

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Computerarithmetik	1
1.1 Maschinenzahlen	1
1.2 Rundungsfehler und gezielte Rundungen	2
1.3 Einige Besonderheiten von PASCAL-SC und FORTRAN-SC	4
1.3.1 Arithmetische Grundoperationen	4
1.3.2 Optimales Skalarprodukt	5
1.4 Die Kondition eines Problems und die Güte eines Algorithmus	8
2 Eigenwerte und Eigenvektoren	13
2.1 Einführung	13
2.2 Ermittlung der Eigenwerte aus der charakteristischen Gleichung	18
2.2.1 Quadratische Gleichungen	18
2.2.2 Kubische Gleichungen	22
2.2.3 Polynome höheren Grades	24
2.3 Eigenwertermittlung mittels orthogonaler Ähnlichkeitstransformationen	25
2.3.1 Allgemeine SCHUR-Form	25
2.3.2 QR-Zerlegung mittels HOUSEHOLDER-Matrizen	28
2.3.3 Transformation auf HESSENBERG-Form	34
2.3.4 QR-Zerlegung einer HESSENBERG-Matrix	41
2.3.5 Reelle SCHUR-Form	46
2.3.6 QR-Verfahren zur Eigenwertermittlung	49
2.3.7 Zusammenfassung	60
2.4 Ermittlung der Eigenvektoren	61
2.4.1 Einleitung	61
2.4.2 Eigenvektorermittlung für die HESSENBERG-Form	62
3 Hochgenaue Lösung von Gleichungssystemen	68
3.1 Einleitung und NEWTON-Iterationsverfahren	68
3.2 Hochgenaue Lösung von Gleichungssystemen	70
3.2.1 Hochgenaue Lösung linearer Gleichungssysteme	70
3.2.2 Hochgenaue Lösung linearer Intervallgleichungen	79
3.2.3 Hochgenaue Berechnung der inversen Matrix	80
3.2.4 Hochgenaue Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme	81
3.3 Anwendung auf das Eigenwertproblem	88

3.3.1	Hochgenaue Berechnung reeller Eigenwerte und Eigenvektoren	88
3.3.2	Hochgenaue Berechnung komplexer Eigenwerte und Eigenvektoren	92
4	Steuerbarkeit und Eigenwertzuweisung (Polvorgabe)	96
4.1	Steuerbarkeit eines dynamischen Systems	96
4.1.1	Steuerbarkeit zeitdiskreter Systeme	96
4.1.2	Steuerbarkeit zeitkontinuierlicher Systeme	98
4.2	Numerische Untersuchung der Steuerbarkeit und Normalformen	100
4.2.1	Einfachsysteme	100
4.2.2	Mehrfachsysteme	113
4.3	Eigenwertzuweisung (Polverschiebung)	124
4.3.1	Zustandsrückführung	124
4.3.2	Zustandsrückführung bei Einfachsystemen	125
4.3.3	Numerische Ermittlung des Rückkoppelungsvektors für Einfachsysteme	129
4.3.4	Zustandsrückführung bei Mehrfachsystemen	145
4.3.5	Numerische Berechnung der Rückkoppelungsmatrix für Mehrfachsysteme	150
5	Beobachtbarkeit und Zustandsrekonstruktion	158
5.1	Beobachtbarkeit eines dynamischen Systems	158
5.1.1	Beobachtbarkeit zeitdiskreter Systeme	158
5.1.2	Beobachtbarkeit zeitkontinuierlicher Systeme	160
5.2	Numerische Untersuchung der Beobachtbarkeit	162
5.3	Zustandsrekonstruktion	162
6	Singulärwertzerlegung und Anwendungen	166
6.1	Einleitung	166
6.2	Numerische Berechnung der Singulärwerte	171
6.2.1	Verfahren von GOLUB und REINSCH	171
6.2.2	Hochgenaue Berechnung der Singulärwerte und Singulärvektoren	181
6.3	Anwendungen der Singulärwertzerlegung	187
6.3.1	Kanonische Systemzerlegung nach KALMAN	187
6.3.2	Geometrische Theorie der Störgrößenentkopplung	200
6.3.3	Balancierte Realisierung und Modellreduktion	216
6.3.4	Die Methode der kleinsten Quadrate und die Pseudoinverse	230
7	Simulation Dynamischer Systeme	236
7.1	Klassische Verfahren der Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen	236
7.1.1	Einleitung	236
7.1.2	Verfahrensfehler und TAYLOR-Reihe	239
7.1.3	Das RUNGE-KUTTA-Verfahren	243
7.1.4	Fehlerkorrektur und Schrittweitensteuerung	244
7.1.5	Algorithmen-Stabilität und steife Differentialgleichungen	246
7.2	Lineare Differentialgleichungen: Zustandsgleichungen	251
7.2.1	Transitionsmatrix	251

7.2.2	Simulation mit Hilfe der Transitionsmatrix	253
7.2.3	Numerische Berechnung der Transitionsmatrix über die Diagonalform	255
7.2.4	Numerische Berechnung der Transitionsmatrix über die Reihendarstellung	258
7.2.5	Berechnung der Transitionsmatrix mittels PADÉ-Approximation	260
7.2.6	Berechnung der Matrix $H(h)$	265
7.3	Simulation von Systemen mit Anfangswert- und Parameterintervallen .	266
7.3.1	Einleitung	266
7.3.2	Rekursive Berechnung der TAYLOR-Koeffizienten	270
7.3.3	Einschrittverfahren und lokale Fehler	275
7.3.4	Einschließung des globalen Fehlers	280
8	LJAPUNOV- und RICCATI-Gleichungen	286
8.1	Stabilität und LJAPUNOV-Gleichungen bei zeitkontinuierlichen Systemen	286
8.2	Stabilität von zeitdiskreten Systemen und LJAPUNOV-Gleichung	288
8.3	Numerische Lösung der LJAPUNOV-Gleichung	289
8.4	Optimale lineare Regler und RICCATI-Gleichung	295
8.5	Numerische Lösung der Matrix-RICCATI-Gleichung	298
9	Frequenzkennlinien	301
9.1	Einführung und Grundlagen	301
9.2	Numerische Berechnung der Frequenzkennlinien	307
9.3	Frequenzkennlinien für Systeme mit Parameterintervallen	314
A	Elemente der Intervallrechnung	316
A.1	Intervallarithmetik	316
A.2	Maschinenintervallarithmetik	320
A.3	Intervallmäßige Auswertung von Funktionen	322
A.4	Intervallvektoren und Intervallmatrizen	325
	Literaturverzeichnis	327
	Sachverzeichnis	332