

DLR_School_Lab

Oberpfaffenhofen

Virtuelle Mechanik

Was passiert, wenn... Oder: Damit man schon vorher schlauer ist

Damit Systeme wie Auto, Bahn und Flugzeug einwandfrei funktionieren, werden sie entsprechend „ausgelegt“, d.h. alle ihre Einzelteile wie etwa Federn und Stoßdämpfer werden sorgfältig eingestellt und aufeinander abgestimmt. Das geht nicht nach Gefühl, und das sollte man tun, bevor man das System baut: Zum einen kann es sehr gefährlich sein, wenn ein System nicht so funktioniert wie gewünscht, z.B. wenn ein Zug entgleist, zum anderen sind Tests mit fertigen Systemen oder nachträgliche Umbauten sehr aufwendig und teuer.

Simulationsprogramme vereinfachen diese Arbeit. Solche Programme enthalten die physikalischen Gesetze und die mathematischen Methoden. Mit ihrer Hilfe kann man ungefährlich, schnell und ohne großen Aufwand berechnen, wie sich ein System verhalten wird. So kann man mit einer Mehrkörpersimulation, vorausberechnen, wie sich das System bewegen wird, welche Kräfte auftreten werden usw., so dass das fertige System „auf Anhieb“ richtig funktioniert.

Virtuelle Mechanik

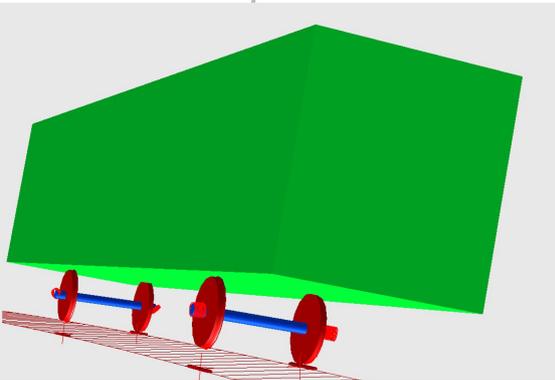


Abb. 1: Gefährliche Situationen lassen sich durch ungefährliche Simulationen darstellen

Mehrkörpersysteme

Mehrkörpersysteme (MKS) sind eine spezielle Art der Modellierung: Ein reales System wie z.B. ein Auto oder ein Eisenbahnwaggon wird aus mehreren einfachen Grundelementen nachgebaut. Solche Elemente sind Körper (Massestücke), Gelenke, die die Bewegung der Körper ermöglichen, und Kraftelemente wie Federn oder Kontakte. Es gilt das Gesetz „Kraft ist das Produkt von Masse und Beschleunigung“, so dass ein Körper durch die Kräfte, die auf ihn wirken, beschleunigt oder abgebremst wird. Umgekehrt hängen die Kräfte, die von den Kraftelementen erzeugt werden, von den Bewegungen der Körper ab. So wächst z.B. die Kraft einer Feder an, wenn man sie dehnt; dies geschieht dann, wenn sich die beiden Körper, zwischen denen die Feder eingebaut ist, auseinander bewegen. Aus diesem Wechselspiel ergibt sich die Bewegung des gesamten Systems.

Auf diese Weise erhält man ein Modell, das sich fast exakt so verhält wie das reale System. Natürlich kann ein solches Modell sehr kompliziert werden. Zu diesem Zweck gibt es Computerprogramme, an denen man ein solches Modell buchstäblich durch Klicken graphisch aufbauen kann. Weiterhin können diese Programme die mathematischen Gleichungen, die das Verhalten des Systems beschreiben, automatisch aufstellen und numerisch lösen. Die Ergebnisse der Berechnungen können in Computeranimationen dargestellt werden, so dass man einen sehr anschaulichen Eindruck bekommt, wie sich das System bewegt.

Durch die Simulation kann man erkennen, ob das System auch wirklich funktioniert, noch bevor das reale System überhaupt gebaut worden ist. Wenn sich herausstellt, dass gefährliche Zustände auftreten, kann man die Konstruktion noch rechtzeitig ändern. Dadurch kann man eine hohe Sicherheit erreichen und außerdem viel Zeit und Geld sparen.

Schienenfahrzeuge

Ein Schienenfahrzeug wie etwa eine Eisenbahn oder eine Trambahn ist ein spurgeführtes Fahrzeug: Es besitzt keine Lenkung, sondern der Weg ist ihm durch das Gleis vorgegeben, und das Fahrzeug darf das Gleis nicht verlassen.

Früher hatte man für die Auslegung eines Schienenfahrzeugs nur sehr einfache Formeln zur Verfügung und brauchte viel Erfahrung. Seit Mitte der 70er Jahre kann man dadurch, dass man ein Schienenfahrzeug als MKS modelliert, sehr viel genauer voraussagen, wie sich das Fahrzeug verhalten wird. Besonders wichtig sind dabei die Kräfte zwischen Rad und Schiene: Sind diese Kräfte zu hoch, kann das Fahrzeug das Gleis beschädigen oder entgleisen. Aber auch die Belastungen, die die einzelnen Bauteile ertragen müssen, ohne zu brechen, und die Schwingungen, die auf die Fahrgäste wirken, kann man ziemlich genau vorausberechnen.

Durch die Auslegung mithilfe der MKS-Modellierung können Züge heute Geschwindigkeiten fahren, die man früher für praktisch unmöglich hielt, und dennoch ist eine sehr hohe Sicherheit vorhanden. Aber auch andere technischen Systeme wie z.B. Autos haben in hohem Maße von dieser Art der Simulation profitiert und sind dadurch leistungsfähiger und sicherer geworden.

Obwohl die MKS-Programme schon heute sehr weit entwickelt sind, wird weiterhin geforscht, um die Simulation noch detaillierter und realistischer zu machen. Ein aktuelles Forschungsthema ist insbesondere die Beschreibung der Eigenverformungen und Schwingungen von Körpern wie etwa Eisenbahnradsätzen unter den auftretenden Belastungen. Dies ist wiederum wichtig für die Festigkeit und den Verschleiß des Radsatzes

Das Experiment

Das MKS-Programm SIMPACK wurde ursprünglich beim DLR in Oberpfaffenhofen entwickelt. Es ist ein professionelles Simulationsprogramm, das sowohl in der Industrie als auch in der Forschung zum Einsatz kommt.

Nach einer Einführung, in der Ihr Euch mit SIMPACK vertraut macht, könnt Ihr Euch auf eigene Faust mit dem Programm beschäftigen. Wer sich an ein realistisches Problem heranwagen möchte, kann selbständig ein Modell eines Güterwagens zusammenbauen. Auf diese Weise erfahrt Ihr, welche Daten man benötigt, um einen solchen Waggon zu beschreiben. Ihr könnt auch selbst herausfinden, dass eine Eisenbahn auf einem geraden Gleis in Wirklichkeit gar nicht geradeaus fährt oder warum ein Zug oft schief in einer Kurve hängt und wann er entgleist.

Obwohl SIMPACK eigentlich pure Mathematik und Mechanik ist, braucht Ihr Euch nirgendwo mit Gleichungen abzumühen: Das alles erledigt das Programm für Euch. Ihr braucht nur das Modell aufzubauen, wobei Euch die Graphikdarstellung hilft, und die Parameter vorzugeben. Wenn Ihr also wissen wollt, wie in der echten Praxis gearbeitet wird, keine Angst vor Computern habt und ein bisschen Interesse für Technik und ein bisschen Geduld mitbringt, dann heißt es: „Viel Spaß bei der Virtuellen Mechanik!“

Fragen zum Nachdenken:

Welche Parameter sind für andere technische Systeme wie etwa Flugzeuge, Fahrräder, Seilbahnen, Kräne oder Windkraftwerke wichtig?

Was bedeutet der Satz „Ein gutes Modell ist so einfach wie möglich und so detailliert wie nötig“?



Abb. 2: Schüler beim Erstellen einer Simulation

Glossar

Auslegung

Abstimmung der Parameter aufeinander, damit das System so funktioniert, wie man es sich wünscht.

Numerische Lösung

Viele mathematische Probleme lassen sich nicht analytisch lösen, also dadurch, dass man eine Gleichung so lange umformt, bis man die Lösung ablesen kann. Solche Probleme werden numerisch gelöst, d.h.: Man schätzt die Zahlenwerte der Lösung ab und verbessert sie schrittweise, bis sie die Gleichung erfüllen. Das Verfahren zur Bestimmung der Lösung wird auch Algorithmus genannt: Es besteht aus einfachen Rechenschritten, die so oft wiederholt werden, bis die Lösung genau genug ist.

Parameter

Physikalische Größen, die für das Verhalten eines Systems wesentlich sind, z.B. die Härte einer Feder, das Gewicht eines Bauteils, aber auch die Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder der Radius einer Kurve, durch die das Fahrzeug fährt.

System

Praktisch jedes Gebilde, das aus einzelnen Teilen besteht, die sich gegenseitig beeinflussen. Jede Maschine, also auch eine Eisenbahn, ein Auto oder ein Flugzeug, ist ein technisches System.



Abb. 3: Ein Waggon wird virtuell getestet bevor er auf die Schiene kommt

Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Die virtuelle Mechanik eines Drehgestells
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Abb. 1: Gefährliche Situationen lassen sich durch ungefährliche Simulationen darstellen
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Abb. 2: Schüler beim Erstellen einer Simulation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Abb. 3: Ein Waggon wird virtuell getestet bevor er auf die Schiene kommt
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

DLR Oberpfaffenhofen

Das DLR Oberpfaffenhofen beschäftigt sich hauptsächlich in den Schwerpunkten der Raumfahrt, der Umwelt und des Verkehrswesens. In Oberpfaffenhofen arbeiten rund 1.500 Menschen in 9 verschiedenen Instituten und Einrichtungen, was das DLR Oberpfaffenhofen zum größten DLR-Standort in Deutschland macht.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen
Münchnerstraße 20
82234 Weßling

Ansprechpartner:

Leitung: Dr. Dieter Hausmann
Telefon +49 8153 28-2770
Telefax +49 8153 28-1070
E-Mail schoollab@dlr.de

Teamassistentz: Stefani Krznic
Telefon +49 8153 28-1071
Telefax +49 8153 28-1070
E-Mail stefani.krznic@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab