

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	52
3.1	Das Bode-Diagramm	54
3.2	Reihenschaltung von Frequenzgängen	60
3.3	Übertragungsfunktion	65
3.4	Ortskurve	65
3.5	Untersuchung im Zeitbereich	69
3.6	Die Laplace-Transformation	71
3.7	Modellbildung und Simulation	75
3.8	Übungen	78

5	Regelstrecken	79
4.1	Regelstrecken mit Ausgleich	79
4.1.1	Regelstrecken mit Ausgleich ohne Verzögerung.....	80
4.1.2	Verzögerungsglieder erster Ordnung	83
4.1.3	Verzögerungsglieder höherer Ordnung.....	90
4.1.4	Verzögerungsglieder zweiter Ordnung.....	99
4.1.5	Regelstrecken mit Totzeitverhalten	103
4.2	Regelstrecken ohne Ausgleich	107
4.2.1	Regelstrecken ohne Ausgleich und ohne Verzögerung	107
4.2.2	Regelstrecken ohne Ausgleich mit Verzögerung.....	114
4.3	Zusammengesetzte Regelstrecken	118
4.4	Übungen	121
5	Regeleinrichtungen	124
5.1	Regler mit Proportionalverhalten	125
5.2	Regler mit integralem Verhalten	128
5.3	Regler mit PI-Verhalten	131
5.4	Regler mit PD-Verhalten	136
5.5	Der PID-Regler	141
5.6	Übungen	148
6	Anforderungen an einen Regelkreis	150
6.1	Stabilität von Regelkreisen	150
6.2	Übungen	159
7	Bestimmung von Reglern	161
7.1	Integrale Gütekriterien.....	162
7.2	Praktische Entwurfsverfahren	164
7.2.1	Frequenzkennlinienverfahren	165
7.2.2	Kompensationsverfahren	169
7.2.2.1	Entwurf mit einem PI-Regler	170
7.2.2.2	Entwurf mit einem PID-Regler	173
7.2.3	Betragsoptimum	176
7.2.3.1	Ansatz des Betragsoptimums nach Typ 1	177
7.2.3.2	Ansatz des Betragsoptimums nach Typ 2	183
7.2.4	Allgemeine Optimierung nach dem Dämpfungsgrad	185
7.2.5	Reglerentwurf nach dem Betragsoptimum für Prozessstrecken	189
7.2.6	Symmetrisches Optimum	191

7.2.7	Einstellregeln nach Ziegler und Nichols	195
7.2.7.1	Reglerbestimmung an der Stabilitätsgrenze	196
7.2.7.2	Reglerbestimmung mittels Sprungantwort nach Ziegler und Nichols	198
7.2.8	Reglerbestimmung mittels Sprungantwort nach Chien, Hrones und Reswick (CHR)	201
7.3	Vermaschte Regelkreise	202
7.3.1	Störgrößenaufschaltung	202
7.3.2	Vorregelung	204
7.3.3	Regelung mit Hilfsstellgröße	204
7.3.4	Kaskadenregelung	205
7.4	Übungen	208
8	Unstetige Regler	211
8.1	Zweipunktregler	212
8.2	Zweipunktregler mit P-T ₁ - und Totzeitglied	218
8.3	Zweipunktregler mit Regelstrecken höherer Ordnung	222
8.4	Optimierung von Zweipunktreglern	224
8.4.1	Zweipunktregler mit Rückführung	224
8.4.2	Zweipunktregler mit verzögert-nachgebender Rückführung	225
8.5	Übungen	227
9	Digitale Regler	229
9.1	Realisierung eines idealen PID-Reglers	232
9.1.1	P-Anteil	232
9.1.2	I-Anteil	233
9.1.3	D-Anteil	234
9.1.4	PID-Algorithmus	235
9.2	Der Bildbereich für Abtastsysteme	237
9.2.1	Realer PID-Algorithmus	239
9.3	Wahl der Abtastperiode	241
9.4	Einstellregeln	242
9.5	Übungen	242
10	Lösungen zu den Übungen	243
10.1	Einführung in die Regelungstechnik	243
10.2	Das stationäre Verhalten von Regelkreisen	243
10.3	Untersuchung von Übertragungsgliedern	245

10.4 Regelstrecken.....	247
10.5 Regeleinrichtungen	249
10.6 Anforderungen an einen Regelkreis.....	251
10.7 Bestimmung von Reglern.....	253
10.8 Unstetige Regler	257
10.9 Digitale Regler.....	258
Verwendete Formelzeichen	260
Literatur.....	263
Index.....	265