

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> . . . . .	1
<b>1 Stab, Stabwerk und Kontinuum</b> . . . . .	5
1.1 Plastostatik des Einzelstabes . . . . .	5
1.2 Stabwerke . . . . .	13
1.2.1 Grundbegriffe . . . . .	13
1.2.2 Fließort, Fließbedingung . . . . .	18
1.2.3 Konvexität . . . . .	26
1.2.4 Fließregel und Fließgesetz . . . . .	29
1.2.5 Extremalsätze . . . . .	35
1.3 Das plastische Kontinuum . . . . .	37
1.3.1 Grundlagen . . . . .	37
1.3.2 Allgemeines Fließgesetz . . . . .	41
1.3.3 Extremalsätze . . . . .	47
1.3.4 Spezielle Fließgesetze für isotropes, inkompressibles Material . .	49
1.3.4.1 Hauptzustandsraum . . . . .	49
1.3.4.2 Fließgesetz nach Tresca . . . . .	53
1.3.4.3 Fließgesetz nach Lévy-Huber- v. Mises . . . . .	55
1.3.4.4 Ebenes Fließen . . . . .	56
1.3.5 Anisotrope Fließgesetze nach v. Mises-Hill und Sawczuk-Ilev .	58
1.3.6 Fließgesetz nach Coulomb-Mohr für isotropes, kompressibles Ma- terial und Verallgemeinerungen . . . . .	68
<b>2 Einige geschlossene Lösungen und deren Erweiterungen</b> . . . . .	74
2.1 Zug-, Druck- und Torsionsbeanspruchung gerader Stäbe mit Voll- und Hohlquerschnitten . . . . .	74
2.1.1 Torsion von Rundstäben und Kreiszylindern . . . . .	74
2.1.2 Längenänderung bei der Torsion anisotroper Stäbe . . . . .	78
2.1.3 Isotropes Rohr unter kombinierter Beanspruchung . . . . .	79
2.1.4 Torsion von Stäben mit beliebigen Vollquerschnitten . . . . .	82

<b>2.2 Biegen . . . . .</b>	<b>89</b>
2.2.1 Einführung . . . . .	89
2.2.2 Blechbiegen (ebenes Fließen) . . . . .	91
2.2.3 Rückfederung und Restspannungen . . . . .	99
2.2.4 Hochkantbiegen (ebener Spannungszustand) . . . . .	103
2.2.5 Ergänzungen . . . . .	107
<b>2.3 Axialsymmetrische Umformung von Blech und dünnwandigen Hohlprofilen . . . . .</b>	<b>109</b>
2.3.1 Tiefziehen . . . . .	109
2.3.2 Ziehen durch konische Matrizen . . . . .	117
2.3.3 Streckziehen . . . . .	122
2.3.4 Hydrostatisches Abstrecken . . . . .	128
2.3.5 Membran unter Stoßbelastung . . . . .	131
<b>2.4 Rotationssymmetrisches ebenes Fließen eines körnigen Materials . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>3 Elementare Plastizitätstheorie . . . . .</b>	<b>143</b>
3.1 Stauchen und Schmieden . . . . .	143
3.2 Ziehen von Draht und metallischen Rundstäben . . . . .	151
3.3 Walzen von Blech . . . . .	156
3.4 Gebirgsschlag . . . . .	161
<b>4 Schrankenverfahren und verwandte Methoden . . . . .</b>	<b>168</b>
4.1 Trennvorgänge in Metallen . . . . .	168
4.1.1 Lochen, Stanzen und Schneiden; Traglast einer Platte auf gelochtem Fundament . . . . .	168
4.1.2 Spanen . . . . .	175
4.2 Zug- und Druckumformung von Metallen . . . . .	182
4.2.1 Strang- und Fließpressen mit rechtwinkligem Block-Aufnehmer . . . . .	182
4.2.2 Ziehen und Pressen durch Düsen . . . . .	190
4.2.3 Stauchen und Schmieden . . . . .	194
4.3 Traglastprobleme bei körnigem Material . . . . .	198
4.3.1 Rechteckfundament auf „gewichtlosem“ Untergrund . . . . .	198
4.3.2 Abstützung eines bergmännischen Hohlraumes . . . . .	201
4.4 Numerische Methoden . . . . .	204
<b>5 Charakteristikenverfahren . . . . .</b>	<b>210</b>
5.1 Plastokinetik des Einzelstabes . . . . .	210
5.1.1 Grundlagen . . . . .	210
5.1.2 Geschwindigkeitsunabhängiger Werkstoff . . . . .	216
5.1.2.1 Charakteristische Gleichungen . . . . .	216
5.1.2.2 Charakteristiken und Wellen . . . . .	217
5.1.2.3 Schockfronten . . . . .	219
5.1.2.4 „Bilineares“ Material . . . . .	221

5.1.3 Anwendungen . . . . .	223
5.1.3.1 Belastung und Entlastung des halb-unendlichen Stabes . . . . .	223
5.1.3.2 Hochgeschwindigkeitsschmieden . . . . .	224
5.2 Ebenes Fließen . . . . .	229
5.2.1 Grundlagen . . . . .	229
5.2.2 Gleitlinientheorie für inkompressibles Material . . . . .	232
5.2.2.1 Charakteristische Gleichungen des Spannungszustandes . .	232
5.2.2.2 Charakteristische Gleichungen des Geschwindigkeitszustandes . . . . .	236
5.2.2.3 Gleitliniennetze in der Fließ-, Spannungs- und Hodographenebene . . . . .	238
5.2.2.4 Unstetigkeiten und starre Zonen . . . . .	245
5.2.3 Anwendungen . . . . .	250
5.2.3.1 Strangpressen mit $\frac{2}{3}$ -Reduktion . . . . .	250
5.2.3.2 Strangpressen mit beliebiger Reduktion . . . . .	258
5.2.3.3 Eindringen eines Starrkörpers in den plastischen Halbraum	263
5.2.3.4 Weitere Beispiele . . . . .	265
5.2.4 Isotropes granulares, kompressibles Material . . . . .	268
5.3 Axialsymmetrisches Fließen . . . . .	271
5.3.1 Grundlagen . . . . .	271
5.3.2 Zwei Sonderfälle . . . . .	273
5.3.3 Gleitlinientheorie . . . . .	275
5.3.3.1 Allgemein . . . . .	275
5.3.3.2 Anwendung: Drahtziehen . . . . .	276
5.3.4 Hauptlinientheorie . . . . .	280
5.3.4.1 Allgemein . . . . .	280
5.3.4.2 Weitere Sonderfälle und Anwendungen . . . . .	285
5.4 Ergänzungen . . . . .	289
<b>Anhang . . . . .</b>	<b>291</b>
A.1 Erinnerung an die Matrizenalgebra . . . . .	291
A.1.1 Matrizen und Determinanten . . . . .	291
A.1.2 Lineare Gleichungssysteme . . . . .	294
A.2 Grundbegriffe der stoffunabhängigen Kontinuumsmechanik . . . . .	296
A.2.1 Spannungen, Formänderungen, Formänderungsleistung . . . . .	296
A.2.2 Gleichgewicht und Verträglichkeit . . . . .	301
A.2.3 Koordinatendrehung . . . . .	305
A.3 Systeme linearer partieller Differentialgleichungen . . . . .	308
A.3.1 Problemstellung . . . . .	308
A.3.2 Charakteristiken . . . . .	309
A.3.3 Massausche Gitterkonstruktion . . . . .	312
A.3.3.1 Allgemein . . . . .	312
A.3.3.2 Erstes Anfangswertproblem . . . . .	314
A.3.3.3 Zweites Anfangswertproblem . . . . .	317

A.3.3.4 Drittes Anfangswertproblem . . . . .	317
A.3.3.5 Umkehrproblem . . . . .	317
A.3.3.6 Spezialfall $n = 2$ . . . . .	319
<b>A.3.4 Ergänzungen . . . . .</b>	<b>319</b>
<b>Literatur . . . . .</b>	<b>321</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>345</b>