

SIMPACK im Vergleichstest

Die Firma *FIAT-SIG Schienenfahrzeuge* verfügt über eine lange und sehr erfolgreiche Tradition in der computerunterstützten lafdynamischen Auslegung von Schienenfahrzeugen. Zur Entwicklung innovativer Laufwerke wie beispielsweise des *Navigator* wird ein komplett selbst entwickeltes, auf ACSL basierendes Programmsystem namens *MODKAT* eingesetzt. Zuletzt verglich *FIAT-SIG MODKAT* mit *SIMPACK* anhand des *ERRI-Benchmark* von 1991 innerhalb einer Diplomarbeit. *FIAT-SIG* war damals in einem Testfeld von 19 Teilnehmern in der Spitzengruppe vertreten.

Joachim Post, Diplomand bei *FIAT-SIG Schienenfahrzeuge AG*

Das Vergleichsfahrzeug

Für die Simulationsrechnungen wurde das bereits im *ERRI-(B176)-Benchmark* verwendete Schienenfahrzeug als Vergleichsobjekt herangezogen. Die Verwendung dieses Datensatzes ermöglicht es, die Ergebnisse der Berechnungen in den *ERRI-Benchmark* einzuordnen.

Modellierung

Bezüglich des Aufbaus der Mehrkörpermodelle in beiden Programmen sind vor allem zwei Unterschiede von Interesse:

Flexicoilfedern: *MODKAT* verfügt über ein kompaktes Federelement, das die Kopplung der Axiallast mit der Quersteifigkeit, der kardanischen und der querkardanischen Steifigkeit berück-

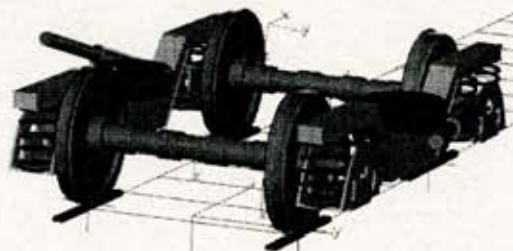
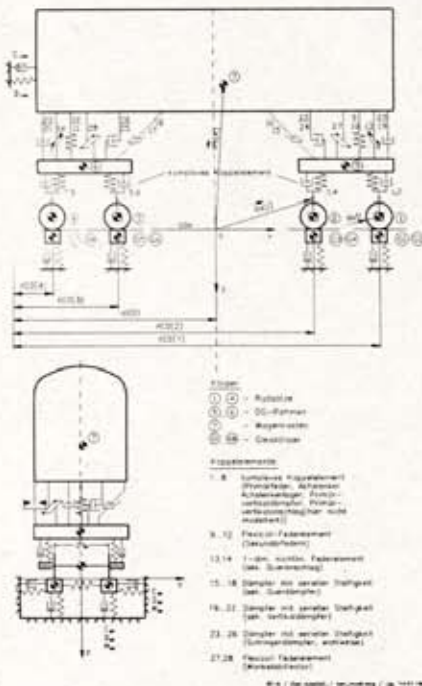
sichtigt. In *SIMPACK* wurden die Primär- und Sekundärfedern durch eine Parallelschaltung zweier kompakter Federelemente mit je drei translatorischen und drei rotatorischen Wirkrichtungen abgebildet

Achslenker: Der Achslenker (vier Stück pro Drehgestell) ist ein Bauteil mit relativ geringer Masse, welches über das Achslager, die Primärfederung und das Achslenkerlager die Anbindung des Radsatzes an das Drehgestell herstellt. Die geringe Masse und die hohen Steifigkeiten im Achslenkerlager führen dazu, daß das Bauteil zu hochfrequenten Schwingungen angeregt werden kann. Bei der Zeitschrittintegration der Bewegungsdifferentialgleichungen führt das mitunter zu Problemen. Im *SIMPACK-*

Modell wurden die Achslenker als separate Körper berücksichtigt, die mit einem Freiheitsgrad in Y-Richtung an den Radsatz gekoppelt sind. Es hat sich gezeigt, das es kürzere Rechenzeiten bringt, im Achslenkerlager eine Zwangsbedingung in vertikaler Richtung einzubauen, was wegen der Vertikalsteifigkeit von 50 kN/mm gerechtfertigt ist. In *MODKAT* wurde die Masse und die Trägheit des Achslenkers auf Radsatz und Drehgestellrahmen reduziert. Die Kinematik wird durch explizit formulierte Gleichungen berücksichtigt. Diese Art der Modellierung hat sich bei *FIAT-SIG* in der Vergangenheit bewährt. Die Integration der Bewegungsgleichungen gestaltet sich einfacher und das Fahrzeugmodell hat sechzehn Freiheitsgrade weniger.

Der R/S-Preprozessor

Die Grundlage der Kraftschlussberechnung ist in beiden Programmen im wesentlichen die vereinfachte nichtlineare Theorie von Kalker mit der Berücksichtigung von einem oder mehreren Kontaktpunkten.



Topologie des Modells in *MODKAT* und Animationsmodell eines Laufwerks in *SIMPACK*

SIMPACK wie auch MODKAT ermöglichen es, theoretische und gemessene Profile zu generieren. In SIMPACK lassen sich derzeit allerdings im Gegensatz zu MODKAT links und rechts verschiedene Profile nicht linearisieren. Es wurde bei den linearen Rechnungen in SIMPACK daher die „rechten Profile“ an beiden Seiten verwendet. Vorteilhaft ist bei SIMPACK aber die Möglichkeit, sich bei linearisierten Profilen den Linearisierungszustand ausgeben zu lassen. Bei den nichtlinearen Rechnungen sind unterschiedliche Profile in beiden Programmen möglich. Die Berechnungen wurden mit dem Einpunktkontakt durchgeführt.

Berechnungen und Resultate

Der Plausibilitätskontrolle kommt in der Simulationstechnik große Bedeutung zu. In diesem Sinne wurden die Berechnungsergebnisse sehr ausgiebig kon-

trolliert. Beide Programme lieferten stets plausible Ergebnisse und erfüllten sämtliche Kriterien des ERRI-Benchmarks. Beispielsweise wurden, wie in der Tabelle dargestellt, die von den Programmen berechneten Eigenwerte des Fahrzeugs ohne Dämpfer mit manuell durch Näherungsformeln berechneten Eigenwerten verglichen. Zudem zeigt die Abbildung auf der nächsten Seite die Resultate der Plausibilitätskontrolle des ERRI-Benchmarks gemäß Exercise 5 (Schnellfahrt mit Gleislagestörung). Bei der Simulation dieser

Fahrt stimmen zwischen MODKAT und SIMPACK auch die für die Komfortermittlung wesentlichen Beschleunigungssignale im Wagenkasten bei Bogenfahrt qualitativ gut und in der Geraden auch quantitativ sehr gut überein. Gleiches gilt auch für die Beschleunigungen der Drehgestelle. Zudem wurden Eigenwerte, Wurzelortskurven, Stabilitätskarten (Stabilität des linearen System), Grenzyklen (Stabilität des nichtlinearen Systems), quasi-statische Bogenfahrten, usw. gerechnet. Die Resultate der Simulationen mit SIMPACK und MODKAT haben auch hier gute Übereinstimmungen gezeigt. Gelegentliche Unterschiede sind, wie diverse Tests gezeigt haben, auf Unterschiede in der Generierung der gemessenen R/S-Profile zurückzuführen.

Ordnet man beide Programme mit den im nachfolgenden dargestellten Rechenergebnissen in die Bewertungsskala des ERRI-

ist und eine gute Kontrolle der Dateneingabe bietet. In MODKAT geschieht die Modellierung, Dateneingabe und Programmsteuerung auf ACSL- bzw. UNIX-Ebene. Dies erschwert dem Benutzer die Einarbeitung in das Simulationsprogramm, erweist sich später unter Umständen aber als sehr komfortabel, denn FIAT-SIG hat zur Steuerung von MODKAT einen sehr ausgefeilten BATCH-Betrieb entwickelt. Der Ingenieur hat die Möglichkeit, eine vollständige Nachweisrechnung für ein Schienenfahrzeug automatisch ablaufen zu lassen. Durch den Zugang zur untersten Programmebene von MODKAT (aus der Sicht von FIAT-SIG) hat der Benutzer mehr noch als durch SIMPACK USER die Möglichkeit, in das Programm einzugreifen. Wichtig bei der Bewertung beider Programmsysteme sind ferner die Schnittstellen zu anderen Programmen. SIMPACK und

Eigenfrequenz	Tauchen WK [Hz]	Nicken WK [Hz]	Drehen WK [Hz]	Wanken 1 WK [Hz]	Wanken 2 WK [Hz]	Zucken DG/WK [Hz]	Identifizierung der Eigenform
MODKAT (ohne Dämpfer)	1.07	1.34	0.85	0.54	1.34	1.23	Kreisdiagramm (EV)
SIMPACK (ohne Dämpfer)	1.06	1.33 (1.22 (*))	0.85	0.55	1.29	1.22 (1.33 (*))	3D-Animation
Plausibilitätsrechnung	1.16	1.41	0.86	0.60	1.40	1.22	(*) keine genaue Identifizierung möglich
MODKAT-Abweichung [%]	7.76	4.96	1.16	10.00	4.29	0.82	
SIMPACK-Abweichung [%]	8.62	5.67	1.16	8.33	7.86	0.00	

Benchmarks ein, so schneiden MODKAT, wie schon 1991, und auch SIMPACK sehr gut ab.

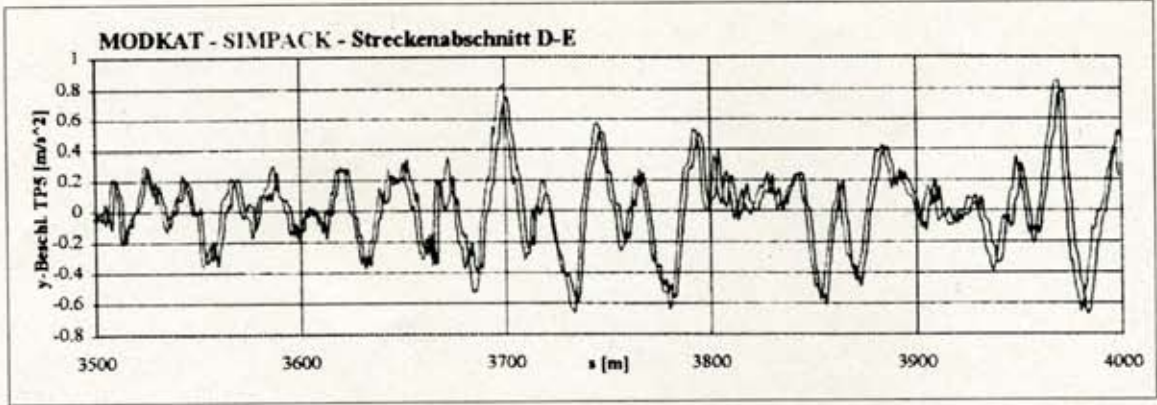
Vergleich anhand allgemeiner Kriterien

Vergleich anhand allgemeiner Kriterien

Da es sich gezeigt hat, daß beide Programme vergleichbare, plausible Simulationsergebnisse geliefert haben, erscheint es sinnvoll, weitere Gesichtspunkte zum Vergleich heranzuziehen. SIMPACK besitzt, im Gegensatz zu MODKAT, eine grafische Oberfläche und die Option, das Modell dreidimensional darzustellen, was beim Modellaufbau sehr hilfreich

MODKAT sind, wie erläutert, Programmsysteme die eine Modellierung als MKS vorsehen. Beide Programme besitzen eine Schnittstelle zu FEM-Systemen, was die Einbindung von elastischen Strukturen ermöglicht. Gerade bei der Ermittlung des Fahrkomforts ist es oft nötig, den Wagenkasten elastisch zu modellieren. SIMPACK verfügt u.a. noch über weitere Schnittstellen zu Programmen wie MATLAB, MATRIXx, und zu CAD-Programmen (Pro/ENGINEER, CATIA).

Querbeschleunigung im Wagenkasten, berechnet durch MODKAT und SIMPACK

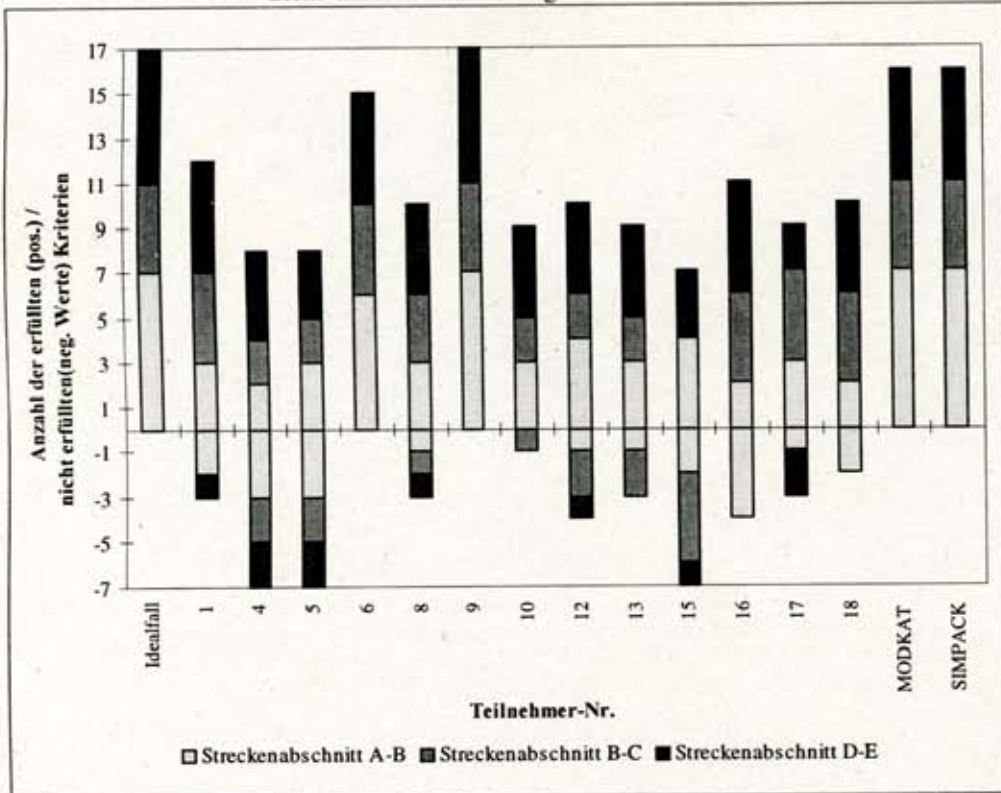


Fazit

Versucht man abschließend, unter der Berücksichtigung vieler hier nicht erwähnter Umstände, die Programme zu bewerten, so muß man dabei den Standpunkt des Betrachters berücksichtigen. Da die Simulationsrechnungen vergleichbare Resultate geliefert haben, und die Programme auf dieser Ebene auf gleichem Niveau sind, kommt allgemeinen Kriterien deutlich mehr Bedeutung zu. Sieht man die Bewertung vom

Standpunkt eines Dritten, der SIMPACK einsetzt, so besitzt er nicht den großen Vorteil von FIAT-SIG, daß er Anwender und Entwickler der Software gleichzeitig ist und damit optimal auf das Programm zugreifen kann. Er hat jedoch durch die Firma INTEC einen sehr guten Support des Programms. Zudem kann er sich Vorteile, welche das Programm MODKAT besitzt, eine firmen- und fahrzeugspezifisch angepaßte Bibliothek von Modellierungselementen

und einen entsprechenden Batchbetrieb, auf Basis der vorhandenen Möglichkeiten ergänzen. Man wäre folglich durchaus in der Lage, die allgemeine Kriterien betreffenden Vorteile beider Programme, die bei MODKAT u.a. im Bereich der Bibliothek und des Batchbetriebs und bei SIMPACK im Bereich Oberfläche, Dateneingabe und Schnittstellen liegen, zu vereinen.



Plausibilitätskontrolle ERRI-Benchmark, „Exercise 5“, MODKAT und SIMPACK im Vergleich mit den Teilnehmern von 1991 (Nr.6: Fiat-SIG 1991)