

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Stab, Stabwerk und Kontinuum</b>	<b>5</b>
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-Ivlev	58
1.3.6 Fließgesetz nach Coulomb-Mohr für isotropes, kompressibles Material und Verallgemeinerungen	68
<b>2 Einige geschlossene Lösungen und deren Erweiterungen</b>	<b>74</b>
2.1 Zug-, Druck- und Torsionsbeanspruchung gerader Stäbe mit Voll- und Hohlquerschnitten	74
2.1.1 Torsion von Rundstäben und Kreiszyindern	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

2.2 Biegen . . . . .	89
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
2.3 Axialsymmetrische Umformung von Blech und dünnwandigen Hohlprofilen . . . . .	109
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
2.4 Rotationssymmetrisches ebenes Fließen eines körnigen Materials . . . . .	135
<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 $2/3$ -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
A.3.4 Ergänzungen . . . . .	319
<b>Literatur . . . . .</b>	<b>321</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>345</b>