

Das Buch zur Numerik

Für viele, die sich auf Basis einer üblichen Ingenieurausbildung mit Simulation zu befassen haben, ist die Numerik zunächst ein Buch mit sieben Siegeln. Die berühmte Fehlermeldung „Corrector could not converge“ löst Schweißausbrüche aus. Liegt der Fehler nun in der Numerik oder kann er als wichtiger Indikator für Schwachstellen in der Modellbildung genutzt werden? Die Beantwortung dieser Frage erfordert interdisziplinäre Erfahrung sowohl in der Numerik als auch in der Modellbildung.

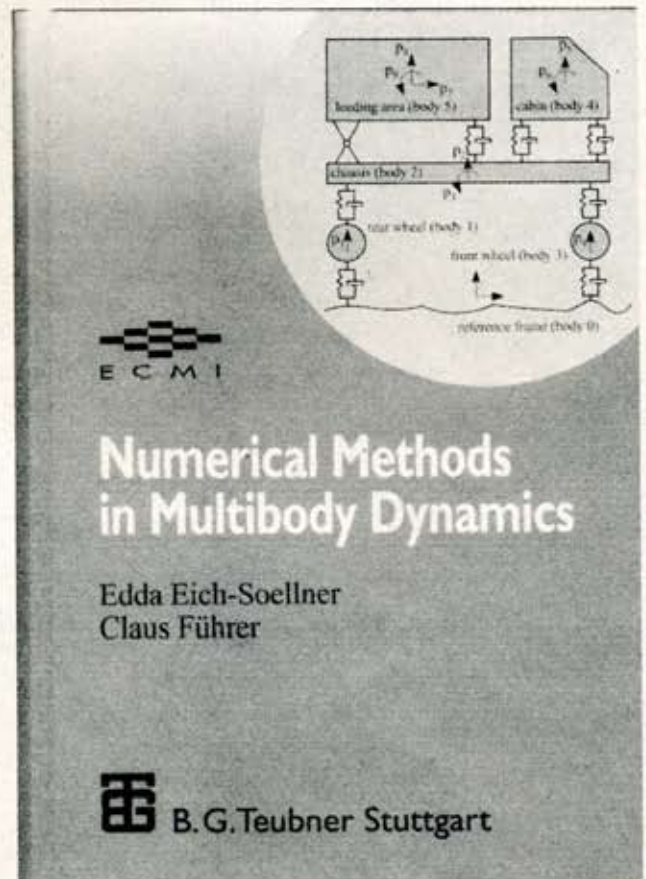
Claus Führer, Dozent an der Universität Lund in Schweden und davor 15 Jahre lang verantwortlich für die Numerik in MEDYNA und SIMPACK sowie Edda Eich-Soellner, als Professorin an der FH München verantwortlich für die Numerikausbildung unter anderem der Maschinenbauingenieure legen nun ein Buch vor, das sich speziell mit der Numerik von Mehrkörpersystemen befaßt. Ergänzend zur Programmdokumentation kann dieses Buch eine wertvolle Hilfe für den Einsatz der SIMPACK-Solver sein.

Johannes Gerl, INTEC GmbH

Zentrales Thema im Buch ist die Simulation. Wie erzeugt man hinreichend korrekte numerische Lösungen mit vernünftigen Rechenzeiten? Für Standardaufgaben gibt es seit Jahren ausgereifte Software mit ausgefuchsten Kontrollstrategien in fast allen Mehrkörperprogrammen. Die Grundideen hinter diesen Methoden werden im Buch erläutert. Jedoch handelt es sich in den meisten Simulationsfällen der Mehrkörperdynamik nicht mehr um Standardaufgaben. Wir haben es mit mehr oder weniger glatten Zwangsbedingungen zu tun. Reibung und Stoßvorgänge verursachen unstetige Kraftverläufe, und Regler tragen zu sehr großen Unterschieden in den Zeitskalen bei. Im Gegensatz zu klassischen Lehrbüchern der Numerik, widmet sich das Buch von Edda Eich-Soellner und Claus Führer ausführlich diesen MKS-typischen Fällen: Differentialalgebraische Gleichungen (DAE), steife Differentialgleichungen, Differentialgleichungen mit Unstetigkeiten (Rootfinder und Schaltfunktionen). Ein Zitat von E. Haug (*Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems*, Allyn and Bacon, Boston), das sich auch im Buch wiederfindet, beschreibt, wenn auch hier sehr frei wiedergege-

ben, optimal die Problemstellung: Ein Automobil fährt von München kommend nach Süden. Die Geschwindigkeit (Schrittweite) ist groß, weil die Straße (Lösung) es zuläßt. Spätestens in Garmisch-Partenkirchen wäre nach diesem Bild dem Reisenden gründlich der Tag verdorben, denn die Schrittweitenkontrolle des Integrators kann nicht wie der Fahrer des Autos nach vorne (in die Zukunft) blicken, sondern muß die weitere Qualität der Straße aus ihrem bisherigen Verlauf (der Lösung bis zum augenblicklichen Zeitpunkt) schließen.

Es ließe sich nun die Materie auf wenige Mausklicks vom Typ „Integrator, schnell und einfach“ bis „Integrator, langsam und genau“ vereinfachen. Oder man könnte den Solver, durch eine Beschränkung der minimalen Schrittweite ohne Rücksicht auf Verluste über die Unstetigkeitsstelle hinweglaufen lassen. Die weitaus elegantere Lösung, den Integrator rechtzeitig zu warnen, ist in SIMPACK in Form der sog. *Root Functions* umgesetzt. Der Integrator löst stets nur stetige Teilsysteme, weil an den Unstetigkeitsstellen von Kennlinien die Integration angehalten, auf die neue Kennlinie umgeschaltet und mit Anfangsschrittweite neu aufgesetzt



wird. Das Abheben und Wiederauftreffen der Räder von Schienenfahrzeugen beispielsweise, der Eingriff von Anschlägen in Automobilaraufhängungen oder der Aufprall eines Menschmodells auf einer frei gekrümmten Fläche (Airbag, Fahrzeugkarosserie) sind damit effizient zu simulieren.

Gerade die Beschreibung von Schaltfunktionen unterscheidet das vorliegende Numerikbuch von anderen Lehrbüchern. Wer sich in SIMPACK mit unstetigen Systemen auseinandersetzen muß, findet hier den theoretischen Hintergrund.

Numerical Methods in Multibody Dynamics verfängt sich allerdings nicht in Detailwissen, sondern behandelt auch die Grundlagen. Ein einleitendes Kapitel *Multibody Systems* befaßt sich mit der allgemeinen Problematik von Mehrkörpersystemen – erfahrene SIMPACK-User werden hier auf Bekanntes treffen, z.B. den $O(n)$ -Algorithmus. Auf die Beschreibung des eigentlichen Mehrkörperalismus wird jedoch verzichtet, das Buch beginnt dort, wo Gleichungen des mechanischen Systems bereits vorliegen. Deren Interpretation, Einordnung und Handhabung allerdings wird in den Kapiteln *Linear Equation Systems* und *Nonlinear Equations* ausführlich behandelt.

Gut die Hälfte des Buches handelt sodann vom Lösen der Gleichungen: Die Kapitel *Explicit Ordinary Differential Equations* und *Implicit Ordinary Differential Equations* behandeln Standardverfahren und geben Hinweise, wie sich die einzelnen Methoden mit speziellen Eigenheiten von Mehrkörpersystemen vertragen.

Die Autoren stellen Mehrkörpersysteme mit Zwangsbedingungen in den Mittelpunkt und setzen sich mit beiden klassischen Ansätzen auseinander: Zustandsformbeschreibung versus Deskriptorformbeschreibung.

Es folgt ein ausführliches Kapitel zur schon beschriebenen Problematik bei Diskontinuitäten und schließlich zur Parameteridentifizierung.

Wer mit sicherer Hand den optimalen Integrator auswählen, die Angabe von gewünschten Genauigkeiten und den Entwurf einer User-Routine mit Root Functions beherrschen will, benötigt

Kenntnisse, die man sich ohne Hilfe kaum effizient aneignen kann. Das Buch *Numerical Methods in Multibody Dynamics*, das im April im Verlag Teubner erschienen ist, bietet diese Hilfe. Anhand eines durchgehenden MKS-Beispiels, einem 2D-LKW-Modell, werden verschiedene Modellierungsvarianten und numerische Effekte vorgestellt und diskutiert. Wenn dieses Buch sich keineswegs unmittelbar auf SIMPACK bezieht, so basiert es doch auf langjähriger Erfahrung beider Autoren innerhalb der SIMPACK-Numerik.

Nicht nur die Autoren, auch das Buch hat eine Homepage (http://www.dna.lth.se/home/Claus_Fuehrer/teubner/) mit Inhaltsangabe, Kurzfassung und dem 2D-LKW als MATLAB Programm, so daß alle Beispiele und diskutierten Phänomene vom Leser am Programmcode nachvollzogen werden können.

E. Eich-Soellner, C. Führer: *Numerical Methods in Multibody Dynamics*, Teubner-Verlag, Stuttgart 1998, ISBN 3-519-02601-5, DM 62,-

intec

Ingenieurgesellschaft für neue Technologien GmbH

Münchener Straße 20
D-82234 Wessling
Tel.: +49-8153-28 24 70
Fax.: +49-8153-28 18 50
Email: intec@dlr.de
HTTP: www.simpack.de
FTP: www.simpack.de

SIMPACK Version 7, FEMBS, BEAM (1998 DLR)
ANSYS ist Warenzeichen von Swanson Analysis Systems, Inc.
NASTRAN ist Warenzeichen von MacNeal-Schwendler Corporation
ABAQUS ist Warenzeichen von Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc.
MARC ist reg. Warenzeichen der MARC Analysis Research Corporation
MATLAB ist reg. Warenzeichen von The MathWorks, Inc.
MATRIXx ist Warenzeichen von Integrated Systems, Inc.
Pro/ENGINEER ist Warenzeichen von Parametric Technology Corporation
CATIA ist Warenzeichen von Dassault Systems

SIMPACK News
INTEC GmbH
Redaktion: Johannes Gerl
Auflage: 1200
1996-1998