

Simulation dynamischer Belastungen am Dreipunktanbau eines Traktors

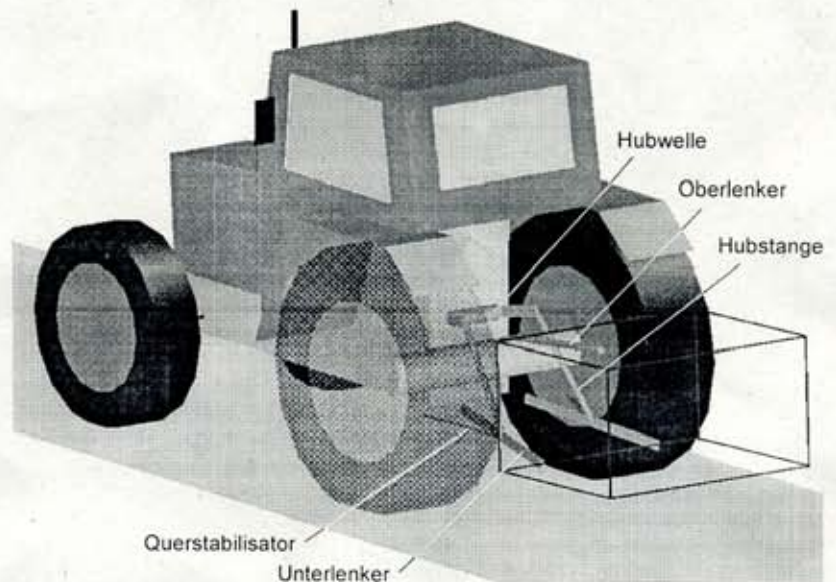
Bei Transportfahrten eines Traktors wird der Dreipunktanbau (DPA), die Verbindung zwischen Traktor und Anbaugeräten (Pflügen, Düngerstreuern, usw.), hohen dynamischen Belastungen ausgesetzt. Diese sollten in einem Projekt der *Landmaschinen und Ackerschleppervereinigung (LAV)* mit umfangreichen Messungen bei der *Egenolf Prüftechnik Leipzig (EPL)* untersucht werden.

Parallel wurde am Lehrstuhl für Landmaschinen der TU München die Möglichkeit untersucht, diese Belastungen mit SIMPACK zu simulieren. Ein Modell des Traktors und des Dreipunktanbaus wurden erstellt, die Simulationsergebnisse stimmten sehr gut mit den Messungen überein. Um zu genauen Ergebnissen für die Kraftverläufe im Dreipunktanbau zu kommen, mußten Spiel und Elastizität der Bauteile berücksichtigt werden.

Dipl.-Ing. Heinz Böhler, Lehrstuhl für Landmaschinen, TU München,
Dipl.-Ing. Thomas Ille, jetzt MAN Nutzfahrzeuge AG, München

Modellierung des Traktors mit Substrukturen

Ein Standardtraktor besteht aus einem starren Rumpf mit pendelnd gelagerter Vorderachse ohne Federung und den vier großvolumigen Reifen. Für die Reifen wurde das SIMPACK-Force Element *Pacejka-Tire-Similarity* in modifizierter Form verwendet. Als Fahrbahnanregung kamen definierte Einzelhindernisse oder synthetische Straßenprofile zum Einsatz. Um den Vergleich zahlreicher unterschiedlicher Modellvarianten effektiv zu halten, wurde von vornherein auf die konsequente Verwendung von Substrukturen geachtet. Die Hauptstruktur besteht aus Rumpf und Vorderachse mit Lenkung. Die vier Räder, der Dreipunktanbau, Frontballast und Heckgerät wurden in jeweils einer Substruktur zusammengefaßt. Bei der Verbindung des Rumpfs (Hauptstruktur) mit dem Dreipunktanbau (Substruktur) und seinen zahlreichen Koppelpunkten, Kraftelementen und Schleifenschlüssen erwies sich die Verwendung einer "virtuellen" Koppelplatte mit vernachlässigbarer Masse als Bestandteil des Dreipunktanbaus als sinnvoll. Sie ist über ein starres Gelenk mit der Hauptstruktur verbunden. Gleiches gilt für die Verbindung des DPA mit der Substruktur "Heckgerät".



Modellierung des Dreipunktanbaus

Obige Abbildung zeigt den Aufbau des Dreipunktanbaus mit seinen zahlreichen Schleifenschlüssen und spielbehafteten Gelenken. Ein erheblicher Teil der Arbeit am Modell-Setup bestand erwartungsgemäß darin, eine geeignete Modellierung zu finden, welche die Rechenzeit und Stabilität nicht zu sehr beeinflusst und dennoch möglichst exakte Ergebnisse liefert. Bei der bisher üblichen Standardmodellierung des Dreipunktanbaus als starres Gelenk oder mit ausschließlich starren Bauteilen waren die aus den Messungen sichtbaren hohen Kraftspitzen nicht abgebildet. Die Re-

chenzeit stieg auf Grund der vielfachen Schleifenschlüsse erheblich. Durch die Einführung einzelner elastischer, z.T. spielbehafteter Bauteile konnte die Genauigkeit der Kraftverläufe verbessert werden, ohne daß die Rechenzeit wesentlich zugenommen hätte. Somit wurden für den Hubzylinder mit Hebelarm und für die Hubwelle Zwangsbedingungen durch jeweils eine Torsionsfeder und einen Drehdämpfer ersetzt. Für die beiden Hubstangen, den Oberlenker und die Querstabilisierung kam ein selbstprogrammiertes Kraftelement „Feder mit Spiel“ zum Einsatz.

Die zahlreichen Unstetigkeiten beim Übergang von Spiel zu Anschlag und in den Reifenelementen stellen hohe Anforderungen an den Integrator. Hierzu bietet SIMPACK die Möglichkeit, implizite Unstetigkeiten mit sogenannten Root-Funktionen zu berücksichtigen. Dadurch konnte nach anfänglichen Schwierigkeiten und Rückfragen bei Intec und der DLR eine hohe Stabilität der Integration erreicht werden.

Parameterversorgung

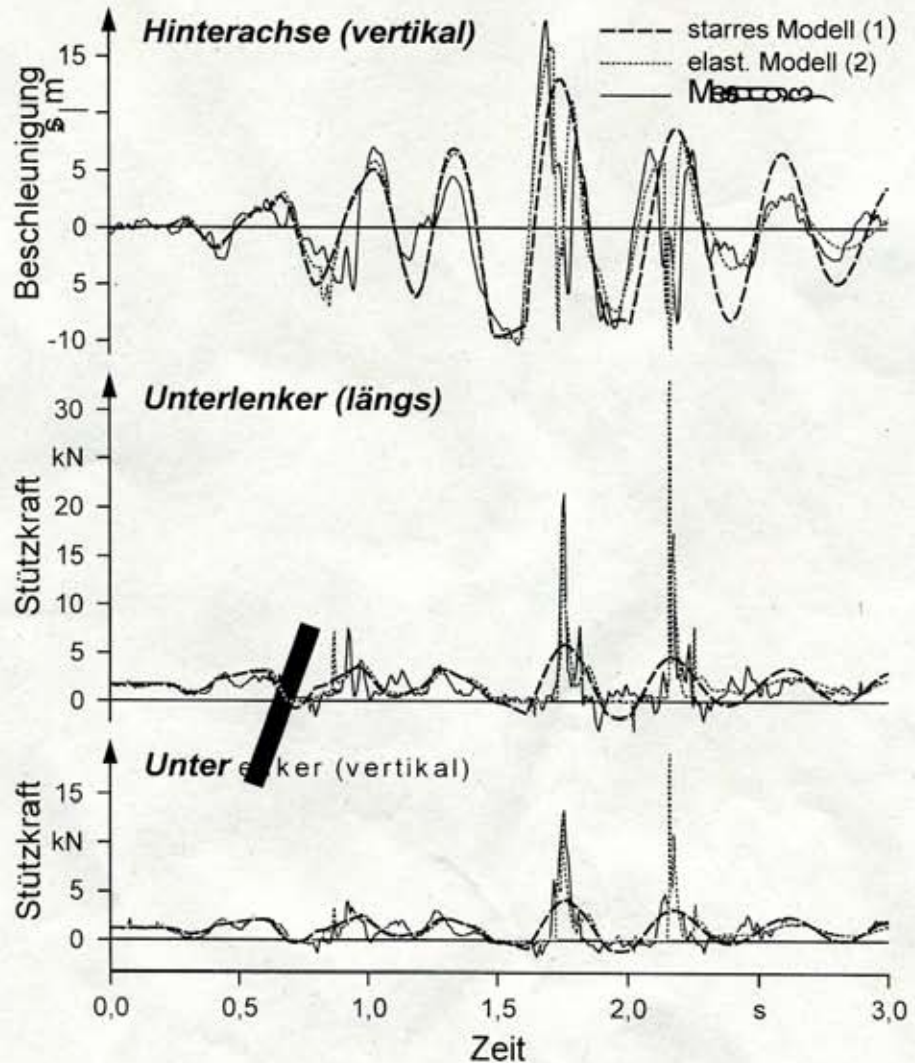
Zunächst wurde soweit wie möglich versucht, die benötigten Größen rechnerisch abzuschätzen. Zur Verifizierung des Modells wurden Meßfahrten mit einem Standardtraktor über definierte Einzelhindernisse mit verschiedenen Ballastierungsvarianten durchgeführt (Fahrt über beidseitige und einseitige Hindernisse, Sinuslenken). Der Traktor wurde mit Beschleunigungsaufnehmern an Rumpf und Gerät und mit einem von EPL entwickelten Meßdreieck ausgestattet, das die Längskräfte am Oberlenker und je 3 Kraftkomponenten am Unterlenker zwischen Meßdreieck und Gerät bestimmt. Durch den Vergleich der Frequenzanalysen und Zeitschriebe aus Messungen und Simulationen wurden die Parameter von Fahrzeug und Dreipunktanbau optimiert.

Vergleich Modellierungen - Messung

Bild 1 vergleicht elastische Modellierung (2) und starre Modellierung (1) mit einer Messung. Das Grundswingungsverhalten an der Hinterachse stimmt nach der Optimierung der Modellparameter bei beiden Modellierungen mit der Messung gut überein. Die starken Stöße durch Anschlag des Anbaus (t = 1.75 s, 2.15 s) werden nur von der elastischen Modellierung (2) erfaßt.

Sichtbar wird auch die Tilgerwirkung des elastischen Anbaus beim Abklingen der Schwingung. Die Kraftverläufe decken sich bei elastischer Modellierung und Messung nahezu. Lediglich die Höhe der Kraftspitzen erfordert noch genauere Untersuchungen.

Bauteillasten durch Simulation zu ermitteln sind. Für eine exakte Bestimmung der dynamischen Belastungen am Dreipunktanbau ist die Modellierung von Spiel und Elastizität allerdings unumgänglich. In Zukunft werden auf Basis der



Problematisch sind hier die hohen Frequenzen, die eine höhere Abtastfrequenz erfordern. Dies ist aber derzeit bei SIMPACK nur auf Kosten der Integrationslänge möglich.

bisherigen Ergebnisse die dynamischen Belastungen bei Straßenfahrt berechnet werden, wobei das Ziel sein wird, Lastkollektive mit dem Simulationsprogramm anstatt umfangreicher Meßkampagnen zu ermitteln.

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse

An den präsentierten Versuchen wurde deutlich, daß alle wichtigen Bewegungsmöglichkeiten des Heckanbaus gegenüber dem Rumpf und die resultierenden

Kontaktadressen

<http://www.ltm.mw.tu-muenchen.de>
 boehler@hp1.ltm.mw.tu-muenchen.de
 Thomas_Ille@mn.man.de