

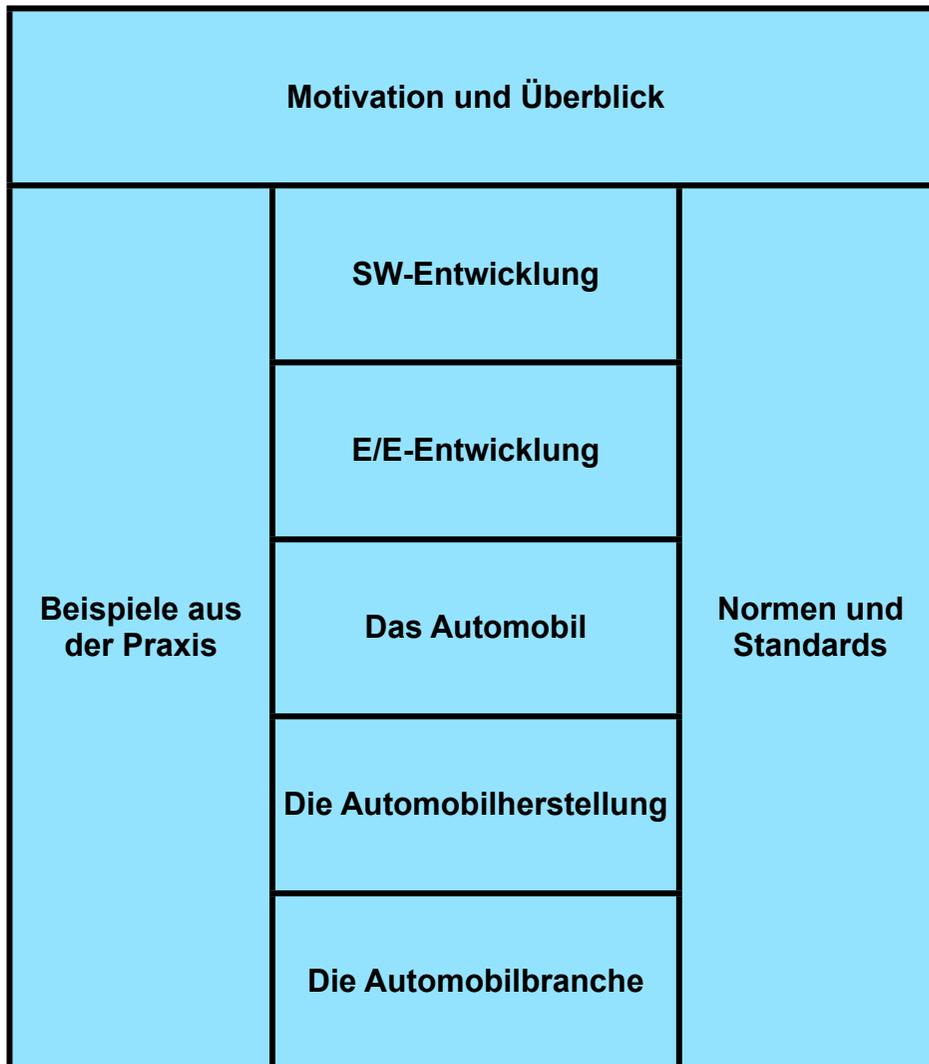
# Vorlesung Automotive Software Engineering Teil 1 Motivation und Überblick

TU Dresden, Fakultät Informatik

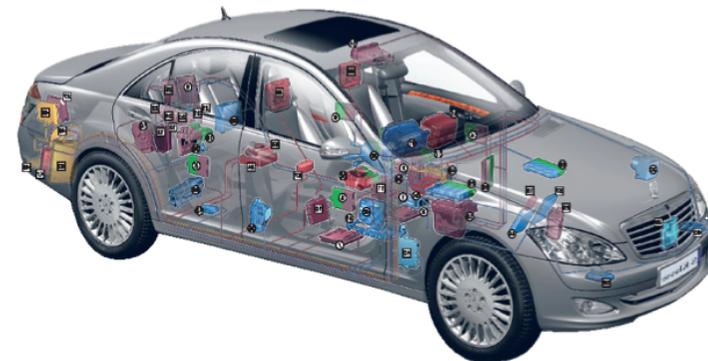
Sommersemester 2012

Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Hohlfeld

[bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de](mailto:bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de)

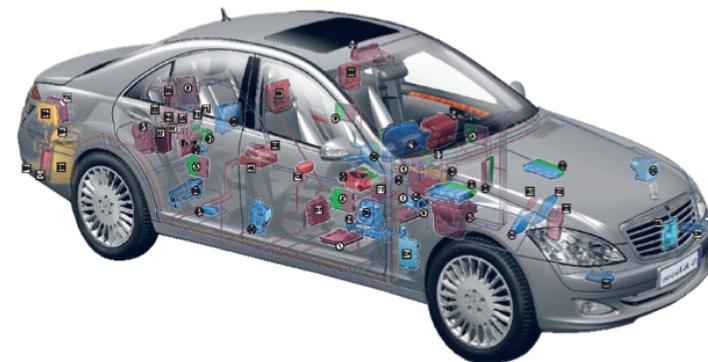


| Motivation und Überblick |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Beispiele aus der Praxis | SW-Entwicklung           | Normen und Standards |
|                          | E/E-Entwicklung          |                      |
|                          | Das Automobil            |                      |
|                          | Die Automobilherstellung |                      |
|                          | Die Automobilbranche     |                      |



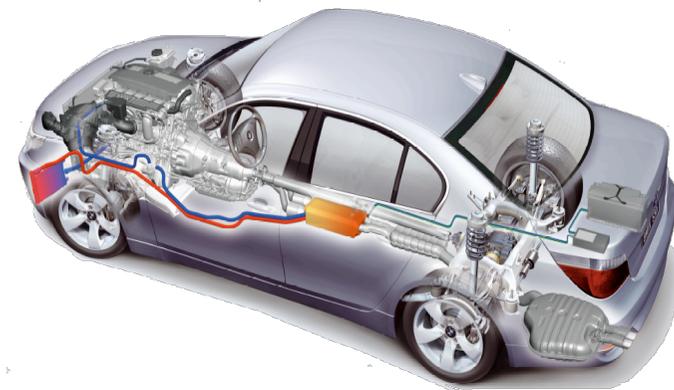
| Motivation und Überblick |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Beispiele aus der Praxis | SW-Entwicklung           | Normen und Standards |
|                          | E/E-Entwicklung          |                      |
|                          | Das Automobil            |                      |
|                          | Die Automobilherstellung |                      |
|                          | Die Automobilbranche     |                      |

## Fahrzeugkomponenten

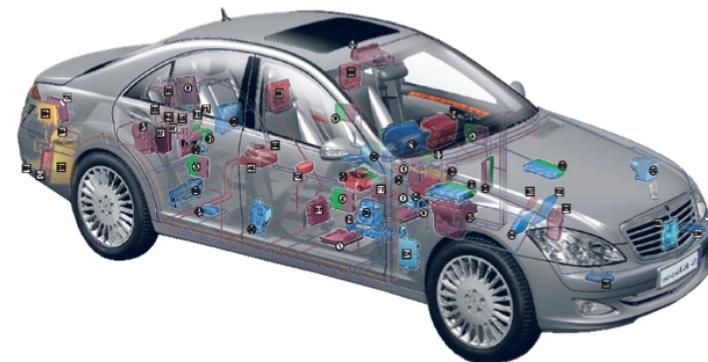


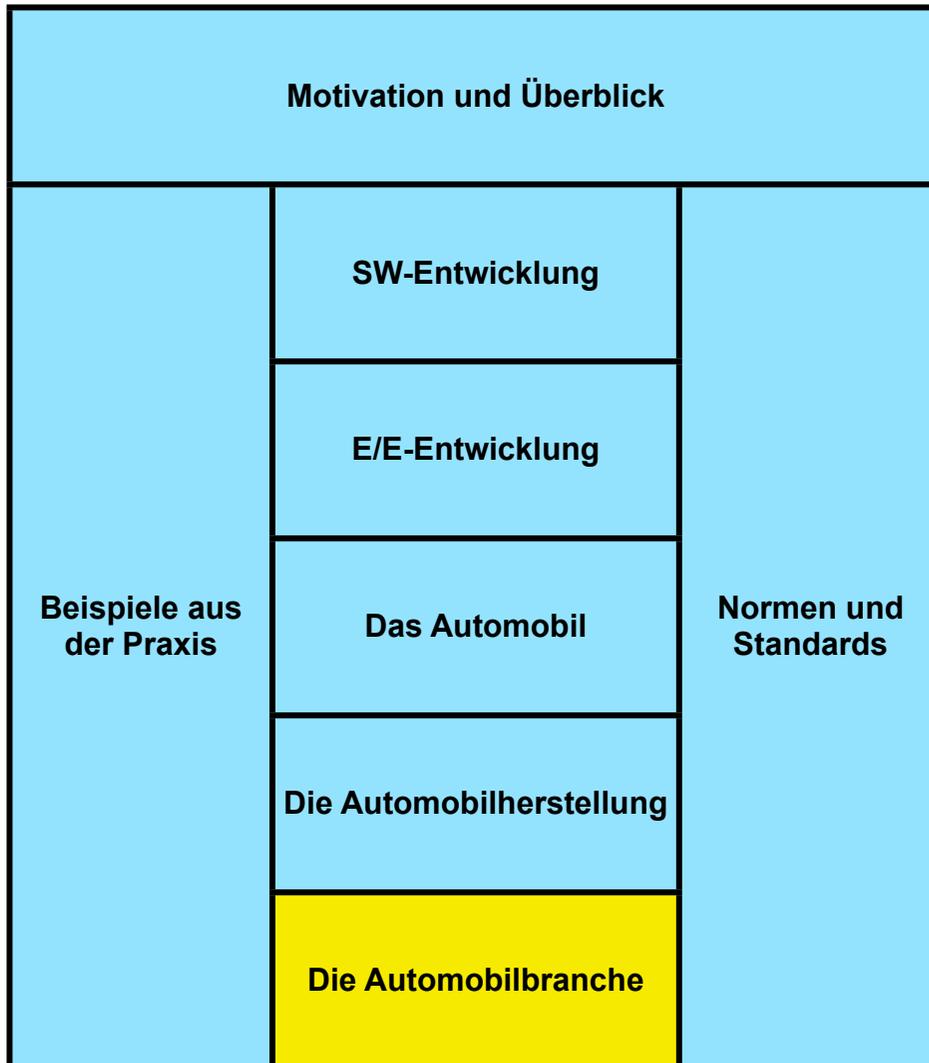
| Motivation und Überblick |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Beispiele aus der Praxis | SW-Entwicklung           | Normen und Standards |
|                          | E/E-Entwicklung          |                      |
|                          | Das Automobil            |                      |
|                          | Die Automobilherstellung |                      |
|                          | Die Automobilbranche     |                      |

## Fahrzeugkomponenten



## Steuergeräte: Rechner und SW



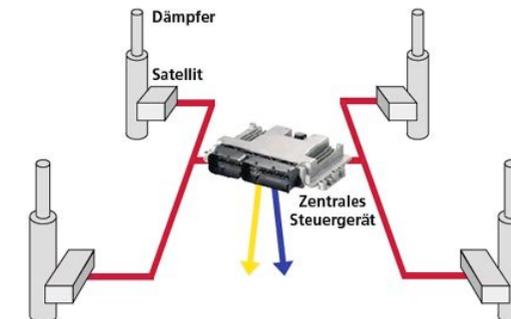
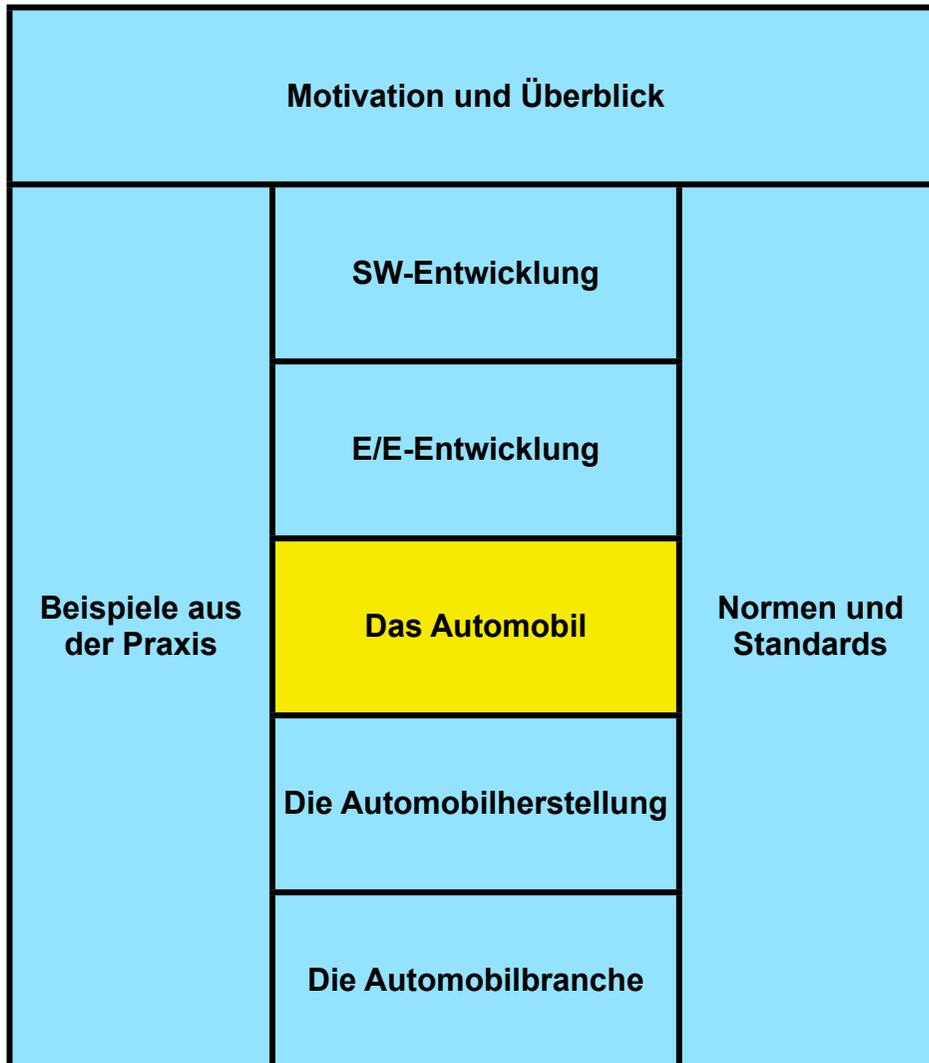


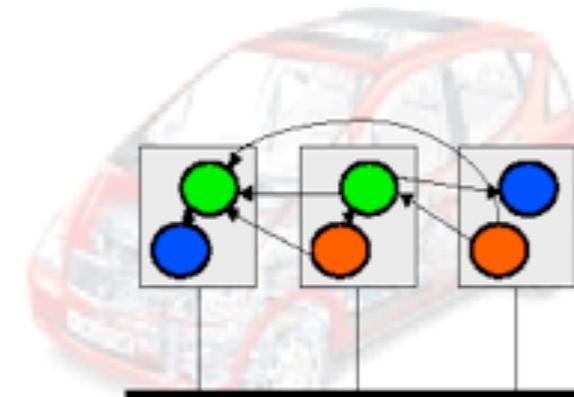
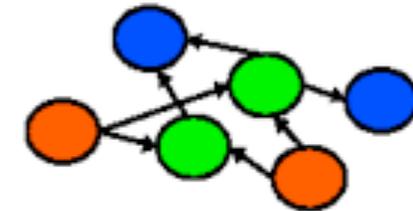
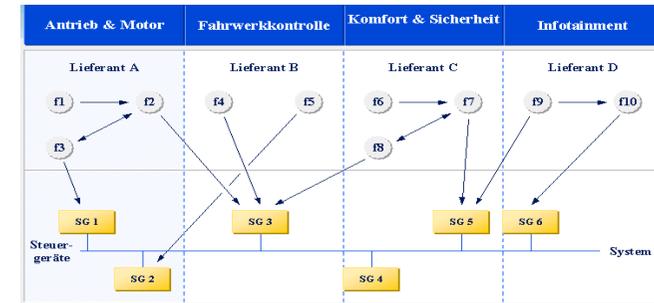
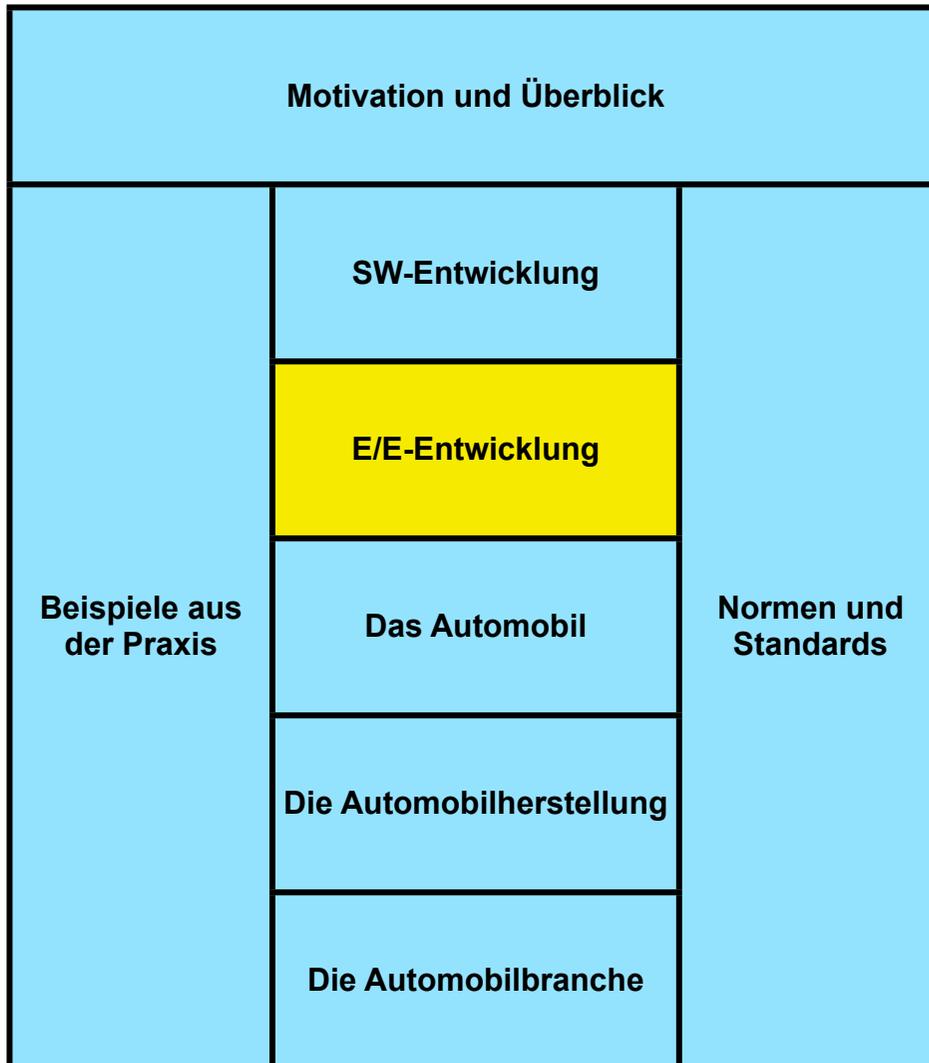
A General Motors Company

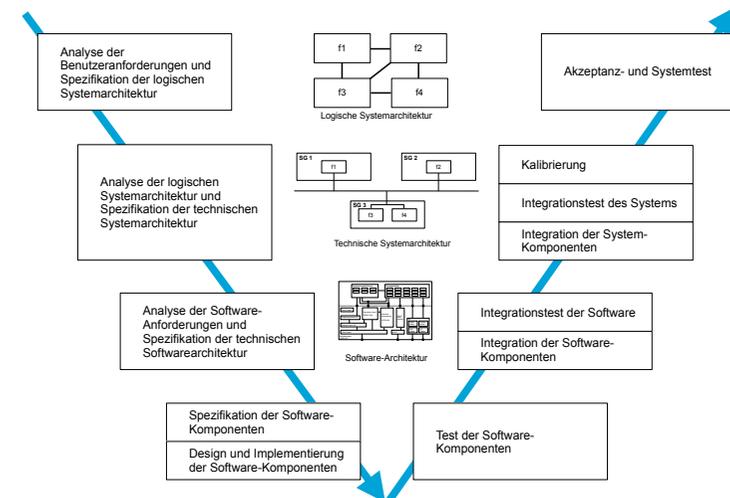
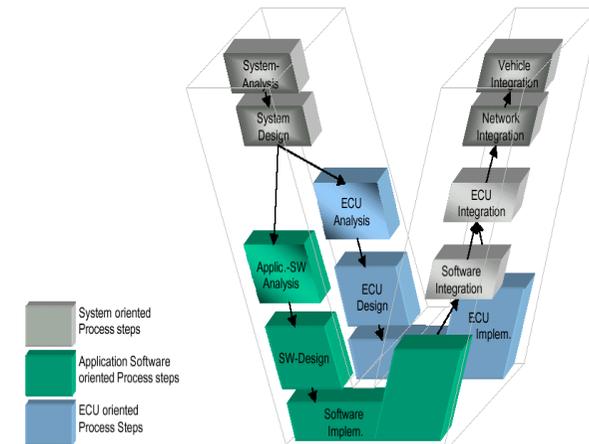
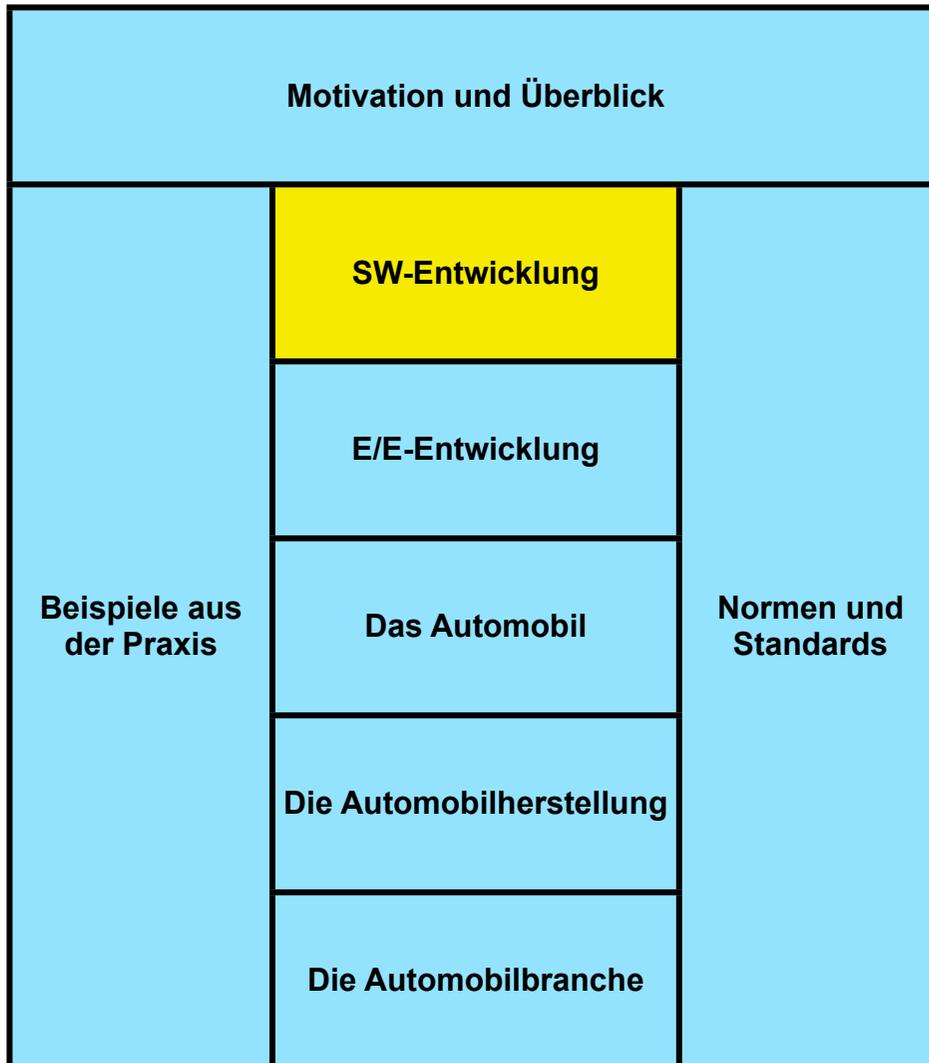


|                                 |                                 |                             |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>Motivation und Überblick</b> |                                 |                             |
| <b>Beispiele aus der Praxis</b> | <b>SW-Entwicklung</b>           | <b>Normen und Standards</b> |
|                                 | <b>E/E-Entwicklung</b>          |                             |
|                                 | <b>Das Automobil</b>            |                             |
|                                 | <b>Die Automobilherstellung</b> |                             |
|                                 | <b>Die Automobilbranche</b>     |                             |

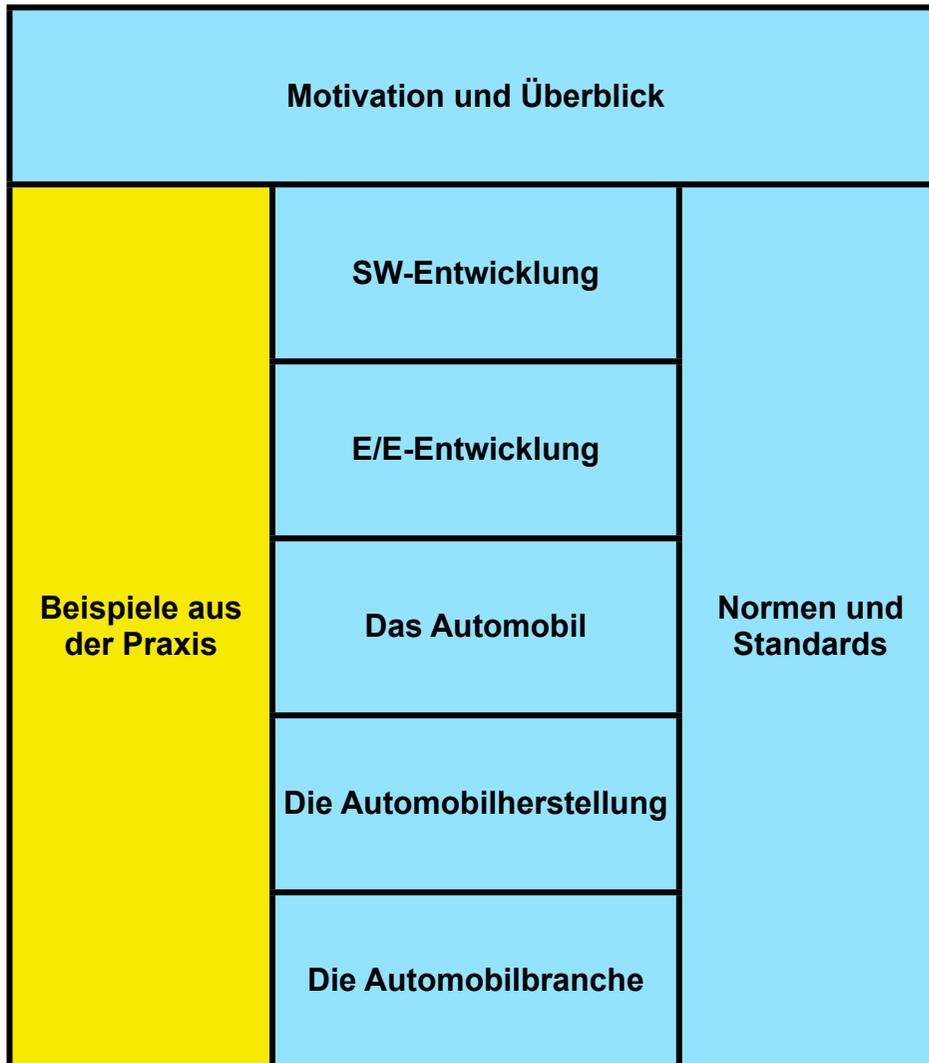






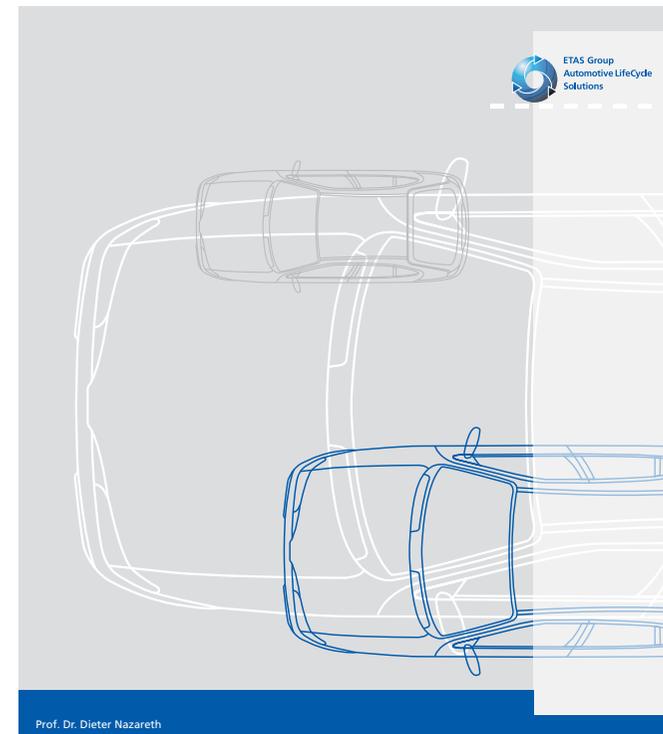






**ETAS**

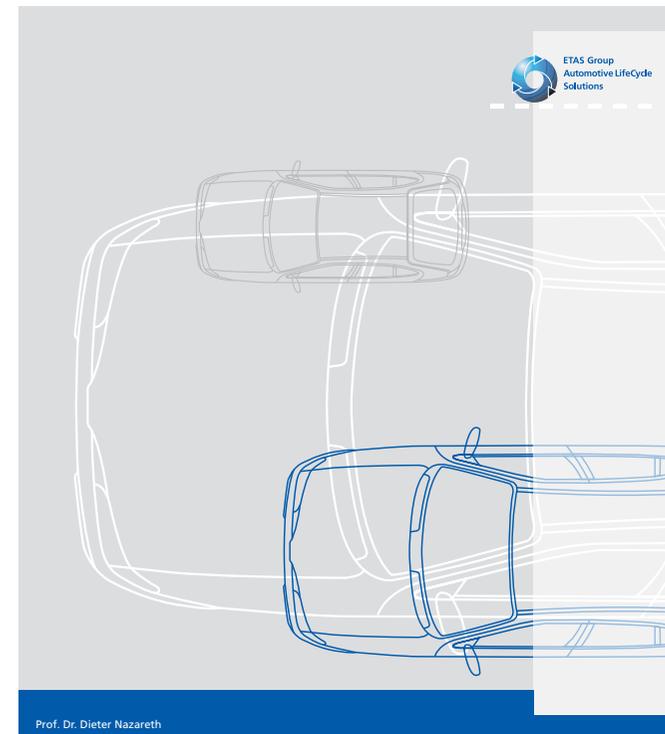
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug  
in einer Rapid Prototyping-Umgebung

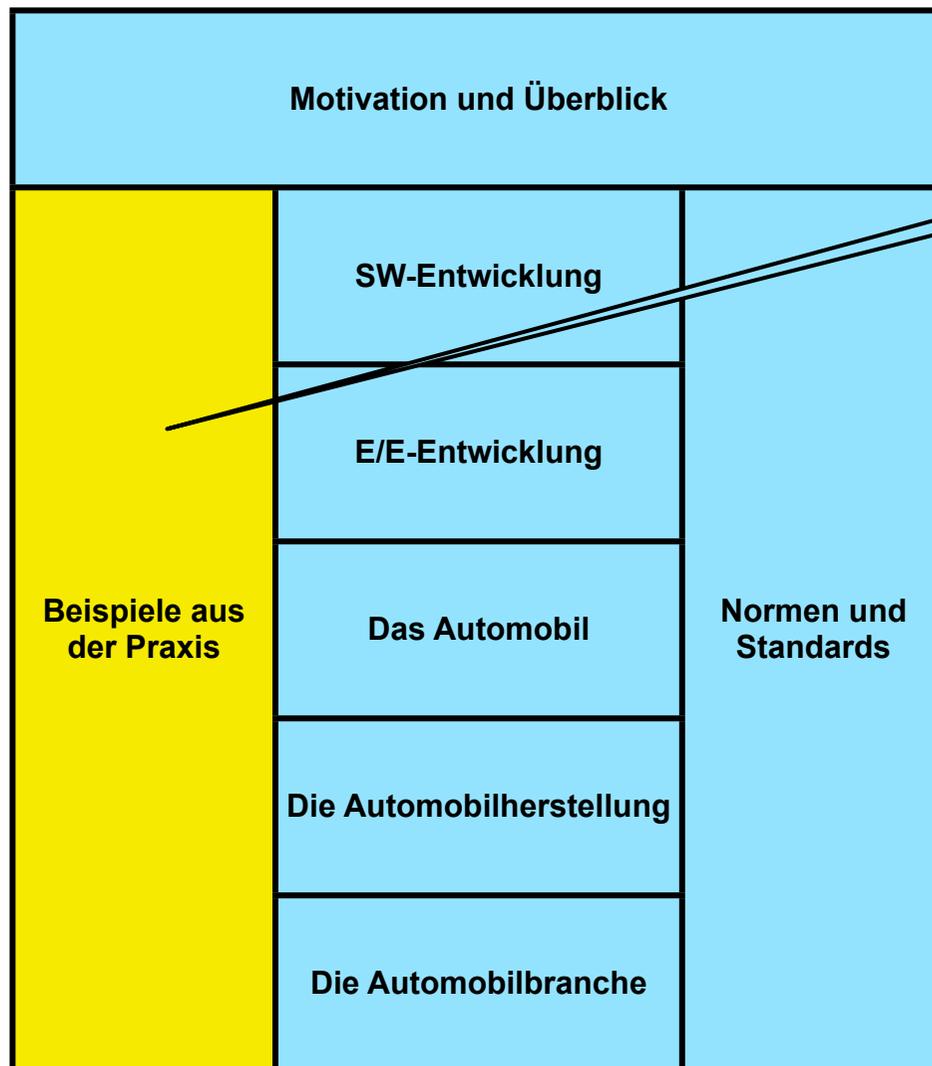




**ETAS**

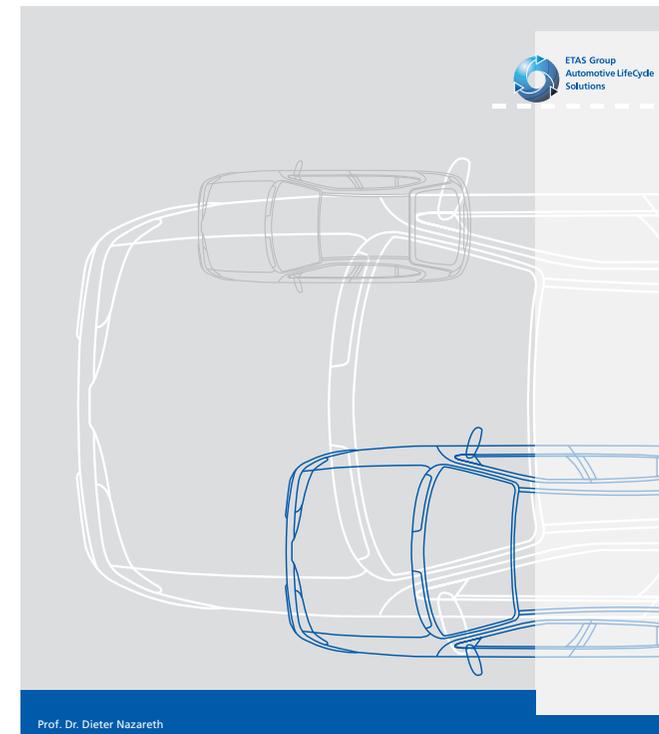
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug  
in einer Rapid Prototyping-Umgebung

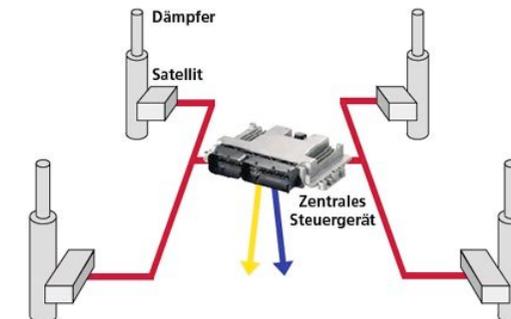
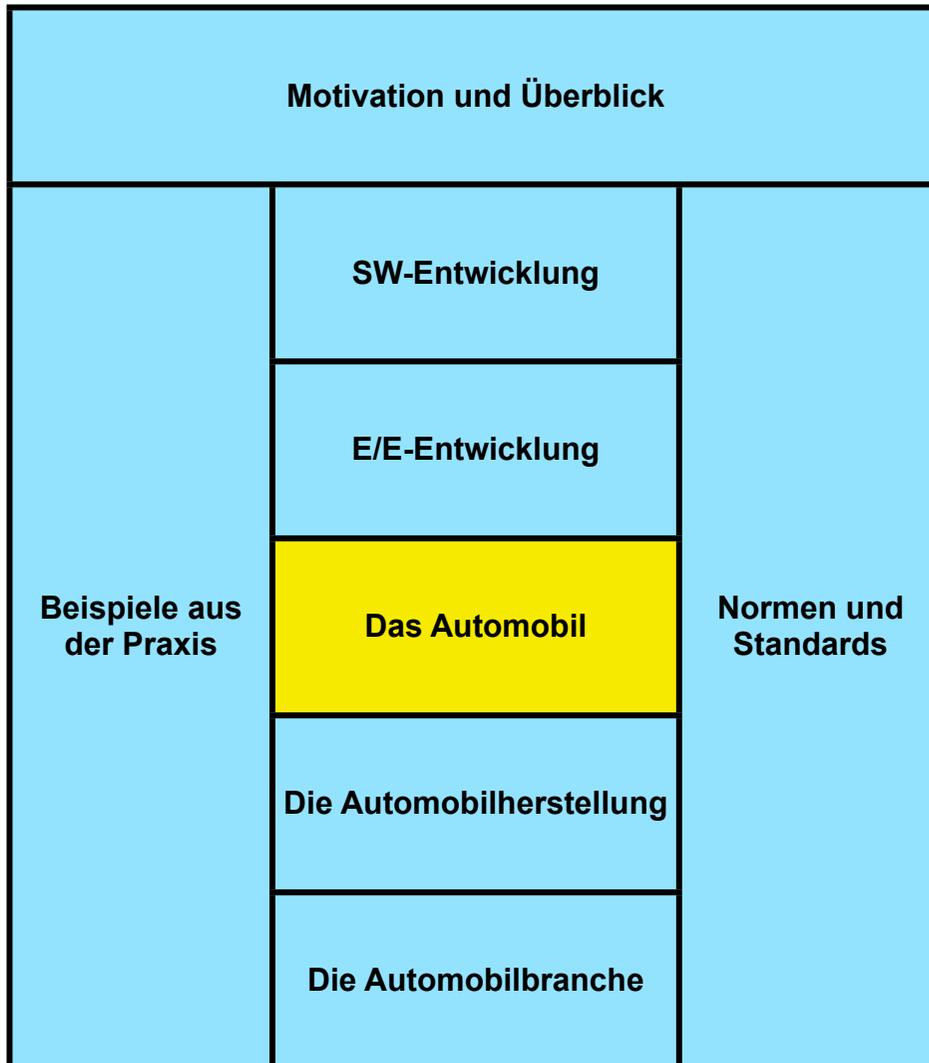


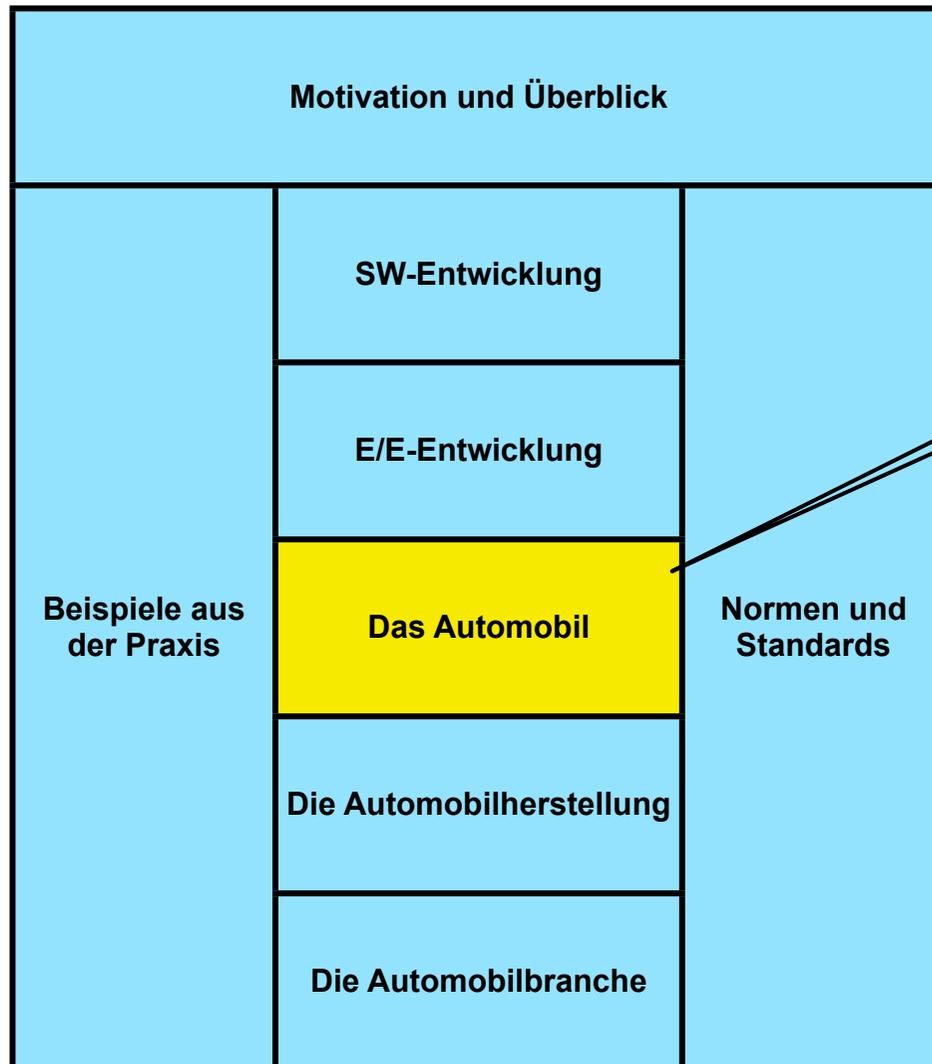


Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

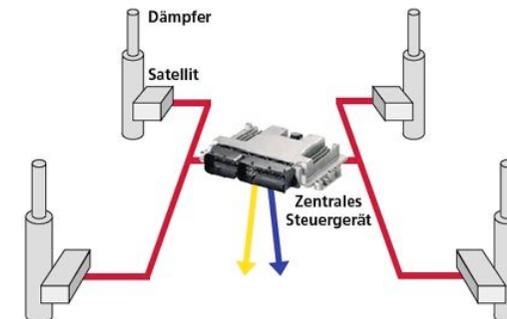
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

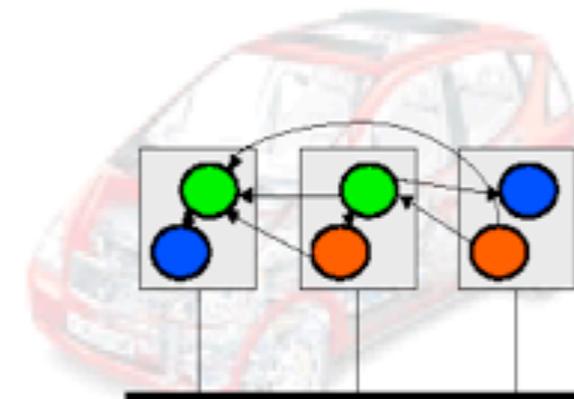
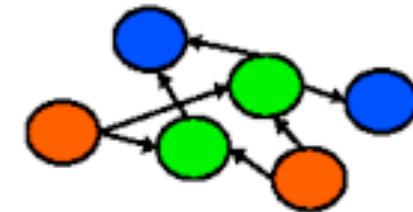
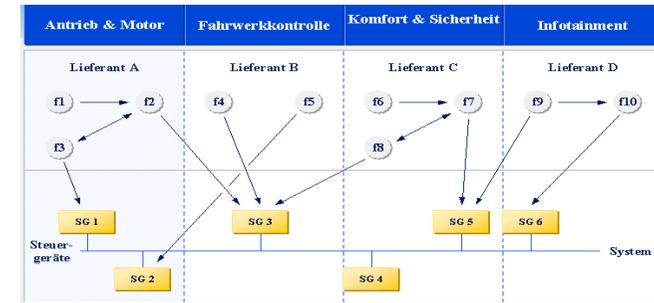
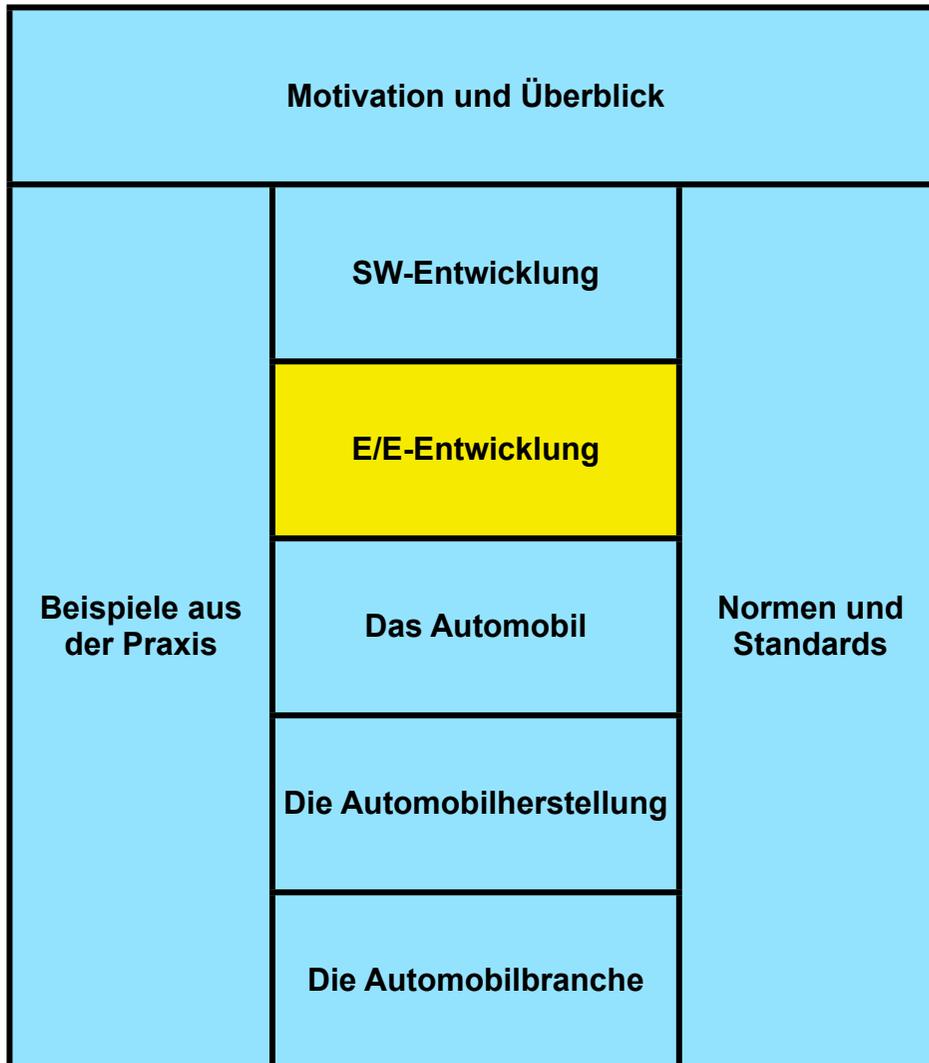


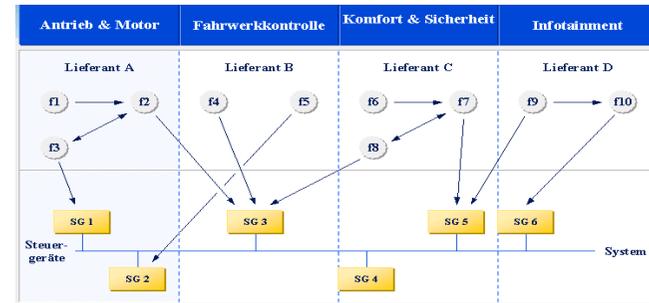
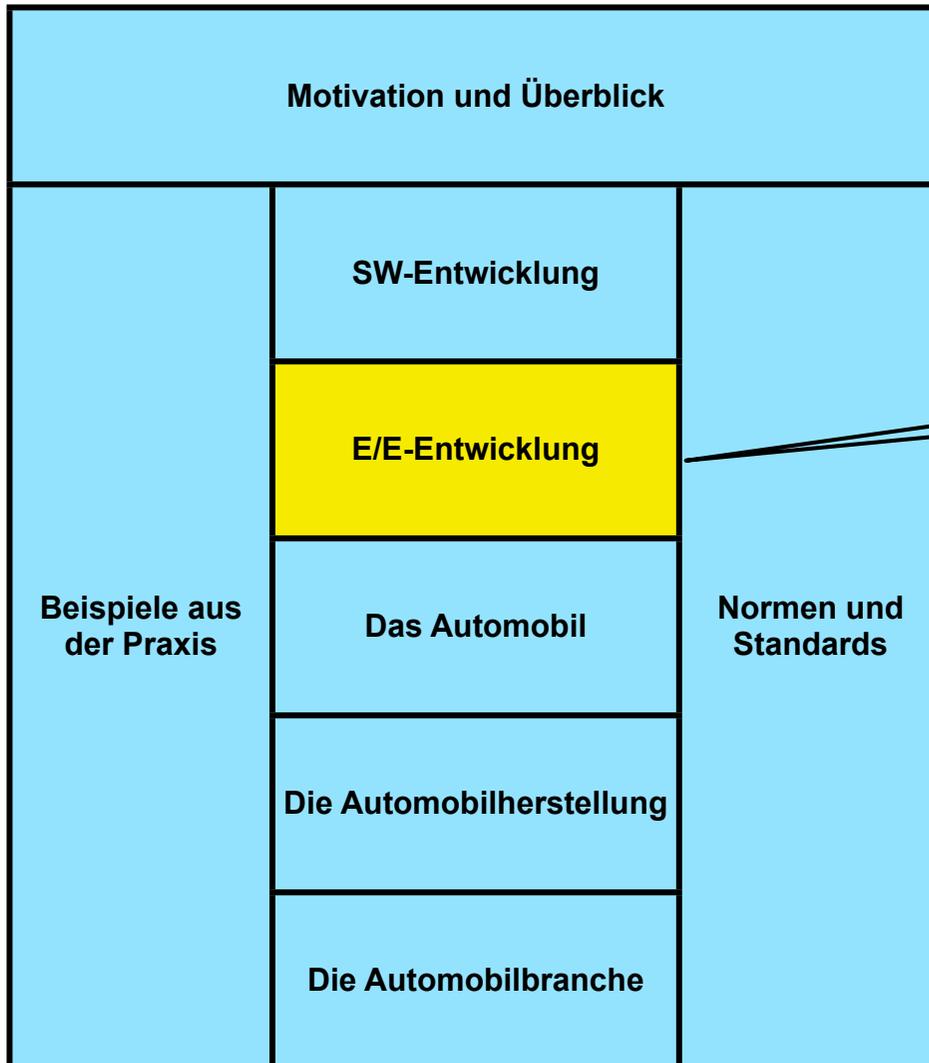




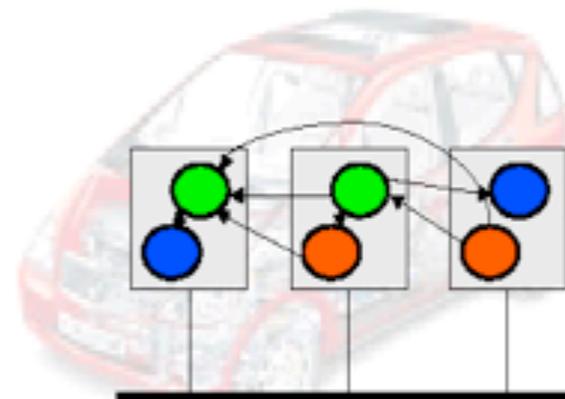
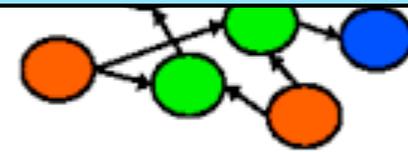
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

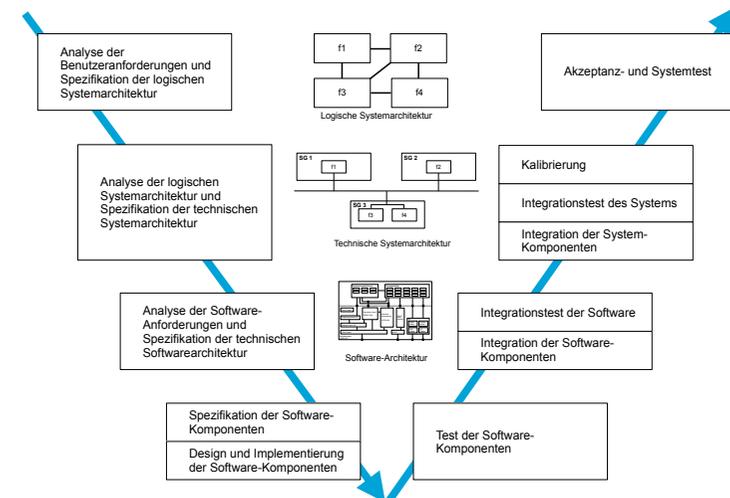
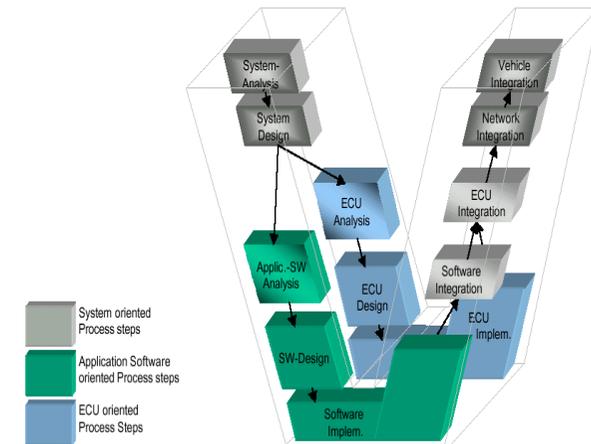
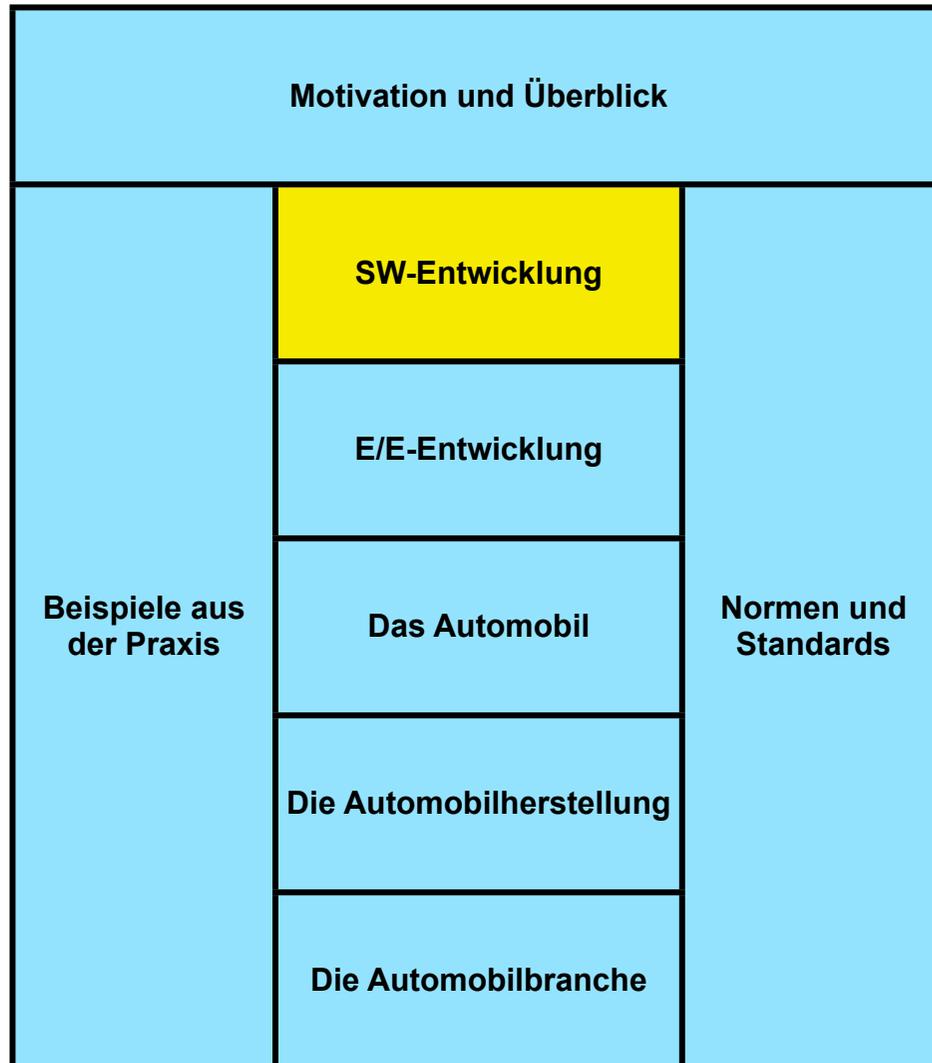


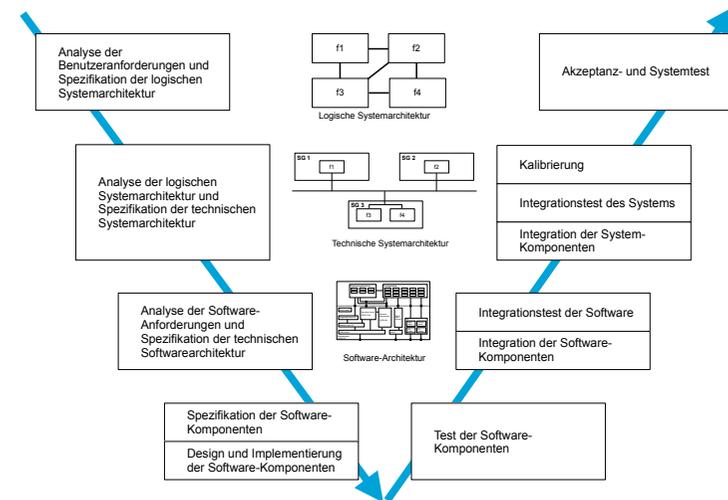
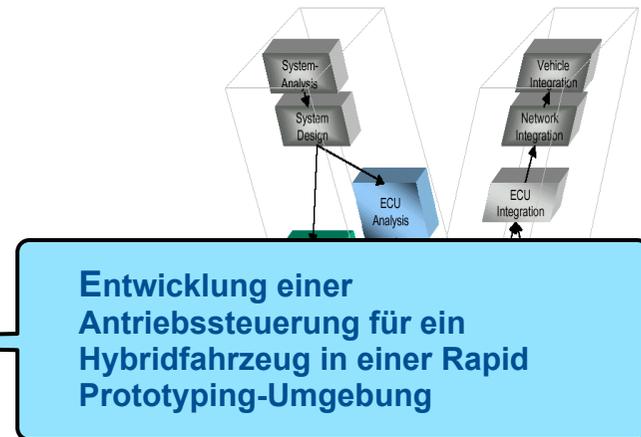
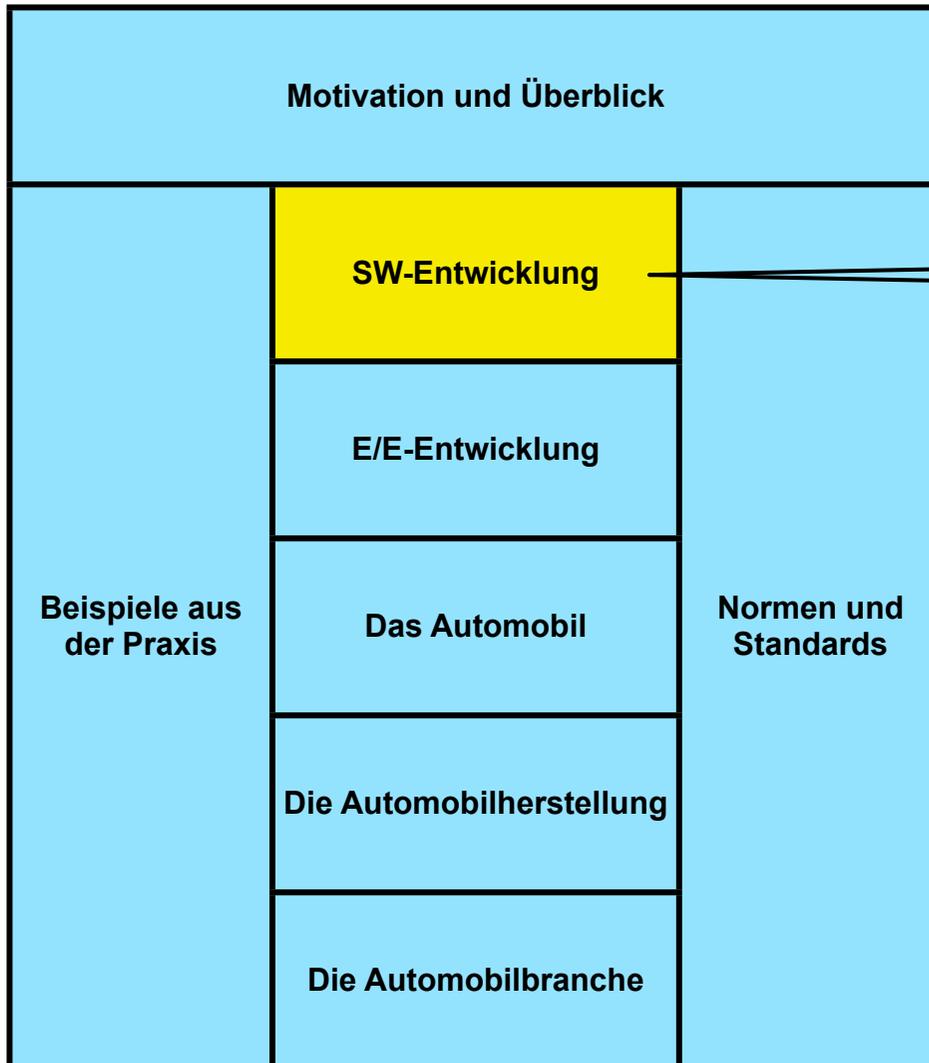




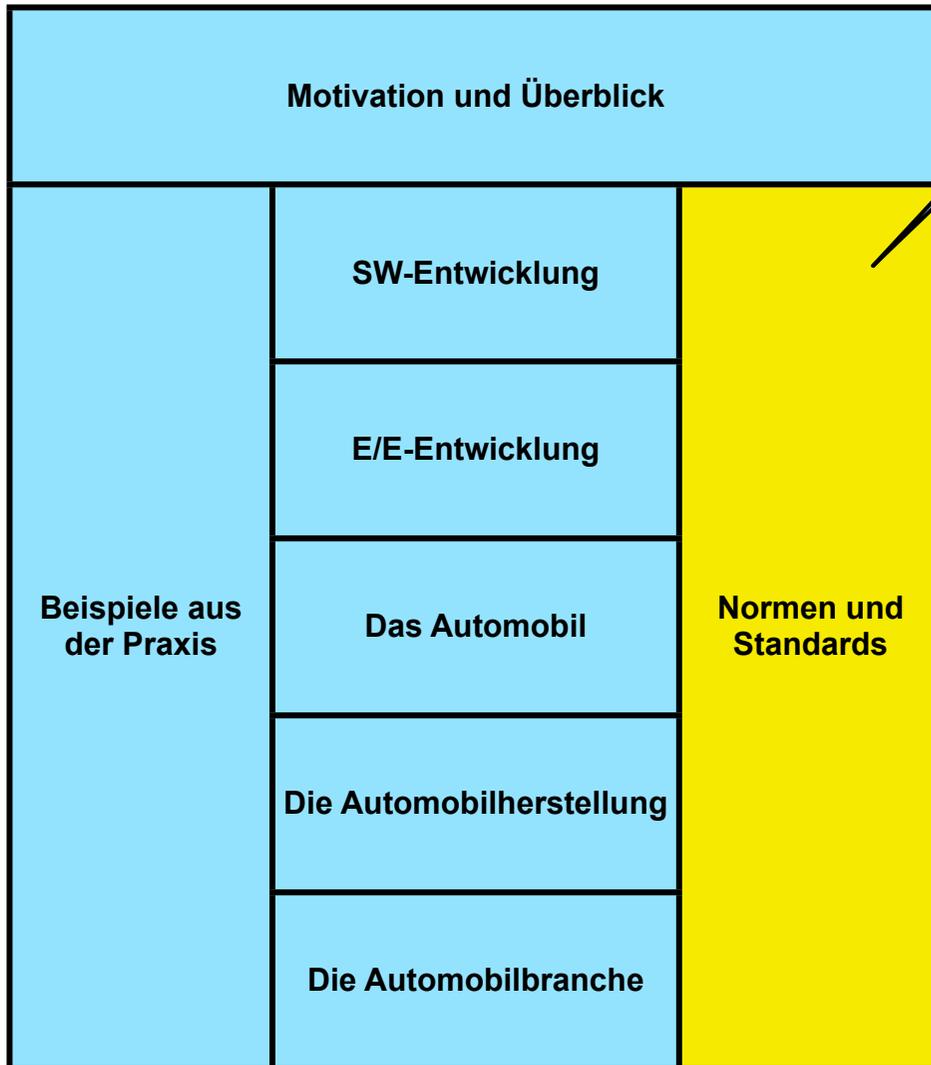
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung











Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



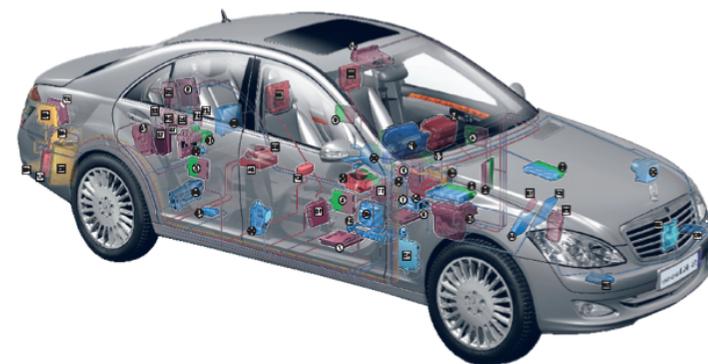
OSEK/ VDX

ASAM

ISO 26262  
Road vehicles -  
Functional safety



| Motivation und Überblick |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Beispiele aus der Praxis | SW-Entwicklung           | Normen und Standards |
|                          | E/E-Entwicklung          |                      |
|                          | Das Automobil            |                      |
|                          | Die Automobilherstellung |                      |
|                          | Die Automobilbranche     |                      |



## Lernziele

### Motivation und Überblick



- Die Rolle der Software im Automobil an Beispielen verstehen
- Die Entwicklung in den letzten zwanzig Jahren am Beispiel Türsteuerung kennenlernen
- Die Systementwicklung im Zusammenspiel zwischen Herstellern (OEM) und Zulieferern kennenlernen
- Informationen über Automotive Software Engineering in der Gesellschaft für Informatik (GI) erhalten
- Inhalte von Lehrveranstaltungen über Automotive Software Engineering beispielhaft kennenlernen

# 1. Motivation und Überblick

1. Motivation Automotive Software Engineering
2. Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:  
Beispiel Türsteuerung
3. GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering
4. Lehrveranstaltungen

# 1. Motivation und Überblick

## **1. Motivation Automotive Software Engineering**

2. Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:  
Beispiel Türsteuerung
3. GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering
4. Lehrveranstaltungen

A nice car



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## A powerful engine



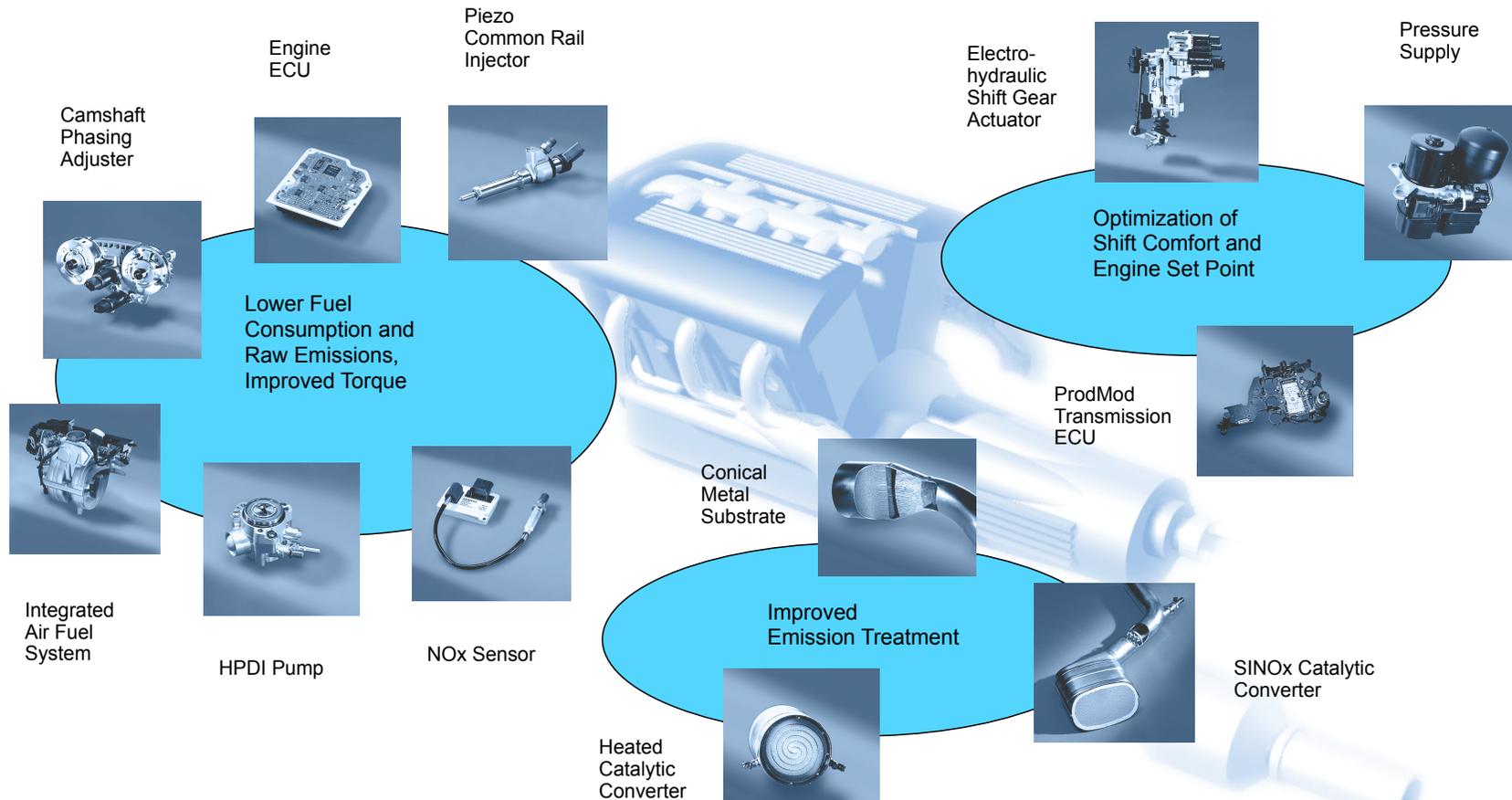
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## A look inside



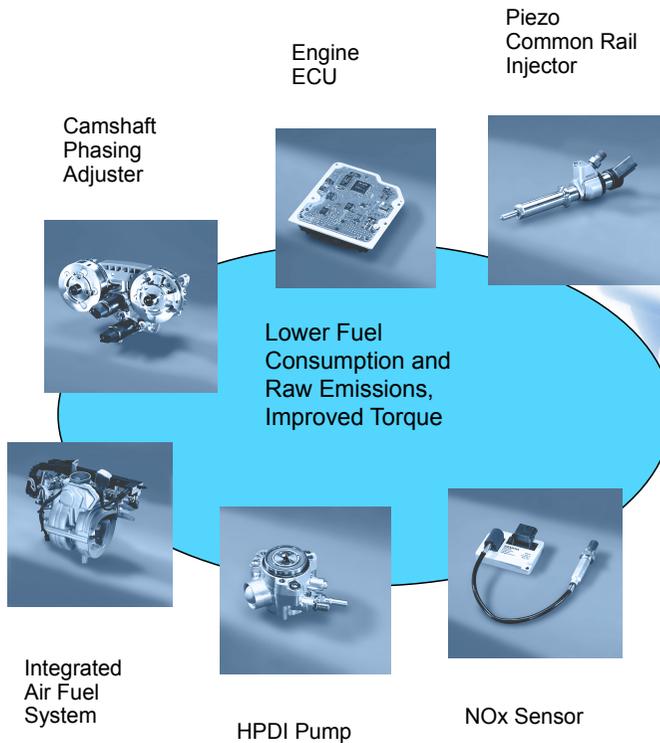
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Software is the intelligent “glue” for systems



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Software is the intelligent “glue” for systems



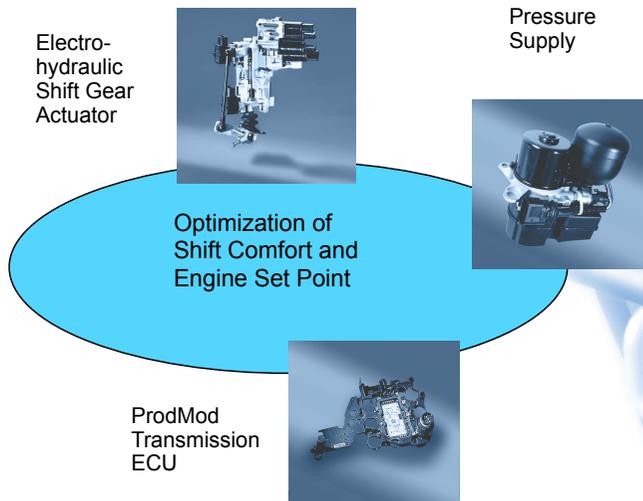
## Software im Antriebsstrang:

- Geringerer Treibstoffverbrauch
- Abgasbehandlung
- Verbessertes Drehmoment

- ECU Electronic Control Unit - (Elektronisches) Steuergerät / Microcontroller  
Auch: Engine Control Unit - Motorsteuergerät
- Camshaft - Nockenwelle

Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Software is the intelligent “glue” for systems



## Software im Antriebsstrang:

- Optimierung der (Komfort-) Schaltung
- Optimierung der Sollwerte für den Motor
- Electrohydraulic Shift Gear Actuator - Elektrohydraulische (Gang-) Schaltung
- Transmission - (Kraft-) Übertragung, Getriebe
- Pressure Supply - Druckversorgung, hier für Elektrohydraulische (Gang-) Schaltung

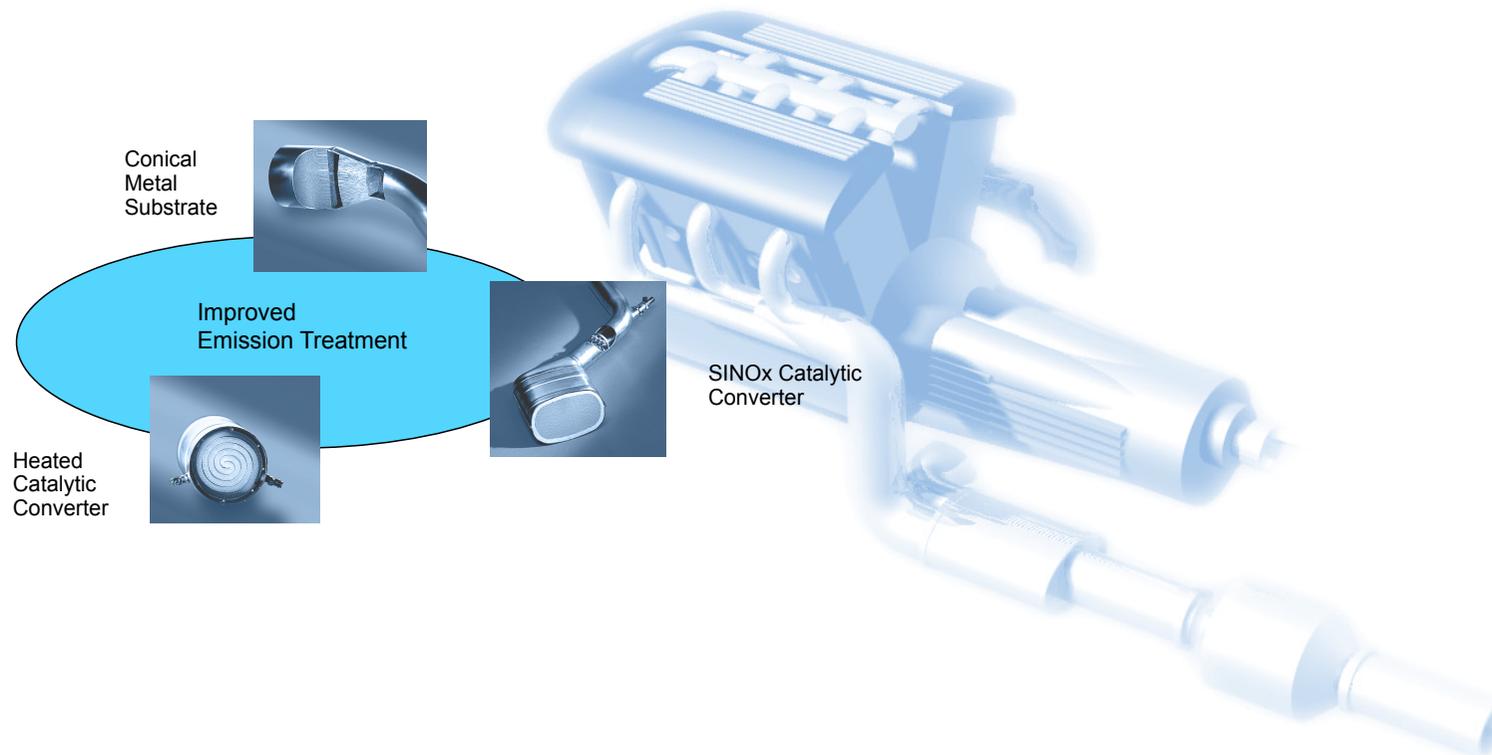
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Software is the intelligent “glue” for systems



Software im Antriebsstrang:

- Verbesserte Abgasbehandlung



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# The intelligence inside: 5000 pages Software



```

#define MEM_HINT MEM_HINT_SPEED_NORMAL_CODE4
#include <gmempi.h>

void c_ef_act_100ms(void) /* called every 100 ms */

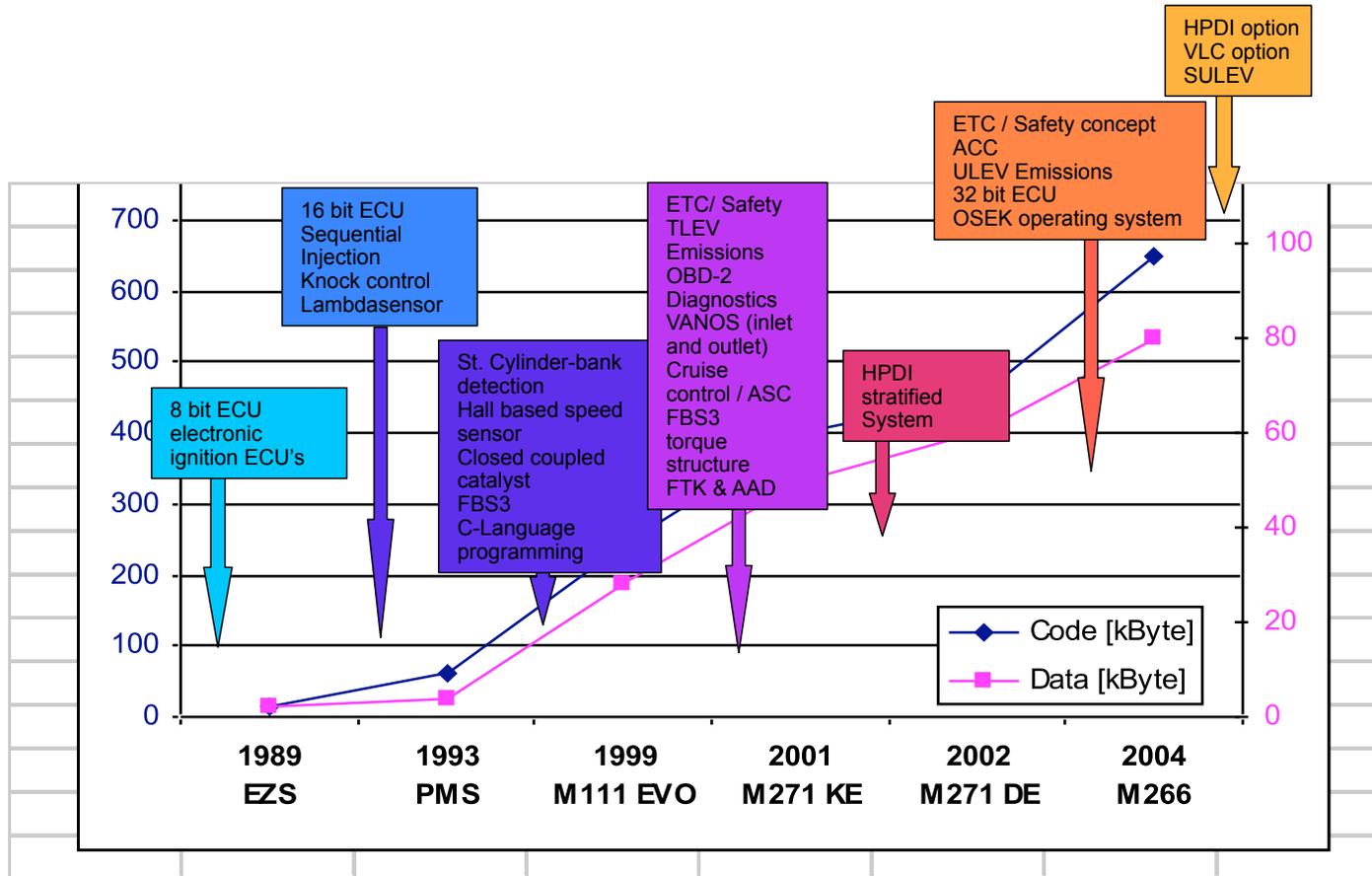
// Calculation of LU_EF every 100ms

u8 tmp_ef_trh;

if (lv_ef_ext_adj)
    then
    lv_ef = lv_act_ef_ext_adj;4
    TRL_DOP_PinLevel(EF_1, lv_ef); /* switch pin */
    else
    if (lv_var_ef)
        then
        if (lv_st_end)
            then
            // Conditions fulfilled
            if ( t_ast <= c_t_ef_ast )
                then
                lv_ef = 0;
                if ( lv_ch_n_sp_is )
                    then
                    lv_ef = c_state_ch_ef;
                    if (lv_at)
                        then
                        if (vs < c_vs_min_ef_at)
                            then
                            lv_ef = c_state_vs_m_in_ef_a_t;4
                            else
                            Determination of the pv-threshold
                            lv_ef depending on pedal-value
                        else
                        if (vs < c_vs_min_ef_mt)
                            then
                            lv_ef = c_state_vs_m_in_ef_m_t;4
                            else
                            Determination of the pv-threshold
                            lv_ef depending on pedal-value
                    else
                    // Conditions not fulfilled
                else
                // no ef configured
            else
            // no ef configured
    
```

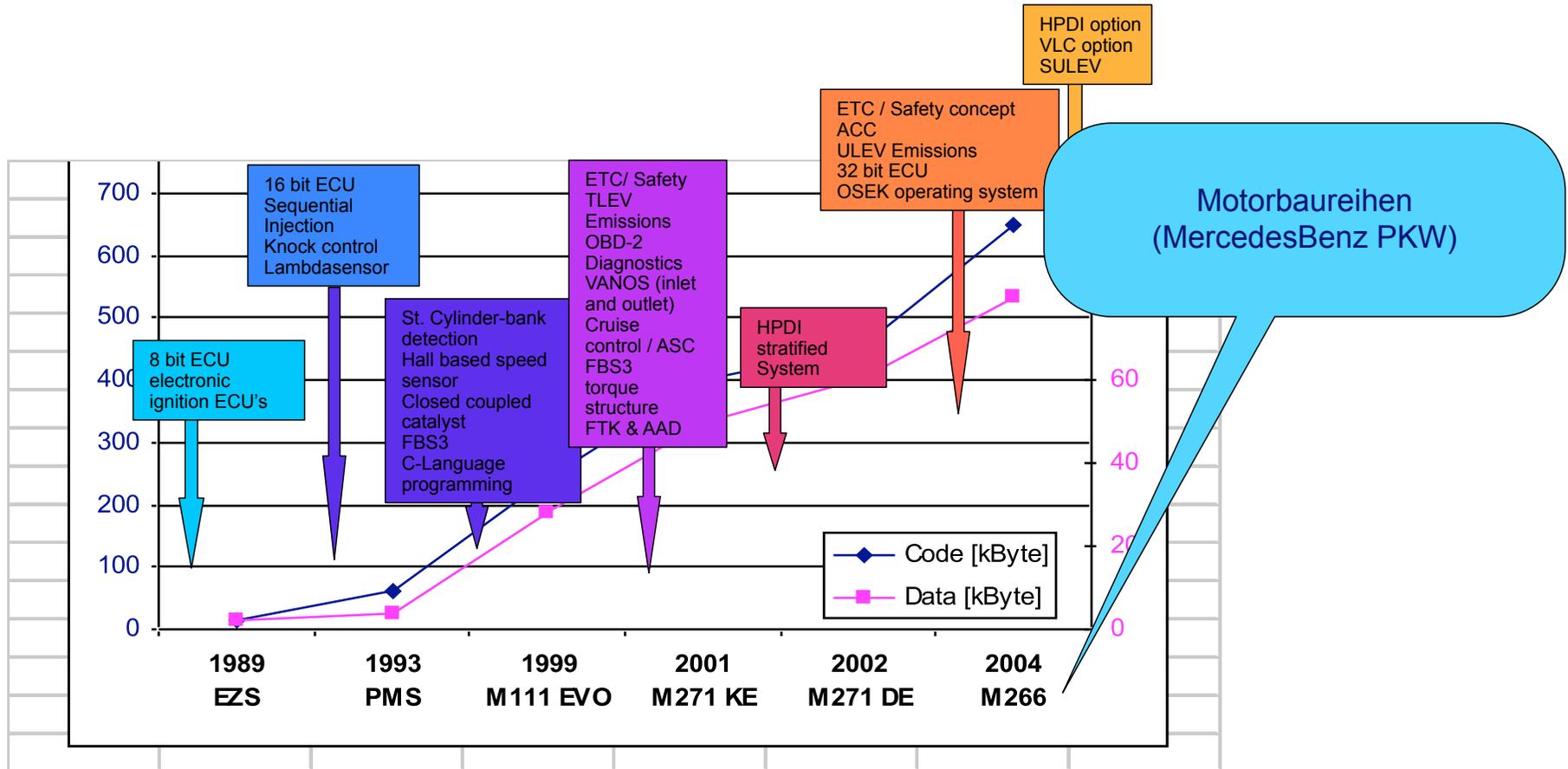
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Add code to add functions



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

# Add code to add functions



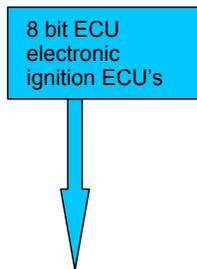
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Add code to add functions



1988

- 8 bit Steuergeräte
- Elektronische Zündung



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Add code to add functions



1990

- 16 bit Steuergeräte
- Elektronische Einspritzung
- Klopfregelung
  - Klopfen: Nicht gewünschte Selbstzündung des Kraftstoffs
- Lambdasonden

16 bit ECU  
Sequential  
Injection  
Knock control  
Lambdasensor



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Lambdasonde



Die Lambdasonde ( $\lambda$ -Sonde) ist ein Sensor, der in einem Verbrennungsabgas den jeweiligen Restsauerstoffgehalt misst, um daraus das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Kraftstoff für die weitere Verbrennung so regeln zu können, dass weder ein Kraftstoff- noch ein Luftüberschuss auftritt. Sie ist der Hauptsensor im Regelkreis der Lambdaregelung zur katalytischen Abgasreinigung (umgangssprachlich: geregelter Katalysator). ...

Die Serienfertigung begann 1976, als Bosch diese für die USA-Varianten der PKW-Modelle 240/260 von Volvo lieferte.

Quelle: Wikipedia



## Add code to add functions



- 1995
- St. Cylinder-bank detection
- Hall based speed sensor
  - Hall-Effect: Auftreten einer elektrischen Spannung in einem stromdurchflossenen Leiter, der sich in einem stationären Magnetfeld befindet.
  - Fahrwerksregelung
- Closed coupled catalyst
  - Die konsequente Vermeidung von Wärmeverlusten vor dem Katalysator wird durch eine direkte Anbindung des Katalysators an einen kompakten Krümmer erreicht.
- FBS3

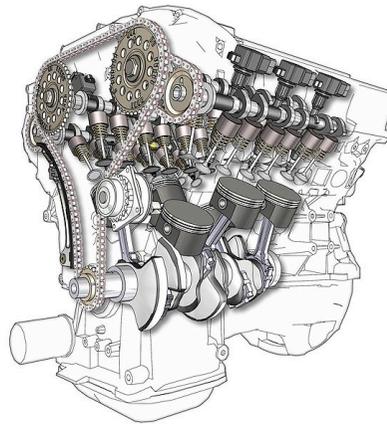
St. Cylinder-bank  
detection  
Hall based speed  
sensor  
Closed coupled  
catalyst  
FBS3  
C-Language  
programming

- C-Language programming



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Zylinderbank



Zylinderbank ist die Bezeichnung für eine Reihe von Zylindern in einem Motorblock. So haben V-Motoren zum Beispiel zwei Zylinderbänke. Reihenmotoren haben eine Bank. Boxermotoren haben zwei Zylinderbänke, die sich gegenüberliegen.

System and method for detecting and correcting cylinder bank imbalance  
United States Patent 5983876



A system and method for detecting and correcting power imbalance between cylinder banks of an internal combustion engine utilizes, in one embodiment, temperature sensors at the exhaust manifolds for each cylinder bank. A differential temperature value  $\Delta$  is generated and used to determine which cylinder requires modification of its operating conditions to equalize the power output between the opposing banks. ...

## Add code to add functions



ETC/ Safety  
TLEV  
Emissions  
OBD-2  
Diagnostics  
VANOS (inlet  
and outlet)  
Cruise  
control / ASC  
FBS3  
torque  
structure  
FTK & AAD



2000

### ■ ETC / Safety

- Electronic-Throttle-Control  
elektronische Klappenverstellung im KFZ  
Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal

- (Electronic Toll Collection)

### ■ TLEV Emissions

- Transitional Low Emission Vehicle. This is the least stringent emissions standard in California.

### ■ OBD-2 Diagnostics

### ■ VANOS (inlet and outlet)

- Variable Nockenwellensteuerung

### ■ Cruise control / ASC

- Automatic Stability Control, Vorläufer von ESP

### ■ FBS3

### ■ Torque structure: Radmomentenstruktur

### ■ FTK & AAD: ???

Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Add code to add functions



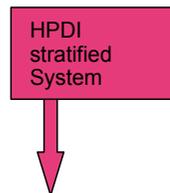
2001

- HPDI Stratified System

- high-pressure direct injection

- Schichtladung

- Eine Schichtladung ist ein Verfahren der Ottomotortechnik, bei der der Kraftstoff (z. B. Benzin) so aufbereitet wird, dass im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Gemisch ( $\lambda = 0,5$  bis  $1,0$ ) besteht, während der übrige Brennraum ein sehr mageres, schwer zündfähiges Gemisch ( $\lambda = 1,5$  bis  $3,0$ ) aufweist.



Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Add code to add functions



ETC / Safety concept  
ACC  
ULEV Emissions  
32 bit ECU  
OSEK operating system



2003

### ■ ETC / Safety concept

- Electronic-Throttle-Control, elektronische Klappenverstellung im KFZ

### ■ ACC (Adaptive Cruise Control)

ist ein Fahrerassistenzsystem, das vorausfahrende Fahrzeuge erkennt, deren Geschwindigkeiten ermittelt und durch Brems- und Motoreingriffe einen gewünschten Abstand einhält.  
Abstandsregeltempomat

### ■ ULEV Emissions

ultra low emission vehicle  
(California)

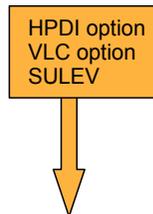
### ■ 32 bit Steuergeräte

### ■ OSEK Betriebssystem

- OSEK-OS ist eine Spezifikation für Echtzeitbetriebssysteme für eingebettete Systeme. Übliche Zielplattformen sind 16- und 32-Bit-Mikrocontroller für die Automobilindustrie.

Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

## Add code to add functions



2004

- HPDI option
  - high-pressure direct injection
- VLC option
  - Der VLC media player (anfänglich „VideoLAN Client“ genannt) ist ein portabler, freier Medienabspieler sowohl für diverse Audio-, Videocodecs und Dateiformate als auch DVDs, Video-CDs und unterstützt unterschiedliche Streaming-Protokolle.
  - ???
- SULEV  
Super Ultra Low Emissions Vehicle  
(California)

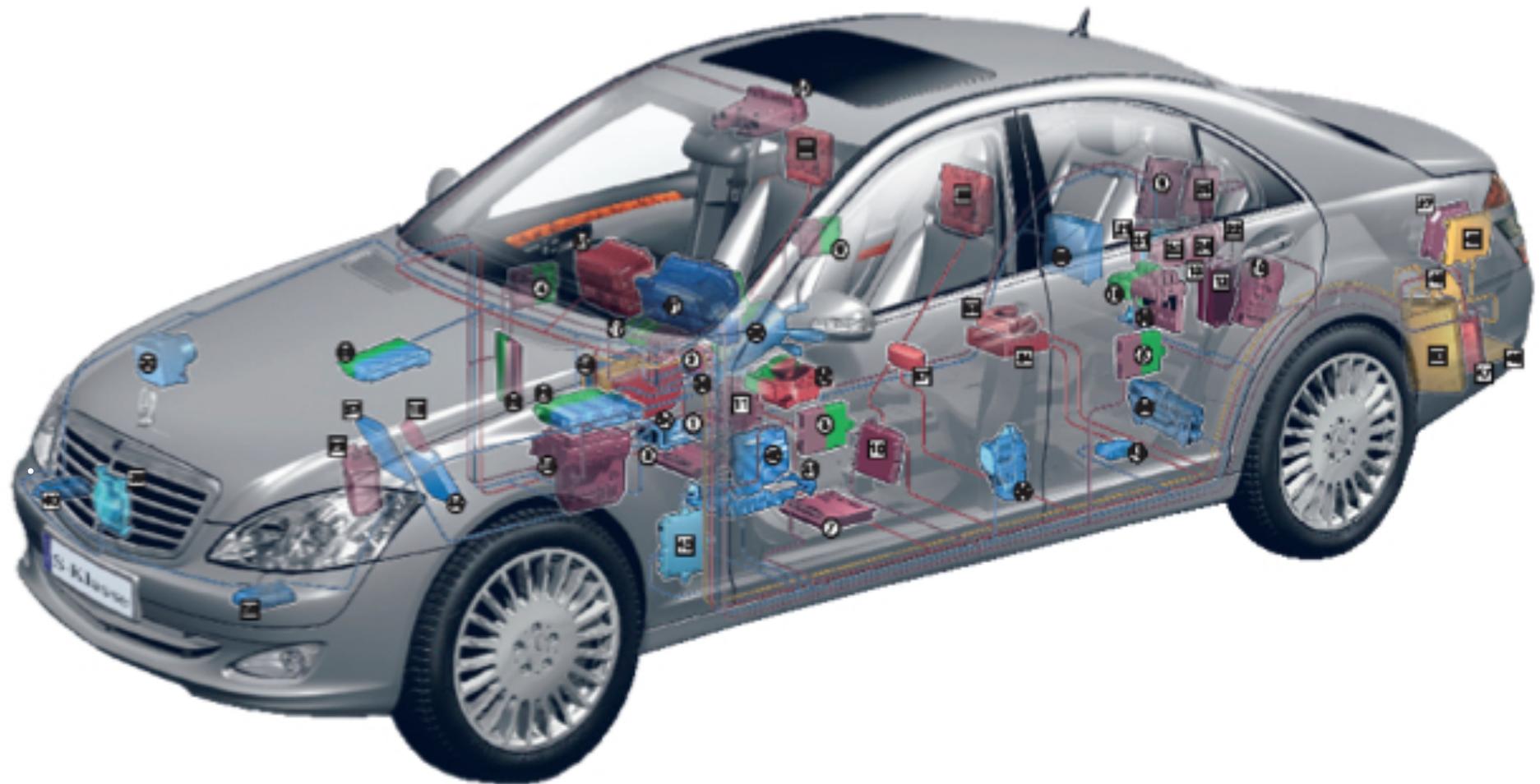
Source: Dr. Michael Reinfrank, Siemens VDO Automotive

- Heutige Fahrzeuge haben teilweise mehr als 50 Steuergeräte, die weit über 500.000 Zeilen Code enthalten. Über bis zu vier verschiedene Kommunikationsbusse gehen hunderte von Nachrichten und tausende von Signalen. Über zwei Drittel aller Innovationen im Automobil sind schon heute software-basiert, ein Anstieg der Softwareentwicklungskosten an den gesamten Entwicklungskosten von derzeit ca. 4% auf über 10% wird prognostiziert. Ein Automobil bündelt so auf 5x2m viele Fragestellungen der Informatik, insbesondere der Entwicklung komplexer und zuverlässiger Softwaresysteme.
- Die Vorlesung führt in die Grundlagen und Besonderheiten des Software-Engineerings für elektronische Systeme im Automobil ein:
  - Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern
  - Sehr hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit, Sicherheit (Safety und Security) sowie Echtzeitverhalten
  - Extreme Umweltbedingungen (mechanische Beanspruchung, Verbauraum, Temperatur, etc.)
  - Unterschiedliche Entwicklungs- und Lebenszyklen zwischen Produkt (Fahrzeug) und Software (Komponente)
  - Hoher Zeit- und Kostendruck mit vielen Änderungs- und Konfigurationsanforderungen
- Anhand zahlreicher Beispiele aus der Praxis werden die relevanten Entwicklungsprozesse und Modelle, Elektrik/Elektronik-Zielarchitekturen, Betriebssysteme und Bussysteme, Verfahren zum System- und Softwareentwurf inkl. der Unterstützungsprozesse und notwendiger Entwicklungswerkzeuge sowie relevante Normen und Standards vorgestellt.

- Heutige Fahrzeuge haben teilweise mehr als 50 Steuergeräte, die weit über 500.000 Zeilen Code enthalten. Über bis zu vier verschiedene Kommunikationsbusse gehen hunderte von Nachrichten und tausende von Signalen. Über zwei Drittel aller Innovationen im Automobil sind schon heute softwarebasiert, ein Anstieg der Softwareentwicklungskosten an den gesamten Entwicklungskosten von derzeit ca. 4% auf über 10% wird prognostiziert. Ein Automobil bündelt so auf 5x2m viele Fragestellungen der Informatik, insbesondere der Entwicklung komplexer und zuverlässiger Softwaresysteme.
- Die Vorlesung führt in die Grundlagen und Besonderheiten des Software-Engineerings für elektronische Systeme im Automobil ein:
  - Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern
  - Sehr hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit, Sicherheit (Safety und Security) sowie Echtzeitverhalten
  - Extreme Umweltbedingungen (mechanische Beanspruchung, Verbauplätze, Temperatur, etc.)
  - Unterschiedliche Entwicklungs- und Lebenszyklen zwischen Produkt (Fahrzeug) und Software (Komponente)
  - Hoher Zeit- und Kostendruck mit vielen Änderungs- und Konfigurationsanforderungen
- Anhand zahlreicher Beispiele aus der Praxis werden die relevanten Entwicklungsprozesse und Modelle, Elektrik/Elektronik-Zielarchitekturen, Betriebssysteme und Bussysteme, Verfahren zum System- und Softwareentwurf inkl. der Unterstützungsprozesse und notwendiger Entwicklungswerkzeuge sowie relevante Normen und Standards vorgestellt.

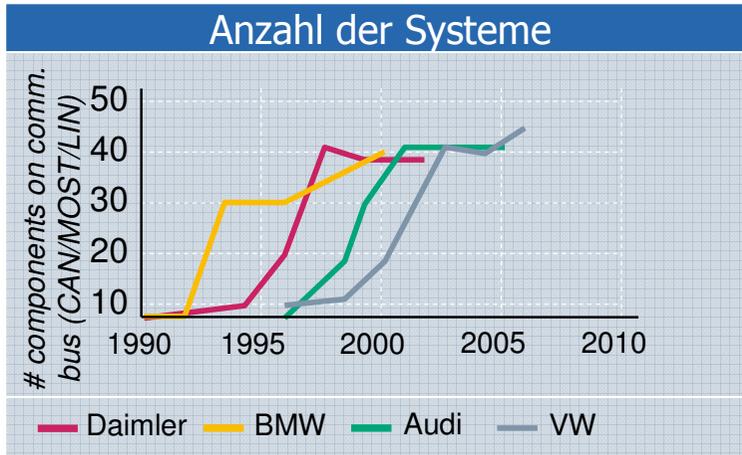


## Steigender Software Anteil

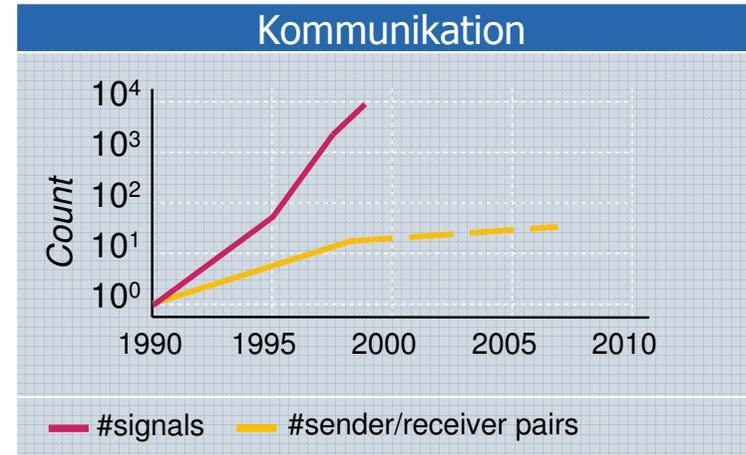


# Komplexitätskrise

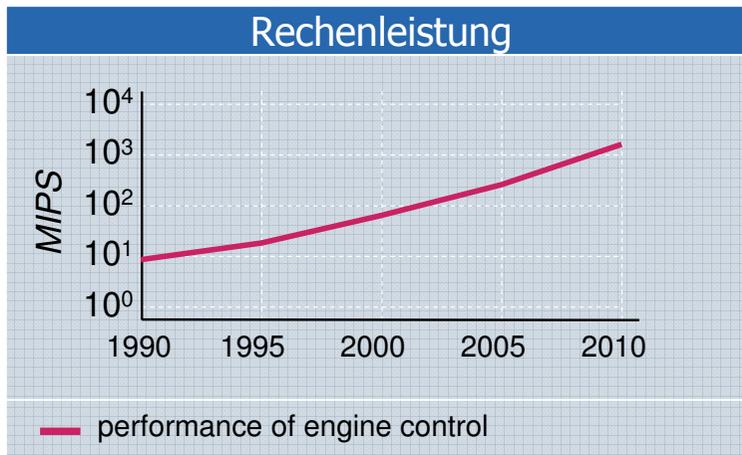
## Die Komplexität von E/E-Systemen im Automobil wächst zunehmend



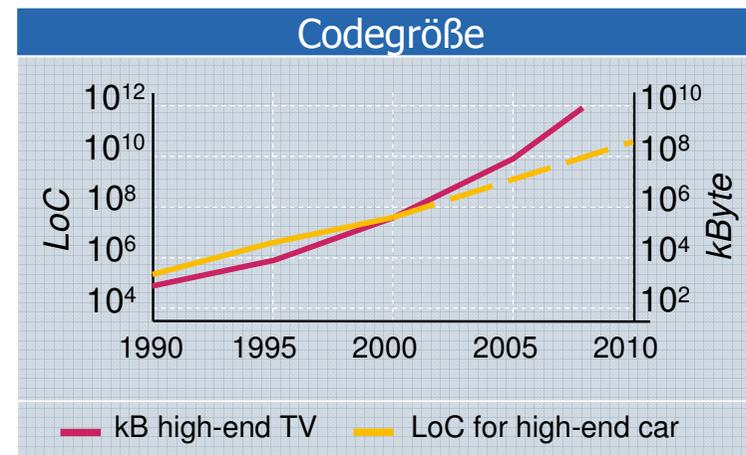
Quelle: VW 2005, Fachkongreß Automobil-Elektronik



Quelle: BMW, Frischkorn, BoCSE 2002



Quelle: NEC, 2006 (TOP57)



Quellen: Daimler-Chrysler 2004; Philips

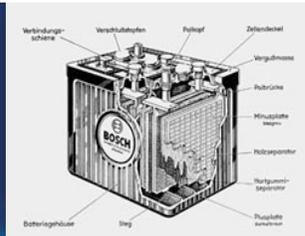
# Automotive Software Engineering Historie



1897  
Bosch  
Magnet Ignition



1913  
Lighting System



1922/27  
Battery



1930/32:  
Radio



1936: Diesel Injection



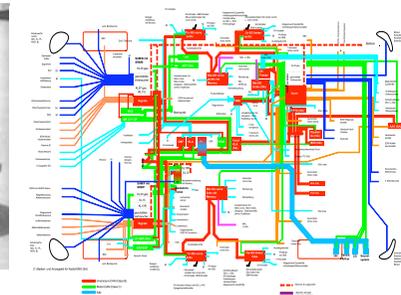
1950: Direct  
Gasoline Injection



1967: First Electronic  
Gasoline Injection



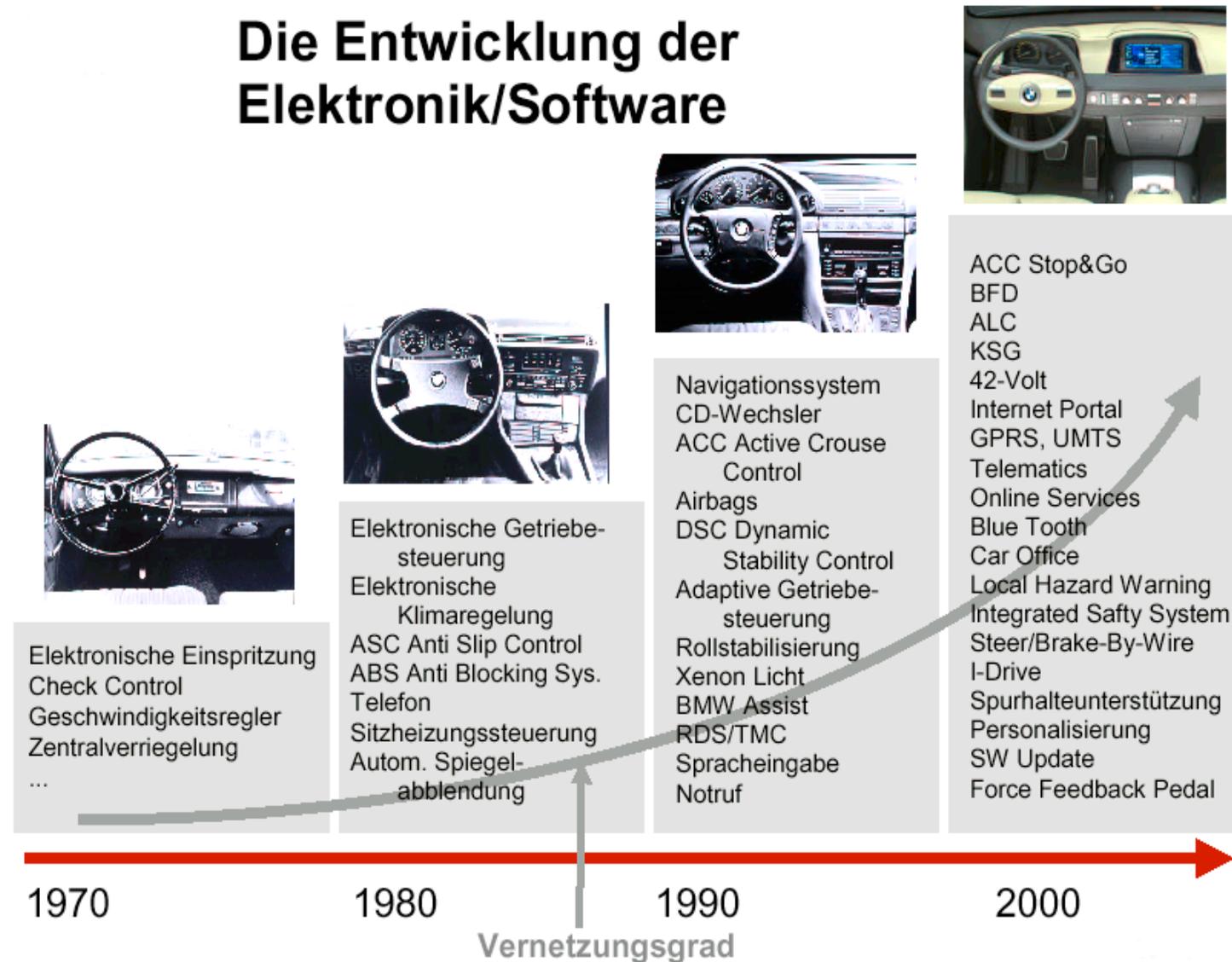
1979: First Integrated Engine  
Management System (BMW 732i)



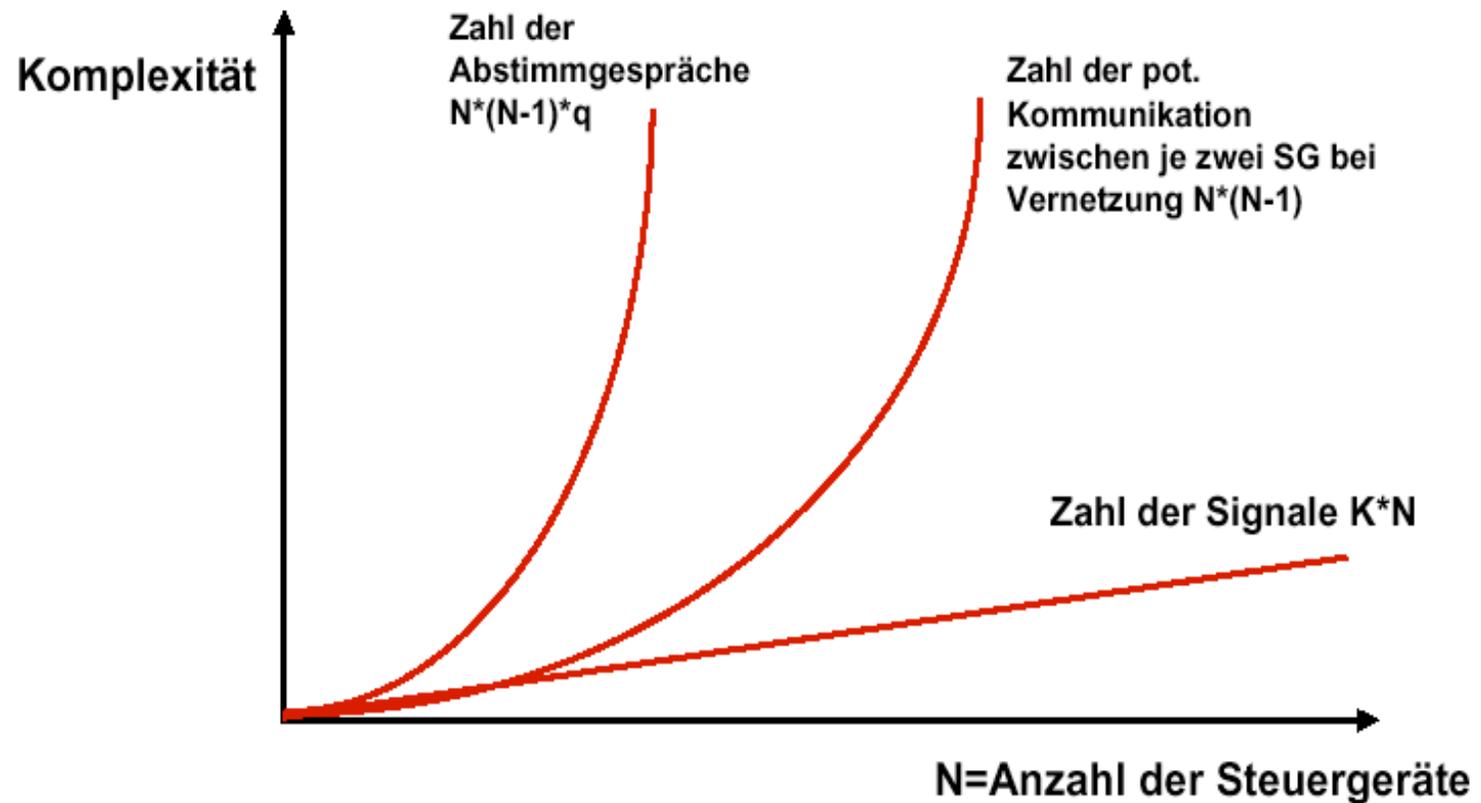
Networking  
1991 CAN Bus System  
2001 MOST

Kfz-Elektroniksysteme waren schon immer verteilt, jetzt sind sie zudem vernetzt

## Die Entwicklung der Elektronik/Software

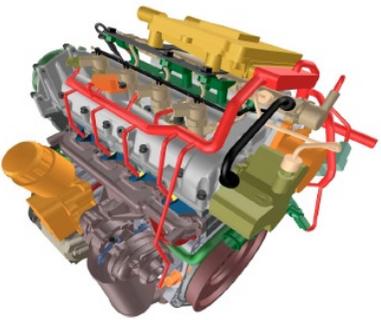
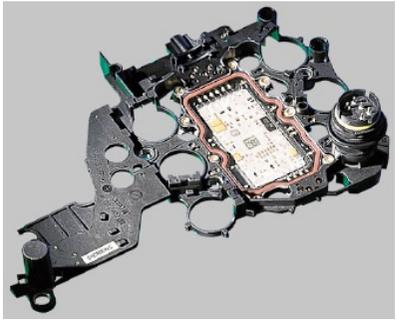


## Entwicklung der Komplexität



# Extreme Umweltbedingungen (mechanische Beanspruchung, Verbaauraum, Temperatur, etc.)



|   |   |   |
|---|---|---|
|    |   |    |
| <p><b>Motorsteuerung</b></p> <p>heute:<br/>Temperatur (Umgebung)<br/>105°C</p> <p>Zukunft:<br/>ca. 125°C<br/>ca. 15 – 20g</p> | <p><b>Getriebesteuerung</b></p> <p>heute:<br/>Temperaturanforderungen<br/>(Umgebung)<br/>125°C Dauer<br/>140°C &lt; 100 Stunden</p> <p>Zukunft:<br/>bis ca. 160°C</p> | <p><b>Starter-Generator</b></p> <p>Zukunft:<br/>Maximaler Strom bei Kaltstart:<br/>400A<br/>Kühlwassertemperatur<br/>105°C Dauer<br/>128°C kurzzeitig</p> |

Quelle: ITG-Positionspapier Kfz-Anforderungen an Elektronik-Bauelemente

Extreme Umweltbedingungen (mechanische Beanspruchung, Verbauraum, Temperatur, etc.)



| Bauraum             |                    | Temperatur |       |
|---------------------|--------------------|------------|-------|
|                     |                    | Min.       | Max.  |
| <b>Motorraum</b>    | Drosselklappe      | -40°C      | 204°C |
|                     | Ansaugrohr         | -40°C      | 121°C |
|                     | Spritzwand         | -40°C      | 141°C |
| <b>Fahrwerk</b>     | Isolierte Bereiche | -40°C      | 84°C  |
|                     | An Wärmequellen    | -40°C      | 121°C |
|                     | Am Triebstrang     | -40°C      | 177°C |
| <b>Außenbereich</b> | Beliebig           | -40°C      | 113°C |
| <b>Innenraum</b>    | Armaturenbrett     | -40°C      | 84°C  |
|                     | Dachhimmel         | -40°C      | 113°C |
| <b>Kofferraum</b>   | Beliebig           | -40°C      | 84°C  |

Extremtemperaturen klassifiziert nach Einbauräumen gemäß SAE Standard J1211

Quelle: ITG-Positionspapier Kfz-Anforderungen an Elektronik-Bauelemente

## Extreme Umweltbedingungen (mechanische Beanspruchung, Verbaauraum, Temperatur, etc.)



- Was hat das mit Softwareentwicklung zu tun?



## Unterschiedliche Entwicklungs- und Lebenszyklen zwischen Produkt (Fahrzeug) und Software (Komponente)



## Unterschiedliche Entwicklungs- und Lebenszyklen zwischen Produkt (Fahrzeug) und Software (Komponente)



Hoher Zeit- und Kostendruck mit vielen Änderungs- und Konfigurationsanforderungen



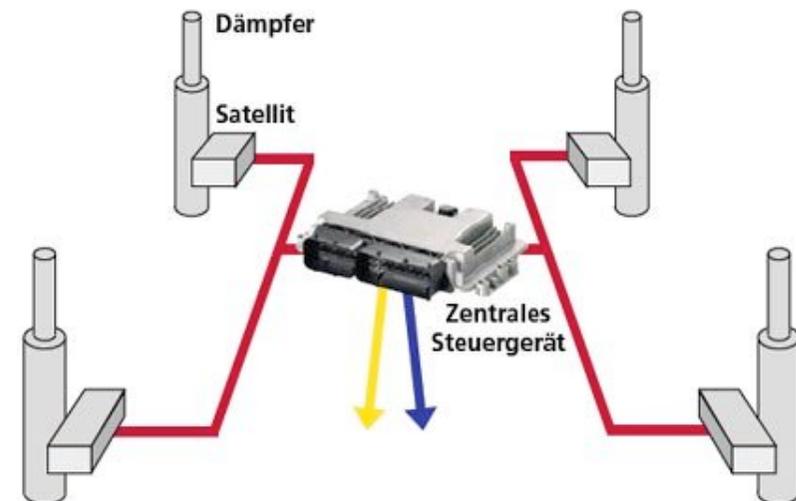


Umfangreiche  
Bedienungsanleitungen

## Beispiele für Softwaregesteuerte Funktionen



- Individuelles Ansteuern der 4 Räder
- Beschleunigen
- Bremsen
- Dämpfungscharakteristik



## Untersteuern und Übersteuern

- Beim "Untersteuern" schiebt das Auto, trotz eingelenkter Vorderräder, geradeaus aus der Kurve, ohne dem Lenkeinschlag zu folgen.
- Beim "Übersteuern" schwingt das Heck des Autos in Richtung der Kurvenaußenseite, somit steuert das Auto mehr in die Kurve ein als dies notwendig wäre - es "übersteuert". Dies ist eine Eigenheit heckgetriebener Autos - in früheren Zeiten auch als "Heckschleuder" bezeichnet.
- <http://www.motorgraf.at/wissen/schleudern.htm>
- Zum Merken: Untersteuern bedeutet zu wenig Kurvenradius, Übersteuern zu viel Kurvenradius. Oder, um es mit den Worten eines zweimaligen Rallye-Weltmeisters zu sagen: "Wennst den Baum siehst, in den Du reinfährst, hast Untersteuern. Wennst ihn nur hörst, hast Übersteuern."
- <http://www.autobild.de/lexikon/untersteuern-221755.html>
- <http://www.kfztech.de/kfztechnik/sicherheit/ESP.htm>



■ Abbildung: Bosch

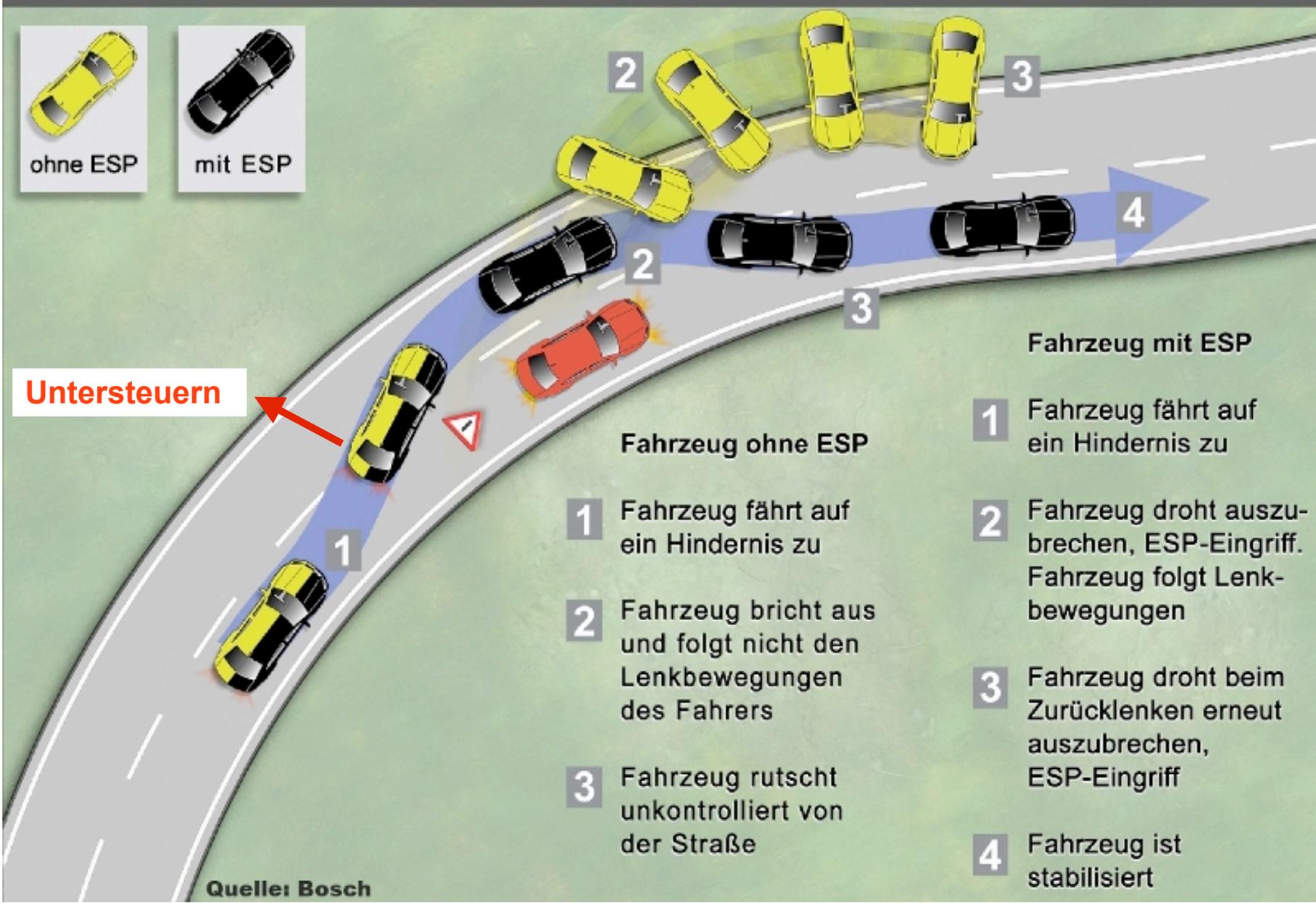
# Kritisches Ausweichmanöver mit / ohne ESP



# Kritisches Ausweichmanöver mit / ohne ESP



**Untersteuern**



## Fahrzeug ohne ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug bricht aus und folgt nicht den Lenkbewegungen des Fahrers
- 3 Fahrzeug rutscht unkontrolliert von der Straße

## Fahrzeug mit ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug droht auszubrechen, ESP-Eingriff. Fahrzeug folgt Lenkbewegungen
- 3 Fahrzeug droht beim Zurücklenken erneut auszubrechen, ESP-Eingriff
- 4 Fahrzeug ist stabilisiert

Quelle: Bosch

# Kritisches Ausweichmanöver mit / ohne ESP



Bremseingriff  
hinten links  
Untersteuern



## Fahrzeug ohne ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug bricht aus und folgt nicht den Lenkbewegungen des Fahrers
- 3 Fahrzeug rutscht unkontrolliert von der Straße

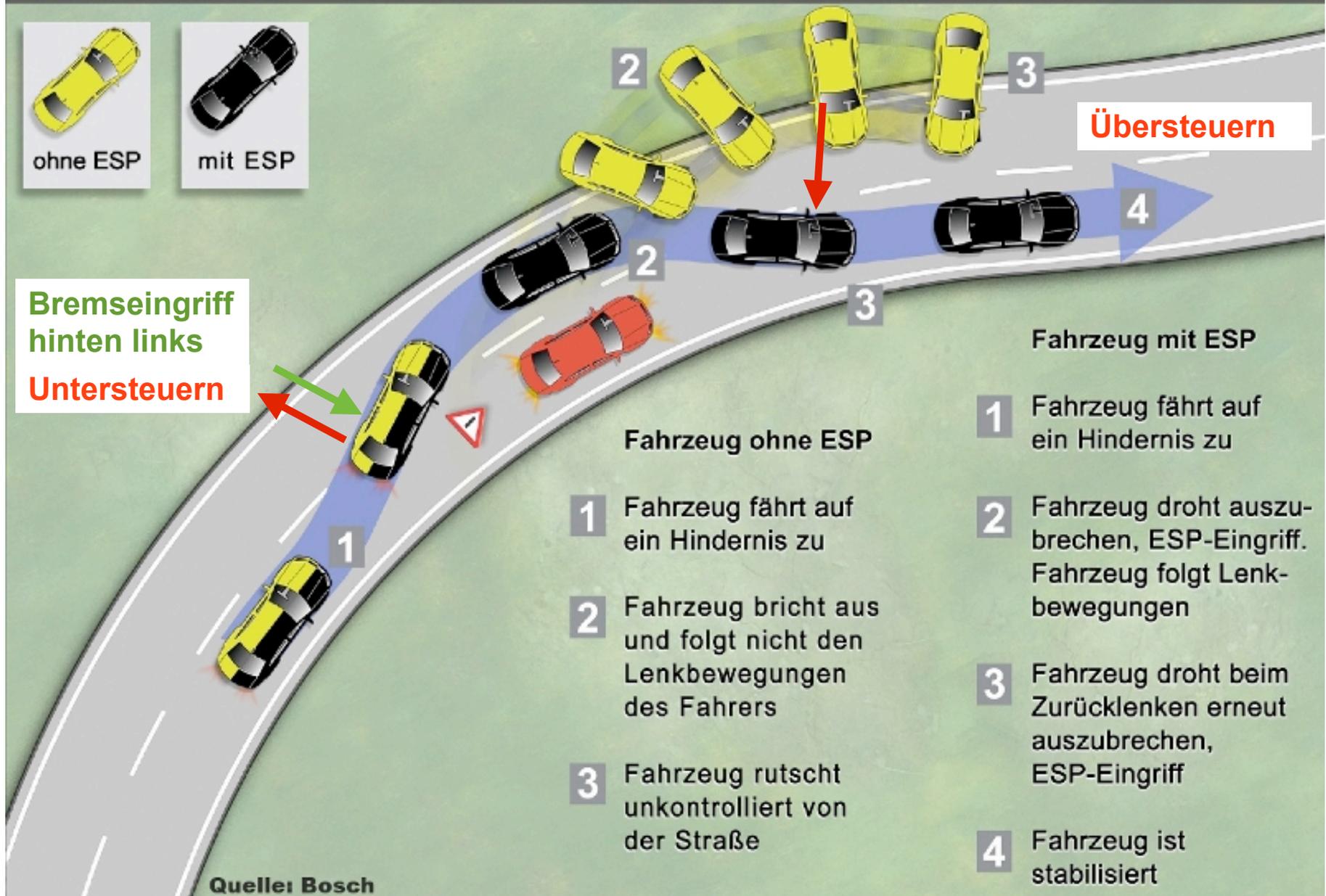
## Fahrzeug mit ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug droht auszubrechen, ESP-Eingriff. Fahrzeug folgt Lenkbewegungen
- 3 Fahrzeug droht beim Zurücklenken erneut auszubrechen, ESP-Eingriff
- 4 Fahrzeug ist stabilisiert

# Kritisches Ausweichmanöver mit / ohne ESP



Bremseingriff  
hinten links  
Untersteuern



## Fahrzeug ohne ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug bricht aus und folgt nicht den Lenkbewegungen des Fahrers
- 3 Fahrzeug rutscht unkontrolliert von der Straße

## Fahrzeug mit ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug droht auszubrechen, ESP-Eingriff. Fahrzeug folgt Lenkbewegungen
- 3 Fahrzeug droht beim Zurücklenken erneut auszubrechen, ESP-Eingriff
- 4 Fahrzeug ist stabilisiert

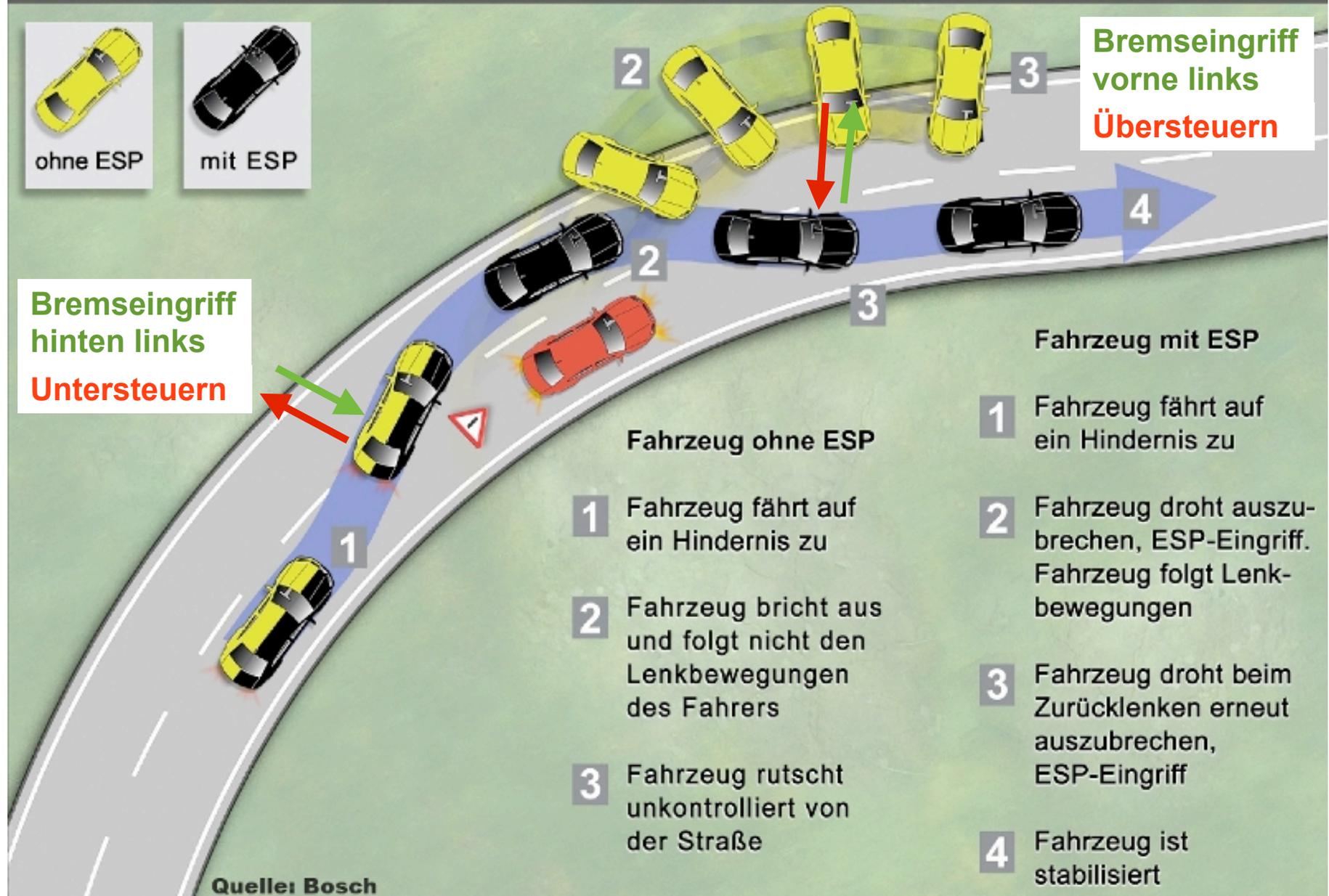
Quelle: Bosch

# Kritisches Ausweichmanöver mit / ohne ESP



Bremseingriff  
hinten links  
Untersteuern

Bremseingriff  
vorne links  
Übersteuern



## Fahrzeug ohne ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug bricht aus und folgt nicht den Lenkbewegungen des Fahrers
- 3 Fahrzeug rutscht unkontrolliert von der Straße

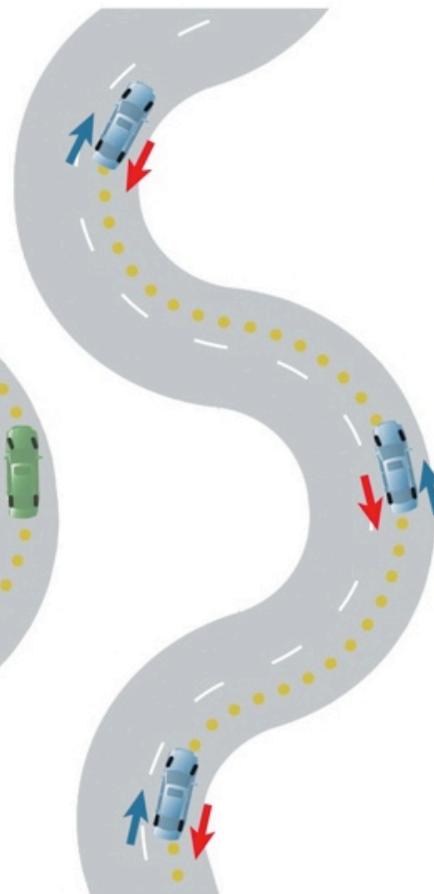
## Fahrzeug mit ESP

- 1 Fahrzeug fährt auf ein Hindernis zu
- 2 Fahrzeug droht auszubrechen, ESP-Eingriff. Fahrzeug folgt Lenkbewegungen
- 3 Fahrzeug droht beim Zurücklenken erneut auszubrechen, ESP-Eingriff
- 4 Fahrzeug ist stabilisiert

Quelle: Bosch

ESP® ohne DWT-B

ESP® mit DWT-B



**3** Antriebsmoment am linken Hinterrad erhöht, rechtes Hinterrad wird abgebremst – geringerer Lenkeinschlag, verbesserte Fahrlinie

**2** Antriebsmoment am rechten Hinterrad erhöht, linkes Hinterrad wird abgebremst – geringerer Lenkeinschlag

**1** Antriebsmoment am linken Hinterrad erhöht, rechtes Hinterrad wird abgebremst – geringerer Lenkeinschlag

• • Fahrlinie

← Bremseingriff

→ erhöhtes Antriebsmoment

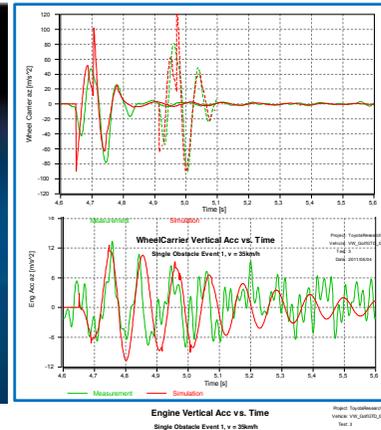
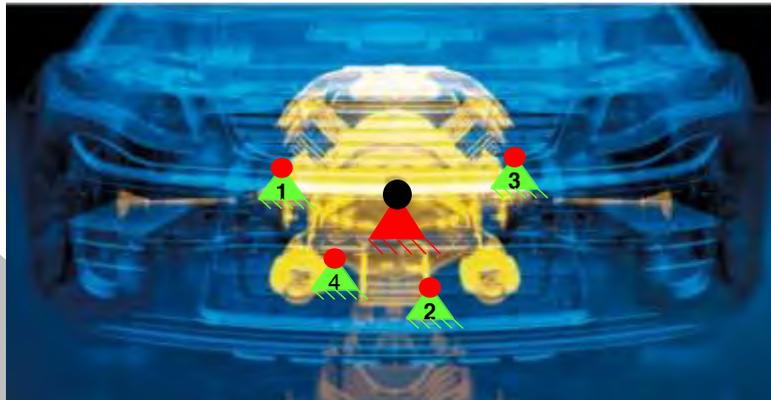


Elastically Mounted Engine



## Elastically Mounted Engine

- **4 single** engine / powertrain mounts with force vectors (tx,ty,tz)
- or **1 generalized** engine mount 5 DOF with force/damper element
- Linear / non-linear spring damper elements
- Model interface to mount models such as “Pfeffer Engine Mount Model”



IPG Automotive GmbH

08.03.2012 | 32

Beispiel: Bewegen des Heckmotors bei schneller enger Kurvenfahrt führt zu Übersteuern

Gegenmassnahme: Gezielte Eingriffe in Dämpfung und/oder Bremse



Elastically Mounted Engine



## Benefits and Applications of Elastically Mounted Engine

- Realistic body dynamics

### Applications

- Impact of engine movement to handling behavior
- Ride & comfort investigations
- Drivability evaluation
- Engine & top mount optimization
- Dynamic clearance analysis (digital mock-up) of engine & axillaries



IPG Automotive GmbH

08.03.2012 | 34

## Simulation

## Realisierung als Software-Funktion

# 1. Motivation und Überblick

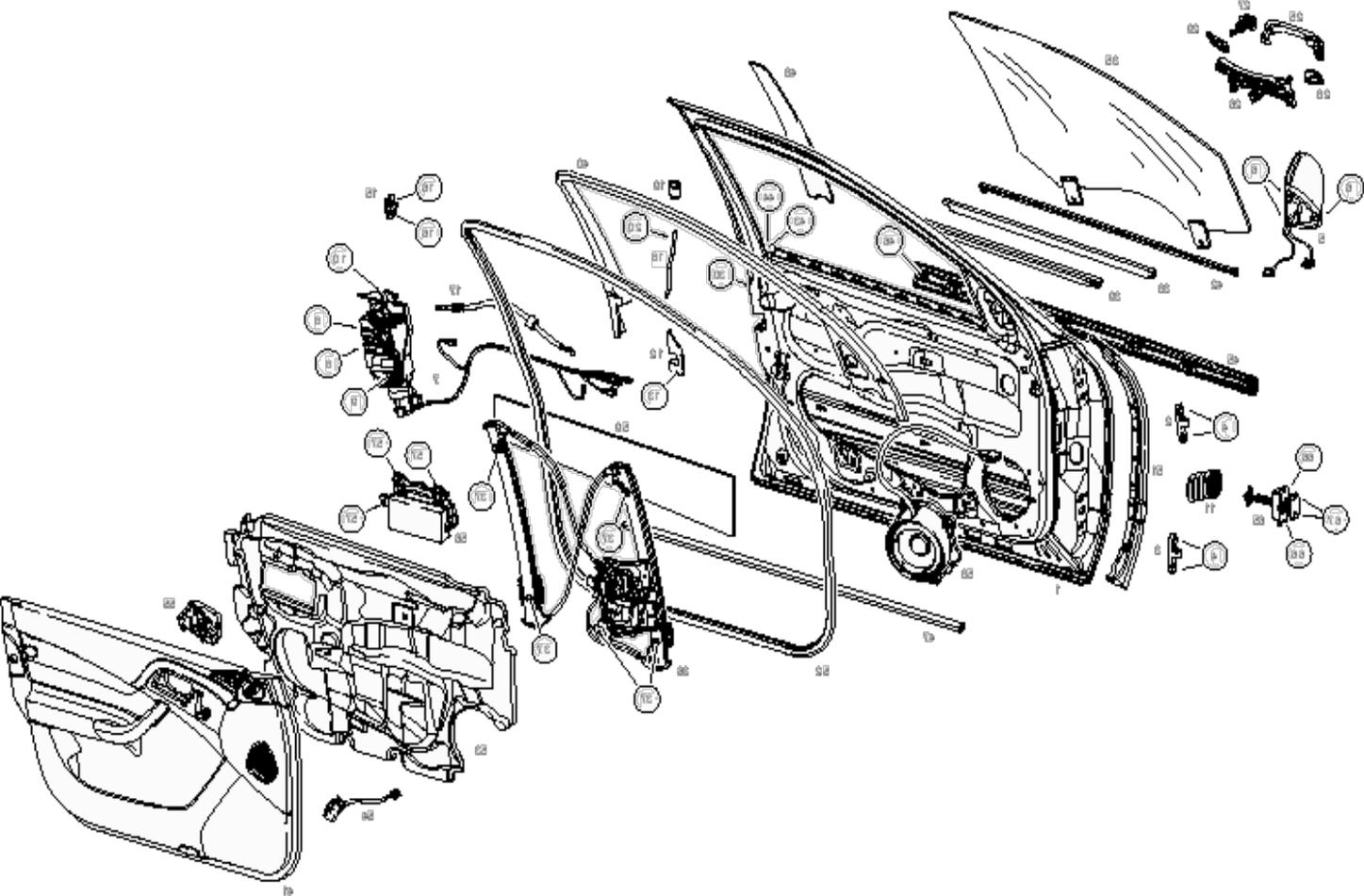
1. Motivation Automotive Software Engineering

**2. Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:  
Beispiel Türsteuerung**

3. GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering

4. Lehrveranstaltungen

# 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
  - Fensterheber, Spiegel
- Realisierung der Funktionen über Mechanik
  - Keine Kabel
  - Kein Strom
    - Keine Energieübertragung
    - Keine Informationsübertragung
  - Keine Software

## 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
- Aussenspiegel verstellbar und heizbar, Blinker integriert
- Seitenairbag
- Lautsprecher
- Ausstiegsbeleuchtung
- Sitzverstellung (Alternativ: Am Sitz)
- Sitzheizung (Alternativ: Mittelkonsole)

## Türsteuerung: Standard heute (Mittelklasse)



- 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

## Details



# Betriebsanleitung interaktiv Tür-Bedieneinheit



- <http://www4.mercedes-benz.com/manual-cars/ba/cars/221/de/overview/tuerbedieneinheit.html>

The screenshot shows the Mercedes-Benz website interface. At the top left is the Mercedes-Benz logo and the text 'Mercedes-Benz'. To the right are links for 'TechCenter' and 'Kontakt'. Below the logo is a navigation menu with 'Startseite', 'Überblick', 'Erleben', 'Transparent', and 'Vertiefen'. On the right side, it says 'Betriebsanleitung Interaktiv' and 'S-Klasse'. The main heading is 'Tür-Bedieneinheit'. On the left is a table of contents with a tree view:

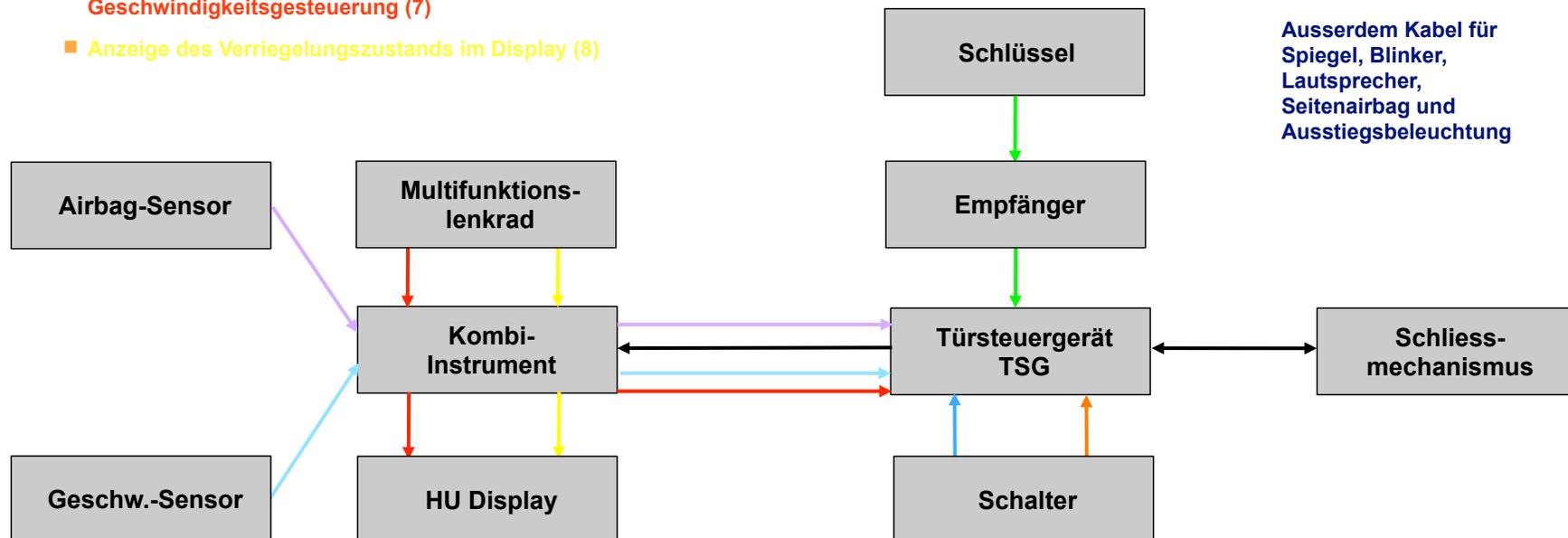
|                                      |
|--------------------------------------|
| > Außen                              |
| ▼ Innen                              |
| > Tür-Bedieneinheit                  |
| > Multifunktions-Lenkrad             |
| > Rund ums Lenkrad                   |
| > Kombi-Instrument                   |
| > Dach-Bedieneinheit                 |
| > Klimatisierungsautomatik           |
| > COMAND                             |
| > Mittelkonsole unten                |
| > Sitze und Ablagen                  |
| > PRO-SAFE-5P-Sicherheitsphilosophie |

In the center is a photograph of the interior door control panel with blue circles highlighting various buttons and controls. At the bottom of the page is a footer with links for 'Sprache wechseln', 'Sitemap', '© 2011. Daimler AG. Alle Rechte vorbehalten (Anbieter)', 'Cookies', 'Datenschutz', and 'Rechtliche Hinweise'.

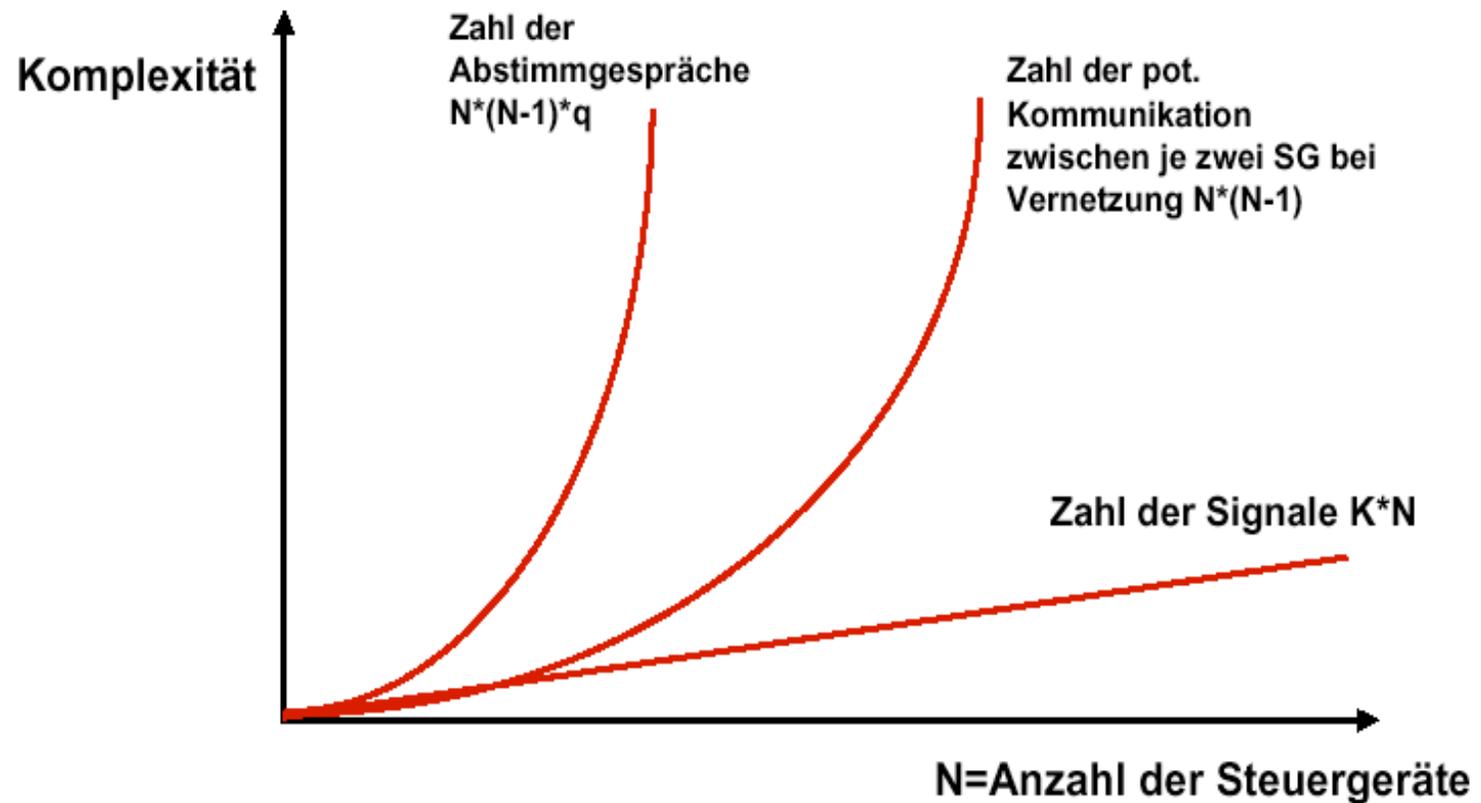
# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



- 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)



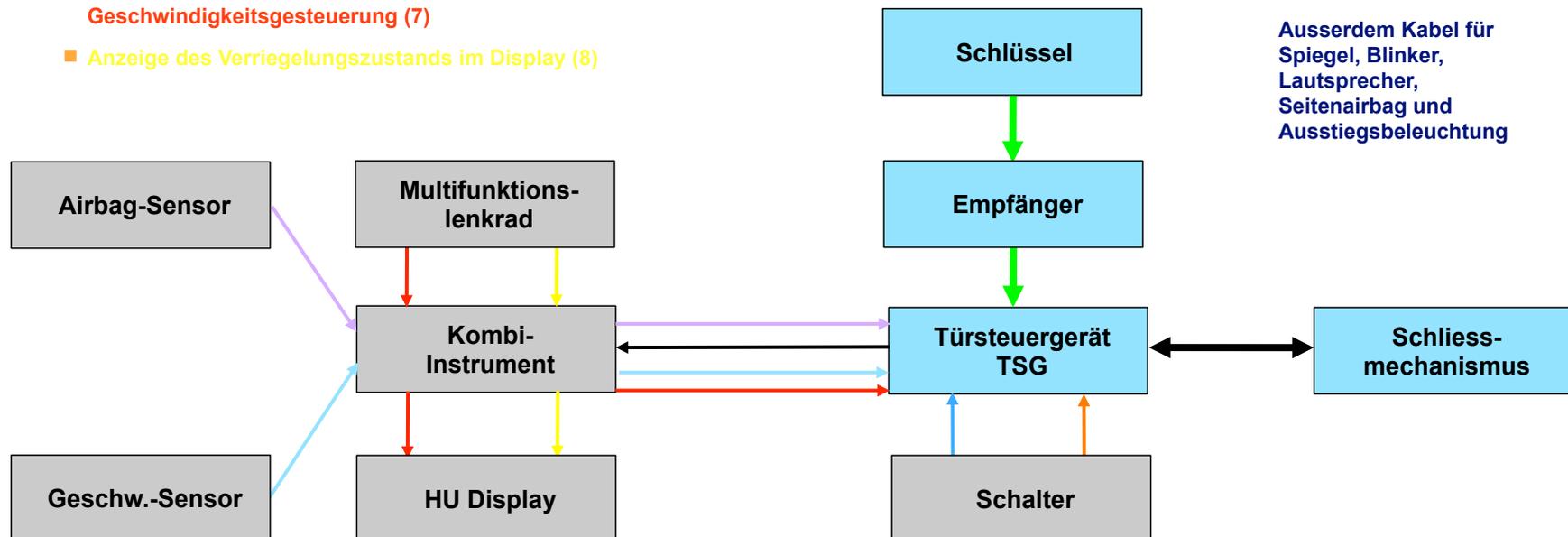
## Entwicklung der Komplexität



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



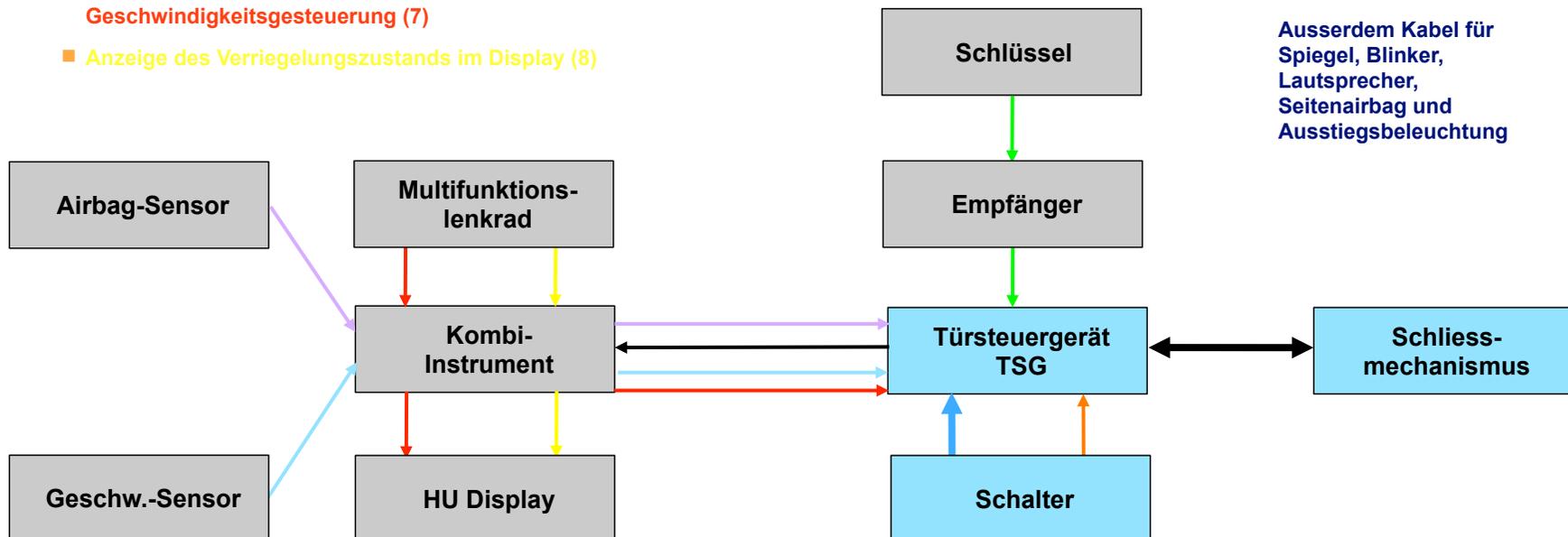
- Funktion "Tür entriegeln"
  - → Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



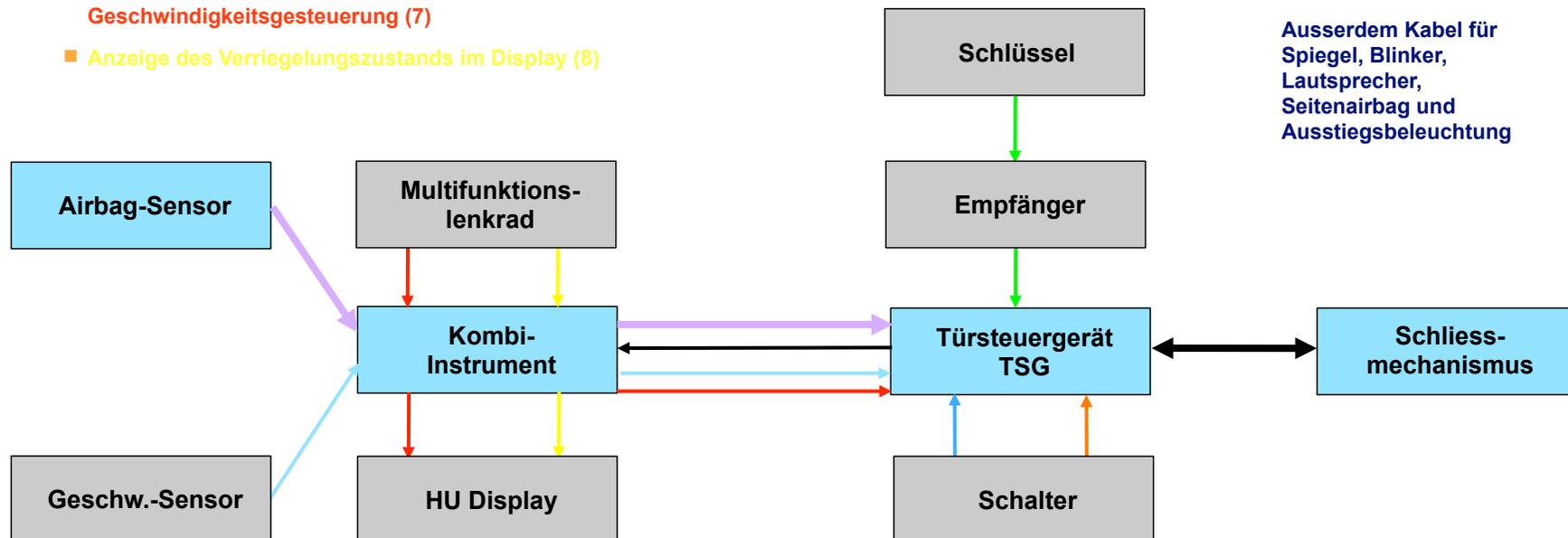
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - → Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



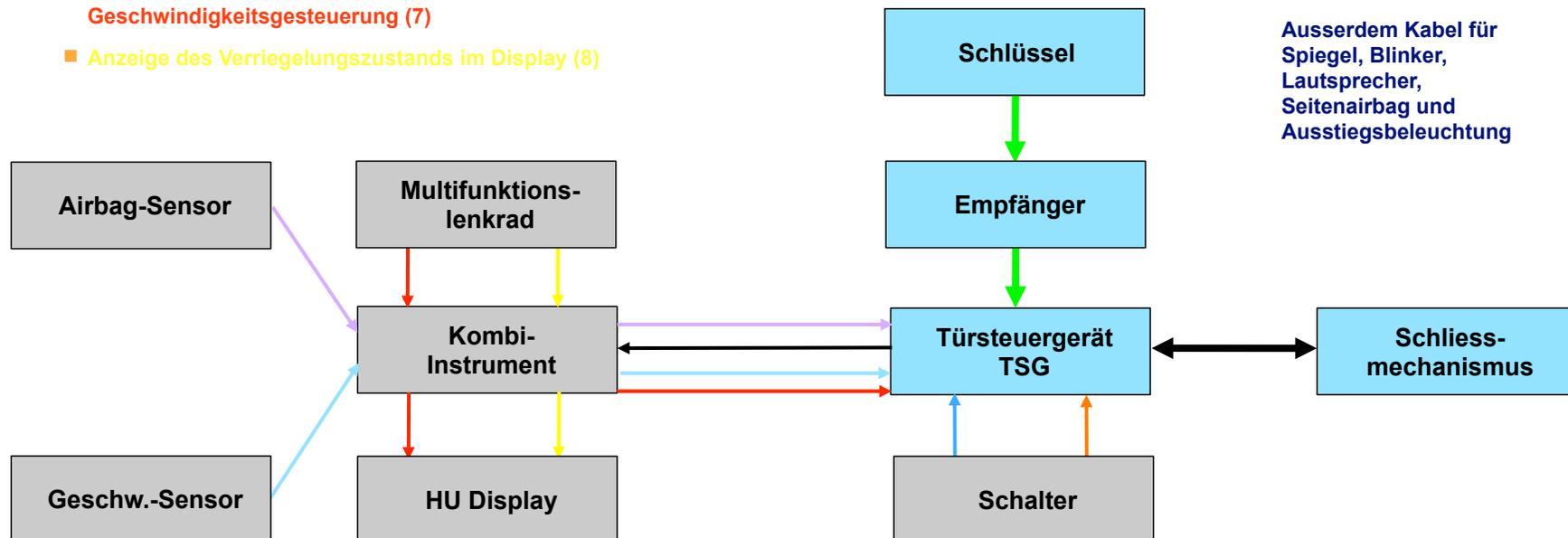
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - → Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



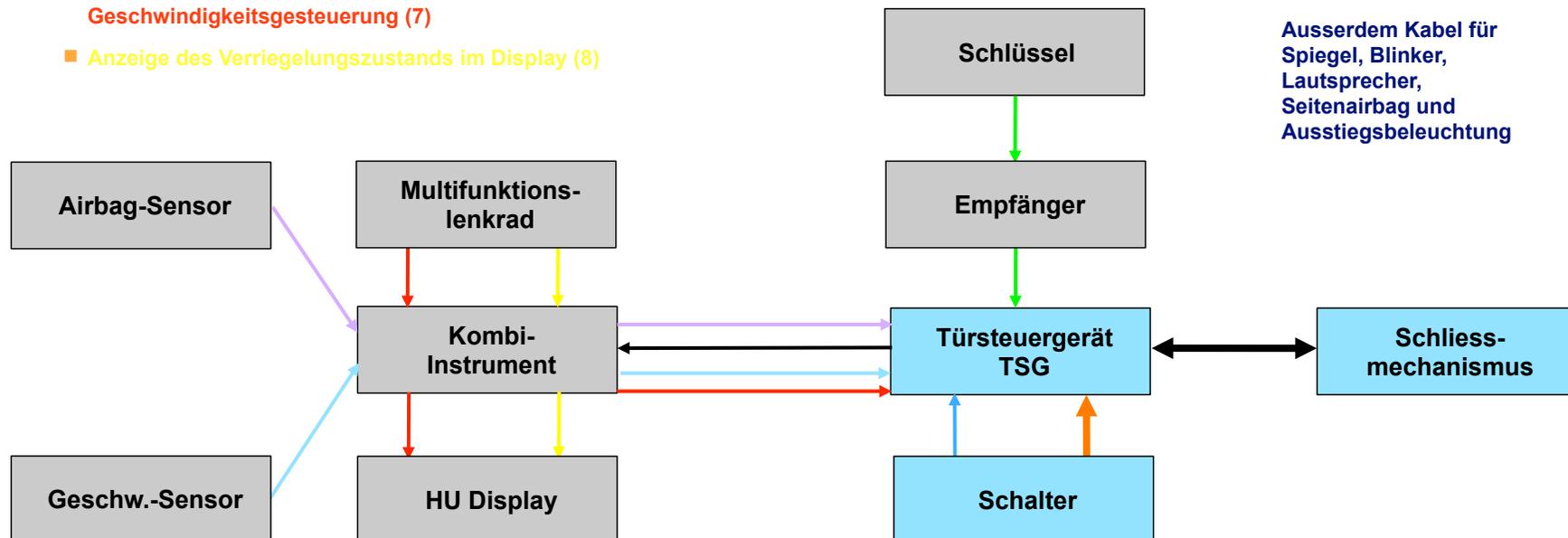
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - ↔ Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



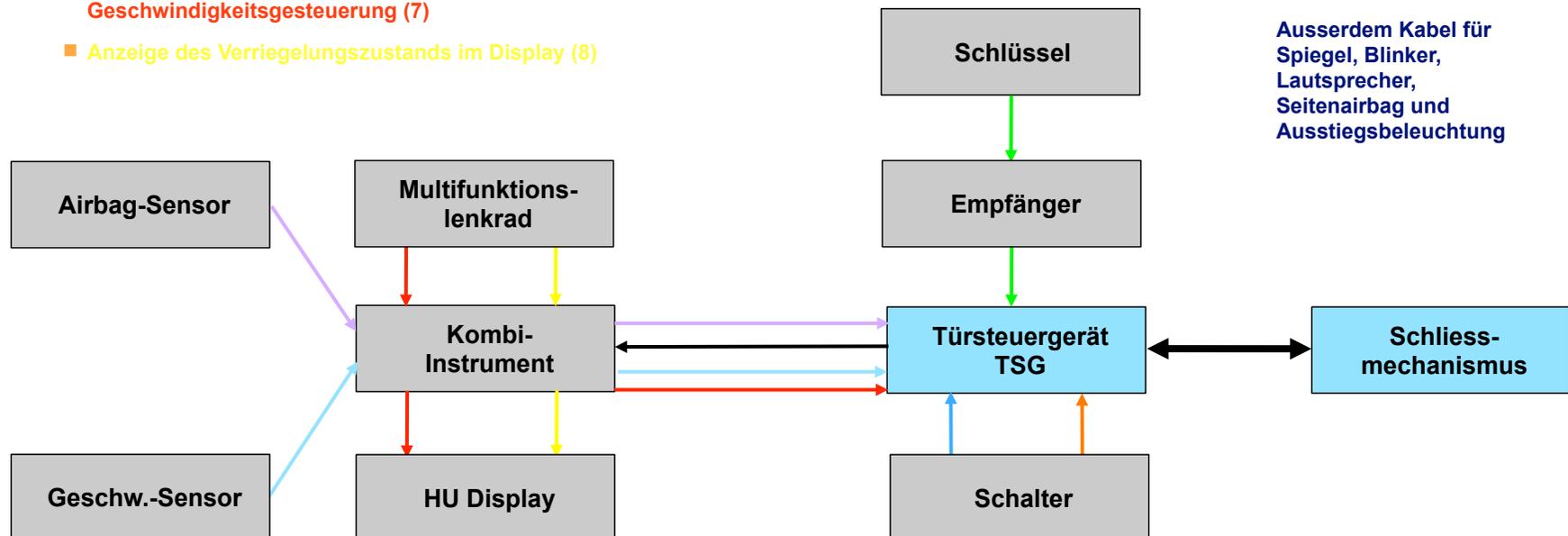
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - ↔ Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



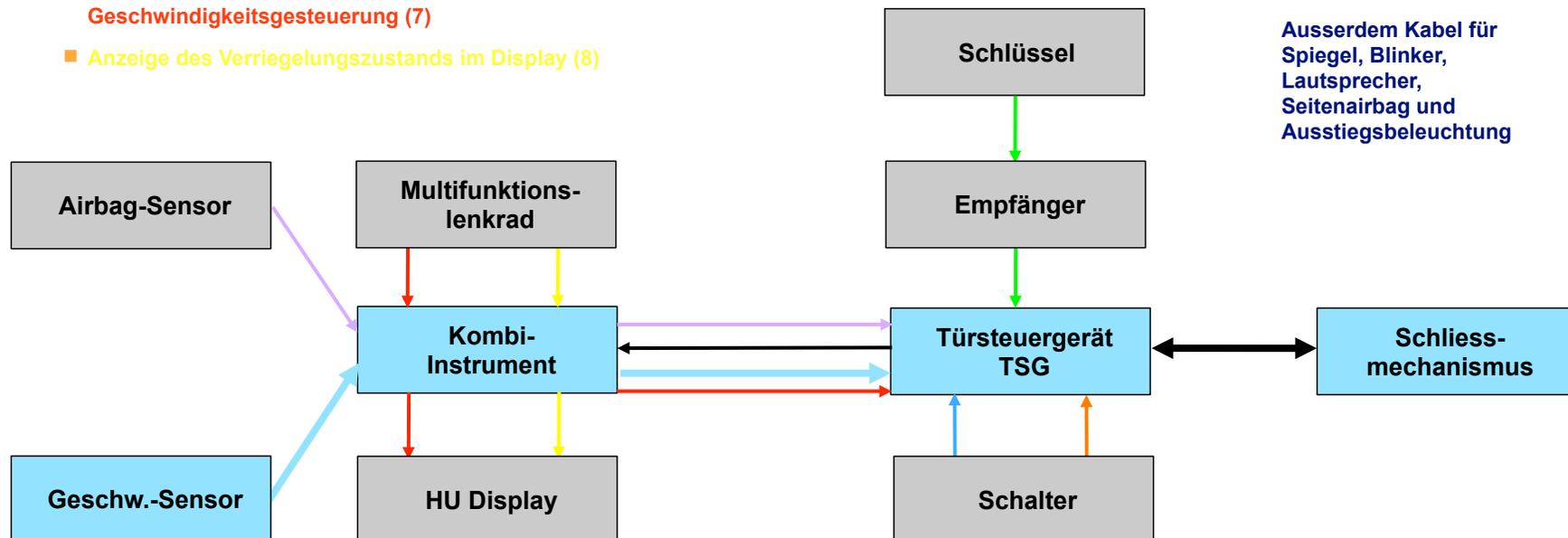
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5) ⇔ Telematik, hier nicht aufgeführt
 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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



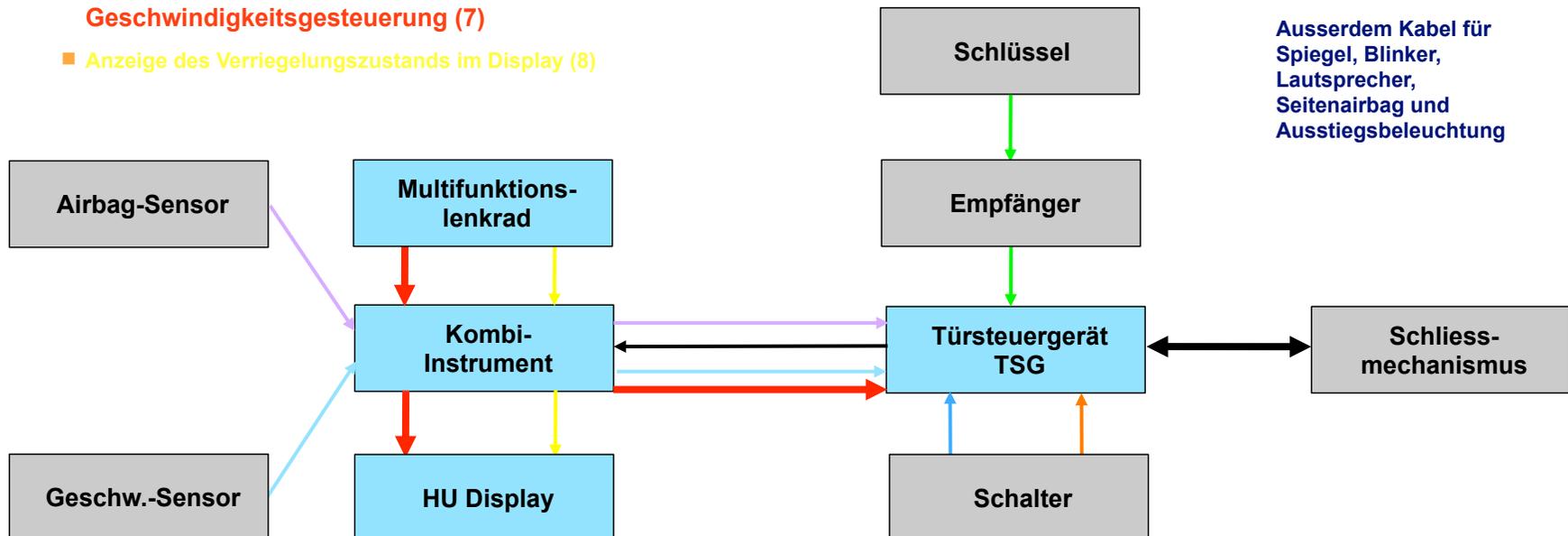
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - → Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



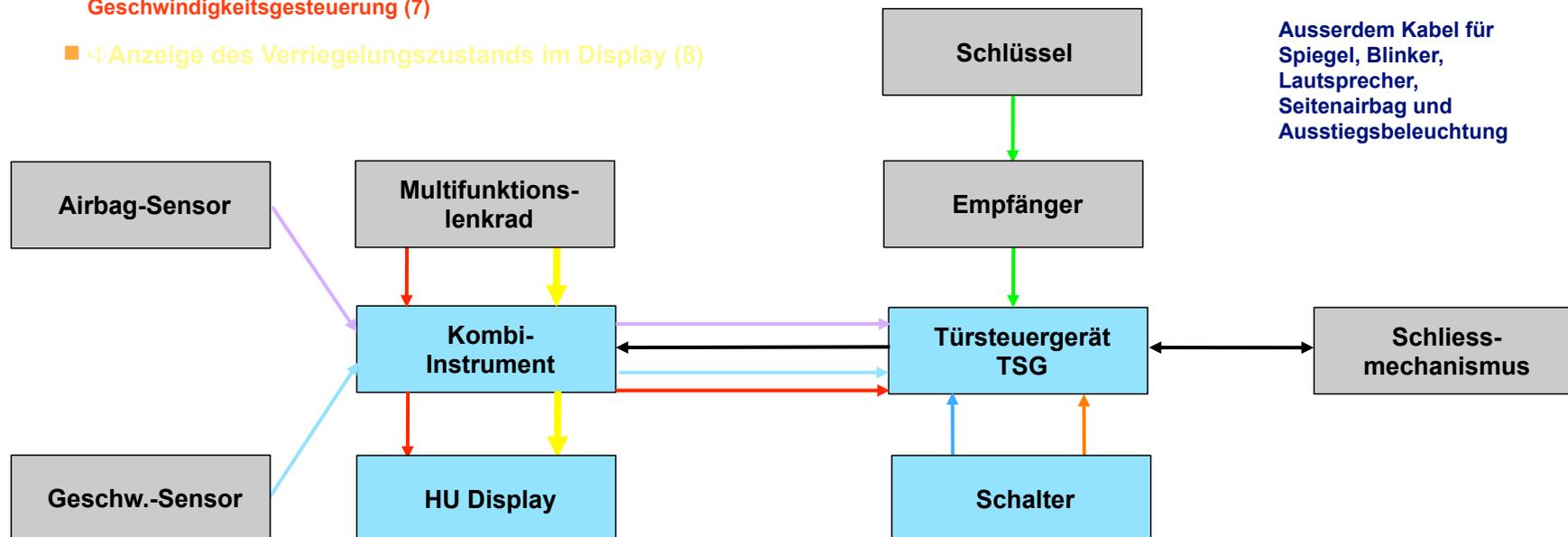
- Funktion "Tür entriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (2)
  - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
  - Von aussen über Funkschlüssel (1)
  - Von innen über Schalter (4)
  - Von innen zeitgesteuert (5)
  - Von innen geschwindigkeitsgesteuert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



# 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)



# Das Türsteuergerät – eine Beispielspezifikation



**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

|   |           |
|---|-----------|
| <b>0 Überblick</b>                                    | <b>5</b>  |
| 0.1 Aufbau des Dokuments . . . . .                    | 5         |
| 0.2 Hinweise zur Notation . . . . .                   | 5         |
| <b>1 Allgemeines</b>                                  | <b>6</b>  |
| 1.1 Absatzmarkt . . . . .                             | 6         |
| 1.2 Entwicklungsablauf . . . . .                      | 6         |
| 1.3 Dokumentation . . . . .                           | 6         |
| 1.4 Mitgeltende Unterlagen . . . . .                  | 7         |
| 1.5 Produktion . . . . .                              | 7         |
| <b>2 Überblick</b>                                    | <b>8</b>  |
| 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        |
| <b>3 Komponentenbeschreibung</b>                      | <b>11</b> |
| 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        |
| <b>4 CAN-Kommunikation</b>                            | <b>22</b> |
| <b>5 Konfigurierbarkeit</b>                           | <b>26</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6 Funktionen</b>                               | <b>27</b> |
| 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 Innenraumbelichtung . . . . .                 | 42        |
| 6.8 Außenspiegeleinstellung . . . . .             | 44        |
| 6.9 Diagnose . . . . .                            | 46        |
| 6.10 Fehlerspeicher und -codes . . . . .          | 47        |
| <b>7 Physikalische Spezifikation</b>              | <b>48</b> |
| 7.1 Einsatzprofil . . . . .                       | 48        |
| 7.2 Elektromagnetische Verträglichkeit . . . . .  | 48        |
| 7.3 Physikalische Eigenschaften . . . . .         | 48        |
| 7.4 Lagerfähigkeit . . . . .                      | 48        |
| <b>8 Glossar</b>                                  | <b>49</b> |

## 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)

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.
- *Innenraumbelichtung*  
Beleuchtung des Fahrzeuginnenen als Hilfe beim Ein- und Aussteigen.
- *Außenspiegeleinstellung*  
Verstellen der Außenspiegel entlang einer horizontalen und einer vertikalen Achse.

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 Fahrzeuginnenen als Hilfe beim Ein- und Aussteigen.
- *Außenspiegeleinstellung*  
Verstellen der Außenspiegel entlang einer horizontalen und einer vertikalen Achse.



Geschwindigkeit  
Airbag  
Schalter

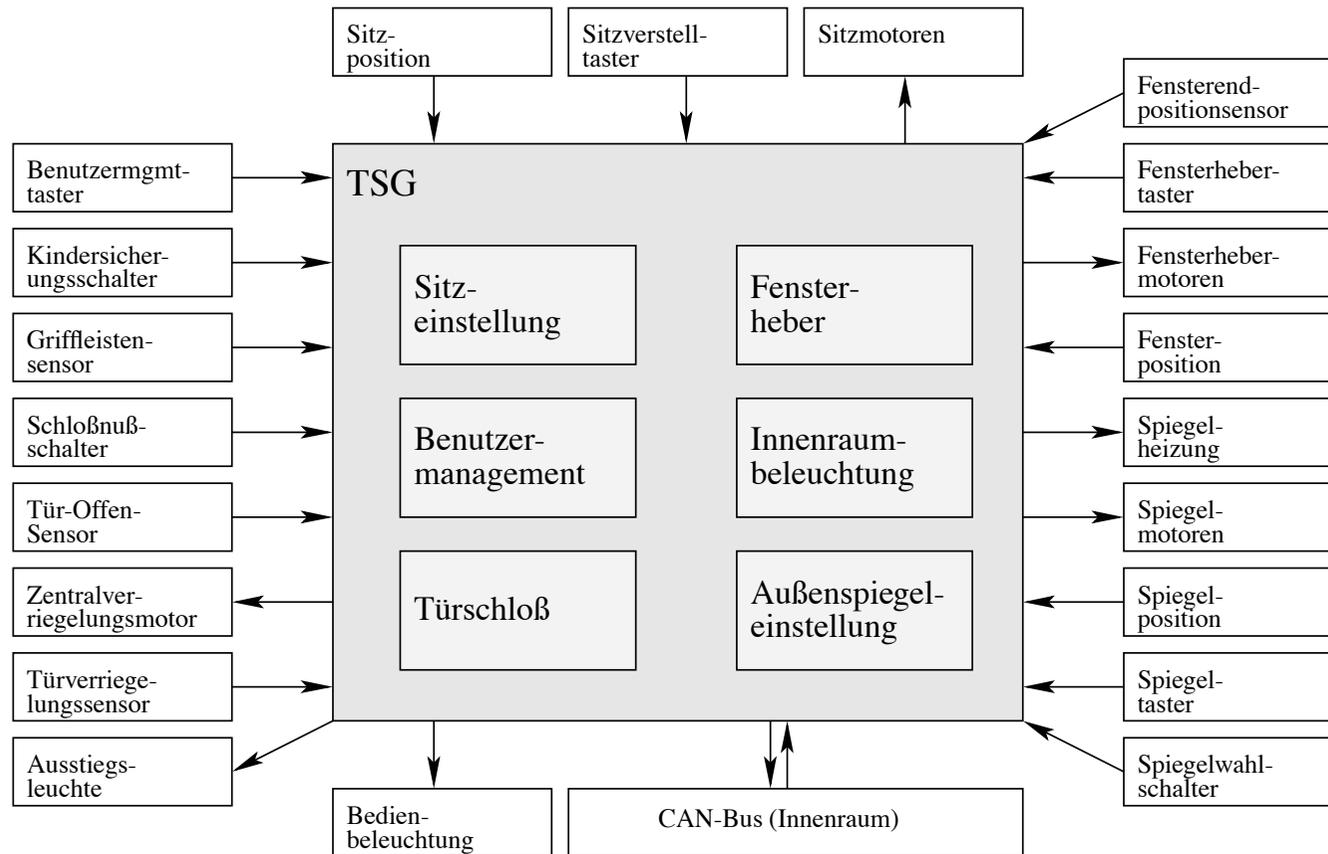


Abbildung 1: Schematische Darstellung des TSG mit seinen peripheren Komponenten.

### 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 Fahrzeigtüren  
S1.T\_OFFEN, S2.FT\_OFFEN, CAN.F\_T\_OFFEN, falls Beifahrer-TSG

### Ausgänge

- Zustand Innenlicht CAN.I\_LICHT
- Zustand der Fahrzeigtüren  
CAN.DOOR\_STATE, falls Beifahrer-TSG
- Zustand der dem TSG zugeordneten Fahrzeigtüren  
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\_LICHT. 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.

## Türsteuergerät (TSG)

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

## Beispiele für Steuergeräte

- Türsteuergerät für Passat ab Baujahr 2000 mit integriertem Fensterhebermotor
- Dachbedieneinheit im Mercedes W211: Ansteuerung des Deckensteuergerätes



# 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

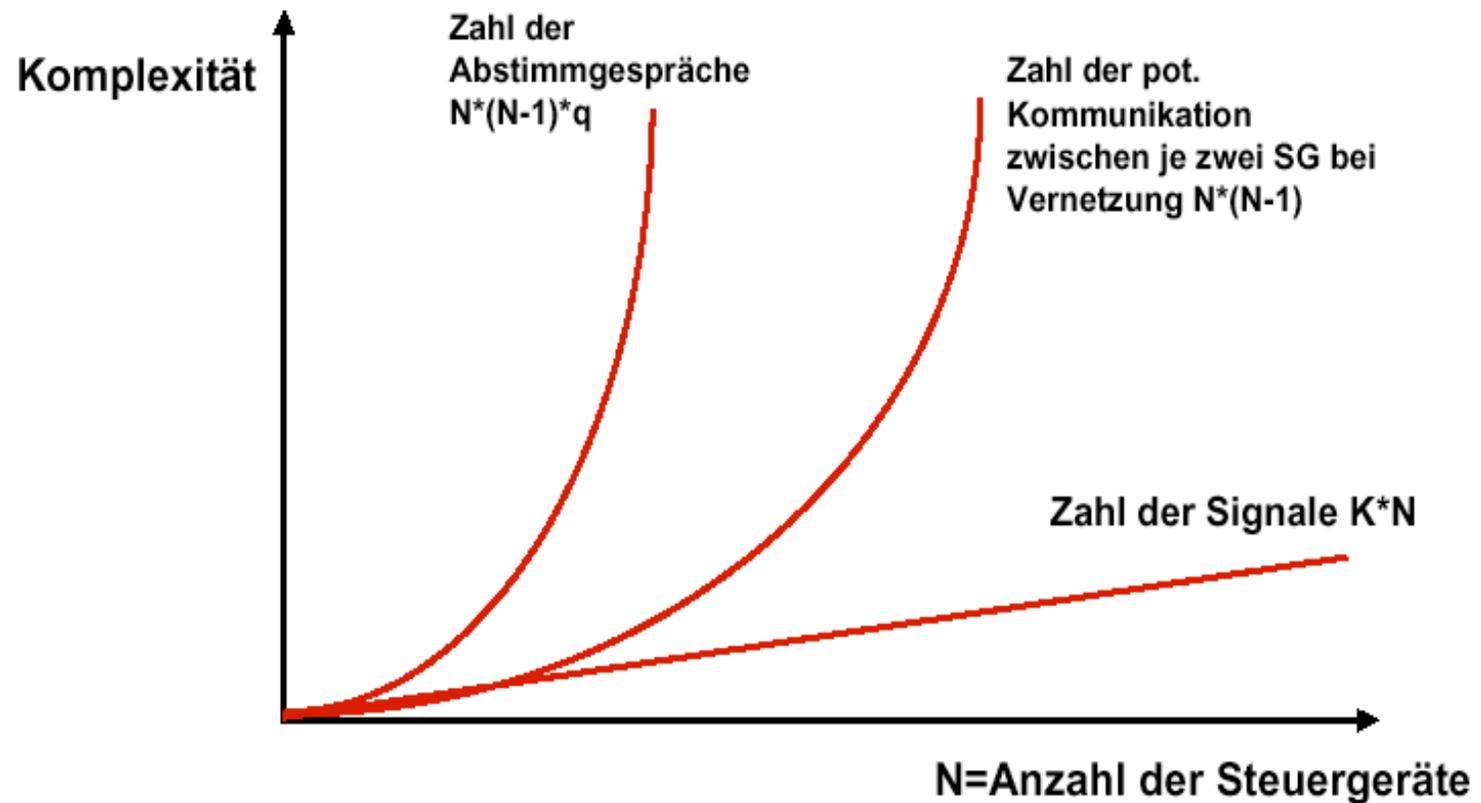
## ■ Zulieferer

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

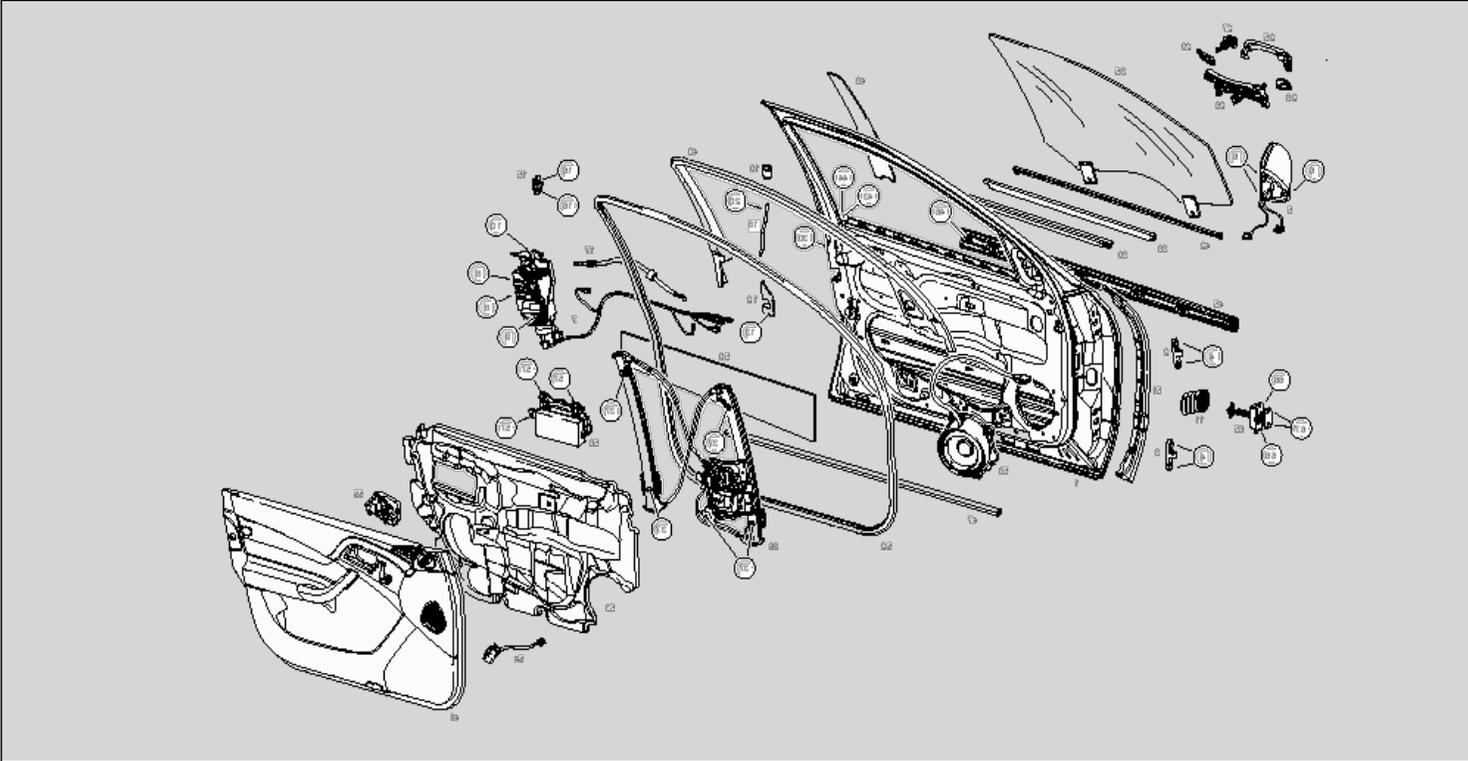
## ■ Schnittstellen

- Mechanik
- Energie
- Information

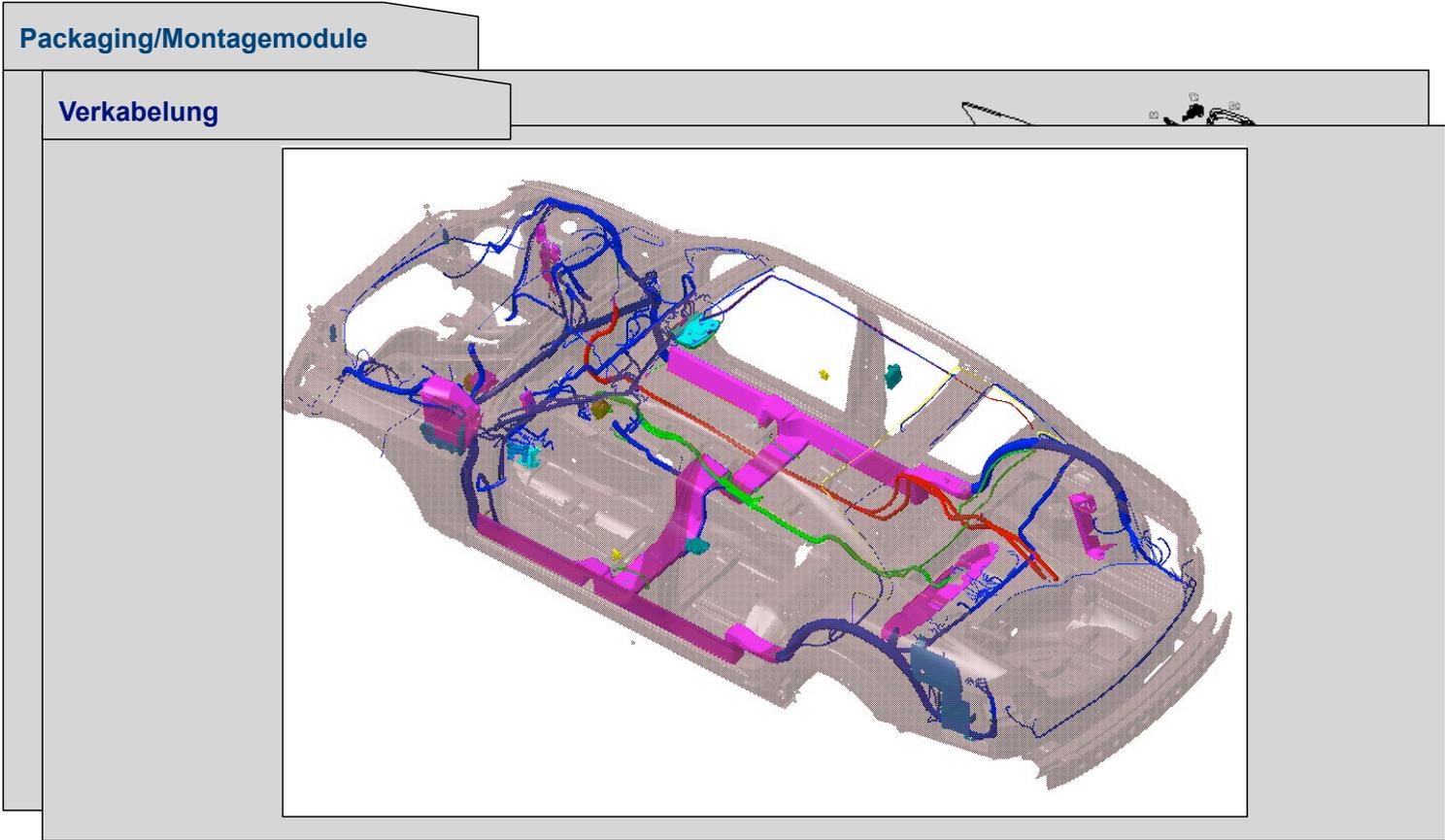
## Entwicklung der Komplexität



Packaging/Montagemodule

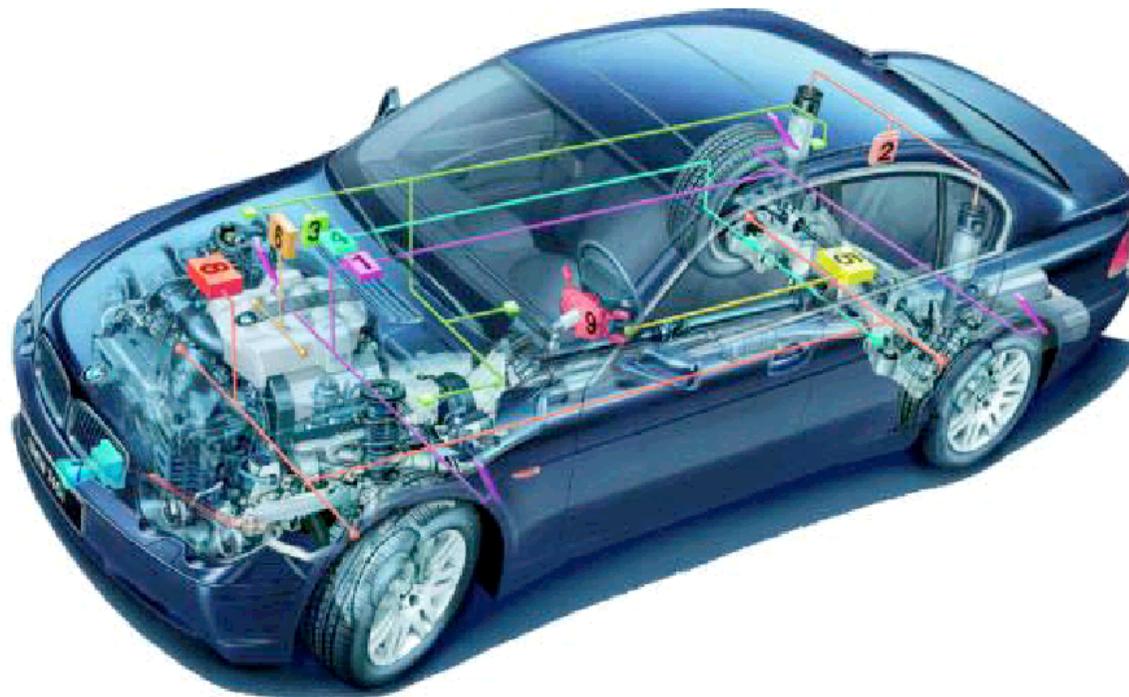


# Komplexitätsproblem



Der Kabelbaum eines modernen Fahrzeugs besteht aus drei funktionalen Gruppen:

1. Elektrische Energieversorgung (Energiebordnetz)
2. Informationstechnische Verbindung zwischen den Systemen (Bussysteme)
3. HF-Verbindungen von den Antennen zu den Endgeräten



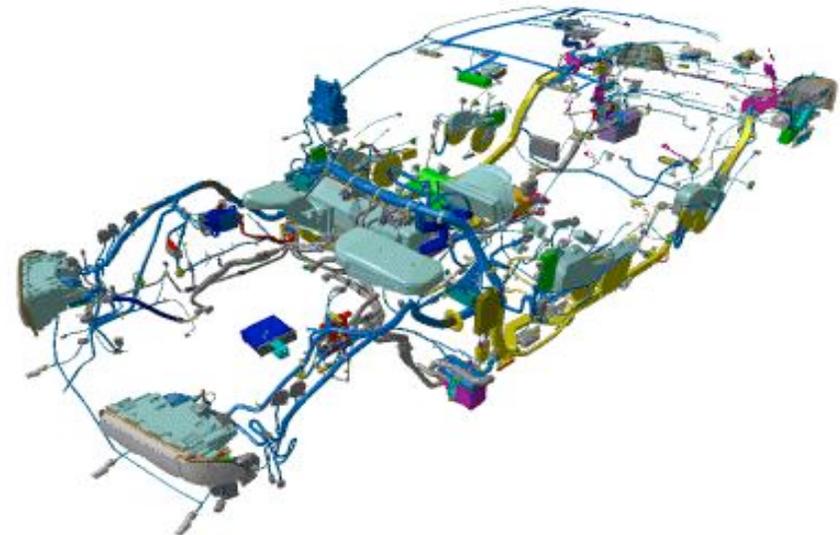
Die Topologie ergibt sich aus Optimierungszielen:

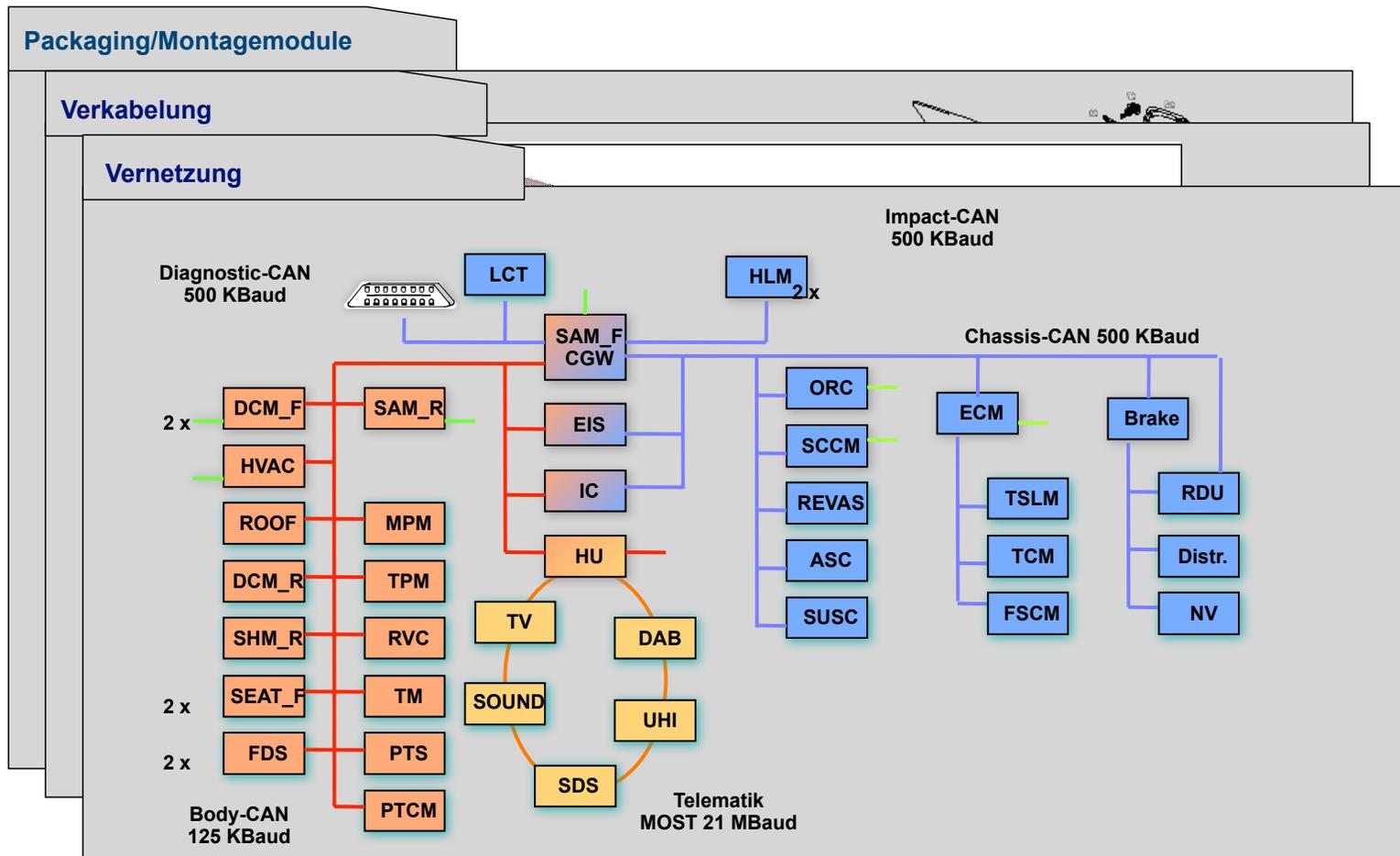
1. Kosten
2. Gewicht
3. Montagefreundlichkeit
4. Betriebssicherheit

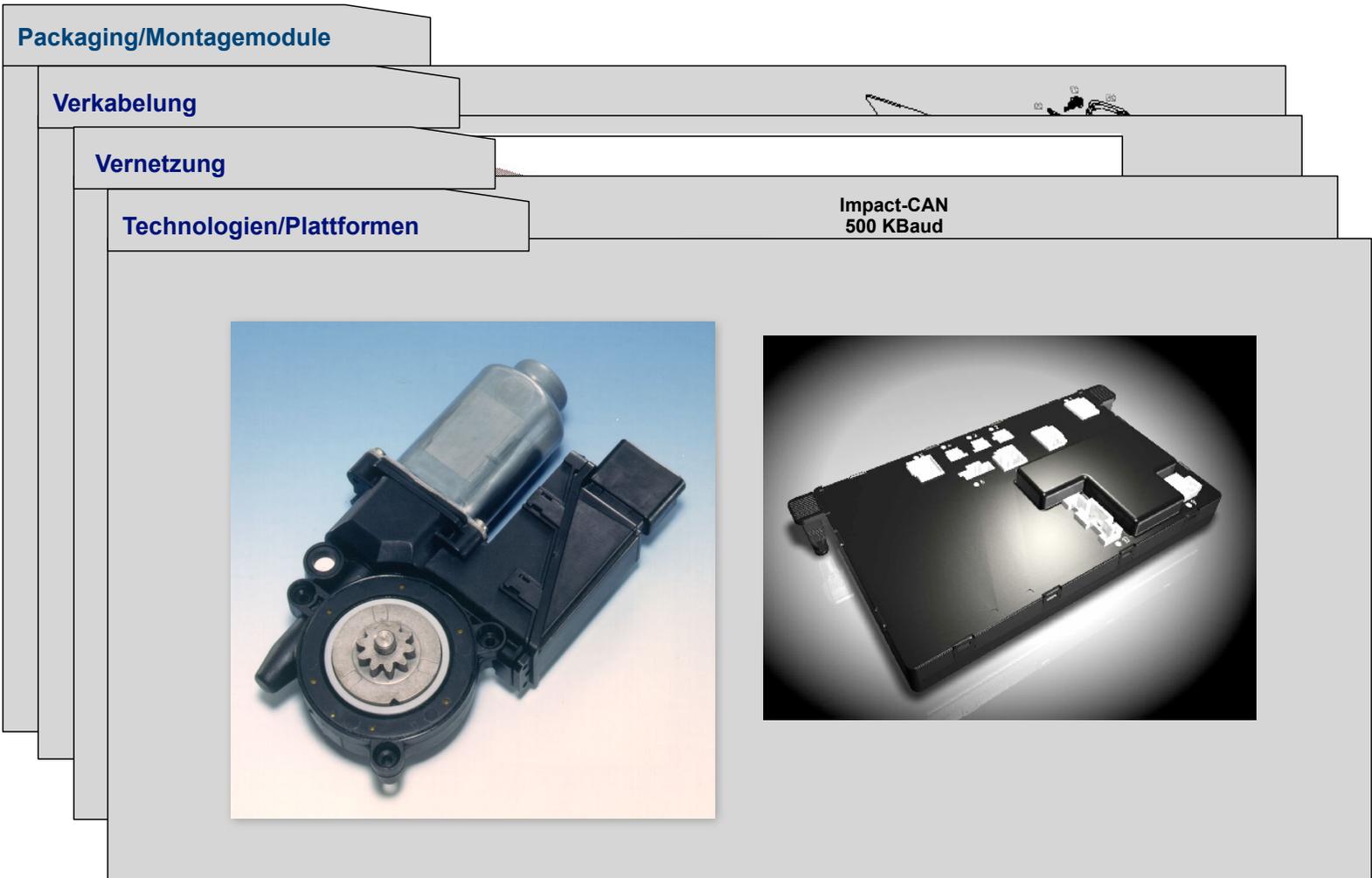
Das physikalische Bordnetz zählt zu den aufwändigsten, teuersten und schwersten Komponenten in modernen KFZ.

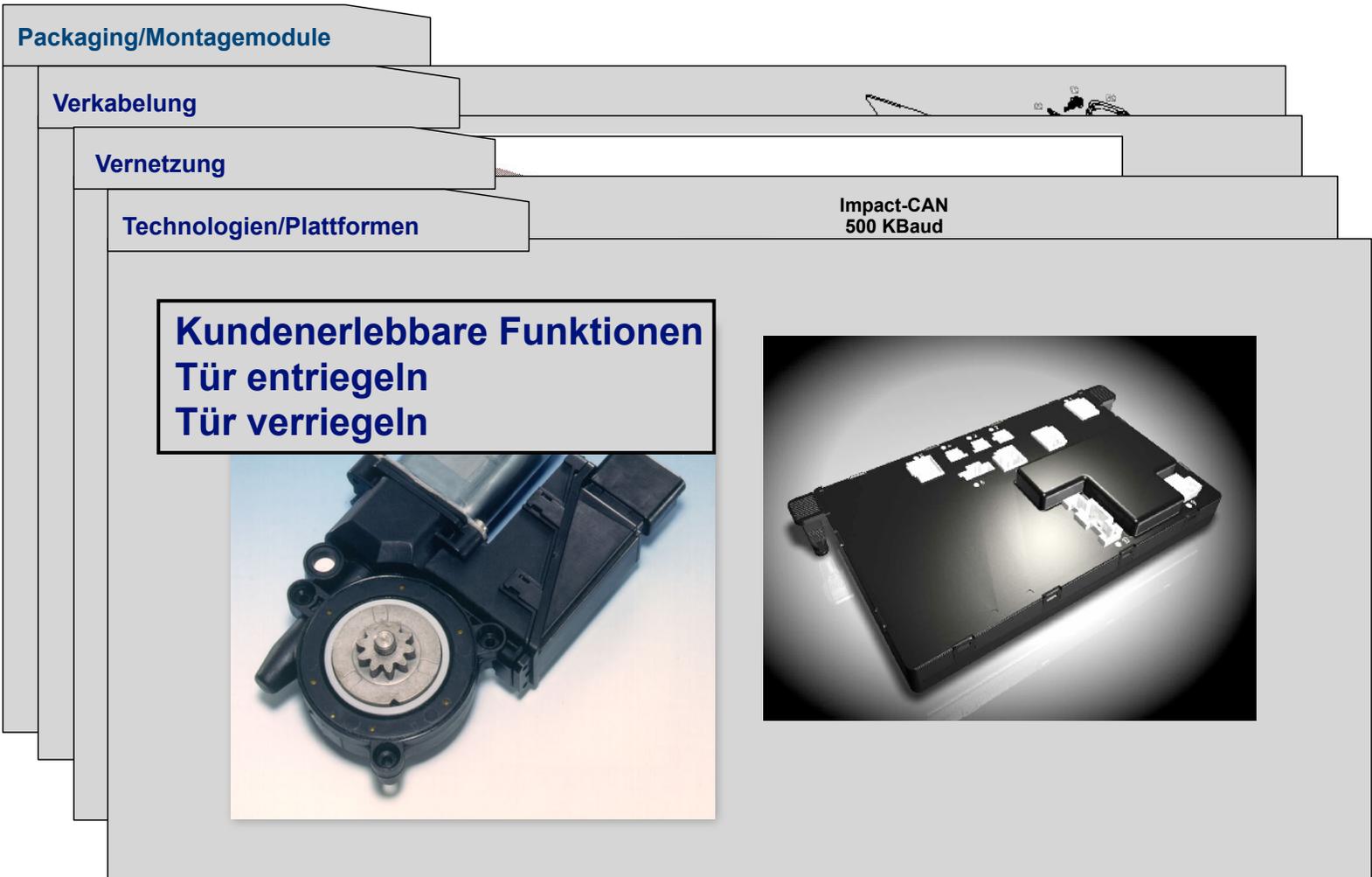
Beispiel BMW 5er Modelljahr 2003

- Länge 7,3 km
- Masse 55 kg









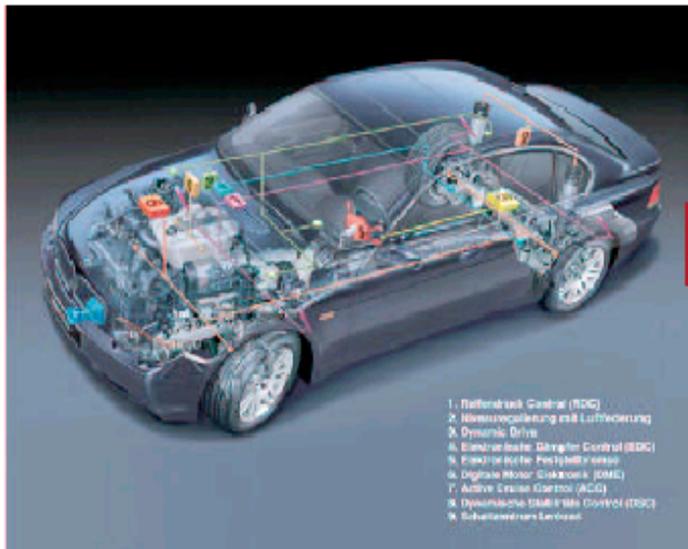
## Warum Software beim OEM (Fahrzeughersteller)?



- Ein großer Teil der Funktionen im Fahrzeug hängt direkt oder indirekt mit Software zusammen
- Software bestimmt auch wesentlich das Zusammenspiel zwischen Onboard- und Offboard-Systemen in Produktion und Service
- Die Komplexität der Software ist durch Funktionszuwachs und Integration dramatisch gewachsen
- Die Software wird von einer Vielzahl von Lieferanten erstellt, die Rolle des Systemintegrators hat der OEM
- Software wird zunehmend zu einem der Hauptrisikofaktoren für den Anlauf einer neuen Baureihe
- Hohe wirtschaftliche Risiken durch Rückruf oder Produkthaftungsfälle
- Obwohl die Software im Fahrzeug überwiegend von Lieferanten erstellt wird, muß der OEM die qualitäts- und termingerechte Erstellung und Auslieferung kontrollieren und steuern können.

# Der aktuelle Stand

- Bis zu 40% der Herstellkosten eines Fahrzeugs werden heute durch Elektronik/Software bestimmt
- 90% aller Innovation sind getrieben durch Elektronik/Software
- Oberklassefahrzeuge besitzen bis zu 70 ECU's, welche über verschiedene Bussysteme kommunizieren



- Steigende Systemkomplexität
- Erhöhte Abhängigkeiten
- Kosten spielen tragende Rolle

## Konsequenzen für die Softwareentwicklung

- Strukturierten Software-Entwurf
- Passende Modellierungssprachen
  - ML/SL
  - UML, Automotive UML
  - ...
- Funktionsentwurf unabhängig von Hardware Architektur
- Abbildung auf unterschiedliche Hardware Plattformen ohne Codeänderung
- Optimierung auf Systemebene: Verteilung auf Steuergeräte
- Entwicklung für Wiederverwendung
  - Befüllen des Baukastens
- Entwicklung mit Wiederverwendung
  - Verwenden des Baukastens
- Software von unterschiedlichen Zulieferern auf einer Hardware Plattform

## Konsequenzen für die Softwareentwicklung



- Strukturierten Software-Entwurf
- Passende Modellierungssprachen
  - ML/SL
  - UML, Automotive UML
  - ...
- Funktionsentwurf unabhängig von Hardware Architektur
- Abbildung auf unterschiedliche Hardware Plattformen ohne Codeänderung
- Optimierung auf Systemebene: Verteilung auf Steuergeräte
- Entwicklung für Wiederverwendung
  - Befüllen des Baukastens
- Entwicklung mit Wiederverwendung
  - Verwenden des Baukastens
- Software von unterschiedlichen Zulieferern auf einer Hardware Plattform

# Software Entwicklungsprozess

## Anforderungen an Entwickler



- Exzellente praktische und theoretische Kenntnisse im Entwurf komplexer Software
- Kenntnisse in der Modellierung und Analyse komplexer technischer Systeme
- Verständnis für die ingenieurtechnischen Grundlagen der Anwendung
- Sehr gute Hardware Kenntnisse
  - Prozessoren
  - Aktuatoren
  - Sensoren
- Grundkenntnisse in
  - Schaltungstechnik
  - Datenerfassung und A/D / D/A-Wandlung
  - Fahrzeugkommunikation

## Nicht zu vergessen: Sicherheit

- Funktionale Sicherheit: Safety

- RAMS

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| ■ Reliability     | Zuverlässigkeit    |
| ■ Availability    | Verfügbarkeit      |
| ■ Maintainability | Instandhaltbarkeit |
| ■ Safety          | Sicherheit         |

- Lange Tradition:

- Luftfahrt: DO-178B
- Eisenbahnwesen: 50128
- Generische Norm: 61508

- Automotive: ISO 26262

- Relevant für

- Fahrfunktionen
- Karosseriefunktionen
- Assistentsysteme

- Datensicherheit: Security

- Vertraulichkeit
- Unverfälschtheit
- Zuordenbarkeit
- Verfügbarkeit

- Relevant für

- Telematik
- Service

## Datensicherheit: Security



- Vertraulichkeit
- Unverfälschtheit
- Zuordenbarkeit

## Datensicherheit: Security



- Vertraulichkeit
  - Unverfälschtheit
  - Zuordenbarkeit
- Confidentiality

## Datensicherheit: Security



- Vertraulichkeit
- Unverfälschtheit
- Zuordenbarkeit
- Confidentiality
- Integrity

## Datensicherheit: Security



- Vertraulichkeit
- Unverfälschtheit
- Zuordenbarkeit
- Confidentiality
- Integrity
- Accountability

## Datensicherheit: Security



- Vertraulichkeit
- Unverfälschtheit
- Zuordenbarkeit
- Confidentiality
- Integrity
- Accountability



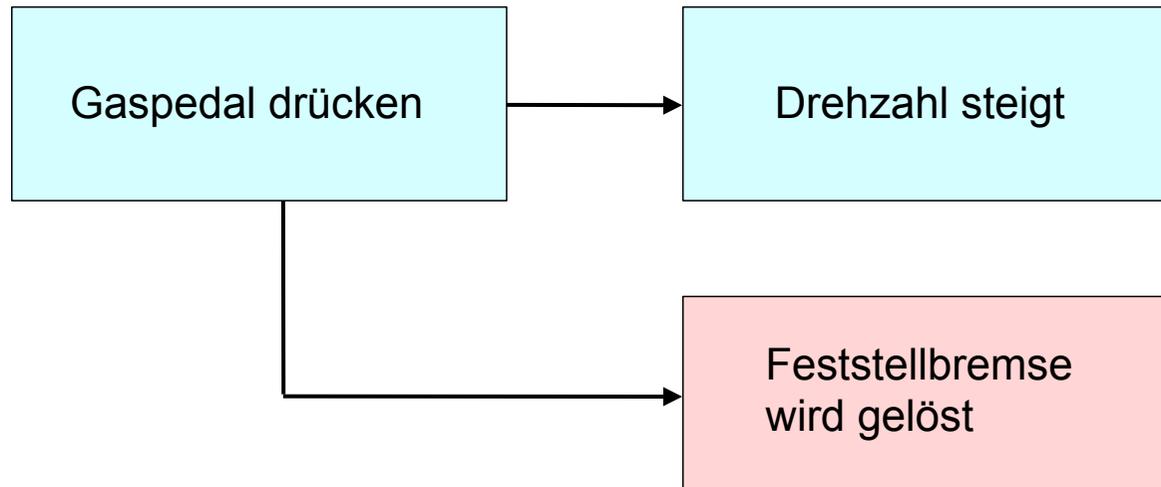
## Systemfunktion „Anfahren“



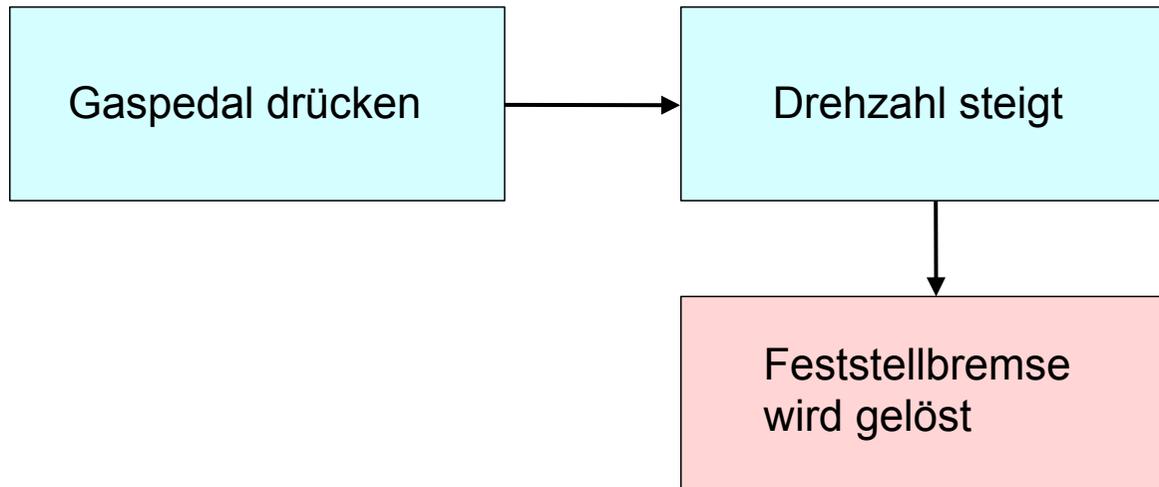
- Als einfaches Beispiel wird die Systemfunktion „Anfahren“ bei einem PKW mit Automatikgetriebe genommen. Gewolltes Anfahren bei laufendem Motor wird durch die folgenden Bedienschritte erreicht:
- Auf die Betriebsbremse („Fussbremse“) treten und diese gedrückt halten.
- Den Wählhebel in die Stellung „D“ oder „R“ bringen.
- Ggf. die Feststellbremse („Handbremse“) lösen.
- Die Betriebsbremse lösen.
- Gas geben.
- Fehlverhalten der Systemfunktion „Anfahren“ wäre „nicht gewolltes Anfahren“.



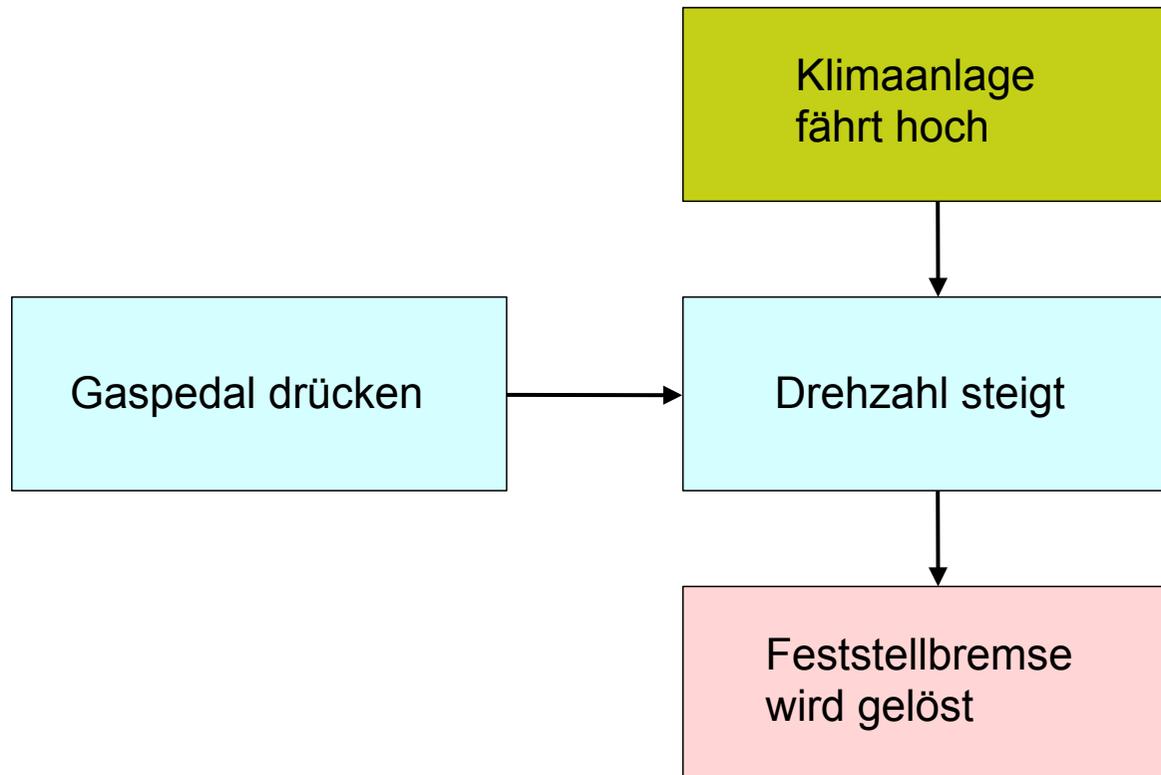
## Was der SW-Entwickler dachte



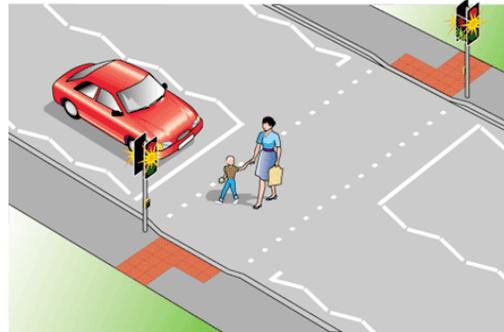
## Was der Kollege realisierte



## Was passierte



## Hazard: Unintended vehicle lurch



## Safety Goal:

- Cranking the engine by the Micro-Hybrid Stop-Start Feature shall not contribute to vehicle movement (transfer torque to wheels) in other than vehicle pull-away maneuvers.



## Functional and Technical Safety Concept

## SW Safety Requirement:

- If the starter command is CRANK and the gear state is not NEUTRAL then the starter command shall be reset

## Hybrid Antrieb

### Ladestrategien

- Mindestladung der Batterie erhalten
- Ab definierter Motordrehzahl laden
- Nur Bremsenergie laden
- Konstanter Ladestrom
- ...

### Zuschaltung Elektromotor

- Bis Richtgeschwindigkeit
- Ortsbezogen
- Ladungsbezogen
- Booster (siehe SPIEGEL 13.02.2010)
- ...

# Kein Rosenmontagsscherz



if <condition>

then

....

goto L2;

....

L1:

....

else

....

L2:

....

goto L1;

....

end if;

while <condition>

do

...

goto L;

-- irgendwo ausserhalb der

-- Schleife

...

end while;

# 1. Motivation und Überblick

1. Motivation Automotive Software Engineering
2. Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:  
Beispiel Türsteuerung
- 3. GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering**
4. Lehrveranstaltungen

## Ziele der Fachgruppe (1)

- <http://www.fg-ase.gi-ev.de/>

- Motivation

- Das Thema „Automotive Software Engineering“ ist insbesondere in Deutschland und Europa von ständig wachsender Bedeutung, die Automobilindustrie ist bereits heute ein entscheidender Innovationstreiber im Bereich der eingebetteten Systeme.
- Langfristig sind intensive Anstrengungen erforderlich, um den deutschen Wettbewerbsvorsprung bei software-basierten Innovationen im Automobil zu halten.
- Die Automobilindustrie wird deswegen in weiter zunehmendem Maße ein wichtiger Anwender der Informatik und ein wichtiger Arbeitgeber für Informatiker sein.
- Das Gebiet wirft spezifische interessante Forschungsfragen auf.
- Die stärkere Berücksichtigung des Gebiets in der Lehre ist zu erreichen.

## Ziele der Fachgruppe (2)



### ■ Vorgeschichte

- Workshops zum Thema „Automotive Software Engineering“ auf der ICSE und der GI-Jahrestagung (jeweils seit 2003) ermöglichten einen intensiven Austausch zwischen der Automobilindustrie und der wissenschaftlichen Community.
- Insbesondere die Darstellung und Diskussion des State-of-the-Art im Software-Engineering in der Automobilindustrie lieferte wertvolle Anforderungen an die zukünftigen Handlungsbedarfe und Forschungsschwerpunkte auf diesem Gebiet, und aktuelle Forschungsergebnisse konnten einer breiten automobilen Öffentlichkeit vorgestellt werden.
- Die Fachgruppe „Automotive Software Engineering (ASE)“ wurde im Februar 2005 vom Präsidium Gesellschaft für Informatik eingerichtet. Die FG ist dem Fachbereich Softwaretechnik zugeordnet. Sie hatte am 21. September 2005 im Rahmen der GI-Jahrestagung in Bonn ihre Gründungsversammlung.
- Ziel der Fachgruppe „Automotive Software Engineering“ im Fachbereich Softwaretechnik der Gesellschaft für Informatik (GI) ist der intensive fachliche Austausch zwischen der Automobilindustrie und der wissenschaftlichen Community.

- <http://www.fg-ase.gi-ev.de/>
- Die Fachgruppe veranstaltet regelmässig den Workshop „Automotive Software Engineering“ im Rahmen der Jahrestagungen der Gesellschaft für Informatik.
  - 6. Oktober 2011, in Berlin  
Organisation: Dr. Heiko Dörr, carmeq GmbH
  - 30. September 2010 in Leipzig  
Organisation: Prof. Dr. Jörn Schneider, FH Trier
  - 28. September 2009 in Lübeck  
Organisation: Dr. Christian Allmann, Audi Electronics Venture GmbH
  - 11. September 2008 in München  
Organisation: Dr. Reinhard Stolle, BMW Car IT
  - 27. September 2007 in Bremen  
Organisation: Dr. Michael Reinfank, Siemens VDO
  - 5. Oktober 2006 in Dresden  
Organisation: Dr. Michael Daginnus, Volkswagen AG
  - 21. September 2005 in Bonn  
Organisation: Dr. Thomas Kropf, Robert Bosch GmbH
  - 23. September 2004 in Ulm  
Organisation: Dr. Bernhard Hohlfeld, DaimlerChrysler AG
  - 30. September 2003 in Frankfurt  
Organisation: Dr. Alexandre Saad, BMW Group

# 1. Motivation und Überblick

1. Motivation Automotive Software Engineering
2. Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:  
Beispiel Türsteuerung
3. GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering
- 4. Lehrveranstaltungen**

- Siehe GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering
  - Teilweise nicht mehr aktuell
- Beispiel:  
Masterstudiengang und Vorlesung Automotive Software Engineering an der TU München
- Hochschule Landshut, Prof. Dr. Dieter Nazareth  
Bachelor-Studiengang Automobilinformatik  
[http://www.fh-landshut.de/fb/if/studium/bachelor\\_aif](http://www.fh-landshut.de/fb/if/studium/bachelor_aif)
- Systems Engineering for Automotive Electronics  
siehe nächste Folien



Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)



- Lehrgang ETAS GmbH, Prof. Dr. Dieter Nazareth  
Automotive Software Engineering – Effektive und effiziente Anwendung der Methoden und Werkzeuge  
[http://www.etas.com/de/etas\\_germany\\_contact.php?regionalPage=/regional/de/de/3744-3804.php](http://www.etas.com/de/etas_germany_contact.php?regionalPage=/regional/de/de/3744-3804.php)

- SS 2011
- 2 SWS
- Dozent: Prof. Dr. Jürgen Bortolazzi, Porsche AG
- Voraussetzungen  
Empfohlen wird der Besuch der beiden Vorlesungen SAE LV-Nr. 23606 und SE LV-Nr. 23611.
- Ziele  
Einblicke in den systematischen Entwicklungsprozess und die dabei verwendeten, die systematische Entwicklung unterstützenden Werkzeuge, am konkreten Beispiel der Automobilindustrie. Der Kurs besteht aus drei Teilen: Vorlesung, Labor und Exkursion.
- Entwicklungsprozess:
  - Automobilelektronik-Markttrends
  - Technologische Trends
  - Entwicklungsprozesse
  - Anforderungen an Prozesse, Methoden und Tools
- Überblick über Lösungsansätze
- Überblick weitere Veranstaltungen.
- Zielarchitektur im Fahrzeug
  - Architektur-Entwicklungsprozess
  - Beschreibung der Zielarchitekturen im Fahrzeug
  - HW/SW-Architektur
  - Vernetzung
  - Bussysteme
    - CAN, LIN, MOST, FlexRay
  - Prozessorfamilien
  - Standard-SW-Module
  - OSEK
  - Diagnosestandards
  - Randbedingungen für den Architekturentwurf
    - Bauraum, Kosten, Montage, Leitungssatz

### ■ Entwicklungswerkzeuge I (Systemebene):

- Entwicklungsprozesse
- Anforderungen an Tools im Serieneinsatz
- Models of Computation (Modellierungsverfahren)
- Requirements Engineering
- Methoden und Tools für den Entwurf von Regelsystemen
- Methoden und Tools für den Entwurf verteilter Systeme (TITUS).

### ■ Entwicklungswerkzeuge II (Softwareebene):

- Automatische Codegenerierung
  - Prozesse, Verfahren, Tools
  - Automatisierter Test

### ■ Qualitätsmanagement:

- SW-Qualitätsmanagement-System DC.

### ■ Systementwurf und Projektmanagement:

- Gestaltung eines Entwicklungsprojektes
- Zusammenspiel Projektmanagement, Prozesse und Tools, Risikomanagement, Lieferantenmanagement.

- SEAE Labor

Während des Labors arbeiten die Studenten mit einem aktuellen Tool zur Elektrik- / Elektronik-Architektur Entwicklung und entwickeln eine Teilfunktionalität eines aktuellen Fahrzeugs. Das zu erstellende Modell bietet als Architekturvorschlag aus verschiedene Sichten auf die Teilfunktionalität. Hierdurch wird die Komplexität aktueller Architekturen sowie Möglichkeiten zu deren Beherrschung vermittelt. Das Labor findet an zwei Terminen statt.

- Exkursion

Die Teilnehmer der Veranstaltung SEAE haben die Möglichkeit an einer Exkursion zur Porsche AG teilzunehmen. Die Exkursion findet am Ende der Veranstaltung statt.

- [http://www.itiv.kit.edu/60\\_1120.php](http://www.itiv.kit.edu/60_1120.php)

