.3. Beispiele zur Bestimmung der Grenztragfähigkeit	333
6.6.2. Einfluß der Formänderungen auf die Grenztragfähigkeit	338
6.6.2.1. Die Grenztragfähigkeit einer Säule auf Grund der Theorie II. Ordnung	339
6.6.2.2. Die Grenztragfähigkeit von Rahmen auf Grund der Theorie II. Ordnung	342
6.7. Anwendung der linearen und quadratischen Programmierung	344
6.7.1. Einige Beziehungen der linearen und quadratischen Programmierung ...	344
6.7.2. Zustandsvariablen und Zustandsänderungsgleichungen der elasto-plastischen Stabwerke	345
6.7.3. Untersuchung der Zustandsänderung	348
6.7.4. Traglastverfahren	349
6.7.5. Untersuchung des Einspielens	350
6.7.6. Optimale Bemessung	351
7. Traglastverfahren von Platten und Schalen	353
7.1. Annahmen und Grundlagen	353
7.2. Traglastverfahren von Platten	354
7.2.1. Grundgleichungen	354
7.2.1.1. Kinematische Beziehungen	355
7.2.1.2. Gleichgewichtsbedingungen	356
7.2.1.3. Fließbedingungen	357
7.2.1.4. Das Formänderungsgesetz	360
7.2.1.5. Die Dissipationsfunktion	361
7.2.1.6. Grundlagen der Lösung	362
7.2.2. Kreisförmige Platten	363
7.2.2.1. Grundgleichungen	363
7.2.2.2. Durch eine gleichmäßig verteilte Last belastete, gelenkig gelagerte, kreisförmige Platte	364
7.2.2.3. Durch eine gleichmäßig verteilte Last belastete, eingespannte, kreisförmige Platte	366
7.2.2.4. Platten auf plastischer Unterlage	369

7.2.3. Rechteckige Platten	372
7.2.3.1. Statisch zulässige Lösung	373
7.2.3.2. Kinematisch hinreichende Lösung	374
7.2.4. Fließgelenklinien-Theorie der Stahlbetonplatten	376
7.3. Traglastverfahren von Schalen	377
7.3.1. Kreiszyinderschalen	378
7.3.1.1. Grundgleichungen	378
7.3.1.2. Durch einen äußeren Druck belastete Schale	386
7.3.2. Kegelschalen	390
7.3.2.1. Grundgleichungen	390
7.3.2.2. Durch inneren Druck belastete Schale	395
7.3.3. Stahlbetonschalen	400
7.4. Optimale Bemessung	404
7.4.1. Grundlagen	404
7.4.2. Lösung einiger Probleme	410
8. Spezielle Probleme	419
8.1. Verfestigende plastische Werkstoffe	420
8.1.1. Grundlagen und allgemeine Beziehungen	420
8.1.2. Plastizitätsbedingungen und Verfestigungsgesetz	423
8.1.2.1. Isotrope Verfestigung	424
8.1.2.2. Kinematische Verfestigung	425
8.2. Körnige Materialien	428
8.2.1. Fließbedingungen	428
8.2.1.1. Die Coulombsche Fließbedingung	428
8.2.1.2. Die verallgemeinerte Huber–v. Mises–Henckysche und die verallgemeinerte Trescasche Fließbedingung	431
8.2.1.3. Die Fließbedingung von Stassi D'Alia	432
8.2.2. Das Formänderungsgesetz	433
8.2.3. Ebener Verzerrungszustand	435
8.3. Viskose Werkstoffe	438
8.3.1. Die viskosen Eigenschaften der Werkstoffe	438
8.3.2. Viskoelastische Werkstoffe	443
8.3.3. Viskoplastische Werkstoffe	451
8.4. Stoßartig belastete plastische Tragwerke	458
8.4.1. Grundbegriffe und Grundgedanken	458
8.4.2. Einmassiges Modell mit einem Freiheitsgrad	461
8.4.3. Stoßartig belasteter Balken	465
8.4.4. Die näherungsweise dynamische Untersuchung von Tragwerken	470
Schrifttum	477
Namenverzeichnis	491
Sachwortverzeichnis	495