

# Verifikation von Luftfedersystemen

- **Realitätsnahe Software-Verifikation einer Fahrwerkregelung am HIL-Simulator**
- **ASM Vehicle Dynamics Model durch Conti-Luftfedermodell erweitert**
- **Hohe Performance bei Belastungs- und Verifikationstests**

In Automobilen der Mittel- und Oberklasse wird von Fahrwerkentwicklern in zunehmendem Maße versucht, den Zielkonflikt zwischen Komfort und fahrdynamischer Stabilität auch in Grenzbereichen aufzulösen. Das Design softwaregestützter Systeme zur Luftfeder- und Dämpferregelung bildet dabei neben den konstruktiven Herausforderungen der Federbeinentwicklung eine der Hauptaufgaben, um den heutigen Anforderungen an Komfort und Fahrstabilität zu genügen. Zur Optimierung der Entwicklungszeiten für serienreife Software werden bei der Continental AG HIL-Simulatoren und das ASM Vehicle Dynamics Simulation Package von dSPACE eingesetzt.

## Komfort und Fahrsicherheit

Das Competence Center Fahrwerkmechatronik innerhalb der Business Unit „Fahrwerk und Antrieb“ der Continental AG entwirft und implementiert Algorithmen für die Regelung der Vertikaldynamik von Kraftfahrzeugen. In enger Zusammenarbeit mit dem Kunden und basierend auf jahrelanger Erfahrung in der Entwicklung von Software-Komponenten zur Regelung von Luftfedersystemen sowie von elektronisch

- Erhöhung der Fahrstabilität durch gezielte Bedämpfung bei Kurvenfahrt, Anfahren, Bremsen
- Dämpfkrafterhöhung bei Einsetzen von ESP und ABS

## Hardware-in-the-Loop-Simulation eines Luftfedersystems

Nach der Implementierung bzw. Modifikation einzelner Software-Module wird vom Entwickler in der Regel eine erste Verifikation mit Hilfe eines so genannten Laborfahrzeugs durchgeführt, in der Testergebnisse für das lokale Funktionsverhalten erzielt werden.

Eine vollständige Prüfung der Systemintegration lässt sich aufgrund der Komplexität des geschlossenen Fahrwerkregelkreises nur mittels eines modernen Simulators realisieren.

## Flexibles HIL-System

Bereits im Jahr 2000 wurde ein Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator der Firma dSPACE installiert, mit dem ein vollständiges Fahrzeug inklusive vier Radaufhängungssystemen

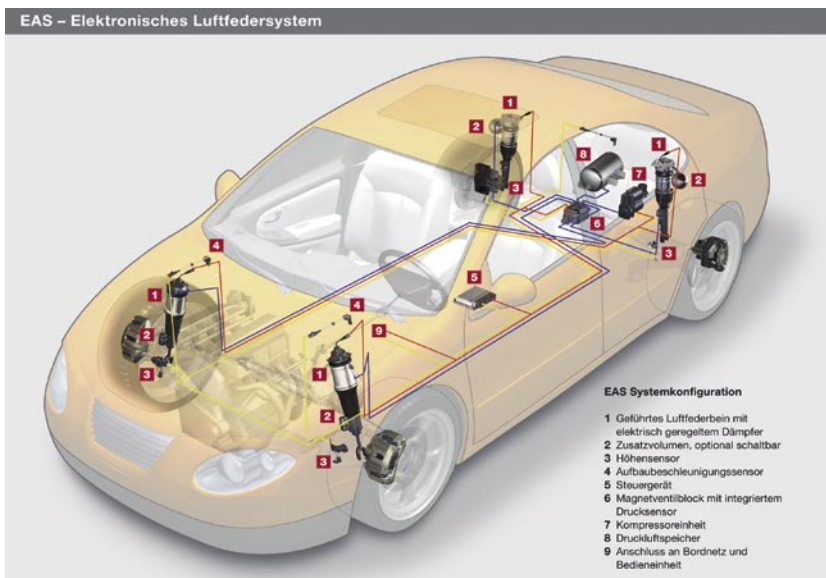


Foto: Continental AG

▲ *Die geschlossene Luftversorgung vereint Komfort und Sicherheit.*

geregelten Dämpfern entstehen beispielsweise Module für folgende Teilaufgaben:

- Niveauregelanlage für kundenspezifische Soll-Niveaulagen
- Automatischer Beladungsausgleich
- Geschwindigkeitsabhängige Niveauregelung
- Reduzierung der Fahrzeugaufbaubewegungen durch den Einsatz einer Skyhook-Regelstrategie

*„Der enge Kontakt mit dSPACE in der Update-Phase des HIL-Prüfstands ermöglichte eine schnelle und effiziente Wiederinbetriebnahme des Testsystems.“*

**Andreas Rieckmann**

simuliert werden konnte (4-Corner-HIL). Im Zuge der Weiterentwicklung von Fahrwerkalgorithmen, insbesondere bedingt durch die zunehmende Integration einer geschlossenen Luftversorgung (GLV), wurde Ende 2005 in enger Zusammenarbeit mit dSPACE ein Update des HIL-Systems durchgeführt. Das modulare Konzept eines dSPACE-HIL erlaubte es, auf

vorhandene Hardware zurückzugreifen und diese nach wenigen Modifikationen für eine GLV einzusetzen.

## Offene Simulationsmodelle

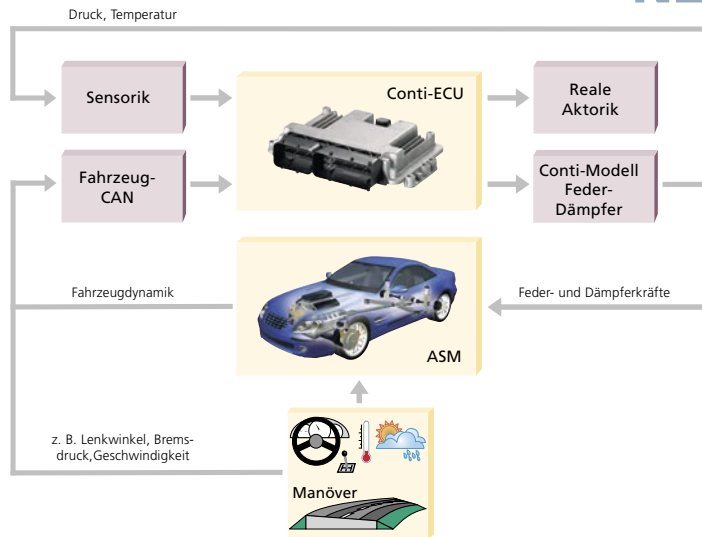
Die entscheidende Weiterentwicklung im Zuge des HIL-Updates ergab sich jedoch im Bereich der Simulationssoftware. War im ursprünglichen HIL das eigentliche Fahrzeugmodell noch gekapselt und daher nur durch entsprechende Parametrierung für den Anwender modifizierbar, wurde im neuen Simulator ein offenes Echtzeitsimulationsmodell der Automotive Simulation Models implementiert. Dadurch konnten die selbstentwickelten Conti-Modelle für die GLV

*„Die Integration eigener Modelle in das Vehicle Dynamics Simulation Package adaptierte die Simulationsumgebung an unsere Anforderungen an einen geschlossenen Regelkreis.“*  
**Andreas Rieckmann**

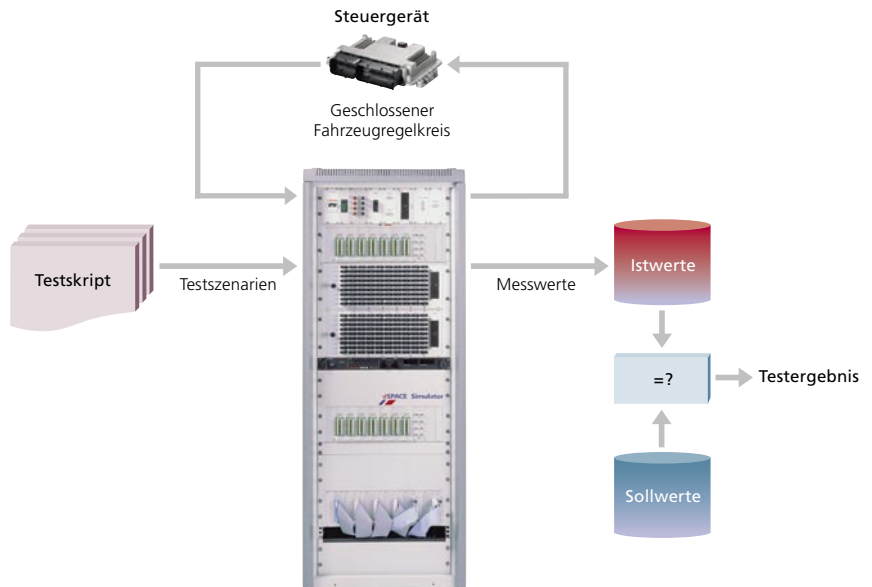
sowie für die Luftfedern und verstellbaren Dämpfer einfach in das ASM-Fahrzeugmodell integriert werden. Durch die intuitiv zu bedienende Oberfläche der Parametriersoftware ModelDesk ist es nun möglich, speziell auf verschiedenste Testanforderungen abgestimmte Manöver und Straßenmodelle zu erstellen.

## Hohe Simulator-Performance für spezifische Teststrategien

Der HIL-Simulator erfüllt im Rahmen der Software-Verifikation zwei wesentliche Hauptaufgaben. Zum einen wird ein Software-Update vor der Auslieferung an den Kunden einem Dauerlauf unterzogen, bei dem das Seriensteuergerät mehrere Tage einen definierten Testzyklus durchläuft. Dieser Testzyklus kann über die Programmierung von Python-Skripten spezielle wiederkehrende Lastfälle für die Luftfeder- und Dämpferregelung generieren. Für das Steuergerät und die



▲ Hardware-in-the-Loop-Simulation eines Luftfedersystems.  
 ▼ Skriptgesteuerter Testablauf.



Software werden auf diese Weise realitätsnahe Belastungsfälle simuliert. Eine weitere Anwendung ist die wiederum skriptgesteuerte Verifikation einzelner Funktionsmodule, für die unter Verwendung geeigneter Testprofile ein Vergleich der erwarteten mit den tatsächlichen Reglerausgangsgrößen herangezogen wird. Bei der Realisierung fokussieren wir besonders die Testautomatisierung, wobei das Hauptaugenmerk auf dem Ziel liegt, die Zahl der Testschleifen bei der Software-Verifikation zu reduzieren, um so die Entwicklungszeiten für die Erstellung eines serienreifen Steuergeräts insgesamt zu verkürzen.

Andreas Rieckmann  
 BU Fahrwerk und Antrieb  
 CC Fahrwerkmechatronik (CC FWM)  
 Continental AG, Deutschland

## Glossar

**GLV (geschlossene Luftversorgung)** – hochkomprimierte Luft wird je nach Bedarf zwischen einem Speicher und den Luftfedern hin und her gepumpt.

**4-Corner-HIL** – HIL-System für volltragende, an allen 4 Rädern wirkende Niveauregulierungen und Dämpfungen.

**Skyhook** – Strategie, den Fahrzeugaufbau möglichst ruhig und unabhängig vom jeweiligen Fahrbahnzustand zu halten, als wäre das Fahrzeug am Himmel („sky“) befestigt („hooked“).