

# Systematische AUTOSAR-Migration

- Audi entwickelt AUTOSAR-Software für Dämpferregelung
- Aufbau einer effektiven Toolkette
- Modellierung und Generierung AUTOSAR-konformer Software mit TargetLink

Um die steigende Komplexität, hervorgerufen durch die Technologie-, Funktions- und speziell Variantenvielfalt, zu beherrschen, und die einfache Wiederverwendung von Software-Komponenten sicherzustellen, bietet der AUTOSAR-Standard neue Lösungsmöglichkeiten an. Audi implementierte eine Dämpferregelung gemäß AUTOSAR und erarbeitete in diesem Zug wichtige Erkenntnisse für den Aufbau einer Toolkette, in der der Seriercode-Generator TargetLink von dSPACE zur Modellierung und Generierung AUTOSAR-konformer Steuergeräte-Software eingesetzt wird.

## Komplexität als Herausforderung

Zur Komplexitätsbeherrschung in der Steuergeräteentwicklung existieren mehrere Möglichkeiten. Die Nutzung geeigneter Software-Architekturen und standardisierter Hardware-Plattformen bietet vielversprechende Ansätze, allen voran der AUTOSAR-Standard als herstellerübergreifender Ansatz im Bereich der Software-Architektur. Die Konzentration der OEMs auf den Entwurf von AUTOSAR-Software-Komponenten wird durch die einfache Möglichkeit der Wiederverwendung zu einer Steigerung der Software-Qualität führen.

## Einfache Wiederverwendung

Durch Kapselung aller Funktionslogiken in AUTOSAR-konforme Software-Komponenten (SWC) ist es möglich, beispielsweise die Aufbereitungsalgorithmen von Sensordaten ohne erneute Anpassung des Codes in verschiedenen Projekten unter Berücksichtigung der prozessorspezifischen Rahmenbedingungen wiederzuverwenden. Dadurch ergeben sich für einen Automobilhersteller wie Audi nicht nur weniger Kosten, sondern auch Zeitersparnisse beim Start neuer Projekte.

## Konsequente Abstrahierung

Die konsequente Abstrahierung von der Systemarchitektur ermöglicht es, explizite Entscheidungen zum Deployment der Applikationssoftware, das heißt der Verteilung von SWCs auf reale Steuergeräte, erst in einer späten Projektphase zu treffen. Auf diese Weise ist der Entwurf der logischen Software-Architektur sehr früh möglich, da dieser Hardware-architekturunabhängig durchgeführt werden kann. Da einzelne Funktionen

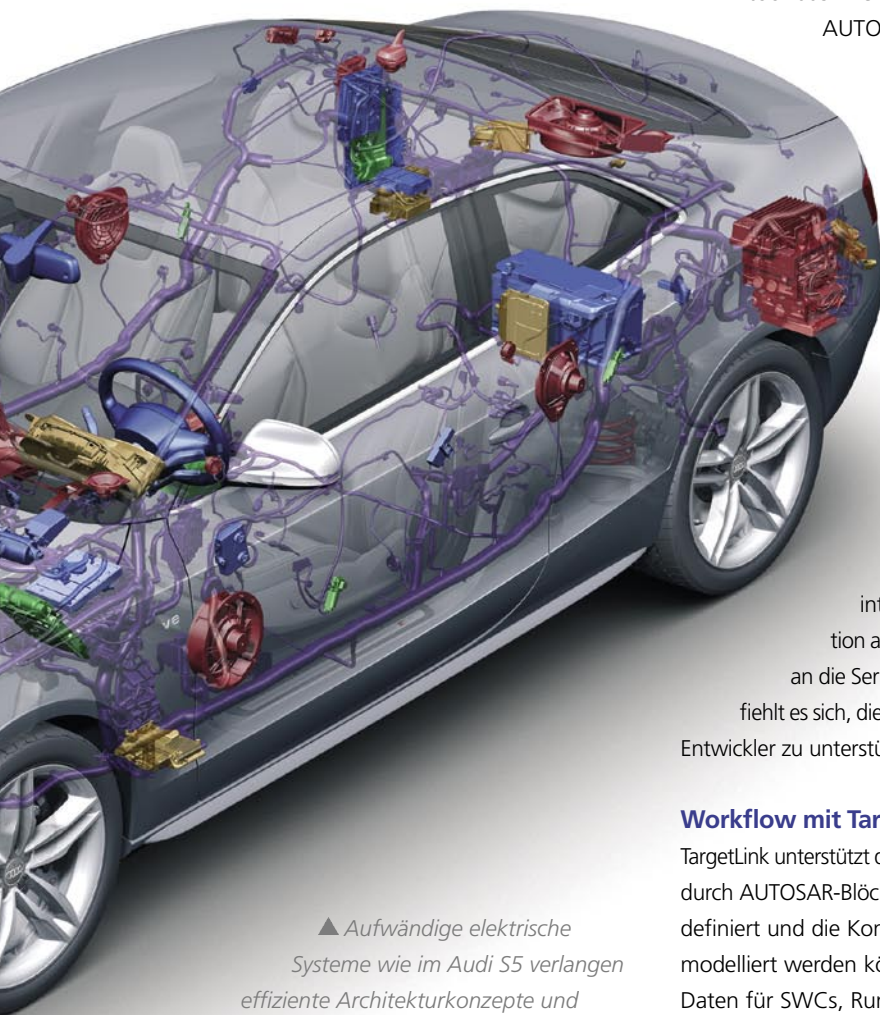
beliebig zwischen verschiedenen Steuergeräten ausgetauscht werden können, besteht die Freiheit, Verteilung oder Integration von Funktionen beispielsweise erst nach einer intensiven internen Test- oder Explorationsphase durchzuführen.



## Fallstudie Dämpferregelung

Um Erfahrungen bei der Nutzung der AUTOSAR-Konzepte zu sammeln, wurden diese im Rahmen eines Entwicklungsprojektes prototypisch umgesetzt. Unser Ziel war es, ein bestehendes System einer Dämpferregelung komplett mittels TargetLink in AUTOSAR-kompatible Soft-

ware-Komponenten umzusetzen sowie auf einer prototypischen Entwicklungsplattform – einem seriennahen Fahrzeug – zu testen. Die Regelung besteht aus vier Aufbaubeschleunigungssensoren, vier Wegsensoren sowie vier kontinuierlich geregelten Dämpfern. Ein zentrales Steuergerät wertet die Sensorsignale aus und berechnet die Dämpferansteuerung unter Berücksichtigung weiterer fahrdynamisch relevanter Größen wie Lenkwinkel, Gierrate, Bremsignal, Querbeschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit und Motormoment. Diese Größen erhält das Steuergerät über den Fahrzeug-CAN-Bus. Die Kommunikation zwischen Steuergerät und den aktiven Dämpfern erfolgt über einen FlexRay-Bus.



▲ *Aufwändige elektrische Systeme wie im Audi S5 verlangen effiziente Architekturkonzepte und Entwicklungswerkzeuge.*

## Eine prototypische Entwicklungsumgebung

Aktuell verwenden wir eine auf dem AUTOSAR Release 2.0 basierende Toolkette. Die Nutzung standardisierter Dateiformate ermöglicht den Aufbau dedizierter Tools, die weitere Aspekte des Gesamtsystems einfach analysierbar machen, zum Beispiel zeitliche Vorgänge im Steuergerät.

Die folgenden Werkzeuge kamen zum Einsatz:

- TargetLink zur modellbasierten Entwicklung und automatischen Code-Generierung für AUTOSAR-SWCs
- Elektrobit EB tresos® zur Konfiguration der AUTOSAR-konformen Basissoftware (u.a. OS) und Generierung der RTE
- Konfigurationstools für den FlexRay-Stack
- Seriennahe Steuergeräte-Prototypen

## Modellbasierte Entwicklung von SWCs

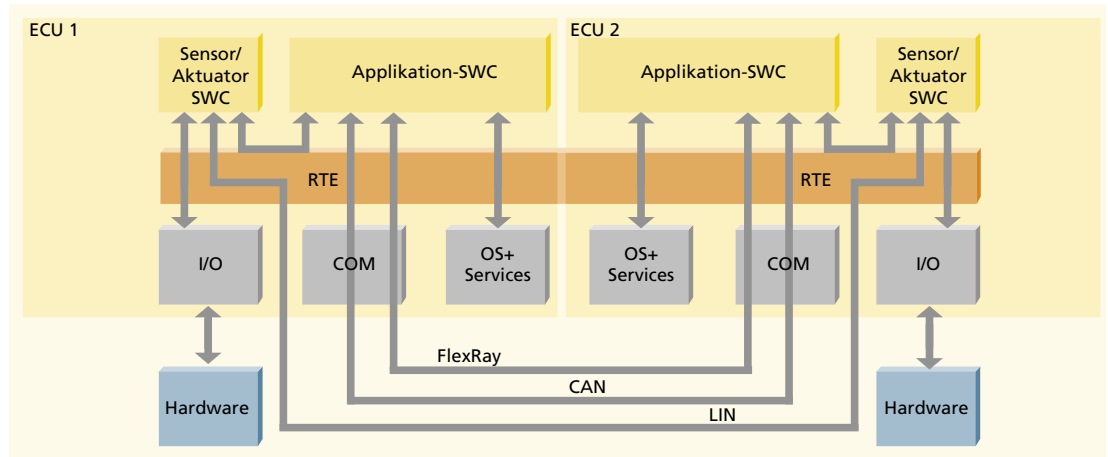
Aus Sicht des Funktionsentwicklers ist das Modellierungstool das wichtigste Werkzeug innerhalb einer AUTOSAR-Toolkette. Es hilft ihm, seine Ideen einfach und nach bewährten Prozessen umzusetzen und zu modellieren.

Der Seriencode-Generator TargetLink von dSPACE bietet seit der Version 2.2 die Möglichkeit, neben der herkömmlichen modellbasierten Entwicklung auch SWCs zu entwickeln und den zugehörigen Target-Code automatisiert zu erzeugen. Die Abstraktion der Kommunikation und der Hardware-Anbindung ermöglicht es dem Funktionsentwickler, sich intensiv mit der eigentlichen Applikation auseinanderzusetzen. Um von Anfang an die Serienaspekte zu berücksichtigen, empfiehlt es sich, die Funktionsentwickler durch Software-Entwickler zu unterstützen.

## Workflow mit TargetLink

TargetLink unterstützt die AUTOSAR-konforme Modellierung durch AUTOSAR-Blöcke, mit denen AUTOSAR-Runnables definiert und die Kommunikationsschnittstellen einfach modelliert werden können. Die AUTOSAR-spezifischen Daten für SWCs, Runnables, Interfaces etc. werden im dSPACE Data Dictionary gehalten und mit dem eigentlichen Modell verknüpft. Damit bleibt der etablierte Workflow des modellbasierten Entwurfs mit TargetLink auch bei der Entwicklung von AUTOSAR-Software vollständig erhalten.

Das so aufgebaute AUTOSAR-Funktionsmodell kann mit TargetLink sowohl auf Modellebene (Model-in-the-Loop) als auch auf Software-Ebene (Software-in-the-Loop) simuliert und getestet werden. Zusammen mit der Generie-



▲ Grundaufbau AUTOSAR. Mehrere SWCs sind auf zwei ECUs verteilt. Die RTE ermöglicht die Kommunikation der SWCs unabhängig von I/O-Hardware und eingesetztem Bus.

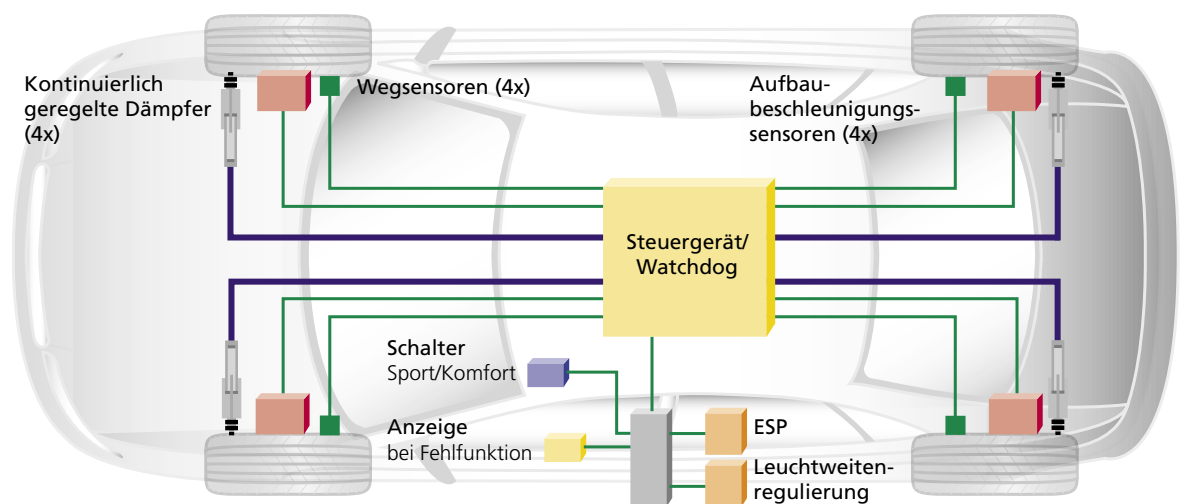
Die Generierung des AUTOSAR-konformen Codes erzeugt TargetLink auch automatisch die AUTOSAR-Software-Komponenten-Beschreibungen. Die Dämpferregelung ist in mehrere AUTOSAR-Software-Komponenten strukturiert, die ihrerseits wieder mehrere Runnables beinhalten.

Im konkreten Fall wurde intensiv von Interrunnable-Kommunikation Gebrauch gemacht, was von Seiten des AUTOSAR-Standards derzeit nur für skalare Größen unterstützt wird. Dank einer von dSPACE bereitgestellten Audi-spezifischen TargetLink-Erweiterung kann der Funktionsentwickler jedoch auch mit vektoriellen Signalen arbeiten, die TargetLink in Code-Pattern für skalare Größen umsetzt. Dies vereinfacht einerseits die

Modellierung und stellt andererseits die AUTOSAR-Konformität sicher.

### Implementierung der AUTOSAR-Software

Im Rahmen der Implementierung der SWCs auf dem Steuergerät erfolgte die Konfiguration des AUTOSAR-Betriebssystems zusammen mit der Generierung der Run-Time Environment (RTE) durch Elektrobit EB tresos. Zur Generierung der RTE wurden die von TargetLink erzeugten Software-Komponenten-Beschreibungen in EB tresos importiert und auf Basis der darin enthaltenen Informationen die RTE generiert. Im letzten Schritt wurden die im Bereich Basis-Software angesiedelten



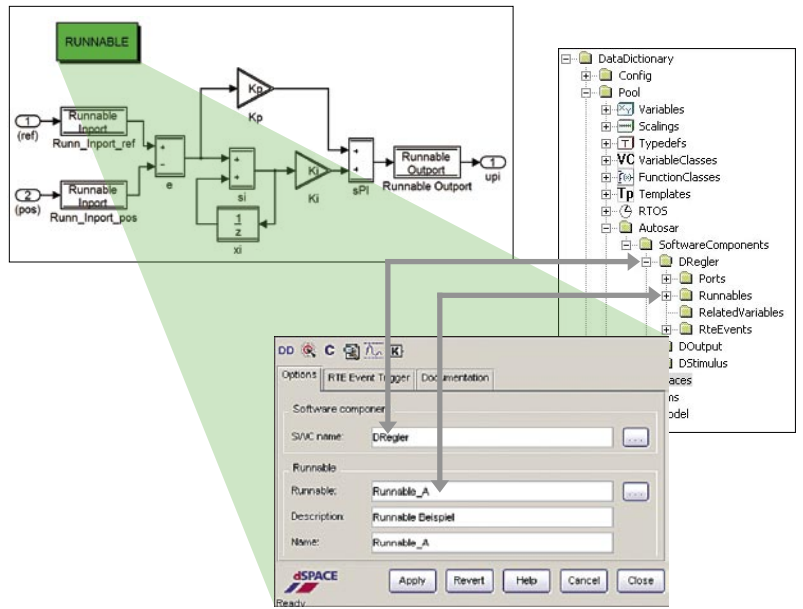
▲ Das Dämpfersystem besteht aus Aufbaubeschleunigungssensoren, Wegsensoren, aktiven Dämpfern und einem zentralen Steuergerät, auf dem die AUTOSAR-Software implementiert ist.

- CAN-Bus
- Lenkwinkel
  - Gierrate
  - Bremssignal
  - Querschleunigung
  - Fahrzeuggeschwindigkeit
  - Motormoment

FlexRay-Treiber konfiguriert. Herz der Prototypen-Hardware ist ein Infineon TriCore-Mikrocontroller, der gute Performance und umfassende Anbindung der typischen automotiven Peripherie bietet. Durch Nutzung der sogenannten „Engineering Device“-Mikrocontrollerderivate steht eine leistungsfähige Datenschnittstelle für die notwendigen Tests sowie Instrumentierungsaufgaben zur Verfügung. Die erfolgreiche Funktionsimplementierung auf dem seriennahen Steuergerät konnte sowohl im Fahrversuch als auch beim Test am Simulator nachgewiesen werden. Dabei wird deutlich, dass der mit TargetLink erzeugte AUTOSAR-konforme Code bezüglich Größe und Laufzeitverhalten den Ansprüchen der Serie genügt.

### Toolketten-Know-how

Die gewonnenen Erfahrungen dienen als Basis für den Aufbau einer AUTOSAR-Toolkette, die es Funktionsentwicklern ermöglicht, neue Fahrzeugeigenschaften seriennah und mit hoher Effizienz zu entwickeln. TargetLink als Tool für die modellbasierte Entwicklung und automatische Code-Generierung adressiert den Entwurf einzelner klar definierter Software-Kompo-



▲ Mit TargetLink können im dSPACE Data Dictionary abgelegte AUTOSAR-Spezifikationen direkt mit dem Modell verknüpft werden.

*„Die Unterstützung des AUTOSAR-Standards durch dSPACE-Werkzeuge sowie die enge Kooperation mit dSPACE ermöglichen eine erfolgreiche AUTOSAR-Einführung.“*

**Dr. Karsten Schmidt, AUDI AG**

nenten. Für den Entwurf des Gesamtsystems bietet sich das Architekturwerkzeug SystemDesk von dSPACE an, da es die Lücke zum systematischen Entwurf von Software-Systemen schließt. Des Weiteren ist zu erwarten, dass die Modellierung und Analyse der zeitlichen Zusammenhänge innerhalb eines Steuergerätes sowie im Gesamtsystem eine immer größere Bedeutung gewinnen wird.

### Der Charme der AUTOSAR-Idee

Die beschriebenen Vorteile zeigen, dass die Nutzung der AUTOSAR-Idee viele Möglichkeiten bietet, die Effizienz der Funktionsentwicklung zu erhöhen. Bereits früh im Entwicklungsprozess haben wir die Möglichkeit, mit einem seriennahen Framework zu starten und so potenzielle Schwierigkeiten der Zusammenarbeit zwischen Audi als OEM und unseren Zulieferern zu minimieren. Im Zusammenspiel der unterschiedlichen Tools liegt ein Schlüssel für die erfolgreiche Umsetzung der AUTOSAR-Idee. Hierbei stellt dSPACE mit TargetLink

und SystemDesk sowie definierten Dateiformaten und offenen Schnittstellen eine hervorragende Ausgangsbasis zur Verfügung.

Dr. Karsten Schmidt  
Frank Gesele  
AUDI AG  
Deutschland

Dr. Karsten Schmidt ist bei Audi zuständig für die Weiterentwicklung der AUTOSAR-Toolkette im Fahrwerksbereich.

Frank Gesele ist Teamleiter Vertikaldynamik und Software-Eigenentwicklung innerhalb des Bereichs Fahrwerkelektronik bei Audi.