

INHALTSVERZEICHNIS

EINFÜHRUNG	1
1. PROJEKTIERUNG VON AUTOMATISIERUNGSANLAGEN IN DER VERFAHRENS- TECHNISCHEN PRAXIS	3
1.1 Einleitung: Über die Bedeutung der Projektierung	3
1.2 Aufgaben und Grundprobleme bei der Projektierung techni- scher Prozesse	5
1.3 Die Fragen der Grundstrukturen einer Automatisierung	9
1.4 Prozeßautomatisierung mit Prozeßrechnern	12
1.5 Beschreibung technischer Prozesse	14
2. DIE SIMULATION UND IHRE BEDEUTUNG IN DER ANGEWANDTEN NATUR- WISSENSCHAFT	20
2.1 Zum Begriff Simulation	20
2.2 Das Ähnlichkeitsprinzip: Analogien und Modelle	21
2.3 Das Spektrum mathematischer Modelle technischer Regel- strecken	29
2.4 Anforderungen an regelungstechnische Modelle	38
2.5 Anforderungen und Prinzipien leistungsfähiger Simulations- verfahren	40
3. MITTEL ZUR SIMULATION KONTINUIERLICHER SYSTEME	49
3.1 Historische Entwicklung von analogem und digitalem Rechnen	49
3.2 Hybride Simulation	62
3.2.1 Programmiertechnik moderner Hybridsysteme	67
3.2.2 Konzepte neuer Hybridsysteme	70
3.3 Das Problem der Simulation von Systemen mit örtlich ver- teilten Parametern	74
3.3.1 Analoge Methoden	76
3.3.2 Digitale Simulationssprachen	76
3.3.3 Hybride Methoden	80
3.3.3.1 Allgemeine Prinzipien	80
3.3.3.2 Anwendung numerischer Techniken	81

3.3.3.2.1	Differenzenverfahren	81
3.3.3.2.2	Charakteristikenverfahren	82
3.3.3.2.3	Die Monte-Carlo-Methode	82
3.3.3.2.4	Die Methode der finiten Elemente	82
3.3.3.2.5	Integrale Simulationsverfahren	83
3.3.3.3	Paralleles und serielles Differenzenverfahren	84
4.	SIMULATIONSVERFAHREN AM BEISPIEL EINES KATALYTISCHEN FESTBETTREAKTORS	87
4.1	Einige Eigenschaften katalytischer Festbettreaktoren	87
4.2	Modellbildung	89
4.3	Allgemeine Anmerkungen zur Simulation	97
4.4	Möglichkeiten zur Simulation des dynamischen Verhaltens von Diffusionsreaktoren	98
4.4.1	Diskretisierung des Ortsbereichs : Analogsimulation (DSCT)	98
4.4.2	Diskretisierung des Zeitbereichs : Hybridsimulation (CSDT)	105
4.4.3	Die Monte-Carlo-Methode - eine Simulation durch mathematische Nachbildung der physikalisch-chemischen Modellvorstellung	111
4.4.3.1	Theoretische Grundlagen	111
4.4.3.2	Prinzip der Simulation von Systemen mit örtlich verteilten Parametern	115
4.4.4	Wertung der behandelten Verfahren	120
4.5	Finite Differenzenverfahren	124
4.6	Integrale Simulationsverfahren	126
4.6.1	Eine Digitale Methode	126
4.6.2	Die Modale Simulation	127
4.7	Technische Realisierung der Simulation eines katalytischen Festbettreaktors	133
4.7.1	Experimentelle Ausrüstung und Modellgleichungen	133
4.7.2	Simulationsergebnisse und Fehlerabschätzung	138

5. DIE SIMULATION DER REGELUNG EINER VERFAHRENSTECHNISCHEN REGELSTRECKE	143
5.1 Einleitung	143
5.2 Möglichkeiten zur Modellvereinfachung	146
5.3 Reduktion der Ordnung linearer dynamischer Prozeßmodelle	148
5.3.1 Verfahren mit optimaler Modellanpassung	148
5.3.2 Verfahren mit Reihenentwicklung	150
5.3.3 Modale Verfahren	153
5.4 Ein einfaches Verfahren zur Regelung des katalytischen Festbettreaktors: Ersatzzustandsgrößen	157
5.4.1 Einleitung	157
5.4.2 Ein einfaches reduziertes Modell der Reaktionszone	159
5.4.3 Ein Frequenzbereichsentwurf für Mehrgrößenregelungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Führungs- und Störverhalten	164
5.4.3.1 Vorgabe des Führungsverhaltens	165
5.4.3.2 Vorgabe des Störverhaltens	167
5.4.3.3 Festlegung des Zustandsreglers; Bedingungen für $K(p)$	167
5.5 Schlußbemerkung	175
 6. AUTOMATISIERUNGSSYSTEME IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE - EINE KURZE BESTANDSAUFNAHME	176
6.1 Einleitung	176
6.2 Hierarchische Regelung	179
6.2.1 Mehrschichtenregelung (multilayer control)	179
6.2.2 Mehrebenenregelung (multilevel control)	180
6.3 Konzepte dezentraler Prozeßautomatisierungssysteme	182
6.3.1 Prozeßautomatisierungssysteme auf der Basis von Einzelreglern	184
6.3.2 Multiplexes Steuern und Regeln mit dezentralen Prozeßautomatisierungssystemen	185
6.4 Schlußbemerkung	188
ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	189
LITERATURVERZEICHNIS	191
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	205