

Die Automobilindustrie setzt auf die Entwicklung immer fortschrittlicherer, vernetzter Systeme im Fahrzeug. Eine konsequente Standardisierung basierend auf AUTOSAR ist eine Antwort auf die dabei stetig steigende Komplexität. DENSO CREATE untersucht im Rahmen dreier Referenzprojekte Einführungsstrategien für den neuen Standard. Im Rahmen dieser Projekte vergleicht DENSO CREATE intensiv die derzeit verwendeten sowie die von AUTOSAR geforderten Vorgehensweisen und Methoden. Ziel ist es, mögliche Konflikte aufzulösen und eine reibungslose Einführung von AUTOSAR bei DENSO zu gewährleisten.

#### Anforderungen an den Prozess

DENSO CREATE, ein 100%-iges japanisches Tochterunternehmen der DENSO CORPORATION, ist für die Bereiche IT und Softwareentwicklung zuständig und hat im Rahmen eines Projektes die Prozesse zur Einführung von AUTOSAR optimiert. AUTOSAR bietet die Möglichkeit, eine Software sehr detailliert zu beschreiben, mit dem Ziel, sie einfach wiederverwenden zu können. Im Entwicklungsprozess gemäß AUTOSAR werden daher in unterschiedlichen Phasen Beschreibungen für die Software-Architektur, das System als Ganzes sowie die Systemkonfigurationen je Steuergerät erstellt. Dagegen gibt es in parallel laufenden, herkömmlichen Entwicklungsprojekten weitere Entwurfsschritte, die nahtlos und konfliktfrei integriert werden sollen. Einige Aspekte sind dabei wichtig:

- Die Festlegung der Funktionsarchitektur muss weiterhin mit der notwendigen Abstraktion möglich sein.
- Ein Regelungstechniker, der Werkzeuge wie Simulink® oder dSPACE AutoBox zur Entwicklung von Pro-

totypen verwendet, sollte durch AUTOSAR in seiner Entwurfsfreiheit nicht eingeschränkt werden.

- Ein Steuergerätezulieferer sollte bestimmte Freiheiten zur optimierten Umsetzung einer Software-Architektur behalten.

#### Ein Schritt nach dem anderen

DENSO CREATE überprüft im Rahmen dreier Referenzprojekte eine Abfolge wichtiger Schritte und Methoden, die in Summe einen AUTOSAR-konformen Entwicklungsprozess darstellen (Abbildung 1). Dabei werden die Modellierung der Architektur und der Funktionsalgorithmen separat voneinander betrachtet:

**Entwurf der Funktionsarchitektur:** Die erforderlichen Funktionsblöcke und Signale werden definiert und visualisiert. Dieser Schritt stellt eine formalisierte Beschreibung wesentlicher Anforderungen dar und kann Whiteboard-Charakter haben. Die Toolunterstützung ermöglicht frühe Konsistenzchecks.

**Entwurf des Reglermodells:** Die definierten Komponenten werden



mit Algorithmen vervollständigt. Diese klassische Funktionsmodellierung erfolgt mit MATLAB®/Simulink® und TargetLink.

**Entwurf der Netzwerktopologie:** Die Steuergeräte und deren Vernetzung werden definiert.

**Funktionsmapping & Kommunikationsentwurf:** Nach Abbildung der Funktionen auf die Steuergeräte kann die lokale und globale Kommunikation definiert werden.

**Entwurf der Software-Struktur:** Die auf den Steuergeräten zu implementierende Softwarestruktur wird definiert. Dazu kann es erforderlich sein, eine Struktur so zu transformieren, dass durch die Software-Entwicklung vorgegebene Anforderungen erfüllt werden.

**Implementierungsmodell:** Das Modell wird auf die gewählte Software-Struktur adaptiert und für die Serencode-Generierung mit TargetLink verfeinert. Dies beinhaltet beispielsweise das Hinzufügen von Skalierungsinformationen und die Verknüpfung mit Mess- und Kalibriergrößen.

A man with dark hair, wearing a grey suit, white shirt, and red tie with white dots, is pointing his right hand towards the left. He is looking slightly to the left of the camera. The background is a blurred, light-colored architectural structure.

DENSO CREATE untersucht Einführungsstrategien für den AUTOSAR-Standard

# Ganz klar AUTOSAR

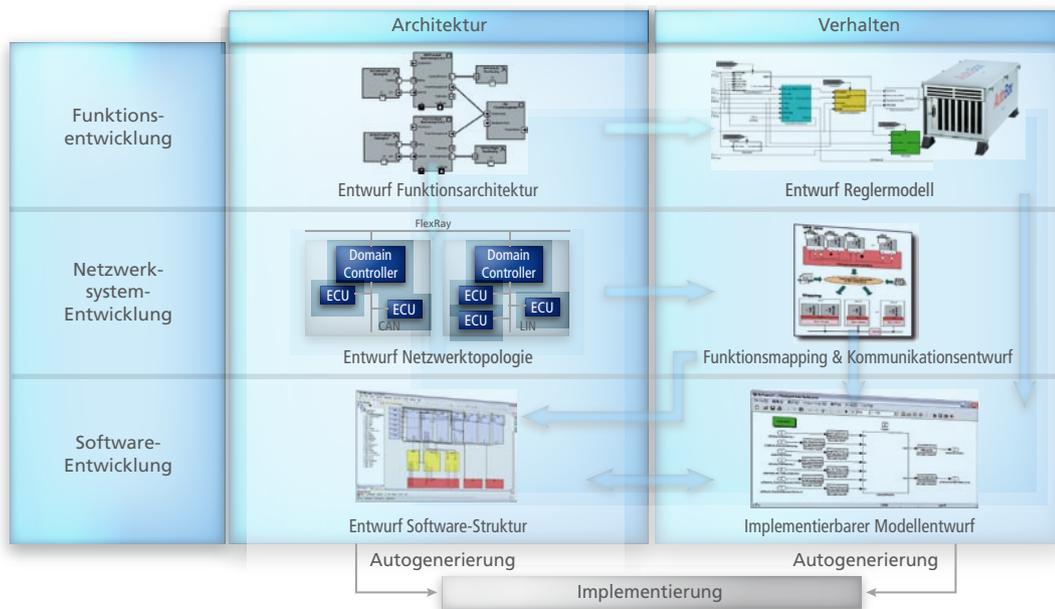


Abbildung 1: Abfolge wichtiger Schritte und Methoden in einem architekturbasierten Entwicklungsprozess.

### Automatische Code-Generierung:

Nach der Designphase werden aus den Implementierungsmodellen die Software-Komponenten der Anwendungsschicht per Autocoding mit TargetLink erzeugt. Ferner wird die Run-Time Environment (RTE) generiert, die Basis-Software konfiguriert und generiert, z.B. werden Kommunikationstreiber aus der Netzwerkbeschreibung generiert.

**Implementierung:** Schließlich werden der C-Quellcode in Objektcode übersetzt, die Objektcodes gelinkt und die Software auf das Steuergerät aufgespielt. Zugleich wird pro Schritt eine Teilmenge von AUTOSAR-Beschreibungselementen festgelegt, die in der jeweiligen Stufe genutzt werden. Damit ist gewährleistet, dass in jedem Schritt nur die wirklich notwendigen Elemente definiert werden.

### Rollen und Kompetenzen für beste Effizienz

Ein entscheidendes Kriterium ist die Effizienz des neuen Prozesses. Dazu wurden die einzelnen Schritte eingehend untersucht und die erforderlichen Arbeitstechniken, Aufwände und Umfänge ermittelt. In Arbeitsgruppen konnten so Kompetenzfelder identifiziert, Rollen definiert, und Abläufe optimiert werden. Dabei wurde deutlich, dass beispielsweise

die regelungstechnischen Entwicklungen weitgehend unverändert durchgeführt werden können, ohne dass bei den dafür Verantwortlichen ein detailliertes Verständnis von AUTOSAR benötigt wird. Die AUTOSAR-konforme Modellierung und Implementierung übernimmt ein Kompetenzteam, das über geeignete Entwicklungswerkzeuge verfügt.

### Neue Entwurfsumgebung mit verfügbaren Lösungen

Basierend auf den Erkenntnissen über den neuen Prozess, wurde eine Werkzeugkette zu dessen Umsetzung untersucht. Nach mehreren zielführenden Zusammenreffen der User-Groups war DENSO CREATE in der Lage, eine Entwurfsumgebung basierend auf dSPACE-Produkten und ergänzenden kommerziell verfügbaren Lösungen aufzubauen.

Für den grundlegenden Entwurf der Funktionsarchitektur haben sich DENSO und DENSO CREATE für SystemDesk

von dSPACE entschieden. MATLAB/Simulink/dSPACE RTI und die AutoBox wurden für die Überprüfung der regelungstechnischen Funktionen genutzt. Aus der Funktionsarchitektur konnte mit SystemDesk die Softwarearchitektur abgeleitet werden. An diesem Punkt kam EB tresos® von Elektrobit für die Konfiguration der Basis-Software zum Einsatz – einschließlich der RTE-Generierung zur Verbindung der Applikations-Software mit der Basis-Software. Die Entwicklung der AUTOSAR-kompatiblen Applikations-Software erfolgte mit TargetLink. Dazu wurden die Reglermodelle zunächst mit Implementierungsinformationen angereichert und dann durch TargetLink in effizienten, AUTOSAR-konformen Code umgesetzt.

### Verschiedene Anwendungspraktiken

Mit Anwendungen aus unterschiedlichen Fahrzeugdomänen führte DENSO CREATE insgesamt drei Teil-

„SystemDesk hat sich als adäquates Werkzeug für den AUTOSAR-konformen Architektorentwurf erwiesen und bietet die erforderliche Unterstützung zur Integration der Funktionsalgorithmen.“

Masahiro Goto, DENSO CORPORATION

projekte mit jeweiligen Schwerpunkten durch (Abbildung 2).

- Im ersten Teilprojekt stand der Nachweis zur Durchgängigkeit der Werkzeuge im Fokus.
- Im zweiten Teilprojekt wurde die Wiederverwendung existierender Software untersucht. Daraus wurden Erkenntnisse zur methodischen Entwicklung solcher Software und deren Integration abgeleitet, z.B. zur Frage, ob Sensor- und Aktuatorfunktionen als Software-Komponenten entwickelt werden sollten.
- Im letzten Teilprojekt wurde die Software eines bereits existierenden Klimasteuergeräts herangezogen und nach AUTOSAR konvertiert.

**Blick in die Zukunft**

Für die Weiterentwicklung des Prozesses legt DENSO CREATE besonderes Augenmerk auf die Durchgängigkeit der Werkzeugkette. Dabei geht es u.a. um die automatische Transformation von Spezifikationen zwischen den Prozessschritten sowie einen Mechanismus, um die verschiedenen Entwicklungswerkzeuge in verteilten Entwicklungen zu synchronisieren. Nicht zuletzt ist es erforderlich, die



*Nobuhide Kobayashi, DENSO CREATE Inc.  
Nobuhide Kobayashi ist Projektleiter im Bereich Softwareentwicklung bei DENSO CREATE in Aichi, Japan.*



*Yasuo Tatematsu, DENSO CREATE Inc.  
Yasuo Tatematsu ist Projektleiter im Bereich Softwareentwicklung bei DENSO CREATE in Aichi, Japan.*

Leistungsfähigkeit von Verifikationsfeatures wie das neue SystemDesk Simulation Module im Detail kennenzulernen und ihre Einbindung in den Prozess zu untersuchen. So kann der Prozess für zukünftige und komplexe

Aufgaben optimiert und seine Effizienz weiter verbessert werden. ■

*Nobuhide Kobayashi, Yasuo Tatematsu DENSO CREATE Inc.  
Masahiro Goto DENSO CORPORATION*

„Es freut uns sehr, dass dSPACE nicht nur eine AUTOSAR-konforme Werkzeugkette bieten kann, sondern uns im Projekt tatkräftig bei der Suche nach dem geeigneten Ansatz unterstützte. Wir schätzen ebenfalls die effiziente, unkomplizierte Produkteinführung sowie das umfassende Training.“

*Nobuhide Kobayashi, DENSO CREATE Inc.*

Abbildung 2: Drei Teilprojekte mit Anwendungen aus unterschiedlichen Fahrzeugdomänen.

		Versuch 1 Fahr-dynamiksystem	Versuch 2 - Anzeigesystem (Armaturenbrett)	Versuch 3 Klimaanlage
Versuchszweck		Durchführen der architektur-basierten Entwicklung	Wiederverwendung alter Software festlegen	Anpassung des Serienprogramms
Entw.-Umfang	Anzahl der SWC/Runnables	6/11	26/299	41/141
	Anzahl der Datenelemente bzw. Meldungen	42/5 (übertragen), 5 (empfangen)	56/3 (übertragen), 18 (empfangen)	59/5 (übertragen), 14 (empfangen)
	Verwendetes BSW-Modul	Hauptsächlich COM-Stack (Teilweise MCAL)	Hauptsächlich MCAL (Legacy COM wird verwendet)	COM Stack, ECUM, MCAL etc.
Ergebnis	Kennenlernen der AUTOSAR-Spezifikation	■ VFB, RTE, COM, ECUM	■ VFB, RTE, COM, ECUM ■ MCAL	■ VFB, RTE, COM, ECUM ■ MCAL
	Aufbau Engineering-Umgebung (Entwicklungs-Umgebung, Entwurfsausrichtung)	■ Inkonsistenz zwischen Tools beheben ■ Erfahrung mit Debug-Know-how sammeln (Verständnis für BSW-Struktur etc. entwickeln)	■ Implementierung von Legacy-SW in AUTOSAR-Struktur planen ■ Debug-Know-how testen	■ Ausführen mit Werten aus Versuchen 1 und 2 (Werkzeugkette und Entwurfsausrichtung evaluieren)
Personenmonate		9,3 Personenmonate	13,4 Personenmonate	18,0 Personenmonate