

<b>1</b>	<b>Vorbetrachtungen zur Methode der finiten Elemente . . . . .</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Fehlerabgleichsverfahren. . . . .</b>	<b>31</b>
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
<b>3</b>	<b>Deformationsmethode . . . . .</b>	<b>63</b>
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
<b>4</b>	<b>Arbeitsprinzip</b>	<b>135</b>
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

<b>5</b>	<b>Diskretisierte Systeme</b>	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
<b>6</b>	<b>Übertragungsverfahren</b>	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
<b>7</b>	<b>Schlußbemerkungen</b>	257
<b>8</b>	<b>Lösungen zu den Übungsaufgaben</b>	259
	<b>Literaturverzeichnis</b>	295
	<b>Sachverzeichnis</b>	299