

Kybernetische System- und Modelltheorie

system dynamics

von

Dr. Gerhard Niemeyer

o. Prof., Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Universität Regensburg

TECHNISCHE HOCHSCHULE DARMSTADT	
Fachbereich 1	
<u>Gesamtbibliothek</u>	
<u>Betriebswirtschaftslehre</u>	
Inventar-Nr. :	<u>16.968</u>
Abstell-Nr. :	<u>A16/186</u>
Sachgebiete:	<u>1.5.1</u>

Verlag Franz Vahlen München 1977

Inhalt

LEKTION I

1. Systeme, Modelle	1
1.1 Einführung in die kybernetische Systemtheorie	1
1.1.1 Grundlagen und Stand der Kybernetik	1
1.1.2 Der kybernetische Systembegriff	2
1.1.3 Zustand, Struktur und Dynamik eines Systems	4
1.1.4 Interaktion der Systemkomponenten	6
1.1.5 Kombination von Systemzuständen	8
Übungen 1 bis 10	8

LEKTION II

1.1.6 Entropie eines Systems	10
1.1.6.1 Ordnungsgehalt	10
1.1.6.2 Informationsgehalt	15
1.1.6.3 Wärmegehalt	21
Übungen 11 bis 19	23

LEKTION III

1.1.7 Offene und geschlossene Systeme	25
1.1.7.1 Begriffe	25
1.1.7.2 Der Carnotsche Kreisprozeß als Modell eines offenen Systems	27
1.1.7.3 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	28
1.1.8 Kopplung, Rückkopplung, Regelung	30
1.1.9 Datenverarbeitung	33
Übungen 20 bis 26	36

LEKTION IV

1.2 Systemerfassung	38
1.2.1 Die Erfassung des Systemzustands	39
1.2.1.1 Attribute	40
1.2.1.2 Attributkombination	41
1.2.1.3 Zustandsvariablen	44
Übungen 27 bis 34	45

LEKTION V

1.2.2 Die Erfassung der Systemstruktur	46
1.2.2.1 Die Erfassung der Ordnung	47
1.2.2.2 Die Erfassung des Wirkzusammenhangs	50
1.2.2.3 Die quantitative Erfassung von Kombinations- und Interaktionsbeziehungen	52

1.2.3 Die Abgrenzung des Systems	53
Übungen 35 bis 40	55

* **LEKTION VI**

1.3 Systemabbildung	57
1.3.1 Der Modellbegriff	57
1.3.2 Modellklassen	58
1.3.2.1 Klassifizierung nach dem Abbildungsmedium	58
1.3.2.2 Klassifizierung nach den Zustandsvariablen	60
1.3.2.3 Klassifizierung nach dem Verwendungszweck	61
1.3.3 Überblick über einige gebräuchliche Modelltypen	61
1.3.3.1 Analogmodell eines Schwingensystems	61
1.3.3.2 Betriebliches Rechnungswesen, betriebliche Informations- und Führungssysteme	64
1.3.3.3 Lineare Planungsmodelle und Derivate	64
1.3.3.4 Entscheidungsbaum-Modelle	66
1.3.3.5 Simulationsmodelle	67
Übungen 41 bis 45	69

LEKTION VII

2. Automatentheoretische Systemabbildung	71
2.1 Der Begriff des Automaten	71
2.2 Klassifikation von Automaten	73
Übungen 46 bis 53	77

LEKTION VIII

2.3 Endliche Automaten	79
2.3.1 Definition und Bedeutung endlicher Automaten	79
2.3.2 Darstellungsformen endlicher Automaten	79
2.4 Automatentheoretische Strukturanalyse offener Systeme	82
2.4.1 Klassifikation der Subautomaten	82
2.4.2 Input/Output-Analyse der Subautomaten	85
Übungen 54 bis 60	86

LEKTION IX

2.5 Automatentheoretische Verhaltensanalyse offener Systeme	88
2.5.1 Verhaltensanalyse endlicher determinierter Automaten	88
2.5.2 Verhaltensanalyse endlicher stochastischer Automaten	89
2.5.3 Input/Output-Modell zur Verhaltensanalyse komplexer Automaten	91
2.6 Lineare Automaten	93
2.7 Lineare Übertragungsglieder	95
Übungen 61 bis 65	97

LEKTION X

2.7.1 Exkurs: Differentialgleichungen und ihre Lösung	98
2.7.1.1 Begriffe	98
2.7.1.2 Die Lösung gewöhnlicher linearer Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten	101
2.7.1.2.1 Die Lösung der homogenen Differentialgleichung	102
2.7.1.2.2 Die partikuläre Lösung der inhomogenen Differentialgleichung	106
Übungen 66 bis 69	109

LEKTION XI

2.7.1.2.3 Die allgemeine Lösung der inhomogenen Differentialgleichung	110
2.7.1.3 Die Lösung von linearen Differentialgleichungssystemen	113
2.7.1.3.1 Lineare Differentialgleichungssysteme	113
2.7.1.3.2 Lösung mit Hilfe der Transitionsmatrix	115
Übungen 70 bis 74	120

LEKTION XII

2.7.1.3.3 Darstellung und Lösung von Differentialgleichungen als Differentialgleichungssysteme	121
Übungen 75 bis 78	131

LEKTION XIII

2.7.1.4 Laplace Transformation zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen	133
2.7.1.5 Die numerische Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen	141
Übungen 79 bis 82	145

LEKTION XIV

2.7.2 Übertragungsfunktion linearer Übertragungsglieder	146
2.7.3 Blockdiagrammdarstellung gekoppelter Übertragungsglieder	152
2.7.4 Signalflußdarstellung gekoppelter Übertragungsglieder	156
Übungen 83 bis 88	157

LEKTION XV

3. Regelungstheoretische Systemabbildung	159
3.1 Begriffe	159
3.2 Das Grundmodell eines geregelten Systems	165
Übungen 89 bis 96	167

LEKTION XVI

3.3 Modelle der Regelstrecke	168
3.3.1 Strecken mit Verzögerung	168
3.3.2 Strecken mit Totzeit	175
3.3.3 Integrale Strecken	177
3.3.4 Kombinationen verschiedenartiger Teilstrecken	180
3.3.4.1 Serienschaltung	180
3.3.4.2 Parallelschaltungen	180
Übungen 97 bis 100	181

LEKTION XVII

3.4 Modelle des Reglers	182
3.5 Das Verhalten einiger Regelkreismodelle	183
3.5.1 P-Regelung integraler Strecken	183
3.5.2 D-Regelung integraler Strecken	185
3.5.3 I-Regelung integraler Strecken	187
3.5.4 PD-Regelung integraler Strecken	189
3.5.5 PI-Regelung integraler Strecken	191
3.5.6 PID-Regelung integraler Strecken	193
Übungen 101 bis 105	194

LEKTION XVIII

3.6 Stabilität	195
3.6.1 Definition der Stabilität	195
3.6.2 Ursachen der Instabilität	195
3.6.3 Stabilitätskriterien	200
3.6.3.1 Stabilitätsanalyse anhand der Wurzeln der charakteristischen Gleichung	200
3.6.3.2 Stabilitätsanalyse nach der Routh-Methode	202
3.6.3.3 Stabilitätsanalyse durch Computer-Simulation	204
3.7 Regelgüte	204
Übungen 106 bis 112	205

LEKTION XIX

3.8 Spezielle Regelkreismodelle	207
3.8.1 Regelung mit Störgrößenaufschaltung	207
3.8.2 Hilfsgrößenregelung	208
3.8.3 Kaskadenregelung	210
3.8.3.1 Schwellenwertregelung	210
3.8.3.2 Führungsgrößenregelung	211
3.8.4 Mehrgrößenregelung	213
3.8.4.1 Paarweise einseitig gekoppelte Strecken	213
3.8.4.2 Paarweise wechselseitig gekoppelte Strecken	214
3.8.4.3 Mehrstufig ringförmig gekoppelte Strecken	216
Übungen 113 bis 116	216

* LEKTION XX

4. System dynamics . . . . .	.217
4.1 Wesen, Aufgabe und Grenzen . . . . .	.217
4.2 Das level-rate-Konzept . . . . .	.218
4.3 Die Darstellung von Veränderungsraten . . . . .	.220
4.4 Graphische Symbole zur Modelldarstellung . . . . .	.224
Übungen 117 bis 120 . . . . .	.226

LEKTION XXI

4.5 Zeitverzögerungen . . . . .	.227
4.5.1 Delay erster Ordnung . . . . .	.227
4.5.2 Delay höherer Ordnung . . . . .	.233
Übungen 121 bis 127 . . . . .	.238

LEKTION XXII

4.6 Die Darstellung von Regelsystemen . . . . .	.239
4.6.1 Das Grundmodell eines Regelkreises . . . . .	.239
4.6.2 Einige spezielle Regelkreismodelle . . . . .	.240
4.6.2.1 Regelung mit Störgrößenaufschaltung . . . . .	.240
4.6.2.2 Mehrgrößenregelung . . . . .	.242
4.7 Einige Anwendungsbeispiele . . . . .	.246
4.7.1 Das Modell eines geregelten Zentralheizungssystems . . . . .	.246
Übungen 128 bis 131 . . . . .	.249

LEKTION XXIII

4.7.2 Das Modell eines Industriebetriebs . . . . .	.250
Übungen 132 bis 136 . . . . .	.260

LEKTION XXIV

4.7.3 Das Modell einer Volkswirtschaft . . . . .	.261
Übungen 137 bis 143 . . . . .	.270

Literaturverzeichnis271
--------------------------------	------

Sachregister273
------------------------	------