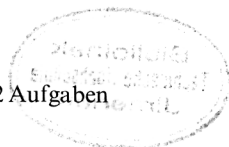


Numerische Mathematik für Ingenieure

Von Prof. Dipl.-Math. Jürgen Becker
Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Dreyer
Prof. Dr. Wolfhart Haacke
Prof. Dipl.-Math. Rudolf Nabert

2., überarbeitete Auflage
Mit 113 Bildern, 108 Beispielen und 52 Aufgaben



B. G. Teubner Stuttgart 1985

Inhalt

1 Fehler und Fehlerfortpflanzung (W. Haacke)

1.1 Maschinenzahlen	11
1.2 Fehlerarten	14
1.3 Fehlerfortpflanzung	15
1.4 In- und Output von Algorithmen	20
1.5 Aufgaben zu Abschnitt 1	22

2 Nullstellen (J. Becker)

2.1 Auflösung einer Gleichung mit einer Unbekannten	24
2.1.1 Regula falsi	28
2.1.2 Methode der sukzessiven Approximation	32
2.1.3 Newtonsches Näherungsverfahren	36
2.2 Auflösung zweier Gleichungen mit zwei Unbekannten	39
2.2.1 Methode der sukzessiven Approximation	39
2.2.2 Newtonsches Näherungsverfahren	42
2.3 Reelle und komplexe Nullstellen ganzer rationaler Funktionen mit reellen Koeffizienten	44
2.3.1 Horner-Schema zur Polynomberechnung, Newton-Verfahren	49
2.3.2 Methode von Bernoulli	56
2.3.3 Bairstow-Verfahren	64
2.3.4 Nachiteration	69
2.4 Aufgaben zu Abschnitt 2	76

3 Lineare Algebra (J. Becker)

3.1 Lineare Gleichungen, Lineare Systeme, Stiefel-Austauschverfahren	77
3.2 Berechnung der Kehrmatrix	85
3.3 Lösung linearer Gleichungssysteme	89
3.3.1 Verkürztes Stiefel-Verfahren	89
3.3.2 Determinante einer quadratischen Matrix	91
3.3.3 Verketteter Gauß-Algorithmus	93
3.3.4 Nachiteration	98
3.3.5 Gauß-Seidel-Einzelschrittverfahren zur iterativen Lösung linearer Gleichungssysteme	102
3.4 Eigenwerte und Eigenvektoren bei Matrizen	108
3.4.1 Stiefel-Algorithmus	112
3.4.2 Von Mises-Verfahren	120
3.5 Aufgaben zu Abschnitt 3	131

4 Elementare Einführung in die Methode der finiten Elemente (H.-J. Dreyer)

4.1	Einleitung	133
4.2	Zug-Druck-Stabelemente	135
4.2.1	Die Steifigkeitsmatrix eines Zugstabelementes	135
4.2.2	Umrechnung von Elementkoordinaten in Strukturkoordinaten	136
4.2.3	Stabwerk	137
4.3	Biegestabelement	140
4.3.1	Steifigkeitsmatrix	140
4.3.2	Gesamtsteifigkeitsmatrix zweier benachbarter Elemente gleicher Richtung	144
4.3.3	Biegestabsystem	145
4.4	Dreieckförmiges Scheibenelement	148
4.4.1	Spannung und Dehnung	148
4.4.2	Steifigkeitsmatrix des dreieckförmigen Scheibenelementes	149
4.4.3	Struktur aus Dreieckelementen	152
4.5	Aufgaben zu Abschnitt 4	159

5 Interpolation und Approximation (R. Nabert)

5.1	Interpolations- und Approximationsaufgaben der Technik	160
5.2	Interpolation	163
5.2.1	Differenzenschemata	164
5.2.2	Interpolationsformeln von Lagrange und Newton	168
5.2.3	Interpolation bei Funktionen mit zwei Veränderlichen	175
5.2.4	Spline-Interpolation	177
5.3	Approximation von Funktionen	185
5.3.1	Approximation im Gaußschen Sinne	186
5.3.2	Approximation im Tschebyscheffschen Sinne	193
5.3.3	Approximation elementarer Funktionen	208
5.4	Numerische Integration	211
5.4.1	Das Verfahren von Romberg	213
5.4.2	Gaußsche Integration	218
5.4.3	Monte-Carlo-Methoden	220
5.4.4	Vergleich der Integrationsverfahren	222
5.5	Numerische Differentiation	222
5.6	Aufgaben zu Abschnitt 5	224

6 Anfangswertprobleme bei gewöhnlichen Differentialgleichungen (W. Haacke)

6.1	Einführung	229
6.1.1	Euler-Verfahren	231
6.1.2	Verfahren von Adams-Bashfort	233
6.2	Einschrittverfahren	234
6.2.1	Der Ansatz von Runge-Kutta	236
6.2.2	Das Verfahren von Gill	238

6.3	Mehrschrittverfahren	242
6.3.1	Die Mittelpunktsregel	243
6.3.2	Der Ansatz von Hamming	244
6.3.3	Anlaufrechnung	246
6.3.4	Schrittweitenänderung	247
6.4	Extrapolationsverfahren	248
6.5	Zusammenfassung	251
6.6	Aufgaben zu Abschnitt 6	252
7	Rand- und Eigenwertaufgaben (H.-J. Dreyer)	
7.1	Differenzenverfahren	254
7.1.1	Herleitung einfacher Differenzenformeln	254
7.1.2	Verbesserung der Formeln	255
7.1.3	Mehrstellenverfahren	258
7.1.4	Differenzenausdrücke bei partiellen Ableitungen	259
7.2	Lineare Randwertaufgabe bei gewöhnlichen Differentialgleichungen. Träger auf zwei Stützen mit veränderlicher Biegesteifigkeit	261
7.2.1	Geschlossene Lösung	262
7.2.2	Berechnung mit einfachen Differenzenformeln	262
7.2.3	Berechnung mit dem verfeinerten Verfahren	265
7.2.4	Berechnung mit dem Mehrstellenverfahren	266
7.2.5	Vergleich der Verfahren	267
7.3	Nichtlineare Randwertaufgabe. Träger mit großer Durchbiegung	269
7.3.1	Lösung der linearisierten Aufgabe	270
7.3.2	Aufstellen der Differenzengleichung für die nichtlineare Aufgabe	271
7.3.3	Lösung des Ersatzsystems mit Iterationsverfahren	271
7.4	Eigenwertaufgaben bei gewöhnlichen Differentialgleichungen. Der an einem Ende eingespannte und am anderen Ende gelenkig geführte Knickstab	274
7.4.1	Herleitung der Differentialgleichung und Lösung	274
7.4.2	Berechnung mit dem einfachen Differenzenverfahren	275
7.4.3	Mehrstellenverfahren	278
7.4.4	Fehlerbetrachtungen	281
7.5	Randwertaufgabe bei partiellen Differentialgleichungen. Biegung einer Rechteckplatte	282
7.5.1	Vertikal unverschieblicher momentfreier Rand	283
7.5.2	Vertikal unverschieblicher eingespannter Rand	285
7.5.3	Aufspalten der Differentialgleichung	286
7.5.4	Fehlerbetrachtungen	288
7.6	Aufgaben zu Abschnitt 7	289
8	Numerische Geometrie (R. Nabert)	
8.1	Querschnitte von Flugzeug- und Schiffsrümpfen und ihre analytische Behandlung	290
8.2	Einführung homogener Koordinaten und einfache Anwendungen	292
8.3	Kollineare Abbildungen in der Ebene und im Raum	296
8.3.1	Allgemeine Formeln	297
8.3.2	Parallelprojektion und Perspektiven	300

8 Inhalt

8.4 Verwendung von Kegelschnitten und ihre analytische Behandlung 306

8.5 Aufgaben zu Abschnitt 8 313

9 Anhang

9.1 Lösungen zu den Aufgaben 315

9.2 Weiterführende Literatur 342

Sachverzeichnis 345