

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Regelung und Steuerung (closed-loop control and open-loop control)	1
1.2	Wirkungsplan (functional diagram)	3
1.3	Beispiele für Regelungen	7
1.3.1	Raumtemperaturregelung	7
1.3.2	Außentemperaturgeführte Vorlauftemperaturregelung	11
1.3.3	Kesseltemperaturregelung	12
1.3.4	Wasserstandsregelung mit Schwimmerregler	13
1.3.5	Druckregelung mit einem Druckminderventil	14
1.3.6	Kraftregelung eines Hydropuls-Systems	15
1.4	Die Steuerung von Größen	16
1.5	Übungsaufgaben	22
2	Übertragungsverhalten	29
2.1	Allgemeines	29
2.2	Beharrungsverhalten von Übertragungsgliedern	31
2.3	Dynamisches Verhalten von linearen Übertragungsgliedern	36
2.3.1	Proportionalglied oder P-Glied (Proportionalelement or P-element) . . .	37
2.3.2	Verzögerungsglied erster Ordnung oder P-T ₁ -Glied (firstorder lag element)	40
2.3.3	Integrierendes Glied oder I-Glied (integral element)	45
2.3.4	Differenzierendes Glied oder D-Glied und D-T ₁ -Glied (derivative element)	48
2.3.5	Totzeitglied oder T _t -Glied (dead-time element)	52
2.3.6	Verzögerungsglied 2. Ordnung oder P-T ₂ -Glied (second-order lag element)	54
2.4	Frequenzgang	59
2.5	Frequenzgänge wichtiger linearer Übertragungsglieder	63
2.5.1	P-Glied (proportional element)	63
2.5.2	I-Glied (integral element)	64
2.5.3	D-Glied (derivative element)	64
2.5.4	PI-Glied (proportional plus integral element)	64

2.5.5	PD-Glied (proportional plus derivative element)	65
2.5.6	PID-Glied (proportional plus integral plus derivative element)	65
2.5.7	P-T ₁ -Glied	66
2.5.8	P-T ₂ -Glied	66
2.5.9	T ₁ -Glied	66
2.6	Experimentelle Bestimmung des Frequenzganges	67
2.7	Frequenzgang zusammengesetzter Übertragungsglieder	69
2.8	Darstellung von Frequenzgängen in Ortskurven	74
2.9	Darstellung von Frequenzgängen im Bode-Diagramm	75
2.10	Ortskurven und Bode-Diagramme wichtiger Übertragungsglieder	78
2.10.1	P-Glied	78
2.10.2	I-Glied	79
2.10.3	D-Glied	82
2.10.4	PI-Glied	84
2.10.5	PD-Glied	87
2.10.6	PID-Glied	90
2.10.7	P-T ₁ -Glied	94
2.10.8	P-T ₂ -Glied	97
2.10.9	T ₁ -Glied	104
2.10.10	D-T ₁ -Glied	106
2.10.11	Zusammenfassung	107
2.11	Übungsaufgaben	112
3	Regelstrecken (controlled systems)	145
3.1	Allgemeines	145
3.2	Statisches Verhalten von Strecken mit Ausgleich	146
3.3	Dynamisches Verhalten von Strecken mit Ausgleich	147
3.3.1	Allgemeines	147
3.3.2	P-T ₀ -Strecke	148
3.3.3	P-T ₁ -Strecke	148
3.3.4	P-T ₂ -Strecke	150
3.3.5	T ₁ -Strecke	150
3.3.6	P-T ₁ T ₁ -Strecke	151
3.3.7	Dynamisches Verhalten nichtschwingungsfähiger P-T _k -Strecken	152
3.4	Dynamisches Verhalten von Strecken ohne Ausgleich	155
3.4.1	Allgemeines	155
3.4.2	Die I-T ₀ -Strecke	155
3.4.3	Die I-T ₁ -Strecke	156
3.4.4	Die I-T ₂ -Strecke	157
3.4.5	Dynamisches Verhalten nichtschwingungsfähiger I-T _k -Strecken	158
3.5	Übungsaufgaben	160

4	Stetige Regeleinrichtungen	171
4.1	Allgemeines	171
4.2	Die P-Regeleinrichtung	172
4.3	Die I-Regeleinrichtung	178
4.4	Die PI-Regeleinrichtung	182
4.5	Die PD-Regeleinrichtung	185
4.6	Die PID-Regeleinrichtung	188
4.7	Übungsaufgaben	191
5	Modellbildung	205
5.1	Allgemeines	205
5.2	Antriebswelle mit Reibung	206
5.3	Elastisch gekoppelte Massen	208
5.4	Lage geregelter Gleichstromservoantrieb	211
5.5	Drehzahlregelung eines Dieselmotors	212
5.6	Übungsaufgaben	216
6	Reglereinstellung	219
6.1	Allgemeines	219
6.2	Führungs- und Störverhalten von Regelkreisen	219
6.2.1	Allgemeines	219
6.2.2	Das Übertragungsverhalten realer und idealer Regelkreise	221
6.2.3	Statisches Übertragungsverhalten von Regelkreisen	222
6.2.3.1	Regelkreis mit P-Regler und Strecke mit Ausgleich	222
6.2.3.2	Regelkreis mit P-Regler und Strecke ohne Ausgleich	225
6.2.4	Dynamisches Verhalten von Regelkreisen mit Totzeitstrecken	226
6.2.4.1	P-Regler mit $P-T_t$ -Strecke	226
6.2.4.2	I-Regler und $P-T_t$ -Strecke	231
6.2.4.3	P-Regler und $P-T_1 T_t$ -Strecke	233
6.3	Einstellregeln	235
6.3.1	Allgemeines	235
6.3.2	Kenngößen des Regelkreises	236
6.3.3	Reglereinstellung nach den Kenngößen der Streckensprungantwort	238
6.3.4	Reglereinstellung nach einem Schwingversuch	246
6.4	Übungsaufgaben	249
7	Stabilität	257
7.1	Definition der Stabilität (stability)	257
7.2	Algebraische Stabilitätskriterien	258

7.3	Nyquist-Kriterium	266
7.4	Amplituden- und Phasenreserve (gain- and phase margin)	275
7.5	Übungsaufgaben	279