

System Simulation I

*Modellierung und Simulation der Dynamik
technischer Systeme mit MATAB*

*Modeling and Simulation the Dynamics
of technical Systems with MATLAB*

Lothar Billmann

Inhalt

Übersicht zu Band II.....	VI	Overview of Volume II.....	VI
1. Einleitung.....	1	Introduction.....	1
1.1. Sinn und Unsinn.....	1	Sense and Nonsense.....	1
1.1.1 Untersuchung und Prüfung.....	2	Examination and Check.....	2
1.1.2 Auslegung und Konstruktion.....	3	Lay-Out and Design.....	3
1.1.3 Maschinen- und Anlagenführung.....	4	Machine- and Plant Control.....	4
1.1.4 Überwachung und Diagnose.....	5	Supervision and Diagnosis.....	5
1.1.5 Training und Bildung.....	5	Training and Education.....	5
1.2. Der rote Faden.....	5	The Red Line.....	5
2. Einführung in MATLAB.....	9	Introduction to MATLAB.....	9
2.1. Was ist MATLAB.....	9	What's about MATLAB.....	9
2.2. Die Entwicklungsumgebung.....	11	Development Environment.....	11
2.2.1 Der Aufstart zum Desktop.....	12	Getting Started to Desktop.....	12
2.2.2 Das „Command“-Fenster.....	14	The Command Window.....	14
2.2.3 Der „Workspace“.....	14	The Workspace.....	14
2.2.4 Der „Current Directory“-Explorer.....	14	Current Directory Explorer.....	14
2.2.5 Der „Command History“-Browser.....	15	Command History Browser.....	15
2.2.6 Das „Launch Pad“.....	15	The Launch Pad.....	15
2.2.7 Der MATLAB Editor.....	17	The MATLAB Editor.....	17
2.2.8 Die MATLAB Online-Hilfe.....	18	The MATLAB Online Help.....	18
2.3. Mathematische Funktionsbibliothek.....	18	Mathematical Function Library.....	18
2.4. Grafik.....	19	Graphics.....	19
2.4.1 Grundfunktionen und Diagramme.....	19	Basics and Plots.....	19
2.4.2 3-D Visualisierung.....	22	3-D Visualization.....	22
2.4.3 Grafische Bediener Schnittstellen.....	23	Graphical User Interfaces.....	23
2.5. Die MATLAB-Sprache.....	24	The MATLAB Language.....	24
2.5.1 Und los geht's.....	25	Getting Started.....	25
2.5.2 Skripte.....	28	Scripts.....	28
2.5.3 Funktionen.....	31	Functions.....	31
2.5.4 Variable und Datentypen.....	37	Variables and Data Types.....	37
2.5.5 Operatoren.....	44	Operators.....	44
2.5.6 Kontrollstrukturen.....	46	Flow Control.....	46
2.5.7 Strukturen und Cell-Arrays.....	52	Structures and Cell Arrays.....	52
2.6. Objekt Orientierte Programmierung.....	60	Object Oriented Programming.....	60
2.6.1 OOP - Eine Einführung.....	60	OOP - An Overview.....	60
2.6.2 Eine einfache Produktionslinie.....	67	A simple Production Line.....	67
2.6.3 Eine skalare Polynom-Klasse.....	93	A scalar Polynomial Class.....	93
3. Basis-Methoden der Mathematik.....	111	Basic Methods on Mathematics.....	111
3.1. Deduktion und Induktion.....	111	Deduction and Induction.....	111
3.2. Iteration.....	115	Iteration.....	115
3.2.1 Das Newton-Verfahren.....	119	The Newton Method.....	119
3.2.2 Das Sekanten-Verfahren.....	121	The Secant Method.....	121
3.2.3 Das Intervallschachtelungsverfahren.....	123	The Bisection Method.....	123
3.3. Rekursion.....	127	Réursion.....	127
3.4. Lösung linearer Gleichungssysteme.....	135	Solving Systems of linear Equations.....	135
3.4.1 Gaußsches Eliminierungsverfahren.....	136	Gaussian Elimination Formula.....	136
3.4.2 Verfahren zur Matrixinversion.....	140	Matrix Inversion.....	140
3.4.3 Jacobi-Iteration für schwach besetzte Systeme.....	142	Jacobi-Iteration for sparse systems.....	142
3.5. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme.....	146	Solving Systems of nonlinear Equations.....	146
3.6. Approximationsverfahren.....	146	Approximation Methods.....	146

3.7. Approximation von Funktionen.....	148	Approximation of Functions.....	148
3.7.1 Funktionsanpassung mit Taylor-Reihen.....	148	Function Fitting with Taylor Series.....	148
3.7.2 Funktionsanpassung mit Fourier-Reihen.....	153	Function Fitting with Fourier Series.....	153
3.8. Approximation von Signalen.....	158	Approximation of Signals.....	158
3.8.1 Kurvenanpassung durch Interpolation.....	158	Curve Fitting by Interpolation.....	158
3.8.2 Lagrangesche Interpolation.....	159	Lagrange interpolation formula.....	159
3.8.3 Newtonsche Interpolation.....	165	Newton interpolation formula.....	165
3.8.4 Spline Interpolation.....	168	Spline interpolation formula.....	168
3.8.5 Kurvenanpassung durch Regression.....	174	Curve Fitting by Regression.....	174
3.8.6 Methode der kleinsten Fehlerquadrate.....	174	Least Squares formula.....	174
3.8.7 LS für aperiodische Funktionen.....	176	LS for aperiodic functions.....	176
3.8.8 LS für periodische Funktionen.....	179	LS for periodic functions.....	179
3.8.9 Lineare LS-Methode.....	183	Linear LS formula.....	183
4. Modellbildung dynamischer Systeme I.....	189	Dynamic System Modeling I.....	189
4.1. Modelle und Modellbildung.....	190	Models and Modeling.....	190
4.1.1 Die Grundstruktur des M-Blocks.....	192	Basic Structure of the M-Block.....	192
4.1.2 Statische F-Modelle.....	195	Static F-Models.....	195
4.1.3 Kontinuierliche ODE-Modelle.....	196	Continuous ODE-Models.....	196
4.1.4 Kontinuierliche PDE-Modelle.....	198	Continuous PDE-Models.....	198
4.1.5 Diskrete D-Modelle.....	200	Discrete D-Models.....	200
4.1.6 Stochastische S-Modelle.....	202	Stochastic S-Models.....	202
4.1.7 Hybride H-Modelle.....	204	Hybrid H-Models.....	204
4.2. Experimentelle Modellbildung.....	205	Modeling by Experiments.....	205
4.2.1 Identifikation von Kennlinien.....	206	Identification of characteristics.....	206
4.2.2 Kontinuierliche Identifikation linearer dynamischer Systeme.....	217	Continuous Identification of linear dynamic systems.....	217
4.2.3 Diskrete Identifikation linearer dynamischer Systeme.....	239	Discrete Identification of linear dynamic systems.....	239
4.2.4 Identifikation komplexer Systeme.....	247	Identification of complex systems.....	247
4.3. Theoretische Modellbildung.....	248	Modeling by Analysis.....	248
4.3.1 Einteilung und Klassifikation.....	248	Graduation and Classification.....	248
4.3.2 Modellbildung kontinuierlicher Prozesse.....	249	Modeling of continuous Processes.....	249
4.3.3 Feder-Dämpfer-Masse System.....	252	Spring Damper Mass System.....	252
4.3.4 Mischung von Stoffströmen.....	254	Mixing of fluid Substances.....	254
4.3.5 Beispiel 'Gas-Pipeline'.....	258	Example 'Gas-Pipeline'.....	258
5. Simulation dynamischer Systeme.....	261	Dynamic System Simulation.....	261
5.1. Aufgaben und Ziele.....	261	Objects and Targets.....	261
5.2. Die M-Block Definition.....	261	The M-Block Definition.....	261
5.3. Simulation von F-Modellen.....	265	Simulation of F-Models.....	265
5.3.1 Durchfluss-Verhalten an Ventilen.....	265	Flow Characteristics in Valves.....	265
5.4. Simulation von ODE-Modellen.....	269	Simulation of ODE-Models.....	269
5.4.1 Mechanisches 2-Masse-System.....	269	Mechanical 2-Mass-System.....	269
5.4.2 Einfacher Mischbehälter.....	274	Simple Mixing Reactor.....	274
5.5. Simulation von PDE-Modellen.....	279	Simulation of PDE-Models.....	279
5.5.1 Dynamik einer Gas-Pipeline.....	279	Dynamics of a Gas-Pipeline.....	279
5.6. Simulation von D-Modellen.....	286	Simulation of D-Models.....	286
5.6.1 Diskreter PID-Algorithmus.....	286	Discrete PID-Control Calculus.....	286
5.6.2 Quasi kontinuierliche D-Modelle.....	295	Semi continuous D-Models.....	295
5.7. Simulation von S-Modellen.....	302	Simulation of S-Models.....	302
5.7.1 Verkehrs-Signalgenerator.....	303	Traffic Signal Stimulator.....	303
5.7.2 Einfache Verkehrskreuzung.....	306	Simple Traffic Intersection.....	306
5.8. Simulation von H-Modellen.....	312	Simulation of H-Models.....	312