



Mit simulierten Testfahrten reale Belastungstests für Antriebsstränge durchführen

Virtuelle Momente

Um neue, reale Antriebsstränge bereits in frühen Entwicklungsphasen erproben und absichern zu können, setzt der Technologiekonzern ZF zunehmend auf virtuelle Lösungen. Dazu bilden hochdynamische Prüfstände sowohl die Teststrecke als auch das Gesamtfahrzeug inklusive Fahrer wirklichkeitsgetreu nach. Zum Einsatz kommt dabei die Toolsuite ASM von dSPACE.



Bildnachweis: © ZF

Der Antriebsstrang in heutigen Fahrzeugen ist zunehmend modular aufgebaut. Das ermöglicht die gewünschte sehr große Vielfalt. Zusätzlich zu Automat-, Doppelkupplungs- sowie manuellen und automatisierten Schaltgetrieben gibt es heute verschiedenste Hybridkonfigurationen bis hin zum reinen Elektroantrieb. Ebenso lässt sich beispielsweise zwischen zentralen, achsnahen und radindividuellen Antrieben unterscheiden. Die gesamte Vielfalt der möglichen Konfigurationen muss auch ein Prüfstand in Form von Tests, die reproduzierbar und verlässlich sind, abdecken können. Das erfordert offene und einfach anzupassende Modelle bei der Fahrzeugsimulation.

Motivation für Antriebsstrangprüfstände

Um frühzeitig Funktionserprobungen und Lebensdauertests des Antriebsstrangs durchführen zu können, setzt ZF auf neue hochdynamische Prüfstände. Diese schaffen die Möglichkeit, den kompletten realen Antriebsstrang in einem simulierten Fahrzeug zu testen. Ziel ist es, unterschiedliche Antriebs- und Fahrzeugkonfigurationen plausibel zu simulieren. Dies muss so realitätsnah geschehen, dass alle bei einer tatsächlichen Testfahrt auftretenden Lasten (Lastkollektive) sowie das Fahrzeugverhalten in allen möglichen Ausstattungen und Konfigurationen abgedeckt sind. Nur dadurch lässt sich der Antriebsstrang am Prüfstand realitätsgetreu bewerten und optimieren. Bei der Analyse ist es sehr wichtig, das Verhalten der aktiven Komponenten im Fahrzeug nachzubilden, beispielsweise wie der Antriebsmotor mit dem Getriebe interagiert, damit der Gangwechsel je nach Fahrerwunsch komfortabel

oder sportlich ablaufen kann. Ebenso relevant ist das Verhalten verschiedener Fahrer, das heißt, ob sie das Fahrzeug zurückhaltend oder eher sportlich bewegen. Dazu gehört auch, die Betätigung der Pedale und die Bewegung des Lenkrads realitätsnah abzubilden.

Grundlage ist die Simulation

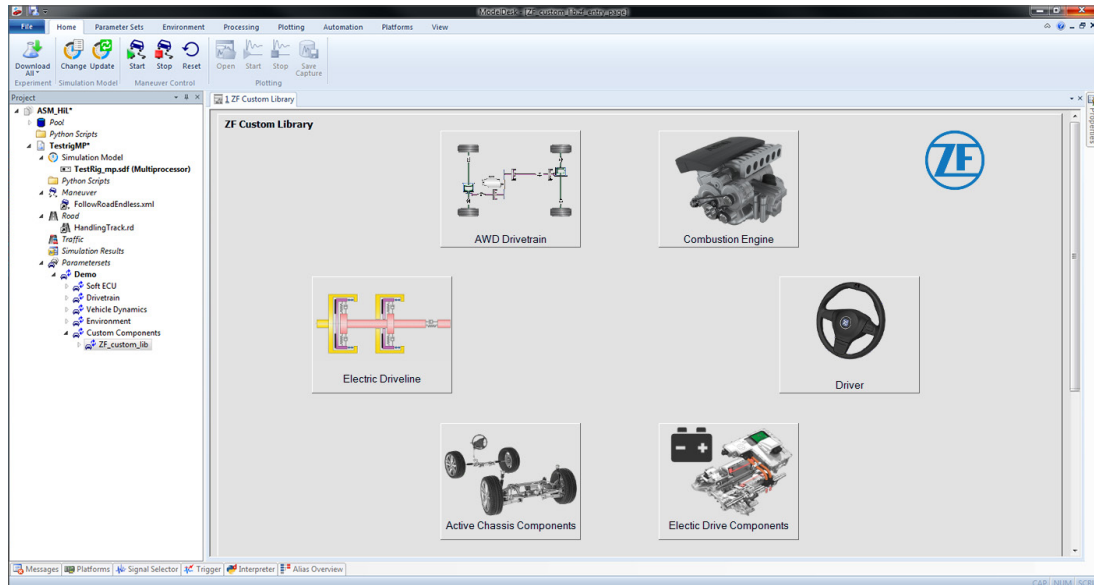
Bei der Planung der hochdynamischen Prüfstände musste ZF zunächst eine geeignete Lösung für die Fahrzeugsimulation finden. Das bedeutete, ein virtuelles Fahrzeug aufzubauen, dessen fahrdynamisches Verhalten sich für die Ansteuerung des Prüfstands eignet. Typischerweise erfolgt dies mithilfe eines Echtzeitsimulationsmodells, das flexibel für alle benötigten Fahrzeugtypen konfiguriert und parametrisiert werden kann. Nach Abwägung technischer, wirtschaftlicher und prozesstechnischer Aspekte stellte sich die Toolsuite ASM (Automotive Simulation Models) als am besten geeignet heraus. Neben der offenen Modellstruktur punktete ASM damit, auch ohne zusätzliche Simulationsumgebung betrieben werden zu können, wodurch keine zusätzlichen Lizenzgebühren anfallen.

Aufbau des virtuellen Fahrzeugs

Das virtuelle, mit ASM erstellte Fahrzeug deckt Front-, Heck- und Allradantriebe ebenso ab wie sämtliche Varianten von Hybrid- und Elektroantrieben. Die fahrdynamischen Eigenschaften werden mit dem Modell ASM Vehicle Dynamics dargestellt. Für die Simulation der Antriebsaggregate mit Benzin- oder Dieselmotoren wird ein hauseigenes Modell verwendet, das nahtlos in die Modellumgebung eingebunden ist. Ein Umgebungsmodell auf Basis von ASM Environment ergänzt die Simulation mit Straßen und >>

„Um die Möglichkeiten aktiver Antriebsstränge optimal nutzen zu können, führen wir mit der Toolsuite ASM realitätsnahe, virtuelle Testfahrten durch.“

Oliver Maschmann, ZF



Eine Übersichtsseite in ModelDesk bietet komfortablen Zugang zu den kundenspezifischen Modellbibliotheken.

deren unterschiedlichen Charakteristika wie Oberflächenbeschaffenheit, Neigungen oder Steigungen. Um auch den Umgebungsverkehr in die Betrachtungen einzubeziehen, ist ASM Traffic ebenfalls Teil der Simulation. In das Gesamtfahrzeugmodell sind über eine ZF-Bibliothek weitere Modelle integriert, beispielsweise eine lenkbare Hinterachse oder aktive Dämpfer. Aufgrund der offenen Struktur von ASM war die Integration besonders einfach. Die Entwickler konnten selbst beliebige Freischnitte vornehmen und dadurch auf exakt jene Signale zugreifen, die für die selbst entwickelten Komponenten erforderlich waren.

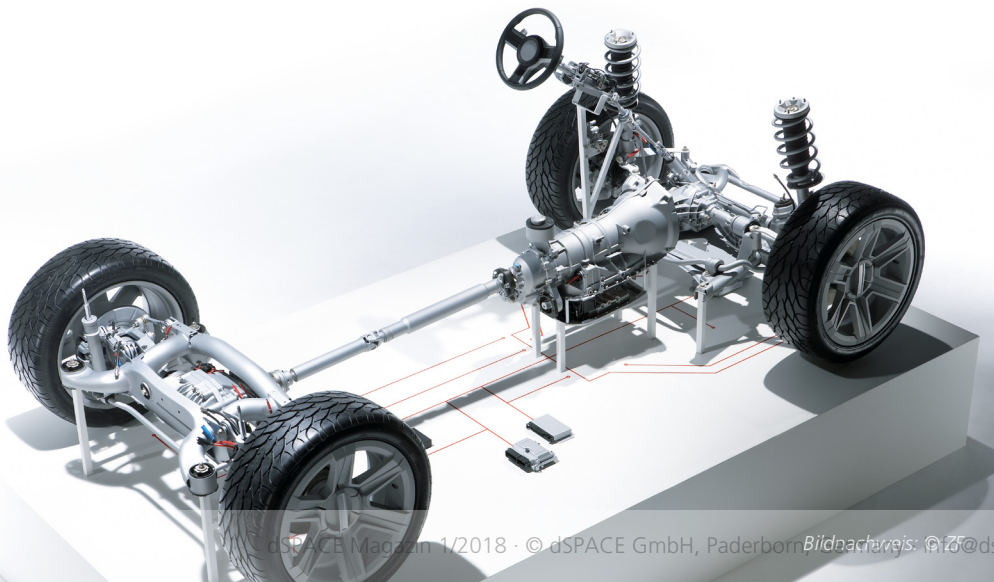
Realisierung eines grafischen Bedienkonzepts

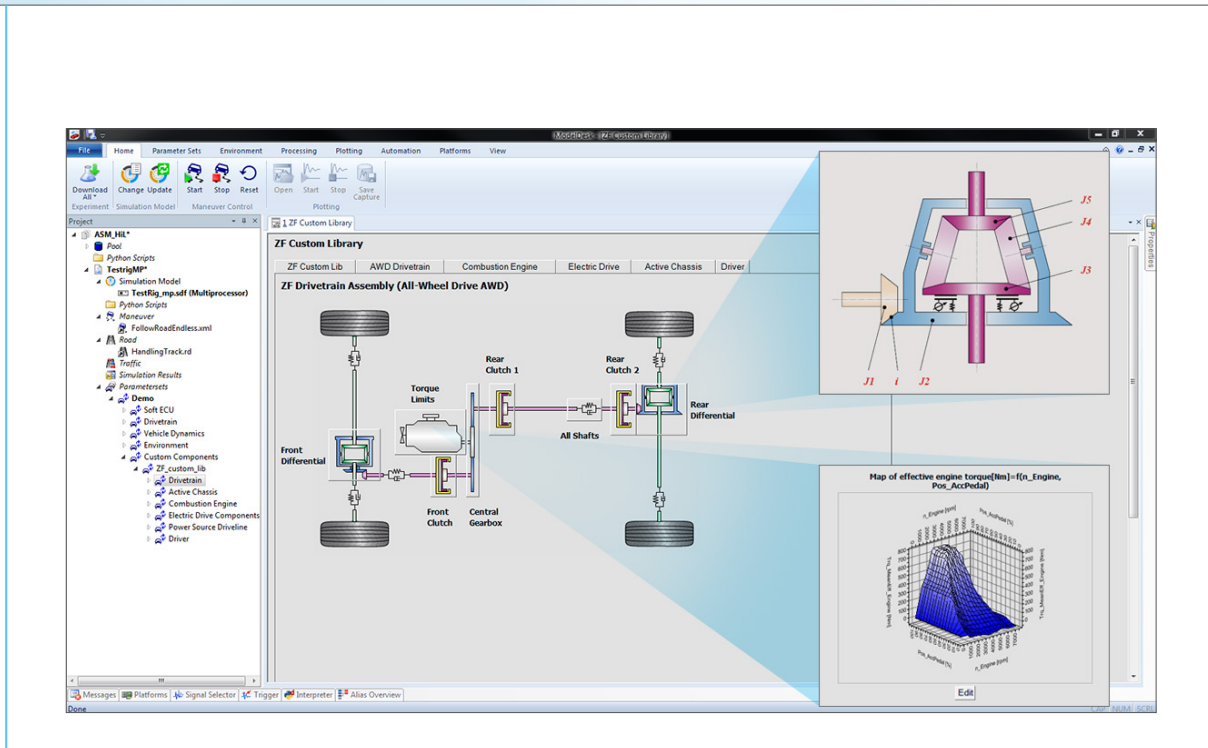
Da die Prüfstände samt Simulationsumgebung identisch an mehreren Standorten benötigt werden, müssen sie leicht zu handhaben und intuitiv bedienbar sein. Diesen Anspruch erfüllt ASM mit der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) ModelDesk. Mit dieser lassen sich die Modelle parametrieren und konfigurieren. Außerdem können vorbereitete Prüfprogramme und Simulationen so mit nur einer einzigen Bedienoberfläche ausgeführt werden. Der Vorgang lässt sich auch gut per Skript steuern und folglich einfach automatisieren. Es

stehen bereits für alle ASM-Bibliotheken vorbereitete GUIs zur Verfügung. Für die selbst entwickelten Modelle in der ZF-Bibliothek lassen sich passende GUIs automatisch erstellen. Dazu enthält ModelDesk eine Funktion (Parser), die ein Kundenmodell analysiert und dann automatisch ein funktionales Framework generiert, das alle Parameter, Kennfelder und eine Schnittstelle für die Tool-Automatisierung enthält. Dieses Framework liefert ModelDesk in Form einer HTML-Webseite. Per Gestaltungsvorlage (CSS) lassen sich alle erstellten Oberflächen einheitlich und gemäß den Gestaltungsvorgaben des Unternehmens verwirklichen. Der manuelle Aufwand bleibt dabei sehr gering, sodass auch bei umfangreichen Bibliotheken alle Seiten innerhalb eines Tages erstellt sind.

Vorbereitender Einsatz

Nach dem Aufbau der Simulationsumgebung muss deren Validierung erfolgen. Dazu dienen Vergleichsmessungen mit einem realen Fahrzeug. Das simulierte Fahrzeug muss bei gleichen Bedingungen (Geschwindigkeit, Lenkwinkel etc.) dieselben Ergebnisse (Gierrate, Längsbeschleunigung, Querschleunigung) liefern. Ergänzend kommt ein Fahrermodell zum Einsatz,





Die Inhalte kundenspezifischer Modellbibliotheken werden anschaulich dargestellt und können vom Anwender einfach geändert werden.

das entsprechend den Anforderungen von ZF erweitert und optimiert wurde. Das Ziel lautete, eine plausible, realitätsnahe Bedienung der Pedalerie und Lenkung zu gewährleisten. Mit der PC-basierten Simulationsplattform dSPACE VEOS lässt sich der gesamte Aufbau vorab virtuell am Schreibtisch in Betrieb nehmen. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, alle Abläufe sowie die Testfallausführung auch deutlich schneller als in Echtzeit durchzuführen. Das ist zum Beispiel bei der Simulation von langen Testfahrten über mehrere hundert Kilometer sehr hilfreich, da diese innerhalb von wenigen Minuten durchlaufen werden können. Die Kombination von ASM und VEOS bietet auch im Hinblick auf einen durchgängigen und effizienten Entwicklungsprozess Vorteile. So lassen sich dank der offenen Architektur beliebig Functional Mock-up Units (FMU) oder auch Funktionsideen in Simulink einsetzen, selbst wenn diese erst in groben Zügen vorhanden sein sollten. Ein weiterer Vorzug ist die einfache Integration von realen Messdaten in die Simulation. Hierzu empfiehlt sich die Processing-Funktion von ModelDesk, mit der sich die Daten entsprechend aufbereiten lassen.

Bewertung und Ausblick

Mit der installierten ASM-Werkzeugkette für die Fahrdynamiksimulation gelingt ZF ein wichtiger Schritt in Richtung realitätsnaher Antriebsstrangtests am Prüfstand. Die Modelle können beispielsweise die großen Anforderungen bezüglich Zykluszeit und Genauigkeit an hochdynamischen Allradprüfständen erfüllen. Darüber hinaus eignet sich die Simulation bereits nachweislich zum Prüfen von Antriebssträngen mit Kundensoftware durch automatisiertes, freies Fahren von Lastkollektivstrecken auf dem Prüfstand. Dabei lassen sich auch Komfortkriterien – etwa während des Anfahrvorgangs – bewerten. Das System wird kontinuierlich ausgebaut, um größere Streckennetze ebenso wie Verkehrseinflüsse in automatisierten Prüfabläufen nutzen zu können. Die Werkzeugkette ist international verfügbar. Sie kann an den verschiedenen Entwicklungsstandorten von ZF lokal eingekauft werden. Durch die eigenen Bibliotheken kann ohne großen Aufwand eine identische Konfiguration an den Anlagen hergestellt und damit eine Nutzung in jeweils gleicher Form erreicht werden. ■

Oliver Maschmann, ZF

Anforderungen an einen Antriebsstrangprüfstand

Simulierte Komponenten:

- Aktives Chassis mit Lenkung
- Verbrennungsmotor mit Hybridmodul
- Aktive Hinterachskinematik
- Fahrdynamik
- Längs- und Querfahrer
- Soft-ECUs

Erforderliche Flexibilität:

- Einsatz realer und emulierter Antriebsstränge
- Aktive Komponenten im Antriebsstrang (aktives Achsdifferential, abschaltbarer Allradantrieb, Differentialsperren etc.)
- Modulare Schnittstellen im Antriebsstrang für zusätzliche Konfigurationen

Oliver Maschmann

Oliver Maschmann verantwortet den Aufbau der hochdynamischen Antriebsstrangprüfstände bei ZF in Friedrichshafen, Deutschland.

