
Automatisierung von Chargenprozessen

von
Dipl.-Ing. Reiner Uhlig
und
Priv. Doz. Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Bruns

mit 184 Bildern und 20 Tabellen

R. Oldenbourg Verlag München Wien 1995

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1. Historische Entwicklung der Automatisierung von Chargenprozessen	7
1.1 Die Automatisierung im Zusammenhang mit der Entwicklung chemischer Prozesse	7
1.2 Die Automatisierung im Zusammenhang mit der Entwicklung der gerätetechnischen Mittel	14
1.2.1 Anforderungen	14
1.2.2 Das Taktsteuergerät	17
1.3 Die NAMUR und die Entwicklung der Automatisierung von Chargenprozessen	20
2. Verfahren von Chargenprozessen	29
2.1 Das Wissen über den Prozeß	29
2.1.1 Grundoperationen und Reaktionsstufen in einem Verfahren	44
2.2 Produktentwicklung, Prozesssynthese, Dokumentation des Verfahrens in der Rezeptur	51
3. Anlagen, Apparate und Geräte von Chargenprozessen	71
3.1 Strukturen	71
3.1.1 Teilanlage	74
3.2 Anlagenstrukturen von Chargenprozessen	79
3.2.1 Kopplungen	79
3.2.2 Klassifizierung nach der Anzahl der Produkte	82
3.2.3 Klassifikation nach der physischen Struktur	83
3.2.4 Klassifikation nach der Komplexität der Struktur von Anlagen	85
3.3 Apparate, Anlagenteile, Technische Einrichtungen	87
3.4 Geräte und Elemente	90
3.5 Verfahrenstechnische Konzeptionen von Anlagenteilen und Technischen Funktionen zum Heizen und Kühlen von Chargen ...	90
Verfahrenstechnische Anforderungen an ein Heiz- und Kühlsystem	92

3.6	Verfahrenstechnische Konzeption von Anlageteilen und Technischen Einrichtungen zum Dosieren	98
3.6.1	Dosieren von Flüssigkeiten	99
3.6.2	Dosieren von Flüssigkeiten aus Behältern und Rohrleitungen über Dosierspinne und Schlauchverbindung	101
3.6.3	Dosieren von Feststoffen	103
	Beispiel 1:	
	Dosierung über Aufgabestelle für Packmittel	103
	Beispiel 2:	
	Dosierung aus einem Silo über Behälterwaage und pneumatischer Förderung	103
4.	Einführung in die Automatisierung von Chargenprozessen	107
4.1	Allgemeines	107
4.2	Einführung in die Regelung von Prozessen	107
4.3	Regelstrecken	110
4.4	Regler und Regelkreise	118
	Mehrgrößenregelung	121
4.5	Steuerungstechnik	125
4.5.1	Modellierung der Prozesse	125
4.5.2	Modellierung von Steuerungen	127
4.6	Hierarchische Mehrebenensteuerungen	129
5.	Prozeßführung von Chargenprozessen	131
5.1	Rezeptfahrweise	131
5.2	Regelungs-, Sicherungs- und Steuerungskonzepte bei Chargenprozessen	150
5.2.1	Regelungskonzepte	150
5.2.1.2	Regelung der Produkttemperatur	160
5.2.1.3	Stabilitätsverhalten des diskontinuierlichen Rührkesselreaktors ..	166
5.2.1.4	Der Semibatch- oder Feed-Batch-Betrieb	169
5.2.1.5	Gehobene Funktionen der Reaktorregelung	174
5.2.2	Sicherheitskonzepte	177
5.2.2.1	Anlagensicherung mit Mitteln der Verfahrenstechnik	183
5.2.2.2	Anlagensicherung mit Mitteln der Prozeßleittechnik	183
5.2.2.3	Sicherheitsanalyse	190

5.2.2.4.	Konzeption von PLT-Schutzeinrichtungen	197
5.2.2.5	Gehobene Funktionen der Prozeßleittechnik zur Anlagensicherung	206
5.2.3	Steuerungskonzepte	209
5.2.3.1	Beispiel	211
5.2.3.2	Steuerungsfunktionen in der Prozeßnahen- oder Ausführungsebene	225
5.2.3.3	Steuerfunktionen der Ablaufebene	234
5.2.3.4	Steuerungsfunktion der Koordinierungsebene	254
6.	Entwurfsmethoden für die Steuerungsaufgaben in Chargenprozessen	265
6.1	Die Situation	265
6.2	Eine theoretisch fundierte und praktisch erprobte Entwurfsmethode nach [Helms u. a. (1989)]	271
6.3	Entwurfsmethoden für Koordinierungssteuerungen (Anlagensteuerung)	279
7.	Ein Projektierungsbeispiel	281
7.1	Von der Produktentwicklung bis zum Entwurf von Grundoperationen, Grundfunktionen und Steueroperationen	281
7.2	Beschreibung des Verfahrens	281
7.2.1	Kurzbeschreibung (modifizierte Form der Patentschrift)	281
7.2.2	Beschreibung der Verfahrensabschnitte anhand der Produktentwicklung (Syntheseweg und Reaktionsbedingungen)	283
7.3	Prozeßsynthese	283
7.3.1	Aufbau eines Ur-Rezepts	283
7.4	Beschreibung der Anlage	286
7.4.1	Anlagenschema	286
7.4.2	Strukturierung einer Teilanlage	288
7.4.3	Verhalten der technischen Funktion	290
7.5	Strukturierung des Grundrezeptes	291
7.5.1	Darstellung der Verfahrensvorschrift des Grundrezeptes als VAP-Überblick im Funktionsplan	292
7.5.2	Darstellung eines Teilgrundrezeptes als VAP-Überblick im Funktionsplan	293
7.5.3	Darstellung einer leitetechnischen Grundoperation	299
7.5.4	Grundoperationen „Puffern und Übergeben“ sowie „Übernehmen“	301

7.6	Struktur des Steuerrezeptes	303
7.6.1	Darstellung der Verfahrensvorschrift im Steuerrezept	306
7.6.2	Darstellung eines Teilsteuerrezeptes	307
7.6.3	Darstellung einer Steueroperation (Phase)	308
7.6.4	Darstellung einer in alle Einzelheiten formulierten Codierung einer Steueroperation	310
7.7	Darstellung einer Programmstruktur zur Anlagensteuerung ..	321
7.8	Anforderung an die Strukturierung für die Anlagensteuerung	327
8.	Validierung von Systemen zur Automatisierung von Chargenprozessen	331
Anhang	335
Begriffe	335
Sachregister	347