

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Einleitung | 1 |
| 1 Stab, Stabwerk und Kontinuum | 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 Extreimalsätze | 35 |
| 1.3 Das plastische Kontinuum | 37 |
| 1.3.1 Grundlagen | 37 |
| 1.3.2 Allgemeines Fließgesetz | 41 |
| 1.3.3 Extreimalsätze | 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 |
| 2 Einige geschlossene Lösungen und deren Erweiterungen | 74 |
| 2.1 Zug-, Druck- und Torsionsbeanspruchung gerader Stäbe mit Voll- und Hohlquerschnitten | 74 |
| 2.1.1 Torsion von Rundstäben und Kreiszyllindern | 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 |
| 3 Elementare Plastizitätstheorie | 143 |
| 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 |
| 4 Schrankenverfahren und verwandte Methoden | 168 |
| 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 |
| 5 Charakteristikenverfahren | 210 |
| 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 |
| Anhang | 291 |
| 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 |
| Literatur | | 321 |
| Sachverzeichnis | | 345 |