

1	Grundlagen	1
1.1	Begriffe	1
1.1.1	Steuern	1
1.1.2	Regeln	4
1.1.3	Regelungssystem	8
1.1.4	Normierung	12
1.1.5	Arbeitspunkt	14
1.1.6	Linearisierung	15
1.1.7	Signale	18
1.2	Mathematische Beschreibungen	22
1.2.1	Mathematische Beschreibung im Zeitbereich	22
1.2.2	Mathematische Beschreibung im Frequenzbereich	29
1.2.3	Mathematische Beschreibung digitaler Signale	31
1.2.4	Mathematische Beschreibung stochastischer Signale	33
1.3	Wirkungsplan	34
1.4	Testfunktionen	43
1.4.1	Sprungantwort	45
1.4.2	Impulsantwort	47
1.4.3	Anstiegsantwort	48
1.5	Antwortfunktionen für elementare Zeitverhalten	49
1.5.1	P-Verhalten	49
1.5.2	I-Verhalten	50
1.5.3	D-Verhalten	52
2	Regelstrecken	55
2.1	Definition	55
2.2	Analyse des Verhaltens von Regelstecken	55
2.3	Klassen von Regelstrecken	57
2.4	Strecken mit oder ohne Rückwirkung	58
2.5	Statisches Verhalten von Regelstrecken	59
2.5.1	Grundlagen	59

2.5.2	Kennlinien von Regelstreckenkomponenten	62
2.6	Zeitverhalten von Regelstrecken	70
2.6.1	Grundlagen	70
2.6.2	Totzeitverhalten	70
2.6.3	Zeitverhalten der P-T ₁ -Strecke	75
2.6.4	Nachbildung von P-Strecken höherer Ordnung	81
2.6.5	Kennwerte für schwingungsfähige P-Strecken	101
2.6.6	Strecken mit I-Verhalten	115
3	Regler	125
3.1	Allgemeines	125
3.2	Grundzeitverhalten des Reglers	126
3.3	P-Regler	128
3.3.1	Begriffe	128
3.3.2	Bleibende Regelabweichung	129
3.3.3	Kennlinie des P-Reglers	131
3.4	PI-Regler	137
3.4.1	Grundlagen	137
3.4.2	I-Teil des Reglers	138
3.4.3	Nachstellzeit T_i	140
3.4.4	PI-Regler in Parallelschaltung	143
3.5	PD-Regler	145
3.5.1	Der Verschwindeimpuls	145
3.5.2	Kennwerte des PD-Reglers	147
3.5.3	Vorhalt T_V	147
3.6	PID-Regler	150
3.7	Unstetige Regler	154
3.7.1	Arten von unstetigen Reglern	154
3.7.2	Erzeugen des Stellverhaltens eines Zweipunktreglers	158
4	Zusammenwirken von Regler und Strecken	161
4.1	Grundlagen	161
4.2	Regelkreisanalyse	162
4.2.1	Methodik der Analyse	162
4.2.2	Ablauf der Regelkreisanalyse	164
4.3	Spezielle Regelkreise	169
4.3.1	Regelkreis mit bleibender Regeldifferenz	169
4.3.2	Regelkreis ohne bleibende Regeldifferenz	183
4.3.3	Regelkreise mit schwingendem Verhalten	192
4.4	Empirische Einstellregeln	198
4.4.1	Stabilität	199
4.4.2	Einstellwerte aus der Sprungantwort	203

4.4.3	Regelgüte	205
4.4.4	Regleroptimierung	210
4.5	Zeitverhalten von Regelkreisen mit Zweipunktreglern	211
4.5.1	P-T ₁ -Strecke mit Zweipunktregler und Hysterese	211
4.5.2	Zeitverhalten eines Zweipunktreglers ohne Hysterese an einer P-T _i -Strecke	215
4.5.3	Verbesserung des Regelverhaltens	217
4.6	Digitale Algorithmen	217
4.6.1	Kopplung der Regelstrecke mit dem digitalen Regler	218
4.6.2	Digitales Modell der Regelstrecke	226
4.7	Regelschaltungen	230
4.7.1	Beispiele für einschleifige Regelkreise	231
4.7.2	Grob-Fein-Regelung	235
4.7.3	Störgrößenaufschaltung	236
4.7.4	Führungsgrößenaufschaltung	240
4.7.5	Verhältnisregelung	242
4.7.6	Kaskadenregelung	245
Literatur		251
Sachverzeichnis		253