

Grundlagen der Verfahrenstechnik für Automatisierungs- ingenieure

Von Prof. Dr.-Ing. Manfred Engshuber und
Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Müller

unter Mitwirkung von
Doz. Dr.-Ing. Dieter Schilk und
Dr.-Ing. Werner Stölzel

2., überarbeitete Auflage

Mit 142 Bildern und 33 Tabellen



Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
Leipzig · Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenwirken von Verfahrenstechnik und Automatisierung	11
1.1.	Notwendigkeit der Zusammenarbeit von Verfahrenstechnik und Automatisierungstechnik.....	11
1.2.	Wechselwirkungen zwischen Gestaltung der technologischen Anlage und der Automatisierungskonzeption	13
1.3.	Automatisierungsgerechte Anlagengestaltung	14
1.3.1.	Dynamische Betrachtungen bei der Konstruktion von Grund- ausrüstungen	20
1.3.2.	Automatisierungsgerechte Gestaltung bei der Anlagen- projektierung.....	22
1.3.3.	Einbeziehung der Automatisierbarkeit in die Entwurfskriterien von Grundausrüstungen und Anlagen	26
1.4.	Aufgabenkategorien der Automatisierung	26
1.5.	Modellierung technologischer Prozesse	28
1.5.1.	Theoretische oder experimentelle Prozeßanalyse	28
1.5.2.	Ziele der theoretischen Prozeßanalyse	30
2.	Einordnung, Gegenstand und Gliederung der Verfahrenstechnik.....	34
2.1.	Stellung der Verfahrenstechnik in der Technologie	34
2.2.	Gliederung der Verfahrenstechnik	37
2.3.	Systematisierung der Grundoperationen.....	41
2.4.	Einteilung der Stoffwandlung (Reaktionen)	41
3.	Graphische Darstellungen in der Verfahrenstechnik.....	45
3.1.	Grundfließbild.....	45
3.2.	Verfahrensfließbild.....	45
3.3.	Graphische Symbole und Kennzeichen für Grundausrüstungen.....	49
3.4.	Bildzeichen und Kennbuchstaben der MSR-Technik	52
3.5.	Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild	58
3.6.	Ergänzende Beschreibungen.....	59
3.7.	Darstellung von Sicherungsaufgaben	64

4.	Grundlegende Gesetzmäßigkeiten und Eigenschaften von Maschinen, Apparaten und Stellgliedern	73
4.1.	Erhaltungssätze	73
4.1.1.	Erhaltungssatz der Masse	74
4.1.2.	Zustandsgrößen der Energie in Gasen und Dämpfen	75
4.1.3.	Erhaltungssatz der Energie	78
4.2.	Gesetzmäßigkeiten bei Feststoffoperationen	81
4.3.	Gesetze der Hydromechanik	87
4.3.1.	Inkompressible Strömung in Rohren	88
4.3.2.	Eigenschaften der Kreiselpumpen	94
4.3.3.	Stellventile	100
4.3.4.	Kavitation	104
4.3.5.	Durchfluß bei kompressibler Strömung	106
4.3.6.	Eigenschaften von Turboverdichtern	109
4.3.7.	Flüssigkeiten mit besonderem Fließverhalten	119
4.3.8.	Durchfluß zäher Flüssigkeiten durch Stellventile	122
4.4.	Grundgesetze der Wärmeübertragung	127
4.4.1.	Formen des Wärmetransportes	127
4.4.2.	Wärmedurchgang	132
4.5.	Gesetze der Stoffumwandlung	133
4.5.1.	Phasengleichgewichte in Einstoffsystemen	134
4.5.2.	Phasengleichgewichte in Zweistoffsystemen	135
4.5.3.	Reaktionsgeschwindigkeiten	141
5.	Regelstrecken der Verfahrenstechnik und ihre Modellierung	146
5.1.	Allgemeines Vorgehen der theoretischen Prozeßanalyse	146
5.2.	Durchflußregelstrecken	158
5.2.1.	Stellprinzipien und ihre elektrischen Ersatzschaltbilder	158
5.2.2.	Berechnung der Übertragungsfunktion für ein Durchflußsystem mit inkompressibler Strömung	160
5.2.3.	Berechnung der Übertragungsfunktion für ein Durchflußsystem mit kompressibler Strömung	164
5.3.	Temperaturregelstrecken, Behandlung instationärer Wärme- übertragungsvorgänge anhand elektrischer Ersatzschaltbilder	170
5.4.	Grob vereinfachte Modellierung von Wärmeübertragern	175
5.5.	Berechnung der Übertragungsfunktion von Wärmeübertragern mit Hilfe partieller Differentialgleichungen und zweifacher LAPLACE-Transformation	178
5.6.	Niveauregelstrecken bei inhomogener Füllung	192

5.6.1.	Dampf-Flüssigkeits-Gemisch.....	192
5.6.2.	Nicht mischbare Flüssigkeiten.....	193
5.6.3.	Feststoff-Gas-Gemisch.....	194
5.7.	Qualitätsregelstrecken.....	195
5.8.	Bemerkungen zu technischen Besonderheiten.....	201
6.	Ausgewählte Grundoperationen der Verfahrenstechnik.....	204
6.1.	Mechanische Vorgänge.....	204
6.1.1.	Dosieren von Feststoffen.....	204
6.1.2.	Vermengen.....	212
6.1.3.	Brechen und Mahlen von Feststoffen.....	216
6.2.	Hydromechanische Vorgänge.....	223
6.2.1.	Mischen von Gasen.....	224
6.2.2.	Vereinigen von Stoffen zu dispersen flüssigen Systemen.....	227
6.3.	Stoffaustauschvorgänge.....	232
6.3.1.	Adsorbieren und Desorbieren.....	233
6.3.2.	Rektifizieren.....	238
6.3.3.	Trocknen.....	252
6.4.	Wärmevorgänge.....	261
6.4.1.	Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge.....	261
6.4.2.	Wärmevorgänge mit Phasenänderung.....	265
6.5.	Chemische Reaktionen.....	268
6.5.1.	Verbrennungsreaktionen.....	269
6.5.2.	Automatisierungslösungen für die Beheizung von Industrieöfen.....	274
7.	Betriebsweisen, Betriebsarten.....	278
7.1.	Kontinuierliche Betriebsweise.....	278
7.2.	Diskontinuierliche Betriebsweise.....	279
7.3.	Betriebsarten - das unterschiedliche Betreiben einer Anlage.....	280
8.	Spezielle Beispiele zum Zusammenhang zwischen Verfahrenstechnik und typischen Meß- und Stelleinrichtungen.....	282
8.1.	Meßfehler bei der Niveaumessung infolge Dichteunterschieden.....	283
8.2.	Meßfehler bei der Temperaturmessung infolge Wärme-strömungen.....	285
8.2.1.	Statische Fehler.....	288
8.2.2.	Dynamische Meßfehler.....	290

8.2.3. Näherungsbetrachtung für die Zeitkonstante eines Temperaturfühlers	291
8.2.4. Einfluß des Fühlerdurchmessers auf die Zeitkonstante	292
8.3. Statische Kennlinien bei Stelleingriff durch Drosselung	293
8.3.1. Heißdampfthermostatregelung durch Einspritzen als Beispiel eines Stelleingriffs	295
8.3.2. Einspritzkühler als Stellglied der Temperaturregelung	301
9. Binäre Prozeßanalyse	304
9.1. PETRI-Netz	304
9.2. Funktionsplan	307
9.3. Prozeßablaufplan	307
10. Sicherheitstechnik und Umweltschutz	310
Literaturverzeichnis	314
Richtlinien und Vorschriften	321
Verzeichnis von Formelzeichen und Indizes	323
Sachwörterverzeichnis	326