

# Porsche – virtuelles Handschaltgetriebe

➤ **Schaltkraftsimulator für markentypisches Schaltgefühl**

➤ **Porsche setzt auf dSPACE-Echtzeit-Hardware**

➤ **Force Feedback für realistische Tests**

▼ *Der Schaltkraftsimulator schließt die Lücke zwischen virtueller Simulation und dem tatsächlichen Antriebsstrang.*

Ein markentypisches und für die Verkaufspräsentation relevantes Fahrzeugmerkmal ist das Schaltgefühl. Die gezielte Entwicklung eines spezifischen Schaltgefühls beginnt bereits in der Definitionsphase, in der reale Prototypenteile noch nicht verfügbar sind. Virtuelle Simulationen wiederum können kein Gefühl vermitteln. Die Lücke zwischen virtueller Simulation und dem tatsächlichen Antriebsstrang schließt der bei Porsche entwickelte Schaltkraftsimulator. Dessen Kern besteht aus leistungsstarker dSPACE-Echtzeit-Hardware, die auf Grundlage eines Porsche-Simulationsmodells die Simulator-Aktuatorik so ansteuert, dass ein realistisches Schaltgefühl entsteht.

## Markentypisches Schaltgefühl

Der Schaltknopf ist eines derjenigen Elemente im Fahrzeug, die noch einen direkten Kontakt zwischen Antriebsmechanik und Fahrer herstellen.

Während eine technisch gute Schaltqualität Basisziel der Entwicklung ist, soll sich das Fahrzeug durch ein markentypisches Schaltgefühl im Marktumfeld abheben und für eine Wiedererkennbarkeit sorgen, wie dies auch beim Motorklang der Fall ist.

Das Schaltgefühl unterliegt sowohl statischen als auch dynamischen Einflüssen:

- Statische Einflüsse sind Einflüsse, die bei stehendem Fahrzeug (mit abgeschaltetem Motor) und bei geringer Betätigungsgeschwindigkeit bewertet werden.
- Dynamische Einflüsse auf das Schaltgefühl entstehen sowohl durch das drehende Getriebe und den schwingfähigen Antriebsstrang als auch durch die Betätigungsgeschwindigkeit.

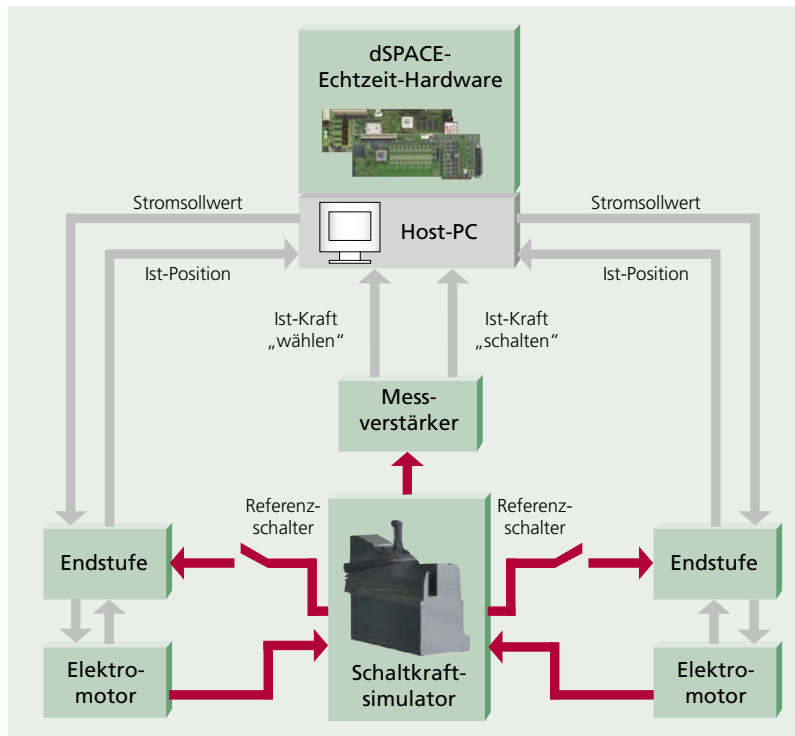
## Schaltsimulation und Schaltkraftsimulator

Mit Simulationswerkzeugen kann man ohne reale Prototypenteile in unterschiedlichen Entwicklungsstufen Aussagen über die spätere Schaltqualität, eventuelle Fehlfunktionen und das Einhalten des Lastenhefts treffen. Jedoch können bestimmte Größen wie die Schrägschaltbarkeit, die Führung des Schalthebels in den Gassen oder auch die Schaltwege bisher nicht ausreichend durch eine virtuelle Simulation bewertet werden. Gerade diese Merkmale sind aber später für die subjektive Bewertung einer Schaltung bei der Verkaufspräsentation wichtig. Um den Entwicklern frühe und flexible Bewertungsmöglichkeiten zu geben, entstand die Idee eines Schaltkraftsimulators, der theoretisch ermittelte Größen spürbar und somit subjektiv bewertbar macht.

## Kraftrückmeldung schafft Klarheit

Der Schaltkraftsimulator ist ein Echtzeitsystem mit Kraftrückmeldung (Force Feedback), wie sie von Joysticks für Computerspiele oder auch von Flugsimulatoren her bekannt ist. Für die Kraftrückmeldung sind zwei Elektromotoren an den Handschalthebel gekoppelt. Kern des Simulators sind die dSPACE-Echtzeit-Hardware und ein Porsche-Simulationsmodell als virtuelles Getriebe, das in MATLAB/Simulink modelliert ist. Als Hardware wird ein DS1104 R&D Controller Board eingesetzt, auf dem das aufwendige Porsche-Modell in Echtzeit gerechnet wird; das DS1104 bedient ebenfalls Sensorik und Aktuatorik. Zukünftig wird eine noch leistungsfähigere Kombination aus DS1006 Processor Board und DS2202 HIL I/O Board zum Einsatz kommen. Es ist möglich, am Simulator Parametervariationen durchzuführen, deren Auswirkungen





▲ Schaltkraftsimulator: Die elektrischen Antriebe werden über Endstufen von der dSPACE-Echtzeit-Hardware angesteuert.

auf den späteren Schaltkomfort sofort spürbar werden. Für möglichst reale Bedingungen können über ein Ethernet-Interface von dSPACE und weitere Hardware noch Visualisierung und Sound integriert werden.

**Funktionsweise des Schaltkraftsimulators**

Das Simulationsmodell besitzt als Eingangsgrößen den Schalt- und den Wählweg bezogen auf den Kraftangriffspunkt. Die Wegsignale werden von den Endstufen der Antriebe geliefert, welche die Signale der hochauflösenden Wegmesssysteme der Motoren auswerten. Aus diesen Wegsignalen und den abgeleiteten Geschwindigkeiten berechnet das Simulationsmodell die Reaktionskräfte, welche am Schalthebel in Realität wirken würden. Neben den Betätigungsgrößen am Handschalthebel wird auch die Pedaleingabe (Kupplung, Bremse und Gas) eingelesen und bei der Simulation berücksichtigt. So wird der Simulator zu einem interaktiven System, das auf die Benutzervorgaben reagiert. Die durch das Simulationsmodell errechneten Kräfte bilden die Soll-Vorgabe für die Kraftregler, die zusammen mit den gemessenen Kraftsignalen (Ist-Kräfte) die Stellgrößen für die Elektromotoren erzeugen und so die Soll-Kraft einstellen. Die Kraftsignale werden am Handschalthebel gemessen und an den Host-PC und die dSPACE-Echtzeit-Hardware weitergeleitet.

**Zusammenfassung und Ausblick**

Der Schaltkraftsimulator bietet für Porsche viele Einsatzmöglichkeiten in jeder Phase der Entwicklung, gleich, um welche Fahrzeug- oder Getriebevariante es sich handelt. Die leistungsstarke dSPACE-Echtzeit-Hardware zusammen mit dem Echtzeit-Simulationsmodell (virtuelles Getriebe) bilden den Kern des Schaltkraftsimulators. Der Simulator ist unabhängig von realen Prototypenteilen und kann flexibel an unterschiedlichsten Orten eingesetzt werden. Auch ergonomische Aspekte wie die Position des Fahrers zum Handschalthebel sind vielseitig anpassbar. Bei Porsche wird der Simulator nicht nur im Rahmen der Eigenentwicklung, sondern auch für die Kundenentwicklung bei Porsche Engineering eingesetzt.

Frank Kurrle  
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG in Weissach  
Frank Sayer  
Porsche Engineering Services GmbH  
Deutschland