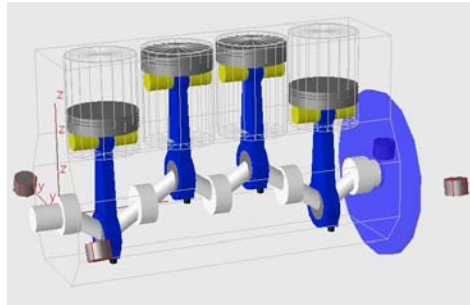


## Neue Mehrkörpersimulationssoftware SIMPACK im Institut

Bormann, E.; Thoden, D.

Am IMW soll verstärkt die Simulation von Maschinenelementen angewandt werden. Dafür wurde eine neue Software für Mehrkörpersimulation (MKS) angeschafft. Das Programm SIMPACK bietet neben eigenem Modelllaufbau und Berechnung auch gute Schnittstellen zu anderen Programmen wie Ansys und ProEngineer.



The IMW strengthens the simulation of mechanical components. For this use a new software for multi-body simulation (MKS) was purchased. The program SIMPACK has own modelling and solving tools and offers good interfaces to other programs like Ansys or ProEngineer.

### 1 Der Weg zu SIMPACK

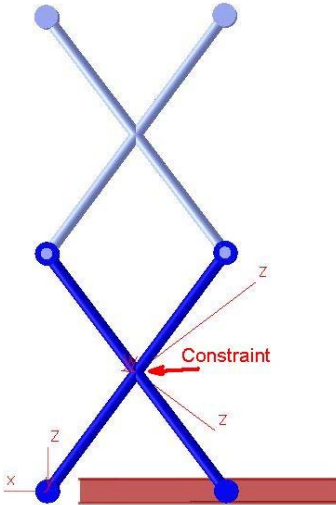
Im Frühjahr 2008 fand im IMW eine einwöchige Schulung mit der Mehrkörpersimulationssoftware SIMPACK statt. An dieser Schulung nahmen sechs Mitarbeiter des IMW teil. Zu diesem Zeitpunkt wurde eine Lizenz für einen Arbeitsplatz über die Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) beschafft. Im Laufe des Jahres wurde diese Lizenz durch mehrere Projekte und Studienarbeiten aktiv genutzt.

Da sich zum Herbst zeigte, dass eine Lizenz nicht ausreichen würde, um gerade die Studien- und Diplomarbeiten der Studenten ausreichend zu betreuen, wurde beantragt über Studienbeitragsmittel eine Hochschullizenz von SIMPACK zu beziehen. Diese Hochschullizenz beinhaltet zehn Rechnerplätze und einen nur leicht eingeschränkten Umfang gegenüber der FVA Lizenz. Durch die Studienbeitragkommission ist der Antrag bewilligt worden und gibt nun dem IMW auch die Möglichkeit MKS in seine Praktika einzubetten.

### 2 Mehrkörpersimulation

Um ein System wie einen Antriebsstrang oder ein Fahrzeug richtig auszulegen, wird inzwischen häufig eine Mehrkörpersimulation eingesetzt. Das reale System wird dabei am Computer in seine Komponenten zerlegt und die einzelnen Teile bzw. Körper durch Federn

oder Dämpfer miteinander verbunden. Dieses nachgebaute System ist dabei im Normalfall eine Vereinfachung der Realität. Auf die einzelnen Körper wirken Kräfte, durch die die Körper bewegt werden; umgekehrt hängen diese Kräfte von der Lage und der Geschwindigkeit der Körper zueinander ab. Aus diesem Wechselspiel ergibt sich das Bewegungsverhalten des Systems. Die Gleichungen, die dieses Bewegungsverhalten beschreiben, erzeugt der Computer automatisch aus dem Aufbau des Systems; durch die Lösung dieser Gleichungen kann er vorausberechnen, wie sich das System bewegen wird. /1/



**Bild 1** Beispiel für eine Zwangs-  
bewegung (Constraint) /3/

Grundsätzlich wird bei der Mehrkörpersimulation zwischen dynamischer und kinematischer Simulation unterschieden. Bei der einfacheren Kinematik haben die Systeme keine dynamischen Freiheitsgrade. Meist wird der letzte Freiheitsgrad eines mechanischen Systems mit einer Zwangsbewegung (Constraint) gesperrt, s. **Bild 1**, wodurch dieser verschwindet. Eine Kinematik lässt sich dadurch charakterisieren, dass jeder Betriebspunkt als Funktion der gegebenen Zwangsbewegung betrachtet werden kann. Dabei ist die Zeit, bzw. das Geschwindigkeitsprofil das zu dieser Position geführt hat, unerheblich. In einem dynamischen Modell kann ein Betriebspunkt nur durch Auflösen einer Differentialgleichung ermittelt werden. /2/ Bei komplexeren Systemen ist deshalb ein Integrator nötig, der die Gleichungssysteme löst.

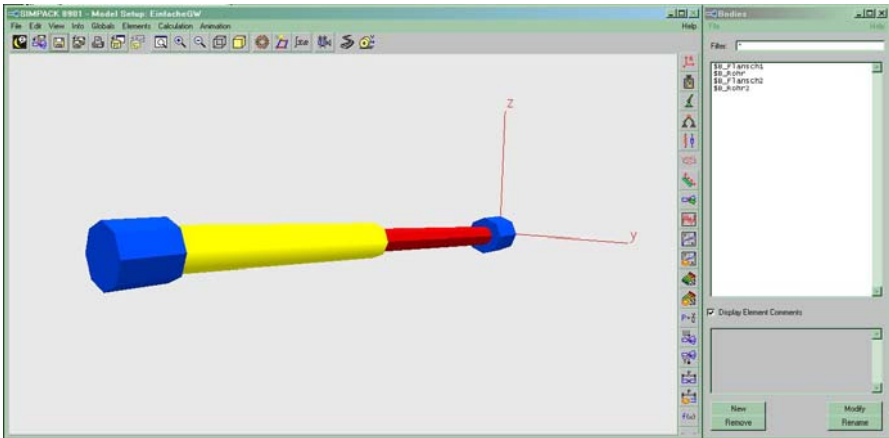
Nach der Berechnung werden die Ergebnisse als animierte Bewegung dargestellt und die Wege, Beschleunigungen, Kräfte etc. in einem Postprozessor als Grafiken angezeigt. Sie können dann als Eingangsfunktion für Festigkeitsanalysen mit FE-Programmen verwendet werden.

### 3 Möglichkeiten mit SIMPACK

Das SIMPACK-System ist eine MKS-Software, die vom Modellaufbau her einen theoretischen Ansatz wählt. So ist die Geometrie eines Körpers nicht entscheidend, so lange sein Schwerpunkt und die Trägheitsmomente richtig gesetzt sind. Zur grafischen Darstellung wird ein so genanntes Primitive verwendet, zumeist ein einfacher, aus Polygonen zusammengesetzter geometrischer Körper (**Bild 2**).

### 3.1 Modellaufbau

Im Gegensatz zu CAD-basierten Simulationssystemen, in denen die Kontaktbedingungen über die Geometriefeatures geknüpft werden, werden bei SIMPACK alle Verbindungen und Kräfte über so genannte Marker eingebracht. Diese Verbindungspunkte werden relativ zum Schwerpunkt eines jeweiligen Körpers definiert und können völlig frei platziert werden.

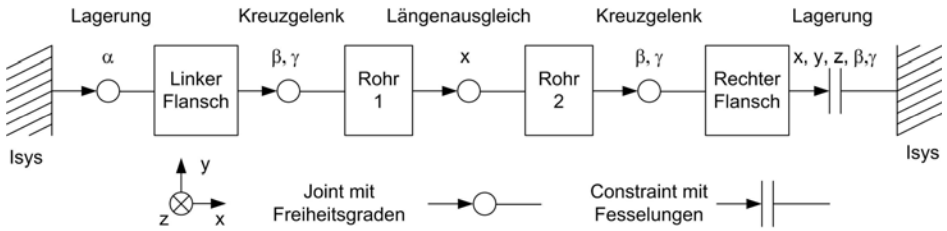


**Bild 2** Aufbau des einfachen Gelenkwellenmodells auf der Benutzeroberfläche

Jeder Körper, der definiert wird, muss über genau einen so genannten Joint an einen weiteren Körper oder das Inertialsystem (Isys) gekoppelt werden. Dem Joint können bis zu sechs Freiheitsgrade zugewiesen werden, so dass sich alle Arten von Gelenken oder auch frei bewegliche Körper realisieren lassen.

Sollen mehr Bewegungen gesperrt werden, so geschieht dieses über die zuvor schon erwähnten Constraints, denen Freiheitsgrade entzogen werden können. Als letztes Element zum Modellaufbau sind die Kraftelemente zu nennen. Von ihnen gibt es von der einfachen Feder bis zu komplexen Reifenmodellen, Getrieben oder Antrieben einen umfangreichen Katalog, mit dem sich alle Arten von technischen Fragestellungen abbilden lassen.

Der große Vorteil am theoretischen Ansatz ist die Tatsache, dass Modelle auf einem Blatt Papier geplant werden können und schnell zwischen verschiedenen Joints, Constraints und Kraftelementen gewechselt werden kann, da diese ausschließlich über Marker mit den Körpern verbunden sind (**Bild 3**).



**Bild 3** Schema eines einfachen Gelenkwellenmodells

### 3.2 Postprozessor

Die Auflösung des aufgebauten Modells erfolgt analog zu einem FEM-System mittels eines Solvers. Erster Schritt zur Überprüfung des Modells ist die Animation unter der grafischen Benutzeroberfläche.

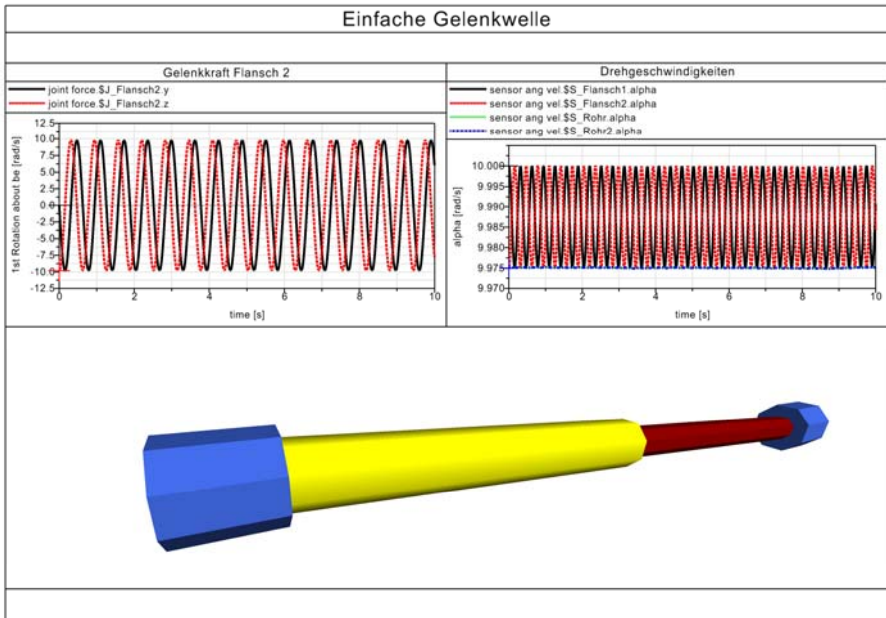
Für weitergehende Analysen wird ein Post-Prozessor verwendet, in dem neben dem Animierten Modell auch die Verläufe aller physikalischen Größen wie Kräfte, Momente, Geschwindigkeiten und Wege dargestellt werden können (**Bild 4**).

### 3.3 Schnittstellen aus anderen Programmsystemen

Um bereits fertig aufgebaute Modelle einer Mehrkörperanalyse zu unterziehen, kann aus dem CAD-System Pro/ENGINEER über die Schnittstelle ProSIM ein Export erfolgen. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass das Modell gemäß den Vorgaben der Schnittstelle aufgebaut werden muss. So müssen für die Marker Koordinatensysteme eingesetzt werden, der direkte Import von standardmäßig aufgebauten Assemblies ist nicht möglich.

SIMPACK bietet die Möglichkeit, von der reinen MKS-Lehre abzuweichen und auch flexible Körper zu simulieren. Dieses können einerseits stabförmige Bauteile sein, die direkt im System erzeugt werden können. Als weitere Möglichkeit besteht über eine Schnittstelle zum FEM-System ANSYS der Import von dort bearbeiteten Finite-Elemente-Modellen, die um einiges komplexer sein können. Um die Rechenkapazitäten nicht zu sehr zu strapazieren, wird die Super-Element-Technik angewendet. Hierbei werden die fein vernetzten Modelle in große zusammenhängende Gebiete unterteilt und die Verformungseigenschaften interpoliert /4/.

Durch diese beiden Schnittstellen fügt sich das Programm ideal in die am Institut für Maschinenwesen schon vorhandene Software-Landschaft ein



**Bild 4** Postprocessing des einfachen Gelenkwellenmodells

#### 4 Projekte am IMW

Durch die Möglichkeiten, die in der eingangs erwähnten Schulung aufgezeigt wurden, konnten in kurzer Zeit viele Projekte gestartet werden, so dass es mitunter Engpässe bei der Nutzung der ersten Installation gab. So bewährte sich SIMPACK nicht nur bei den Projekten der Mitarbeiter sondern zog auch Studien- und Diplomarbeiten magisch an.

Da noch keine Forschungsvorhaben den Einsatz von SIMPACK direkt vorsehen wurden abgeschlossene oder laufende Projekte um diesen wichtigen Simulationsbaustein ergänzt. Bei diesen wird mit Spannung auf die ersten Ergebnisse gewartet.

Darüber hinaus wird für kommende Vorhaben die Mehrkörpersimulation als fester Bestandteil eingeplant.

#### 5 Zusammenfassung

Mit der SIMPACK-Software ist ein mächtiges Werkzeug angeschafft worden, dessen Potential nach und nach erarbeitet wird. Wegen der

stetigen starken Nachfrage bei den Studierenden und des Interesses der wissenschaftlichen Mitarbeiter ist die Lernkurve sehr steil, so dass der Einsatz der Software schon in naher Zukunft so selbstverständlich sein wird, wie von Pro/ENGINEER und ANSYS.

## **6 Literatur**

- /1/ N, N.: Simulation von Mehrkörpersystemen oder: Immer schneller, immer genauer, immer realistischer; <http://www.dlr.de/schoollab>
- /2/ N, N.: Mehrkörpersimulation; <http://de.wikipedia.org/wiki/Mehrkörpersimulation>
- /3/ N, N.: SIMPACK Basic Training II; INTEC GmbH, 2008
- /4/ Eichseder, W; Unger, B.; Dannbauer, H.: Neue Aspekte der Submodelltechnik in der Finite Elemente Methode zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses; FEM Kongress; Baden-Baden; Nov. 1998