

Mehrkörpersimulation in der Fahrdynamik von Ackerschleppern

Bojan Ferhadbegović, Stefan Böttinger, Heinz Dieter Kutzbach

Institut für Agrartechnik
Universität Hohenheim
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart
ferhad@uni-hohenheim.de
boettinger@uni-hohenheim.de
kutzbach@uni-hohenheim.de

Abstract: The driving speed of modern tractors increased within last years up to 60 km/h. Together with the driving speed, the safety and comfort requirements are increasing as well. Since modern agricultural tractors still don't have a rear axle suspension, their driving dynamics behaviour can become critical at certain situations. To be able to predict such critical situations, a multibody model of a tractor can be used. This paper presents the MBS-Model of a tractor which is coupled to a transient tyre model – the Hohenheim Tyre Model. Finally, some validation results are shown. Therewith, a basis for further vehicle improvements using the presented driving dynamics model is set up.

1 Einleitung

Die Fahrgeschwindigkeiten von Ackerschleppern stiegen in den letzten Jahren bis auf 60 km/h. Dieser Anstieg führte gleichzeitig zu höheren Sicherheits- und Komfortanforderungen, trotz des unveränderten Fahrzeugkonzepts. Durch die fehlende Hinterachsfederung wird die gesamte Federungs- und Dämpfungsarbeit von den Reifen verrichtet, die eher schlechte Dämpfungseigenschaften haben.

Verschiedene Anregungen während der Fahrt, fehlende Hinterachsfederung, ungenügende Abstimmung einzelner Komponenten aufeinander sowie die hohen Massen der Fahrzeuge können bei Geschwindigkeiten von bis zu 60 km/h zu kritischen Fahrzuständen führen. Wird das Fahrzeug im Bereich seiner Eigenfrequenz angeregt, treten Eigenschwingungen mit hoher Amplitude auf. Sie können im Extremfall sogar zum Kontrollverlust über das Fahrzeug führen, insbesondere bei schneller Kurvenfahrt.

Um solche gefährlichen Situationen so früh wie möglich vorherzusagen, werden Simulationsmodelle verwendet. Für die Fahrdynamik sind insbesondere so genannte Mehrkörpersimulationsprogramme (MKS-Programme) geeignet. Diese übernehmen das Aufstellen von Bewegungsgleichungen, wodurch die insbesondere bei komplexen Systemen beträchtliche Fehlerwahrscheinlichkeit signifikant sinkt.

2 Modellaufbau

Grundsätzlich entspricht der Modelliervorgang eines Ackerschleppers dem eines Pkw. Die tragende Rolle spielt bei beiden Fahrzeugarten der Reifen, der als Bindeglied zwischen Fahrzeug und Fahrbahn das Fahrverhalten maßgeblich beeinflusst. Daher ist seine genaue Modellierung als Basis für ein genaues Fahrzeugmodell unverzichtbar. Aus diesem Grund wurde für diese Arbeit ein eigens in MATLAB/Simulink erstelltes Reifenmodell – das Hohenheimer Reifenmodell – verwendet. Das Hohenheimer Reifenmodell wurde mit besonderem Fokus auf landwirtschaftlichen Reifen und ihren Besonderheiten entwickelt. Alle Modellparameter haben eine physikalische Bedeutung und können an den institutseigenen Prüfständen ermittelt werden, [Fe06]. Es handelt sich dabei um ein Punktmodell, das aus den am Rad auftretenden Geschwindigkeiten sowie der Latschgeschwindigkeit die dreidimensionale Verformungsgeschwindigkeit und die Verformung des Reifens berechnet. Diese werden anschließend als Eingang für ein Feder-Dämpfer-System verwendet, wodurch sich die entsprechende Kraft auf das Rad ergibt, Abbildung 1.

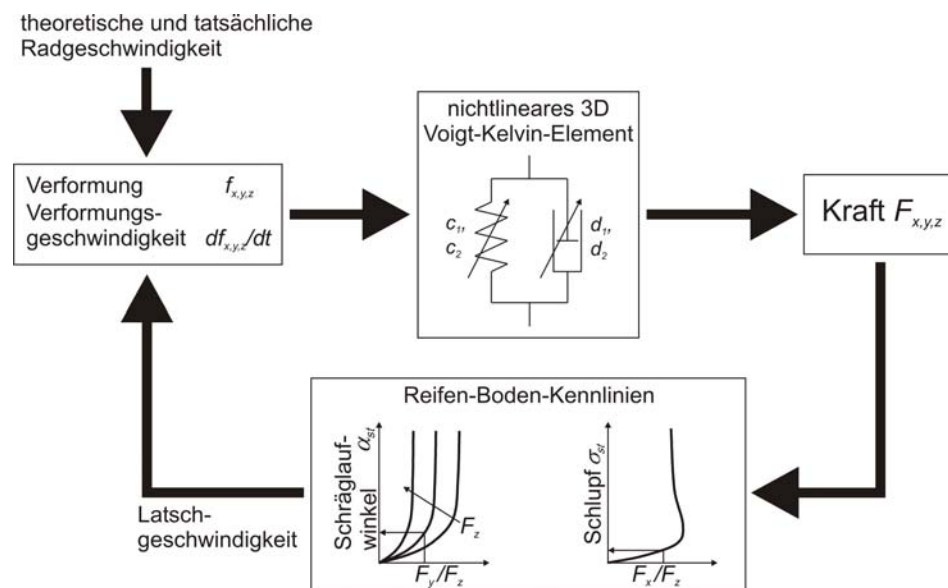


Abbildung 1: Funktionsweise des Hohenheimer Reifenmodells.

Das Fahrzeugmodell wurde von Böhler mit der MKS-Software SIMPACK aufgebaut und verifiziert [Bö01]. Er beschränkte sich jedoch auf Untersuchungen der Vertikalkräfte und verwendete dafür eine von ihm modifizierte Version des Reifenmodells MagicFormula [PB97]. Da MagicFormula, wie die meisten auf dem Markt verfügbaren Reifenmodelle, auf Pkw-Reifen ausgerichtet ist, kann nur eingeschränkt für Ackerschlepperreifen verwendet werden.

Deswegen wurde das Fahrzeugmodell von Böhler mit dem Hohenheimer Reifenmodell gekoppelt. Dadurch können die Vorteile beider Programme genutzt werden. So kann neben dem Reifenmodell, auch die gesamte Auswertung der Mess- und Simulationsergebnisse durchgeführt werden, Abbildung 2.

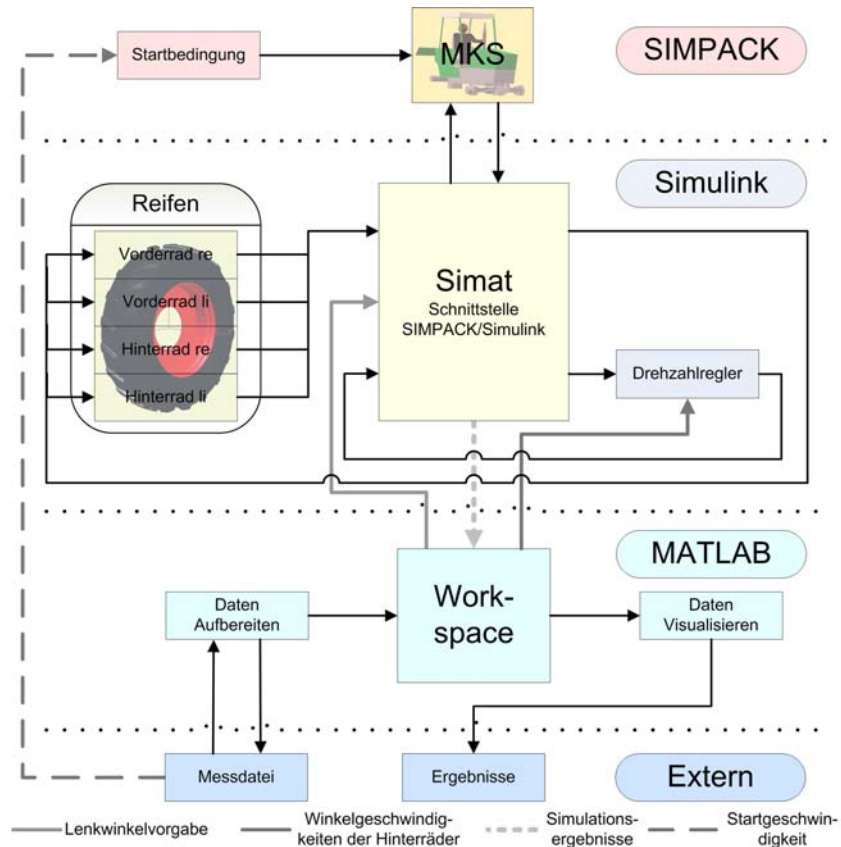


Abbildung 2: Das Schema des Gesamtmodells mit der Datenauswertung.

Der gemessene Lenkwinkel sowie die Drehzahlen der Hinterräder werden in den Arbeitsspeicher von MATLAB geladen, verarbeitet und nach Simulink importiert als Vorgabe für die rheonome Lenkbewegung sowie die Sollgröße des Drehzahlreglers. Der Einfluss des Fahrers wird dadurch weitgehend ausgeschlossen. Das Reifenmodell benötigt für die Kraftberechnung das vom Drehzahlregler kommende Drehmoment sowie die Geschwindigkeitsvektoren aus SIMPACK. Die berechneten Kräfte werden über die Schnittstelle Simat an SIMPACK abgegeben. Die gewonnenen Simulationsergebnisse werden ebenfalls in den Arbeitsspeicher ausgegeben und mit den Messergebnissen verglichen.

3 Modellvalidierung

Zur Validierung wurde ein mit drei Messfelgen und weiteren fahrdynamischrelevanten Sensoren ausgestatteter Fendt 509 C eingesetzt (Fe06, Sp03). Es wurden verschiedene Fahrmanöver wie stationäre Kreisfahrt, Slalom oder doppelter Spurwechsel absolviert. In der Abbildung 3 ist das Validierungsergebnis für ein Ausweichmanöver bei 50 km/h dargestellt.

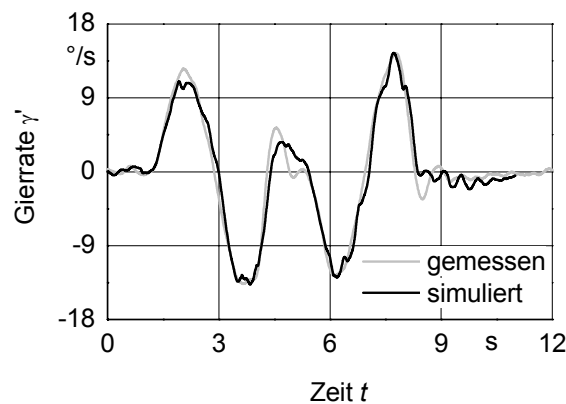


Abbildung 3: Gierrate bei einem doppelten Spurwechsel (ISO/TR 3888) bei 50 km/h.

Die gute Übereinstimmung der berechneten mit der gemessenen Gierrate bestätigt die Eignung des Hohenheimer Reifenmodells für die Fahrdynamiksimulation. Das Gesamtmodell bildet somit eine gute Grundlage für eine effektive Entwicklung von Maßnahmen zur Fahrverhalten- und Komfortoptimierung von Ackerschleppern.

Literaturverzeichnis

- [Bö01] Böhler, H.: Traktormodell zur Simulation der dynamischen Belastungen bei Transportfahrten. Diss. Technische Universität München 2001, Düsseldorf, VDI-Verlag, Reihe 14, Nr. 104.
- [Fe06] Ferhadbegović, B. et.al.: Hohenheim Tyre Model - A Dynamic Model for Agricultural Tyres. Proceedings of the 16th CIGR World Congress. Bonn, 2006.
- [PB97] Pacejka, H.B.; Besselink I.J.M.: Magic Formula Tyre Model with Transient Properties. Tyre Models for Vehicle Dynamic Analysis. Berlin 1997, Supplement to Vehicle System Dynamics 27, S. 234-249.
- [Sp03] Späth, R.: Dynamische Kräfte an Standardtraktoren und ihre Wirkungen auf den Rumpf. Diss. Technische Universität München 2003, Düsseldorf, VDI Verlag, Reihe 14, Nr. 115.