



Vorlesung „Embedded Software-Engineering im Bereich Automotive“

Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik,
Professur Softwaretechnologie

Sommersemester 2010

Dr. rer. nat. Bernhard Hohlfeld

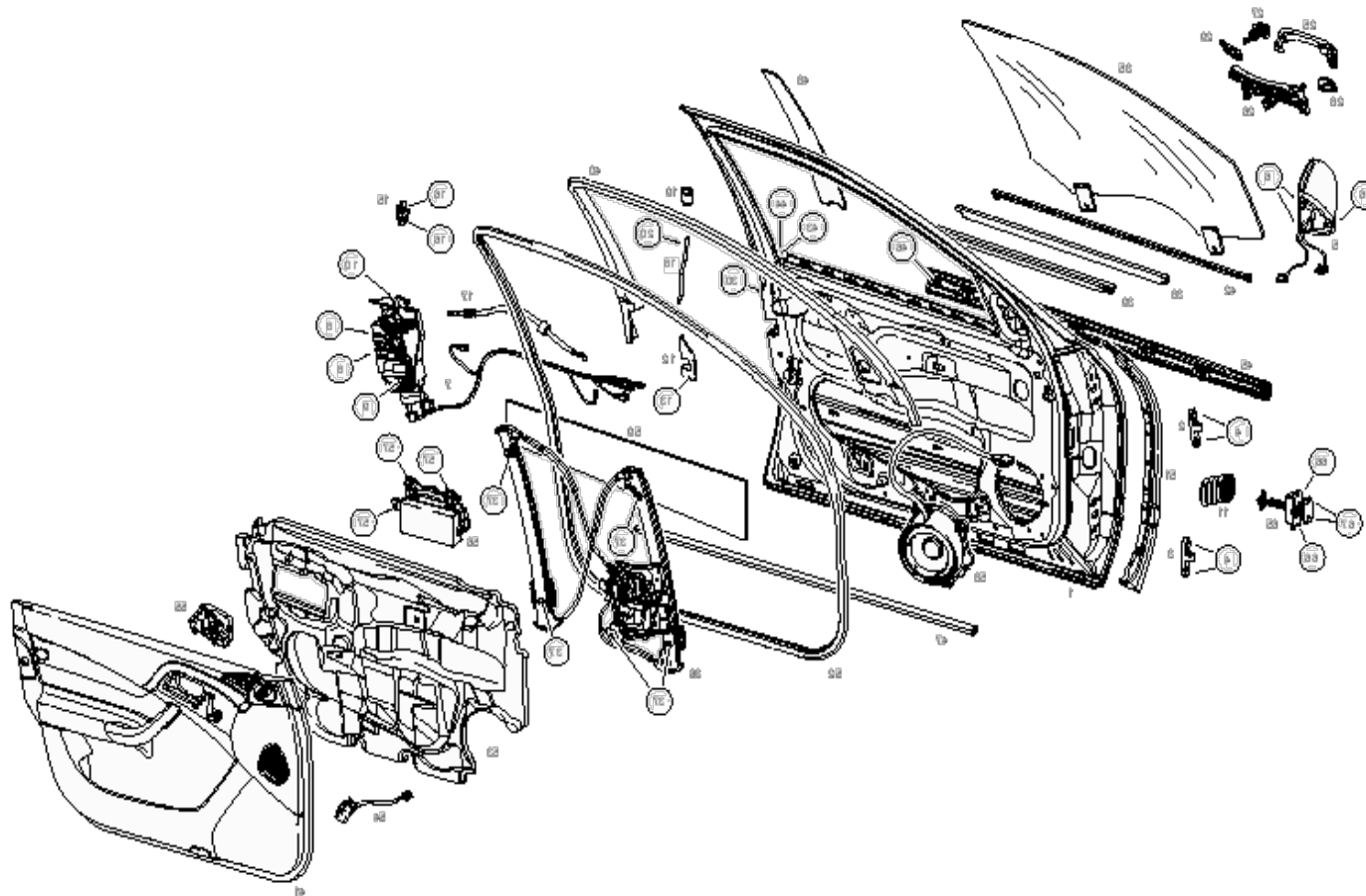
bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de

1. Motivation und Überblick
2. Grundlagen Fahrzeugentwicklung, KFZ-Elektronik und Software
3. Übersicht Automotive Elektrik/Elektronik-Entwicklung (E/E)
4. Kernprozess zur Entwicklung von elektronischen Systemen und Software
5. Unterstützungsprozesse für die Embedded Software Entwicklung
- 6. Beispiele aus der Praxis**
- 7. Wichtige Normen/Standards/Empfehlungen für die Embedded Software Entwicklung**



1. AUTOSAR

Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern: Beispiel Türsteuerung



Türsteuerung: Standard bis ca. 1990



- Funktion “Tür entriegeln”
 - Von aussen über Schlüssel
 - Von innen über Hebel
- Funktion “Tür verriegeln”
 - Von aussen über Schlüssel
 - Von innen über Knopf
- Komfortfunktion
 - Einzeltür / Zentral für alle Türen
 - Kindersicherung
- Realisierung der Funktionen über Mechanik
- Kein SW-Anteil

Baugruppenverantwortlicher Türe (bis ca. 1990)



- **Ansprechpartner**
 - Baugruppenverantwortlicher Karosserie
- **Zulieferer**
 - Schliesssystem
 - Scheiben
 - Fensterheber
 - Aussenspiegel
- **Schnittstellen**
 - Mechanik
- **Vorgaben**
 - Funktionalität
 - Qualität
 - Zeitziel
 - Kostenziel
 - Gewichtsziel
 - Bauraum

Türsteuerung: Standard heute (Mittelklasse)

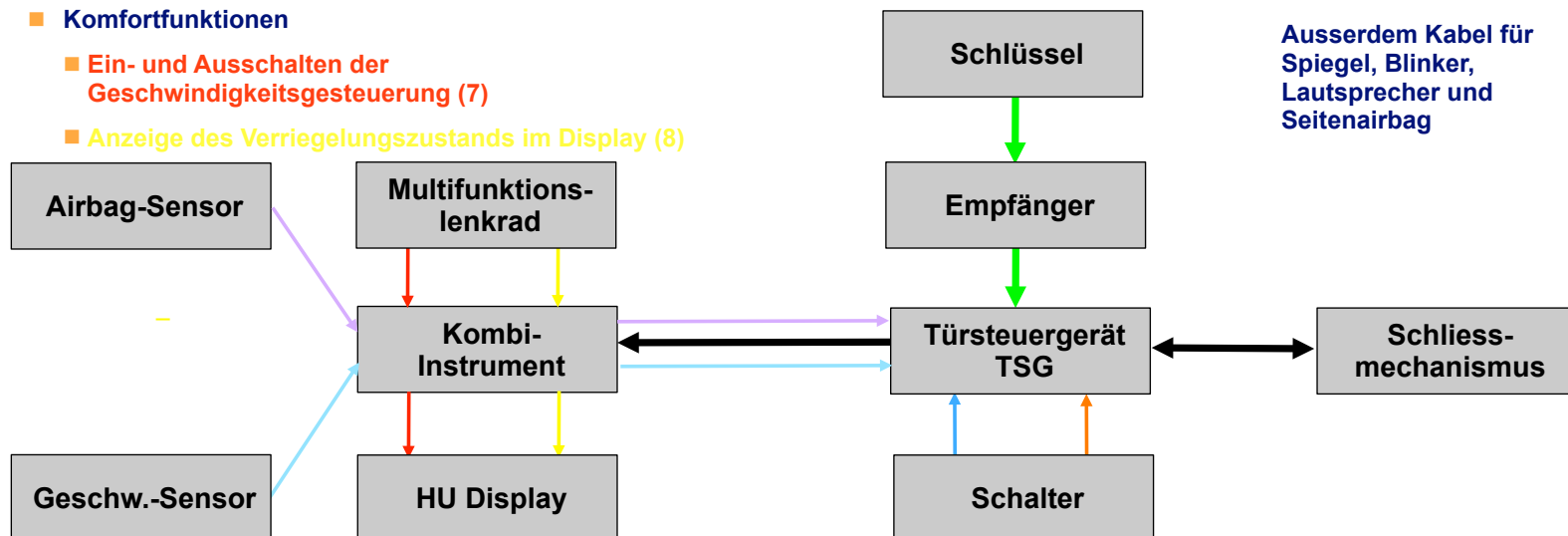


- Funktion "Tür entriegeln"
 - Von aussen über Schlüssel (Mechanik)
 - Von aussen über Funkschlüssel (Mechatronik mit SW-Anteil) (1)
 - Von innen über Hebel (Mechanik)
 - Von innen über Schalter an Türe oder in Mittelkonsole (Mechatronik mit SW-Anteil) (2)
 - Von innen über Airbagsensor (Mechatronik mit SW-Anteil) (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
 - Von aussen über Schlüssel (Mechanik)
 - Von aussen über Funkschlüssel (Mechatronik mit SW-Anteil) (1)
 - Von innen über Schalter an Türe oder in Mittelkonsole (Mechatronik mit SW-Anteil) (4)
 - Von innen über Knopf (Mechanik)
 - Von innen zeitgesteuert (Mechatronik mit SW-Anteil) (5)
 - Von innen geschwindigkeitsgesteuert (Mechatronik mit SW-Anteil) (6)
- Komfortfunktionen
 - Einzeltür / Zentral für alle Türen
 - Kindersicherung
- Ein- und Ausschalten der Geschwindigkeitssteuerung (SW) (7)
- Anzeige des Verriegelungszustands im Display (SW) (8)
- Einklemmschutz (Fenster) (Mechatronik mit SW-Anteil)
- Realisierung der zusätzlichen Funktionen über Mechatronik mit SW-Anteil
- Technisch machbar und zumindest prototypisch realisiert
 - Öffnen und schliessen der Tür (bei Heckklappe in der Oberklasse Standard)
 - Entriegeln, verriegeln und abfragen des Verriegelungszustands über
 - GSM / SMS
 - Internet und GSM, UMTS, WLAN, ...
 - Jeweils ereignis, zeit- oder ortsgesteuert
- Aussenspiegel verstellbar und heizbar, Blinker integriert
- Seitenairbag, Lautsprecher

Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



- Funktion "Tür entriegeln"
 - Von aussen über Funkschlüssel (1)
 - Von innen über Schalter (2)
 - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
 - Von aussen über Funkschlüssel (1)
 - Von innen über Schalter (4)
 - Von innen zeitgesteuert (5)
 - Von innen geschwindigkeitsgesteuert (6)
- Komfortfunktionen
 - Ein- und Ausschalten der Geschwindigkeitssteuerung (7)
 - Anzeige des Verriegelungszustands im Display (8)



Türsteuergerät (TSG)



- Steuert (auch) die Türe
 - Verriegeln
 - Entriegeln
- Steuert daneben meistens
 - Fensterheber
 - Einklemmschutz
 - Aussenspiegel
- In manchen Modellen: Ansteuerung von
 - Sitzverstellung
 - Sitzheizung
- Eigentlich „Steuergerät in der Türe“ (zur Zeit meistens)

Baugruppenverantwortlicher Türe



■ Ansprechpartner

- Baugruppenverantwortlicher Karosserie
- Baugruppenverantwortlicher Sitze
- Baugruppenverantwortlicher Kombi-Instrument
- Baugruppenverantwortlicher Blinker
- Baugruppenverantwortlicher Mittelkonsole
- Baugruppenverantwortlicher Soundsystem
- Baugruppenverantwortlicher Seitenairbag
- Verantwortlicher Passive Sicherheit
- Verantwortlicher EMV
- Verantwortlicher Verkabelung
- Verantwortlicher Vernetzung
- Verantwortlicher Telematik

■ Zulieferer

- Schliesssystem
- Scheiben
- Fensterheber
- Aussenspiegel
- Türsteuergerät
- Schalter

■ Schnittstellen

- Mechanik
- Energie
- Information



Fraunhofer Institut
Experimentelles
Software Engineering



Das Türsteuergerät – eine Beispielspezifikation



Autoren:
Frank Houdek (DaimlerChrysler)
Barbara Paech (Fh IESE)

Unterstützt durch das BMBF unter
dem Förderkennzeichen VFG0004A
("QUASAR")

IESE-Report Nr. 002.02/D
Version 1.0
31. Januar, 2002

Eine Publikation des Fraunhofer IESE

Das Türsteuergerät – eine Beispielspezifikation



Dieser Bericht enthält die Beschreibung eines fiktiven Türsteuergerätes. Die Beschreibung lehnt sich hinsichtlich Systemkomplexität und Beschreibungstiefe an reale Spezifikationen aus dem Hause DaimlerChrysler an, ohne aber tatsächlich ein real existierendes System abzubilden.

Die Beschreibung wurde von Frank Houdek erstellt. Sie dient als Fallbeispiel für das Projekt QUASAR, das von Barbara Paech geleitet wird. Die Veröffentlichung als QUASAR-Bericht soll es ermöglichen, diese Beispielspezifikation einem breiteren Personenkreis zugänglich zu machen.

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-10473.html>

Inhaltsverzeichnis



0 Überblick	5
0.1 Aufbau des Dokuments	5
0.2 Hinweise zur Notation	5
1 Allgemeines	6
1.1 Absatzmarkt	6
1.2 Entwicklungsablauf	6
1.3 Dokumentation	6
1.4 Mitgeltende Unterlagen	7
1.5 Produktion	7
2 Überblick	8
2.1 Kurzbeschreibung der Komponente	8
2.2 Periphere Komponenten	8
2.3 Sitzeinstellung	8
2.4 Benutzermanagement	9
2.5 Türschloß	10
2.6 Fensterheber	10
2.7 Innenraumbelichtung	10
2.8 Außenspiegeleinstellung	10
3 Komponentenbeschreibung	11
3.1 Position im Fahrzeug	11
3.2 Schnittstellen	11
3.2.1 Stecker S1: Türelemente	11
3.2.2 Stecker S2: Externe Elemente	15
3.2.3 Stecker S3: Energie und Kommunikation	20
3.3 Elektrische Spezifikation	21
3.4 Gehäuse	21
3.5 Speicher	21
4 CAN-Kommunikation	22
5 Konfigurierbarkeit	26



6 Funktionen	27
6.1 Aktivieren und Deaktivieren des TSG	27
6.2 Allgemeines Verhalten	28
6.3 Sitzeinstellung	31
6.4 Benutzermanagement	33
6.5 Türschloß	35
6.6 Fensterheber	38
6.7 Innenraumbeleuchtung	42
6.8 Außenspiegeleinstellung	44
6.9 Diagnose	46
6.10 Fehlerspeicher und -codes	47
7 Physikalische Spezifikation	48
7.1 Einsatzprofil	48
7.2 Elektromagnetische Verträglichkeit	48
7.3 Physikalische Eigenschaften	48
7.4 Lagerfähigkeit	48
8 Glossar	49

Abbildungsverzeichnis

1 Schematische Darstellung des TSG mit seinen peripheren Komponenten.	9
2 Position des TSG im Fahrzeug.	11
3 Schematische Darstellung der Anordnung der Bedienelemente.	12
4 Steckerbild S1.	12
5 Anschlußcharakteristik Fensterhebertaster.	14
6 Anschlußcharakteristik Benutzermanagement-Taster.	14
7 Anschlußcharakteristik Schloßnußschalter.	15
8 Steckerbild S2.	15
9 Anschlußcharakteristik Sitztaster.	18
10 Anschlußcharakteristik Spiegeltaster.	18
11 Steckerbild S3.	20
12 Position der Befestigungspunkte.	21
13 Kennfeld der Außenspiegel.	45
14 Spiegelbewegung.	49

1.3 Dokumentation

Als Nachweis für die Einhaltung der Spezifikationsvorgaben sind nachfolgend genannte Dokumentationen dem Auftraggeber vorzulegen.

Werden keine anderen Vereinbarungen getroffen, sind alle Dokumente als PDF-Dateien abzuliefern.

Hardwaredokumentation

- Konstruktionszeichnung
- Schaltplan
- Bestückungsplan
- Teileliste
- FMEA
- Ergebnisse EMV-Messungen
- Steckerbelegungen

Softwaredokumentation

- Programmlistings
- Flashbare Binärfiles
- Dokumentation der verwendeten Softwarewerkzeuge (Version, Patches, etc.)
- Ablaufplan der Software
- Modulbeschreibung
- Softwarearchitektur
- Interruptstruktur
- Variablenbeschreibung mit Normierung und Wertebereich
- QS-Plan
- Nachweis der durchgeführten Prüfaktivitäten (Inspektions- und Testprotokolle)
- Anleitung zum Flashen eines neuen Softwarestandes (insbesondere in Hinblick auf die Realisierung der Integritätskontrolle, siehe Abschnitt 6.1)

Kurzbeschreibung



Die in diesem Lastenheft beschriebene Komponente wird als *Türsteuergerät* bezeichnet (kurz: *TSG*).

Das TSG übernimmt folgende Funktionen im Fahrzeug:

- *Sitzeinstellung*
Verstellen des Lehnenwinkels, der horizontalen Sitzposition, der Höhe des vorderen Sitzbereichs, der Höhe des hinteren Sitzbereichs und der Schalung des Sitzes.
- *Benutzermanagement*
Benutzerspezifisches Abspeichern von Sitz- und Außenspiegelposition.
- *Türschloß*
Auf- und Zuschließen des Fahrzeugs über Schlüssel, Funksender oder CAN.
- *Fensterheber*
Heben und Senken der Fensterscheiben des Fahrzeugs unter Beachtung einer etwaigen Kindersicherung.
- *Innenraumbeleuchtung*
Beleuchtung des Fahrzeuginneren als Hilfe beim Ein- und Aussteigen.
- *Außenspiegeleinstellung*
Verstellen der Außenspiegel entlang einer horizontalen und einer vertikalen Achse.

Schematische Darstellung

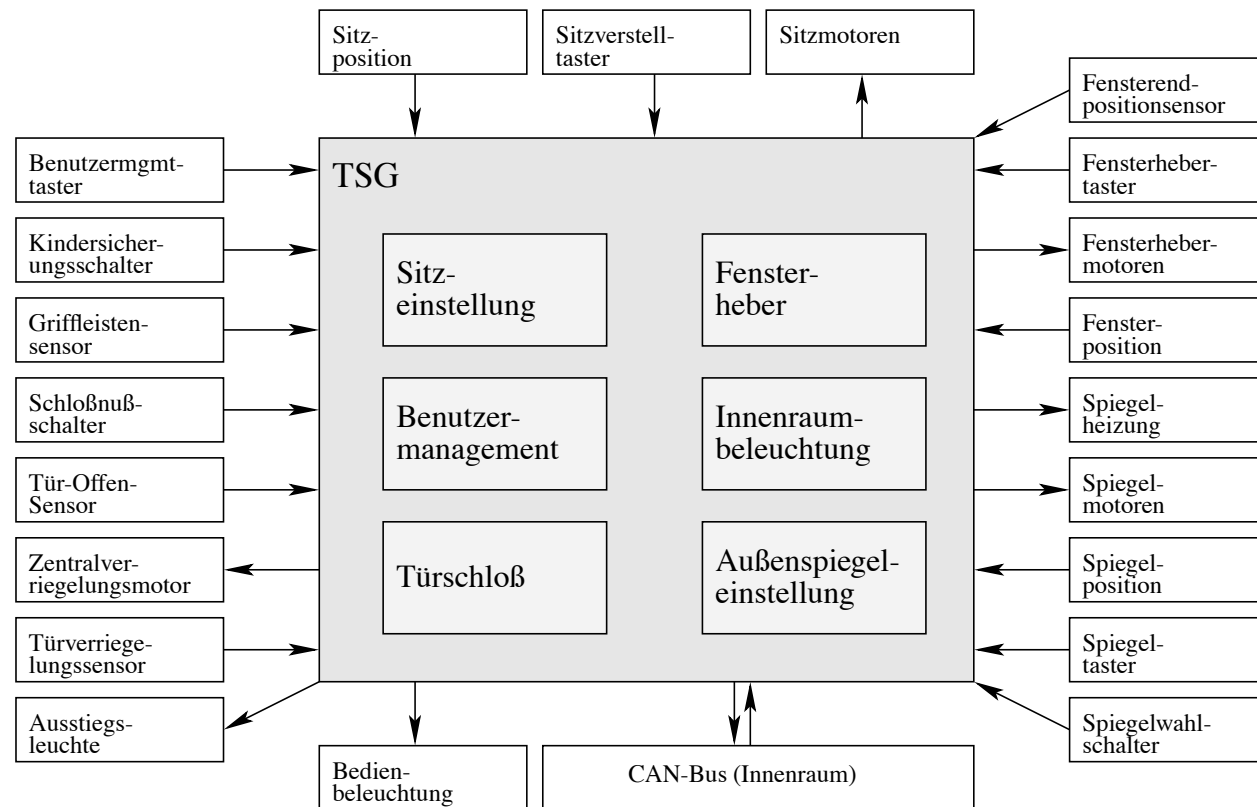


Abbildung 1: Schematische Darstellung des TSG mit seinen peripheren Komponenten.

Funktion Innenraumbeleuchtung (1)



Eingänge

- Konfiguration des TSG
CAN.LL, CAN.RL, CONFIG.TSG_LEFT
- Fahrzeugtyp
CAN.FCODE_T0, CAN.FCODE_T1
- Zustand Zündung CAN.KL_15
- Batteriespannung CAN.BATT
- Zustand der Fahrzeurtüren
S1.T_OFFEN, S2.FT_OFFEN, CAN.F_T_OFFEN, falls Beifahrer-TSG

Ausgänge

- Zustand Innenlicht CAN.I_LICHT
- Zustand der Fahrzeurtüren
CAN.DOOR_STATE, falls Beifahrer-TSG
- Zustand der dem TSG zugeordneten Fahrzeurtüren
CAN.F_T_OFFEN, falls Fahrer-TSG

Funktion Innenraumbeleuchtung (2)



Verhalten

Fahrer-TSG: Das Fahrer-TSG übermittelt laufend den Status der Fahrertür und der Fondtür auf der Fahrerseite über die CAN-Botschaft F_T_OFFEN (siehe auch Abschnitt 6.2).

Beifahrer-TSG: Das Beifahrer-TSG empfängt laufend den Türstatus vom Fahrer-TSG, ergänzt diesen um den Status Türen auf der Beifahrerseite und sendet den kombinierten Türstatus über die CAN-Botschaft DOOR_STATE (siehe auch Abschnitt 6.2).

Liegt ein Timeout der Botschaft F_T_OFFEN vor, so nimmt das Beifahrer-TSG an, daß die Türen auf der Fahrerseite geschlossen sind.

Innenraumbeleuchtung: Das Beifahrer-TSG ermittelt, ob — gemäß dem Zustand der Fahrzeigtüren — die Innenraumbeleuchtung brennen sollte und übermittelt diesen Zustand laufend über die CAN-Botschaft I_LLICHT. Dabei sind nachfolgende Regeln zu beachten.

- Die Innenraumbeleuchtung leuchtet solange eine der Fahrzeigtüren offen ist, aber nur maximal 10 min. nachdem eine Tür geöffnet wurde (das Schließen und Öffnen der Tür setzt dieses Zeitintervall zurück)
- Die Innenraumbeleuchtung leuchtet für 30 sec. nachdem alle Türen geschlossen wurden.
- Die Innenraumbeleuchtung endet, sobald die Zündung KL_15 aktiviert wird.

Hinweis: Die eigentliche Ansteuerung der Innenbeleuchtung, die Überwachung der Batteriespannung sowie die Dimmung wird vom Deckensteuergerät übernommen.

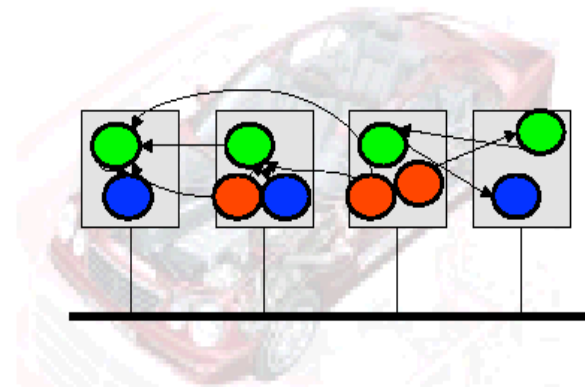
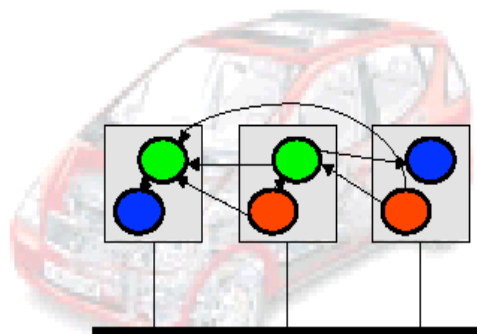
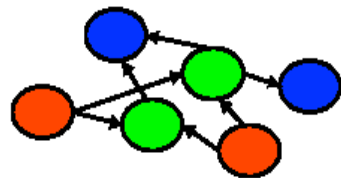
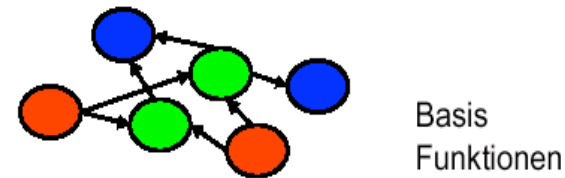
Ansteuerung der Ausstiegsleuchten: Für jede Fahrzeigtür überwacht das jeweils zuständige TSG, ob die Tür offen ist und steuert gemäß folgender Regel die jeweilige Ausstiegsleuchte an:

- Die Ausstiegsleuchte einer Tür leuchtet, solange die Tür offen ist.
- Die Ansteuerung der Ausstiegsleuchten endet sobald die Batteriespannung BATT unter den Grenzwert von 10 V fällt. Sobald die Batteriespannung wieder über 10.5 V ist, wird die Ansteuerung der Ausstiegsleuchten wieder aufgenommen.

Software Architekturen Voraussetzung für Software Wiederverwendung



Wiederverwendung der Entwürfe
Wiederverwendung Validation and Verification
Wiederverwendung Software
Maximale Nutzung Hardware

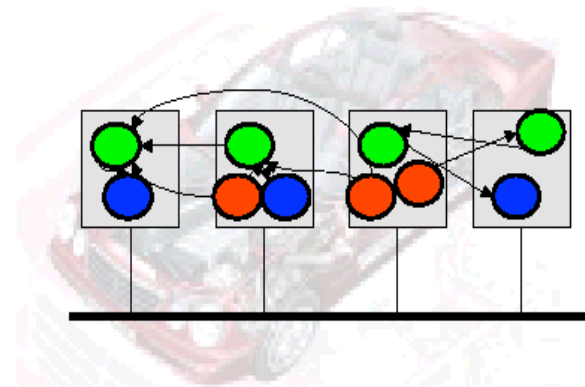
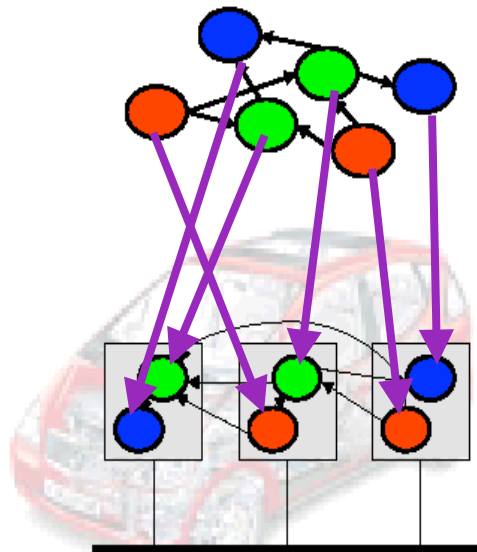
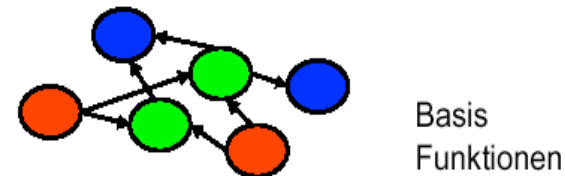


Software Architekturen

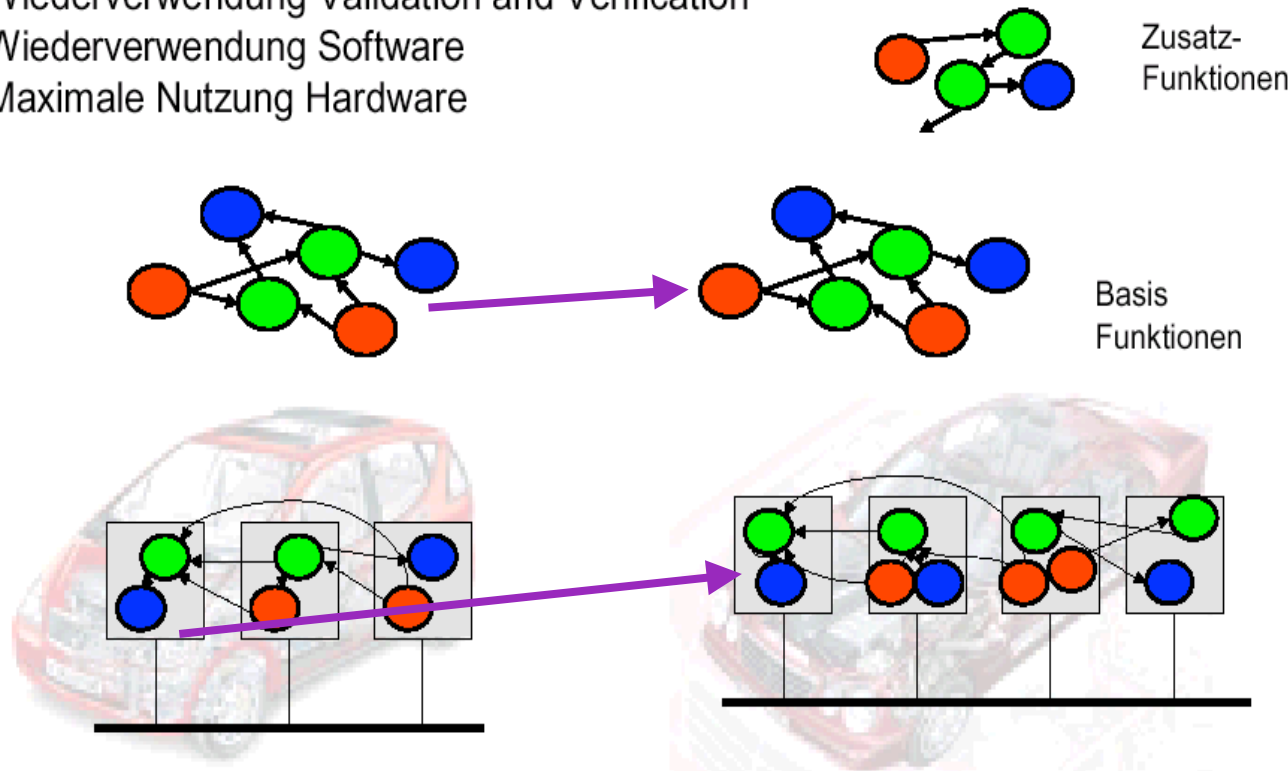
Verteilung der Funktionen auf Steuergeräte



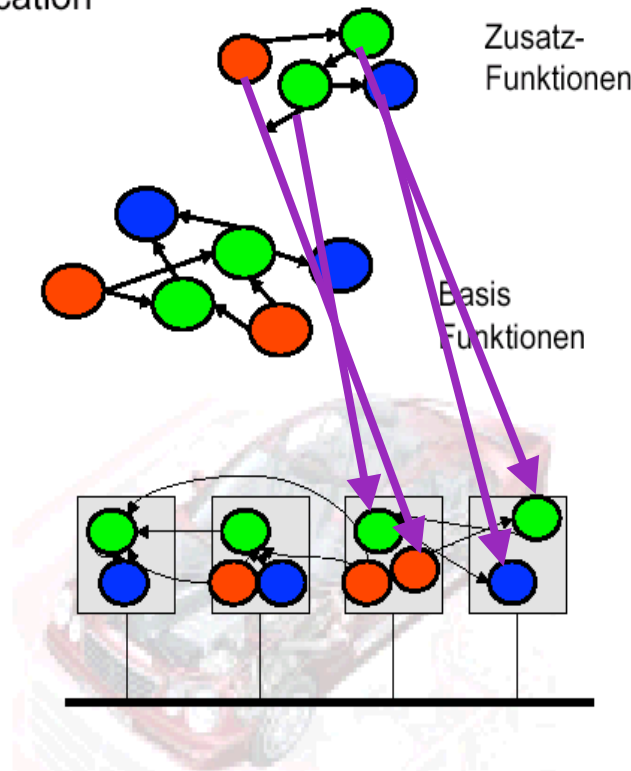
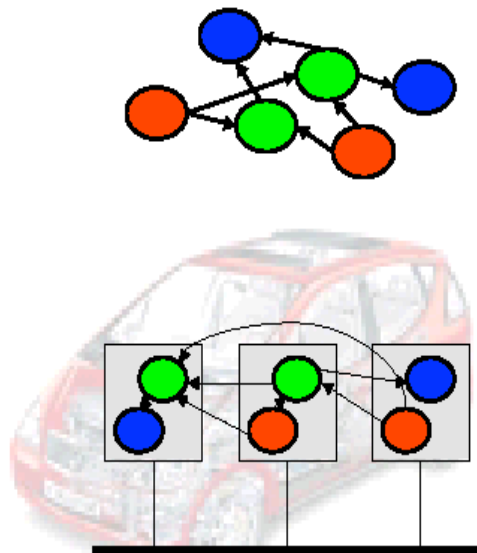
Wiederverwendung der Entwürfe
Wiederverwendung Validation and Verification
Wiederverwendung Software
Maximale Nutzung Hardware



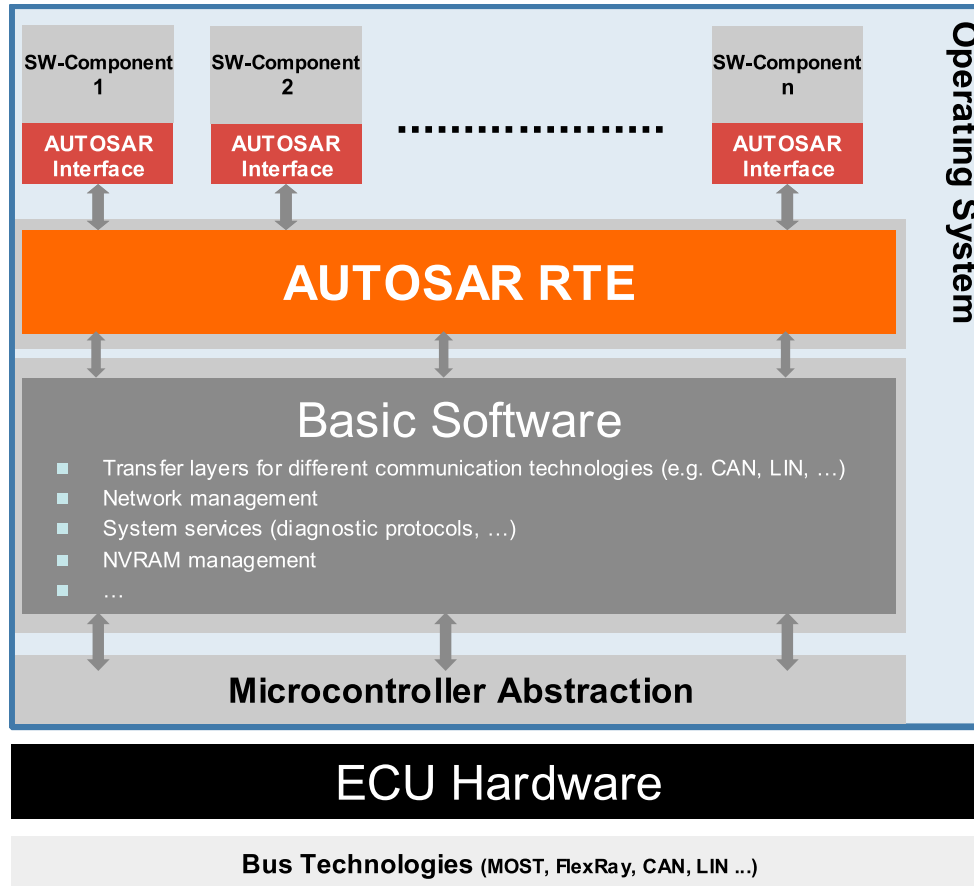
Wiederververwendung der Entwürfe
Wiederververwendung Validation and Verification
Wiederververwendung Software
Maximale Nutzung Hardware



Wiederverwendung der Entwürfe
Wiederverwendung Validation and Verification
Wiederverwendung Software
Maximale Nutzung Hardware



AUTOSAR Komponenten



Automotive Open System Architecture:

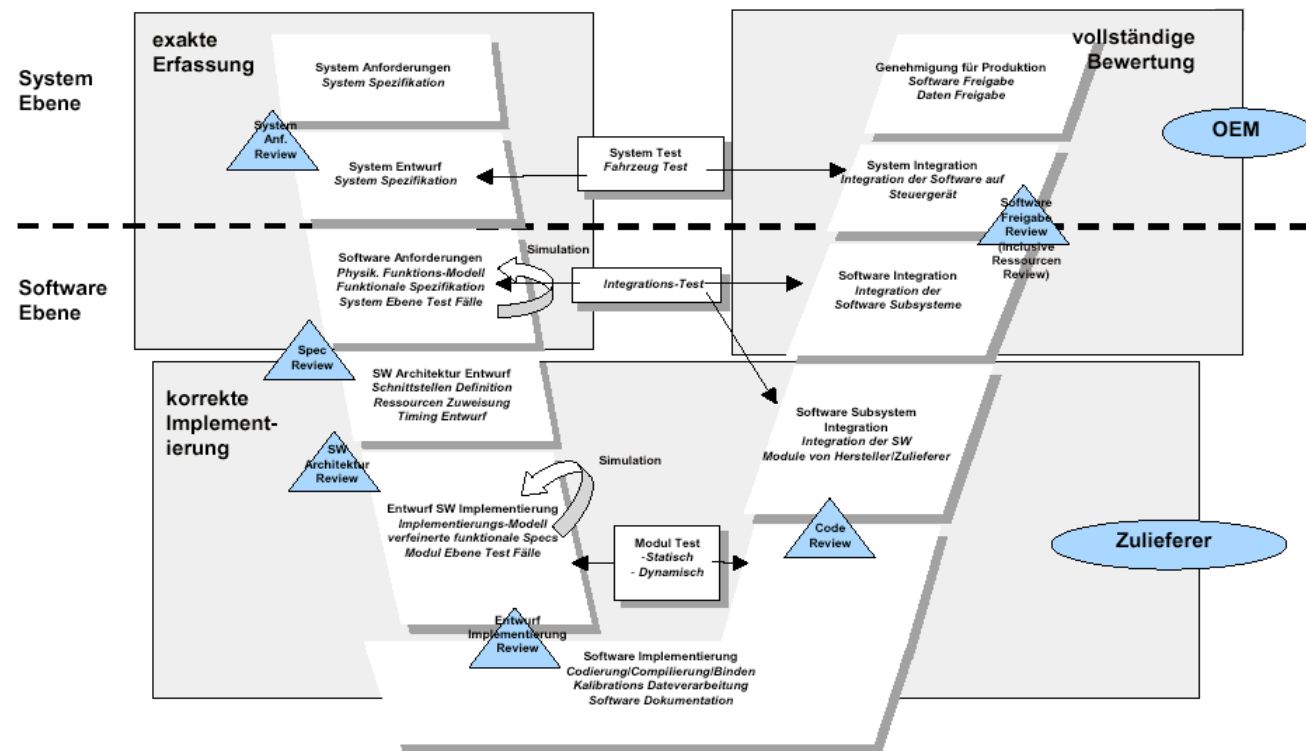
- Standardized, openly disclosed interfaces
 - HW independent SW layer
 - Transferability of functions
 - Redundancy activation
- AUTOSAR RTE:** by specifying interfaces and their communication mechanisms, the applications are decoupled from the underlying HW and Basic SW, enabling the realization of Standard Library Functions

* for example: OSEK, QNX, VxWorks, Windows CE, ...

System- und Komponentenverantwortung



- Präzise Definition der Schnittstellen zwischen Fahrzeughersteller und Zulieferern
- Orientierung am V-Modell
- Fahrzeughersteller
 - Gesamtfahrzeug
- Zulieferer
 - Komponenten



Schnittstellen für Spezifikation und Integration



- Zwei Arten von Schnittstellen
 - Spezifikationsschnittstelle im linken Ast des V-Modells
 - Integrationsschnittstelle im rechten Ast des V-Modells
- Grosse Komplexität
 - Hersteller
 - n Komponenten von n verschiedenen Zulieferern
 - 1:n-Beziehung an der Spezifikationsschnittstelle
 - 1:n-Beziehung an der Integrationsschnittstelle
 - Zulieferer
 - 1 Komponente an m verschiedene Hersteller
 - 1:m-Beziehung an der Spezifikationsschnittstelle
 - 1:m-Beziehung an der Integrationsschnittstelle

Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses



- Elektronische Steuergeräte sind eingebettete Systeme, die für den Benutzer nicht unmittelbar in Erscheinung treten
 - Beispiel: Türsteuergerät
- Für den Benutzer sind die Funktionen sichtbar
 - Beispiele:
 - Fensterheber
 - Spiegelverstellung
 - Sitzverstellung
- Grundfunktionen können herstellerübergreifend entwickelt werden
 - Beispiel:
 - Steuerung von Fensterheber, Spiegelverstellung, Sitzverstellung
- Wettbewerbsdifferenzierende Zusatzfunktionen werden herstellereinspezifisch entwickelt
 - Beispiel:
 - Automatische Spiegelverstellung und Sitzverstellung (Memory, Ergonomie)

Festlegung des firmenübergreifenden Entwicklungsprozesses



- Elektronische Steuergeräte sind eingebettete Systeme, die für den Benutzer nicht unmittelbar in Erscheinung treten
 - Beispiel: Türsteuergerät
- Für den Benutzer sind die Funktionen sichtbar
 - Beispiele:
 - Fensterheber
 - Spiegelverstellung
 - Sitzverstellung
- Grundfunktionen können herstellerübergreifend entwickelt werden
 - Beispiel:
 - Steuerung von Fensterheber, Spiegelverstellung, Sitzverstellung
- Wettbewerbsdifferenzierende Zusatzfunktionen werden herstellerspezifisch entwickelt
 - Beispiel:
 - Automatische Spiegelverstellung und Sitzverstellung (Memory, Ergonomie)

Grundidee von AUTOSAR

