

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	XI
1 Einleitung und Überblick	1
Teil A Elementare Theorie des Materialverhaltens	7
2 Rheologische Modelle	9
2.1 Grundmodelle	9
2.2 Viskoelastisches Verhalten	10
2.3 Plastisches Verhalten	20
2.4 Viskoplastisches Verhalten	26
3 Phänomenologische Beschreibung von Materialverhalten	29
3.1 Prozeßklasse und Ausgabefunktional	29
3.2 Experimente	30
3.3 Verhalten der rheologischen Modelle	31
3.4 Bearbeitung der Probe	32
3.5 Zustand	33
3.6 Zustandsgleichung und Zustandsübergang	34
3.7 Zustandsbeschreibung der rheologischen Modelle	35
3.8 Klassifikation des Materialverhaltens	37
3.9 Existenz von Geschichtsfunktionalen	39
3.10 Die Nollschen Theorien der einfachen Stoffe	44
3.11 Experimente an semielastischen Proben	45
3.12 Zusammenfassung	45
4 Passivität und Stabilität	47
4.1 Passivität	47
4.2 Stabilität von Ruhelagen	49
4.3 Andere Deutung der Stabilitätsdefinition	51
4.4 Gleichgewicht als notwendige Stabilitätsbedingung	51
4.5 Existenz einer Mulde als hinreichende und notwendige Stabilitätsbedingung	52
4.6 Das Zufuhrkriterium als hinreichende Stabilitätsbedingung	53
4.7 Zusammenhang zwischen Stabilität und Passivität	54
4.8 Das Energiekriterium als hinreichende Stabilitätsbedingung	55

4.9	Quasistatische Arbeit	55
4.10	Anwendung auf spezielle Stoffgesetze	57
4.11	Konstitutive Ungleichungen	62
4.12	Zusammenfassung	63
Teil B Kontinuumstheorie		65
5	Lineare Algebra	66
5.1	Vektorräume	66
5.2	Lineare Abbildungen von Vektorräumen	67
5.3	Invertierbare Abbildungen	71
5.4	Die Abbildungen $\text{Lin}(\mathcal{F}, \mathcal{T})$	74
5.5	Die Abbildungen $\text{Lin}(\mathcal{T}, \mathcal{T}^*)$	78
5.6	Inneres Produkt	79
5.7	Tensoren	81
5.8	Bemerkungen zum Kalkül	85
6	Kontinuumsmechanik und -thermodynamik	88
6.1	Messungen	88
6.2	Koordinaten	91
6.3	Felder	92
6.4	Körper	95
6.5	Lokale Plazierung	97
6.6	Masse	99
6.7	Bewegung und Verformung	100
6.8	Beobachterwechsel	103
6.9	Dynamik	105
6.10	Kinetik	110
6.11	Hitze	111
6.12	Thermodynamik	112
6.13	Beispiel	113
7	Ergänzungen	115
7.1	Innere Energie	115
7.2	Lokaler Plazierungswechsel	116
7.3	Verwendung einer Bezugsplazierung	119
7.4	Differentiation allgemeiner sowie isotroper Funktionen	122
7.5	Generalisierte Verzerrungen und Spannungen	130
7.6	Verzerrungs- und Beanspruchungsgeschwindigkeiten	134
7.7	Koaxiale Verformungsprozesse	139
7.8	Symmetrien und Potentiale	139
7.9	Wahl der unabhängigen Variablen	143
7.10	Theorien kleiner Verformungen	145
7.11	Formelsammlung zur Kinematik und Dynamik	147
7.12	Übungsbeispiel	148

Teil C Grundlagen der Materialtheorie	157
8 Die Theorie der einfachen Stoffe	158
8.1 Wahl der Variablen	158
8.2 Passivität	162
8.3 Das thermoelastische passive Materialelement	165
8.4 Variablentausch	171
8.5 Zwangsbedingungen	172
8.6 Klassifikation von Materialverhalten	176
8.7 Symmetrie elastischer und thermoelastischer Materialelemente	177
8.8 Symmetrie elastischer Steifigkeiten	181
8.9 Experimente	183
9 Konstruktion mechanischer Stoffgleichungen I: Die Hintereinanderschaltung	189
9.1 Kinematik des inelastischen Gleitens	189
9.2 Dynamik des inelastischen Gleitens	191
9.3 Mehrere Gleitmechanismen	194
9.4 Allgemeine inelastische Verformung	197
9.5 Fließregel	200
9.6 Weitere Formen der Darstellung	200
9.7 Formelsammlung zur Hintereinanderschaltung elastischer und inelastischer Verformung	205
9.8 Symmetrien des elastischen und inelastischen Verhaltens	206
9.9 Einfachste isotrope Ansätze	210
9.10 Die momentane inelastische Konfiguration als Zustandsvariable	213
9.11 Inkrementelle isotrope Stoffgleichungen	214
9.12 Integration spezieller Ansätze	216
9.13 Koaxiale rotationssymmetrische Prozesse	219
9.14 Einfache Scherung	223
9.15 Kleine elastische Verzerrungen (Hookesches Gesetz)	232
9.16 Genäherte Integration bei langsamer Verformung eines Maxwell- Materials	233
9.17 Unechte Hintereinanderschaltung	236
10 Konstruktion mechanischer Stoffgleichungen II: Die Parallelschaltung	241
10.1 Viskoses Material	241
10.2 Parallelschaltung der Beanspruchungen	246
10.3 Isotrope Viskoelastizität	250
10.4 Kompliziertere Schaltungen	254
11 Weiterer Ausbau der Theorie	264
11.1 Passivität thermomechanischer Materialelemente	264
11.2 Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung mit thermischen Variablen und Verfestigung	267

11.3	Stoffgleichungen mit eingeschränktem Anwendungsbereich	275
11.4	Zur formalen Übertragbarkeit der rheologischen Modelle	284
11.5	Inkrementelle Nichtlinearität	285
11.6	Starrplastische Materialmodelle	292
Teil D Sondergebiete der Materialtheorie		297
12	Materielle Stabilität	298
12.1	Thermomechanische Stabilität des Kontinuums	298
12.2	Notwendige Bedingungen für die mechanische Stabilität homogener Körper	307
12.3	Stabilität thermoelastischer Körper	313
12.4	Polykonvexität	318
12.5	Infinitesimale Polykonvexität	325
12.6	Stabiles und metastabiles Gleichgewicht	336
12.7	Phasenerfall beim Fluid	343
12.8	Phasenerfall beim Festkörper	347
12.9	Stabilität viskoelastischer Körper	350
12.10	Stabilität plastischer Körper	353
13	Homogenisierung	361
13.1	Mittelwerte	361
13.2	Wirksame Steifigkeit	366
13.3	Einschließungssätze	377
13.4	Nichtelastisches Verhalten	382
14	Beschreibung spezieller Verhaltensweisen	385
14.1	Integraldarstellungen in der Viskoelastizität	385
14.2	Kriechverfestigung	400
14.3	Thixotropie und Rheopexie	404
14.4	Kriechbruch	408
14.5	Plastizität und Verfestigung	413
14.6	Memory-Effekt	424
15	Besonderheiten realer Materialien	429
15.1	Gummielastizität	429
15.2	Viskoelastisches Verhalten von Polymeren	439
15.3	Kriechen von Metallen	446
15.4	Granulare Materialien	449
Literaturverzeichnis		454
Sachverzeichnis		461