



Aktiv
im Gelände

Entwicklung aktiver Fahrzeugfederungen
für Offroad-Anwendungen

Höhere Mobilität, insbesondere in schwierigem Gelände, bedeutet mehr Sicherheit, Zuverlässigkeit und eine effektivere Team-Leistung für kommerzielle und militärische Fahrzeuge. Aktive Fahrzeugfederungen sollen die Geschwindigkeit und den Komfort von Geländefahrzeugen deutlich steigern. Anhand von Prototypen lässt sich die Effizienz der aktiven Systeme für Rad- und Kettenfahrzeuge darstellen.

Entwicklungsprozesse für aktive Fahrzeugfederungen

Das Hochschulforschungszentrum „Center for Electromechanics“ (CEM) der Universität Texas in Austin forscht seit über 20 Jahren im Bereich aktiver Fahrzeugfederungen. Dabei entstand ein modellbasierter Entwurfs- und Validierungsansatz, mit dem sich Hardware-Prototypen schnell und ökonomisch entwickeln lassen. Die Forscher setzen auf einen bewährten Ansatz aus Modellierung und Simulation in Labortests (Abbildung 1) sowie anspruchsvollen Hardware-Verifikationen im Gelände. Der modellbasierte Entwurf erfordert den Einsatz mehrerer domänenspezifischer Expertentools, die im gesamten Entwicklungsprozess integriert und verwendet werden können. Üblicherweise sind die Modellierung mechanischer Komponenten und der modellbasierte Reglerentwurf zwei verschiedene Disziplinen, die hier jedoch eng miteinander verzahnt sind:

Fahrzeugplattformen, Aktoren und mechanische Komponenten werden mit der 3D-Mehrkörpersimulation von LMS Virtual.Lab, vormals Dynamic Analysis and Design System (DADS) von LMS International, entwickelt. Die Entwicklung des Reglermodells erfolgt in MATLAB®/Simulink® von MathWorks. Die Reglersimulation wird parallel mit der DADS-Kinematiksimulation zur Offline-Entwicklung und Verifikation der Regelalgorithmen berechnet (Abbildung 2).

Echtzeitsimulation, Test und Entwicklung im Fahrzeug

Nach der Überprüfung mit der PC-basierten Offline-Simulation wird der EMS (Electromechanical Suspension Systems)-Regler mit seiner Aktor- und Sensorschnittstelle direkt auf das dSPACE Echtzeitsystem übertragen. Der mit Real-Time Workshop® von MathWorks im Zusammenspiel mit dSPACE Real-Time Interface (RTI) generierte Code kann auf einem modularen dSPACE System, beste-

hend aus einer Prozessorkarte und I/O-Karten, ausgeführt werden. Dieser Prozess vereinfacht den durchgängigen Übergang von der Simulation über die Prototyp-Demonstration bis hin zur serienreifen Hardware.

Rolle der dSPACE Plattform im Entwicklungsprozess

Die Reglermodelle für die Echtzeitanwendungen werden zusammen mit den I/O-Modellen entwickelt, um Aktor- und Sensorschnittstellen, Interrupts externer Signale sowie Kommunikationsbusse wie CAN berücksichtigen zu können. Die Modelle lassen sich per Mausklick schnell in Code für das dSPACE System kompilieren. Die Ausführung des Codes und weitere Untersuchungen des Reglers werden durch die intuitive Benutzeroberfläche und eine leistungsstarke Datenerfassung mit dSPACE ControlDesk® unterstützt. ControlDesk wird auch zum Laden und Einstellen von Parametern, zur Steuerung von Stimuli und zur

„Ohne Zweifel verdanken die Entwicklungsprogramme einen Großteil ihres Erfolges der durchgängigen Interaktion der verschiedenen Software- und Hardware-Komponenten von dSPACE.“

Damon Weeks, Center for Electromechanics, Universität Texas in Austin

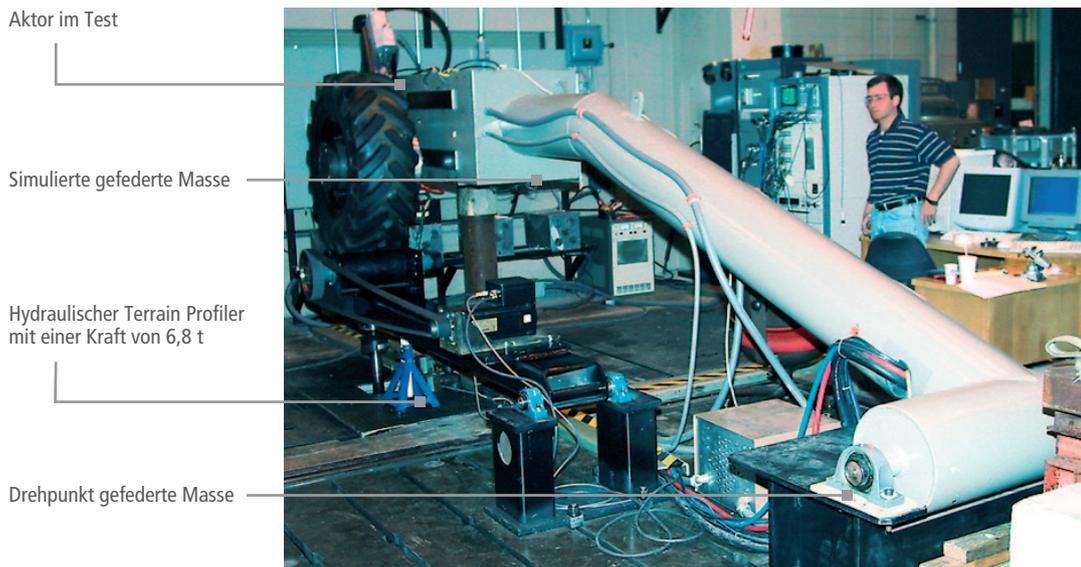


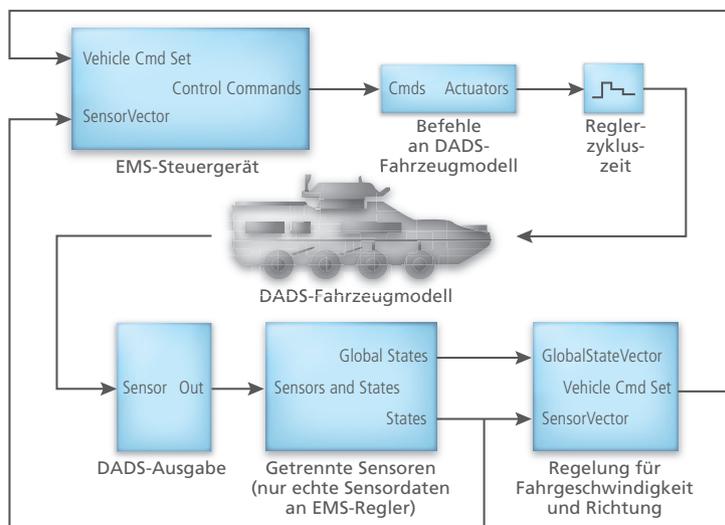
Abbildung 1: CEM-Laborprüfstand für die Validierung der Aktor-Dynamik für mobile (im Fahrzeug) und stationäre Anwendungen. Der Prüfstand erlaubt umfassendes dynamisches und statisches Testen. Vertikale Freiheitsgrade der gefederten Masse werden aus dem langen Schwenkarm und dem Drehpunkt angenähert. Ein Hydraulikzylinder liefert bis zu 50 cm simulierter vertikaler Bewegung.

manuellen und automatisierten Parameterkalibrierung für den Federungsregler verwendet. Der Einsatz mehrerer Bedien-Layouts erlaubt dem Anwender den schnellen Zugriff auf die jeweiligen grafischen Parametersteuerungen der zuvor genannten Aufgabenbereiche (Abbildung 3).

Messungen mit einem Flight Recorder

Um Messungen während der Fahrversuche durchführen und aufzeichnen zu können, wurde die Flight-Recorder-Unterstützung von ControlDesk für die Entwicklung eines adaptiven EMS-Reglers genutzt.

Die Messwerte wertet ein neuronales Netzwerk aus, um daraus optimierte Modellparameter für den Regler zu generieren. Bei der Implementierung dieser Regelaufgabe und der Verwendung des nichtflüchtigen Speichers des Flight Recorders arbeiteten dSPACE Ingenieure und das CEM eng zusammen.



Erfolgreiche Fahrzeugdemonstrationen

Das CEM hat die EMS-Technologie erfolgreich auf mehreren Fahrzeugplattformen demonstriert, darunter militärische bemannte Rad- und Kettenfahrzeuge (HMMWV: High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicles, LMTV: Light Medium Tactical Vehicles und FCS-Tracked Manned Ground Vehicle). Zudem wurde die EMS-Technologie in einem Linien-

Abbildung 2: Die Simulationsumgebung am CEM verbindet das Simulink-Regelsystem mit der Mehrkörpersimulation (DADS-Fahrzeugmodell) zu einer Co-Simulation. Hier die oberste Ebene des resultierenden Simulink-Modells.

Abbildung 3: Ein typisches ControlDesk-Layout, das bei der Entwicklung der aktiven Federung zum Einsatz kam.



„Ein häufiger Kommentar des Test-Teams bei der EMS-Evaluierung: Großartig wie schnell und einfach wir neue Vorschläge in Software-Änderungen umsetzen können.“

Damon Weeks, Center for Electromechanics, Universität Texas in Austin

bus und einem Gelände-Einsatzfahrzeug implementiert (Abbildung 4). Dabei wurde die durchschnittliche Krafteinwirkung im Gelände gemessen, der die Fahrzeuginsassen und die Ausrüstung ausgesetzt sind.

Schneller, komfortabler und kosteneffizienter

Ab einer durchschnittlichen Krafteinwirkung von 6 Watt wird die zulässige Fahrgeschwindigkeit im Offroad-Bereich begrenzt. Durch die EMS-Federung wird bei zivilen und militärischen Fahrzeugen im Gelände nun die doppelte Geschwindigkeit bei Erreichen der 6-Watt-Grenze erzielt. Bei Tests gelang dies in allen Terrains, abgesehen von so hohen Steigungen, bei denen Stoßstangen, Motorschutzwannen und/oder Kettenantriebsritzeln bei diesen Geschwindigkeiten aufsetzen. Das National Automotive Test Center (NATC)

testete ebenfalls den Komfort bei manuellen Bedienungsaufgaben in HMMWV-Fahrzeugen. Dabei führten Soldaten der United States Marine Corps in schwierigem Gelände unterschiedlichste Aufgaben aus und zeigten, dass sich mit EMS allgemeine Vorgänge wie Kartenlesen, Durchgeben von Koordinaten und Zielerfassung besser durchführen lassen. War das EMS anfangs konzipiert, den Fahrkomfort zu erhöhen, führte es in Ausrollversuchen (Coast-down) zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs im Gelände um 30 %, zu mehr Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit durch verbessertes Untersteuerverhalten und optimierte aktive Fahrzeughöhensteuerung sowie zu halbierten Betriebskosten im Fahrzeuglebenszyklus. ■

Damon Weeks, Universität Texas, Austin

Fazit

In den letzten 20 Jahren hat das Center for Electromechanics (CEM) der Universität Texas das Electromechanical Suspension System (EMS) bereits über ein Dutzend Mal eingesetzt, mehr als die Hälfte davon in Prototypen militärischer Fahrzeuge. Das CEM setzt dabei auf den modellbasierten Ansatz, der die Expertentools LMS, DADS, MATLAB/Simulink und dSPACE Real-Time Interface zusammen mit dSPACE Rapid-Prototyping-Systemen vereint, um EMS-Regelsysteme zu entwickeln, EMS-Aktoren und System-Hardware zu entwerfen und die Systemperformanz vorauszuberechnen. Tests in unabhängigen Testeinrichtungen zeigen, dass EMS die Fahrgeschwindigkeit im Gelände verdoppelt, Kraftstoffeinsparungen von 30 % ermöglicht und sich Crew-Leistung und Fahrzeug-Handling verbessern.

Abbildung 4: Einsatzfelder der EMS-Federungstechnologie.



Damon Weeks
Damon Weeks ist als Forschungsingenieur verantwortlich für den elektromechanischen Entwurf am Center of Electromechanics an der US-amerikanischen Universität in Austin, Texas.

