



Automotive Software Engineering

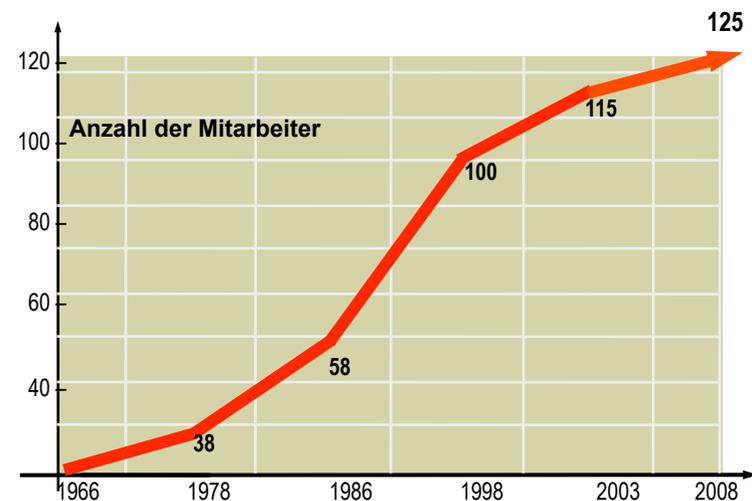
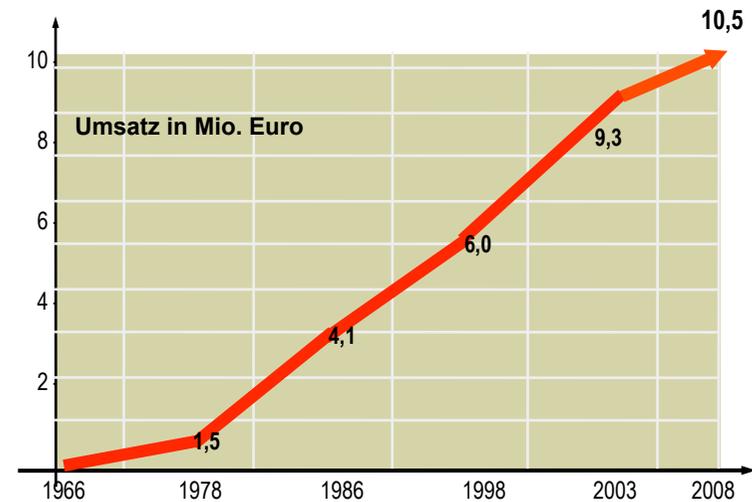
Praxis und Lehre

Vortrag am 7. Juli 2009 im Rahmen des
Darmstädter „Automotive Software Engineering“-Kolloquium
(Industriekolloquium Informationstechnik, FB 18)
<http://www.es.tu-darmstadt.de/lehre/industrie-kolloquium/>

Dr. Bernhard Hohlfeld

ICS AG, Methoden, Prozesse, Werkzeuge (MPT)

- Stammkapital 1,9 Mio. EUR
- Geschäftsbereiche
 - Transport / Bahnbereich
 - Luftfahrt und Verteidigung
 - Industrielle Lösungen
 - Automotive
 - Methoden, Prozesse, Werkzeuge



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.

Der Vortrag 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

Das Gebiet Automotive Software Engineering findet zunehmend auch Berücksichtigung in der Lehre. Der Vortrag geht auf einige dieser Lehrveranstaltungen ein.

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



- Was hat das mit Softwareentwicklung zu tun?



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



Hoher Zeit- und Kostendruck mit vielen Änderungs- und Konfigurationsanforderungen



Steigende Kundenanforderungen



Umfangreiche
Bedienungsanleitungen

Darmstädter „Automotive Software Engineering“-Kolloquium (Industriekolloquium Informationstechnik, FB 18)



Automotive Software Engineering



Darmstädter „Automotive Software Engineering“-Kolloquium
(Industriekolloquium Informationstechnik, FB 18)

Termine (SS 2009, Dienstag, 17 bis 18 Uhr):

Datum	Vortragstitel	Institution/Firma	Vortragender
21.04.	Elektronikvalidierung im Fahrzeugentwicklungsprozess	General Motors Europe	Dr. Philipp Peti
28.04.	AUTOSAR - ein Überblick	Fujitsu Microelectronics Europe GmbH	Uli Markert
05.05.	Model Based SW Integration for Safety Relevant Functions	Continental Engineering Services GmbH	Dr. Martin Grießer
12.05.	Komponentenorientierte Automotive-Software-Entwicklung mit dem AUTOSAR-Standard	Carmeq GmbH	Dr. Heiko Dörr
19.05.	Automotive Security: Existierende Lösungen und neue Ansätze	encrypt GmbH - Embedded Security	Dr.-Ing. Jan Pelz
26.05.	AUTOSAR-Software mit ASCET	ETAS GmbH	Dr. Kai Matthias Pinnow
02.06.	Variantenmanagement: Forschung und industrieller Einsatz	PROSTEP IMP GmbH	Dr. Georg Rock
09.06.	Sicheres Datenmanagement im Automobil: Eine Komponentenorientierte Sicht	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	Prof. Dr.-Ing. Jana Dittmann
16.06.	Produktlinien für die ECU Software-Entwicklung	SYSTECS Informationssysteme GmbH	Dr. Thomas Zurawka
17.06. Mi	Model-Based Engineering of Real-Time and Embedded Systems	Malina Software Corp.	Bran Selic
23.06.	Automotive-spezifische Herausforderungen bei Online-Zugängen im Fahrzeug	secunet Security Networks AG	Dr. Marc Lindbauer
30.06.	Entscheidungsprozesse in der strategischen Softwareentwicklung	Audi Electronics Venture GmbH	Nils Oppermann
07.07.	Automotive Software Engineering - Praxis und Lehre	ICS AG	Dr. Bernhard Hohlheid
14.07.	Modellbasierte Absicherung von Software im Fahrzeug	BMW AG	Dr. Thomas Weidner



- Fahrzeugentwicklungsprozess
- Modellbasierte Entwicklung
- Safety / Funktionssicherheit
- Security / Informationssicherheit
- Real Time
- Variantenmanagement
- Produktlinien
- Automotive-SW-Engineering-Ausbildung
- Effiziente/integrierte/zertifizierte Softwareentwicklungsumgebungen
- Industrielle SW im Fahrzeuglebenszyklus
- Qualitätsmgt. (Metriken, Testverfahren)
- Standards: OSEK, AUTOSAR, ISO/DIN 26262, ...
- Global Simultaneous Systems Eng.

Automotive Software Engineering

Praxis und Lehre



- Einleitung
- Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft
- Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern:
Beispiel Türsteuerung
- GI-Fachgruppe „Automotive Software Engineering“ (ASE)
- Automotive Software Engineering in der Lehre

Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft



■ Beispiele

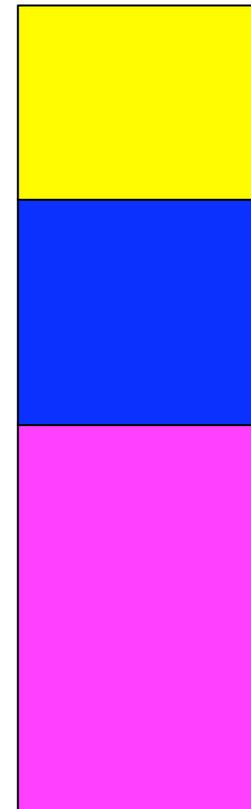
- Daimler Nutzfahrzeuge
- Mercedes Benz PKW
- BMW Group

- Die Daten stammen aus den Jahren 2003 und 2004, gelten aber in der Tendenz bis Mitte 2008

Daimler Nutzfahrzeuge Umsatz 2003



Deutschland	6.942	24%
USA	7.969	28%
Übrige Märkte	13.606	48%
Gesamt 28.517 Mio. €		



Daimler Nutzfahrzeuge Mitarbeiter 31.12. 2003

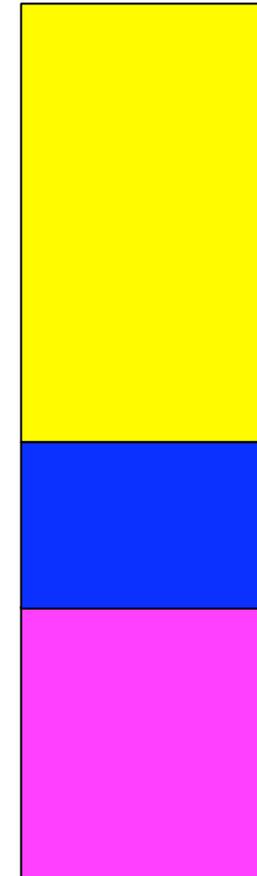


Deutschland 47.473 50%

USA 17.651 19%

Rest der Welt 29.938 31%

Gesamt 95.062



Mercedes Benz PKW Umsatz 2003



Übrige Märkte	6.557	13%	
Japan	2.399	5%	
USA	10.932	21%	
Deutschland	16.875	33%	
Westeuropa (ohne D)	14.683	28%	
Gesamt 51.445 Mio. €			



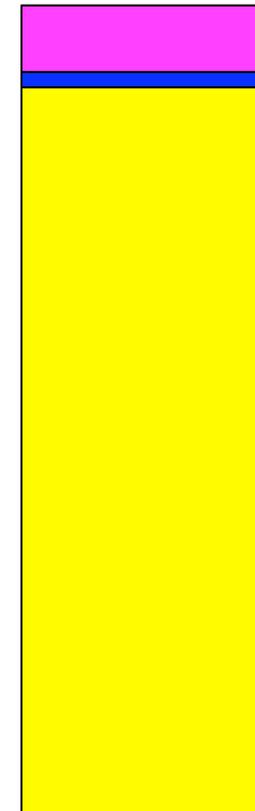
Mercedes Benz PKW
Mitarbeiter 31.12. 2003



Übrige Länder	8.204	8%
USA	2.191	2%

Deutschland	93.756	90%
--------------------	---------------	------------

Gesamt 104.151



BMW-Group im Jahr 2004



■ BMW Group wichtigste Automobilmärkte 2004 in % vom Absatz

■ USA	24,5%
■ Deutschland	23,5%
■ Grossbritannien	12,0%
■ Rest	40,0%

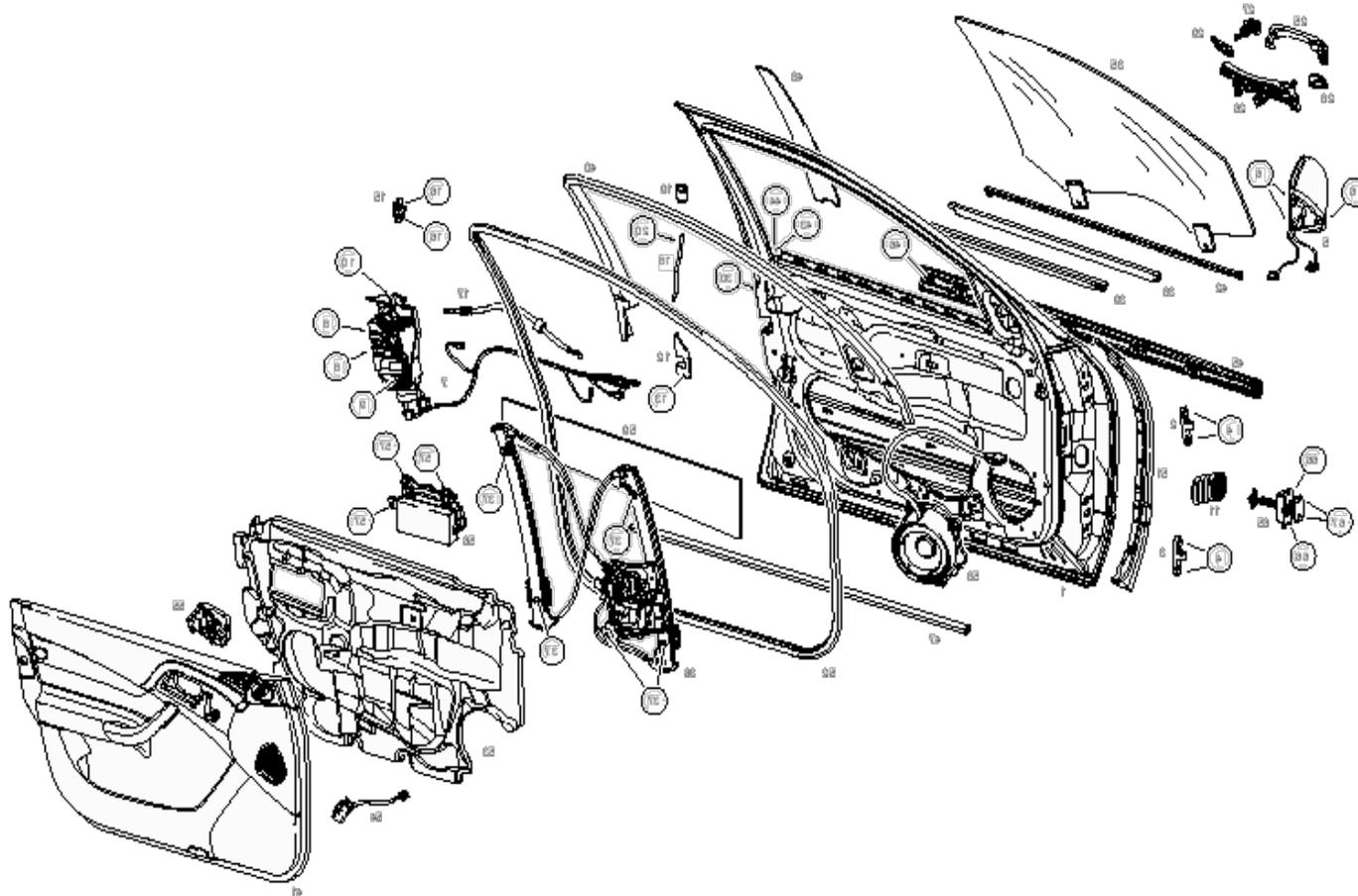
■ Automobilproduktion der BMW Group im Jahr 2004 in Tsd.

■ Dingolfing	304,3
■ Regensburg	262,5
■ München	172,2
■ Deutschland	739,0 (59%)
■ Ausserhalb Deutschland	511,5 (41%)

■ Quelle: Geschäftsbericht 2004 (Kurzfassung)



Verteilte und komplexe Systementwicklung zwischen OEM und Zulieferern: Beispiel Türsteuerung



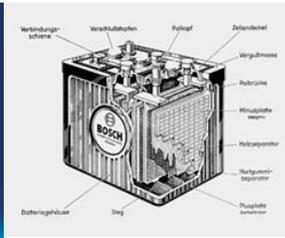
Automotive Software Engineering Historie



1897
Bosch
Magnet Ignition



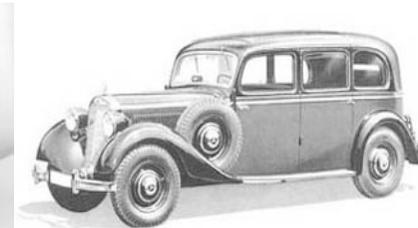
1913
Lighting System



1922/27
Battery



1930/32:
Radio



1936: Diesel Injection



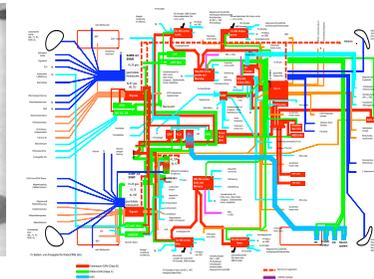
1950: Direct
Gasoline Injection



1967: First Electronic
Gasoline Injection



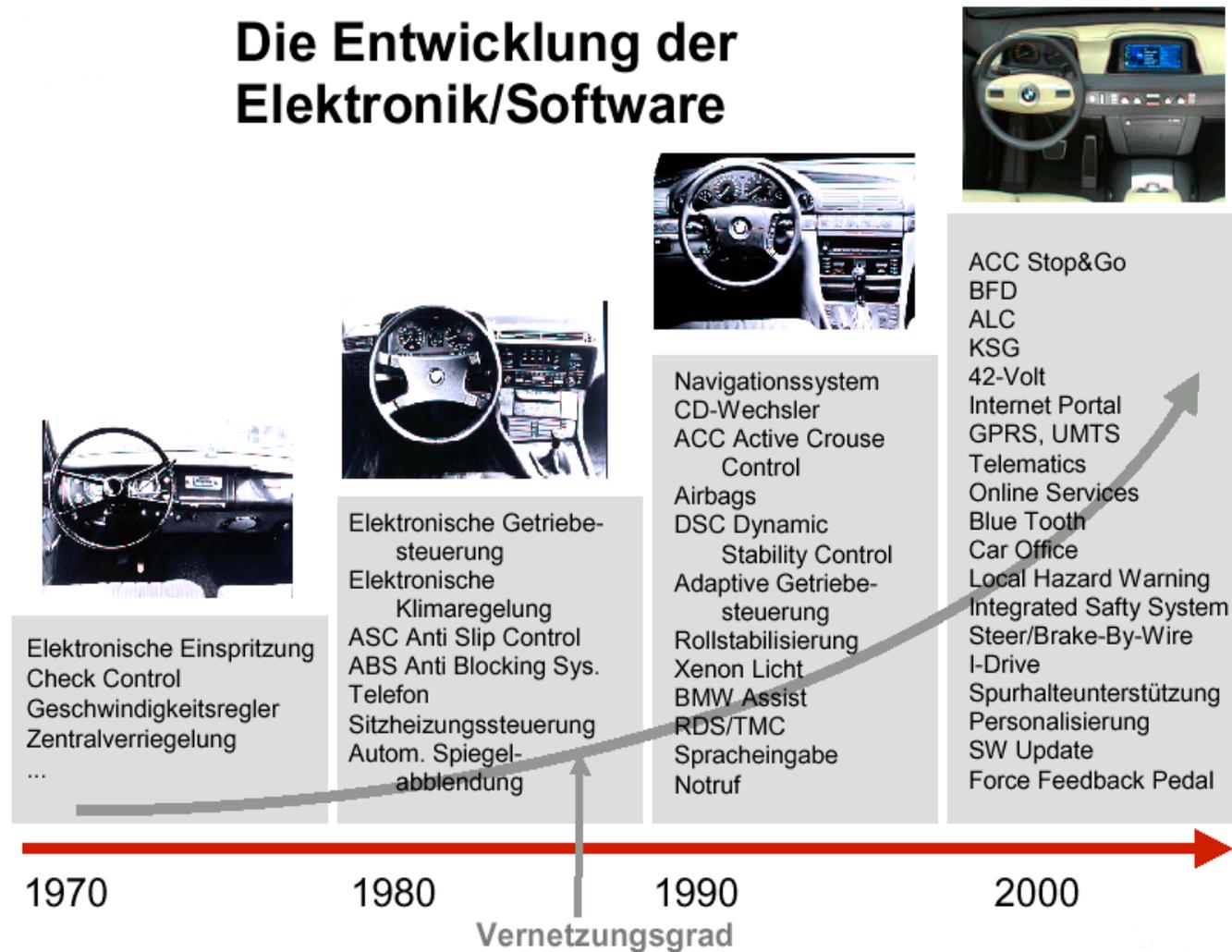
1979: First Integrated
Engine Management System
(BMW 732i)



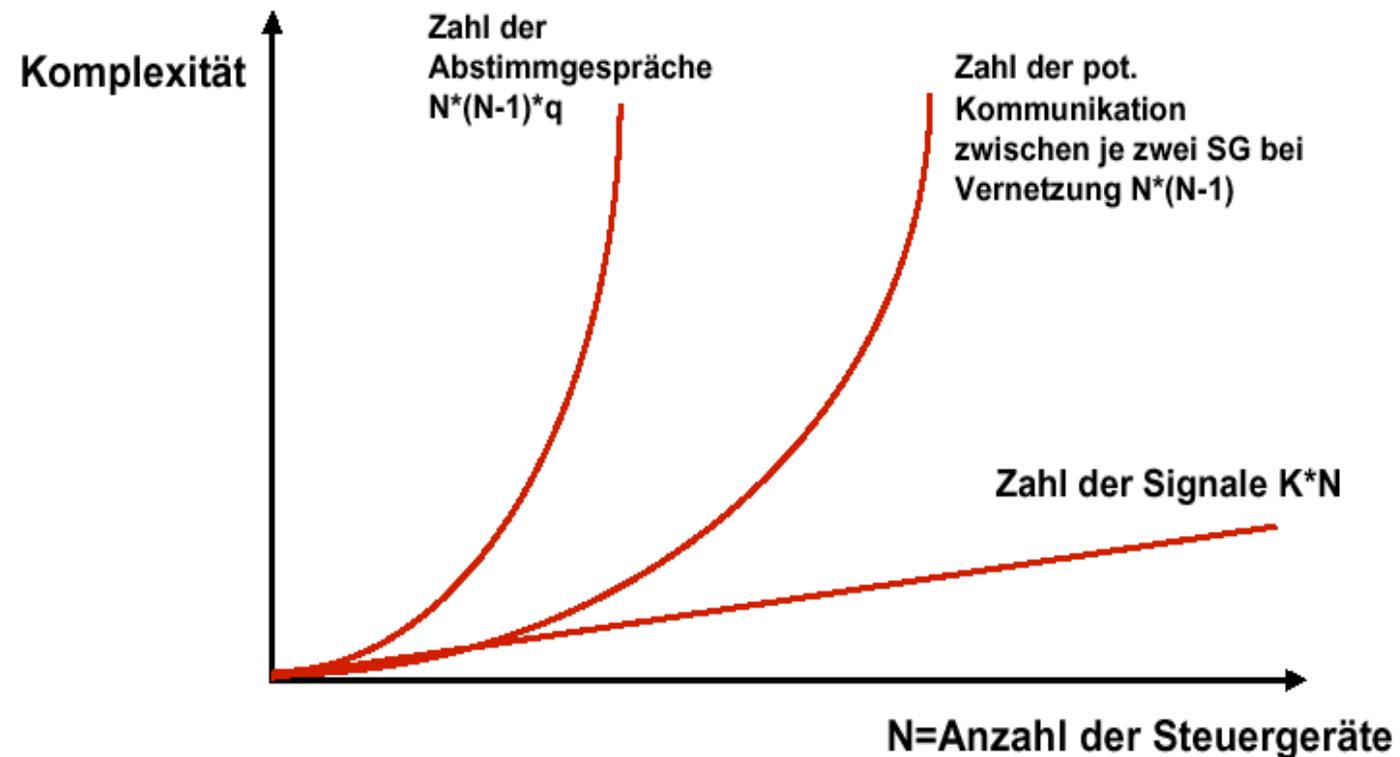
Networking
1991 CAN Bus System
2001 MOST

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

Die Entwicklung der Elektronik/Software



Entwicklung der Komplexität



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



- **Ansprechpartner**
 - Baugruppenverantwortlicher Karosserie
- **Zulieferer**
 - Schliesssystem
 - Scheiben
 - Fensterheber
 - Aussenspiegel
- **Schnittstellen**
 - Mechanik

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: 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

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

Baugruppenverantwortlicher Türe

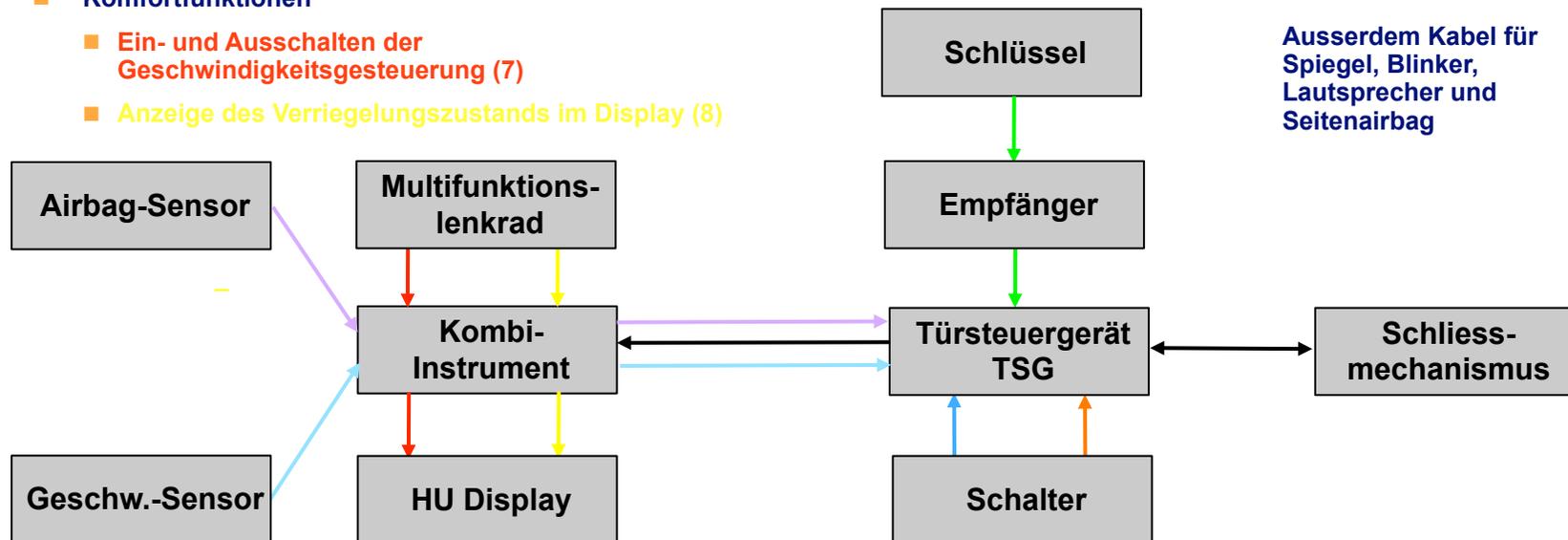


- **Ansprechpartner**
 - Baugruppenverantwortlicher Karosserie
- **Zulieferer**
 - Schliesssystem
 - Scheiben
 - Fensterheber
 - Aussenspiegel
- **Schnittstellen**
 - Mechanik

Türsteuerung: Steuergeräte, Aktoren, Sensoren Struktur und Vernetzung



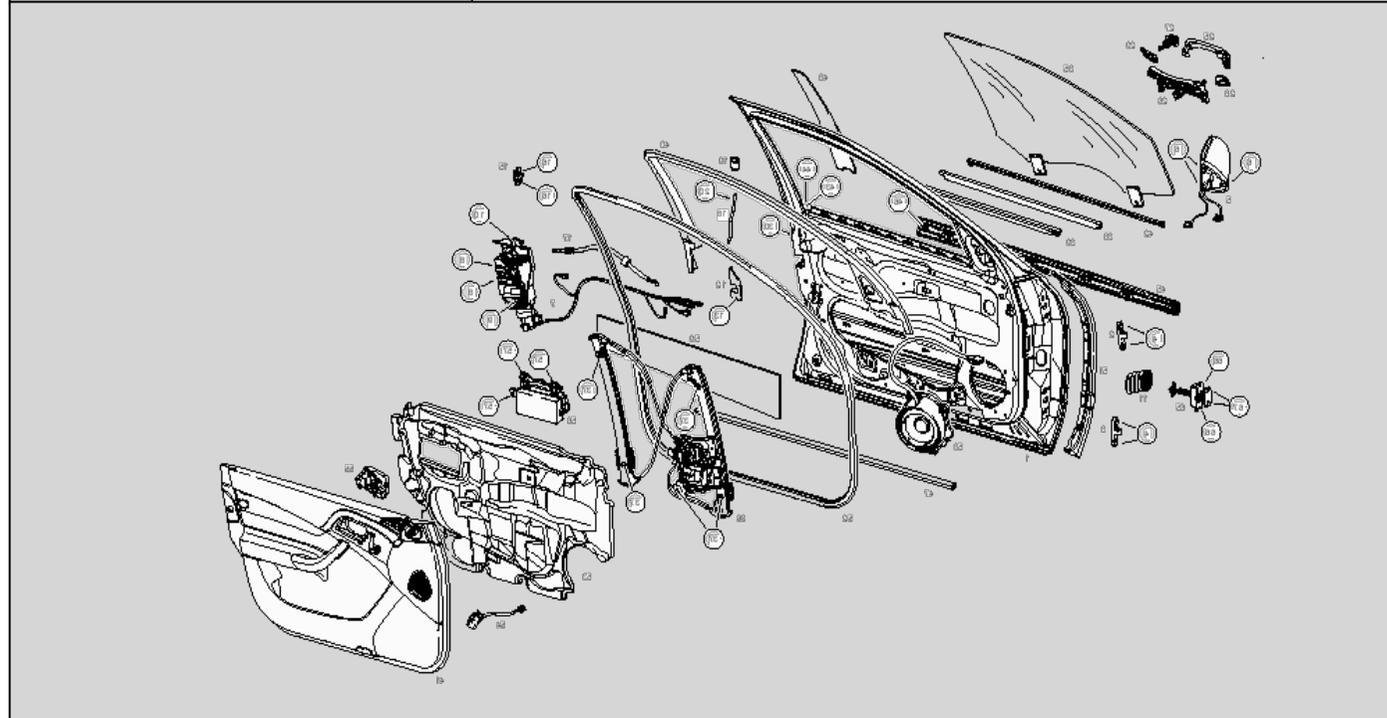
- Funktion "Tür entriegeln"
 - Von aussen über Funkschlüssel (1)
 - Von innen über Schalter (2)
 - Von innen über Airbagsensor (3)
- Funktion "Tür verriegeln"
 - Von aussen über Funkschlüssel (1)
 - Von innen über Schalter (4)
 - Von innen zeitgesteuert (5)
 - Von innen geschwindigkeitsgesteuert (6)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



Komplexitätsproblem



Packaging/Montagemodule

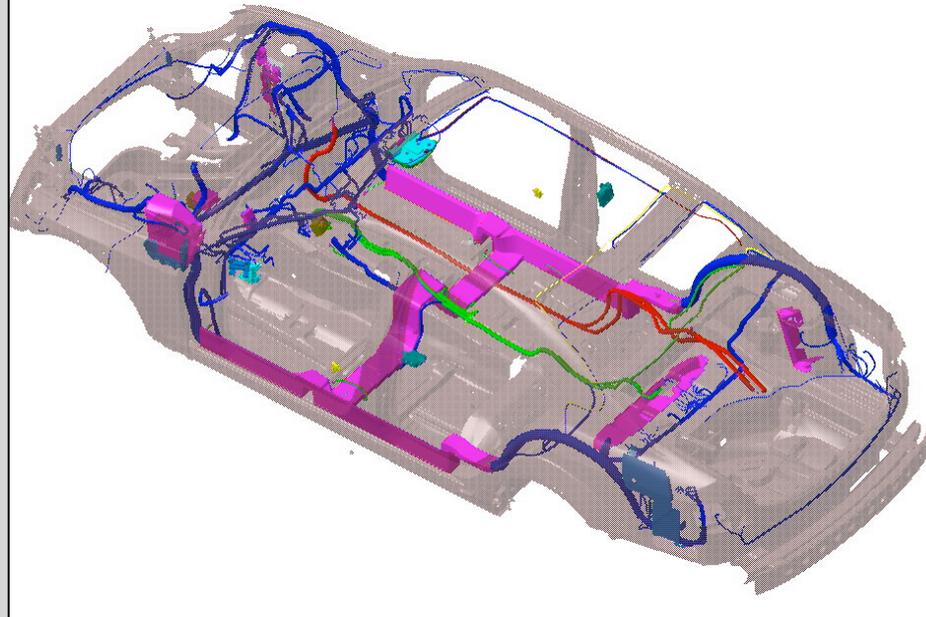


Komplexitätsproblem



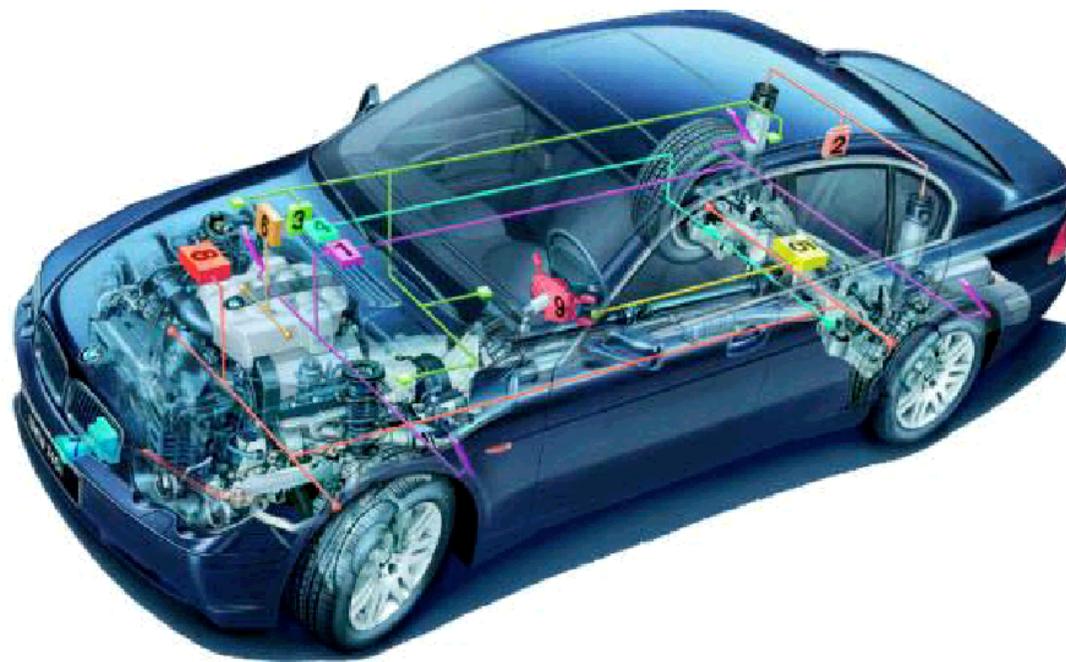
Packaging/Montagemodule

Verkabelung



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



Bordnetz und Kabelbaum



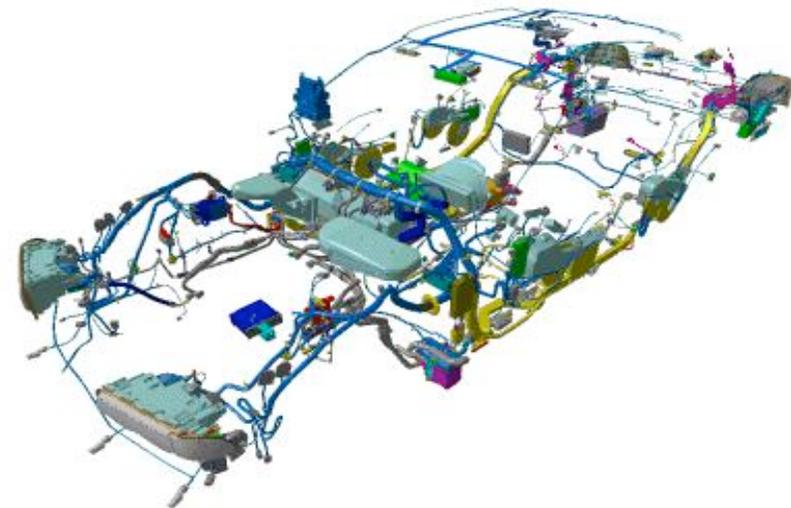
Die Topologie ergibt sich aus Optimierungszielen:

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

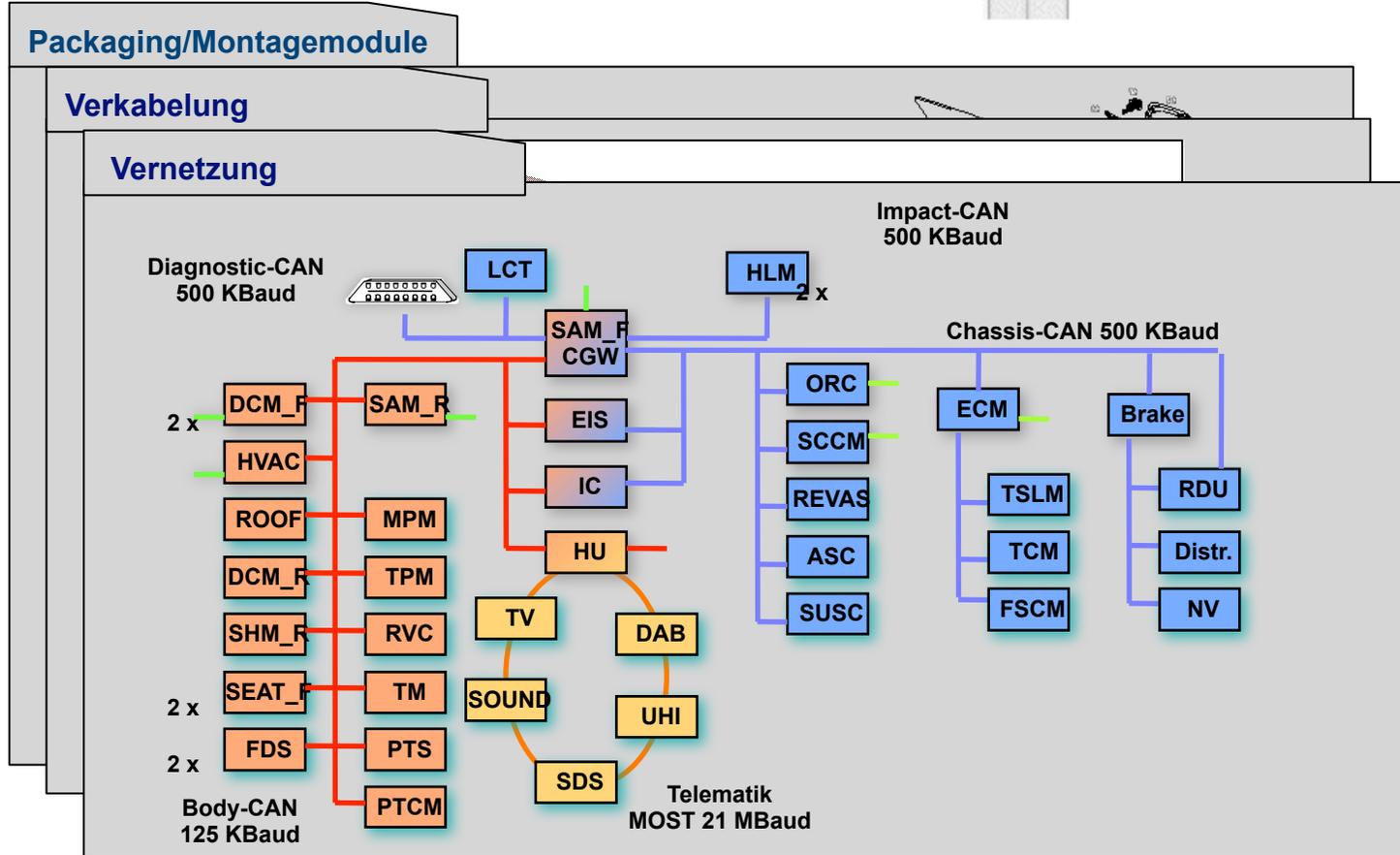
Das physikalische Bordnetz zählt zu den aufwändigsten, teuersten und schwersten Komponenten in modernen KFZ.

Beispiel BMW 5er Modelljahr 2003

- Länge 7,3 km
- Masse 55 kg



Komplexitätsproblem

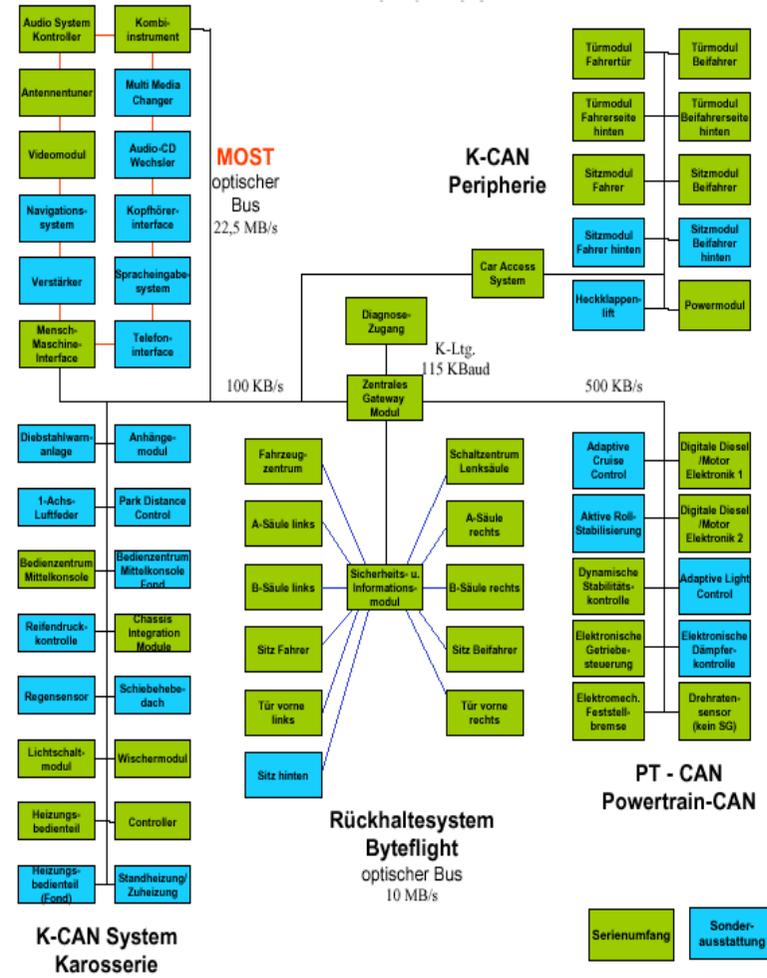


Protokolle und Bussysteme: Beispiele

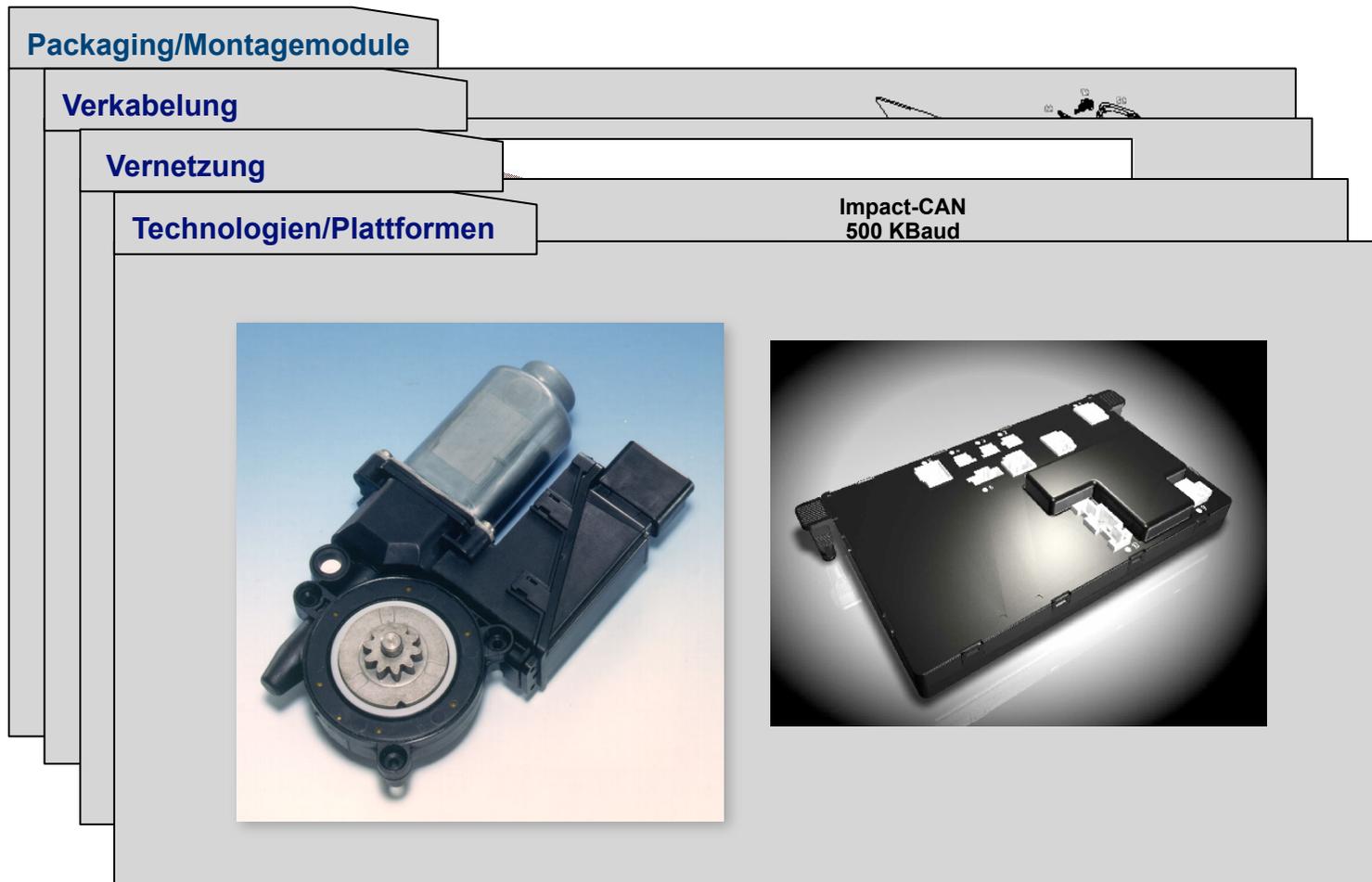


BMW 7er, Modelljahr 2001 (E65)

- Powertrain: Highspeed-CAN
- Karosserie und Peripherie: Lowspeed-CAN
- Infotainment: MOST
- Passive Sicherheit: byteflight
- Motor: Highspeed-CAN (nicht gezeigt)
- Diagnose: K-Line
- Backups: K-Line
 - Airbag-Telefon, Blinkerhebel-LSZ, Gangwahl-EGS, DSC-ABS,...
- Gateways
 - ZGM (byteflight, K-CAN, PT-CAN, Diagnose)
 - DME (PT-CAN, LoCAN)
 - MMI (K-CAN, MOST)
 - Kombi (K-CAN, MOST)



Komplexitätsproblem



Komplexitätsproblem



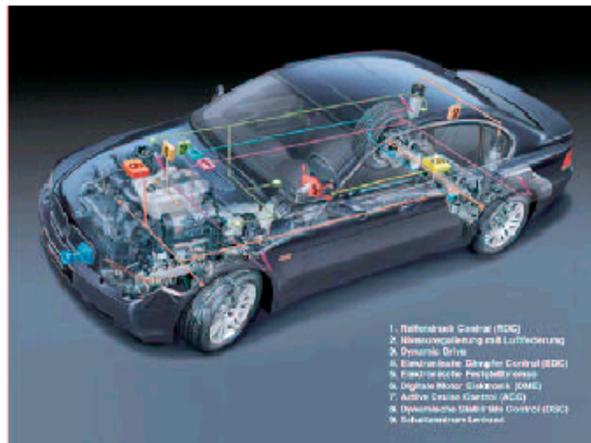
Warum Software beim OEM?



- 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

- ❑ **Erheblich steigender Softwareanteil erfordert**
 - Strukturierter Software Entwurf
 - UML-Profil für Steuergeräte: Automotive UML !
 - Hardware unabhängigen Funktionsentwurf (seperiere Verhalten von der HW Architektur)
 - Wiederverwendung (Komposition von Teilen)
 - Hardware Plattformen
 - Abbildung der Funktionen auf unterschiedliche HW Plattformen ohne Codeänderung
 - Berechnung und Kommunikation

- ❑ **Mehr Optimierung auf Systemebene (verteilte Steuergeräte)**

- ❑ **Verändert Kooperationsmodell: SW-Module von verschiedenen Zulieferern (Intellectual Property) auf eine oder mehrere HW-Plattformen**

- ❑ **Entwurf für Wiederverwendung und Entwurf mit Wiederverwendung.**

- **sehr gute Kenntnisse in Hardwarearchitekturen (Prozessoren, verteilte Systeme).**
- **exzellente theoretische und praktische Kenntnisse im Entwurf von komplexer Software.**
- **Kenntnisse in der Beschreibung (Modellierung) und in der Analyse komplexer informationstechnischer Systeme.**
- **Verständnis der ingenieurtechnischen Grundlagen der Anwendung.**
- **Grundkenntnisse in Schaltungstechnik und elektrischer Datenerfassung.**

GI-Fachgruppe Automotive Software Engineering



- <http://www1.gi-ev.de/fachbereiche/softwaretechnik/ase/>

Ziele der Fachgruppe (1)



■ 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 auf Antrag von Dr. Klaus Grimm 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.

Leitungsgremium (LG) der FG „Automotive Software Engineering“



Universitäten

Prof. Dr. Manfred Broy
TU München
Stellvertretender Sprecher der
Fachgruppe

Prof. Dr. Stefan Jähnichen
TU Berlin und FhG FIRST

Prof. Dr. Dieter Rombach
TU K'lautern und FhG IESE

Prof. Dr. Stefan Kowalewski
RWTH Aachen

Industrie

Dr. Klaus Grimm
DaimlerChrysler AG
Sprecher der Fachgruppe

Dr. Alexandre Saad
BMW Group

Dr. Michael Reinfrank
Siemens VDO

Dr. Thomas Kropf
Robert Bosch GmbH

- Die Fachgruppe veranstaltet regelmässig den Workshop „Automotive Software Engineering“ im Rahmen der Jahrestagungen der Gesellschaft für Informatik.
 - 28. September 2009 in Lübeck
Organisation: 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

Automotive Software Engineering in der Lehre



- <http://www1.gi-ev.de/fachbereiche/softwaretechnik/ase/lehre.html>

- **sehr gute Kenntnisse in Hardwarearchitekturen (Prozessoren, verteilte Systeme).**
- **exzellente theoretische und praktische Kenntnisse im Entwurf von komplexer Software.**
- **Kenntnisse in der Beschreibung (Modellierung) und in der Analyse komplexer informationstechnischer Systeme.**
- **Verständnis der ingenieurtechnischen Grundlagen der Anwendung.**
- **Grundkenntnisse in Schaltungstechnik und elektrischer Datenerfassung.**

■ Vorlesungen Automotive Software Engineering

- TU Dresden (Hohlfeld)
- TU Berlin (Jähnichen)
- Humboldt Universität Berlin (Conrad)
- TU München (Salzmann, Stauner)
- Universität Ulm (Flor)
- RWTH Aachen (Kowalewski)
- TU Braunschweig (Goltz)
- ...

■ Studiengänge Automotive Software Engineering

- TU München Master-Studiengang "Automotive Software Engineering" (Broy, Schätz)
 - <http://www.in.tum.de/fuer-studieninteressierte/master-studiengaenge/automotive-software-engineering.html>
- TU Chemnitz Master-Studiengang Automotive Software Engineering (Hardt)
- ...

■ Informationen zu allen Veranstaltungen auf den Internetseiten der FG ASE:

- <http://www1.gi-ev.de/fachbereiche/softwaretechnik/ase/lehre.html>

Automotive Software Engineering in der Lehre Literatur



- J. Schäuffele, Th. Zurawka: Automotive Software Engineering, Vieweg Verlag, 3. Auflage 2006.
- O. Kindel, M. Friedrich: Softwareentwicklung mit AUTOSAR. Grundlagen, Engineering, Management für die Praxis. dpunkt.verlag, 2009
- P. Liggesmeyer, D. Rombach (Hrsg.): Software Engineering eingebetteter Systeme, Elsevier, 2005.
- BOSCH: Krafftfahrtechnisches Taschenbuch, Vieweg Verlag, 24. Auflage 2002.
- BOSCH: Automotive Handbook, Robert Bentley, 5th edition 2000.
- BOSCH: Automotive Terminology: English - German - French, SAE, 1st edition 1998.

A photograph of a snowy mountain landscape under a clear blue sky. The foreground is a vast, snow-covered slope with some rocky outcrops. In the background, there are jagged, snow-capped mountain peaks. The overall scene is bright and clear.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Bernhard Hohlfeld
Business Unit MPT
Methods, Processes & Tools
ICS AG
Geschäftsstelle Ulm
Sedanstrasse 14
D-89077 Ulm

Tel.: +49 731 93579 326
Mobile: +49 172 7280510

Email: bernhard.hohlfeld@ics-ag.de
Web: www.ics-ag.de