

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Nutzen numerischer Untersuchungen	1
1.2	Entwicklung numerischer Verfahren	4
1.3	Charakterisierung numerischer Verfahren	6
2	Modellierung kontinuumsmechanischer Probleme	11
2.1	Kinematik	11
2.2	Grundlegende Erhaltungsgleichungen	15
2.2.1	Massenerhaltung	16
2.2.2	Impulserhaltung	18
2.2.3	Drehimpulserhaltung	19
2.2.4	Energieerhaltung	19
2.2.5	Materialgesetze	20
2.3	Skalare Probleme	21
2.3.1	Einfache Feldprobleme	21
2.3.2	Wärmetransportprobleme	24
2.4	Strukturmechanische Probleme	26
2.4.1	Lineare Elastizitätstheorie	27
2.4.2	Stäbe und Balken	31
2.4.3	Scheiben und Platten	36
2.4.4	Lineare Thermoelastizität	40
2.4.5	Hyperelastizität	42
2.5	Strömungsmechanische Probleme	43
2.5.1	Inkompressible Strömungen	45
2.5.2	Reibungsfreie Strömungen	46
	Übungsaufgaben zu Kap. 2	47
3	Diskretisierung des Problemgebiets	49
3.1	Beschreibung der Problemgeometrie	49
3.2	Numerische Gitter	52
3.2.1	Gittertypen	53
3.2.2	Gitterstruktur	54
3.3	Erzeugung strukturierter Gitter	58
3.3.1	Algebraische Gittererzeugung	59

3.3.2	Elliptische Gittererzeugung	62
3.4	Erzeugung unstrukturierter Gitter	63
3.4.1	Advancing-Front-Methoden	64
3.4.2	Delaunay-Triangulierungen	66
	Übungsaufgaben zu Kap. 3	68
4	Finite-Volumen-Diskretisierung	69
4.1	Allgemeine Vorgehensweise	69
4.2	Approximation von Oberflächen- und Volumenintegralen	72
4.3	Diskretisierung konvektiver Flüsse	75
4.3.1	Zentraldifferenzen	76
4.3.2	Upwind-Verfahren	77
4.3.3	„Flux-Blending“-Technik	79
4.4	Diskretisierung diffusiver Flüsse	80
4.5	Nicht-kartesische Gitter	82
4.6	Diskretisierte Transportgleichung	85
4.7	Behandlung von Randbedingungen	86
4.8	Gesamtgleichungssystem	88
4.9	Berechnungsbeispiel	91
	Übungsaufgaben zu Kap. 4	93
5	Finite-Element-Diskretisierung	95
5.1	Das Galerkinsche Verfahren	95
5.2	Finite-Element-Verfahren	98
5.3	Eindimensionale Elemente	100
5.3.1	Linearer Ansatz	104
5.3.2	Kubischer Ansatz	106
5.3.3	Berechnungsbeispiel	107
5.4	Zweidimensionale Elemente	110
5.4.1	Dreieckselemente	113
5.4.2	Parallelogrammelemente	117
5.5	Aufstellen des Gesamtgleichungssystems	119
5.6	Numerische Integration	127
	Übungsaufgaben zu Kap. 5	129
6	Zeitdiskretisierung	131
6.1	Grundlagen	131
6.2	Explizite Verfahren	135
6.2.1	Explizite Einschrittverfahren	135
6.2.2	Explizite Mehrschrittverfahren	138
6.3	Implizite Verfahren	139
6.3.1	Implizite Einschrittverfahren	139
6.3.2	Implizite Mehrschrittverfahren	142
6.4	Berechnungsbeispiel	144
	Übungsaufgaben zu Kap. 6	147

7	Lösung der algebraischen Gleichungssysteme	149
7.1	Lineare Systeme	149
7.1.1	Direkte Lösungsmethoden	150
7.1.2	Klassische iterative Methoden	151
7.1.3	ILU-Verfahren	153
7.1.4	Konvergenz iterativer Verfahren	156
7.1.5	Konjugierte Gradientenverfahren	158
7.1.6	Vorkonditionierung	160
7.1.7	Vergleich von Gleichungslösern	161
7.2	Nichtlineare und gekoppelte Systeme	165
	Übungsaufgaben zu Kap. 7	167
8	Eigenschaften von Berechnungsverfahren	169
8.1	Eigenschaften von Diskretisierungsmethoden	169
8.1.1	Konsistenz	170
8.1.2	Stabilität	172
8.1.3	Konvergenz	177
8.1.4	Konservativität	178
8.1.5	Beschränktheit	179
8.2	Abschätzung des Diskretisierungsfehlers	181
8.3	Einfluß des numerischen Gitters	185
8.4	Wirtschaftlichkeit	188
	Übungsaufgaben zu Kap. 8	189
9	Finite-Element-Verfahren in der Strukturmechanik	191
9.1	Struktur des Gleichungssystems	191
9.2	Finite-Element-Diskretisierung	193
9.3	Anwendungsbeispiele	197
	Übungsaufgaben zu Kap. 9	203
10	Finite-Volumen-Verfahren für Strömungen	205
10.1	Struktur des Gleichungssystems	205
10.2	Finite-Volumen-Diskretisierung	206
10.3	Lösungsalgorithmen	212
10.3.1	Druckkorrekturverfahren	213
10.3.2	Druck-Geschwindigkeits-Kopplung	217
10.3.3	Unterrelaxation	222
10.3.4	Druckkorrekturvarianten	227
10.4	Behandlung von Randbedingungen	230
10.5	Berechnungsbeispiel	234
10.6	Turbulente Strömungen	241
10.6.1	Charakterisierung von Berechnungsmethoden	241
10.6.2	Statistische Turbulenzmodellierung	246
10.6.3	Das k - ε Turbulenzmodell	248
10.6.4	Randbedingungen für turbulente Strömungen	250

10.6.5	Diskretisierung und Lösungsverfahren	254
	Übungsaufgaben zu Kap. 10	255
11	Beschleunigung von Berechnungen	257
11.1	Mehrgitterverfahren	257
11.1.1	Prinzip der Mehrgittermethode.....	258
11.1.2	Zweigitterverfahren	261
11.1.3	Gittertransfers	263
11.1.4	Mehrgitterzyklen	264
11.1.5	Berechnungsbeispiele	267
11.2	Parallelisierung von Berechnungen	270
11.2.1	Parallelrechnersysteme	271
11.2.2	Parallelisierungsstrategien	272
11.2.3	Effizienzbetrachtungen mit Berechnungsbeispielen	277
	Übungsaufgaben zu Kap. 11	282
	Symbolverzeichnis	282