

Inhalt

Vorwort — VII

1 Einführung — 1

- 1.1 Beispiele aus der Biotechnologie — 3
- 1.2 Automatisierungstechnik — 6
- 1.3 Regelungstechnik — 9
- 1.4 Überblick — 10

2 Der einfache Regelkreis — 11

- 2.1 Negatives Feedback — 12
- 2.2 Massenstromregelung — 15
- 2.3 Zweipunktregler — 17
- 2.4 Wichtige Begriffe und Symbole — 19
- 2.5 Aufgaben — 22

3 Dynamische Prozesse im Zeitbereich — 25

- 3.1 Füllstand in einem Behälter — 26
- 3.2 Massenstrom in einer Rohrleitung — 29
- 3.3 Temperatur in einem Rührreaktor — 29
- 3.4 Zellwachstum in einem Bioreaktor — 31
- 3.5 Allgemeine Differentialgleichungen — 34
- 3.6 Aufgaben — 36

4 Dynamische Prozesse im Frequenzbereich — 39

- 4.1 Laplace-Transformation — 39
- 4.2 Wichtige Eingangssignale — 46
- 4.3 Übertragungsfunktionen — 47
- 4.4 Stabilität — 49
- 4.5 Aufgaben — 51

5 Wichtige Prozesstypen — 53

- 5.1 Prozesse 1. Ordnung (PT_1) — 53
- 5.2 Integrierende Prozesse — 54
- 5.3 Prozesse 2. Ordnung — 56
 - 5.3.1 Nicht schwingfähiger Prozess ($d \geq 1$) — 58
 - 5.3.2 Schwingfähiger Prozess ($0 < d < 1$) — 60
 - 5.3.3 Oszillierender Prozess ($d = 0$) — 61
- 5.4 Dynamik von Nullstellen — 62
 - 5.4.1 Nullstelle bei Prozessen 1. Ordnung — 63
 - 5.4.2 Nullstellen bei Prozessen 2. Ordnung — 64

5.5	Totzeitprozesse —	66
5.6	Aufgaben —	66
6	Analyse des geschlossenen Regelkreises —	69
6.1	Eigenschaften von Übertragungsfunktionen —	69
6.2	Führungs- und Störübertragungsfunktion —	70
6.3	Charakteristische Gleichung —	72
6.4	Kriterien zur Bewertung der Regelgüte —	74
6.5	Aufgaben —	80
7	PID-Regler —	82
7.1	Definitionen —	82
7.1.1	P-Regler —	83
7.1.2	I-Anteil —	87
7.1.3	D-Anteil —	90
7.1.4	PID-Regler im Zeit- und Frequenzbereich —	90
7.2	Einstellregeln des PID-Reglers —	92
7.2.1	Wahl der Reglerstruktur —	92
7.2.2	Manuelles Einstellen —	93
7.2.3	Einstellregeln für Prozesse mit Ausgleich —	94
7.2.4	Einstellregeln für Prozesse ohne Ausgleich —	99
7.3	Anpassung des idealen PID-Reglers —	103
7.3.1	Modifizierung des P- und D-Anteils —	104
7.3.2	Integral-Windup —	105
7.3.3	Regler im Handbetrieb (Manual Mode) —	107
7.3.4	Implementierung des PID-Reglers —	108
7.4	Aufgaben —	112
8	Zusätzliche Kompensation von Störgrößen —	116
8.1	Störgrößenaufschaltung (Feedforward) —	117
8.1.1	Bestimmung der Feedforward-Reglerverstärkung K_f —	121
8.1.2	Implementierung des Feedforward-Reglers —	123
8.2	Kaskadenregelung —	124
8.2.1	Einstellen der PID-Parameter einer Kaskadenregelung —	126
8.2.2	Verbesserung der Regelgüte —	127
8.3	Kaskadenregelung und Feedforward —	128
8.4	Verstärkungsplanung —	129
8.4.1	Implementierung und Wahl der Reglerparameter —	130
8.4.2	Verstärkungsplanung für nichtlineare Prozesse —	131
8.5	Aufgaben —	132

9 Lösungen — 134

Literatur — 157

Stichwortverzeichnis — 159