

ITEA project 00009

EAST-EEA Embedded Electronic Architecture

Report Typ	Bericht
Report Name	Schlussbericht
Berichtszeitraum	01.02.2002 – 31.07.2004
Report Status	Öffentlich
Versionsnummer	Version 0.92
Erstellungsdatum	26.01.2005

Zuwendungsempfänger

AUDI AG

Förderkennzeichen

01 IS A01 K

Laufzeit des Vorhabens

01.05.2001 – 31.07.2004

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 01 IS A01 K gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Dieser Bericht wurde erstellt durch die AUDI AG

Beiträge wurden verfasst von

Bernd Hardung	AUDI AG
Dr. Andreas Krüger	AUDI AG
Joachim Eisenmann	DCAG

© 2004 EAST-EEA Konsortium

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts sind nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchs-

mustereintragung vorbehalten. Für Fehler oder Auslassungen wird keine Haftung übernommen.

Versionsübersicht

Version	Datum	Grund
0.1	09.12.2004	Vorlage von J. Eisenmann, DCAG
0.9	25.01.2005	Kurzdarstellung
0.91	26.01.2005	Eingehende Darstellung ergänzt

Inhaltsverzeichnis

<u>Versionsübersicht</u>	v
<u>Inhaltsverzeichnis</u>	vi
<u>1 Kurzdarstellung</u>	1
<u>1.1 Aufgabenstellung</u>	1
<u>1.2 Voraussetzungen des Vorhabens</u>	7
<u>1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens</u>	7
<u>1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand</u>	8
<u>1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen</u>	10
<u>2 Eingehende Darstellung</u>	12
<u>2.1 Erzieltes Ergebnis</u>	12
<u>2.2 Voraussichtlicher Nutzen</u>	15
<u>2.3 Fortschritt auf diesem Gebiet bei anderen Stellen</u>	15
<u>2.3 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen</u>	15
<u>Literaturverzeichnis</u>	16
<u>Anlage 1: Erfolgskontrollbericht</u>	17
<u>Anlage 2: Kurzfassung</u>	17

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieses Projektes ist die Schaffung einer standardisierbaren offenen Softwarearchitektur im Kfz, die auf existierenden Standards aufsetzt und die eine hardwareunabhängige Verteilung von Software-Modulen in vernetzten Kfz-Systemen zulässt.

Einerseits kann der Kfz-Hersteller dadurch Software für seine „embedded real-time systems“ als Lieferantenteil mit „Teilenummer“ auf die im Fahrzeug verbaute Hardware adaptieren, unabhängig vom jeweiligen Zulieferanten. Andererseits können neue Kfz-Funktionen allein in Software durch ineinandergreifende Verknüpfungen ebenfalls zulieferantenübergreifend realisiert werden.

Diese offene Softwarearchitektur soll durch eine geschichtete Softwarestruktur erreicht werden, die auf existierenden Lösungen (z.B. OSEK/VDX) aufsetzt. Fokus ist eine sogenannte Middleware-Schicht, die sowohl die Partitionierung der Funktionssoftware auf eine verteilte und vernetzte Hardware unterstützt als auch die Interoperabilität der unterschiedlichen SW-Module garantiert.

Die Vorteile dieser offenen Systemarchitektur sind:

- für die Kfz-Hersteller:
Gemeinsame Wieder- und Mehrfachnutzung von nicht wettbewerbsrelevanten Softwaremodulen. Wettbewerbsrelevante Funktionen können jeweils separat / spezifisch entwickelt werden.
- für die Kfz-Zulieferer:
Reduktion der Variantenvielfalt, die entsteht, wenn jeder Kfz-Hersteller seine eigenen Standards setzt.
Damit kann die Effizienz in der Funktionsentwicklung gesteigert und die internationale Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Neue Geschäftsmodelle für Zulieferanten und die Senkung der Einstiegsschwelle für neue Firmen sind zu erwarten.
- für Toolhersteller:
Einheitliche Schnittstellen zu den Entwicklungsprozessen. Transparente Schnittstellen fördern auch hier eine Senkung der Einstiegsschwelle für neue Firmen.

Insgesamt erfordert oder stimuliert die Kfz-Industrie somit Lösungen, die einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der deutschen IT-Industrie (im europäischen Markt) bringt.

Zurzeit finden viele neue Funktionen Eingang in das Kfz, z.B. Navigation, Verkehrstelematik, Fahrwerksteuerung, adaptive Temporegelung usw. Diese Funktionen sind noch weitgehend autark. Eine wichtige technische Aufgabe der beteiligten Kfz-Hersteller ist die Integration unterschiedlicher Elektroniksysteme und deren Komponenten verschiedener Zulieferer zu einem kostengünstigen Netzwerk im Fahrzeug. Um die Entwicklungskosten zukünftiger Systeme möglichst niedrig zu halten, ist das Verfahren zur Integration für Anwen-

dungs- und Kommunikations-Schnittstellen und Entwicklungsumgebungen möglichst herstellerunabhängig zu formulieren.

Dies soll über die Definition einer offenen Systemarchitektur erreicht werden. Wesentliches Element dieser Architektur ist ein Schichtenmodell unter Einschluss einer Middleware-Schicht, die Schnittstellen und Dienste bereitstellt, welche die Portabilität von eingebetteten Software-Modulen unter hohen Qualitätsstandards gewährleistet.

Die Projektarbeit wird in den folgenden Teilprojekten (Work Packages) abgearbeitet:

WP1: General Aspects

In diesem Teilprojekt werden die Grundlagen für die weitere Projektarbeit bereitgestellt. Folgende Arbeitspakete (Work Tasks, WT) werden behandelt:

WT1.1 Zukünftiges technisches Szenario

Hier wird eine Benutzersicht bezüglich der zukünftig zu erwartenden Integration elektronischer Systeme im Kraftfahrzeug unter Marketingaspekten, d.h. ohne Erläuterung technischer Hintergründe, dargestellt. Ergebnis ist die Vision des zukünftigen Umfeldes der im Projekt zu entwickelnden Fahrzeugarchitektur.

WT1.2 Definition der Allgemeinen Anforderungen (Requirement-Analyse)

Hier werden die Anforderungen der Projektpartner in Form von Anwendungsfällen (Use Cases) gesammelt. Hieraus werden zum einen die technischen Kriterien zur Validierung der beispielhaften Implementierungen abgeleitet und zum anderen die Rohdaten zur Ermittlung der Referenzarchitektur (siehe WT1.5) erzeugt.

WT1.3 Existierende Lösungen und ein Fahrplan zu ihrer Harmonisierung

Ziel der Arbeiten ist generell die Vermeidung teurer und unnötiger Neuentwicklungen durch Rückgriff auf existierende Lösungen. Hierbei sollen sowohl Anwendungen in den verschiedenen Domänen (Karosserieelektronik, Triebstrang, Telematik usw.) als auch bei der Bustechnologie berücksichtigt werden.

WT1.4 Verfahren zum Umgang mit geistigen Eigentumsrechten und zukünftige Geschäftsmodelle

Die im Rahmen des EAST/EEA-Projekts zu erarbeitenden Mechanismen sollen das Zusammenwirken von Softwaremodulen ermöglichen, die von unterschiedlichen Entwicklungspartnern (Fahrzeughersteller und -zulieferer) erstellt werden. Diese Vorgehensweise erfordert neue Verfahren und Methoden zum Umgang mit geistigen Eigentumsrechten. Dabei sind zwei verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- Technische Aspekte:
Es muss ein Modell entwickelt werden, das es ermöglicht, die unterschiedlichen Rollen bei der Softwareentwicklung für KfZ-Steuergeräte (z.B. Systemintegrator, Anwendungsentwickler oder Steuergeräte-Integrator) sowie deren Schnittstellen unter-

einander technisch zu definieren. Dies kann auf Basis moderner kryptographischer Verfahren erfolgen. Der Informationsfluss über diese Schnittstellen muss dabei bestimmten noch zu festzulegenden Regeln gehorchen.

Dies stellt sicher, dass jeder Entwicklungspartner sein spezifisches Know-how schützen kann und den anderen Partnern nur genau die Informationen zur Verfügung stellen muss, die diese von ihm benötigen. Die in diesem Arbeitspaket erarbeiteten Methoden sollen in die im WP3 zu spezifizierenden Entwicklungstools integriert werden.

- **Rechtliche Aspekte:**

Hier müssen die Auswirkungen dieser verteilten Softwareentwicklung auf zukünftige Geschäftsmodelle der einzelnen Entwicklungspartner untersucht werden. Das Ergebnis umfasst sowohl Randbedingungen für die Vertragsgestaltung zwischen den Partnern mit besonderem Augenmerk auf Haftungsfragen als auch mögliche Vorschläge an den Gesetzgeber für die zukünftige Gestaltung von gesetzlichen Rahmenbedingungen, sofern diese notwendig erscheinen.

WT1.5 Ableitung der zukünftigen Referenzarchitektur

In diesem Arbeitsgang soll die allgemeine Referenzarchitektur ausgehend von den Ergebnissen aus WT1.2 und WT1.3 abgeleitet werden. Dies erfolgt im Domain Engineering Prozess:

Eine *Domänenarchitektur* wird als Beschreibung der Analyse der spezifischen Domänen des Fahrzeugs bestimmt.

Eine *Subsystem-Architektur* wird aus der Domänenarchitektur abgeleitet durch Spezifikation kooperierender funktionaler Subsysteme.

Die *Referenzarchitektur* enthält weitere detaillierte Definitionen in bestimmten Bereichen der Subsystem-Architektur. Wesentliches Element dieser Architektur ist ein Schichtenmodell unter Einschluss einer Middleware-Schicht, die Schnittstellen und Dienste bereitstellt, welche die Portabilität von Embedded Software-Modulen unter hohen Qualitätsstandards gewährleistet.

WP2: Interoperability and Portability

In diesem Teilprojekt soll die Spezifikation eines Middleware- und Kommunikationskonzepts erarbeitet werden. Die Middleware bietet dabei den Anwendungsfunktionen Dienste in Form eines APIs (Application Programmers Interface) an, das eine abbildungstransparente Interaktion zwischen verschiedenen Anwendungsfunktionen im Fahrzeug erlaubt (Interoperabilität). Die Kommunikationsschicht stellt der Middleware Basis-Kommunikationsdienste zur Verfügung, die über Device-Treiber an die Fahrzeugnetzwerke (z.B. CAN, MOST, IEEE1394) adaptiert werden.

Das Teilprojekt unterteilt sich in die folgenden Arbeitspakete:

WT2.1 General Implementation Framework

In diesem Arbeitspaket werden die Anforderungen an die Middleware und die Kommunikationsschicht erarbeitet. Dazu gehört

sowohl die Erarbeitung subsystemspezifischer Anforderungen als auch die Berücksichtigung allgemeiner Anforderungen. Das Ergebnis des Arbeitspakets ist eine Beschreibung der Struktur sowie der von den einzelnen Schichten zur Verfügung gestellten Dienste.

WT2.2 Middleware Specification

Aus den Ergebnissen von WT2.1 wird die Spezifikation der Middlewareschicht einschließlich den der Anwendung bereitgestellten Diensten erarbeitet.

WT2.3 Middleware Implementation

Prototypische Implementierung der in WT2.2 erarbeiteten Spezifikation der Middleware zur Validierung der Spezifikation sowie als Basis für die in WP4 zu erstellenden Demonstratoren.

WT2.4 Communication Layer Specification

Aus den Ergebnissen von WT2.1 wird die Spezifikation der Kommunikationsschicht einschließlich den der Middleware bereitgestellten Diensten erarbeitet.

WT2.5 Communication Layer Implementation

Prototypische Implementierung der in WT2.4 erarbeiteten Spezifikation des Communication Layers zur Validierung der Spezifikation sowie als Basis für die in WP4 zu erstellenden Demonstratoren.

WP3: Development and Validation Tools

Dieses Teilprojekt behandelt die Entwicklung und Validierung von Architekturen und Funktionsmodulen. Es berücksichtigt den vollständigen Entstehungsprozess von der Spezifikation über die Simulation, Implementierung, Einzeltests und Integrationstests bis zur Validierung. Ziel ist, auf bereits existierenden Ansätzen aufzusetzen. Daher werden den jeweiligen Definitionsphasen grundsätzlich Untersuchungen bestehender Lösungsansätze vorgeschaltet.

WT3.1 Architecture, Modelling Language and Exchange Format

Hier geht es um die Definitionen einer Beschreibungssprache für "Embedded Electronic"- Architekturen (ADL = Architecture Description Language) für eine offene Systemarchitektur, einer Interface-Sprache zur Nutzung bestehender Funktionsmodule, die Anforderungen an ein XML- Austauschformat, sowie Analyse- und Modifikations-Tools zur Struktur-Optimierung.

WT3.2 Functional Models/Modules Test & Validation

WT3.3 Architecture Allocation and Validation, Performance and Safety

WT3.4 Integration Test & Validation

Die Tasks 3.2, 3.3 und 3.4 behandeln die Test- und Validierungsphasen für die Funktionsarchitektur, die Elektronikarchitektur und die Integration. Es werden die erforderlichen Tools, Prozesse, Prozeduren und Methodiken definiert, um eine hohe Produktqualität hinsichtlich Anforderungserfüllung, Sicherheit, Leistung und Robustheit sicherzustellen.

WT3.5 Automatic Code Generation

Hier werden die Anforderungen an einen automatischen Code-Generator für Applikationen mit verteilten Systemstrukturen untersucht.

WP4: Domain Specific Implementation and Validation

Das Ziel dieses Teilprojekts ist es, die in WP2 erarbeiteten Konzepte unter Verwendung der in WP3 erarbeiteten Methoden an Hand domänenspezifischer Demonstratoren zu validieren. Dabei handelt es sich um Labordemonstratoren, die allerdings, soweit dies im Rahmen dieses Projekts möglich ist, auf Basis seriennaher Steuergeräte aufgebaut werden sollen. Die Erfahrungen aus der Validierung durch die Demonstratoren sollen zur Optimierung der in den anderen Teilprojekten erarbeiteten Lösungen dienen.

Beim Aufbau der Demonstratoren soll gezeigt werden, dass es durch den Einsatz der in EAST-EEA erarbeiteten Konzepte und Methoden möglich ist, die spezifischen Herausforderungen bei der Entwicklung von Software für die einzelnen Fahrzeugdomänen zu meistern.

WT4.1 Body Electronics

Bei der heutigen Elektronikentwicklung werden die Steuergeräte vielfach als Einheit von Hardware und darauf laufender Software, also als „Black Box“, betrachtet. Die in EAST-EEA erarbeiteten Methoden erlauben eine Trennung von Soft- und Hardware, d.h. eine separate Betrachtung aller für die Softwareentwicklung notwendigen Aspekte unabhängig von der zugrunde liegenden Hardware. Durch den Demonstrator sollen die folgenden Vorteile der EAST-EEA-Vorgehensweise gezeigt werden:

- Software-Funktionen und Steuergeräte-Hardware können durch unterschiedliche Zulieferer entwickelt werden.
- Software-Funktionen eines Zulieferers können auf unterschiedliche Steuergeräte anderer Zulieferer verteilt werden.

Die in WP2 spezifizierte Middleware stellt den Funktionen unabhängig von der Verteilung einen Satz von vereinheitlichten Diensten zur Verfügung.

Die in WP3 erarbeitete Entwicklungsmethode erlaubt den Aufbau von Funktionsbibliotheken sowie den Austausch von Softwaremodulen zwischen Fahrzeugherstellern und Zulieferern unter Beachtung des Rechts auf geistiges Eigentum.

WT4.2 Powertrain

Die Implementierung der Middleware- und Communication-Layer aus WP 2 und die Methoden und Tools aus WP3 bilden die Grundlage für die Realisierung einer EAST-SW-Architektur. Die Teilnehmer an der WT4.2 haben sich auf folgende zu untersuchende Antriebsstrangkomponenten geeinigt:

- Verbrennungsmotor
- Starter/Generator
- Automatikgetriebe und/oder automatisiertes Getriebe.

Hauptaufgabe ist die Untersuchung und Validierung der Echtzeitfähigkeit und der Konfigurationsmöglichkeiten der in den vorhergehenden WP's definierten Architekturen, Tools und Kommunikationsmechanismen an ausgewählten Applikationsbeispielen. Die Ergebnisse werden an firmenspezifischen Demonstratoren dargestellt. Zusätzlich besteht die Option Teilergebnisse an einem firmenübergreifenden gemeinsamen Demonstrator zu erproben.

WT4.3 Telematics

Mit Multimedia, Internet, Telekommunikation und Telematikdiensten sind Technologien ins Fahrzeug zu integrieren, die zum größten Teil von IT- und Consumerindustrie getrieben werden und von sehr verschiedenen Lieferanten kommen können. Typischerweise sind deren Produktzyklen deutlich kürzer als diejenigen von Fahrzeugen. Fahrzeuge stellen nur einen kleinen Markt, der jedoch technologisch hohe Anforderungen bei beherrschbaren Kosten stellt.

Die Leistungsfähigkeit der im EAST-EEA Projekt erarbeiteten Architekturkonzepte und Methoden sollen für die Telematik-Domäne durch die Realisierung eines oder mehrerer Szenarios zu Download und Installation von Software ins Fahrzeug untersucht werden. Hierzu stehen verschiedene Szenarien zur Auswahl:

- Szenario Nutzerprofile:
Der Benutzer eines Fahrzeuges wird anhand einer Chipkarte oder eines biometrischen Merkmals erkannt, sein Profil von seinem Home-Server geladen und so stets die vertraute Umgebung eingestellt.
- Szenario Neuer Telematikdienst:
Die Software zu einem bisher nicht im Fahrzeug verfügbarer Telematikdienst wird über eine Funkschnittstelle ins Fahrzeug geladen und automatisch installiert. Den Fahrzeuginsassen steht anschliessend eine neue Funktionalität zur Verfügung.
- Szenario Funktionserweiterung:
Über Mikrowellensensoren kann ein Hindernis um das Fahrzeug detektiert werden. Dies kann sowohl für die Einparkhilfe als auch für Abstandswarnung und Precrash-Meldung verwendet werden. Diese Funktionen werden mit denselben Sensoren ermöglicht. Eine zunächst nur als Einparkhilfe verkaufte Lösung kann durch Softwareupgrade um zusätzliche Funktionen erweitert werden. Eine Anbindung in das Fahrzeug-Netzwerk ist über CAN geplant.

Zu Beginn der Arbeiten in WT4.3 sind diese Szenarien bzgl. ihrer Leistungsfähigkeit zur Validation der Konzepte aus WP2 und WP3 zu analysieren. Eine den verfügbaren Ressourcen und adäquate Auswahl ist zu treffen.

WT4.4 Human Machine Interface

Ein Demonstrator für Human Machine Interface ist in Deutschland nicht geplant. Dieser wird im Gesamtprojekt unter italienischer Führung (Fiat, Magneti Marelli) unter Beteiligung einzelner deutscher Partner realisiert. Damit ist hinsichtlich der Validierung ein Rückfluss ins deutsche Konsortium gewährleistet.

WT4.5 Chassis

Der Validator im Bereich der Fahrwerkselektronik hat zur Aufgabe die Ergebnisse der Arbeitspakete WP2 und WP3 in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen aus diesem Technologiebereich zu validieren. Der Wesentliche nachzuweisende Punkt wird hierbei in einer offenen Systemarchitektur gesehen, in der die Verschiebbarkeit von Funktionsnetzwerken zwischen unterschiedlichen Plattformen (z.B. Steuergeräten) möglich ist. Eine rechtzeitige Bereitstellung von Architekturbeschreibungsmitteln (Sprache und Werkzeugumgebung) sowie einer domänenübergreifenden, einheitlichen Schnittstellenbeschreibung und einer zumindest prototypischen Implementierung der spezifizierten Middleware als Ergebnisse der Arbeitspakete 1, 2 und 3 ist dabei Voraussetzung.

Um den Nachweis der Verschiebbarkeit von Softwarekomponenten zu erbringen, wird der Demonstrator von 3 verschiedenen deutschen Projekt-Partnern realisiert, wobei unterschiedliche Entwicklungsprozesse zum Einsatz kommen: BMW wird eine Überlagerungslenkung (Steer-by-wire), DaimlerChrysler eine fehlertolerante, redundant ausgeführte Pedaleinheit und Siemens VDO eine elektromechanische Bremse (EMB, brake-by-wire) realisieren.

Der Demonstrator wird in der Realisierung als Laboraufbau konzipiert sein und dadurch ausschließlich diesen Anforderungen genügen.

WP5: Project Management

Die technischen Teilprojekte WP1 bis WP4 werden ergänzt durch das WP5. Dieses Teilprojekt beinhaltet die interne und externe Koordination, das Dokumentenmanagement, das Glossar, die Arbeitsqualität, die Ergebnisverwertung sowie die Sammlung offener Punkte.

1.2 Voraussetzungen des Vorhabens

Um die ambitionierten Ziele zu erreichen, ist eine europäische Zusammenarbeit von Kfz-Herstellern, Zulieferern und Forschungseinrichtungen notwendig. Damit wird eine breite Basis für eine eventuell nachfolgende Standardisierung geschaffen.

Aus diesem Grund ging die Initiative zum Projekt auch von einem europäischen Teilnehmerkreis aus. Das deutsche Konsortium ist Teil des ITEA-Projekts „EAST-EEA“, an dem insgesamt 23 Partner aus Deutschland, Frankreich, Italien und Schweden beteiligt sind.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeiten im Vorhaben wurden im Wesentlichen gemäß dem in der Vorhabensbeschreibung vom 10.12.2001 enthaltenen Arbeitsplan durchgeführt. Vor Allem in der Anfangsphase des Projekts gab es zahlreiche Treffen auf Work-Package- und Work-Task-Ebene. Die Ergebnisse wurden in 29 Deliverables dokumentiert.

Zur Steuerung des Projekts wurden die folgenden Gremien installiert:

- **Steering Committee (STC):**
Diesem Steuerkreis gehören alle Projektpartner an. Er tagt zweimal jährlich und stellt die höchste Instanz innerhalb des Projekts dar.
- **Steering Support Committee (STSC):**
Es unterstützt das STC bei der Steuerung des Projekts und tagt vierteljährlich. Ihm gehören von deutscher Seite die Firmen DaimlerChrysler, BMW, Bosch und SiemensVDO an.
- **Externe Projektkoordination:**
Für die Aufgaben des Projektmanagements wurde die Firma Irion Management Consulting (IMC) beauftragt.

Im Rahmen von ITEA wurden insgesamt 3 Projektreviews am 25.09.2002, 22.05.2003 und am 22.06.2004 durchgeführt. Am 21./22.06.2004 fand auf der Flugwerft Schleißheim die Abschlussveranstaltung des Projekts statt.

Daneben war das Projekt EAST-EEA auf den ITEA-Konferenzen 2002 in Amsterdam, 2003 in Leuven und 2004 in Sevilla vertreten.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand

Im Bereich der Kraftfahrzeug-Elektronik gab es zu Beginn der 90er-Jahre die ersten Ansätze zur Standardisierung von Bussystemen, Protokollen und Standard-Software. Im Jahr 1991 kam das erste Fahrzeug mit einem CAN-Bus (Controller Area Network) [1] auf den Markt. Heute wird dieses Bussystem mit Datenraten bis zu 1 MBit/s von fast allen Kraftfahrzeug-Herstellern zur Vernetzung von Antriebsstrang- und Innenraum-Steuergeräten eingesetzt.

Im Bereich der Telematik hat sich der MOST-Bus (Media Oriented Systems Transport) [2] etabliert, ein optisches Bussystem mit Datenraten bis zu 22 MBit/s. Damit können sowohl Audio- als auch Video-Signale digital zwischen Telematik-Geräten (z.B. Headunit, CD-Wechsler, Soundsystem) übertragen werden.

Für sicherheitskritische Systeme im Fahrwerksbereich ergab sich die Notwendigkeit für ein neues deterministisches und fehlertolerantes Bussystem, das einerseits durch eine Zeitsteuerung die Realisierung verteilter Regelungen über den Bus ermöglicht, auf der anderen Seite durch Mechanismen wie Kanalredundanz und Bus-Guardian die Kommunikation auch bei Leitungsfehlern oder fehlerhaften Steuergeräten aufrecht erhält. Hier hat sich FlexRay [3] mit Datenraten bis zu 10 MBit/s zum De-Facto-Standard entwickelt.

Parallel zu der Entwicklung der Bussysteme gab es ab 1990 erste Überlegungen zur Neustrukturierung der Software auf Steuergeräten. Das erste Ziel war dabei, auch auf den im Kfz eingesetzten Microcontrollern mit beschränkten Ressourcen (8 bis maximal 16 Bit, maximal 2kByte RAM) eine Basisfunktionalität zur Verfügung zu stellen, die aus den Teilen Betriebssystem, Kommunikation und Netzmanagement besteht. Im Jahr 1993 wurde u. A. von BMW, Bosch, DaimlerChrysler, Opel und Siemens das

OSEK-Konsortium gegründet, dem ein Jahr später auch die französischen Partner PSA und Renault beitraten. In diesem Rahmen wurde gemeinsam mit anderen Partnern daraus ein heute in der gesamten europäischen Automobilindustrie etablierter Standard geschaffen [4]. Zur Unterstützung zeitgesteuerter Architekturen wurde in 2001 die erste Version eines zeitgesteuerten Betriebssystems (OSEKTime) sowie eines fehlertoleranten Kommunikationsmoduls (OSEK FTCom) vorgestellt.

Interoperability and Portability

Als Folge der sich stark verändernden Randbedingungen (steigende Komplexität, zunehmender Kostendruck, kürzere Entwicklungszeiten, mehr Baureihen, weniger Entwickler) bei der Elektronik-Entwicklung für neue Kraftfahrzeuge ergibt sich die Notwendigkeit, Systeme mehr als in der Vergangenheit baureihenübergreifend wieder zu verwenden. Eine wichtige Voraussetzung für die Wiederverwendung ist eine Strukturierung der Anwendungen in Teilfunktionen, die über standardisierte Kommunikationsprotokolle miteinander kommunizieren.

Diese Portabilität und Interoperabilität soll durch eine so genannte Middleware-Schicht erreicht werden. Dazu existieren unterschiedliche Ansätze, die im Rahmen von EAST-EEA untersucht und harmonisiert werden sollen.

- **TITUS**

Auf OSEK aufbauend wurde von DaimlerChrysler die TITUS Software-Architektur entwickelt, die auf einem Client-Server-Modell basiert und sich für den Entwurf von Steuerungsfunktionen im Kraftfahrzeug eignet [5, 6, 7]. Diese Funktionen können gemäß der TITUS-Methodik in einem Werkzeug entworfen werden und in einem separaten Prozessschritt auf eine, für die jeweilige Fahrzeugbaureihe optimierte Steuergerätetopologie abgebildet werden [8].

- **EEA (Embedded Electronics Architecture)**

Von den französischen Projektpartnern PSA, Renault, Valeo und SiemensVDO (F) existieren ebenfalls der Entwurf einer Middleware für vernetzte Fahrzeugsysteme sowie der Vorschlag für eine Architektur-Beschreibungssprache „Architecture Implementation Language (AIL)“ [9].

- **Multimedia-Middleware**

Aus der Unterhaltungs- und Computerindustrie sind verschiedene Ansätze zur Vereinheitlichung und Abstraktion von Kommunikationssystemen gegenüber den darauf zugreifenden Applikationen bekannt. Beispiele für derartige Architekturen finden sich mit JINI auf der Basis der Programmiersprache JAVA, mit HAVi auf Basis des Kommunikationsstandards IEEE1394 (FireWire) und mit UPnP auf Basis der Metasprache XML.

Im ITEA-Projekt VHE-Middleware wird die Konzeption, Entwicklung und Erprobung einer Software-Infrastruktur, bestehend aus kooperierenden Diensten, für den Heimbereich verfolgt [10]. Dies erfolgt unter besonderer Berücksichtigung der Mobilität des

Benutzers und mobiler Endgeräte (z.B. Handy, Palm, PocketPC, PDA, Notebook, ...).

Weitere für das Projekt relevante Ansätze sollen im Verlauf der Projektarbeit identifiziert und bewertet werden.

Development and Validation Tools

Im Bereich der Entwicklungstools für eingebettete elektronische Systeme existieren heute Werkzeuge, die bestimmte Aspekte des Entwicklungsprozesses wie z.B. Requirements Engineering oder Test abdecken. Zur Realisierung einer durchgängigen Entwicklungstoolkette fehlt insbesondere eine Architekturbeschreibungssprache, die über alle Phasen des Entwicklungsprozesses eine konsistente Datenhaltung sicherstellt und entsprechende Austauschformate zwischen den Tools zu Verfügung stellt.

Auf diesem Gebiet sind einige interessante Ansätze bekannt:

- **Produktlinien-Ansatz**

Eine der Grundlagen für den Produktlinien-Ansatz ist „The Product Line Practice Initiative“ des Software Engineering Institutes (SEI) der Carnegie Mellon Universität (CMU) in den USA [11]. Das SEI hat in [12] eine Reihe von Informationen zum Produktfamilien-Engineering zusammengestellt. Es hat so genannte „Practice Areas“ definiert und beschrieben, die für Produktfamilien wichtig sind. Diese Beschreibungen sind ausführlich, allerdings geben sie nur sehr wenige Verfahren und Methoden an und zählen nur auf, welche Dinge wichtig sind.

- **ITEA-ESAPS**

Das europäische ESAPS-Projekt ist das bisher größte Projekt zum Thema Produktfamilien, und die dort getätigte Arbeit repräsentiert im Wesentlichen den Stand der Technik in diesem Bereich. Dies wurde u.a. auf der First Product Line Conference [13] im August 2000 bestätigt, die einen guten Überblick über den State-of-the-Art in der Produktfamilienentwicklung bot.

- **ITEA-DESS**

Ziel dieses Projektes ist die Definition einer innovativen, komponentenbasierten Software-Entwicklungsmethodik für eingebettete Echtzeitsysteme auf der Basis von UML-Konzepten, die Erstellung unterstützender Werkzeugumgebungen durch die Integration moderner (UML-)Werkzeuge und der Nachweis der Zweckmäßigkeit der Methodik durch die Implementierung mehrerer Testfälle zur Validierung [14]. Unter eingebetteten Systemen werden in diesem Projekt hauptsächlich Systeme verstanden, die aus Microcontrollern mittlerer bis höherer Leistungsfähigkeit (16-32bit) bestehen und deren Anwendung in den meisten Fällen Echtzeit-Charakter hat, also das Einhalten von festen, periodischen Terminen im Bereich von 1-100ms.

- **Projekt SETTA**

Im Rahmen der Definition neuer Architekturen für X-by-wire-Systeme, d. h. sicherheitskritischer Fahrwerkssysteme ohne mechanische Rückfallebene, arbeiteten u. A. die Projektpartner

DaimlerChrysler, SiemensVDO (D) und Renault in einem EU-Projekt namens SETTA [15, 16], welches sich mit dem Entwurfsprozess verteilter, zeitgesteuerter Systeme beschäftigt. Die Arbeiten beschränken sich in dem Projekt im Wesentlichen auf den simulationsbasierten Entwurf. Mit Hilfe von EAST-EEA sollen offene Punkte, wie z.B. das Austauschformat von Designinformationen und die Integration der Modelle in reale Hardware geschlossen werden.

Über diese Aktivitäten in konkreten Forschungsprojekten hinaus gibt es zahlreiche Initiativen zur Integration von unterschiedlichen Entwicklungstools zu einer durchgängigen Toolkette.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Soweit es zur Informationsgewinnung bezüglich der oben genannten Projekte und Initiativen über deren Publikationen hinaus notwendig war, wurden Gespräche mit deren Vertretern geführt.

Eine darüber hinausgehende Zusammenarbeit mit anderen Stellen fand nicht statt.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Erzieltes Ergebnis

In diesem Abschnitt werden die erzielten Ergebnisse näher erläutert.

WT 1.4 Verfahren zum Umgang mit geistigen Eigentumsrechten und zukünftige Geschäftsmodelle

In der Automobilindustrie ist zunehmend die Tendenz zu beobachten, Software als eigenständiges Wirtschaftsgut zu betrachten, wie dies in vielen anderen Branchen bereits üblich ist. Mit diesem Trend geht ein Aufbrechen der traditionell bilateralen Geschäftsbeziehungen zwischen den Automobilherstellern und deren Zulieferern einher, und an deren Stelle treten vielfach Dreiecksbeziehungen zwischen Autoherstellern, Systemlieferanten und Softwareherstellern.

Im Arbeitspaket WT 1.4 wurden verschiedene Möglichkeiten der Vertragsgestaltung zwischen Automobilherstellern, Systemlieferanten und Softwareherstellern vor dem Hintergrund dieses sich ändernden Marktumfelds untersucht.

In diesem Zusammenhang wurden zwei verschiedene Geschäftsmodelle und deren vertraglicher Auswirkungen untersucht. Ein Rahmenvertrag zwischen Autohersteller und Softwarelieferant, kombiniert mit Einzellizenzverträgen zwischen Softwarelieferanten und Zulieferern, wurde mit dem Modell eines General-Lizenzvertrags verglichen. In letzterem Fall tritt der Automobilhersteller als Lizenznehmer des Softwarelieferanten auf und übernimmt auch die Weiterlizenzierung der Software an die Zulieferer. Haftungsregelungen, der Schutz von geistigem Eigentum (Intellectual Property) sowie das Thema der Abnahme und Freigabe der Software bilden wesentliche Vertragsbestandteile, und wurden daher ebenso untersucht.

Darauf aufbauend wurden vom Projektpartner ETAS Fragebögen abgefragt und konsolidiert. Das Ergebnis wurde anhand eines Artikels auf der Konferenz "Elektronik im Automobil" in Baden-Baden präsentiert.

Die nachfolgende Tabelle stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse dar.

AP	Ergebnisse
WT1.4	<ul style="list-style-type: none"> Abfrage und Konsolidierung von Fragebögen (Questionnaires) bzgl. zukünftiger Geschäftsmodelle für Automotive Software Veröffentlichung und Präsentation eines Beitrags auf der Konferenz „Elektronik im Automobil“

WT 4.1 Body Electronics

Die Schwerpunkt der Mitarbeit der AUDI AG lag im Arbeitspaket 4.1. Hierbei wurde ein Validator aufgebaut, um nachzuweisen, dass die

Anforderungen wie in Abschnitt 1.1 bereits beschrieben erfüllt werden:

- Software-Funktionen und Steuergeräte-Hardware können durch unterschiedliche Zulieferer entwickelt werden.
- Software-Funktionen eines Zulieferers können auf unterschiedliche Steuergeräte anderer Zulieferer verteilt werden.

Nachdem diese Anforderungen definiert waren, wurden zunächst Entwurfswerkzeuge evaluiert. Dabei wurde in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern, die Serienprojekte betreuen, zwei Werkzeuge entlang des Audi-Entwicklungsprozesses getestet. Die Kriterien waren neben den obigen Anforderungen:

- Übereinstimmungsgrad mit der EAST-Middleware
- Möglichst lückenlose Werkzeugkette über den gesamten Entwicklungsprozess
- Netzwerkanbindung von Übernahmeteilen (Hardware) aus früheren Fahrzeugen möglich
- Unterstützung von Standard-Software-Komponenten des Volkswagen-Konzerns
- Unterstützung von im Haus eingesetzten Standard-Modellierungswerkzeugen

Innerhalb des Arbeitspakets wurde zusammen mit Evaluierungsergebnissen von anderen Projektpartnern das Tool gewählt, welches die genannten Anforderungen am besten erfüllte.

Der nächste Schritt war das Aufsetzen der kompletten Entwicklungsumgebung. Dazu wurde ein Entwicklungsboard beschafft und in Betrieb genommen sowie das Zusammenspiel mit dem Entwurfswerkzeug getestet.

In Absprache mit den anderen Projektpartnern wurde festgelegt, dass Audi Modelle der Funktionen Blinken und Außenlicht zum Validator beisteuert.

In den Dokumenten Architectural Specification, Functional Specification und Interface Specification wurden detailliert die Anforderungen an die Funktionen beschrieben. Auch hierbei erfolgte die Zusammenarbeit mit Serienabteilungen, um die Funktionen so realitätsnah wie möglich zu gestalten.

Nun wurden die funktionalen Anforderungen in ein Modell umgesetzt. Diese wurden neben den Modellen der anderen Partner in den gemeinsamen WT 4.1-Validator integriert.

Parallel wurde bei Audi ein weiterer Brettaufbau aufgebaut. Dieser diente dazu, die Nutzbarkeit der erstellten Modelle sowohl im Zusammenspiel mit Audi-Seriensteuergeräten als auch mit DC-Steuergeräten (Validator) nachzuweisen, was erfolgreich geschehen ist. Die beiden Brettaufbauten wurden auf der Abschlußpräsentation in Schleißheim präsentiert.

Im Audi-Brettaufbau wurden neben den beiden Funktionen Außenlicht und Blinken zudem weitere Funktionen modelliert und integriert:

- Elektrischer Außenspiegel
- Fensterheber Fahrer- und Beifahrer
- Zentralverriegelung
- Wischwinkelsteuerung

Während der Projektlaufzeit konnten weitreichende neue Erkenntnisse im Bezug auf den Entwicklungsprozess sowie Wiederverwendbarkeit von Software gewonnen werden. Dies mündete in zwei Veröffentlichungen, welche in Abschnitt 2.3. referenziert sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst:

AP	Ergebnisse
WT4.1	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluierung von Entwurfswerkzeugen für den Validator • Aufsetzen der Entwicklungsumgebung für den Validator • Body Validator Architectural Specification Document • Body Validator Functional Specification Document • Body Validator Interface Specification Document • Modelle von Funktionen im Bereich der Komfotelektronik • Veröffentlichung und Präsentation eines (weiteren) Beitrags auf der Konferenz „Elektronik im Automobil“ in Baden-Baden • Fertigstellung eines internen Evaluierungs-Brettaufbaus • Darstellung der integrierten Gesamtfunktionen aller Teilnehmer am Arbeitspaket auf einem Prototyp-Steuergerät auf dem Projektvalidator • Erstellung eines internen Abschlussberichts • Präsentation der Validatoren auf dem EAST-Abschluss-Workshop in Schleißheim • Veröffentlichung und Präsentation eines Beitrags auf der „Fourth ACM International Conference on Embedded Software“ in Pisa

2.2 Voraussichtlicher Nutzen

Die Fahrzeuge der AUDI AG besitzen eine zunehmende Anzahl an vernetzten Steuergeräten. Dem entsprechend großes Interesse hat Audi an Lösungen zur effizienteren Entwicklung dieser eingebetteten Elektroniksysteme. Audi erwartet sich in der Folge des Projekts EAST und anderer Aktivitäten einen Harmonisierungsschub in der derzeit vielfältigen Tool-Landschaft, und damit einer Vereinheitlichung der Modellierungsmethoden. Diese Harmonisierung ist dringend geboten und würde die Zusammenarbeit in der Automobil- und Zulieferindustrie erheblich erleichtern. Konkret erwarten wir:

- Optimierung der Bordnetzarchitektur durch Portierbarkeit von Funktionen
- Kostensenkungspotential durch Wiederverwendbarkeit von Funktionen
- Öffnung des Automobilzuliefermarkts für Drittanbieter von Software-Modulen

Die zuständigen Serienentwicklungsbereiche waren direkt in die Projektabwicklung eingebunden, so dass ein direkter Transfer der Projektergebnisse in die Serienentwicklung gewährleistet war. Es waren überdies einzelne Zulieferer in das Projekt eingebunden, um deren Einbindung in einer frühen Entwicklungsphase zu erreichen.

Die Betrachtung von Software als eigenständiges Wirtschaftsgut wird sich innerhalb der nächsten 10 Jahre auch in der Automobilindustrie durchsetzen, und effizientere Strukturen durch eine Neuordnung des Marktes schaffen. Softwareentwicklung ist daher eine Schlüsseltechnologie für die Automobilindustrie, und die Beherrschung derselben ist eine Überlebensfrage sowohl für Automobilhersteller als auch für Zulieferer.

Durch die bereits erwähnte Einbindung der entsprechenden Serienentwicklungsbereiche ist im Hause Audi die wirtschaftliche Verwertbarkeit der Ergebnisse unmittelbar gegeben.

2.3 Fortschritt auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

2.3 Erfolge und geplante Veröffentlichungen

Hardung B., Kölzow T., Krüger A.: **Reuse of Software in Distributed Embedded Automotive Systems**. In: *Fourth ACM International Conference on Embedded Software (EMSOFT 2004)*, PISA, Italy, September 27-29, 2004.

Krüger, A., Wagner, G., Ehmke, N., Prokop, S.: **Wirtschaftliche Betrachtungen und mögliche Geschäftsmodelle für Standard-Software / Economic Considerations and Business Models for Automotive Standard Software Components**. In: *Electronic*

Systems for Vehicles, Baden-Baden, Germany, VDI Berichte 1789, September 2003.

Hardung B.; Wohlgemuth F.; Wernicke M.; Krüger A.; Wagner G.: **Development process for networked electronic systems**. In: *Electronic Systems for Vehicles*, Baden-Baden, Germany, VDI Berichte 1789, September 2003.

Literaturverzeichnis

- [1] CAN-Bus Spezifikation,
URL: <http://www.can.bosch.com/docu/can2spec.pdf>
- [2] MOST Cooperation, URL: <http://www.mostnet.de>
- [3] FlexRay Consortium, URL: <http://www.flexray.com>
- [4] OSEK/VDX-Konsortium, *Spezifikation eines Betriebssystems, eines Netzwerkmanagements und einer Kommunikationsschicht*, URL:<http://www.osek-vdx.org>, 2001.
- [5] J. Eisenmann, M. Köhn, P. Lanchès, A. Müller. *Entwurf und Implementierung von Fahrzeugsteuerungsfunktionen auf Basis der Client/Server-Architektur*, VDI-Tagung „System-Engineering in der KFZ-Entwicklung“, 1997.
- [6] P. Lanchès, J. Eisenmann, M. Köhn, J. Holland. *Client/Server Architecture - Managing New Technologies for Automotive Embedded Systems*, Convergence, 1998.
- [7] A. Müller. *Client/Server-Architektur für Steuerungsfunktionen im KFZ*, it+ti – Informationstechnik und Technische Informatik, 1999.
- [8] A. Müller. *Entwurfsmethodik und automatisierte Verteilung für Steuerungssoftware in einem verteilten Rechnersystem in der Automobilelektronik*. Dissertation Universität Tübingen, 1999.
- [9] S. Boutin, *Architecture Implementation Language (AIL)*, 1er Forum AEE, Guyancourt, März 2000,
URL: http://aee.inria.fr/forum/14032000/SB_Renault.pdf
- [10] ITEA-Projekt VHE-Middleware,
URL: <http://www.c-lab.de/vhe-middleware/>
- [11] Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute,
URL: <http://www.sei.cmu.edu/plp/>
- [12] P. Clements, L. Northrop: “*A Framework for Software Product Line Practice*”, SEI Report, July 1999,
URL: <http://www.sei.cmu.edu/plp/frameworkv2.7.pdf>
- [13] P. Donohoe, ed.: “*Software Product Lines; Experience and Research Directions*”, Proc. of the First Software Product Line Conference (SPLC 1), Denver, Aug. 2000, Kluwer Academic Press, 2000
- [14] ITEA-Projekt Dess, URL: <http://www.dess-itea.org/>
- [15] C. Scheidler, et. Al., *Systems Engineering of Time-Triggered Architectures – The SETTA Approach*, DCCS 2000: 16th IFAC

Workshop on Distributed Computer Control Systems, Sydney, Australia, 29th November – 1st December, 2000.

- [16] J. Ruh, U. Virnich, Hugo G. Chalé-Góngora, *The SETTA automotive demonstrator - A design approach on the perspective of the automotive industry, ECEC2001, 8th European Concurrent Engineering Conference, Valencia, Spain 18-20 April, 2001.*

Anlage 1: Erfolgskontrollbericht

Siehe separates Dokument

Anlage 2: Kurzfassung

Siehe separates Dokument