

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Der technische Regelkreis.....	2
1.2	Die Arbeitsweise einer Regelung.....	5
1.3	Der sozio-ökonomische Regelkreis.....	7
1.3.1	Die Angebotskurve.....	7
1.3.2	Die Nachfragekurve.....	7
1.3.3	Anpassungsprozess bei Marktungleichgewichten.....	8
1.4	Zusammenfassung.....	9
<b>2</b>	<b>Einführung in die komplexen Zahlen und Funktionen</b>	<b>11</b>
2.1	Die komplexen Zahlen.....	11
2.1.1	Die GAUSSsche Zahlenebene.....	14
2.1.2	Der Betrag einer komplexen Zahl.....	14
2.1.3	Die konjugiert komplexen Zahlen.....	15
2.1.4	Die trigonometrische Form komplexer Zahlen.....	16
2.1.5	Die Exponentialform einer komplexen Zahl.....	17
2.2	Die komplexen Funktionen.....	18
2.3	Beispiele.....	18
2.4	Übungsaufgaben.....	24
2.5	Zusammenfassung.....	26
<b>3</b>	<b>Einführung in die LAPLACE-Transformation</b>	<b>27</b>
3.1	Das Wesen der LAPLACE-Transformation.....	27
3.2	Die Transformationsintegrale.....	29
3.3	Der Aufbau der Korrespondenztafel.....	30
3.4	Methoden der Rücktransformation.....	33
3.4.1	Die Partialbruchzerlegung.....	33
3.4.2	Das Faltungsintegral.....	39
3.5	Beispiele.....	40
3.6	Übungsaufgaben.....	46
3.7	Zusammenfassung.....	47
<b>4</b>	<b>Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Zeitbereich</b>	<b>49</b>
4.1	Systeme und ihre Eigenschaften.....	49
4.2	Die Modellbildung eines Übertragungssystems.....	53
4.2.1	Das Aufstellen der Differentialgleichung.....	54
4.2.2	Systeme erster Ordnung.....	55
4.2.3	Systeme zweiter Ordnung.....	57
4.2.4	Systeme höherer Ordnung.....	65
4.2.5	Linearisiertes Systeme.....	67
4.2.6	Gekoppelte Systeme.....	68
4.3	Die Beschreibung eines Systems durch seine Antwortfunktion.....	72
4.3.1	Testfunktionen.....	72
4.3.2	Kennwertermittlung.....	75
4.4	Beispiele.....	78
4.5	Übungsaufgaben.....	85
4.6	Zusammenfassung.....	87

<b>5</b>	<b>Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Bildbereich</b>	<b>89</b>
5.1	Die Übertragungsfunktion.....	89
5.1.1	Definitionen.....	89
5.1.2	Beziehungen zwischen Übertragungs-, Gewichtungs- und Übergangsfunktion.....	90
5.1.3	Umformen von Blockstrukturen.....	91
5.2	Der Frequenzgang.....	96
5.2.1	Definition des Frequenzganges.....	96
5.2.2	Die Ortskurve.....	98
5.2.3	Das BODE-Diagramm.....	99
5.2.4	Das BODE-Diagramm elementarer Übertragungsglieder.....	101
5.3	Elementare Übertragungsglieder.....	104
5.3.1	Reguläre Übertragungsglieder.....	105
5.3.1.1	Das Proportionalglied (P-Glied).....	105
5.3.1.2	Das Verzögerungsglied 1. Ordnung (P-T <sub>1</sub> -Glied).....	106
5.3.1.3	Das Verzögerungsglied 2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glied).....	107
5.3.1.4	P-T <sub>2</sub> -Glied als Serienschaltung zweier P-T <sub>1</sub> -Glieder.....	109
5.3.1.5	Verzögerungsglieder höherer Ordnung (P-T <sub>n</sub> -Glieder).....	112
5.3.1.6	Das Integrierglied (I-Glied).....	115
5.3.1.7	Das Differenzierglied (D-Glied).....	118
5.3.2	Irreguläre Übertragungsglieder.....	122
5.3.2.1	Das Allpassglied.....	123
5.3.2.2	Das Totzeitglied (T <sub>1</sub> -Glied).....	126
5.4	Beispiele.....	127
5.5	Übungsaufgaben.....	137
5.6	Zusammenfassung.....	143
<b>6</b>	<b>Der Regler und sein Zeitverhalten</b>	<b>144</b>
6.1	Der proportional wirkende Regler (P-Regler).....	144
6.2	Der integral wirkende Regler (I-Regler).....	146
6.3	Der proportional-integral wirkende Regler (PI-Regler).....	147
6.4	Der proportional-differential wirkende Regler (PD-Regler).....	149
6.5	Der ideale PID-Regler.....	152
6.6	Der reale proportional-integral-differential wirkende Regler (PID-T <sub>1</sub> -Regler).....	156
6.7	Beispiele.....	159
6.8	Übungsaufgaben.....	162
6.9	Zusammenfassung.....	164
<b>7</b>	<b>Der Regelkreis</b>	<b>166</b>
7.1	Der Standard-Regelkreis.....	166
7.2	Die Regelkreisgleichung.....	167
7.3	Das Führungs- und Störverhalten im Standard-Regelkreis.....	168
7.3.1	P-Regler und P-T <sub>1</sub> -Strecke.....	168
7.3.2	P-Regler und P-T <sub>2</sub> -Strecke.....	170
7.3.3	I-Regler und P-T <sub>1</sub> -Strecke.....	171
7.3.4	I-Regler und I-Strecke.....	171
7.3.5	PI-Regler und I-Strecke.....	172
7.3.6	PI-Regler und P-T <sub>1</sub> -Strecke.....	173
7.3.7	PID-Regler und P-T <sub>2</sub> -Strecke.....	174
7.4	Das statische Verhalten des Regelkreises.....	177

7.5 Das dynamische Verhalten des Regelkreises.....	178
7.5.1 Das Stabilitätskriterium nach HURWITZ.....	181
7.5.2 Das Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	184
7.5.2.1 Das vereinfachte Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	184
7.5.2.1.1 Das vereinfachte NYQUIST-Kriterium in der Ortskurvendarstellung..	185
7.5.2.1.2 Das vereinfachte NYQUIST-Kriterium im BODE-Diagramm.....	188
7.5.2.2 Das allgemeine Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	190
7.6 Beispiele.....	192
7.7 Übungsaufgaben.....	198
7.8 Zusammenfassung.....	200
<b>8 Entwurf einer Regelung im Zeitbereich</b> .....	<b>202</b>
8.1 Statische und dynamische Kenngrößen eines Regelkreises.....	202
8.1.1 Regelfehler I. Ordnung.....	203
8.1.2 Regelfehler höherer Ordnung.....	203
8.2 Parameteroptimierung im Zeitbereich.....	206
8.2.1 Die Lineare Regelfläche.....	207
8.2.2 Die Betragsregelfläche.....	209
8.2.3 Die Zeitgewichtete Betragsregelfläche.....	209
8.2.4 Die Quadratische Regelfläche.....	209
8.3 Analytische Bestimmung der Reglerparameter.....	214
8.4 Praktische Einstellregeln.....	216
8.4.1 Die Einstellregeln von ZIEGLER und NICHOLS.....	216
8.4.2 Die Einstellregeln nach CHIEN, HRONES und RESWICK.....	218
8.4.3 Die Einstellregeln nach LATZEL.....	219
8.5 Beispiele.....	221
8.6 Übungsaufgaben.....	227
8.7 Zusammenfassung.....	229
<b>9 Entwurf einer Regelung im Frequenzbereich</b> .....	<b>231</b>
9.1 Die Kennwerte im offenen Regelkreis.....	231
9.2 Anwendung des Frequenzkennlinienverfahrens.....	234
9.3 Beispiele.....	237
9.4 Zusammenfassung.....	241
<b>10 Regelungen in betrieblichen Systemen</b> .....	<b>243</b>
10.1 Betriebliche Übertragungsglieder.....	244
10.2 Beispiele.....	245
10.3 Zusammenfassung.....	251
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>252</b>
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>254</b>