

Prozeßautomatisierung

Aufgabenstellung, Realisierung und Anwendungsbeispiele

Von Dr.-Ing. Gunter Bolch
Universität Erlangen-Nürnberg
und Dipl.-Inform. Martina-Maria Seidel, Berkeley

2., überarbeitete und erweiterte Auflage



B. G. Teubner Stuttgart 1993

Inhalt

1	Einleitung	13
2	Automatisierung technischer Prozesse	17
2.1	Entwicklung der Prozeßautomatisierung	17
2.2	Klassifizierung und Identifikation technischer Prozesse	24
2.2.1	Definitionen	24
2.2.2	Klassifizierung technischer Prozesse	25
2.2.2.1	Einteilung nach dem transportierten/umgeformten Medium	26
2.2.2.2	Einteilung nach Zeit- und/oder Ortsabhängigkeit der Prozeßgrößen	26
2.2.3*	Mathematische Modelle (Prozeßmodelle)	29
2.2.3.1	Beschreibung kontinuierlicher Prozesse durch Differentialgleichungen	30
2.2.3.2	Beschreibung kontinuierlicher Prozesse durch Zustandsdifferentialgleichungen	31
2.2.3.3	Beschreibung kontinuierlicher Prozesse durch Übertragungsfunktionen	34
2.2.3.4	Beschreibung kontinuierlicher Prozesse mit Testsignalen	36
2.2.4*	Prozeßidentifikation	37
2.2.4.1	Theoretische Analyse	38
2.2.4.2	Experimentelle Analyse	40
2.3	Aufgaben der Prozeßautomatisierung	51
2.3.1	Datenerfassung	51
2.3.1.1	Ablaufbeschreibung für die Datenerfassung	53
2.3.1.2	Analogwerterfassung	56
2.3.1.3	Digitalwerterfassung	59
2.3.2	Auswertung („Datenreduktion“)	59
2.3.3	Überwachung	63
2.3.3.1	Betriebsprotokolle	63
2.3.3.2	Schematische Prozeßabbildung	64

2.3.3.3	Störungserfassung und -analyse	66
2.3.4	Steuerung	74
2.3.4.1	Anfahrvorgang einer Pumpe	76
2.3.4.2	Positionierung einer Säge	77
2.3.4.3	Steuerung einer Malztransportanlage	80
2.3.4.4	Programmierbare Steuerungen	83
2.3.5	Regelung	84
2.3.5.1	P-Regler, PI-Regler und PID-Regler	86
2.3.5.2	Realisierung eines PID-Reglers auf dem Rechner	94
2.3.5.3	Abtastregelung	96
2.3.5.4	Fuzzy Regelung (Fuzzy Control)	100
2.3.5.5	Adaptive Regelung	105
2.3.5.6	Beispiel: Die automatische Regelung in Destillationskolonnen	106
2.3.6	Führung	107
2.3.6.1	Führung nach Festprogramm	108
2.3.6.2	Sollwertführung nach Prozeßgleichungen	112
2.3.6.3	Führung nach Prozeßgleichungen unter zusätzlicher Verwendung mathematischer Prozeßmodelle	116
2.3.7	Optimierung	116
2.3.7.1	Mathematische Formulierung eines Optimierungsproblems	118
2.3.7.2	Lineare Optimierung	118
2.3.7.3	Nichtlineare Optimierung	120
2.3.7.4	Diskrete (ganzzahlige) Optimierung	122
2.3.7.5	Stochastische Suchverfahren	122
2.3.7.6*	Dynamische Programmierung	125
3	Rechensysteme in der Prozeßautomatisierung	130
3.1	Verschiedene Prozeßkopplungsarten	130
3.1.1	Kein Prozeßrechnereinsatz	131
3.1.2	Indirekte Prozeßkopplung (off-line-Betrieb)	131
3.1.3	Dialogbetrieb (in-line-Betrieb)	132
3.1.4	Direkte Prozeßkopplung (on-line-Betrieb)	133
3.2	Betriebssicherheit und Zuverlässigkeitsanforderungen	135
3.2.1	Begriff der Verfügbarkeit	136
3.2.2	Verfügbarkeit in zusammengesetzten Systemen	138
3.2.3	Konfigurationen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit	140
3.3	Struktureller Aufbau von Automatisierungssystemen	143
3.3.1	Struktur konventioneller Automatisierungssysteme	144

3.3.2	Zentraler Prozeßrechner	144
3.3.3	Rechnereinsatz mit redundanten Einzelgeräten („Back-up-Geräte“)	145
3.3.4	Doppelrechnersystem	145
3.3.5	Verdopplung der Einzelwerke eines Rechensystems	148
3.3.6	Dreirechnersystem	149
3.3.7	Dezentrale Prozeßrechensysteme	149
3.3.7.1	Bus-Struktur	150
3.3.7.2	Ring-Struktur	151
3.3.7.3	Stern-Struktur	152
3.3.7.4	Netz-Struktur	153
3.3.7.5	Hierarchische Systemstruktur	153
3.4	Prozeßrechner-Aufbau (Hardware und Peripherie)	155
3.4.1	Grundaufbau eines Rechners	156
3.4.2	Rechnerkern	157
3.4.3	Hauptspeicher	158
3.4.4	Busse - Verbindungswege im System	159
3.4.4.1	Basisfunktionen eines Bussystems	160
3.4.4.2	Erscheinungsformen von Bussystemen	162
3.4.4.3	FDDI - Das Ethernet der 90er Jahre	165
3.4.5	Peripherie von Prozeßrechnern	166
3.4.5.1	Übertragungsperipherie	166
3.4.5.2	Signalperipherie	166
3.4.5.3	Speicherperipherie	171
3.4.5.4	Benutzerperipherie	172
4	Software in Prozeßautomatisierungssystemen	175
4.1	Echtzeitbetriebssysteme	178
4.1.1	Aufbau eines Betriebssystems	179
4.1.2	Aufgaben eines Betriebssystems	180
4.1.2.1	Taskverwaltung	181
4.1.2.2	Kommunikation und Synchronisation	183
4.1.2.3	Speicherverwaltung	183
4.1.2.4	Zeitverwaltung	186
4.1.2.5	Unterbrechungsbearbeitung	186
4.1.2.6	Fehlerbehandlung	190
4.1.3	Echtzeitbetrieb (Realzeitbetrieb)	191
4.1.4	Beispiele für Echtzeitbetriebssysteme	192
4.1.4.1	Das PEARL-Betriebssystem	192

4.1.4.2	Ein Echtzeitbetriebssystem für den Einsatz bei Spektralanalysen	196
4.1.4.3	Weitere Echtzeitbetriebssysteme	200
4.2	Programmiersprachen für Prozeßrechner	207
4.2.1	Anforderungen an Prozeßprogrammiersprachen	207
4.2.2	Arten von Prozeßprogrammiersprachen	209
4.3	Programmierbeispiele	212
4.3.1	Beispiele in PEARL	214
4.3.1.1	Steuerung eines Bohrers	216
4.3.1.2	Steuerung einer Werkzeugmaschine	218
4.3.2	Beispiele in ADA	222
4.3.3	Beispiele in Modula	225
5	Ausblick	228
6	Glossar / Definitionen	230
	Monographien, Bücher	236
	Index	242