

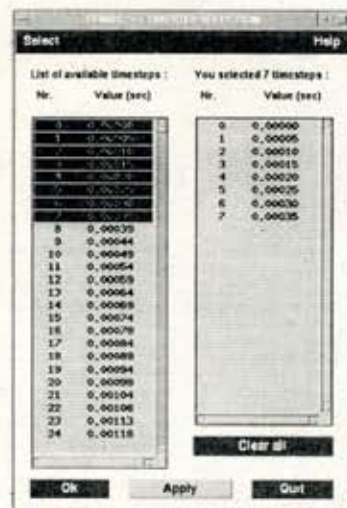
FEMBS⁻¹: Von SIMPACK zurück zum FEM-Programm

SIMPACK bietet alle Möglichkeiten dynamische Lasten zu ermitteln, die auf ein strukturelastisches Bauteil wirken. Durch die modale Beschreibung des elastischen Körpers innerhalb der effizienten Mehrkörpersimulation durch FEMBS, sind die Rechenzeiten um Größenordnungen günstiger als bei einer entsprechenden Rechnung allein im FEM-Programm. Mit der neuen, mit SIMPACK 7 erhältlichen Software FEMBS⁻¹ können nun in SIMPACK ermittelte dynamische Lasten automatisch an das FEM-Programm zur Berechnung von Bauteilspannungen übergeben werden.

Stefan Dietz, Technische Universität Berlin, Dr. Delf Sachau, DLR und Johannes Gerl, INTEC GmbH

FEMBS und FEMBS⁻¹

Die Grundlage für die Ermittlung der Lasten auf strukturelastische Körper in SIMPACK ist die Abbildung eines Bauteils im Preprozessor FEMBS. Elastische Deformationen werden als Linearkombination statischer und dynamischer Modes für bestimmte

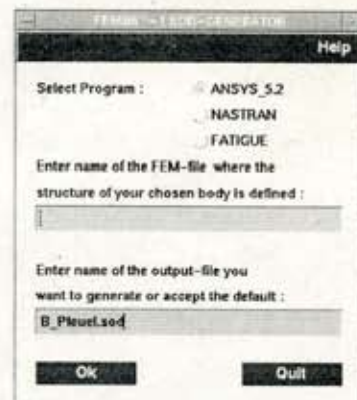


Marker, respektive Nodes berechnet. Abhängig von den angestrebten Ergebnissen können sowohl beliebige Modes als auch Nodes in FEMBS ausgewählt werden. Demnach ist die Beschreibung des FE-Modells in SIMPACK, welche auf die relevanten Eigenformen und lediglich bestimmte Nodes abzielt (Lastangriffspunkte, Koppelpunkte zu anschließenden Bauteilen, bestimmte Meßstellen), schlank genug, um komplizierte Simulationsszenarien zu ermöglichen, aber so universell, daß der Einfluß der „großen“ Bewegungen des ela-

stischen Körpers auf seine Trägheit und Steifigkeit berücksichtigt werden.

Bei einer Zeitschrittintegration in SIMPACK werden die äußeren Schnittkräfte auf das elastische Bauteil, wie sie durch Gelenke zu weiteren Körpern, Zwangsbedingungen oder eingepreßte Kräfte (Federn, Dämpfer, Erregungen, etc.) verursacht werden, für die ausgewählten Nodes berechnet.

Der Post Prozessor FEMBS⁻¹ ergänzt die äußeren Schnittkräfte auf den elastischen Körper, die für sich nicht im Gleichgewicht stehen, um die Trägheitskräfte der elastischen Struktur und speichert sie zur weiteren Verwendung in der FE-Analyse als Funktion der Zeit im ANSYS-



oder NASTRAN Fileformat. Mit dem somit entstandenen Lastvektor können ANSYS und NASTRAN unabhängig von SIMPACK quasistatische Finite Elemente-Berechnungen durchführen und Spannungen und Deformationen an interessierenden Stellen der Konstruktion berechnen (Bild links: Auswahl

der Lastvektoren, Bild in der Mitte: Übergabe an ANSYS oder NASTRAN).

Pilotprojekt Drehgestellrahmen

Die Elastizität der Drehgestellrahmen von Schienenfahrzeugen ist ein wesentlicher Parameter für die laufdynamische Qualität des Fahrzeugs und wird daher in vielen Fällen durch eine FEM-



Berechnung exakt ausgelegt. Trotz der programmierten Nachgiebigkeit muß die Konstruktion dauerhaft sein. Als ein kritischer Lastfall wurde für die vorliegende Lokomotive die schnelle Durchfahrt einer Weiche angesehen, die in SIMPACK durch in Längsrichtung variable Schienenprofile simuliert werden kann.

Die Schläge bei der Weichenüberfahrt führen zu hohen Kraftspitzen in der Vertikal- und Querkraft der Primärfederung der Lokomotive, welche direkt in den Drehgestellrahmen eingeleitet werden.

Der nächste Schritt: Fatigue

FE-Spannungsanalysen eines Modells der Größenordnung des abgebildeten Drehgestellrahmens (ca. 100 000 Freiheitsgrade) für eine Vielzahl von Lastzuständen scheitern an der benötigten Rechenleistung. Die Entwicklung einer im Frühjahr 1998 erhältlichen SIMPACK-FEM-Schnittstelle zur breit angelegten Be-

rechnung von Bauteilspannungen als Ergebnis der Mehrkörpersimulation nähert sich dem Problem daher aus einer anderen Richtung. Basierend auf den Ergebnissen verschiedener Spannungsanalysen mit SIMPACK, FEMBS¹ und einem FEM-Programm wird für die kritischen Stellen eine Last-Spannungsmatrix aufgestellt mit vorab be-

rechneten Einheitslasten, Einheitsbeschleunigungen und Eigenmodes. Die Ergebnisse der SIMPACK-Simulation wirken als zeitabhängige Faktoren für die Einheitslasten, so daß Spannungs-Zeit-Verläufe als Ausgangspunkt für die Betriebsfestigkeitsanalyse ermittelt werden können [1].

[1] Dietz, Netter, Sachau: Fatigue Life Predictions by Coupling Finite Element and Multibody Systems Calculations, 1997 ASME Design Engineering Technical Conferences September 14-17, Sacramento, California

Rad und Schiene

Bei den spurgeführten Verkehrssystemen konnte die Rad-Schiene Technik trotz milliardenschwerer Forschungsförderung der Magnetschwebetechnik hinsichtlich realisierbarer Fahrgeschwindigkeiten und Fahrkomfort noch immer die Nase vorne halten.

Warum?

Wie packt SIMPACK die Problematik an?

Ein Essay von Dr. Lutz Mauer, INTEC GmbH

Der Radsatz ist das charakteristische Konstruktionsmerkmal der Schienenfahrzeuge. Er vereint in seiner klassischen Ausführung alle benötigten Funktionen in nur einem Element:

- Tragen
- Führen
- Antreiben und Bremsen

Schauen wir uns daher die etwa pfenniggroße Kontaktfläche von Rad und Schiene näher an. Getreu dem Prinzip der „Eisenbahn“ ist hier Stahl auf Stahl im direkten Kontakt. Bei etwa 20 Tonnen Achslast (Lokomotiven und beladene Güterwagen) liegen die Druckspannungen im Rad/Schiene-Kontakt nahe der Fließgrenze. Schon aus der Anfangszeit der Pferdebahnen war bekannt, daß die Wagen besser laufen, wenn

- a) die Räder über die Achswelle starr miteinander verbunden sind
- b) die Radlauflächen nicht zylindrisch, sondern konisch ausgeführt sind.

CARTER beobachtete 1874 bei Lokomotiven mit konischen Lauflächenprofilen eine Wellenbewegung. KLINGEL veröffentlichte 1883 den kinematischen Zusammenhang zwischen den geometrischen Parametern des Radsatzes und der Wellenlänge des sogenannten „Sinuslaufs“, welcher den Selbstzentrierungseffekt bewirkt. Diese Gesetzmäßigkeit diente fast ein ganzes Jahrhundert zur Beschreibung der Schwingungsdynamik von Schienenfahrzeugen.

Die Tragfunktion wird hauptsächlich durch den Formschluß der Lauflächenprofile von Rad und Schiene übernommen.

Die Führungsfunktion geschieht im wesentlichen durch den Kraftschluß. Der aus der Gravitationsrückstellung gewinnbare Führungseffekt ist verhältnismäßig klein, wie es sich bei nichtgesteuerten Losradkonzepten immer wieder zeigt.

Mit Ausnahme der Zahnradbahnen geschieht das Antreiben und Bremsen komplett über den

Kraftschluß. Auch im Zeitalter der Magnetschienen- oder Wirbelstrombremse sowie elektrogeneratorischer Bremse wird auf die mechanische Scheibenbremse in der Regel nicht verzichtet. Von besonderem Interesse beim rollenden Kontakt ist der Kraftschluß in einem schmalen Übergangsbereich zwischen dem durch KLINGEL beschriebenen kinematischen Rollen und dem Gleiten im COULOMB'schen Sinne. Folglich teilt sich das Kontaktgebiet zwischen Rad und Schiene in eine Haft- und in eine Gleitzone auf. In der Haftzone sind die Tangentialspannungen τ kleiner als das Produkt aus Normalspannung σ und Reibbeiwert μ .

$$\tau_H < \mu\sigma$$

In der Gleitzone muß die Tangentialspannung mit der Reibbeiwert-gewichteten Normalspannung im Gleichgewicht stehen:

$$\tau_G = \mu\sigma$$