



# Bewegende Vielfalt

Vielfalt ist bei Nutzfahrzeugen Standard. Die Auswahlmöglichkeiten von Fahrzeugtypen sowie die modulare Konfiguration der Scania-Fahrzeuge sind nahezu unerschöpflich. Das generische Steuergerätesystem fällt entsprechend variantenreich aus. Wie man dieses System zuverlässig absichert, zeigt Scania mit einem neu aufgebauten Testlabor.



**V**ertrauen wird im Transport- und Nutzfahrzeuggewerbe großgeschrieben, denn tagtäglich bauen viele Menschen auf Zuverlässigkeit. Hohe Zuverlässigkeit und Betriebszeiten kommen jedoch nicht von ungefähr, sie sind das Ergebnis jahrelanger Erfahrung und Arbeit mit dem Ziel, Leistung exakt auf die Anforderungen der Praxis abzustimmen. Diese fallen sehr unterschiedlich aus, reicht das Spektrum der Einsatzbereiche doch von der Asphaltpiste bis zum morastigen Bauplatz. Mal sind Personen, mal Güter zu transportieren oder mobile Arbeitsmaschinen sicher zu bewegen.

#### Perfekt abgestimmte Fahrzeuge

Scania's Ziel ist es, für jede Aufgabe das perfekt abgestimmte Fahrzeug bereitzustellen. Die Anforderungen aus den Sparten Transportverkehr, Baustellenverkehr (Schüttgutfahrzeuge), Kommunalfahrzeuge (Müllwagen, Straßenkehrmaschinen, Schneepflüge), Personentransporte (Omnibusse) und Sonderfahrzeuge (Feuerwehrfahrzeuge) sind vielfältig. Innerhalb der Sparten ergeben sich weitere Ausprägungen, die wiederum geeignete Fahrzeugeigenschaften erfordern. Beispielsweise muss ein

Transport-Lkw für seine spezielle Fracht (Volumenfracht, Kühlfracht, Flüssigkeiten, Schüttgut) optimale Voraussetzungen bieten und dies bis ins Detail.

#### Leistungsfähige Fahrzeugtechnologie

Sicheres Fahren, leichtgängige Fahrzeug-Handhabung, geringer Kraftstoffverbrauch – das sind die Themen, die für alle Scania-Fahrzeuge im Pflichtenheft stehen. Technologisch spielen elektronische Bauteile und Software die Hauptrolle, um Innovationen in diesen Bereichen voranzutreiben. Leistungsfähige Bremsen, elektronische Stabilitätssysteme, Kameraüberwachung und Fahrerassistenzsysteme sind typische Beispiele des Engagements für verbesserte Verkehrssicherheit, ökonomische/ökologische Fahrleistungen und maximalen Komfort. Moderne Scania-Fahrzeuge verfügen daher über ein komplexes Elektrik/Elektronik (E/E)-System, in dem eine Vielzahl von Steuergeräten zusammenarbeitet.

#### Effizientes Baukastensystem

Aus der Aufgabenvielfalt der Fahrzeuge entstehen ungleich vielfältigere Entwicklungsaufgaben für die Fahr-

zeugentwickler. Diese Entwicklungsaufgaben sind nur mit einem durchdachten Baukastensystem beherrschbar und wirtschaftlich sinnvoll darstellbar. Je nach Anforderung entsteht aus einem Pool von Hauptkomponenten (Fahrerhaus, Motor, Getriebe und Fahrgestell) ein spezialisiertes, meist einmaliges Fahrzeug.

#### Variantsystem für Steuergeräte

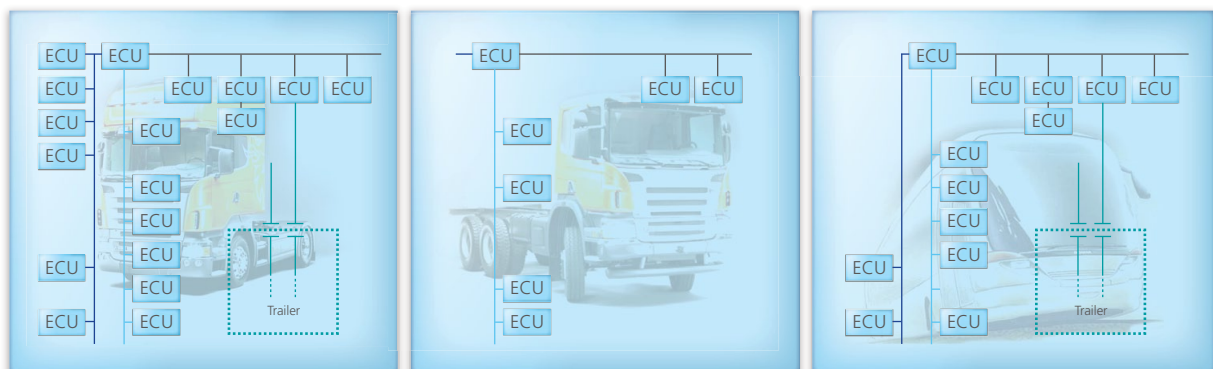
Während die mechanischen Komponenten in der Natur der Sache liegend verschieden ausgeführt sind, ist die Auslegung des E/E-Systems und insbesondere seiner Steuergeräte generisch. Vom Lkw über den Bus bis zum Mobilkran verfügen alle Fahrzeuge über dasselbe E/E-System, wobei je nach Funktion und Ausstattung einige Steuergeräte optional sind. Fahrzeugspezifische Funktionen und Funktionsausprägungen eines Steuergeräts sind mit Parametern realisiert, die sich aus einer Fahrzeugkonfigurationsdatei (Scania Onboard Product Specification, SOPS) ableiten. Sie ist quasi die DNA eines Fahrzeugs und beschreibt Konfiguration und Ausstattung bis ins Detail. Die nach dem Variantenansatz entstehenden Steuergerätevarianten sind in allen verbauten Kombinationen abzusichern.

**Das E/E-System der Fahrzeugflotte umfasst 93 Steuergeräte. Deren Validierung erfolgt mit einem Simulatorsystem von dSPACE.**

#### Hohe Testanforderungen

Die effiziente, zuverlässige Qualitätssicherung des E/E-Systems der aktuellen Fahrzeugflotte ist eine der wichtigsten Aufgaben bei Scania. Dazu

*Je nach Fahrzeug und Ausstattung sind neben den Basissteuergeräten auch optionale Steuergeräte verbaut.*



*Die Kabelbäume verschiedener Steuergerätevarianten werden automatisiert mit dem Simulator verbunden.*

bedarf es eines Testsystems, das die Entwickler schon bei der Funktionsentwicklung einzelner Komponenten unterstützt, aber auch einen vollständigen und bei Bedarf automatisierten E/E-Systemtest beherrscht. Letztendlich muss das Testsystem denselben Prinzipien genügen, die auch für das zu testende System gelten. Ein modularer Aufbau, einfaches Variantenmanagement und hohe Zuverlässigkeit sind dabei unerlässlich. Die Ausarbeitung eines Testkonzeptes erfolgte zusammen mit den dSPACE Ingenieuren, die bereits Erfahrung mit den Simulatoren des Vorgänger-Testsystems I-Lab2 (Integration Laboratory) bei Scania hatten. Das neue Testsystem (I-Lab3) muss für folgende Testumfänge und Anforderungen ausgelegt sein:

- 93 Steuergeräte (real und rest-bussimuliert)
- 30 CAN/LIN-Busse
- 17 Motoren (Common-Rail, Pumpe-Düse, Erdgas CNG, Euro 3/4/5/6)
- 10 Getriebe (manuell, automatisch, semi-automatisch)
- Bis zu 5 Achsen-Räder-Konfigurationen
- Automatisierter Steuergerätewechsel
- Automatische Rekonfiguration der CAN-Architektur

### Testkonzept für den Systemtest

Die Absicherung eines komplexen Steuergerätenetzwerks erfolgt mit Integrationstests, die dazu dienen, verschiedene voneinander abhängige Komponenten (Steuergeräte) eines komplexen Systems im Zusammenspiel zu testen. Entsprechend dem für den Steuergerätestablierten Hardware-in-the-Loop (HIL)-Verfahren, arbeitet dabei jedes Steuergerät mit einem virtuellen Abbild seiner Regelstrecke (Motor, Getriebe, Fahrwerk, Komfort- und Assistenzsysteme)

>>



## Technische Details des Simulators

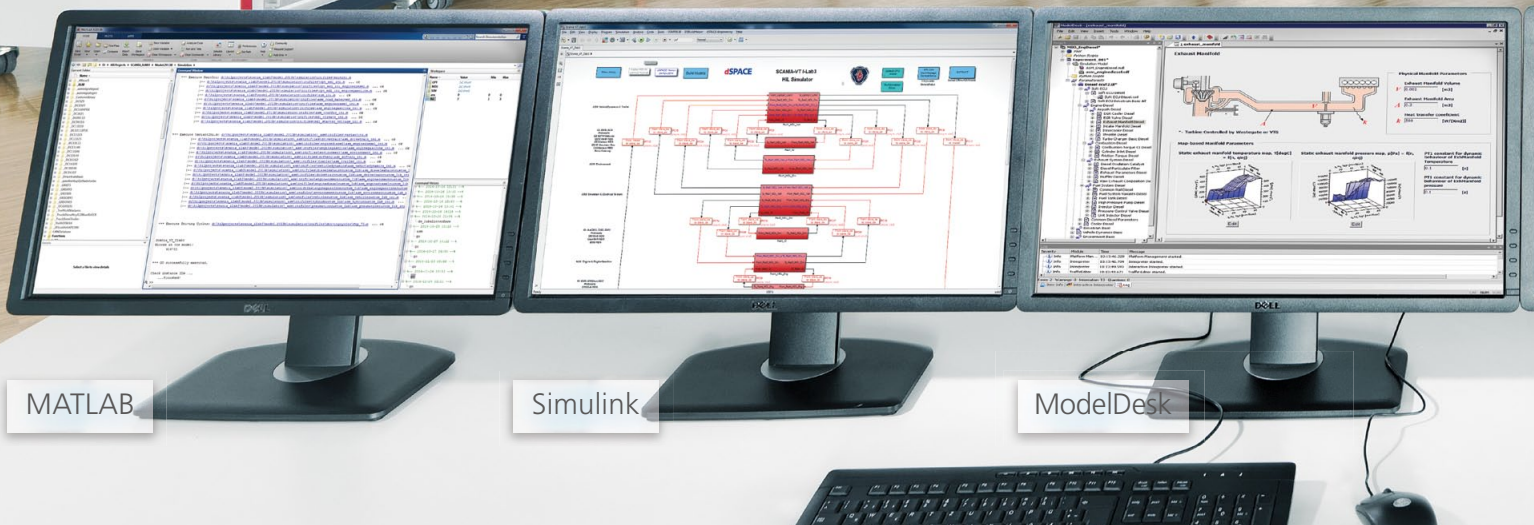
- 14 41-HE-Schränke in breiter Ausführung
- 9 DS1006 (Quad Core) Processor Boards
- 60 I/O-Boards mit rund 3400 Kanälen:
  - 1500 digitale I/O-Kanäle
  - 600 ADC-Kanäle
  - 370 DAC-Kanäle
  - 150 Widerstandssimulationskanäle
  - 300 PWM-Eingänge
  - 130 PWM-Ausgänge
  - Weitere Spezialkanäle für:
    - Injektorvermessung
    - Kurbel-/Nockenwellensensoren
    - Klopfensensoren
    - Lambda-Sensoren
    - Induktive Positionssensoren
- 88 CAN-Kanäle
- 66 speziell entwickelte CAN-Gateway-Module (über separaten CAN-Bus angesteuert)
- 150 Failure Insertion Unit (FIU)-Einheiten mit je 10 Kanälen

## Body Electronics

## ADAS

**Simulationsmodelle**

Scania-Kabinenklimateisierungsmodell  
 Luftfedermodell  
 ASM Traffic  
 ASM Pneumatics  
 ASM Vehicle Dynamics



MATLAB

Simulink

ModelDesk

*Der Fahrzeugsimulator mit den Operator-Systemen vor der Installation im Labor.*

zusammen. Auch die Regelstrecken sind miteinander verbunden und bilden so ein virtuelles Fahrzeug. Als Testsystem entsteht ein Verbundsimulator, auch Integrations-HIL genannt. Um alle Scania-Steuergeräte mit diesem HIL-Verfahren abzusichern, entstand ein Konzept für einen Verbundsimulator, bestehend aus 14 dSPACE Simulatoren vom Typ Full-Size, die untereinander über schnelle Glasfaserkabelverbindungen (Gigalink) kommunizieren. Für die besondere Herausforderung, die Steuergeräte-Hardware automatisch auszutauschen, sah das Konzept einen Linearroboter vor, der die Kabelbäume verschiedener Steuergeräte mit dem Simulator verbinden kann.

**Vollständiges Testlabor**

Für ein Testsystem dieses Ausmaßes bedarf es zunächst einer umfassenden Prüfung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Nachdem eine Umsetzung des Konzepts sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht befürwortet wurde, starteten parallele Aktivitäten zur Verwirklichung des Simulators. Während dSPACE die Simulator-Hardware aufbaute, ging es bei Scania darum, einen klimatisierten Laborraum samt Operator-Loge einzurichten. An den sechs Arbeitsplätzen in der Loge implementierten die Entwickler die Tests und werteten sie aus. Das Labor mit dem größten bislang ausgelieferten dSPACE Simulator muss nur betreten werden, um neue

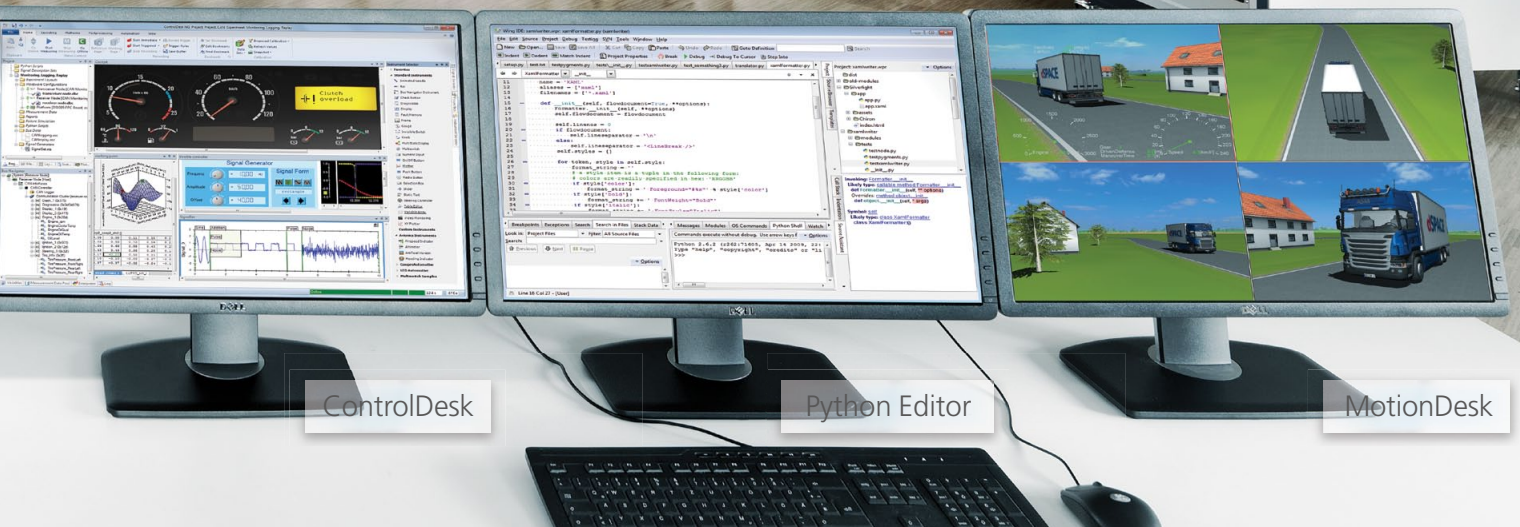
Vehicle Dynamics

Drivetrain



Simulationsmodelle

- Scania-NOx-Modell
- ASM Truck
- ASM Trailer
- ASM Diesel Engine
- ASM Gasoline Engine



ControlDesk

Python Editor

MotionDesk

Steuergeräte samt Echtlasten zu verbauen. Die Teststeuerung erfolgt aus der Operator-Loge.

**Technische Besonderheiten des Simulators**

Um die hohe Variantenvielfalt zu beherrschen, wurde ein Aufbaukonzept entwickelt, das es erlaubt, einzelne Steuergerätevarianten einer Steuergerätefamilie einfach zu tauschen. Dabei sind die Steuergeräte kompakt mit all ihren Ersatzlasten und Echtteilen in Schubladen oder auf Einlegeböden verbaut. Einige der Simulator-Schränke enthalten mehrere Varianten einer Steuergerätefamilie, die vollautomatisiert umgesteckt werden können, z. B. für Motor-, Getriebe- und Bremsmanagementsysteme. Für jedes Steuer-

gerät stehen neben den üblichen I/O-Kanälen eine Strommessung und eine Failure Insertion Unit (FIU) zur Verfügung.

**Flexible CAN-Konfigurationen**

Auch die CAN-Topologie des Simulators wurde speziell für die Variantenvielfalt ausgelegt. Da die Terminierung des Busses für verschiedene Fahrzeugkonfigurationen unterschiedlich ausfällt, sind die globalen Busse doppelt (inklusive Manipulation Gateway) als Schleife durch alle Simulatoren geführt. Mit einem speziell entwickelten Modul kann jedes einzelne Steuergerät individuell in die Schleife eingebunden und diese beliebig unterbrochen werden. Somit können in jeder Konfiguration immer die terminie-

>>



## Die Simulation von Lkw und Anhängern einschließlich Motoren, Fahrdynamik und Verkehrsumgebung erfolgt mit der ASM Tool Suite von dSPACE.

renden Steuergeräte als rechtes und linkes Ende der Topologie verschaltet werden.

### Simulationsmodelle und Parametrierung

Für den gesamten Simulator wurde ein Simulationsmodell aus Streckenmodellen und I/O-Modellen entwickelt. Gerechnet wird es auf 15 Kernen der 9 Prozessorboards, wobei Strecken- und I/O-Modell immer separate Kerne verwenden. Die I/O-Modelle beinhalten die Obermenge aller Steuergerätesignale und jeder einzelne Kanal kann individuell aktiviert und konfiguriert werden. Für die Streckenmodelle kommen die Automotive Simulation

Models (ASM) von dSPACE zum Einsatz. Dazu gehören ASM Gasoline/Diesel Engine, ASM Truck, ASM Trailer, ASM Pneumatics und ASM Traffic. Sie wurden von Scania modifiziert, um spezielle Anforderungen der Pneumatik abzubilden; zudem wurden sie um Modelle für automatische und manuelle Getriebe erweitert. Die einzelnen Modelteile werden je nach Fahrzeugkonfiguration über das Variant Based Workflow Management (VBWM) in ModelDesk aktiviert und parametrieren. Sie können folgende Fahrzeugeigenschaften darstellen:

- Motortyp: Diesel oder Benzin
- Motorvolumen und Zylinder-

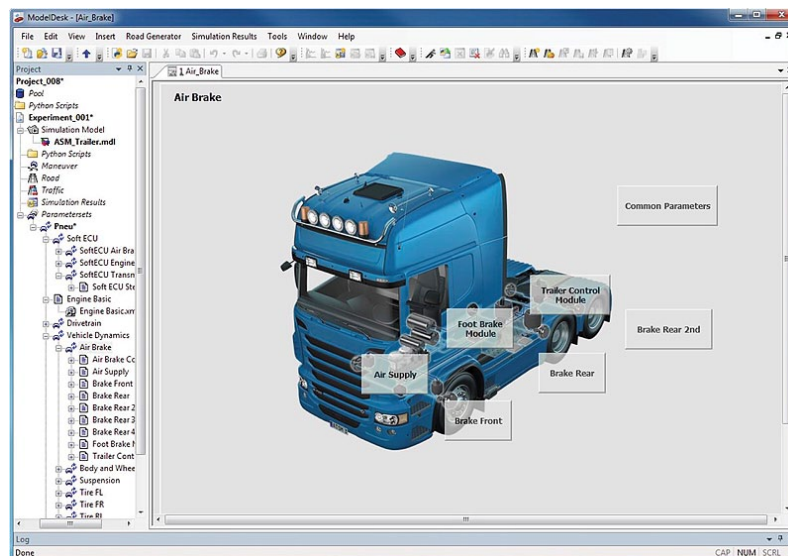
anzahl: 5/6/8 Zylinder mit 9 l, 13 l bzw. 16 l

- Getriebetyp: Manuelles, automatisiertes oder Automatikgetriebe, bestehend aus Hauptgetriebe und teilweise aus Range-Gruppe und Split-Getriebe
- Achszahl und -antrieb: von 4x2 bis 8x4/4 mit mehreren Lenkachsen
- Achsfederung: Stahl-, Blatt- oder Luftfeder (2-Balg, 4-Balg, Liftachse)
- Bremstyp: ABS oder EBS
- Fahrdynamik
- Umfeldsensoren
- Diverse Komponenten: Turbolader, Retarder, Zapfwellenabtriebe, Abgasnachbehandlung

### Testautomatisierung und Varianten-Handling

Bei Scania existiert eine umfassende Testbibliothek für alle Testaufgaben aus den Bereichen Motor, Fahrdynamik, Fahrerassistenz und Spezialfunktionen. Die Python-basierten Tests sind in einem Testautomatisierungs (TA)-Framework zusammengefasst, das die Testkonfiguration und -abläufe steuert. Das Varianten-Handling ist vollständig in dieses Framework integriert und garantiert so die identische Konfiguration von Simulator und Steuergeräten. Dazu wird die TA aus den SOPS-Dateien gespeist, in denen auch Steuergerätedetails wie die Pin-Belegung definiert sind. Abhängig von den SOPS-Daten der zu testenden Steuergeräte werden die Modelle und der Simulator automatisch konfiguriert und parametrieren.

Für effizientes, automatisiertes Varianten-Handling kommen die Automotive Simulation Models (ASM) und die Parameterier-Software ModelDesk zum Einsatz.





Bildnachweis: © Scania

### Testaufgaben

Der Simulator wird hauptsächlich für Integrationstests mit allen Steuergeräten genutzt. Dabei sind folgende Aufgaben auszuführen:

#### Prüfung der CAN-Kommunikation:

- Sicherstellen, dass die richtigen CAN-Nachrichten im richtigen Zeitintervall gesendet werden, wenn alle Steuergeräte mit dem CAN-Netzwerk verbunden sind

#### Robustheitstest:

- Ermitteln der Auswirkungen besonderer Vorkommnisse wie Unterspannung oder schlechte Masseverbindung
- CAN-Stresstests und die Auswirkungen normwidriger Buslast

#### Test der Diagnosefunktionen:

- Lokalisieren von Sensorausfällen oder fehlerhaften elektrischen Verbindungen

#### Prüfung der Komfort- und Assistenz-Systeme:

- Adaptive Cruise Control
- Advanced Emergency Brake
- Klimasteuerung
- Kombiinstrument-Warnungen

Selbstverständlich ist der Simulator immer ein probates Mittel, um Funktionstests durchzuführen, die im Fahrzeug zu schwierig sind, z.B. das Verhalten in Gefahrensituationen. Dabei komplementiert das I-Lab3 die Fahrzeugtests.

### Erfahrungen

Der Qualitätsanspruch hat bei Scania oberste Priorität. Daher wurde das neue Testsystem zunächst sorgfältig eingerichtet und dabei ausführlich geprüft, was bei der Anzahl der Testfälle und Varianten nahezu ein Jahr in Anspruch nahm. Bislang kam es zu keinem ungeplanten Stopp des Simulators – ein klares Indiz für des-

sen Zuverlässigkeit. Im Testalltag bewährt sich das System sowohl beim manuellen Testen als auch bei den vollautomatisierten Testdurchläufen, die meist nachts oder am Wochenende erfolgen. Mit Hilfe des Simulators gelingt es, das komplette Fahrzeug früher zu testen und so schneller einen hohen Software-Reifegrad zu erreichen. Der Simulator ist eine elementare Voraussetzung, um die kombinatorische Explosion von Tests der vielfältigen Variantenprozess sicher zu handhaben. Um die Qualität des Testsystems kontinuierlich zu gewährleisten, sind regelmäßige Wartungsaufgaben vorgesehen. Im täglichen Einsatz haben sich spezielle Prozesse bewährt, die eine Balance aus Testautomatisierung, manuellen Tests, Erstellung und Debugging der Tests und Testsystementwicklung bieten. Ein Team von acht Mitgliedern kümmert sich um alle Wartungsaspekte und Entwickler verschiedener Abteilungen nutzen den Simulator, um ihre Steuergeräte zu integrieren und zu überprüfen.

### Fazit und Ausblick

Mit dem I-Lab3 entstand bei Scania ein robustes Testsystem, das einen wertvollen Beitrag bei der Integration neuer Funktionen im Gesamtfahrzeug liefert und Tests ermöglicht, die ohne Simulatoren nicht mit der nötigen Testtiefe erfolgen könnten. Es basiert auf einem flexiblen, modularen Konzept, das die nächsten Jahre trägt. Scania wird das Testlabor weiter ausbauen, um neue Steuergeräte und weitere Testaufgaben zu unterstützen. Mit der nächsten Ausbaustufe ist dSPACE bereits beauftragt. ■

Mit freundlicher Genehmigung von Scania AB, Schweden

## Zusammenfassung

Der schwedische Nutzfahrzeughersteller Scania steht vor der Aufgabe, ein generisches E/E-System mit enorm vielen Steuergerätevarianten zuverlässig abzusichern. Zum Test der 93 Steuergeräte setzt Scania auf eine Gesamtfahrzeugsimulation mit Simulatoren und Simulationsmodellen von dSPACE. Der Simulator ist in der Lage, die einzelnen Steuergerätevarianten der verschiedenen Steuergerätefamilien automatisiert zu wechseln. Er unterstützt die Entwickler bei der Integration neuer Funktionen, die sofort im virtuellen Gesamtfahrzeug getestet werden können. Der Simulator liefert einen wichtigen Beitrag, um die hohen Qualitätsansprüche von Scania zu verwirklichen.



Bildnachweis: © Scania