

MEHRKÖRPERDYNAMIK PUR

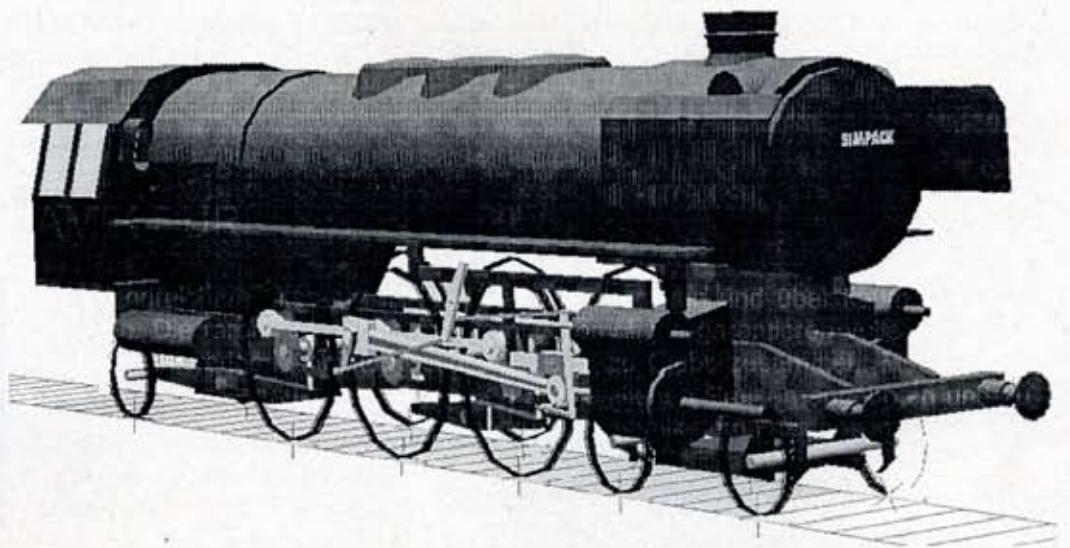
Über kaum eine Maschine gibt es umfangreichere Literatur als über Dampflokomotiven und über kaum eine Maschine wird enthusiastischer geschrieben. Die raren Ausfahrten mit Dampflokomotiven garantieren volle Züge und Bahnhöfe. Freunde ihrer Technik und faszinierenden Anmutung schließen sich zu Clubs zusammen. Modelle von Dampflokomotiven werden mit haarsträubender Genauigkeit gefertigt, zu ausgefallenen Preisen angeboten und zu Tausenden verkauft. Folgender Artikel nähert sich von der Seite der Mehrkörperdynamik dem Faszinosum Dampflokomotive.

Moritz Gretzschel, Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen

Die Berechnung von Triebfahrzeugen dieser Art mag zwar heutzutage kaum mehr aktuell sein, doch ist eine Lokomotive der Reihe 01 - zumindest aus deutscher Sicht der Höhepunkt der europäischen Dampflokomotive Stephensonscher Bauart - geradezu ein ideales Beispiel für Mehrkörperdynamik.

Das mechanische Modell ist in vieler Hinsicht anspruchsvoller als das einer modernen Drehgestellokomotive, und gerade auf Grund der Gestängekinematik und der Massenkraft "Mehrkörperdynamik pur".

Beachtenswert ist die Modellierung des Treib- und Steuerungsgestänges, sowie der Achsführung. Treib- und Kuppelstangen sind durch Zwangsbedingungen abgebildet, wobei die verbleibenden Bewegungsfreiheiten unabhängiges Einfedern der Kuppelachsen bei Gleisunebenheiten erlauben.

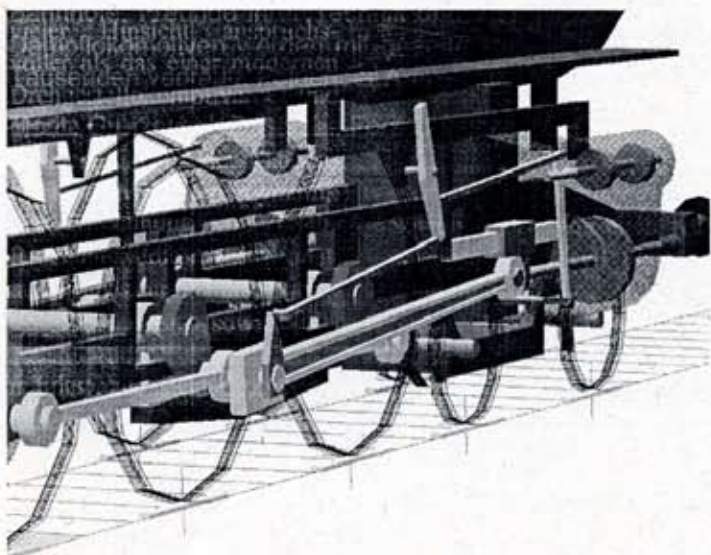


Sowohl Lauf- wie auch Kuppelachsen verfügen über den dreidimensionalen, nichtlinearen SIMPACK Rad-Schiene-Kontakt. Die Heusingersteuerung ist in allen Einzelheiten wie Schwingkulisse und Vordrehhebel modelliert.

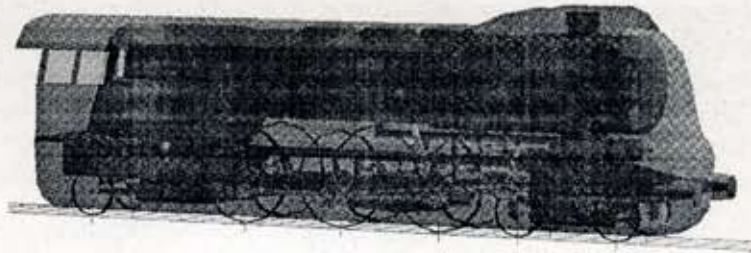
Drei Kuppelachsen mit jeweils zwei Metern Raddurchmesser, die sich der Gestänge wegen

nicht radial einstellen können, legen den Achsstand der Lokomotive fest. Zur Abstützung des Lokomotivgewichts von 108 Tonnen sind drei zusätzliche Laufachsen erforderlich, die gleichzeitig die Bogenführung verbessern und das Schlingern abmildern, wenngleich wegen des bei Zweizylindermaschinen unvollkommenen Massenausgleichs nicht beseitigen.

Hoher konstruktiver Aufwand steckt in der Entkoppelung von Quer- und Vertikaldynamik des Laufwerks. In Querrichtung sind die Kuppelachsen rahmenfest, das vordere Laufachsdrehgestell, sowie die hintere Laufachse sind querverschiebbar und radial einstellbar.



Stromschalen-
Hochgeschwindig-
keitslokomotive der
Baureihe 01.10



Eine Querverfeder zwischen Hauptrahmen und Drehgestell verbessert den Bogeneinlauf, Querdämpfer am Drehgestell und der hinteren Laufachse wirken gegen das Schlingern.

In Vertikalrichtung hingegen sind wegen des außenliegenden Treibgestänges die Radsätze im Innenrahmen gelagert, was sich in einer sehr schmalen Stützbreite der Federung von nur etwa einem Meter auswirkt. Gleichzeitig liegt der Kessel und somit der Gesamtschwerpunkt durch die großen Treibräder bedingt recht hoch. Die Achsfedern müssen daher ungewöhnlich steif sein, um das Wanken um die Längsachse zu begrenzen.

Um dennoch gleiche Radkräfte auch bei unebenem Gleis zu gewährleisten, stützt sich das Gewicht der Lokomotive trotz der sechs Achsen in nur drei Punkten ab; das Laufwerk wäre demnach auch ohne jedwede Federung statisch bestimmt.

Die Federn der Treibräder und des hinteren Laufrads einer

Seite sind so über Ausgleichs- hebel verbunden, daß die Lokomotive in nur einem virtuellen Stützpunkt auf den vier gleichbelasteten Rädern aufliegt. Der Drehzapfen des vorderen Drehgestells ist der dritte Stützpunkt.

Mit vorliegendem Modell können i.Ü. Gleisbögen bis hinab zu einem Radius von 200 Metern befahren werden, ohne daß eine Spurerweiterung notwendig wäre.

Betrachtet man nach der Simulation die Verläufe von Querverschiebungen, Radkräfte, Gestängewegen und -beschleunigungen, Kolbenkräften und das Phasendiagramm Kolben-Schieber, so erweckt dies durchaus Respekt und Bewunderung für die Ingenieure, denen die Auslegung solcher Fahrzeuge ohne die segensreiche Computersimulation gelang. Doch soll nicht unerwähnt bleiben, daß der Bau gut funktionierender Dampflokomotiven auf jahrzehntelanger, durchaus auch enttäuschender, Erfahrung

und extrem kostspieliger Versuche, anhand derer beispielsweise erst die zulässige Höchstgeschwindigkeit festgelegt wurde, aufbaute.

Dieses SIMPACK-Modell entstand in etwa einer Woche unterhaltsamer "Feierabendarbeit", wobei nur die Abmessungen bekannt waren, Einzelmassen und Trägheitsmomente abgeschätzt und Steifigkeiten und Dämpfungen experimentell optimiert wurden, so daß die Lokomotive bestmögliches Fahrverhalten in allen Betriebszuständen aufwies.



Es ist nicht vorgesehen, SIMPACK um die Kraftelemente "doppeltwirkende Expansionsdampfmaschine" und "Flammrohrkessel mit Saugzuganlage" zu erweitern.

Unter Anderem neu in SIMPACK und SIMPACK Wheel/Rail:

- Verschiedene Raddurchmesser mit unterschiedlichen Profilen für Rad und Schiene direkt über die Oberfläche
- Berechnung der Äquivalenten Konizität der Rad/Schiene-Berührgeometrie nach der Methode der DB AG
- Erweiterter Mehrpunktkontakt: Berührungspunkte auf dem Radrücken
- Berechnung Nomineller Schnittkräfte durch Zeitschrittintegration