

HIL-Prüfstand für BMW-Aktivlenkung

➤ **Prüfstandlösung zum Test von Aktivlenkungen für die BMW Group**

➤ **Funktionsoptimierung und -absicherung für vernetzte Fahrwerkregelsysteme**

➤ **dSPACE-Technologie für Prüfstand- und Testautomatisierung**

IABG hat für die BMW Group einen komplexen Prüfstand zur Funktionsoptimierung und Konzeptabsicherung von Aktivlenkungen entwickelt. Fehlersimulation und Testautomatisierung wurden mit dSPACE-Technologie realisiert. Der HIL-Systemprüfstand hat sich als effizientes Werkzeug bewährt – von der Konzeptphase, über die Serienentwicklung bis hin zur Produktbetreuung bei Serienanlauf. Wesentliche Anteile der Funktionsabsicherung und Fail-Safe-Untersuchungen werden vom Fahrversuch auf den Prüfstand verlagert – und das mit zusätzlichen Vorteilen, wie bessere Reproduzierbarkeit, Effizienz und Kostenwirksamkeit.

Aktivlenkung – Innovationssprung zu Steer-by-Wire

Mit der Einführung der Aktivlenkung in der neuen 5er-Reihe hat die BMW Group einen Meilenstein auf dem Wege zu X-by-Wire-Fahrzeugen gesetzt. Die Aktivlenkung verbindet gesteigerten Komfort, erhöhte Agilität und mehr Fahrsicherheit. Die Aktivlenkung übernimmt Fahrstabilisierungs- und Lenkungenfunktionen – ein unmittelbarer Nutzen für den Fahrer.

Systemprüfstand und HIL-Prüfstand in einem

Unser Prüfstand ermöglicht es, Optimierungen an Lenksystemkomponenten durchzuführen und die vernetzten Systemfunktionen innerhalb aller wichtigen Partnersteuergeräte abzusichern.



▲ Der HIL-Prüfstand zum Test von Aktivlenkungen hat sich als ein effektives Werkzeug bewährt.

Als Systemprüfstand erfüllt er beispielsweise folgende Aufgaben:

- Vermessung von Lenkungseigenschaften wie Übersetzungskennlinie oder Elastizität
- Optimierung von Komponenteneigenschaften, beispielsweise das Stellverhalten der Antriebseinheit
- Applikation der elektrisch geregelten Lenkhilfepumpe

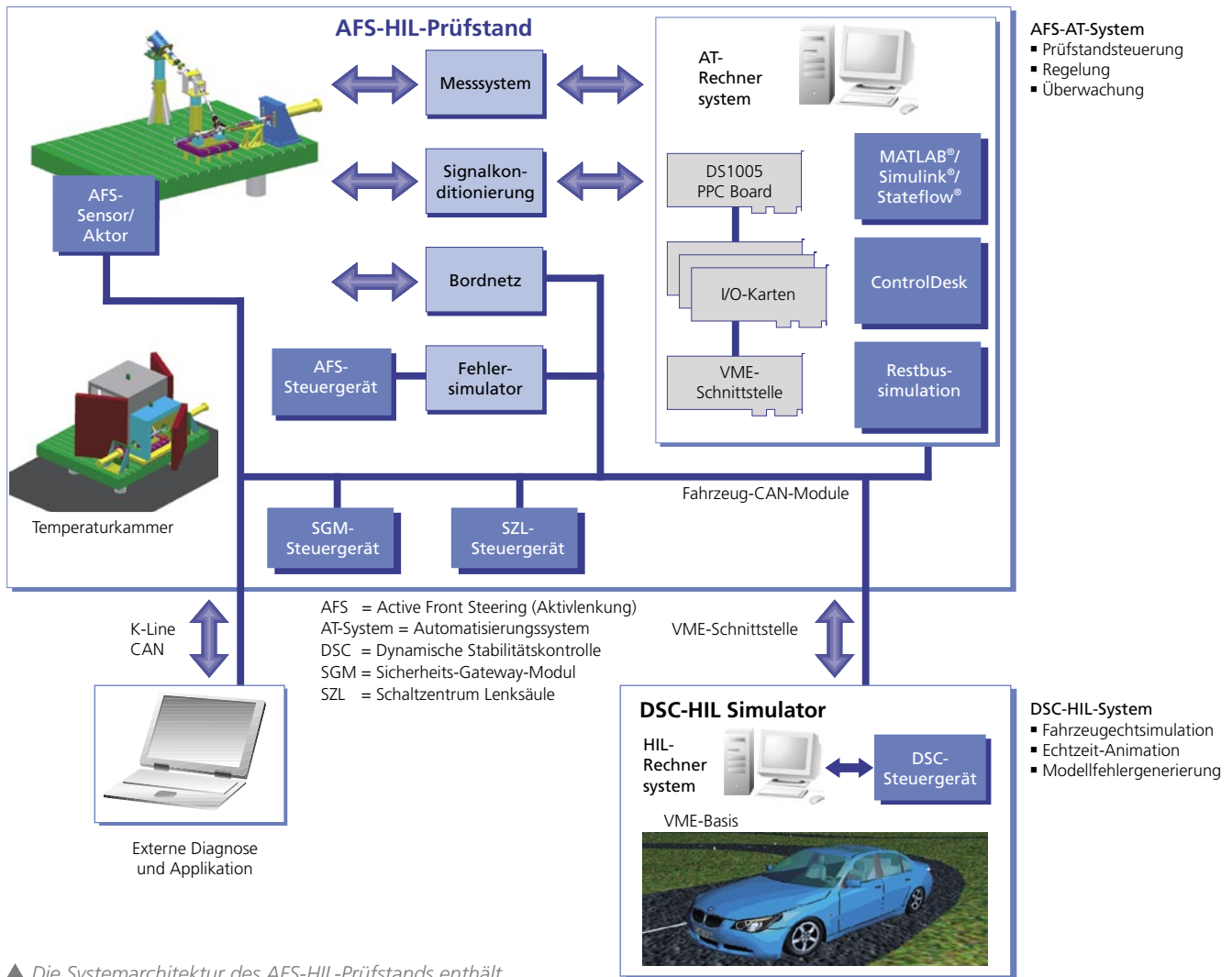
In seiner Funktion als HIL-Prüfstand erfüllt er zusätzlich folgende Aufgaben:

- Simulation des fahrdynamischen Verhaltens eines virtuellen Fahrzeugs in Echtzeit
- Ansteuerung der dynamischen Restbussimulation und der Prüfstandaktoren

Für diese Simulation ist ein HIL-Simulator mit eingebettetem DSC-Steuergerät (Dynamic Stability Program, elektronisches Fahrstabilitätsprogramm) angekoppelt. Der HIL-Simulator simuliert das fahrdynamische Verhalten des Fahrzeugs in Echtzeit. Die berechneten physikalischen Fahrzeuggrößen werden zur fahrzeugechten Ansteuerung der dynamischen Restbussimulation und der Prüfstandaktoren verwendet.

Der Prüfstand erlaubt dadurch Folgendes:

- Analyse von aktiven Lenkeingriffen zur Fahrstabilisierung im fahrdynamischen Grenzbereich
- Systematischer Test sämtlicher Fahrmanöver und Fehlerszenarien
- Abbildung der Eigenschaften des Lenksystems und der Auswirkung auf das Fahrverhalten
- Realitätsnaher Testbetrieb, auch unter extremen thermischen Bedingungen



▲ Die Systemarchitektur des AFS-HIL-Prüfstands enthält als zentrale Bausteine ein DS1005-basiertes Automatisierungssystem und einen DSC-HIL-Simulator.

Prüfstandaufbau und Systemarchitektur

Die Prüfstandmechanik ermöglicht eine flexible Einspannung unterschiedlichster Lenksysteme – vom MINI bis Rolls-Royce – in verschiedenen Konfigurationen. Für die Simulation der Temperaturverhältnisse im Motorraum im Bereich -40 °C bis 150 °C sorgt eine thermisch isolierte Kammer, die auf das Lenksystem aufgesetzt wird. Der Lenkungsstrang ist an drei Belastungsaktoren angekoppelt; die Zahnstangenkräfte werden wahlweise ein- oder beidseitig von servohydraulisch angesteuerten Hydropulszylindern über Koppel- oder Spurstangen eingeleitet. An über 40 Messstellen werden mechanische, elektrische und hydraulische Lenksystemgrößen mit hochgenauer Sensorik erfasst und über 4 Private-CAN-Verbindungen mit maximaler Update-Rate von 1200 Hz an das Automatisierungssystem übertragen. Kernstück der Automatisierung ist ein DS1005 PPC Board von dSPACE, in Verbindung mit mehreren dSPACE-

I/O-Boards. Signalkonditionierungskarten (z. B. Pegelanpassung, galvanische Trennung und Relaisansteuerung) bilden die Verbindung zu Aktoren und Peripheriekomponenten.

HIL-Simulator und Automatisierungssystem kommunizieren in Echtzeit über eine dSPACE-VME-Schnittstelle, mit einer Übertragungsrate von 4,6 MB/s. Der HIL-Simulator erfüllt zwei wesentliche Aufgaben: hardwareseitig die Ankopplung eines DSC-Bremsregelsystems mit Sensorstimulation, Restbus- und Lastsimulation und softwareseitig die Simulation der Fahrdynamik. Die Automatisierungssoftware basiert auf MATLAB®/Simulink®/Stateflow® sowie ControlDesk und der Testautomatisierungssoftware von dSPACE. Folgende Offline-Funktionen sind unter anderem realisiert:

- Automatische Auswertung und Erstellung von Testreports

- Zugriff und Applikation von Steuergeräte-Variablen, (z. B. ASAM-MCD-Standard) und Anschluss an Diagnoseleitung (z. B. K-Line oder Softing)
- Auswerteskripts zur grafischen Darstellung von Messdaten

Zu den Funktionen, die im 1-ms-Takt auf dem AT-Echtzeitsystem abzuarbeiten sind, gehören unter anderem:

- Ablaufsteuerung der übergeordneten Koordinationsebene
- Regelung von Hydropulszylinder, Lenkmaschine und Pumpenantrieb
- Ansteuerung und Überwachung der Peripherieeinheiten
- Messdatenerfassung
- Sicherheits- und Überwachungsfunktionen
- Dynamische Restbussimulation und Kommunikation mit HIL-Simulator über VME-Schnittstelle



▲ Interaktive Benutzeroberfläche zur Steuerung des Prüfstands.

Testautomatisierung und Fehlerszenarien

Die Testautomatisierung des Prüfstands arbeitet batchgesteuert verschiedene Prüfläufe ab, führt die einzelnen Bedienschritte des Prüfstands koordiniert aus und bricht im Fehlerfall die Versuchsdurchführung ab. Testreport und Prüflaufdokumentation werden nach Vorgaben des Anwenders automatisch generiert. Eine wichtige

Anwendung der Testautomatisierung ist die Simulation von Fehlerszenarien. Beispielsweise wird anhand unterschiedlicher Fahrmanöver überprüft, ob die Redundanzüberwachung Signalabweichungen oder Sensorausfälle erkennt, korrekt in den Fehlerspeicher einträgt und Folgeprozesse anstößt. Kabelbaumfehler werden durch eine „Fault

Insertion Box“ realisiert. Das DS1005 PPC Board steuert die Fault Insertion Box über eine serielle Schnittstelle. Am Prüfstand können außer Kabelbaumfehlern auch Signalfehler, CAN-Bus-Fehler und Modellfehler umgesetzt werden.

dSPACE-Hardware und -Software als Basis für die Automatisierungslösung

Im Vergleich zu konventionellen Automatisierungslösungen ergeben sich durch die dSPACE-Lösung folgende Vorteile:

- Modellgestützte Entwicklung der Automatisierungsfunktionen und der HIL-Simulation
- Signifikante Verkürzung der Projektlaufzeit
- Modulare, transparente Programmstruktur der Automatisierungsfunktionen durch die blockorientierte Darstellung unter MATLAB/Simulink/Stateflow
- Effiziente Implementierung
- Umfangreiche Unterstützung für die Kommunikationsschnittstellen CAN, KWP2000, ASAM
- Simulationsmodus zur Implementierung neuer Prüfstandfunktionen

HIL-Prüfstände – in Zukunft fahrzeugnah und vernetzt

Elektroniksysteme werden im Fahrwerk zusehends zum bestimmenden Wettbewerbsfaktor. Die stark ansteigende Anzahl der Steuergeräte, die Variantenvielfalt, der hohe Vernetzungsgrad und die zunehmende Verteilung von Funktionen machen deutlich, dass die Prüflingskomplexität zwangsläufig aufwendige Prüfstandfunktionalität mit sich bringt. Eine Umsetzung war effizient und in einem engen Kostenrahmen nur mit einer leistungsfähigen Entwicklungsumgebung durchführbar. Derzeit sind wir dabei, einen weiteren, sehr komplexen HIL-Prüfstand für integrierte Fahrwerkregelsysteme in Betrieb zu nehmen. In diesem Prüfstand sind sämtliche Aktoren und Sensoren der beteiligten Fahrwerkregelsysteme, einschließlich des Fahrzeugkabelbaums, integriert. Aufgabenstellungen, die ursprünglich mühsam in kostspieligen Experimentalfahrzeugen untersucht wurden, können auf dem Prüfstand gelöst werden.

*Dr. Ahmed Abou-El-Ela,
Mechatronische Systeme und Fahrzeugsimulation, IABG
Manfred Wachinger, Martin Krenn,
Entwicklung Lenkregelsysteme, BMW Group
Deutschland*

Stichwort: Überlagerungslenkung

Bei der Überlagerungslenkung gibt es kein festes Verhältnis von Lenkradeinschlag zu Radeinschlag. Ein Planetensatz im Lenkgetriebe wird über ein Schneckengetriebe von einem Stellmotor angetrieben und ermöglicht die Aufschaltung eines zusätzlichen Lenkwinkels. Damit wird beispielsweise eine geschwindigkeitsabhängige Lenkübersetzung realisiert – bei niedriger Geschwindigkeit eine direkte Lenkung und bei hoher Geschwindigkeit eine indirekte Lenkung.