

Skriptum zur Vorlesung

Modellbildung und Simulation mit Praktikum

Teil I – Eine Einführung

Version SS11-V5

Prof. Dr. Oskar Wallrapp

Teil II – Einführung in Matlab/Simulink

Version SS09

Dr. Eliezer Pankiewicz

Teil III – Ausgewählte Themen der Modellbildung



Fakultät Feinwerk- und Mikrotechnik, Physikalische Technik

Version 4: WS 2010 – 01.10.09

Version 5: SS 2011 – 03.03.11: kleine Ergänzungen

Hinweise:

Dieses Skriptum dient der Ergänzung und als Nachschlagewerk, ersetzt jedoch nicht den Besuch der Vorlesung und die Bearbeitung der vorgeschlagenen und weiterer Übungsaufgaben.

Verbesserungs- und Korrekturvorschläge seitens der Leserschaft werden vom Autor stets begrüßt.

Das vorliegende Dokument unterliegt mit allen seinen Teilen dem Urheberrecht. Eine Verwendung außerhalb der durch das Urheberrecht vorgegebenen Grenzen ist strafbar. Insbesondere sind die Vervielfältigung, die Übersetzung, die Ablichtung und (Mikro-) Verfilmung sowie die Speicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Autors unzulässig.

Vorbemerkungen

Modellbildung und Simulation sind weit umfassende Begriffe. Immer wenn Sie ein Bild zeichnen oder eine Formel anschreiben, dann machen Sie bereits den Schritt **Modellbildung**: die reale Welt durch Ersatzdarstellungen festzuhalten.

Leider ist diese Vorlesung erst im 4. Semester des Studiengangs Mechatronik/Feinwerktechnik. Sie sollte eigentlich am Anfang des Studiums liegen, um Ihnen den Sinn und Zweck der Vorlesungen wie Physik, Elektrotechnik, Technische Mechanik, Optik, etc. verständlich zu machen. Ihr späteres Berufsleben als Ingenieurin oder Ingenieur wird ca. 70 % Modellbildung umfassen.

Ein Beispiel: Aus einer Idee (z.B. eine Steinschleuder) wird eine Skizze, eine technische Zeichnung, technische Beschreibung, Berechnung, ein Prototyp, ein Versuchsmodell und letztendlich das reale Produkt der Idee. Alle diese Zwischenphasen sind Modelle der Idee: Hier waren Sie mit **Modellbildung** beschäftigt.

Mit **Simulationen** versucht man mithilfe des Modells (aus der Modellbildung) das **zeitliche Verhalten** Ihrer Idee vorherzusagen, (also wie weit kann ich den Stein mit der Steinschleuder werfen, wie wird die Bahn des Steines sein).

Aus der Vielzahl der Anwendungsfelder sind deshalb Eingrenzungen dieser Vorlesung erforderlich. Lesen Sie aus dem Studienplan:

Inhalte dieser Vorlesung

Zunächst werden Begriffe, die in der Modellbildung und Simulation genutzt werden, eingeführt und an Beispielen erläutert.

Weiter werden die Schritte vom realen mechatronischen System zum mathematischen Modell und hin zum Computermodell und Validierung mit dem realen System aufgezeigt.

Um ein mathematisches Modell zu erhalten (in Form von algebraischen, differentiellen oder partiellen Gleichungen mit Rand-, Neben- und Anfangsbedingungen, logischen Verknüpfungen), werden physikalische Gesetze, Methoden der experimentellen Modellbildung, Parameteridentifizierung, Modellgrenzen und Vereinfachungen erläutert.

Die zur Simulation des mathematischen Modells und zur Lösungsfindung im Computer notwendigen numerischen Lösungsmethoden sowie prozedurale und grafische Programmiersprachen werden besprochen.

Auf die Darstellung, Interpretation und Validierung der Simulationsergebnisse wird besonders Wert gelegt.

Als Werkzeuge werden Simulationsprogramme vorgestellt und in Rechnerübungen eingesetzt. Interdisziplinäre Beispiele aus der Mechatronik (Mechanik, Elektronik, Fluidodynamik, Thermodynamik) werden besprochen. Außerdem wird auf Parameterempfindlichkeit und Parameteroptimierung von Systemen eingegangen.

Lernziele

Modellbildung und Computersimulation der interdisziplinären Physik in der Mechatronik. Anwendung der Methoden auf die Untersuchung eines realen mechatronischen Systems.

Voraussetzungen

Mathematik, Signale und Systeme, Physik, Technische Mechanik, Elektrotechnik/Elektronik

Inhalte des Praktikums

An Beispielen Modellbildung und Simulation zu praktizieren und mittels Computerprogrammen Aufgaben lösen: Programme sind Matlab/Simulink, WorkingModel, FEM-Programme.

Inhaltsverzeichnis

Teil I – Eine Einführung

1	Festlegen von Begriffen	1
1.1	System.....	1
1.2	Prozess	5
1.3	Simulation	8
1.4	Modell.....	9
1.5	Modellbildung	10
2	Wozu dienen Simulationen.....	14
2.1	Geschichte und Bedeutung der Modellbildung & Simulation.....	14
2.2	Fokus dieser Vorlesung	16
2.3	Anwendungsbereiche für die Mechatronik	17
2.4	Nutzen und Aufwand	21
3	Systematiken in Modellbildung und Simulation	23
3.1	Phasenplan	24
3.2	Hilfsmittel der Modellbeschreibung	26
3.2.1	Physikalische Modellbildung und Analogien	27
3.2.2	Programmiersprachen.....	30
3.2.3	Blockschema – Wirkungsplan	30
3.2.4	General Purpose Programs.....	34
3.3	Auswahl einfacher physikalischer Systeme	36
4	Zusammenfassung der Einführung	46

Teil II – Einführung in Matlab (V SS09)

1	Einführung in MATLAB	1
2	MATLAB Eingaben	2
2.1	MATLAB Desktop.....	2
2.2	MATLAB Editor	3
2.3	Der Suchpfad	4
3	MATLAB Basis-Elemente	4
3.1	Hilfe und die Online-Dokumentation.....	4
3.2	Ausdrücke	5
3.2.1	Variablen.....	5
3.2.2	Zahlen	5
3.2.3	Operatoren	6
3.2.4	Funktionen.....	6
3.2.5	Ausdrücke	7
3.3	Tabellarische Zusammenfassung der MATLAB Operationen.....	8
3.4	Tabellarische Mathematische MATLAB Funktionen.....	8
4	Eingabe von Vektoren und Matrizen	9
4.1	Vektoren	9
4.2	Der Doppelpunkt-Operator.....	9
4.3	Matrizen	10
4.4	Tabellarische MATLAB Vektor und Matrix Operationen.....	11
5	Ablaukkontrolle	12
5.1	if-Anweisung.....	12
5.2	switch und case	13
5.3	for-Schleifen	13
5.4	while-Schleifen	13
5.5	break	13
5.6	Strukturen	14
6	Graphiken	15
6.1	Erstellen eines Plots	15
6.2	Bildfenster	16
6.3	Teilbilder	17
6.4	Achsenwahl	17
6.5	Gitter- und Flächen-Graphiken	18
6.6	Visualisierung von Funktionen zweier Variabler	18
6.7	MATLAB Plot Befehle.....	18
7	Skripte und Funktionen	19
7.1	Skripte	19

7.2	Funktionen.....	20
7.3	Globale Variablen	20
8	SIMULINK Einführung.....	21
8.1	Einstellung des Integrators und Datentransfer	23
9	Modell-Bildung	24
9.1	Eingabe-und Ausgabeblöcke.....	24
9.1.1	Übergabe von Daten an das Modell.....	24
9.2	Übergabe von Simulationsergebnissen an MATLAB.....	25
9.3	Signalverbindungen.....	25
9.4	Algebraische Schleifen	26
9.5	Beispiel SIMULINK Modell Van-der-Pol Gleichung	27

Teil III – Ausgewählte Themen der Modellbildung

Notation

Variable

Skalare Variable in italic	x, t, u, F, γ , etc.
Matrizen (ein-/mehrspaltig) in bold	$\mathbf{x}, \mathbf{F}, \mathbf{\Phi}$ etc.
Eingang (allgemein)	u
Ausgang (allgemein)	y
Zustandsgröße (deren zeitliche Ableitungen)	$x, \dot{x} \triangleq x_p, \ddot{x} \triangleq x_{pp}$
<i>(Zustandsgröße ist immer die Größe, die aufintegriert werden muss. Dazu gehören Anfangsbedingungen $x_0 = x(t = 0)$ u.w.)</i>	
Systemparameter	p
Eingang-Führungsgröße (in Steuerung und Regelung)	w
Eingang-Störgröße (in Steuerung und Regelung)	z

Abkürzungen der Systemdarstellung:

System (gesamt)	S
Sub-System	SS
Systemgrenzen	G
System-Eingang	E
System-Ausgang	A
Prozess	P

Farben der Systemdarstellung:

Systemgrenzen	gelb
System-Eingang	rot
System-Ausgang	grün

Quellenangaben und weiterführende Literatur

Besondere Empfehlungen sind in bold.

- Bode, H. (2006). MATLAB-SIMULINK, Analysen und Simulation dynamischer System. Wiesbaden, Teubner.
- Ertl, C. (2003). Entwicklung einer Optimierungsumgebung für mechanische Probleme. Diplomarbeit an FK06, Hochschule München.
- Froriep, R. (2007). Systemtechnik und Modellbildung. Manuskript, FK06. Hochschule München.
- Heimann, B., W. Gerth, et al. (2001). Mechatronik, Komponenten - Methoden - Beispiele, Fachbuchverlag Leipzig.
- Hering, E. and H. Steinhart (2005). Taschenbuch der Mechatronik, Fachbuchverlag Leipzig.**
- Jaschinski, A. (1990). On the Application of Similarity Laws to a Scaled Railway Bogie Model. Oberpfaffenhofen, DLR.
- Kortüm, W. and P. Lugner (1994). Systemdynamik und Regelung von Fahrzeugen. Berlin, Springer-Verlag.
- Lehner, S. and O. Wallrapp (2006). Detailed investigation of mechanisms causing golf-specific injuries using analytical methods and computer simulation. 5th World Congress of Biomechanic, Munich, Germany.
- Mann, H., H. Schiffelgen, et al. (2005). Einführung in die Regelungstechnik. München, Carl Hanser Verlag.
- Miehling, T. (2004). Numerische Simulation von Experimenten zum Fahrzeugüberschlag Dummy versus Mensch. Diplomarbeit an FK06, Hochschule München.
- Scherf, H. (2004). Modellbildung und Simulation. München, Oldenbourg.**
- van Dixhoorn, J. J. (1982). Bond Graphs and the Challenge of a Unified Modelling Theory of Physical Systems. Progress in Modelling and Simulation.
- VDI-3633 (2000). Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen - Grundlagen. Düsseldorf, VDI-Verlag. **VDI-Richtlinie 3633-Blatt 1**.
- Wallrapp, O. (2004). "Review of Past Developments in Multibody System Dynamics at DLR - From FADYNA to SIMPACK." J. Vehicle System Dynamics 41(5): 339-348.
- Wallrapp, O. and S. Wiedemann (2002). "Simulation of Deployment of a Flexible Solar Array." Multibody System Dynamics 7: 101-125.
- Zirn, O. (2002). Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme. Renningen, expert verlag.