

Modellierung von Fahrzeugsystemen mit Modelica



Der Benzinpreis steigt und steigt. Was tun? Die Fahrzeugfirmen arbeiten intensiv daran den Verbrauch ihrer Fahrzeugflotte zu senken. Ein Baustein hierfür ist die Simulation von Gesamtfahrzeugen im Rechner, um den Energieverbrauch schon in einer frühen Phase der Entwicklung voraussagen zu können. Hiermit können dann unterschiedliche Fahrzeugarchitekturen verglichen werden, z.B. verschiedene Varianten von Hybridfahrzeugen mit konventionellen Fahrzeugantrieben, und die einzelnen Komponenten können verbrauchoptimal ausgelegt und aufeinander abgestimmt werden.

Dies sind nur einige der Gründe, warum die Simulation von Gesamtfahrzeugen, also gleichzeitige Berücksichtigung aller wesentlichen Komponenten eines Fahrzeugs in der Rechnersimulation,

immer wichtiger wird. Dies stellt neue Anforderungen an die Modellierungs- und Simulationstechnik, da sich traditionelle Simulationsumgebungen nur auf ein Fachgebiet konzentrieren, wie Mehrkörperdynamik, elektronische Schaltungen oder Fluidströmungen. Es gibt natürlich Fortentwicklungen dieser Ansätze, insbesondere Co-Simulation, neue Blocksets von Simulink¹ (Erweiterungen der Blockschaltbild-Modellierung um „physikalische“ Komponenten), sowie VHDL-AMS² (Standardisierung der Hardware-Beschreibungssprachen, wie sie in der Elektroniksimulation eingesetzt werden).

Der am weitesten reichende Ansatz kommt von der gemeinnützigen Modelica Association, die seit 1996 die freie Modellierungssprache Modelica³ entwickelt. Eine der treibenden Kräfte bei der Entwick-

lung ist das DLR-Forschungszentrum in Oberpfaffenhofen bei München. Seit 4-5 Jahren wird Modelica immer stärker bei vielen Fahrzeugherstellern und bei Zuliefererbetrieben eingesetzt, insbesondere für Verbrauchsberechnungen, Modellierung und Hardware-in-the-Loop Simulation von Antriebssträngen und zur Modellierung von Klimaanlage („zwei-phasige Rohrströmungen“).

Einige wesentliche Elemente von Modelica sind im einfachen Modelica-Modell eines geregelten elektrischen Motors mit einer mechanischen Last in *Abb. 1* zu sehen: Modell-Komponenten werden mit (frei gestaltbaren) Icons visualisiert, die am Rand Verbindungspunkte, sogenannte „Connectoren“ aufweisen. Zum Beispiel haben die elektrischen Komponenten zwei kleine blaue „Vierecke“ am Rand, die jeweils eine

Simulation

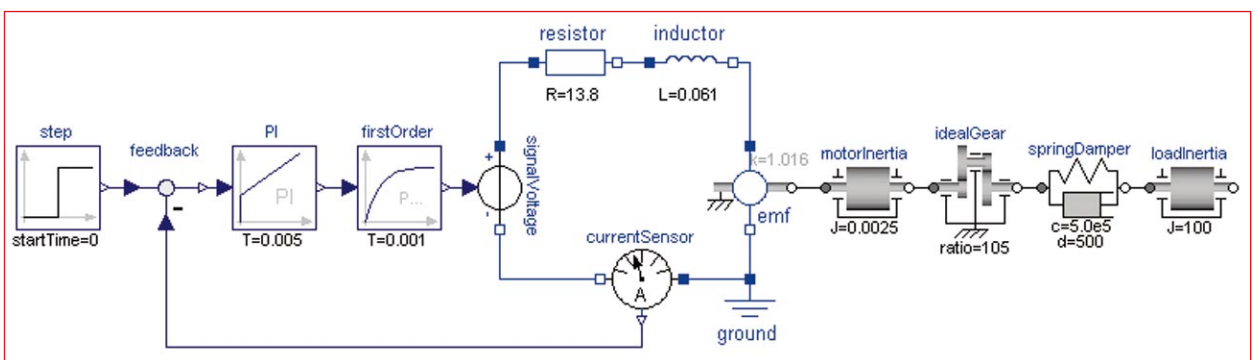


Abb 1: Modelica Modell eines einfachen Antriebsstrangs bestehend aus Gleichstrommotor mit Stromregler, sowie Motor-, und Lastträgheit, Getriebe ■

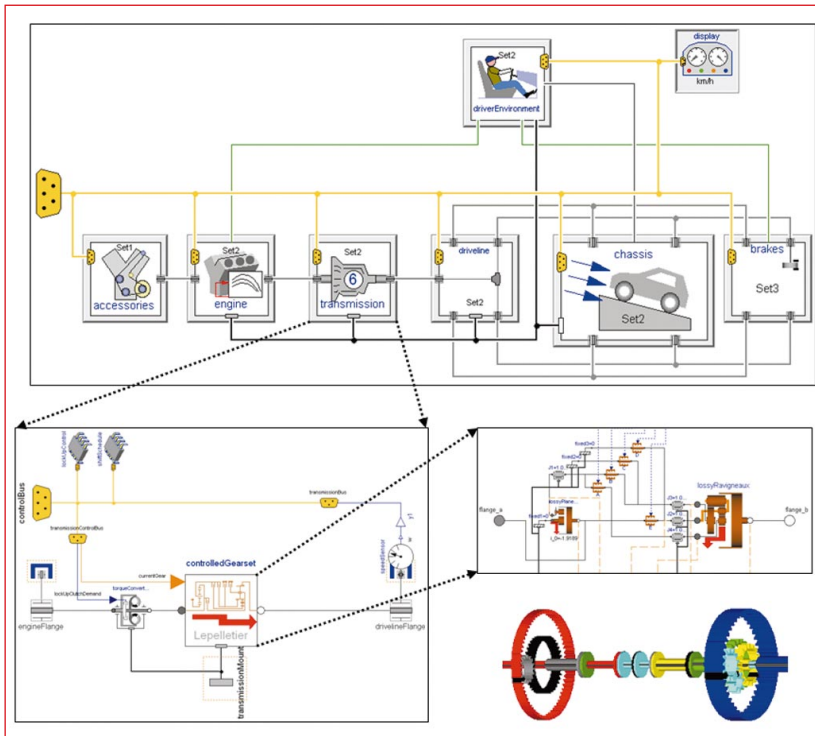


Abb. 2: Modelica Gesamtfahrzeugmodell. Im unteren Teil sind die Modelle für das 6-Gang Automatikgetriebe zusammen mit einer Animation des Getriebes zu sehen ■

elektrische Klemme beschreiben. Die mechanischen Komponenten haben je einen dunklen „Kreis“ am Rand, der den Flansch einer Welle charakterisiert. Wenn gleichartige Connectoren verbunden werden, werden die entsprechenden physikalischen Verbindungen modelliert, wie z.B. zwei Klemmen mit einer elektrischen Leitung verbinden, oder zwei Flansche mechanisch zueinander fest fixieren.

Eine Komponente ist intern entweder wiederum grafisch modelliert, oder wird mit der Modelica Modellierungssprache beschrieben. Die Stärke von Modelica ist die einfache Formulierung und effiziente Behandlung von mathematischen Gleichungen, insbesondere Differentialgleichungen, algebraische Gleichungen und diskreten Gleichungen. Verbindungslinien zwischen Verbindungspunkten werden so auf Gleichungen abgebildet, dass die vom Bibliotheksentwickler vorgesehenen Bilanzgleichungen, wie „Energiesatz“, „Impulsatz“, „Drehimpulsatz“, „Kirchhoff'sche Stromregel“, „ideales Mischen“, im ideal

angenommenen Verbindungspunkt (in dem keine Energie gespeichert wird) erfüllt sind. Hierzu kann der Modelica Bibliotheksentwickler zwischen 4 Verbindungstypen wählen: Bei verbundenen Verbindungspunkten werden

- (a) die Variablen gleichgesetzt (z.B. elektrisches Potential, Temperatur),
- (b) die Variablen gleichgesetzt unter den Einschränkungen von Ein/Ausgangssignalen („input, output“ Variable; Beispiel: zwei Eingangssignale können nicht verbunden werden),
- (c) die Summe der Variablen verschwindet („flow“ Variable; Beispiel: die Summe von elektrischen Strömen, oder die Summe von Schnittmomenten ist Null),
- (d) die Summe der Produkte von Massenstrom und stromaufwärts vorliegendem Wert der Variablen verschwindet („stream“ Variable; Energiesatz bei bidirektionalen Rohrströmungen; Beispiel: spezifische Enthalpie oder Massenanteile von einem Fluid in einer Rohrströmung).

Neben der Modelica Modellierungssprache stellt die Modelica Association mit der „Modelica Standard Bibliothek“ auch die wohl weltweit größte, freie Bibliothek von multi-disziplinären Modellkomponenten zur Verfügung. Alle Anwender von Modelica setzen auf dieser Modelica Bibliothek auf. Diese Bibliothek wird kontinuierlich seit 10 Jahren entwickelt und stellt rund 800 Basis-Komponenten und 550 Funktionen in den folgenden Fachgebieten zur Verfügung: Analoge und digitale elektrische Komponenten, elektrische Maschinen, 1-dimensionale, translatorische und rotatorische mechanische Komponenten, 3-dimensionale mechanische Komponenten („Mehrkörpersysteme“), Komponenten für Wärme- und Rohrströmungen, ca. 1200 thermodynamische Medium- Modelle, Ein/Ausgangsblöcke, hierarchische Zustandsmaschinen. Darüber hinaus werden auch kommerzielle Modelica Bibliotheken von verschiedenen Herstellern angeboten, so z.B. von Modelon⁴ eine Bibliothek für Fahrdynamik („VehicleDynamics“) und für Fahrzeug-Klimaanlagen („AirConditioning“), von arsenal research⁷ für geregelte elektrische Maschinen („SmartElectricDrives“) und vom DLR für Fahrzeug-Antriebsstränge („PowerTrain“) und für flexible Körper („FlexibleBodies“). Weitere 30 freie und kommerzielle Modelica Bibliotheken werden zur Zeit im Rahmen des ITEA2 EUROSYS-LIB Projekts⁶ von 20 Organisationen entwickelt. Ein typisches Modelica Modell eines Gesamtfahrzeugsystems ist in Abb. 2 zu sehen. Grundlage ist die von verschiedenen Organisationen entwickelte VehicleInterfaces Bibliothek, um die Schnittstellen der Baugruppen eines Fahrzeugs zu standardisieren. Jede Baugruppe wie „engine“, „transmission“, „chassis“, kann sehr leicht durch unterschiedliche

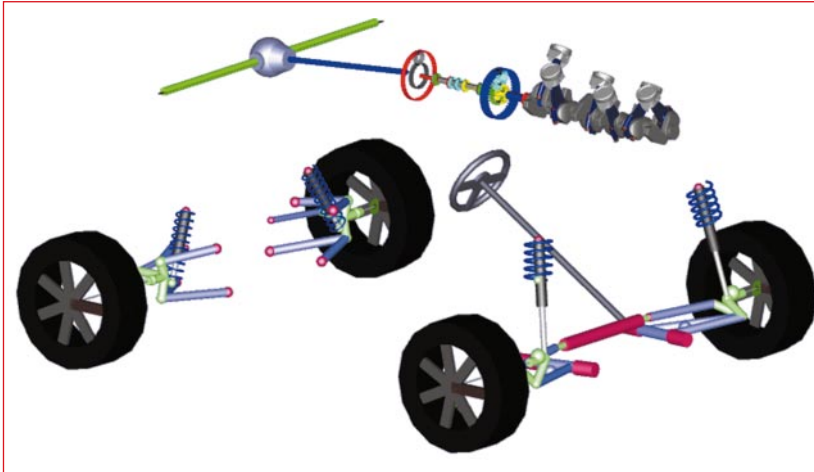


Abb. 3: Animation des Modelica Fahrdynamikmodells eines Fahrzeugs. ■

Modellkomponenten (mit denselben Schnittstellen) ausgetauscht werden. In *Abb. 2* sind exemplarisch zwei Modell-Hierarchien der „transmission“ zu sehen, um ein detailliertes Modell eines 6-Gang Automatikgetriebes darzustellen. Mit der Modelica Standard Bibliothek können auch 3-dim. bewegte Komponenten visualisiert werden. Dies wird exemplarisch in *Abb. 3* für die mechanischen Komponenten eines Gesamtfahrzeugmodells gezeigt.

Um ein Modelica-Modell grafisch zu erstellen, zu simulieren und die Ergebnisse zu visualisieren, wird eine Modelica Simulationsumgebung benötigt. Hierfür gibt es Programme von verschiedenen Herstellern (siehe z.B. die Über-

sicht unter www.modelica.org/tools). Zur Zeit sind nur die kommerziellen Programme wie Dymola und SimulationX in der Lage, realistische Modelle zu simulieren. Die beiden freien Umgebungen, OpenModelica und SCICOS, befinden sich noch in der Entwicklung und können zur Zeit nur relativ einfache Modelle behandeln. Im Jahr 2006 wurde die schwedische Firma Dynasim, die die Dymola Umgebung entwickelt, von Dassault Systèmes aufgekauft. Dassault hat vor einiger Zeit angekündigt, Dymola auch integriert in CATIA anzubieten (d.h. dem in der Fahrzeugindustrie am weitesten verbreiteten CAD System). Zusammengefasst kann deswegen davon ausgegangen werden, dass

Modelica auch in Zukunft in der Fahrzeugindustrie eine wachsende Verbreitung finden wird. Hierbei wird der Anwender Alternativen von „High-End“ (Modelica integriert in CATIA), bis zur „Low-Cost“ Software (mit freien Modelica Simulationsumgebungen) finden. ■

¹ Simulink ist ein eingetragenes Warenzeichen von „The MathWorks“ (www.MathWorks.com)

² VHDL-AMS (www.vhdl.org/vhdl-ams)

³ Modelica ist ein eingetragenes Warenzeichen der „Modelica Association“ (www.Modelica.org).

⁴ www.Modelon.se

⁵ www.arsenal.ac.at/modelica

⁶ www.itea2.org/public/project_leaflets/EUROSYSLIB_profile_oct-07.pdf

Autor:



Prof. Dr.-Ing.
Martin Otter

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Robotik und Mechatronik

82234 Wessling
Tel.: +49 / 8153 / 28-2473
Fax: +49 / 8153 / 28-1441
E-mail: Martin.Otter@DLR.de

Zukunftstechnologien in Bayern

PARTNER DER WELT




EINE MAGAZINREIHE
VON



80636 München
Volkartstr. 77
Tel.: 089/23 55 57 -3
E-mail: mail@media-mind.info
www.media-mind.info