

Inhaltsverzeichnis

0.	Überblick und Vorbemerkungen	5
1.	Systemanalyse: Eine Einführung	9
1.0	Überblick	9
1.1	Allgemeine Systemkonzepte.....	10
1.2	Beschreibung eines Systems durch ein Modell.....	12
1.3	Nachweis der Modellgültigkeit	14
1.4	Zwei unterschiedliche Modellansätze: Statistische und strukturtreue Modelle	15
1.5	Elemente dynamischer Systeme.....	22
1.6	Erfassung der wesentlichen Aspekte.....	24
1.7	Regelung in großen Systemen.....	26
1.8	Schritte der Systemanalyse und der Systemmodellierung	29
1.9	Zustandsgrößen und ihre Berechnung	32
1.10	Große Systemmodelle	34
1.11	Verhaltensweisen dynamischer Systeme.....	35
1.12	Verwendung von Systemmodellen.....	37
2.	Grundwissen der Modellbildung und Simulation	38
2.1	Überblick	38
2.1	Einführung in die Programmierung und die Programmiersprache BASIC	40
2.2	Pulsdynamik: Einflüsse von Systemstruktur und Systemparametern.....	44
2.3	Zustandsgrößen und ihre Veränderungsraten: Wachstum einer Bevölkerung.....	49
2.4	Szenarien: Antworten auf die Frage 'Was wäre, wenn...?'	54
2.5	Mehr als eine Zustandsgröße: Die Möglichkeit von Schwingungen.....	57
2.6	Nichtlineare Systeme: Überraschendes Verhalten bei einfachen Strukturen	63
2.7	Darstellung beliebiger Beziehungen: Tabellenfunktionen	68
2.8	Reihenfolge der Modellanweisungen.....	73
2.9	Das DYSAS-Verfahren zur Simulation dynamischer Systeme.....	79
2.10	Verwendung von DYSAS: Ein Bevölkerungsmodell mit vier Altersgruppen.....	84

3.	Verhalten und Stabilität dynamischer Systeme	92
3.0	Überblick	92
I.	Systemgleichungen und Blockdiagramm	95
3.1	Gleichwertige Darstellungsweisen	95
3.2	Umformung in ein System von Zustandsgleichungen 1. Ordnung	97
3.3	Elementares Blockdiagramm eines dynamischen Systems	99
3.4	Systemblöcke und Simulationsdiagramm	106
	Umwelteinwirkungen und Systemparameter	108
	Zustandsraten und Ausgangsgrößen	109
	Systemzustände	110
3.5	Anwendungen: Simulationsdiagramme und Zustandsgleichungen für eine lineare und nichtlineare dynamische Systeme	114
	(1) Integration einer Zelfunktion	114
	(2) Integration mit Rückkopplung	115
	(3) Zweifache Integration einer Zeitfunktion $u(t)$	115
	(4) Zwei linear verkoppelte Zustandsgrößen	116
	(5) Nichtlineares Pendel	119
	(6) Van der Pol Oszillator	120
	(7) Relaxationsoszillator	121
	(8) Räuber-Beute-System	122
II.	Grundmuster des Verhaltens dynamischer Systeme	124
3.6	Zustandsgleichung und Systemdynamik	124
3.7	Gleichgewichtspunkte	125
3.8	Verhalten und Stabilität linearer Systeme erster und zweiter Ordnung	127
	Einzelne Zustandsgröße	128
	Zwei ungekoppelte einzelne Zustandsgrößen	130
	Zwei gekoppelte Zustandsgrößen	132
	Zwei ungekoppelte Zustandsgrößen	135
	Zwei verkoppelte Zustandsgrößen ohne Dämpfung	135
	Zwei verkoppelte Zustandsgrößen mit Dämpfung	140
	Zusammenfassung der Verhaltensmöglichkeiten eines linearen Systems mit zwei Zustandsgrößen	143
3.9	Stabilität und Verhalten linearer Systeme höherer Ordnung	145
3.10	Verhalten nichtlinearer Systeme; Linearisierung	149

3.11	Anwendungen der Linearisierung	153
	Nichtlineares Pendel.....	153
	Wachstum mit Sättigung	155
3.12	Attraktoren	156
	Grenzyklen	156
	Tori	159
	Chaotische Attraktoren.....	159
3.13	Strukturveränderung von Systemen.....	161
III	Einfluß der Systemstruktur auf Verhalten und Stabilität: Untersuchungen mit dem Programmen 'SYSANT' und 'GLODYS'	163
3.14	Überblick: Simulation zweidimensionaler Systeme.....	163
3.15	Systemantwort als Funktion von Integratorzahl, Rückkopplungsparametern, Anfangsbedingungen und Anregefunktion - Untersuchungen mit dem Programm 'SYSANT'	164
	Verwendung des Programms SYSANT	166
	(1) Ein Integrator, keine Rückkopplung	169
	(2) Ein Integrator, mit Rückkopplung	170
	(3) Zwei Integratoren, keine Rückkopplung.....	172
	(4) Zwei Integratoren, mit Rückkopplung	174
3.16	Verhalten linearer und nichtlinearer Systeme mit zwei Zustandsgrößen als Funktion von Rückkopplung und Anfangsbedingungen: Untersuchungen mit dem Programm GLODYS	175
	Verwendung des Programmes GLODYS	177
	(1) Lineare Systeme	179
	(2) Nichtlineares Pendel	181
	(3) Van der Pol Schwinger	183
	(4) Räuber-Beute-System	185
	(5) Relaxations-Schwingkreis	187
4.	Simulationsmodelle.....	189
4.0	Überblick	189
4.1	Lagerhaltung mit Verkauf, Bestellung und Auftragsbestand	191
	Kurzbeschreibung	191
	Problembeschreibung.....	192
	Modellbeschreibung	193
	Simulationsergebnisse	199

4.2	Stabilisierung eines instabilen Systems durch Regelung.....	203
	Kurzbeschreibung	203
	Problembeschreibung.....	204
	Modellbeschreibung	209
	Simulationsergebnisse	213
4.3	Systemdynamik einer Teichwirtschaft	218
	Kurzbeschreibung	218
	Überblick	219
	Teilmodell 'Algen'	224
	Teilmodell 'Fische'	231
	Teilmodell 'Organische Abfälle und Nährstoff'	234
	Das Fischteich-Modell: Zusammenfügen der Teilmodelle.....	237
	Simulationsergebnisse für das Modell 'Fischteich'	238
	Diskussion der Modellergebnisse	242
4.4	Entwicklung eines Nadelbaums unter Schadstoffbelastung.....	245
	Kurzbeschreibung	245
	Problembeschreibung.....	246
	Modellbeschreibung	247
	Simulationsergebnisse	259
	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse.....	262
	Modellgültigkeit	264
	Schlußfolgerungen	265
4.5	Dynamische Simulation mit partiellen Differentialgleichungen	269
	Kurzbeschreibung	269
	Problembeschreibung.....	270
	Die Methode der Integralrelationen	277
	Modellbeschreibung	280
	Simulationsergebnisse	283
5.	Anhang	287
5.1	Weiterführende Literatur	287
5.2	Programme.....	290
	DYSAS	290
	SYSANT.....	298
	GLODYS	306