

Inhalt

1	Einführung in die Regelungstechnik	11
1.1	Grundbegriffe der Regelungstechnik	12
1.1.1	Steuern oder Regeln?	12
1.1.2	Die Größen des Regelkreises	14
1.1.3	Die Regelkreisglieder	16
1.2	Darstellung von Regelkreisen	19
1.2.1	Das Übertragungsglied.....	19
1.2.2	Der elementare Regelkreis.....	24
1.2.3	Darstellung in Fließbildern.....	30
1.3	Übungen	32
2	Das stationäre Verhalten von Regelkreisen	34
2.1	Die Kreisverstärkung	35
2.2	Das Führungsverhalten	37
2.3	Der stationäre Regelfehler	40
2.4	Das Störverhalten.....	42
2.4.1	Störgrößen im Vorwärtszweig.....	43
2.4.2	Störgrößen in der Rückführung.....	47
2.5	Übungen	50
3	Untersuchung von Übertragungsgliedern.....	53
3.1	Das Bode-Diagramm.....	55
3.2	Reihenschaltung von Frequenzgängen.....	61
3.3	Übertragungsfunktion	66
3.4	Ortskurve	66
3.5	Untersuchung im Zeitbereich.....	70
3.6	Die Laplace-Transformation	72
3.7	Modellbildung und Simulation	76
3.8	Übungen	79

4	Regelstrecken	80
4.1	Regelstrecken mit Ausgleich	80
4.1.1	Regelstrecken mit Ausgleich ohne Verzögerung.....	81
4.1.2	Verzögerungsglieder erster Ordnung	84
4.1.3	Verzögerungsglieder höherer Ordnung.....	91
4.1.4	Verzögerungsglieder zweiter Ordnung.....	100
4.1.5	Regelstrecken mit Totzeitverhalten	104
4.2	Regelstrecken ohne Ausgleich	108
4.2.1	Regelstrecken ohne Ausgleich und ohne Verzögerung	108
4.2.2	Regelstrecken ohne Ausgleich mit Verzögerung.....	115
4.3	Zusammengesetzte Regelstrecken	119
4.4	Übungen	122
5	Regeleinrichtungen	125
5.1	Regler mit Proportionalverhalten	126
5.2	Regler mit integralem Verhalten	129
5.3	Regler mit PI-Verhalten	132
5.4	Regler mit PD-Verhalten	137
5.5	Der PID-Regler	142
5.6	Übungen	149
6	Anforderungen an einen Regelkreis	151
6.1	Stabilität von Regelkreisen	151
6.2	Übungen	160
7	Bestimmung von Reglern	162
7.1	Integrale Gütekriterien.....	163
7.2	Praktische Entwurfsverfahren	165
7.2.1	Frequenzkennlinienverfahren	166
7.2.2	Kompensationsverfahren.....	170
7.2.2.1	Entwurf mit einem PI-Regler	171
7.2.2.2	Entwurf mit einem PID-Regler	174
7.2.3	Betragsoptimum	177
7.2.3.1	Ansatz des Betragsoptimums nach Typ 1	178
7.2.3.2	Ansatz des Betragsoptimums nach Typ 2	184
7.2.4	Allgemeine Optimierung nach dem Dämpfungsgrad	186
7.2.5	Reglerentwurf nach dem Betragsoptimum für Prozessstrecken	190
7.2.6	Symmetrisches Optimum	192

7.2.7	Einstellregeln nach Ziegler und Nichols	197
7.2.7.1	Reglerbestimmung an der Stabilitätsgrenze	197
7.2.7.2	Reglerbestimmung mittels Sprungantwort nach Ziegler und Nichols	200
7.2.8	Reglerbestimmung mittels Sprungantwort nach Chien, Hrones und Reswick (CHR)	202
7.3	Vermaschte Regelkreise	204
7.3.1	Störgrößenaufschaltung	204
7.3.2	Vorregelung	205
7.3.3	Regelung mit Hilfsstellgröße	206
7.3.4	Kaskadenregelung	207
7.4	Übungen	210
8	Unstetige Regler	212
8.1	Zweipunktregler	213
8.2	Zweipunktregler mit P-T ₁ - und Totzeitglied	219
8.3	Zweipunktregler mit Regelstrecken höherer Ordnung	223
8.4	Optimierung von Zweipunktreglern	225
8.4.1	Zweipunktregler mit Rückführung	225
8.4.2	Zweipunktregler mit verzögert-nachgebender Rückführung	226
8.5	Dreipunktregler	228
8.6	Übungen	234
9	Digitale Regler	236
9.1	Realisierung eines idealen PID-Reglers	239
9.1.1	P-Anteil	239
9.1.2	I-Anteil	240
9.1.3	D-Anteil	241
9.1.4	PID-Algorithmus	242
9.2	Der Bildbereich für Abtastsysteme	244
9.3	Der reale PID-Algorithmus	246
9.4	Wahl der Abtastperiode	248
9.5	Einstellregeln	249
9.6	Übungen	249
10	Lösungen zu den Übungen	251
10.1	Einführung in die Regelungstechnik	251
10.2	Das stationäre Verhalten von Regelkreisen	251

10.3 Untersuchung von Übertragungsgliedern	253
10.4 Regelstrecken.....	256
10.5 Regeleinrichtungen	257
10.6 Anforderungen an einen Regelkreis.....	260
10.7 Bestimmung von Reglern.....	262
10.8 Unstetige Regler	266
10.9 Digitale Regler.....	268
Verwendete Formelzeichen	270
Literatur	273
Index	275