

# Sportliche Modelle

Die Fahrdynamik ist eine Paradedisziplin im Fahrzeugbau. In einem effizienten, durchgängigen Fahrzeugentwicklungsprozess sorgt Porsche für ausgezeichnete fahrdynamische Gene von den ersten Entwicklungsschritten bis zum finalen Produkt.





Abbildung 1: HIL-Prüfstände für die Absicherung der Domäne Antrieb/Fahrwerk, in der Mitte hinten ein Aufbau zur Aufnahme der Steuergeräte und für die Integration realer Komponenten (z.B. Drosselklappen, Injektoren, Getriebe-Ventile, Aktoren für die elektrische Parkbremse, Kühlerjalousie, etc.).

Porsche-Fahrzeuge sind für ihre exzellente Fahrdynamik bekannt. Um diese herausragende Qualität zu erreichen, müssen alle Baugruppen am Fahrzeug, besonders Karosserie, Fahrwerk und Reifen, exakt aufeinander abgestimmt sein. Für die angestrebten Ziele im Fahrdynamikbereich spielen aktive Fahrwerkskomponenten eine immer wichtigere Rolle. Beispiele sind neben dem elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP) die aktive Dämpferregelung sowie die Dynamic Chassis Control, welche die Wankneigung in Kurven praktisch auf null reduziert und so Agilität und Komfort verbessert. Weil die Zahl der Fahrzeugvarianten stetig wächst, während

gleichzeitig die Entwicklungszeiträume immer kürzer werden, gewinnt die virtuelle Abbildung des Fahrzeugs im Entwicklungsprozess zunehmend an Bedeutung.

**Funktions- und Steuergeräteabsicherung mit HIL-Prüfständen**

Für automatisierte Tests der elektronischen Steuergeräte während der

cherung für die Domänen Antrieb/Fahrwerk sowie Karosserie/Infotainment eingesetzt. An diesen Prüfständen sind alle Steuergeräte der jeweiligen Domäne verbaut (Abbildung 1). Während an der Karosserie/Infotainment-Domäne relativ einfache Simulationsmodelle ausreichen, ist der Modellierungsaufwand für die Domäne Antrieb/Fahrwerk ungleich

höher. Beispiele sind die komplexen Modelle für Verbrennungsmotoren und Getriebe. Diese Modelle simulieren sämtliche Systemgrößen (z.B. Sensorsignale, Bussignale) und stellen sie über den HIL-Simulator für den Test der Steuergeräte zur Verfügung. Ausnahmen sind Systeme, bei denen eine Trennung zwischen

„Bei der Absicherung der Fahrdynamik-Steuergeräte mit dem HIL-Verfahren setzen wir auf ASM Vehicle Dynamics von dSPACE.“

Dr. Günter Hetzel, Porsche AG

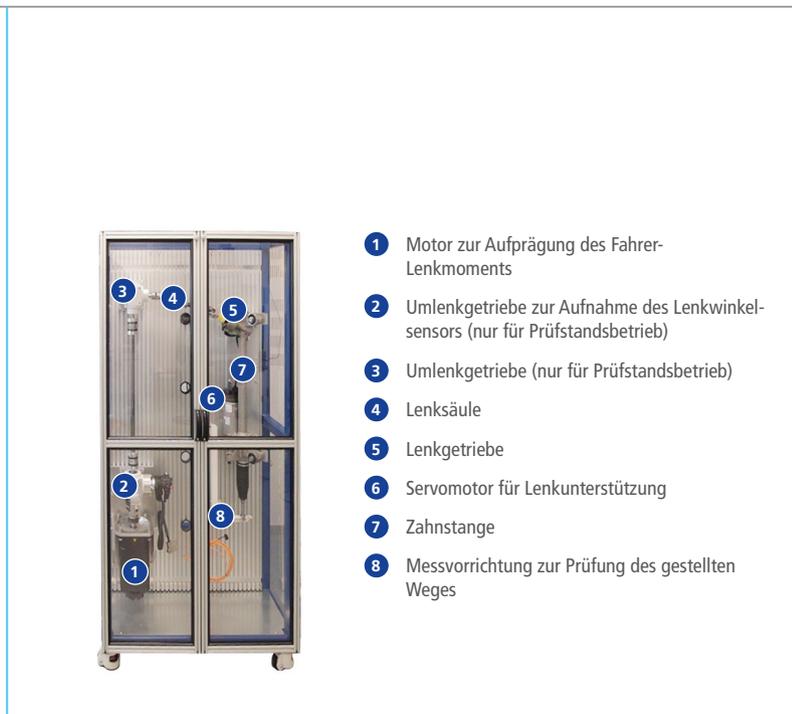
Entwicklung hat sich bei Porsche die Hardware-in-the-Loop-Simulation (HIL-Simulation) durchgesetzt. Sie ist heute ein elementarer Bestandteil im Entstehungsprozess eines Produkts. HIL-Verbundprüfstände werden bei der Integration und Funktionsabsi-

cherung für die Domänen Antrieb/Fahrwerk sowie Karosserie/Infotainment eingesetzt. An diesen Prüfständen sind alle Steuergeräte der jeweiligen Domäne verbaut (Abbildung 1). Während an der Karosserie/Infotainment-Domäne relativ einfache Simulationsmodelle ausreichen, ist der Modellierungsaufwand für die Domäne Antrieb/Fahrwerk ungleich höher. Beispiele sind die komplexen Modelle für Verbrennungsmotoren und Getriebe. Diese Modelle simulieren sämtliche Systemgrößen (z.B. Sensorsignale, Bussignale) und stellen sie über den HIL-Simulator für den Test der Steuergeräte zur Verfügung. Ausnahmen sind Systeme, bei denen eine Trennung zwischen

Steuergerät und Aktorik nicht so einfach möglich ist, zum Beispiel die elektrische Lenkung. In diesem Fall wird deshalb zusätzlich das komplette mechatronische System inklusive Steuergerät, E-Maschine und Lenksäule verbaut. Ein Servomotor übernimmt dabei die Rolle des Fahrers und generiert das Lenkmoment (Abbildung 2). Die Komplexität der Funktionen der Fahrwerksteuergeräte stellt ebenfalls hohe Ansprüche an die am HIL-Prüfstand eingesetzten Fahrzeugmodelle. Vor allem für die Untersuchung und Prüfung der fahrdynamischen Funktionen des Steuergeräteverbunds werden validierte Modelle benötigt, die das reale Fahrzeugverhalten sehr genau abbilden. Die an Antrieb/Fahrwerk-Prüfständen verwendeten Simulationsmodelle setzen sich aus Porsche-eigenen Modellen (z.B. für Getriebe) und den Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE zusammen. Die Simulation der Fahrdynamik erfolgt dabei mit ASM Vehicle Dynamics.

### Fahrdynamiksimulation im Fahrzeugentwicklungsprozess

Simulationsmodelle können schon in frühen Projektphasen die objektive Beurteilung fahrdynamischer Fahrzeugeigenschaften unterstützen. Sie erlauben eine systematische, automatisierte und damit effiziente und umfassende Überprüfung aller



- 1 Motor zur Aufprägung des Fahrer-Lenkmoments
- 2 Umlenkgetriebe zur Aufnahme des Lenkwinkelsensors (nur für Prüfstandsbetrieb)
- 3 Umlenkgetriebe (nur für Prüfstandsbetrieb)
- 4 Lenksäule
- 5 Lenkgetriebe
- 6 Servomotor für Lenkunterstützung
- 7 Zahnstange
- 8 Messvorrichtung zur Prüfung des gestellten Weges

Abbildung 2: Aufbau zum Test der elektrischen Lenkung.

relevanten Kriterien. Abhängig von der Fragestellung kommen im Bereich Fahrwerk/Fahrdynamik im Entwicklungszentrum Weissach der Porsche AG unterschiedliche Modellklassen zum Einsatz (Tabelle 1):

- Referenzmodelle mit hoher Abbildungsgüte der Fahrwerks- und Fahrzeugkomponenten, aber erhöhter Rechenzeit
- Funktionsmodelle mit vereinfachter Abbildung der Bauteile, die in Echtzeit oder schneller simuliert werden können
- Eigenschaftsmodelle mit zusammenfassender Beschreibung der Komponenten und ähnlicher Komplexität wie Funktionsmodell, aber sehr kurzer Rechenzeit

- Komponentenmodelle ohne Gesamtfahrzeugmodell zur Betrachtung einzelner Baugruppen im Sinne eines Prüfstandmodells

Um diese Modellklassen für die jeweilige Aufgabenstellung gleichbedeutend und ohne Zusatzaufwand nutzen zu können, wurde ein Prozess zur durchgängigen Parametrierung und einheitlichen Validierung etabliert (Abbildung 3). Mit Hilfe dieser Vorgehensweise lassen sich die Modelle aus den jeweils übergeordneten Klassen erstellen und auf Basis einheitlicher Fahrmanöver validieren. Da hierbei nur Open-Loop-Fahrmanöver – beispielsweise Vorgabe eines Lenk- und Geschwindigkeitsprofils – zum Einsatz kommen, >>

Typ	Echtzeitfähigkeit	Bedatungsaufwand	Bauteilmodelle
Referenzmodell	nein	hoch	exakte Abbildung
Funktionsmodell	ja	teilautomatisierte Bedatung aus Referenzmodell	vereinfacht
Eigenschaftsmodell	ja	teilautomatisierte Bedatung aus Referenzmodell, Funktionsmodell oder Messungen	vereinfacht, Zusammenfassung von Bauteilen
Komponentenmodell	modellabhängig	modellabhängig	modellabhängig

Tabelle 1: Klassen der Fahrdynamikmodelle.

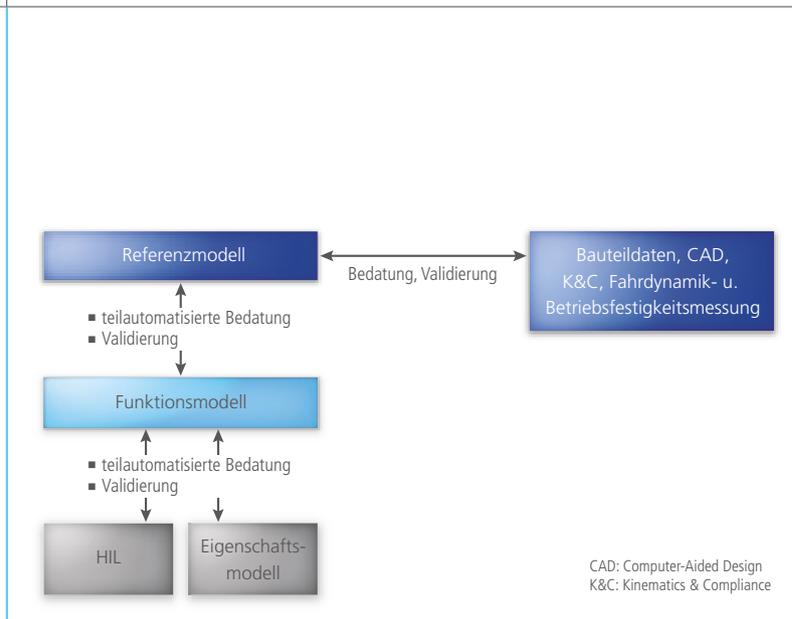


Abbildung 3: Prozess zur durchgängigen Modellbedatung.

ist eine objektive Erfassung der Fahrzeugeigenschaften sowohl im Fahrversuch als auch in der Simulation auf einfache Weise möglich. Dabei wird sowohl das stationäre als auch das dynamische Verhalten berücksichtigt.

#### Kombination der Stärken am HIL-Prüfstand

Um einerseits vom einheitlichen Modellbereitstellungsprozess zu profitieren, andererseits aber die ausgereifte Testautomatisierung und robuste dSPACE ASM-Umgebung weiterverwenden zu können, wurde eine Funktion zur Übersetzung der Parameter des Funktions-

modells erstellt. Hierdurch können nun vollautomatisch Modelldatensätze für den HIL-Prüfstand erzeugt werden, die bezüglich der Fahrwerkseigenschaften weitestgehend mit dem Referenzmodell übereinstimmen. Mit den fahrdynamisch validen Modellen lassen sich die funktionalen Aspekte des Steuergerätes zufriedenstellend und hinreichend überprüfen.

#### Win-Win-Situation

Durch die beschriebene Vorgehensweise stehen innerhalb des schon etablierten Modellbereitstellungsprozesses auch die am HIL-Prüfstand benötigten, vollständig para-

metrierten Fahrwerksmodelle zur Verfügung. Die Steuergeräteentwicklung und -prüfung profitiert dadurch in frühen Projektstadien von validierten Fahrwerksmodellen. Die mit dem Steuergeräteverbund durchgeführten Simulationen dienen im Weiteren zur Validierung einer Software-in-the-Loop (SIL)-Umgebung, in der mit denselben Fahrzeugdatensätzen Software-Modelle der Steuergeräte untersucht werden können. Hierdurch steht eine leistungsfähige und robuste Werkzeugkette für alle Phasen der Fahrzeugentwicklung zur Verfügung.

#### Ausblick

In Zukunft soll für alle kommenden Fahrzeugprojekte eine durchgängige Palette von Modellen zur Verfügung stehen. In einem nachfolgenden Schritt sollen dann sowohl die Parameterbereitstellung als auch die Validierung und der Vergleich der Ergebnisse von HIL- und SIL-Simulation automatisiert werden. Dies wird die Arbeitsabläufe bei der virtuellen Erprobung noch effizienter gestalten. ■

Dr. Günter Hetzel, Florian Strecker,  
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

#### Dr. Günter Hetzel

Dr. Günter Hetzel ist Fachreferent für Testtools und Methoden bei der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG in Weissach, Deutschland.



#### Florian Strecker

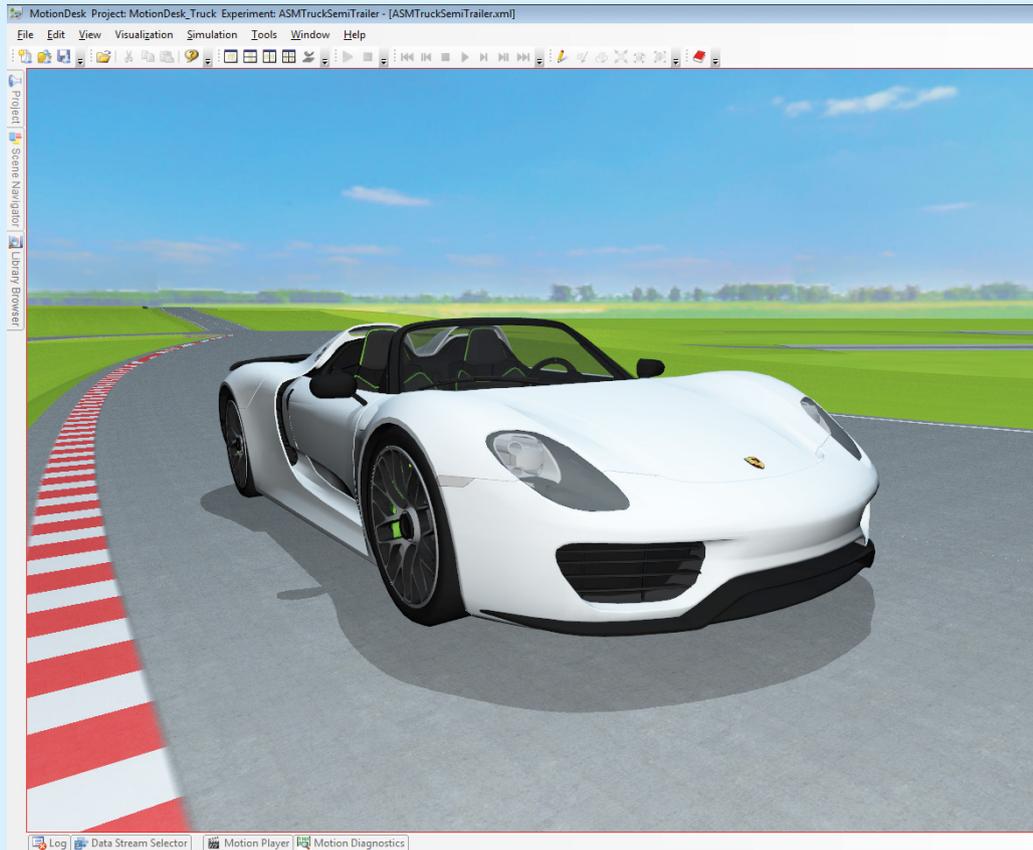
Florian Strecker ist Fachreferent für Fahrdynamik-Berechnung und Systemdynamik bei der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG in Weissach, Deutschland.



*Sehen ist wissen: Die Animationssoftware MotionDesk ist das perfekte Werkzeug, um simulierte Fahrmanöver zu visualisieren.*

## ASM Vehicle Dynamics

ASM Vehicle Dynamics ist ein Simulationsmodell, mit dem das fahrdynamische Verhalten eines Fahrzeugs realitätsnah in Echtzeit dargestellt wird. Die physikalischen Fahrzeugeigenschaften werden durch ein Mehrkörpersystem mit 26 Freiheitsgraden abgebildet. Es beinhaltet einen konfigurierbaren Antriebsstrang mit elastischen Wellen, ein Bremskreislauf- und Motormodell, unterschiedliche Reifenmodelle, nicht-lineare Kinematik- und Elastokinematikeigenschaften des Fahrwerks, eine dreidimensionale Beschreibung der Aerodynamik sowie ein komplexes Lenkungsmodell mit mehreren Freiheitsgraden. Auch die Umgebung, bestehend aus einer Straße, Fahrmanövern



sowie einem Open- und Closed-Loop-Fahrer, ist enthalten. Sämtliche Parameter können zur Laufzeit geändert werden. Darüber hinaus können die modularen Komponenten

der zusätzlichen ASM zu virtuellen Gesamtfahrzeugen verschaltet werden, um z.B. Steuergeräte-Netzwerke in einer HiL-Umgebung testen zu können.

