

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Aufgaben und Anwendungen der Regelungstechnik	3
1.1 Allgemeines zur Regelungstechnik.....	3
1.2 Aufgaben eines Regelungstechnikers	3
1.3 Anwendungen für Regelungen.....	4
2 Begriffe der Regelungstechnik	7
2.1 Grundprinzipien von Steuerung und Regelung	7
2.1.1 Steuerung.....	7
2.1.2 Regelung	8
2.2 Komponenten des Regelkreises.....	9
2.3 Benennungen und Abkürzungen regelungstechnischer Größen	9
3 Symbole der Regelungstechnik	15
3.1 Das Blockschaltbild (Wirkungsplan).....	15
3.1.1 Elemente von Blockschaltbildern.....	15
3.1.1.1 Wirkungslinie	16
3.1.1.2 Linearer Verarbeitungsblock	16
3.1.1.3 Additionsstelle	19
3.1.1.4 Verzweigungsstelle.....	20
3.1.1.5 Nichtlinearer Block.....	20
3.1.2 Umformen von Blockschaltbildern	22
3.2 Grafische Symbole für lösungsbezogene Darstellungen	24
4 Regelungsverfahren und -strukturen	27
4.1 Arten von Regelungen.....	27
4.2 Auslegung auf Führungs- oder Störungsverhalten.....	30
4.3 Festwertregelung	31
4.4 Folgeregelung.....	31
4.5 Regelung mit Hilfsregelgrößen-Aufschaltung.....	31
4.6 Kaskadenregelung	32
4.7 Verhältnisregelung.....	36
4.8 Störgrößenaufschaltung.....	37
4.8.1 Konstanthalten der Störgröße.....	38
4.8.2 Additive Störgrößenaufschaltung	38
4.8.3 Multiplikative Störgrößenaufschaltung	39
4.9 Grob-/Feinregelung.....	40
4.10 Mehrkomponentenregelung.....	41
4.11 Regelung mit Hilfsstellgröße	41
4.12 Regelung mit Vorsteuerung (Vorwärtssteuerung)	42
4.13 Adaptive Regelung	43

4.14	Stetige und unstetige Regelung.....	44
4.15	Analoge und digitale Regelung.....	45
4.16	Fuzzy-Regler	46
5	Regelstrecken.....	49
5.1	Allgemeines zu Regelstrecken.....	49
5.1.1	Theoretische Prozessanalyse	50
5.1.2	Experimentelle Prozessanalyse	51
5.2	Einteilung von Regelstrecken.....	53
5.2.1	Ordnung eines Systems.....	53
5.2.2	Regelstrecken mit Ausgleich.....	55
5.2.3	Regelstrecken ohne Ausgleich	55
5.2.4	Regelstrecken mit Totzeit.....	56
5.3	Kennlinien von Regelstrecken mit Ausgleich.....	57
5.3.1	Ermittlung der statischen (stationären) Kennlinie.....	57
5.3.2	Ermittlung der dynamischen Kennlinie	59
5.4	Arten von Regelstrecken.....	60
5.4.1	P-Strecke ohne Zeitverzögerung	60
5.4.2	P-Strecke mit Totzeit (T_1 -Strecke).....	61
5.4.3	PT_1 -Strecke (Verzögerungsglied erster Ordnung).....	63
5.4.4	PT_2 -Strecke (Verzögerungsglied zweiter Ordnung).....	65
5.4.5	pT_n -Strecke (Verzögerungsglied n-ter Ordnung).....	67
5.4.6	Nachbildung einer PT_n -Strecke.....	67
5.4.6.1	Wendetangenten-Methode.....	68
5.4.6.2	Zeitprozentkennwert-Methode.....	69
5.4.7	Regelbarkeit von Strecken höherer Ordnung	72
5.4.8	I-Strecke (Integrierglied)	73
5.4.9	IT_1 -Strecke (Integrierglied mit Verzögerung 1. Ordnung)	74
6	Regler.....	75
6.1	Aufgabe des Reglers, Reglereingriff.....	75
6.2	Arten von Reglern	77
6.2.1	Regler mit und ohne Hilfsenergie.....	78
6.2.2	Stetige Regler.....	78
6.2.3	Unstetige Regler.....	78
6.2.4	Unterscheidung nach mechanischem Aufbau.....	80
6.2.5	Analoge und digitale Regler.....	80
6.3	Sollwertvorgabe	87
6.4	Erfassen des Istwertes.....	88
6.5	Stellglieder.....	88
6.6	P-Regler	90
6.6.1	Proportionalbeiwert.....	90
6.6.2	Proportionalbereich.....	92
6.6.3	Bleibende Regelabweichung	97
6.6.4	Einstellung des Arbeitspunktes	98
6.6.5	Zusammenfassung P-Regler	101

6.6.6	Regler mit Dynamik.....	101
6.7	I-Regler.....	102
6.7.1	Eigenschaften.....	102
6.7.2	Nachstellzeit.....	104
6.7.3	Zusammenfassung I-Regler.....	106
6.8	D-Regler.....	106
6.8.1	Eigenschaften.....	106
6.8.2	Vorhaltzeit.....	109
6.8.3	Zusammenfassung D-Regler.....	111
6.9	PI-Regler.....	111
6.9.1	Eigenschaften.....	111
6.9.2	Zusammenfassung PI-Regler.....	115
6.10	PD-Regler.....	116
6.10.1	Eigenschaften.....	116
6.10.2	Zusammenfassung PD-Regler.....	122
6.11	PID-Regler.....	123
6.11.1	Eigenschaften.....	123
6.11.2	Zusammenfassung PID-Regler.....	127
6.12	Symbole für stetige Regler.....	128
6.13	Arbeitsweise von Regelkreisen mit stetigen Reglern.....	128
6.13.1	Stabilität.....	128
6.13.2	Führungsverhalten des Regelkreises.....	131
6.13.3	Störverhalten des Regelkreises.....	131
6.14	Unstetige Regler.....	132
6.14.1	Zweipunktregler.....	133
6.14.2	Dreipunktregler.....	139
6.14.3	Dreipunktschrittregler.....	139
6.15	Auswahl eines stetigen Reglers.....	140
7	Einstellung der Regelparameter.....	145
7.1	Allgemeines zu Optimierung und Einstellregeln.....	145
7.2	Schwingungsmethode nach Ziegler und Nichols.....	146
7.3	Auswertung der Sprungantwort nach Ziegler und Nichols.....	148
7.4	Auswertung der Sprungantwort nach Strejc.....	150
7.5	Einstellregeln nach Oppelt.....	152
7.6	Einstellregeln nach Rosenberg.....	152
7.7	Auswertung der Sprungantwort nach Chien, Hrones, Reswick.....	153
7.7.1	PT_n -Strecken.....	153
7.7.2	PT_1 -Strecken.....	154
7.7.3	IT_1 -Strecken.....	155
7.8	Einstellregeln nach dem T-Summen-Verfahren.....	156
7.9	Reglerauslegung nach dem Betragsoptimum.....	159
7.10	Empirisches Anpassen der Reglerparameter.....	162
8	Literaturverzeichnis.....	167
9	Stichwortverzeichnis.....	169