

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>VORWORT</b> .....	11
<b>1 EINFÜHRUNG UND ÜBERSICHT</b> .....	13
1.1 Auf der Suche nach einem universellen und einfachen Reglerentwurfsverfahren .....	13
1.2 Ein neuer Zugang mittels Fourier-Reihen .....	17
1.3 Gliederung des Buches .....	21
Literatur zum Kapitel 1 .....	25
<b>2 ALGEBRAISIERUNG DER ZUSTANDSGLEICHUNGEN LINEARER   SYSTEME</b> .....	30
2.1 Ausgangspunkt und Voraussetzungen .....	30
2.2 Zeittransformation der Zustandsgleichungen .....	32
2.3 Grundlagen zur Approximation durch verallgemeinerte Fourier-Reihen .....	34
2.4 Definition und Eigenschaften der Legendre-Polynome .....	37
2.5 Überführung der Zustandsgleichungen in algebraische Beziehungen für die Fourier-Koeffizienten .....	42
2.6 Herleitung einer Übertragungsgleichung für die Fourier- Koeffizienten.....	48
2.7 Approximationsvorschrift für Übertragungsmatrizen .....	50
2.8 Zusammenhang der Algebraisierungsmethode mit der Laplace- Transformation.....	54
2.9 Anwendungsbeispiel zur näherungsweise Umkehrung der Laplace-Transformation .....	61
2.10 Wahl des Parameters $\alpha$ .....	62

2.11 Analytische Bestimmung des Approximationsfehlers .....	65
Literatur zum Kapitel 2 .....	67
<b>3 OFF-LINE-IDENTIFIKATION PARAMETRISCHER MODELLE ...</b>	<b>69</b>
3.1 Voraussetzungen und Herleitung der Synthesgleichung .....	69
3.2 Identifikation am offenen Regelkreis .....	71
3.3 Identifikation am geschlossenen Regelkreis .....	74
3.4 Anwendungsbeispiele .....	77
3.4.1 Speicherkraftwerk .....	78
3.4.2 Kamerageführtes Fahrzeug .....	82
3.5 Zusammenfassung und Vergleich mit anderen Identifikationsverfahren.	86
Literatur zum Kapitel 3 .....	90
<b>4 MODELLVEREINFACHUNG .....</b>	<b>92</b>
4.1 Anwendungsbeispiel zur Ordnungsreduktion .....	94
4.2 Anwendungsbeispiel zur Approximation transzendenter Funktionen ...	96
4.3 Approximation des Totzeitgliedes $e^{-T_t s}$ .....	98
Literatur zum Kapitel 4 .....	101
<b>5 ALGEBRAISCHER AUSGANGSREGLERENTWURF FÜR MEHRGRÖS-</b>	
<b>SENSYSTEME DURCH REGELGRÖSSENVORGABE .....</b>	<b>102</b>
5.1 Voraussetzungen und Formulierung der Entwurfsziele .....	104
5.2 Prinzipielle Vorgehensweise bei der Reglersynthese .....	106
5.3 Wahl einfacher Regelungsstrukturen .....	108
5.4 Herleitung geschlossener Formeln für P-, PD-, PI- und PID-	
Mehrgrößenregler .....	114
5.4.1 P- und PD-Regler mit Vorsteuerung .....	114
5.4.2 Modifizierte PI- und PID-Regelung .....	116
5.4.3 Standard-PI- und Standard-PID-Regler .....	118

5.5	Vorgabe des Wunschmodells $E_W(s)$ .....	119
5.6	Spaltenweiser Reglerentwurf bei diagonalem Führungsmodell $E_W(s)$ ...	126
5.7	Wahl der Parameter $\alpha$ und $T_N$ .....	130
5.8	Reglersynthese für $q > p$ .....	131
5.9	Einbeziehung von Multi-Modell-Systemen zum robusten PI-Reglerentwurf .....	133
5.10	Anwendungsbeispiele .....	135
5.10.1	Entwurf von P- und PI-Reglern für eine Kraftfahrzeug- Gasturbine ( $n = 6, p = q = 2$ ) .....	135
5.10.2	PID-Reglerentwurf zur Flugregelung ( $n = 10, p = q = 3$ ).....	141
5.10.3	PI-Reglerentwurf für eine totzeitbehaftete Destillations- kolonne ( $n = 10, p = q = 3$ ).....	145
5.10.4	Spaltenweise Synthese einer P-PI-Ausgangsregelung ( $n = 5, p = q = 3$ ).....	151
5.10.5	Entwurf einer PI-Ausgangsregelung für einen instabilen Rührkesselreaktor ( $n = 4, p = 2, q = 3$ ) .....	156
5.10.6	Robuster PI-Reglerentwurf für einen Hinterachsprüfstand ( $n = 19, p = q = 3$ ).....	158
5.11	Zusammenstellung der Entwurfsschritte und Synthesehinweise .....	165
	Literatur zum Kapitel 5 .....	167
<b>6</b>	<b>KOLLOKATIONSENTWURF VON MEHRGRÖSSEN-ABTASTREGLERN DURCH REGELGRÖSSENVORGABE.....</b>	<b>171</b>
6.1	Voraussetzungen und Vorbetrachtungen .....	173
6.2	Entwurfsziele und Entwurfsidee.....	175
6.3	Herleitung der Entwurfsgleichungen .....	176
6.4	Auswirkung des Gleichungsfehlers auf das Systemverhalten.....	181
6.5	Modifikation der Reglerstruktur .....	183
6.6	Synthesegleichungen für P-, PI-, PD- und PID-Abtastregler.....	185
6.6.1	P-Abtastregler mit Vorsteuerung.....	185
6.6.2	PI-Abtastregler.....	186

6.6.3	Modifizierter PI- und PID-Abtastregler .....	187
6.6.4	Modifizierter PD-Abtastregler .....	188
6.7	Vorgabe des gewünschten Führungsverhaltens .....	189
6.8	Hinweise zur Entwurfsdurchführung und Zusammenstellung Entwurfsschritte .....	191
6.9	Anwendungsbeispiele .....	193
6.9.1	Regelung einer Zweigrößenstrecke .....	194
6.9.2	Regelung einer Kraftfahrzeug-Gasturbine .....	198
6.9.3	Regelung einer totzeitbehafteten Destillationskolonne .....	200
6.10	Konsistenz des Abtastreglerentwurfs mit dem zeitkontinuierlichen Entwurf .....	208
6.11	Zusammenfassung und Bewertung .....	211
	Literatur zum Kapitel 6 .....	212
7	<b>REGLERENTWURF FÜR SYSTEME MIT VERTEILTEN PARAMETERN DURCH KOLLOKATION .....</b>	<b>214</b>
7.1	Voraussetzungen .....	216
7.2	Entwurfsmethodik und Zusammenstellung der Entwurfsschritte .....	219
7.3	Anwendungsbeispiele .....	221
7.3.1	Regelung eines Zweizonen-Durchlaufofens .....	222
7.3.2	Regelung eines Gegenstrom-Wärmetauschers .....	234
7.4	Zusammenfassung und Bewertung .....	240
	Literatur zum Kapitel 7 .....	241
8	<b>ANWENDUNG DER ALGEBRAISCHEN METHODE AUF NICHTLINEARE SYSTEME .....</b>	<b>243</b>
8.1	Ausgangspunkt und Voraussetzungen .....	243
8.2	Herleitung linearer Beziehungen in den Fourier-Koeffizienten .....	245
8.3	Allgemeine Vorgehensweise bei der Reglersynthese .....	255
8.4	Anwendungsbeispiel: Regelung eines Rührkesselreaktors .....	259

---

8.5 Erweiterung der Systemklasse durch zeilenweise Algebraisierung .....	269
Literatur zum Kapitel 8 .....	279

## ANHANG

A.1 Beweis der Beziehung (2.30) .....	280
A.2 Systemdaten des akademischen Beispiels zur Ordnungsreduktion .....	282
A.3 Invariante Nullstellen des geschlossenen Regelkreises .....	283
A.4 Existenznachweis der Inversionen in (5.26) und (5.27) .....	286
A.5 Systemdaten zu VSTOL (senkrecht startendes Flugzeug) .....	287
A.6 Dominanzmaße für zeitdiskrete Systeme .....	289
A.7 Beweis zu den Konsistenzbetrachtungen .....	290
A.8 Berechnung der Produktoperationsmatrizen $\underline{Q}_k$ .....	292
Literatur zum Anhang .....	294

SACHWORTVERZEICHNIS .....	297
---------------------------	-----