

# EMV in der Automobiltechnik

- ▶ Einführung  
(Bosch – ein Unternehmen stellt sich vor)
- ▶ 1 Grundlagen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in der Automobiltechnik
- ▶ 2 EMV-Anforderungsanalyse und -Design
- ▶ 3 EMV-Integration
- ▶ 4 EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik
- ▶ 5 EMV-Simulation
- ▶ Literatur

Dr.-Ing. Wolfgang Pfaff



## 1. Grundlagen der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Automobiltechnik

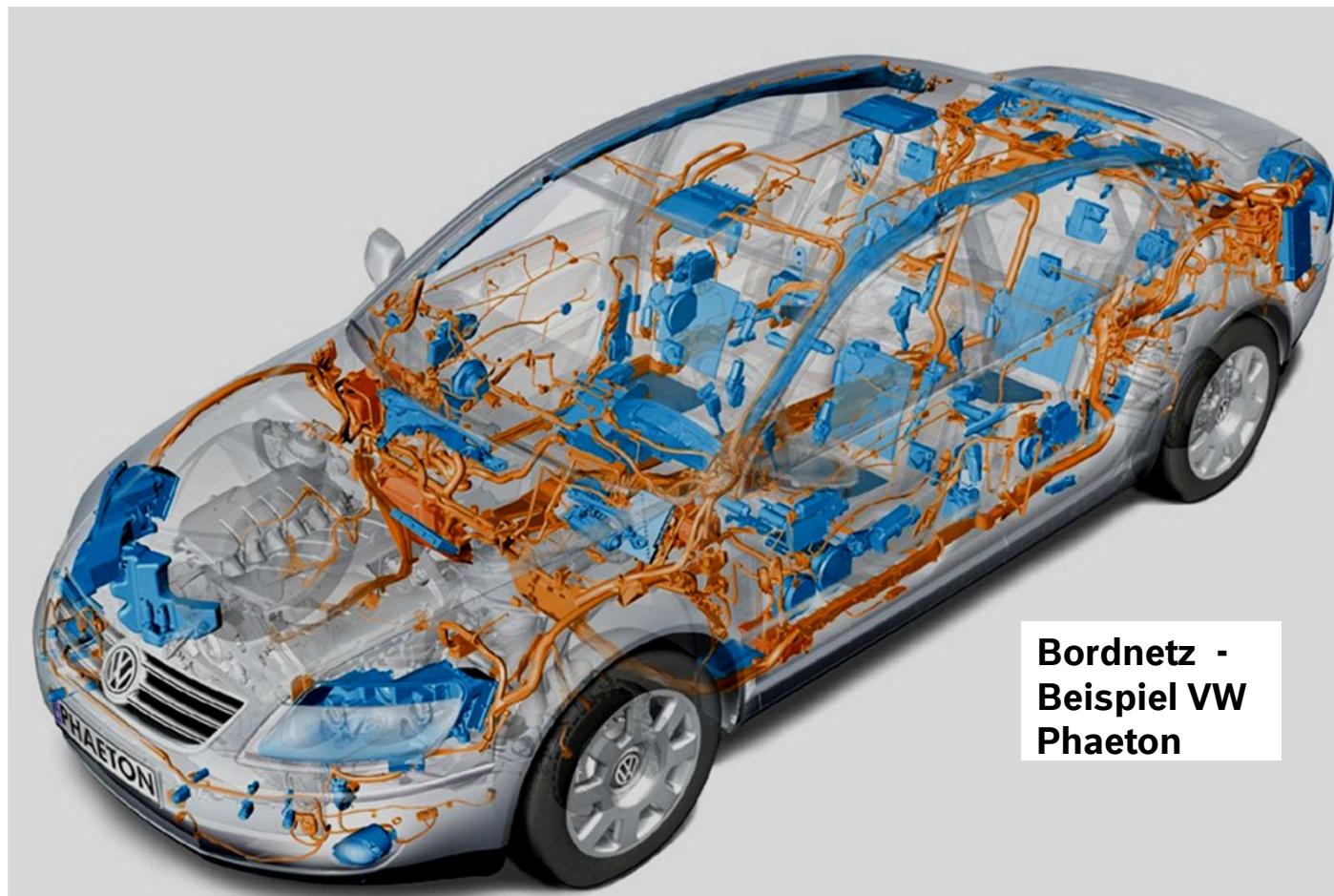
# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Übersicht

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

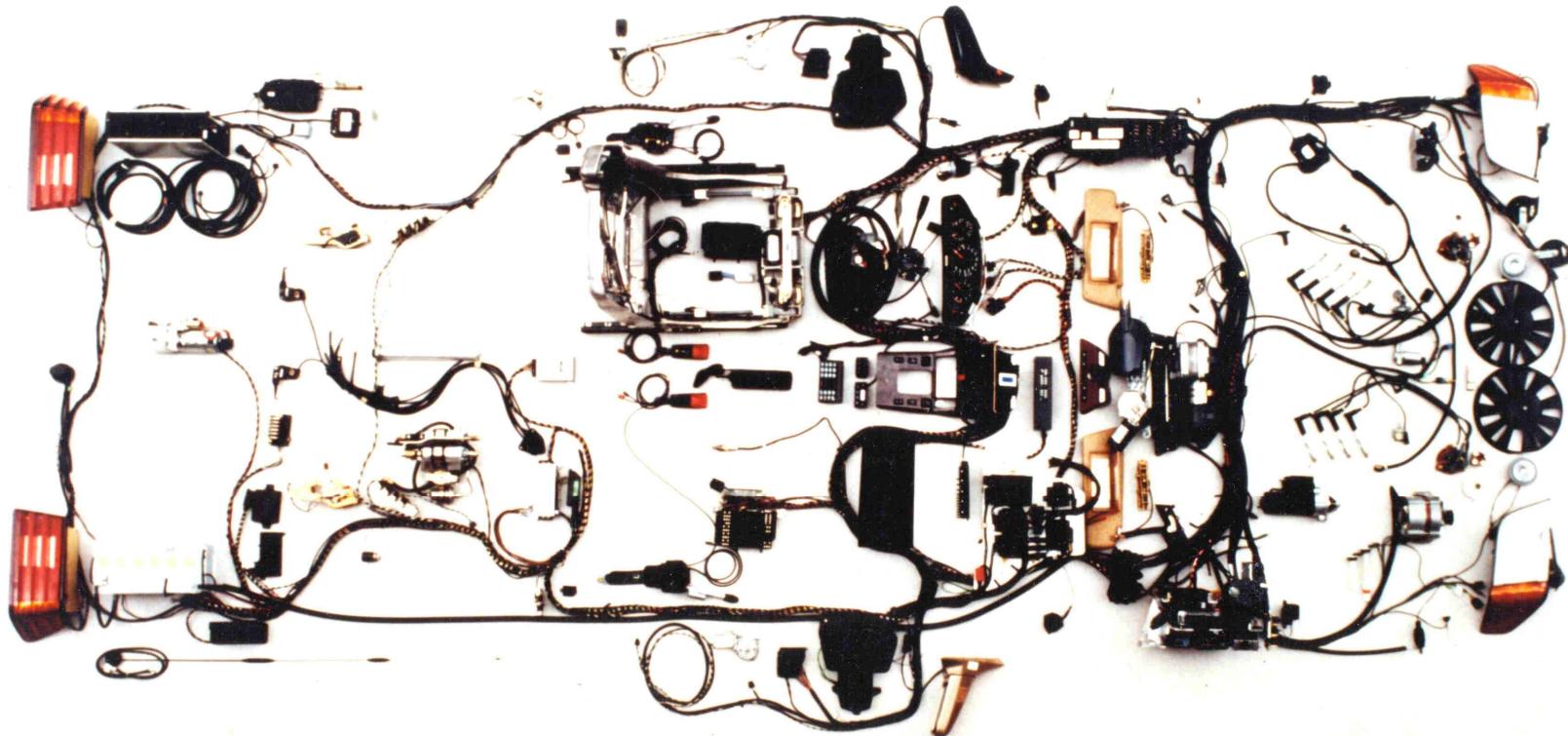
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Fahrzeugkabelbaum im modernen Kraftfahrzeug

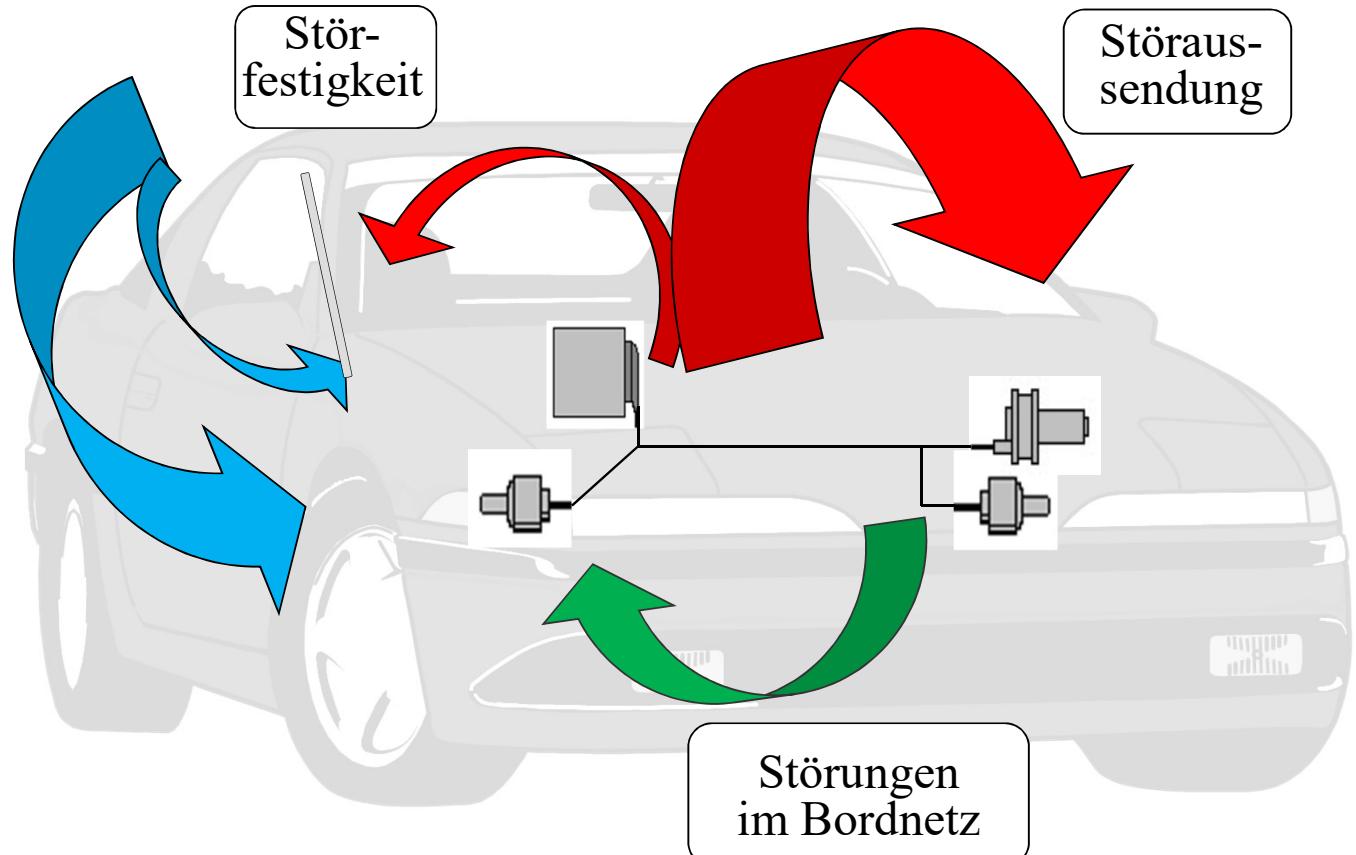
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## EMV-Themen im Kraftfahrzeug

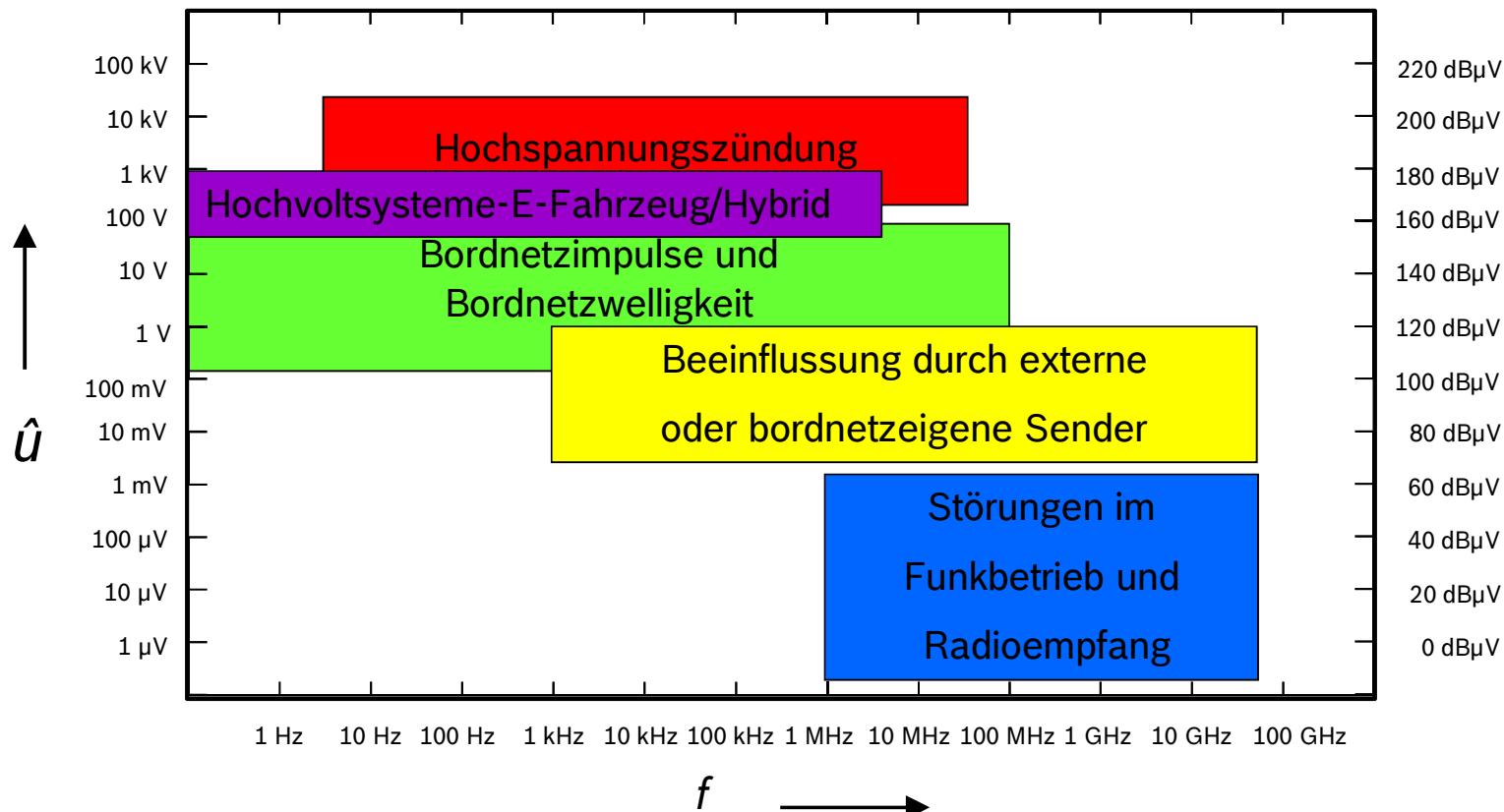
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Signalamplituden und Frequenzen im Kraftfahrzeug

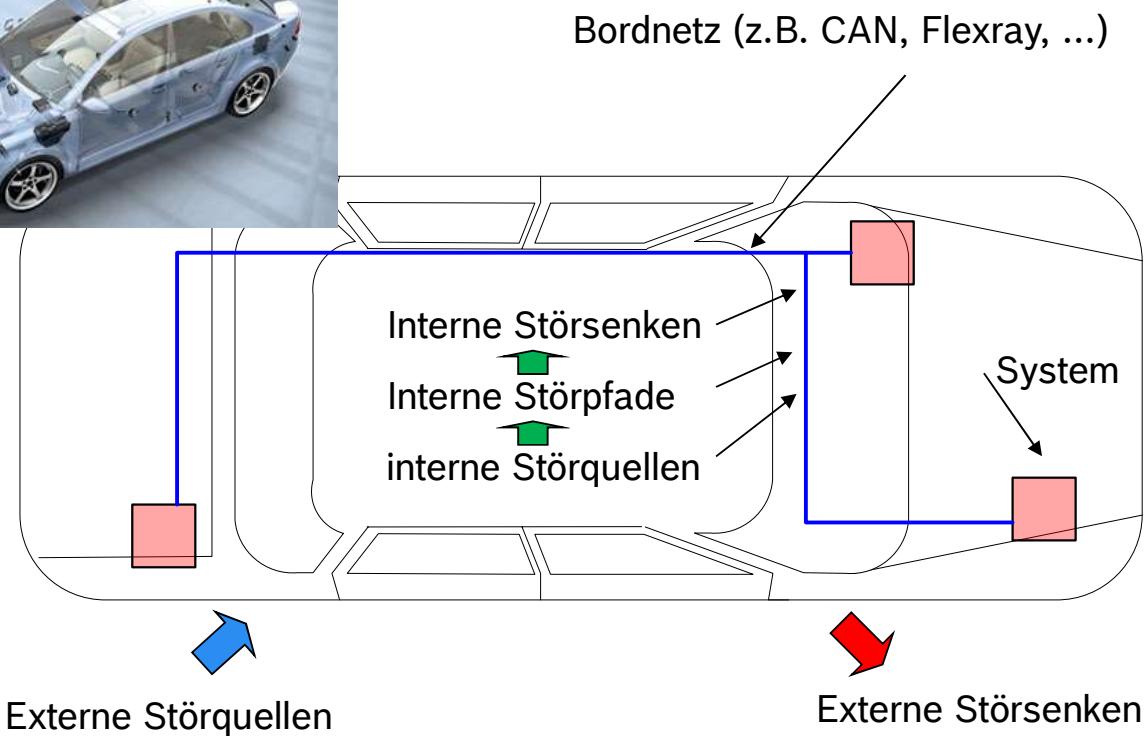
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ **1.2 Grundbegriffe in der EMV**
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## ► Elektromagnetische Beeinflussungen



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Definitionen

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ **1.2 Grundbegriffe in der EMV**
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

- **Elektromagnetische Umgebung**  
Alle elektromagnetischen Phänomene, die ein System beeinflussen können
- **Störaussendung (englisch: emission)**  
Phänomene, bei denen die elektromagnetische Energie von einer Störquelle ausgeht (Quelle: International Electrotechnical Vocabulary [IEC 1990])
- **Störempfindlichkeit (englisch: susceptibility)**  
Empfindlichkeit eines Systems gegenüber elektromagnetischen Störungen
- **Störfestigkeit (englisch: immunity)**  
Systemfähigkeit in einer elektromagnetischen Umgebung fehlerfrei zu funktionieren
- **Leitungsgebundene Störungen (englisch: conducted emission)**  
Elektromagnetische Beeinflussung über galvanische Pfade (z.B. Kabelbäume, AVT, ...)
- **Feldgebundene Störungen (englisch: radiated emission)**  
Elektromagnetische Beeinflussung über elektromagnetische Felder ohne galvanische Pfade

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

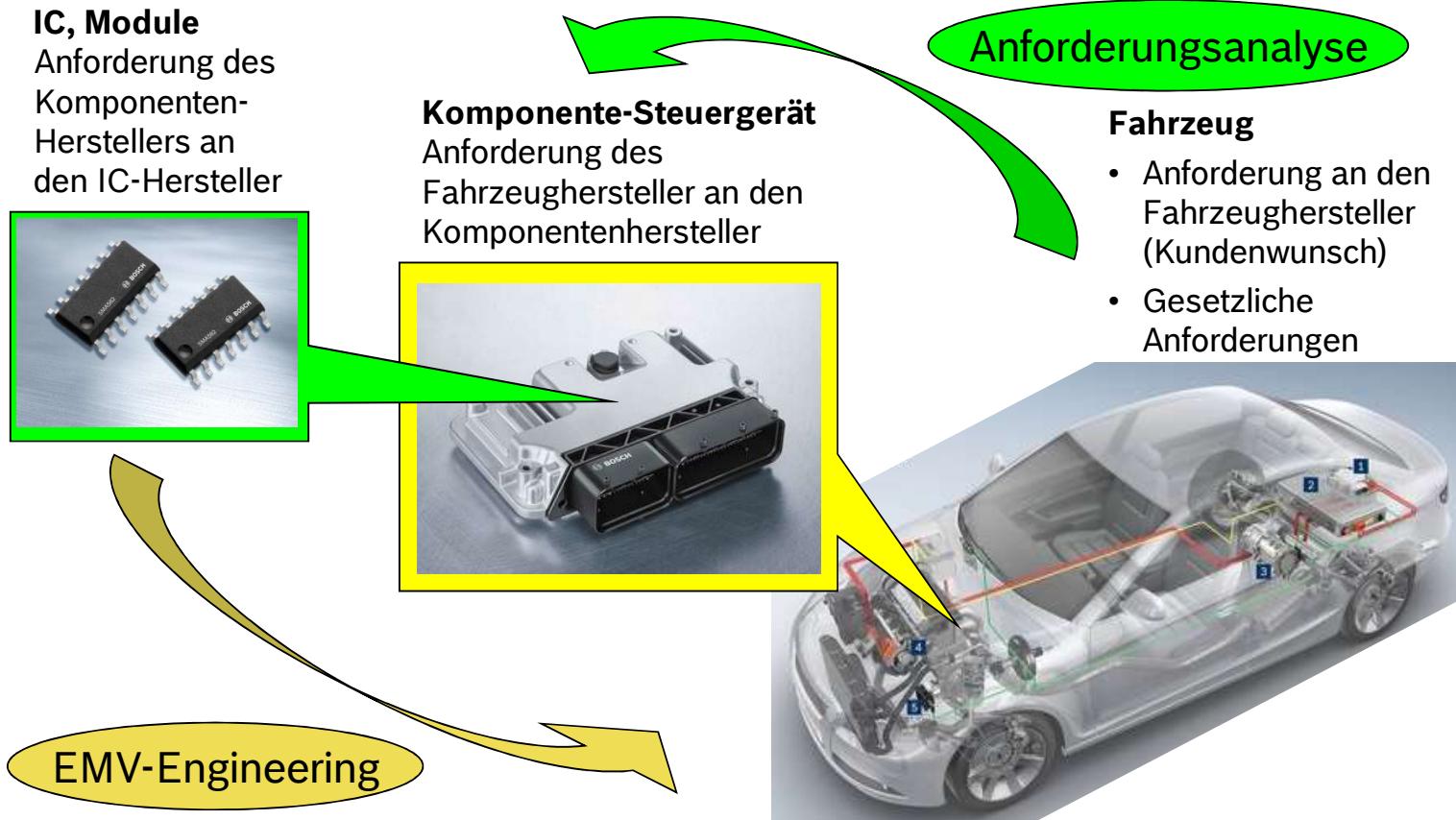
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ **1.2 Grundbegriffe in der EMV**
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

- Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV (englisch: *electromagnetic compatibility*, EMC) umfasst
  - Störaussendung (englisch: *emissions*)
  - Störfestigkeit (englisch: *immunity*)
    - gegenüber internen Störungen
    - gegenüber externen Störungen
- Ein System ist **elektromagnetisch verträglich**, wenn
  - es gegenüber internen und externen Störbeeinflussungen störfest ist und
  - seine Störaussendung keine Systeme in der Umgebung beeinträchtigt
- Komplexe Systeme (Kfz, Flugzeug, usw.)
  - Detaillierte Störfestigkeitsanalyse des ganzen Systems ist unmöglich
  - Handhabung: Einführung von EMV-Normen für Gesamtsysteme, Komponenten und Bauelemente bezüglich
    - Begrenzung der Störaussendung
    - Anforderung an die Störfestigkeit bei zulässigen Störungen

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Anforderungsanalyse und EMV-Engineering

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess**
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## V-Modell

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell**
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

- ▶ **Vorgehensmodell (V-Modell):** Abstrakte – ursprünglich aus der IT kommende – Projektmanagement-Methode für Entwicklungsprojekte
- ▶ Der Begriff resultiert aus ...
  - dem ersten Buchstaben der Bezeichnung „Vorgehensmodell“
  - der V-förmigen Darstellung der Projektelemente
- ▶ Historie:
  - Barry Boehm (1979)
  - Deutschland (1986)
  - V-Modell 97 (1997)
  - **V-Modell XT (2004)**



[<http://www.v-modell.iabg.de>]

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Motivation

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell**
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

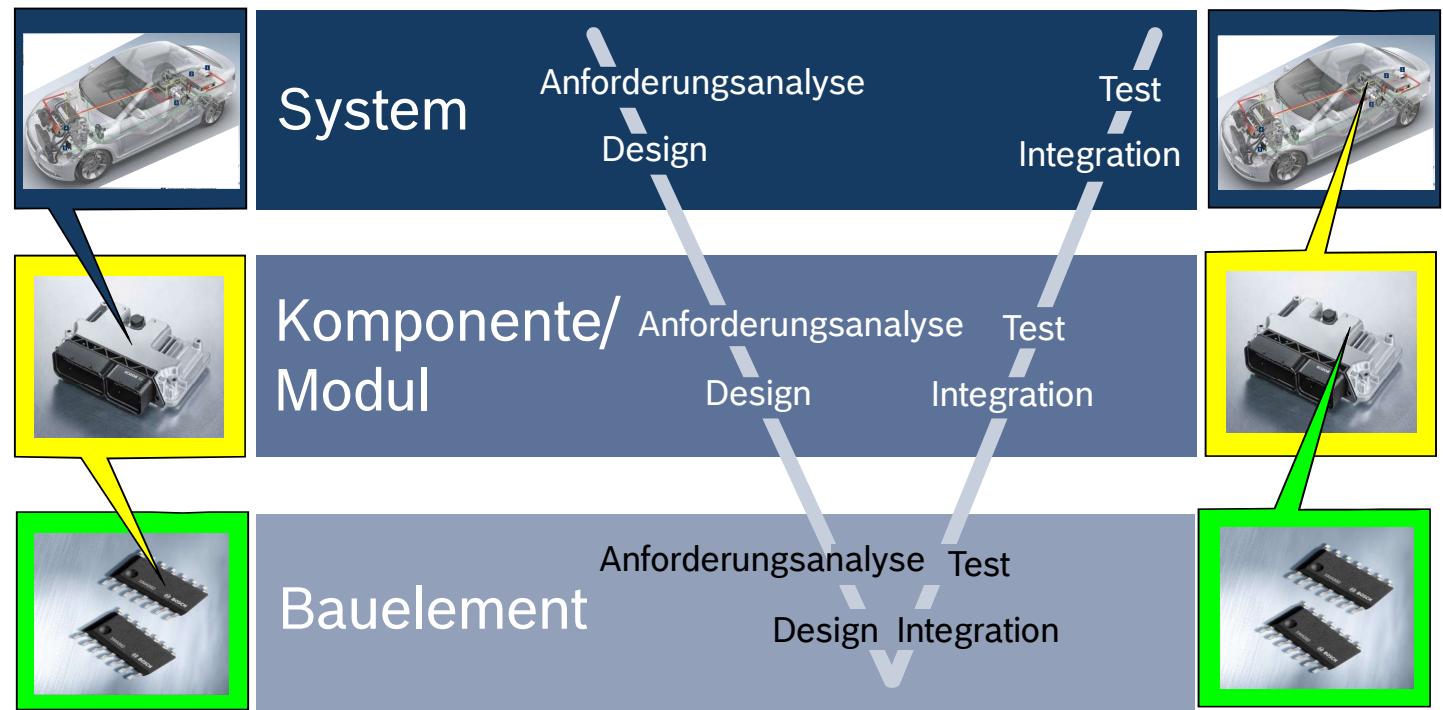
- ▶ **Motivation** für eine V-Modell basierte Prozessarchitektur:
  - Reduzierung der Komplexität durch Fokussierung auf grundsätzliche Ähnlichkeiten auf unterschiedlichen Ebenen (System, Komponente, Modul und Bauelement)
  - Gute Übertragbarkeit von identifizierten „Best Practices“ u.a. auf andere Teams (z.B. „Test“)
  - Gute Anpassbarkeit von grundlegend ähnlichen Prozessen
  - Hohe Übersichtlichkeit
  - Gute Wartbarkeit

# 1. Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell**
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## V-Modell Hierarchische Struktur

zusätzlich rekursiv für A-, B-, C-Muster-Phasen

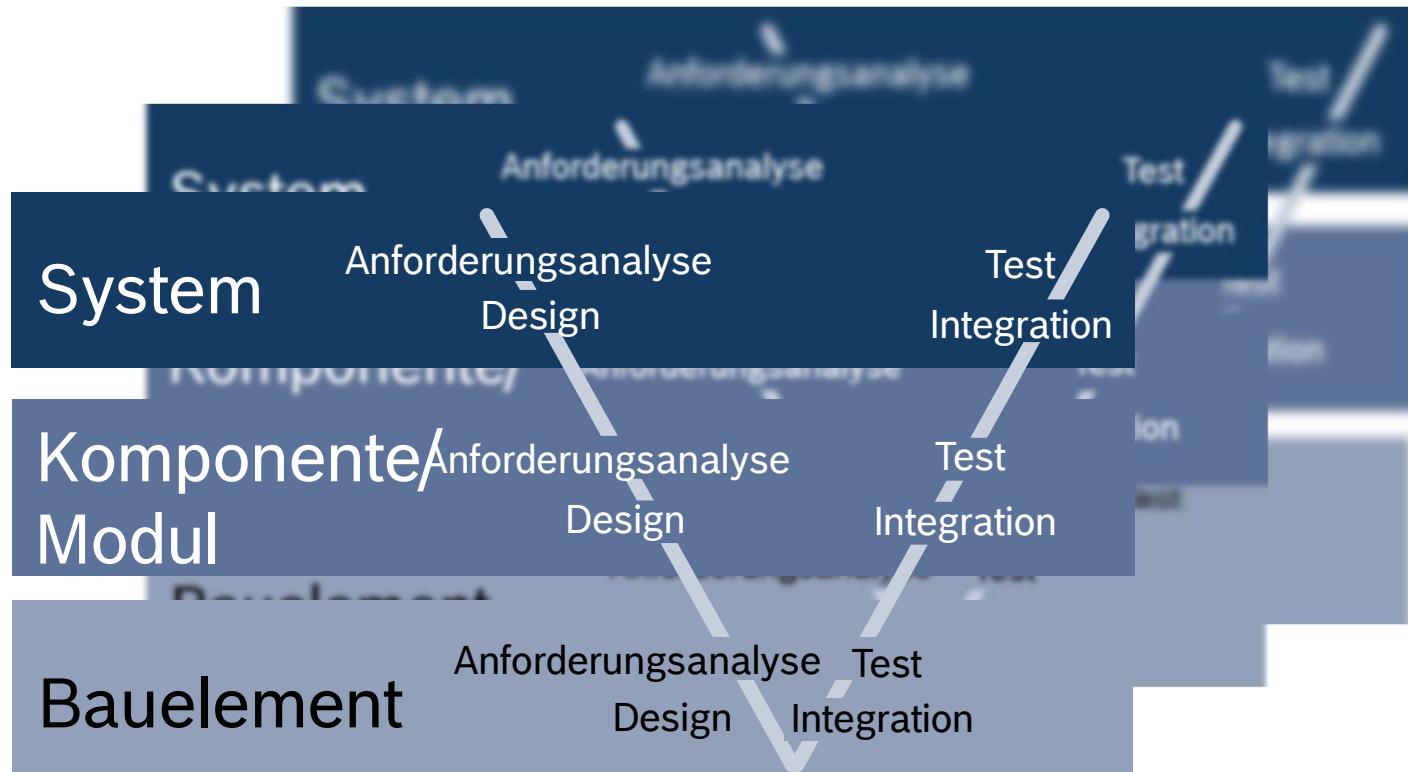


# 1. Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## V-Modell Hierarchische Struktur

zusätzlich rekursiv für A-, B-, C-Muster-Phasen

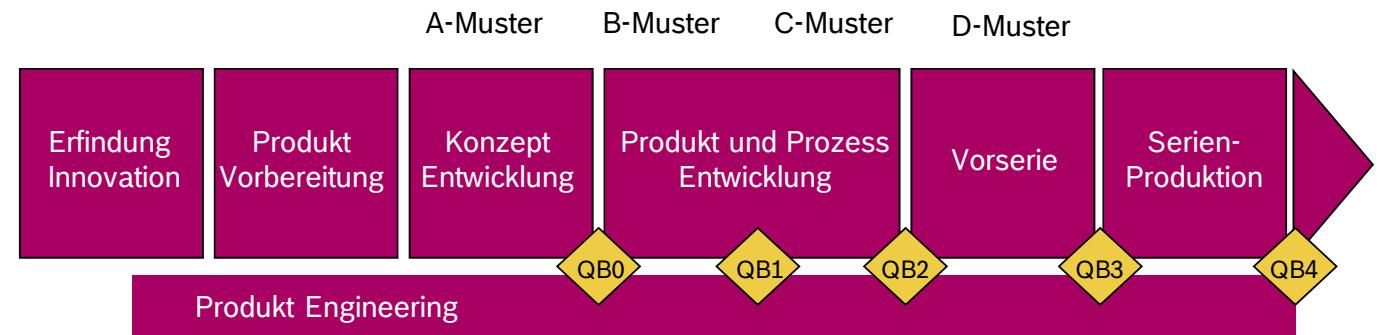
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell**
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

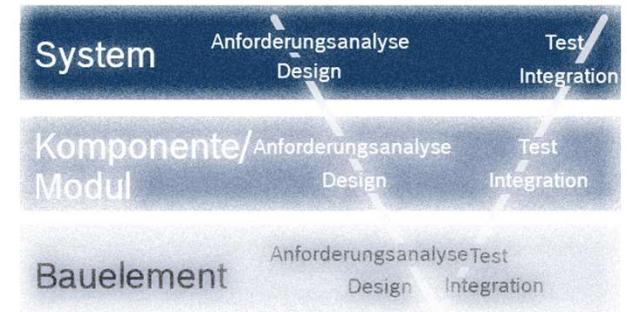
## EMV-Prozesselemente



QB: „Quality Gates“

### EMV- Prozesselemente

- Anforderungsanalyse
- EMV-Design
- EMV-Integration
- EMV-Test



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## EMV-Anforderungsanalyse

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

### ► Ziel und Definition (1/2)

- Ziel der EMV-Anforderungsanalyse ist, die Kundenanforderungen an das Produkt und seine Komponenten zu ermitteln, zu analysieren, zu bewerten und abzustimmen.
- Dadurch ist sichergestellt, dass die EMV-Anforderungen vollständig, eindeutig und widerspruchsfrei sind und das Produkt in der Zielumgebung die EMV-Kundenforderungen erfüllt.
- Die EMV-Anforderungsanalyse ist deshalb die Voraussetzung für eine hohe Entwicklungsqualität, die Vermeidung von Rekursionen aufgrund unklarer Anforderungen, die Einhaltung von Terminen und geringste mögliche Kosten.
- **Output 1: EMV-Lastenheft**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV-Anforderungsanalyse



### ► Ziel und Definition (2/2)

- Auf Basis der im EMV-Lastenheft definierten Anforderungen werden technische Lösungen zur Validierung des Produkts abgeleitet (Messverfahren, Simulation, Referenzierung auf vergleichbare Produkte, ...), ggf. Alternativen dazu bewertet und das Ergebnis im sog. EMV-Testplan dokumentiert
- Der Kunde (OEM) gibt den EMV-Testplan durch Unterschrift frei.
- **Output 2: EMV-Testplan**

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV-Design



### ► Ziel und Definition

- Ziel des EMV-Designs ist, aus den im EMV-Lastenheft definierten Anforderungen technische Lösungen abzuleiten, Alternativen zu bewerten und das Ergebnis (EMV-Konzept) im EMV-Pflichtenheft zu dokumentieren.
- Dies erfolgt top-down vom Fahrzeug über System-, Komponente-, Modul- bis zur Bauelemente-Ebene; die Wiederverwendung von vorhandenen Modulen und Bauelementen auf Komponentenebene führt dabei zu hoher Qualität bei geringen Kosten.
- **Output 3: EMV-Pflichtenheft**

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV-Integration

### ► Ziel und Definition

- Ziel der EMV-Integration ist die fehlerfreie Auslegung und Zusammenführung aller Module eines Designs (Bauelemente, Gehäuse, Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT),...)
- Die EMV-Betreuung während dieses Vorgangs erfolgt durch Experten auf Basis von sogenannten Standardlastenheften, Design-Regeln und technischen Handlungsanleitungen.
- **Outputs: Schaltung, Layout, Konstruktion (Gehäuse, Stanzgitter, Motor, ...) ▶ Muster**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV-Test (1/4)

### ► Ziel und Definition

- Zur Absicherung der Entwicklungsqualität wird ein Testprozess angewendet, der die Eigenschaften des Produkts überprüft.
- Der Testumfang ist durch den (aus der EMV- Anforderungsanalyse) abgeleiteten Testplan definiert.
- **Output: EMV-Testbericht**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV Test (2/4)

### ► Verifizierung

- Quelle: DIN EN ISO 8402
- Bestätigt aufgrund einer Untersuchung und durch Führung eines Nachweises, dass die **festgelegten Anforderungen erfüllt** worden sind.
- Prüfung / Nachweis **“you built the things right”**
- Prüfung, ob der dokumentierte Entwicklungsprozess befolgt wurde
- **Anmerkung:** Die Verifizierung kann als Prozess- oder Produktprüfung durchgeführt werden.



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV Test (3/4)

### ▶ Validierung (1/2)

- Quelle: DIN EN ISO 8402
- Bestätigt aufgrund einer Untersuchung und durch Führung eines Nachweises, dass die besonderen Anforderungen für einen speziell vorgesehenen Gebrauch (**Erwartungshaltung des Anwenders**) erfüllt worden sind.
- Prüfung / Nachweis “**you built the right things**”
- Bezug auf die Kundenanforderungen



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ **1.3 EMV im Entwicklungsprozess**
  - 1.3.1 EMV-Entwicklungsprozess
  - 1.3.2 Darstellung im V-Modell
  - 1.3.3 EMV - Prozesselemente**
- ▶ 1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3)

## EMV Test (4/4)

### ► Validierung (2/2)

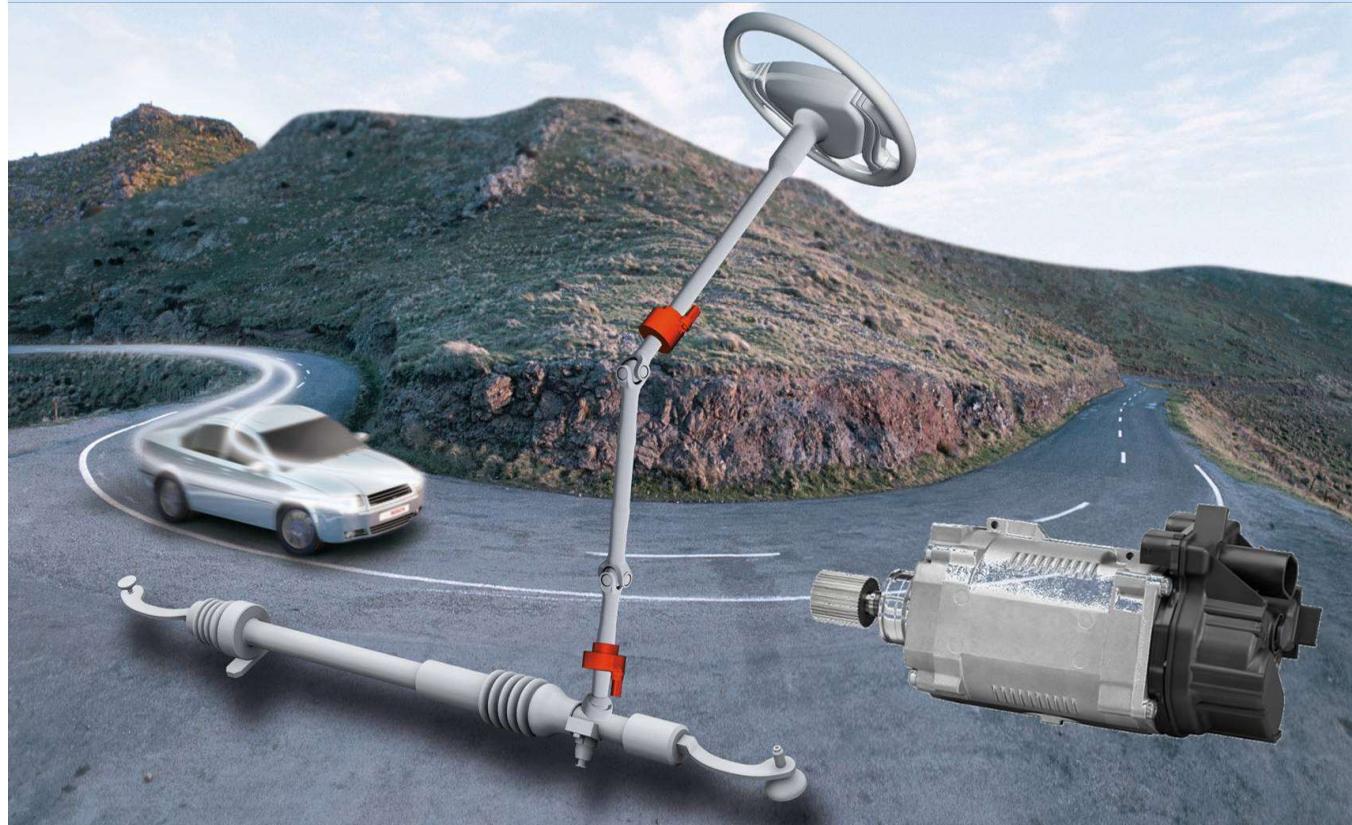
- **Anmerkung:** Eine Validierung kann durchgeführt werden
  - ...
  - in Form einer **Prüfung** des Endproduktes gegen die Erwartung des Anwenders,
  - in Form einer **Simulation** auf Basis von Zwischenergebnissen, bei der der Anwender einbezogen wird,
  - als Prüfschritt im Rahmen einer **Durchführungsentscheidung** am Ende einer Entwicklungsstufe bei einer inkrementellen Systementwicklung



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Gesamtsystem

EMV

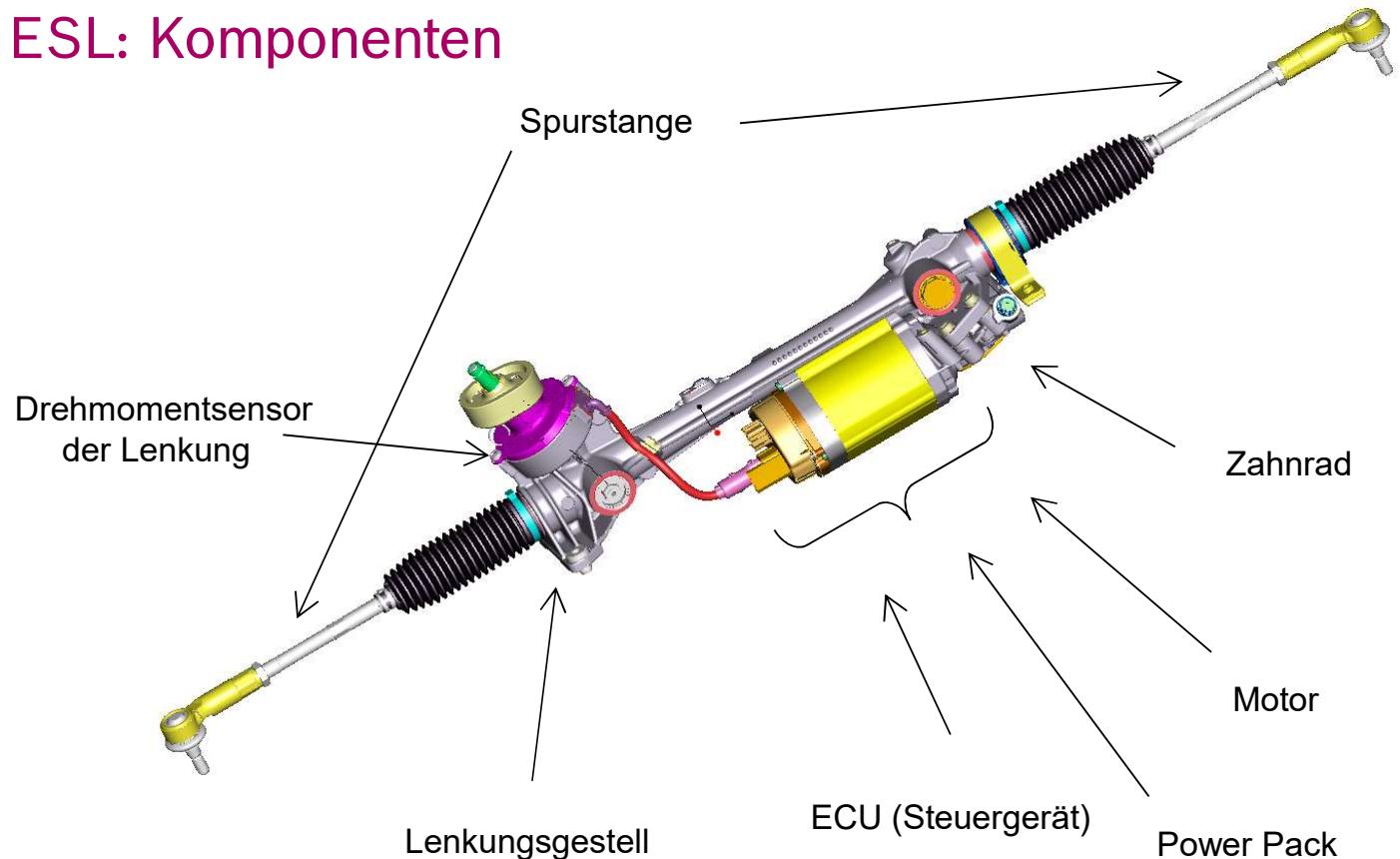
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem**
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**

- Deutsch: **Elektrische Servolenkung (ESL)**
- Englisch: **Electric Power Steering (EPS)**
- Unterstützung der Lenkbewegung des Fahrers → Fahrkomforterhöhung [ggf. Eingriff in das Lenkverhalten bei Fahrfehlern → Fahrsicherheit  
→ Automatisiertes Fahren]
- Heute: Standard im Kfz
- **Arbeitsprinzip:**  
Bei der elektrischen Servolenkung erfasst ein Sensor die Lenkbewegung des Fahrers und steuert über die Elektronik einen Elektromotor an der Lenksäule oder der Zahnstange an.  
Dieser erzeugt ein bedarfsgerechtes Drehmoment, das die Lenkbewegung des Fahrers unterstützt.

# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## ESL: Komponenten

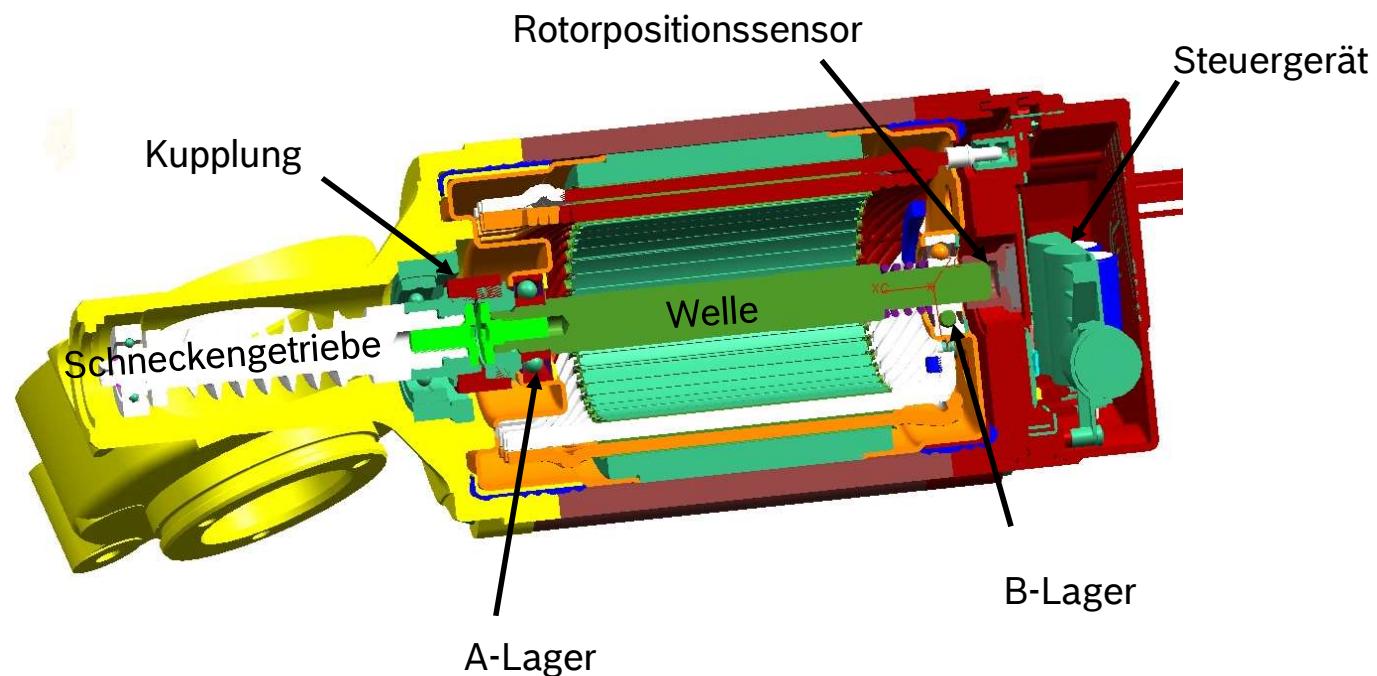
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Servomotor (Querschnitt)

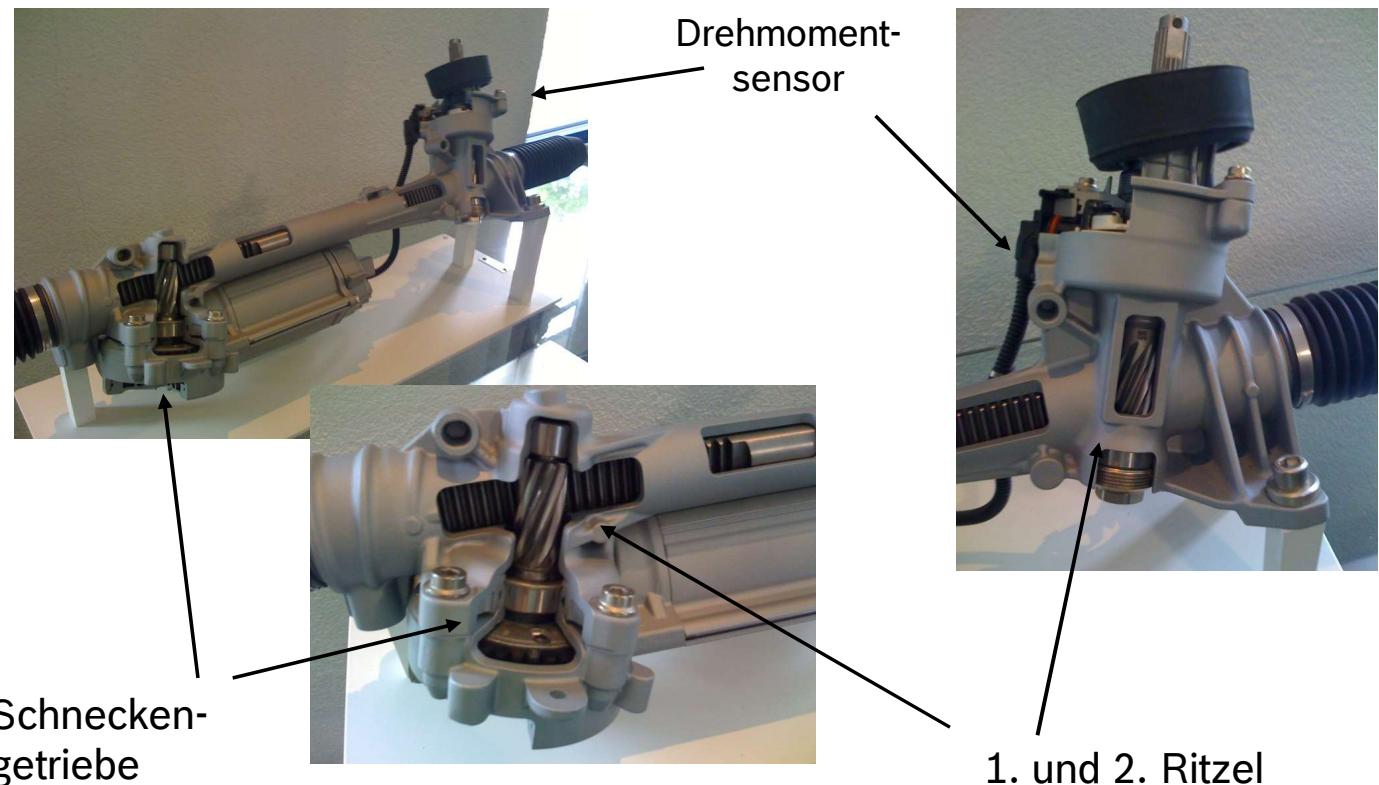
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Dual-Pinion Steering System

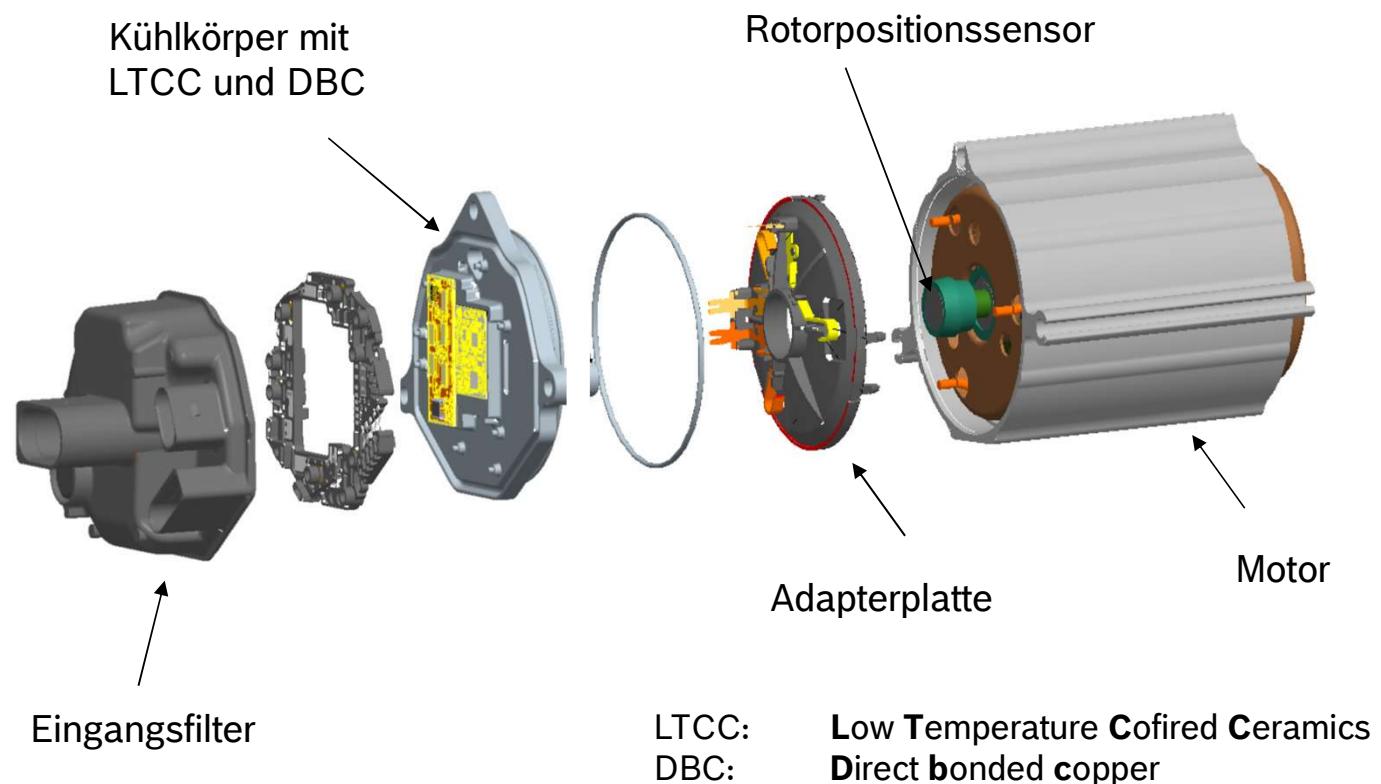
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Powerpack

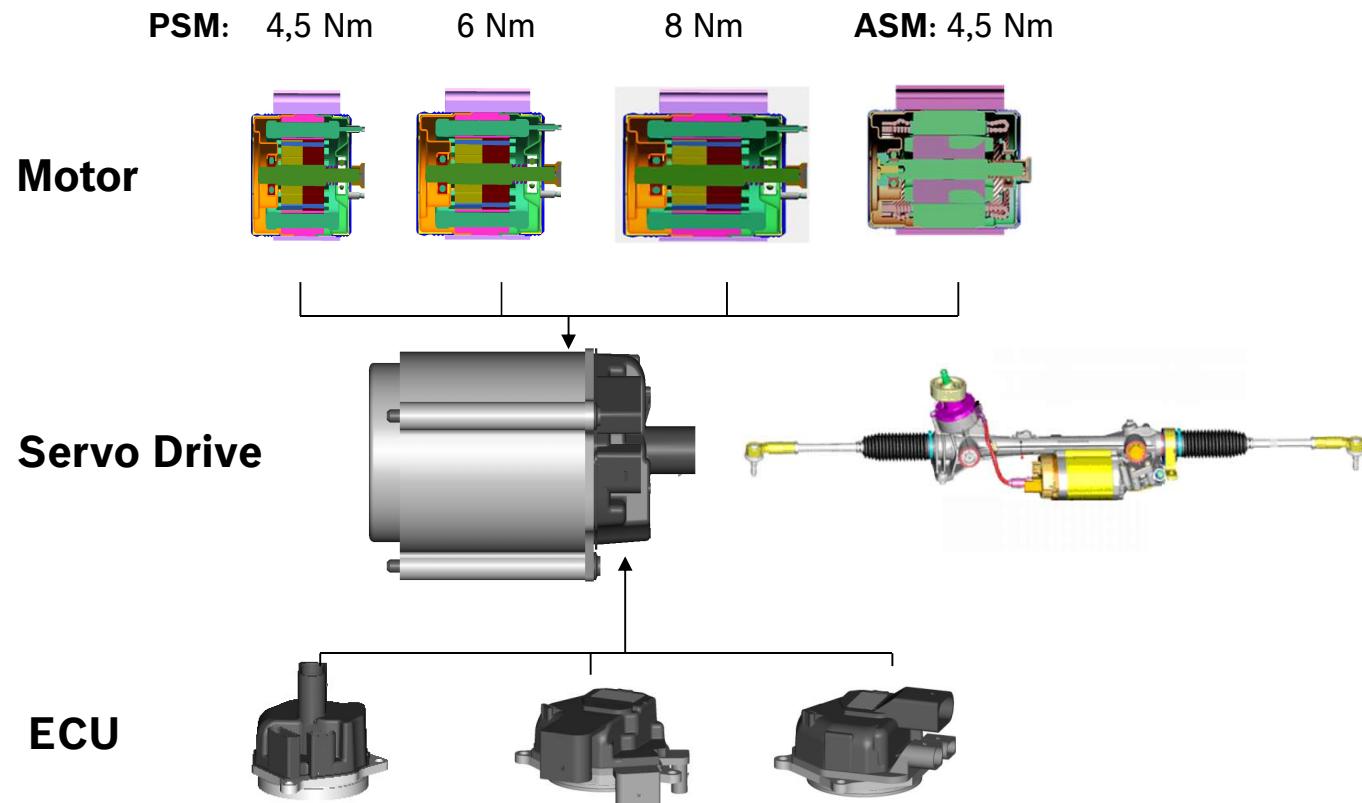
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Elektrischer Antrieb: Construction Kit

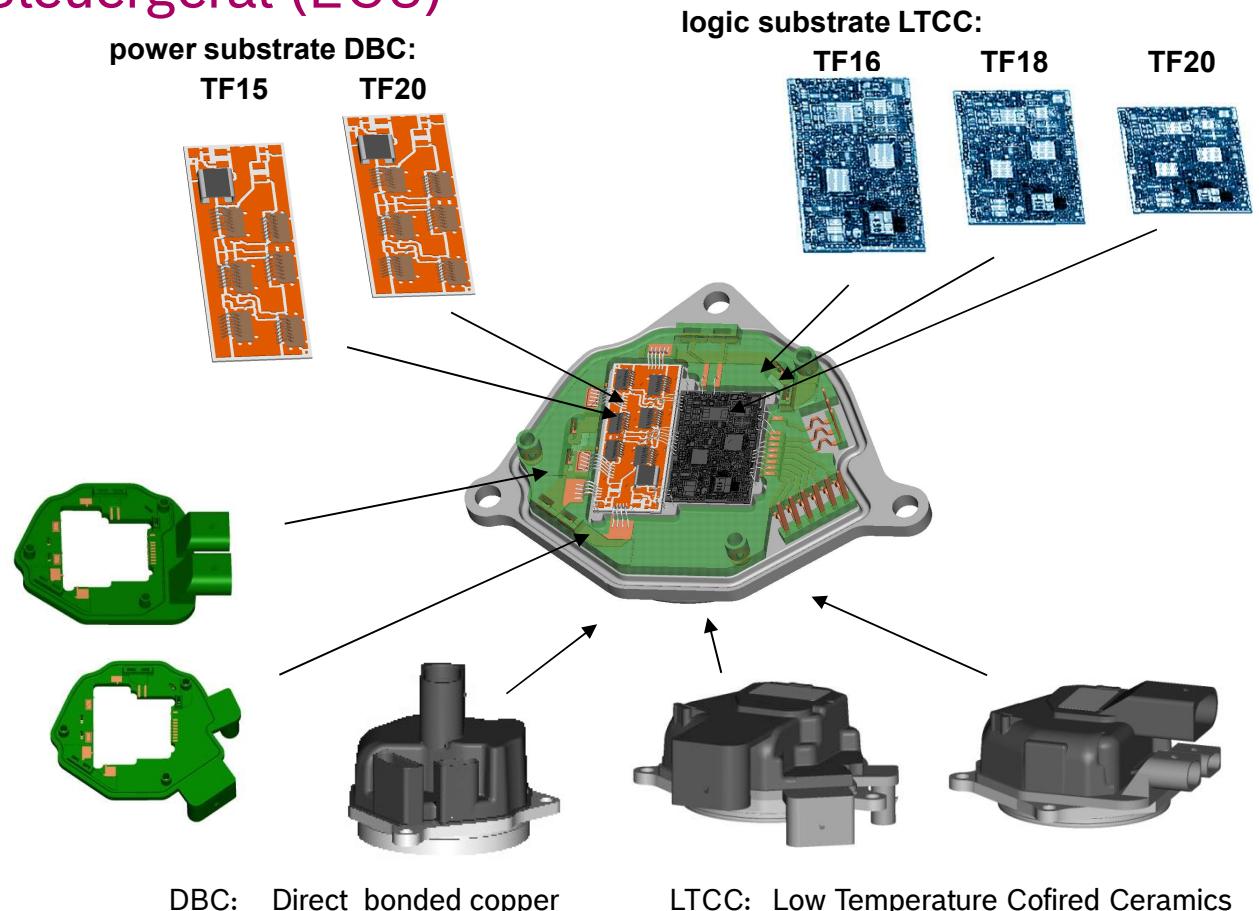
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Steuergerät (ECU)

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**

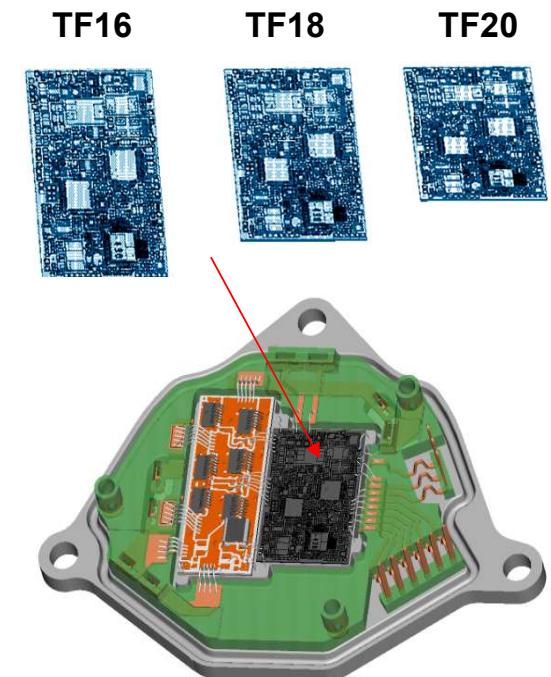


# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC)

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**

- Mehrlagschaltungen auf Basis von gesinterten Keramikträgern
- Leiterzüge, Bauelemente
- Relativ hohe Wärmeleitfähigkeit der Leiterplatte
- Sehr kurze (100 µm) Leiterzüge möglich
- Günstige HF-Eigenschaften
- Kostengünstig
- Anwendung: Kfz-Technik



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

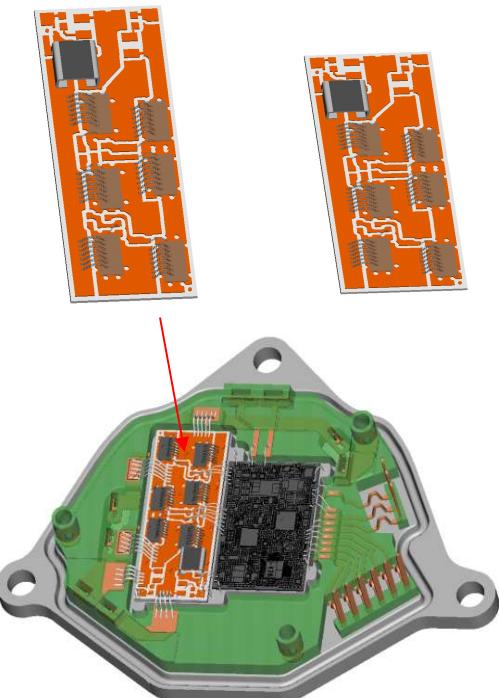
## Direct bonded copper (DBC) Module

- ▶ 1.1 Einführung
  - ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
  - ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
  - ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
    - 1.4.1 Gesamtsystem
    - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**
- Breite Anwendung in der Leistungselektronik
- Substrat hat sehr hohe Wärmleitfähigkeit
- Sehr kompakt → kurze Leiterzüge
- Schnelle Umschaltraten realisierbar
- Sehr gut geeignet für kompakte Leistungsstufen in elektronisch kommutierten Motoren
- BLDC-Motor – **brushless DC Motor**
  - PSM – Permanent erregter **Synchronmotor**
  - ASM – **Asynchronmotor**

power substrate DBC:

TF15

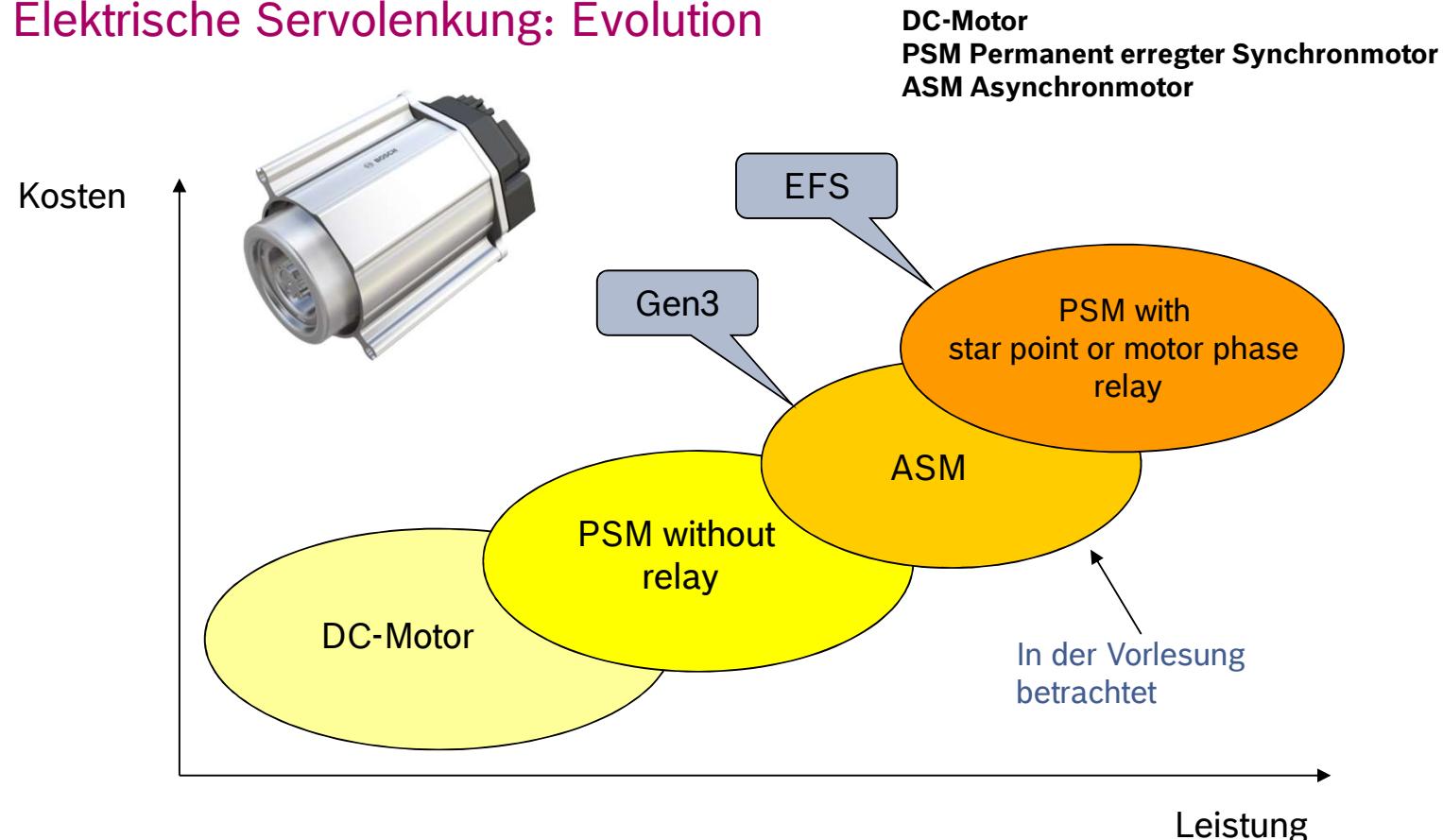
TF20



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Elektrische Servolenkung: Evolution

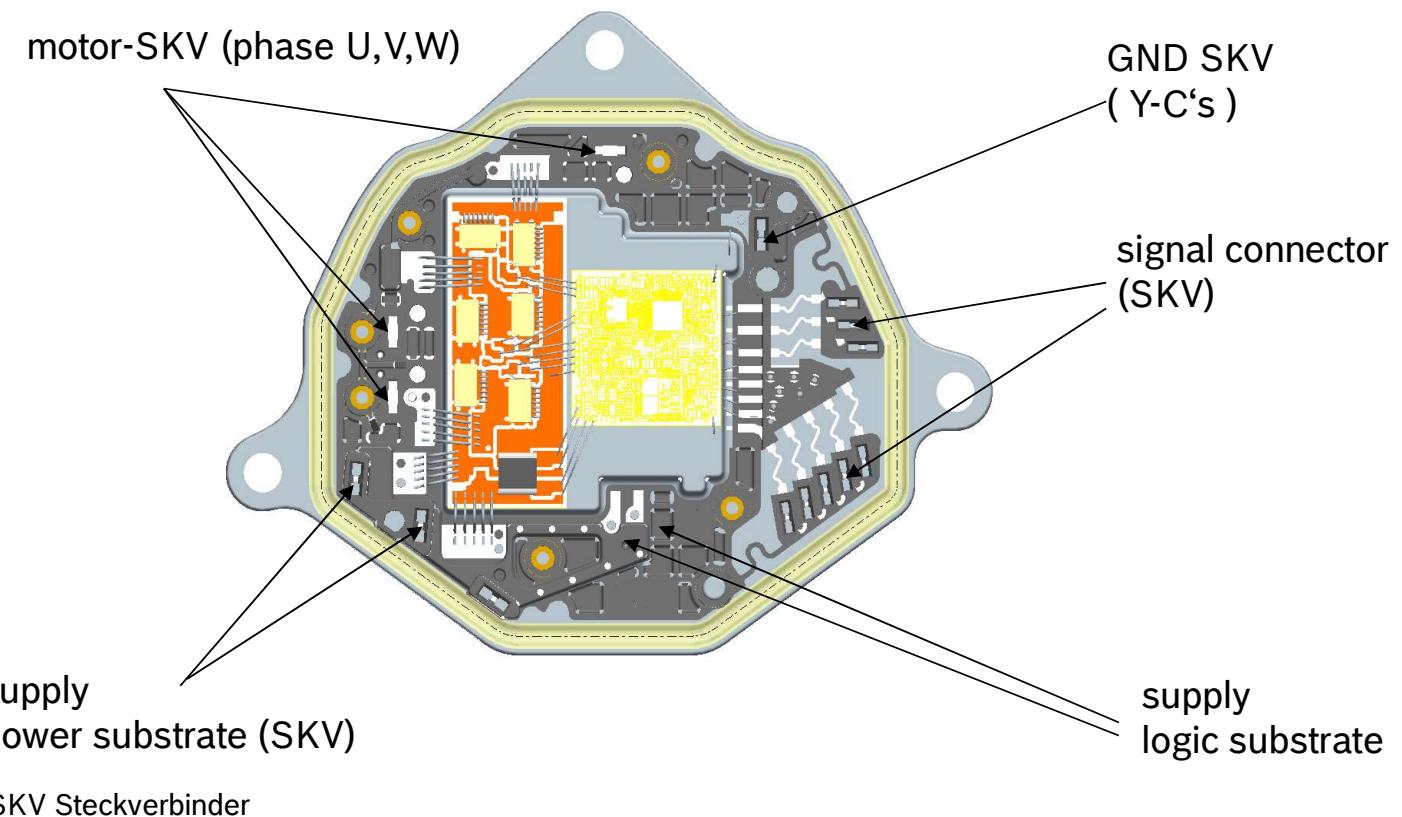
- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## ECU: DBC und LTCC (Gen 3)

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**



# 1 Grundlagen der EMV in der Automobiltechnik

## Block Diagram (ECU Gen3, Asynchronmotor)

- ▶ 1.1 Einführung
- ▶ 1.2 Grundbegriffe in der EMV
- ▶ 1.3 EMV im Entwicklungsprozess
- ▶ **1.4 Produktbeispiel „Elektrische Servolenkung“ (ESL3) Übersicht**
  - 1.4.1 Gesamtsystem
  - 1.4.2 Elektrischer Antrieb**

