

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbetrachtungen zur Methode der finiten Elemente	1
1.1	Fachliche Einordnung	1
1.2	Historische Entwicklung	6
1.3	Überblick	8
1.4	Methodenübersicht	13
1.5	Idealisierung	18
1.6	Rechenprogramme	23
1.7	Vororientierung	28
2	Fehlerabgleichsverfahren	31
2.1	Lernziel	31
2.2	Grundgleichungen des Biegebalkens	32
2.3	Analytische Lösungen	35
	Übungsaufgabe 2.1	36
	Übungsaufgabe 2.2	36
2.4	Verfahren von Bubnov/Galerkin	37
	Übungsaufgabe 2.3	42
2.5	Verfahren von Ritz	42
2.6	Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate	46
	Übungsaufgabe 2.4	52
2.7	Ansatzfunktionen	52
	Übungsaufgabe 2.5	57
2.8	Abbruchfehler	58
	Übungsaufgabe 2.6	61
3	Deformationsmethode	63
3.1	Lernziel	63
3.2	Steifigkeitsmatrix des Biegebalkens	64
	Übungsaufgabe 3.1	72
	Übungsaufgabe 3.2	72
	Übungsaufgabe 3.3	72
	Übungsaufgabe 3.4	73
3.3	Steifigkeitsmatrizen anderer Stabelemente	73
3.3.1	Biegestab	74
3.3.2	Zug-Druck-Stab	76

3.3.3	Torsionsstab	78
3.3.4	Räumlicher Stab	80
3.3.5	Abschließende Anmerkungen zu den unterschiedlichen Stabelementen	86
	Übungsaufgabe 3.5	87
	Übungsaufgabe 3.6	87
	Übungsaufgabe 3.7	87
	Übungsaufgabe 3.8	87
3.4	Zusammenbau zum Gesamttragwerk	88
3.5	Berechnung des Gesamtsystems	101
3.5.1	Einzelfedern	102
3.5.2	Stützensenkungen und Einzellasten	105
3.5.3	Auflagerbedingungen	106
	Übungsaufgabe 3.9	108
3.5.4	Auflösung des Gleichungssystems	108
3.5.5	Auflagerkraftgrößen	118
	Übungsaufgabe 3.10	120
	Übungsaufgabe 3.11	120
	Übungsaufgabe 3.12	121
3.6	Berechnung der Schnittgrößen	121
3.7	Ablauf der Berechnungen	126
3.8	Kombinierte Tragwerksarten	128
3.9	Abschließende Bemerkungen	132
	Übungsaufgabe 3.13	133
4	Arbeitsprinzip	135
4.1	Lernziel	135
4.2	Prinzip der virtuellen Verrückungen und Arbeiten	136
4.2.1	Steifigkeitsbeziehung des Biegebalkens	146
4.2.2	Berücksichtigung von Stabendgelenken	155
	Übungsaufgabe 4.1	160
	Übungsaufgabe 4.2	160
4.3	Prinzip vom Minimum der potentiellen Energie	161
4.3.1	Steifigkeitsbeziehung des Zug-Druck-Stabs	167
4.4	Berücksichtigung von Temperaturdehnungen	176
4.4.1	Temperatur am Zug-Druck-Stab	178
4.4.2	Temperatur am Biegebalken	180
4.4.3	Abschließende Bemerkungen	183
	Übungsaufgabe 4.3	183
4.5	Steifigkeitsbeziehung des Gesamttragwerks	183
4.6	Konvergenzbetrachtungen	192
4.7	A-Posteriori-Fehler	202
4.7.1	p -Version	208
4.7.2	h -Version	210
4.8	Abschließende Bemerkungen	211
	Übungsaufgabe 4.4	211

5 Diskretisierte Systeme 213

5.1 Lernziel 213

5.2 Transformationen 213

5.2.1 Globale Knotenbezugssysteme 213

5.2.2 Räumliche Transformation der Verschiebungsgrößen 217

5.2.3 Exzentrische Anschlüsse 221

5.2.4 Globale Steifigkeitsbeziehung des räumlichen Stabs 224

5.3 Ebenes Fachwerk 226

5.4 Ebener Rahmen 230

5.5 Trägerrost 234

 Übungsaufgabe 5.1 240

 Übungsaufgabe 5.2 240

6 Übertragungsverfahren 243

6.1 Lernziel 243

6.2 Grundgleichungen des Übertragungsverfahrens 244

6.3 Herleitung der Steifigkeitsbeziehung mit Hilfe
 des Übertragungsverfahrens 250

 Übungsaufgabe 6.1 256

7 Schlußbemerkungen 257

8 Lösungen zu den Übungsaufgaben 259

Literaturverzeichnis 295

Sachverzeichnis 299