

# Das Computernetzwerk im Automobil am Beispiel von Fahr(er)assistenzsystemen

Prof. Dr.-Ing. Hans-E. Schurk  
Hochschule Augsburg  
Postfach 110605  
D-86031 Augsburg  
Deutschland

Tel. 0821 5586 3213  
Fax. 0821 5586 3253

[hans.e.schurk@hs-augsburg.de](mailto:hans.e.schurk@hs-augsburg.de)

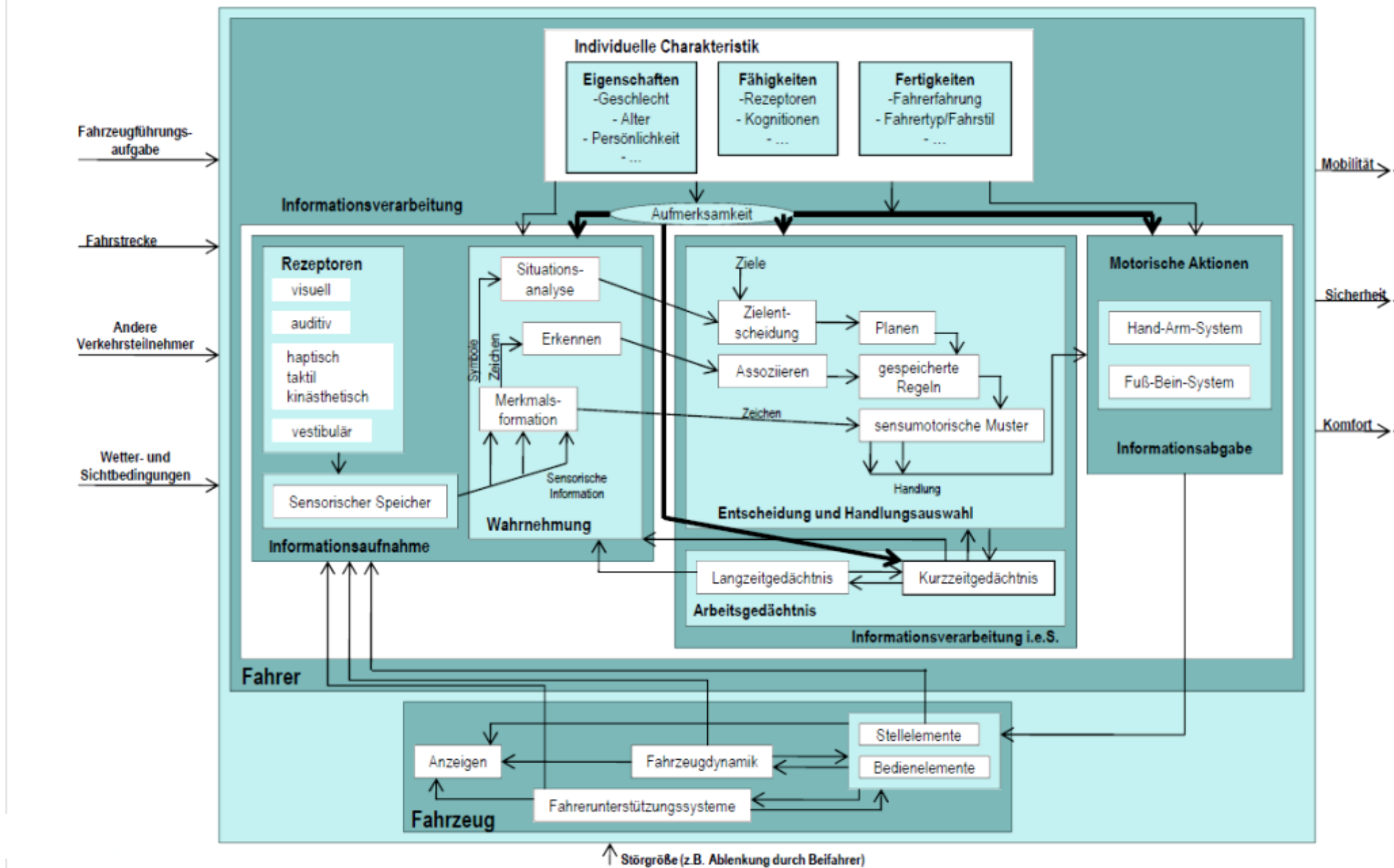


Quelle: Audi

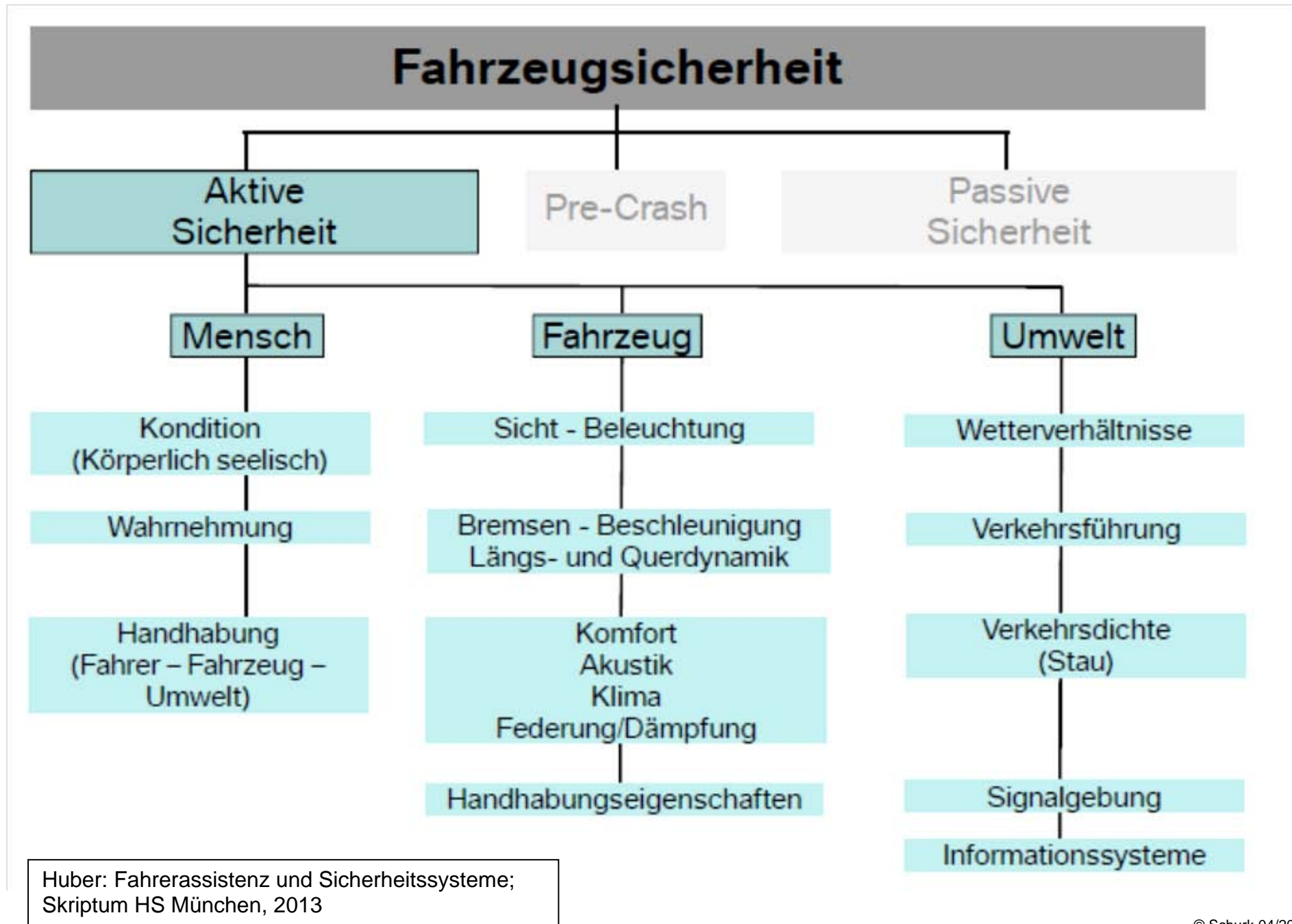
# 1 WAS MÜSSEN FAHR(ER)ASSISTENZSYSTEME LEISTEN?



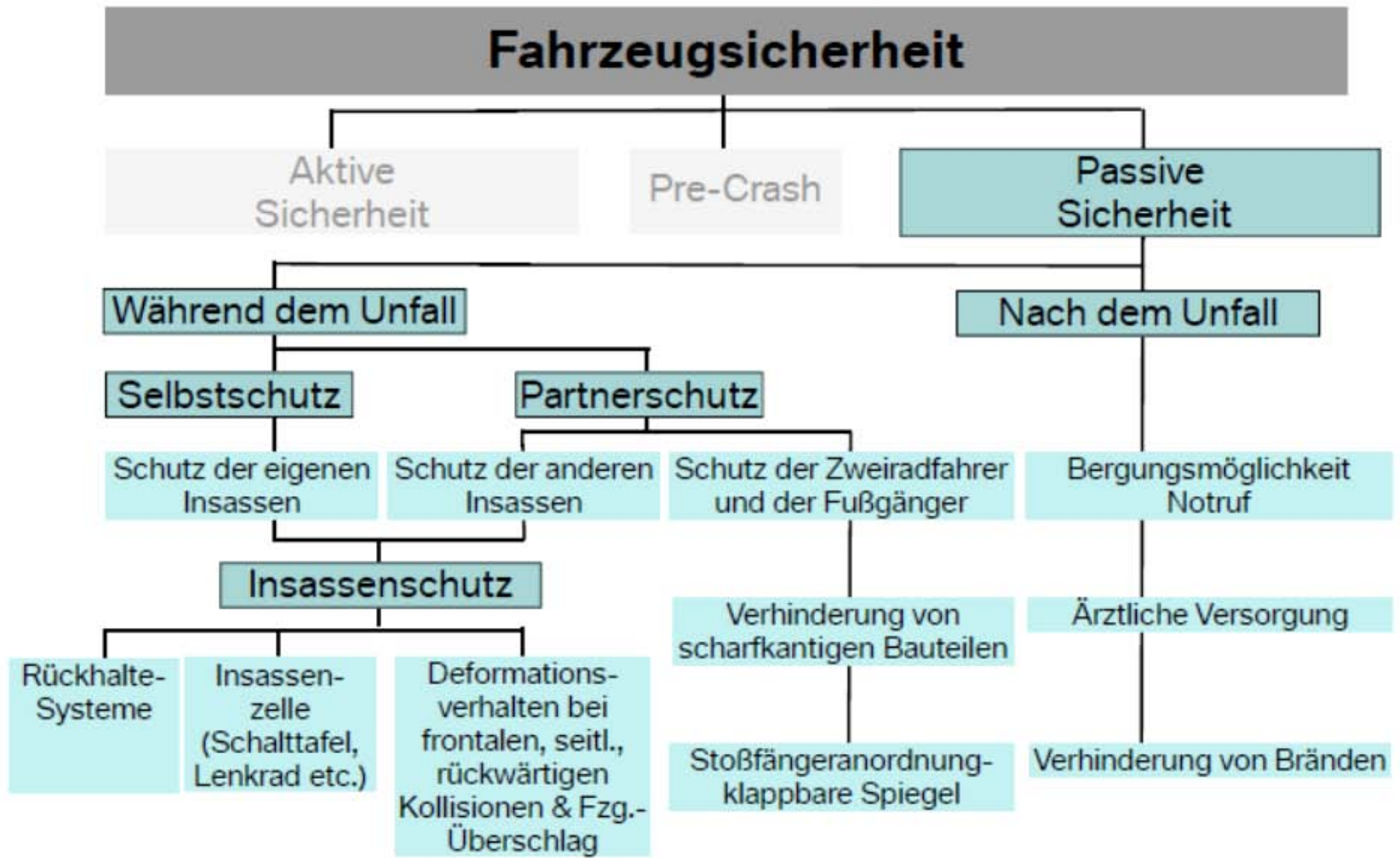
### Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung

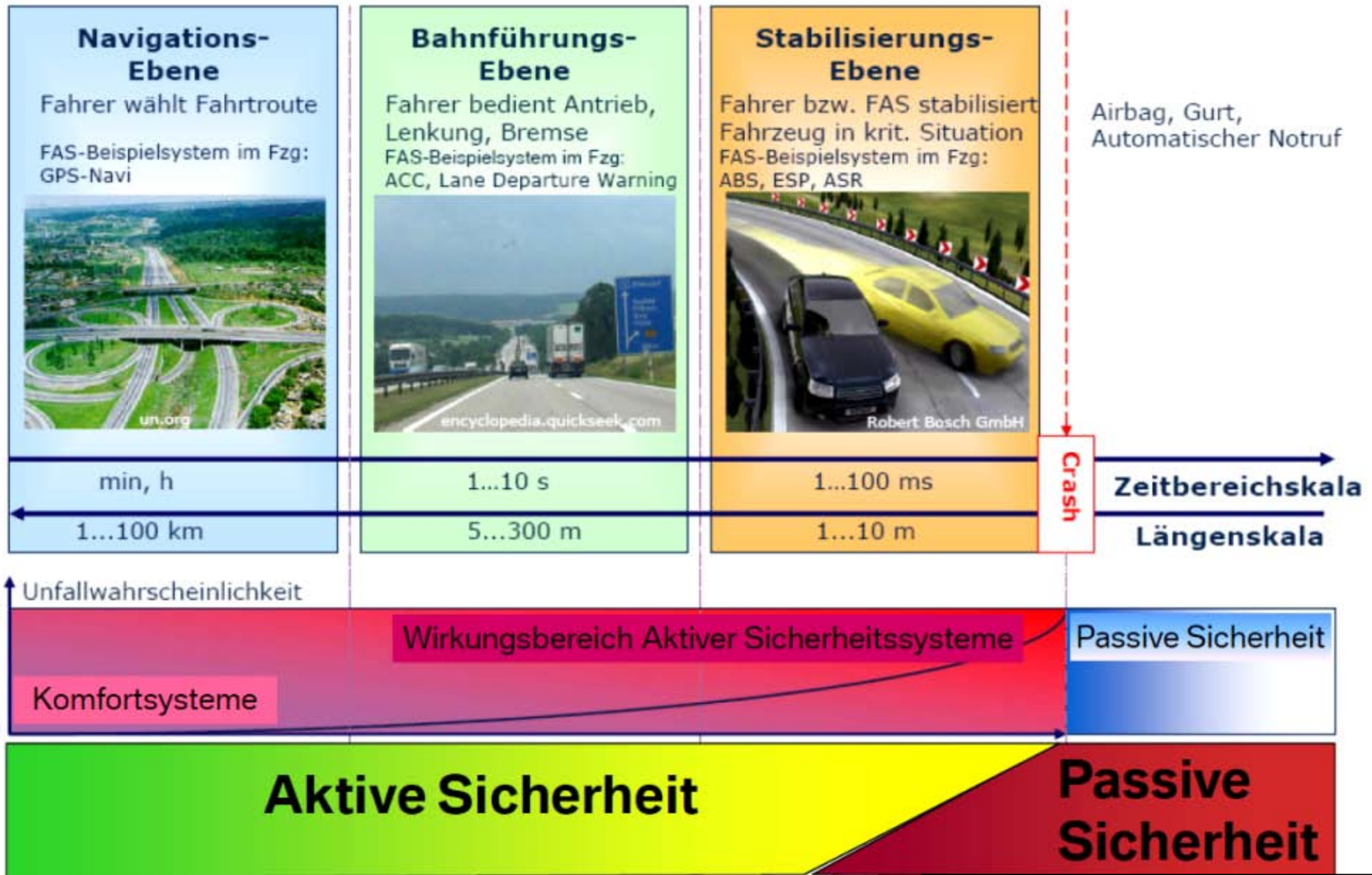




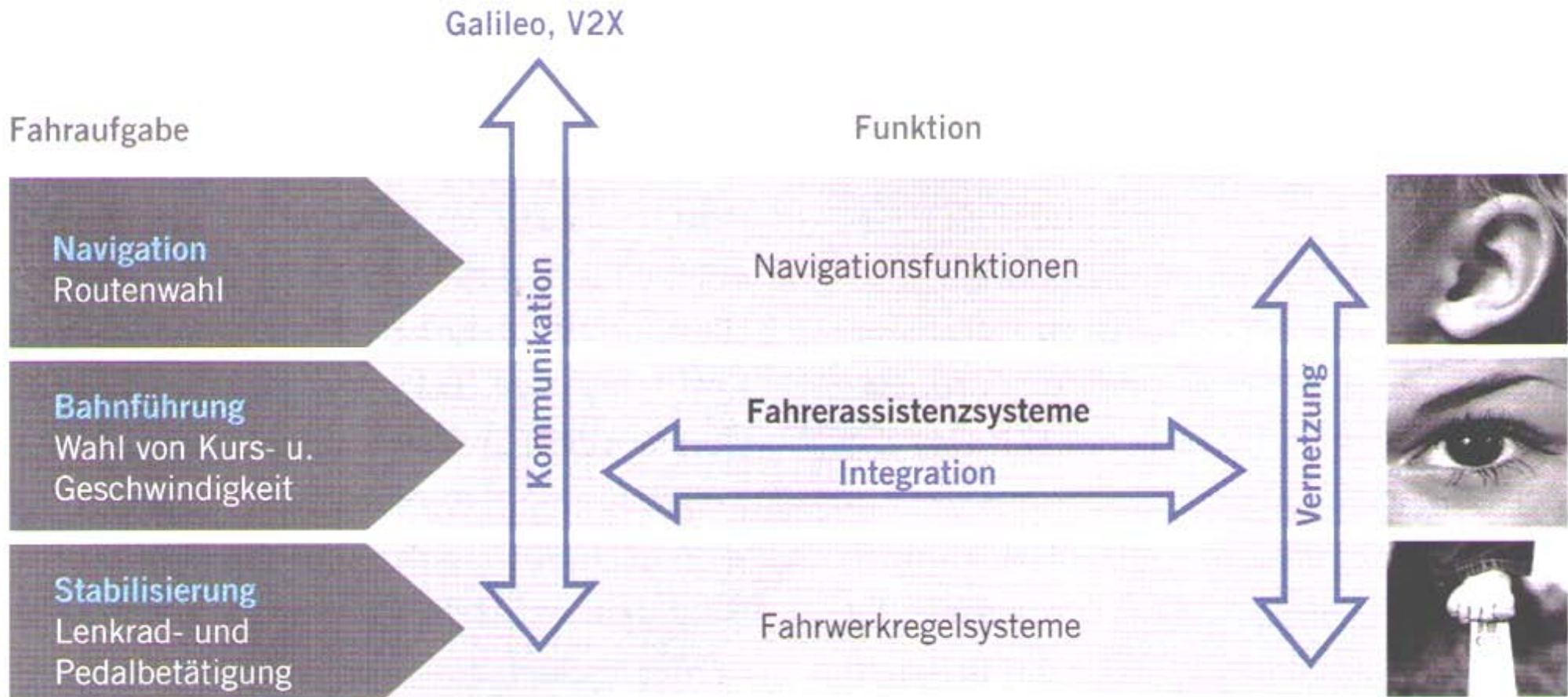


Huber: Fahrerassistenz und Sicherheitssysteme;  
Skriptum HS München, 2013







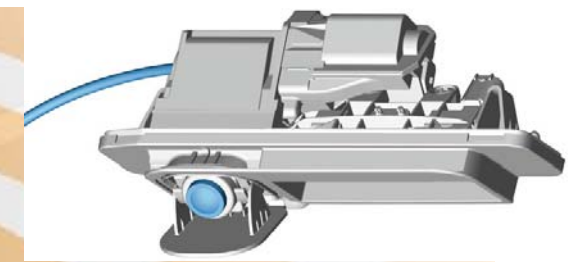


Quelle: ATZ-Extra 2012, VDI-FWT

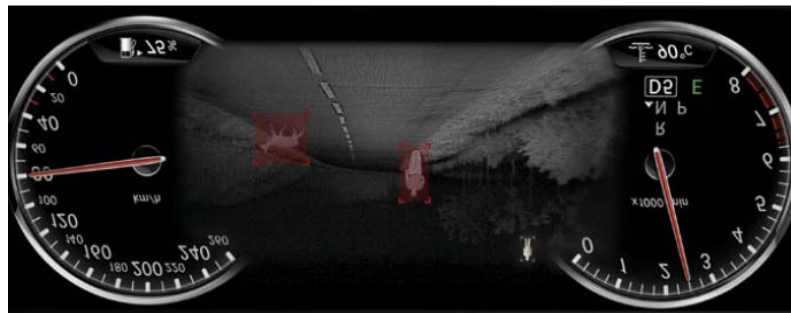
# ATZ-extra: Die neue Mercedes S-Klasse, 2013:



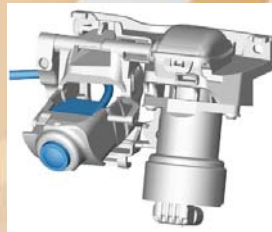
Stereo Multi Purpose Kamera



Rückfahrkamera



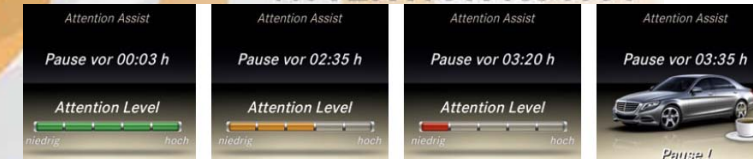
Nachtsicht-Assistent Plus



360°-Kamera



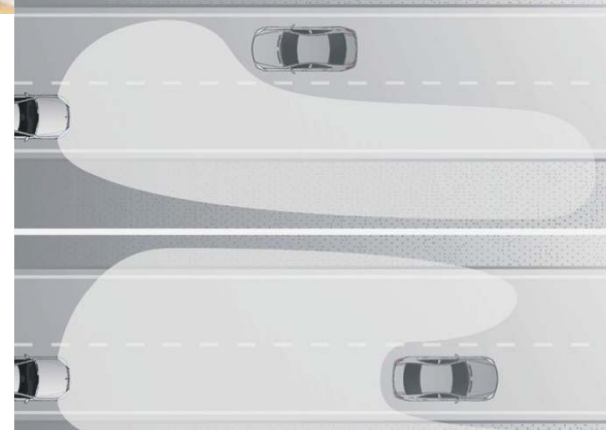
ATTENTION ASSIST



Verkehrszeichen-Assistent



Adaptiver Fernlicht-Assistent Plus

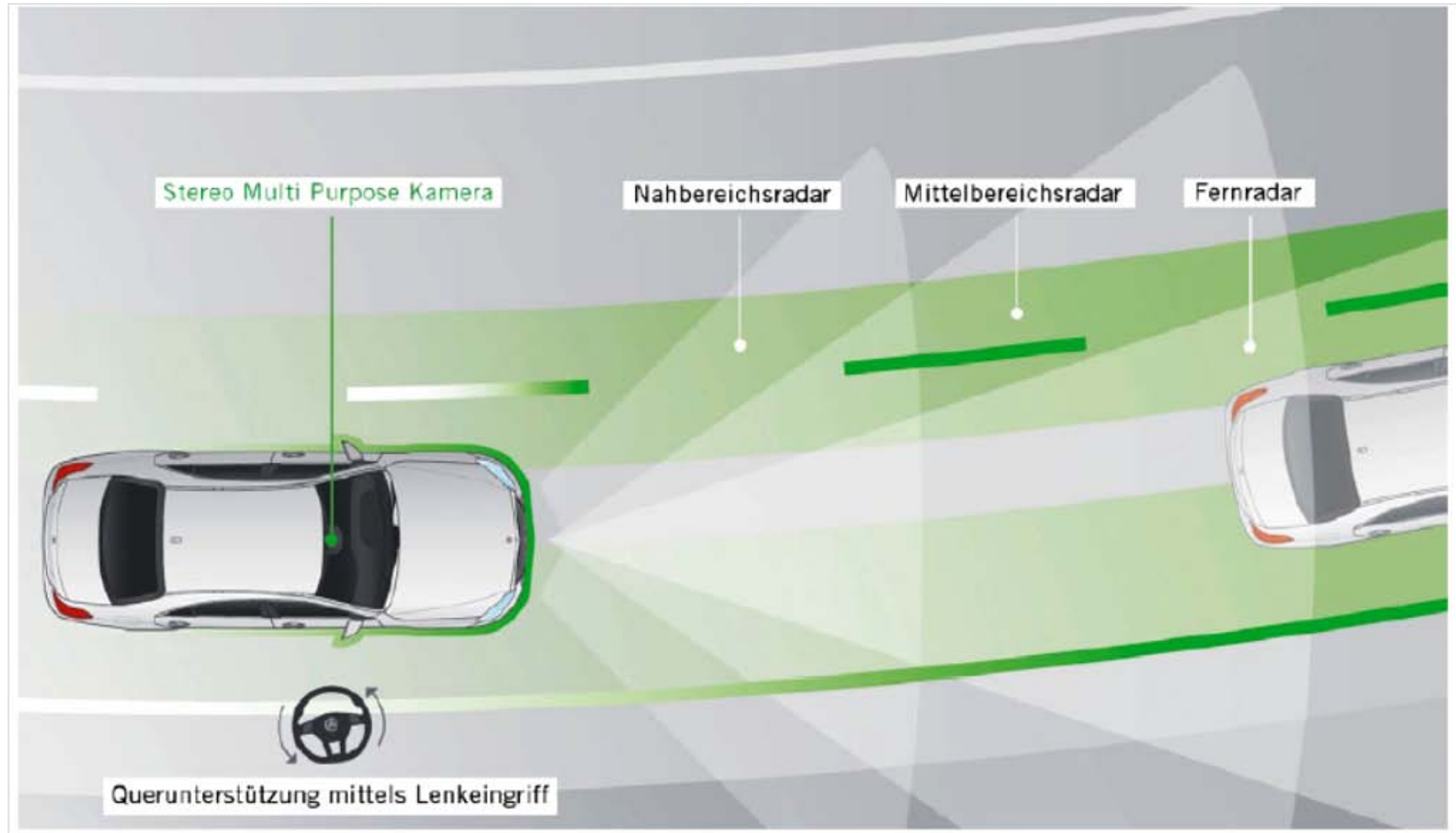


Aktiver Park-Assistent

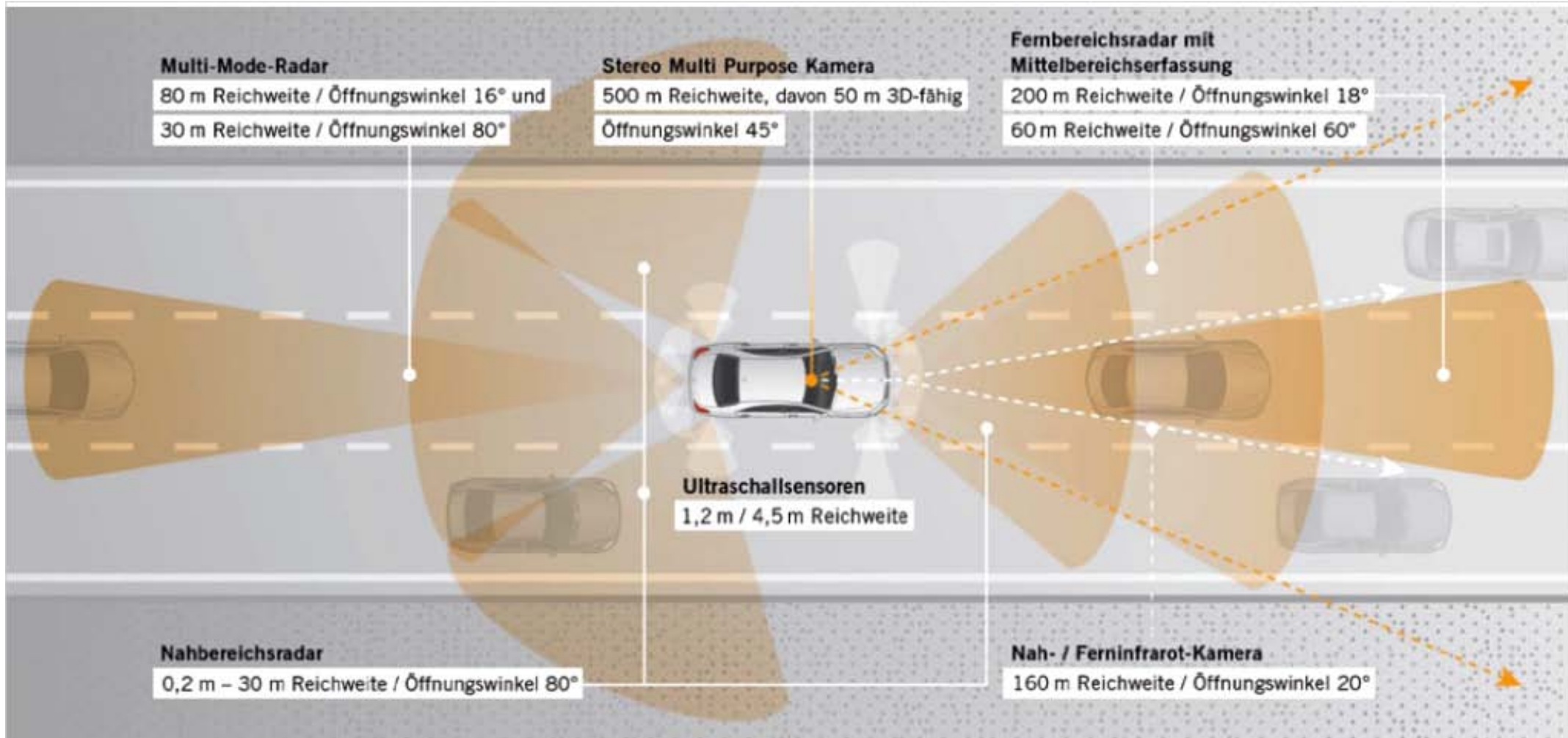




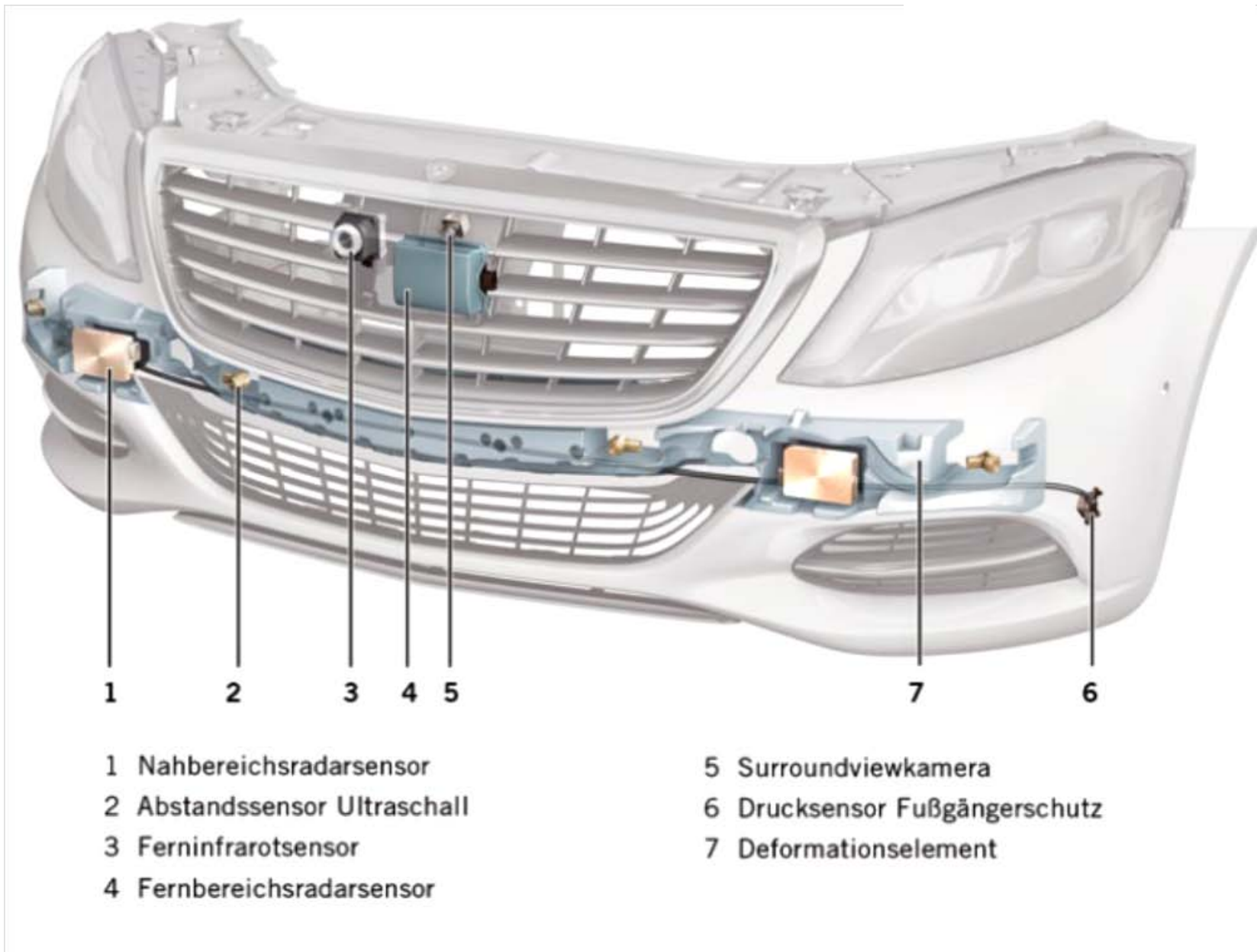
## Spurerkennung



## Radar, Kamera und Ultraschall:



## S-Klasse: Frontend





**ADAC-Motorwelt 1/2014:****Die Assistenten für mehr Sicherheit**

So beobachtet **Intelligent Drive** das Umfeld **1** Nahbereichsradar für 0,2 bis 30 m **2** Multimode-Radar für bis zu 30 m oder bis zu 60 m **3** Mittelbereichsradar bis zu 60 m **4** Fernbereichsradar bis zu 200 m **5** Ultraschallsensoren **6** Stereokamera

**Mercedes packt jetzt alle Assistenzsysteme in die C-Klasse**

Der Aktive Spurhalte-Assistent reagiert sogar bei Gegenverkehr

Konspiratives Treffen in Sindelfingen: Ein Motorwelt-Redakteur darf in einer getarnten C-Klasse (sogar das Armaturenbrett wird beim Parken zugehängt) auf abgesperrter Piste erste Eindrücke mit den Assistenzsystemen sammeln. Gut: Der „Collision Prevention Assist Plus“ ist bei allen Versionen serienmäßig an Bord und funktioniert prima. Er warnt vor zu geringem Sicherheitsabstand und verstärkt zu schwache Bremsungen bei Auffahrgefahr. Wenn der Vordermann steht, kann das System die Kollision bis 40 km/h sogar ohne Reaktion des Fahrers verhindern. Gegen Aufpreis sind weitere Sicherheitssysteme bestellbar:

- ➔ DISTRONIC Plus mit Lenk-Assistent und Stop&Go Pilot, der den Fahrer beim Fahren und in Stausituationen entlastet.
- ➔ Pre-Safe Bremse, die bei Stadttempo bis 50 km/h Zusammenstöße mit Fußgängern vermeiden kann.
- ➔ Bremsassistent BAS Plus mit Kreuzungs-Assistent, der auf Querverkehr und Fußgänger reagiert.

➔ Aktiver Totwinkel-Assistent und Spurhalte-Assistent, die mit sanftem einseitigen Bremsen Unfälle beim unabsichtlichen Spurwechsel verhindern helfen (auch bei Gegenverkehr).

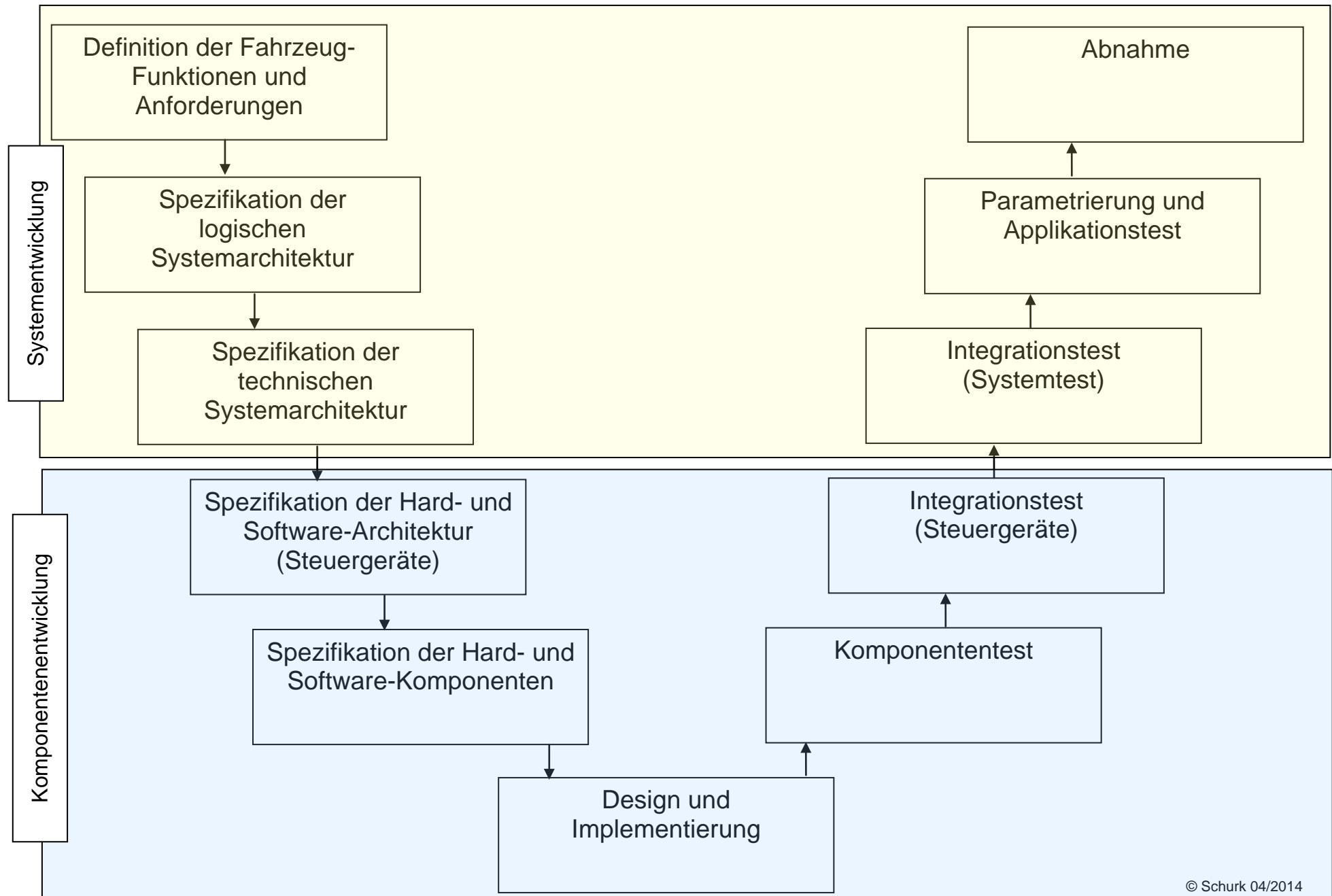


**Schon gefahren:** Redakteur Klaus Brieter testet die Assistenzsysteme der C-Klasse



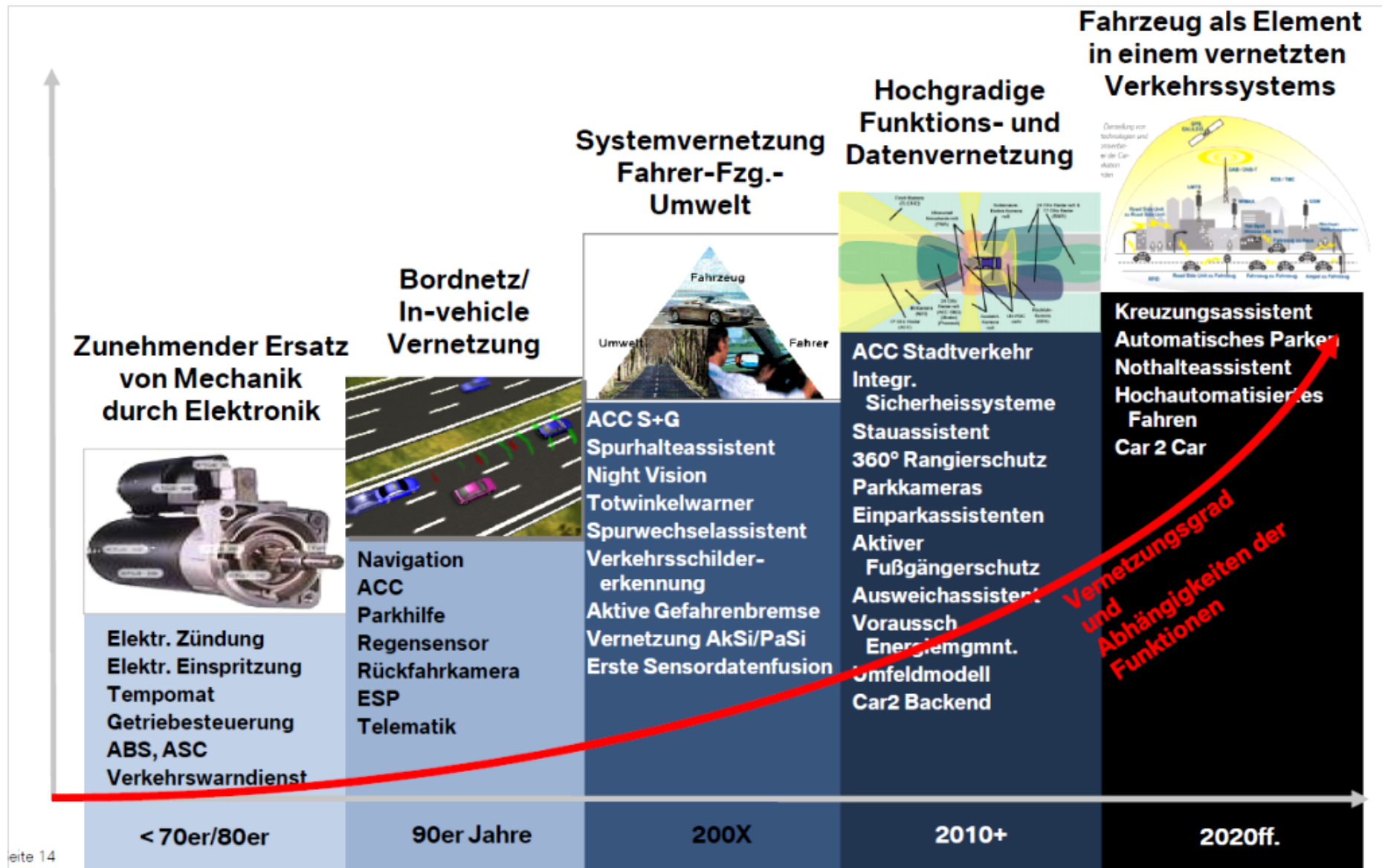
Neu bei Mercedes: Head-up-Display

## Systematischer Entwurf von elektronischen Systemen im Fahrzeug: (V-Modell)



## 2 LOKALE NETZE IM KRAFTFAHREUG

### 2.1 Warum Datennetze im Kraftfahrzeug?



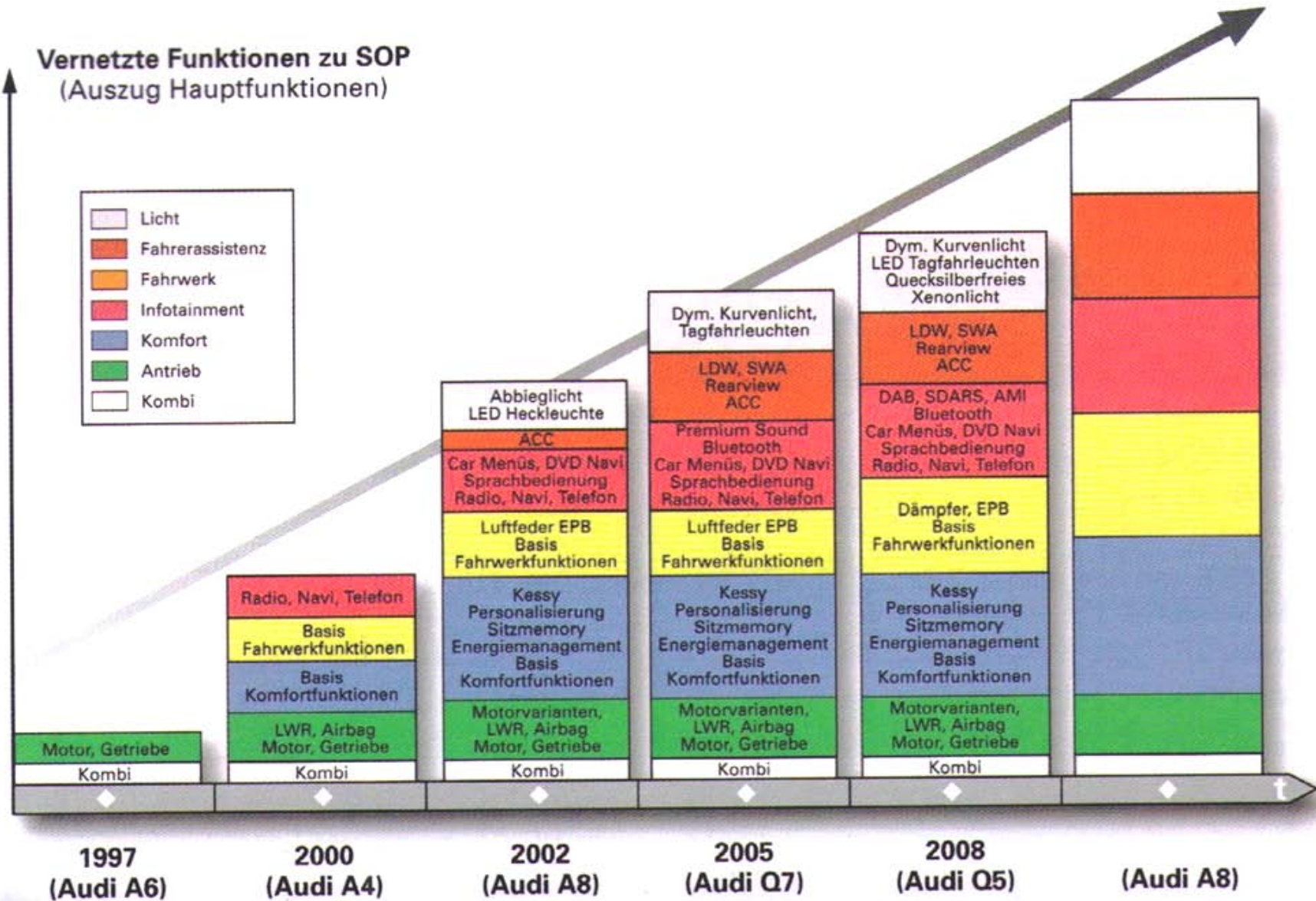
Seite 14

Huber: Skriptum Fahrerassistenz und Sicherheitssysteme Hochschule München, 2013

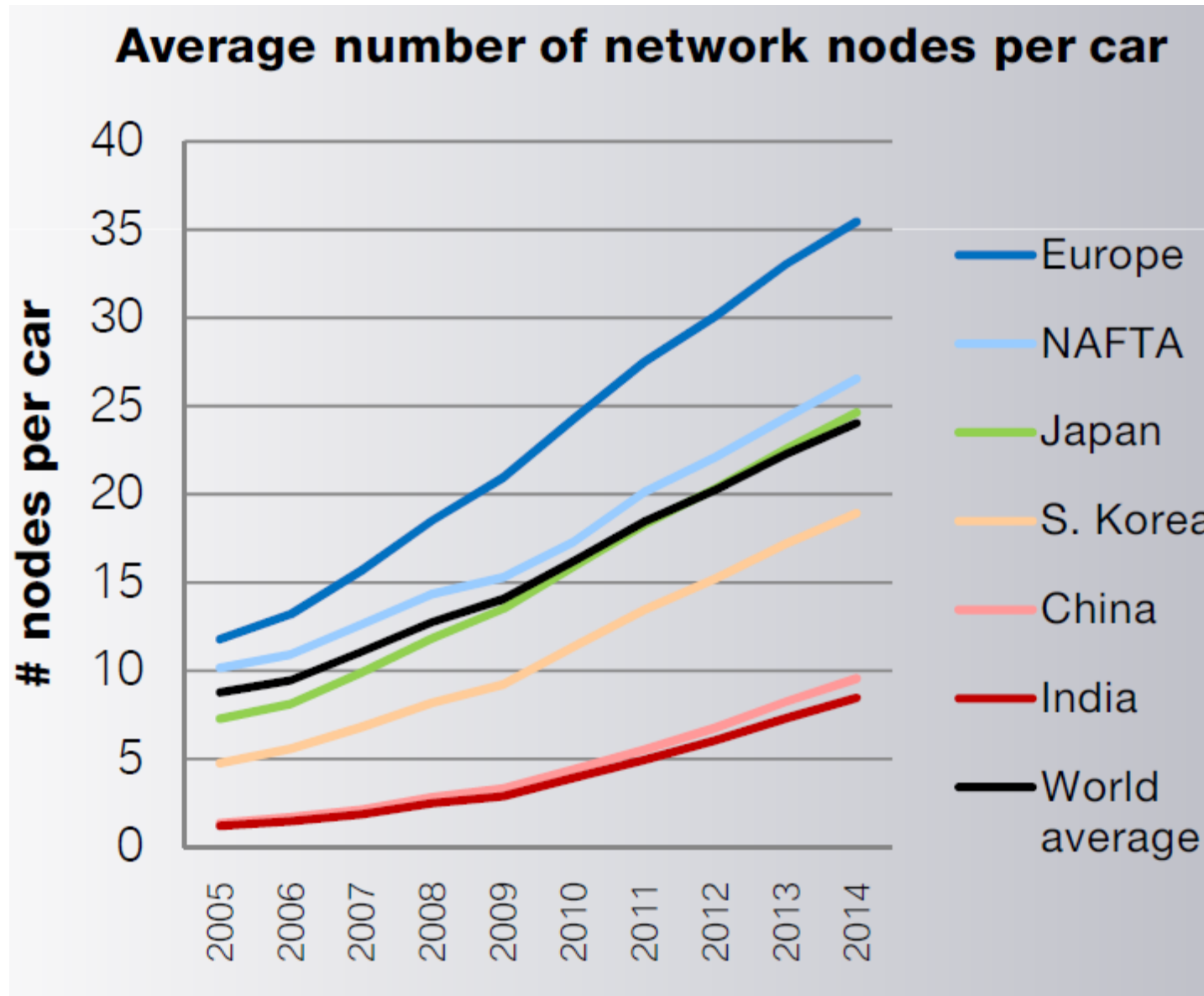


**Vernetzte Funktionen zu SOP**  
(Auszug Hauptfunktionen)

- Licht
- Fahrerassistenz
- Fahrwerk
- Infotainment
- Komfort
- Antrieb
- Kombi



ATZ-Extra: Der neue Audi Q5, 2008



Bruckmeier: Ethernet for Automotive Applications;  
[http://www.freescale.com/files/ftf\\_2010/Americas/WBNR\\_FTF10\\_AUT\\_F0558.pdf](http://www.freescale.com/files/ftf_2010/Americas/WBNR_FTF10_AUT_F0558.pdf); 27.01.2013 18:07

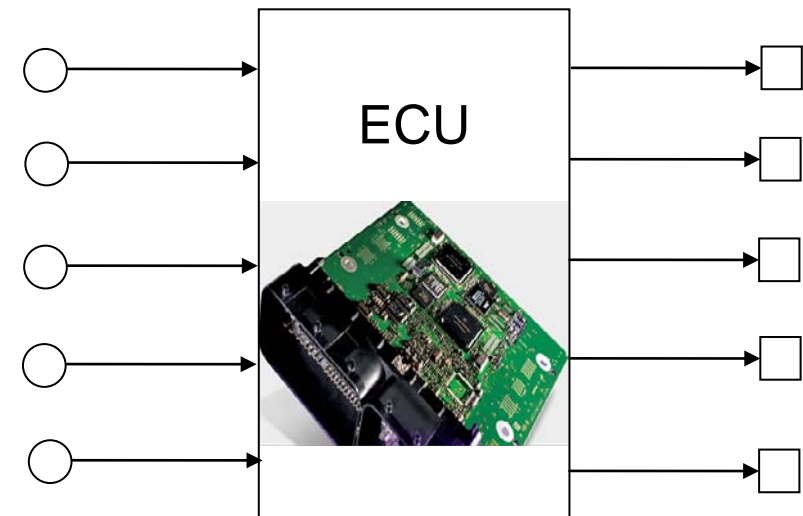
## 2.2 Anforderungen an ein Netzwerk im Automobil

### Aufgaben einer Motorsteuerung:

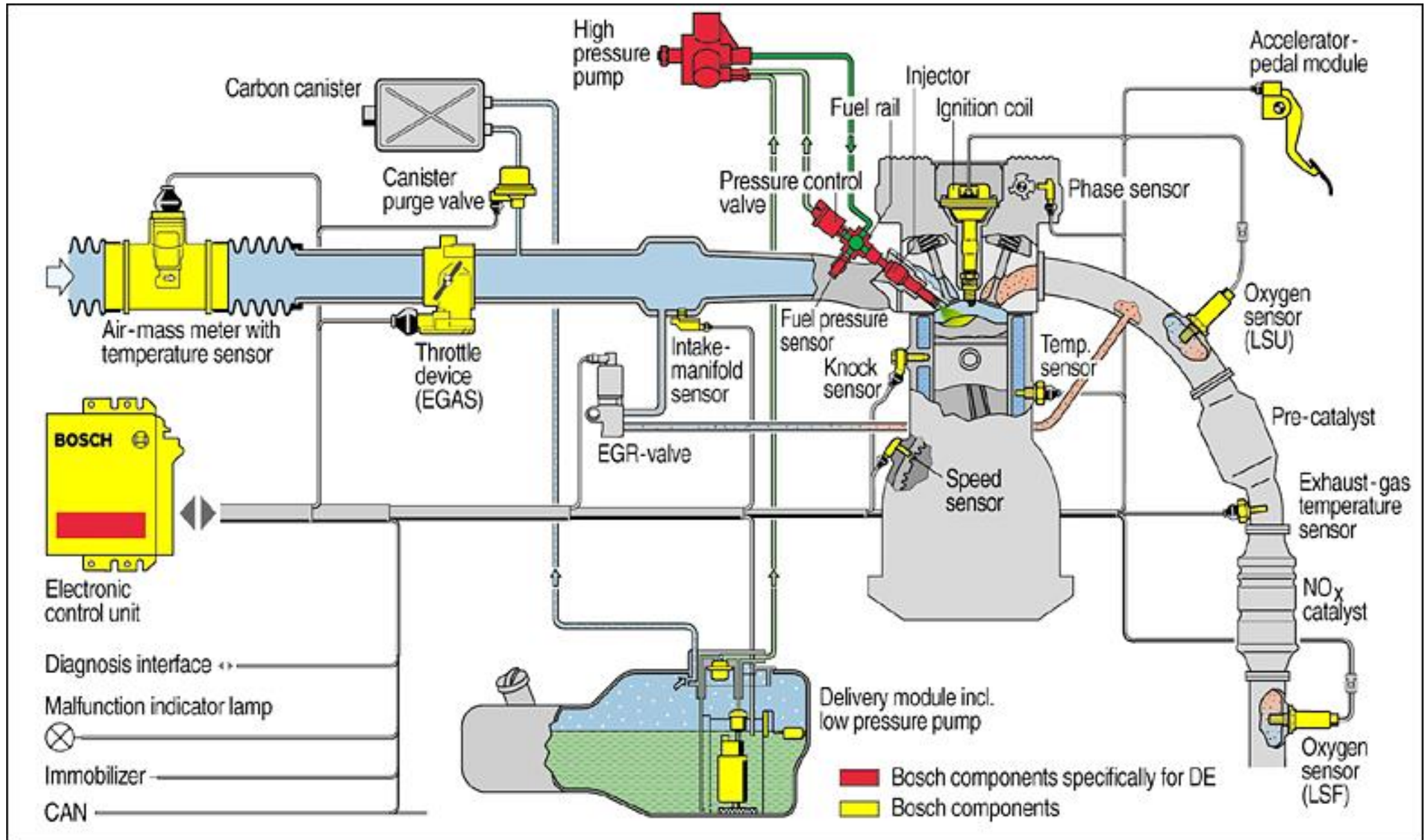
- das vom Fahrer gewünschte Drehmoment einstellen
- den Motor so zu betreiben, dass die Forderungen der Gesetzgebung eingehalten werden
- hohen Fahrkomfort und Fahrspaß gewährleisten
- die Bauteile vor Überlastung schützen und lange Lebensdauer gewährleisten

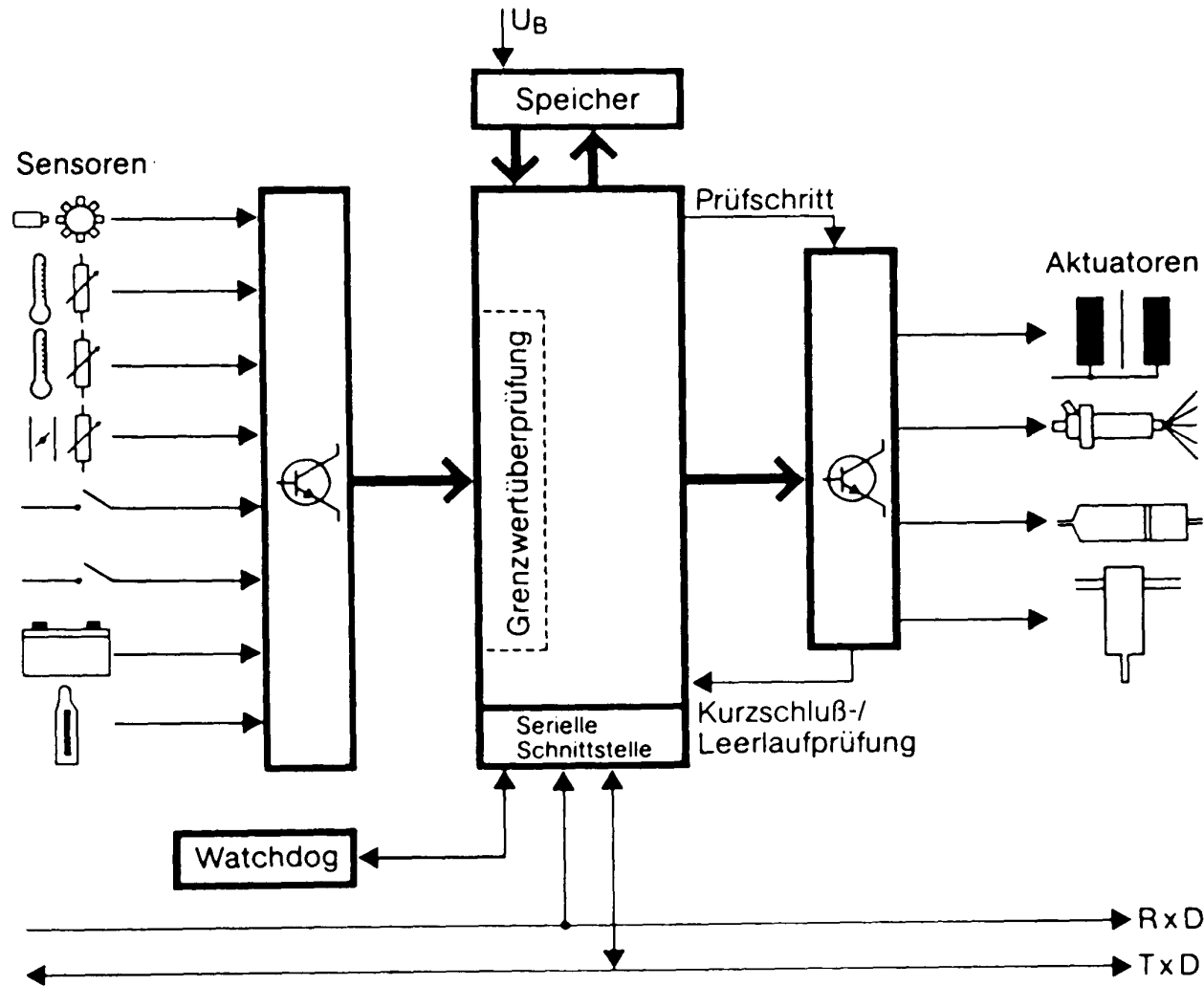
### Komponenten der Motorsteuerung:

- Steuergerät (ECU)
- Aktuatoren:
  - o Einspritzventile
  - o Zündspulen und Zündkerzen
  - o Elektrisch ansteuerbare Drosselklappe
  - o Variable Nockenwellensteuerung
  - o Abgasrückführung
  - o Abgasturboaufladung
  - o Kraftstoffverdunstungs-Rückhaltesysteme
- Betriebsdatenerfassung (Sensoren):
  - o Drehzahlsensor
  - o Temperatursensor
  - o Drosselklappenpotentiometer
  - o Luftmassenmesser
  - o Saugrohrdrucksensor
  - o Nockenwellenphasensensor
  - o Klopfsensor
  - o Lambdasonde









Nach „Schurk, Elektronik als mitfahrender Servicetechniker: Stand und Zukunft der Onboard-Diagnose; Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Heft 6, 1988, S. 163 - 166

Datenstruktur in einem Automobil:Anforderungen auf Grund der Informationsstrukturen:

Karosserieelektronik: mittlere Datenrate, geringe Echtzeitanforderungen

Rückhaltesysteme: geringe Datenrate, sehr kurze Reaktionszeiten

Powertrain: hohe Datenrate, hohe Echtzeitanforderungen, kurze Datenblöcke

Fahrzeugdynamik: sehr hohe Datenraten, sicherheitskritisch, zeit deterministisch

Multimedia: kontinuierliche Datenströme, nicht sicherheitskritisch, aber kundenrelevant

Diagnose: geringe Datenrate, kurze Antwortzeiten, mittlere Datenblöcke

Produktion, Kundendienst (Flashen): kontinuierliche Datenströme, hohe Datenrate, Authentisierungsverfahren

Telematik: Authentisierungsverfahren, unterschiedliche Datenraten und Informationsanforderungen

Zeitliche Kenngrößen von Daten im Fahrbetrieb

periodisch

    schnell

    langsam

nicht periodisch

kurze Datenblöcke (2 – 8 Byte)

Anforderungen an Reaktionszeiten unterschiedlich

Sicherheitsanforderungen:

- Datenkonsistenz
- Fehlertoleranz und Fehlersicherheit
- Manipulationssicherheit

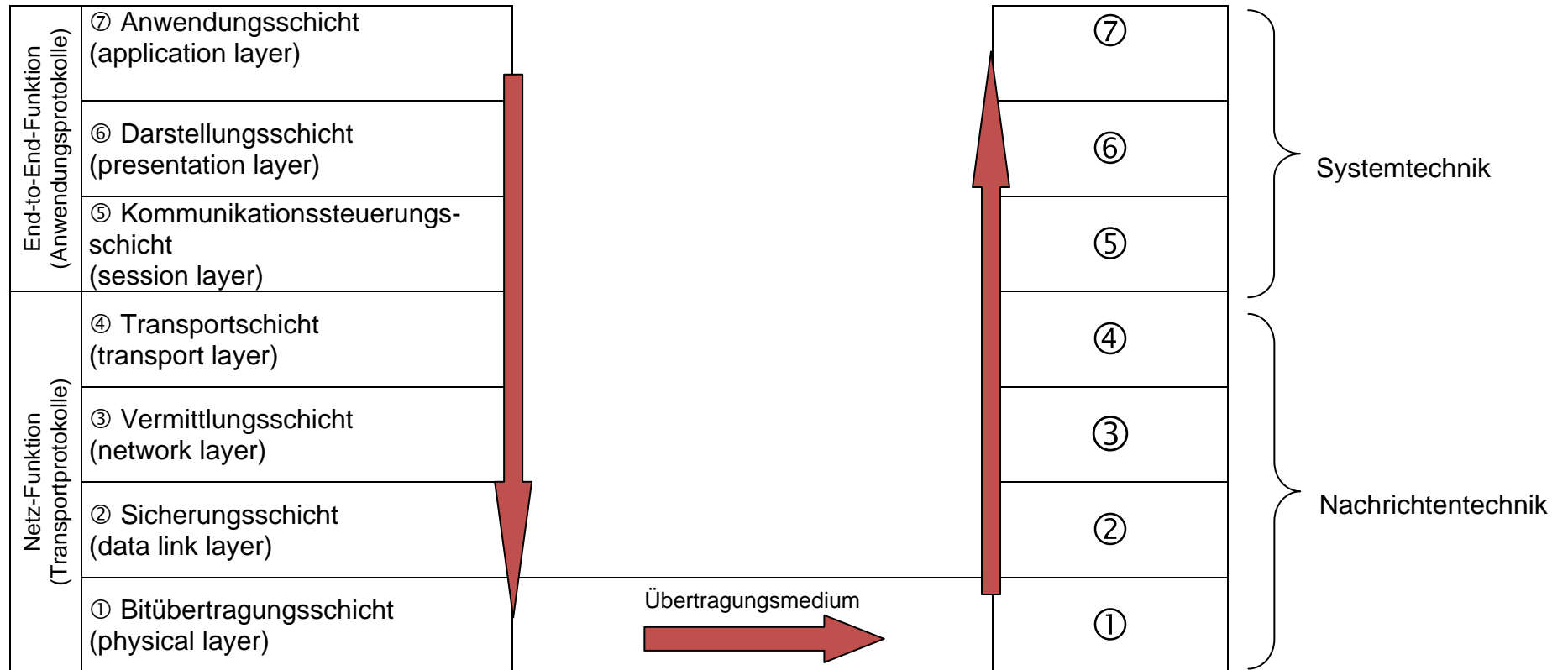
Integrationsanforderungen

- selbst konfigurierend
- modular



## 2.3 ISO-OSI Schichtenmodell

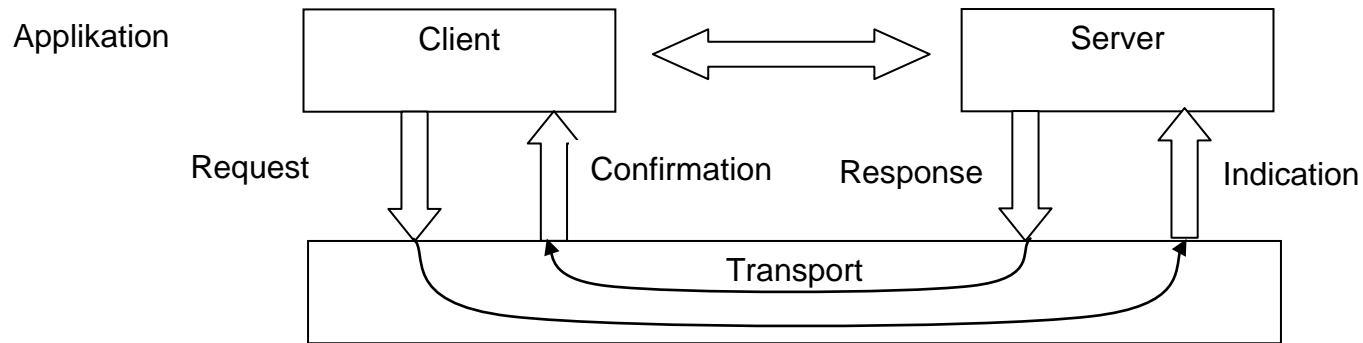
Modell zur Strukturierung des Kommunikationsprozesses (seit 1983)



Beispiel für das ISO/OSI Schichtenmodell im Auto:

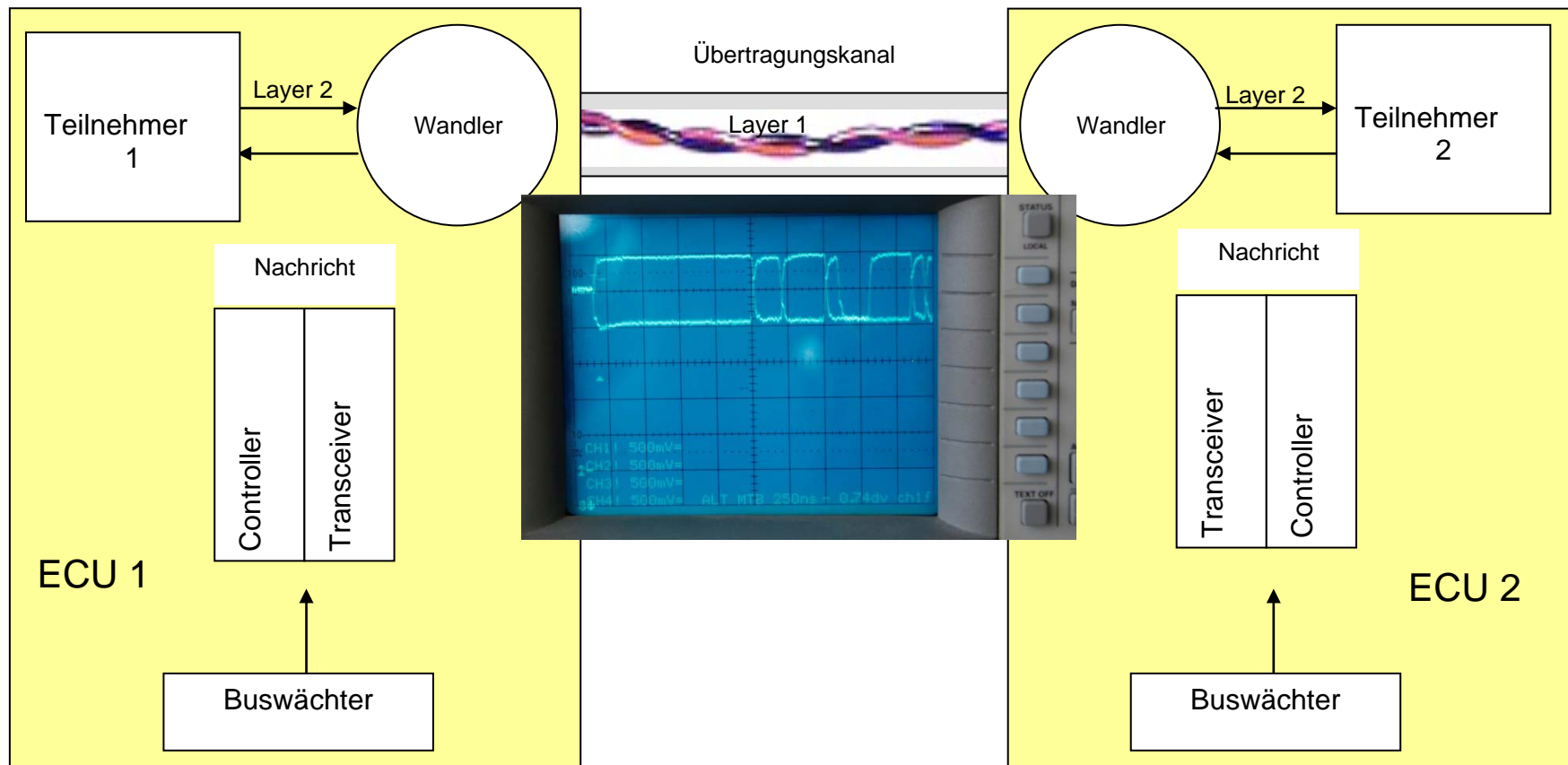
Schicht		Aufgaben
7	Application	Funktion: Drehzahl auswerten; Diagnose: Fehlerspeicher auslesen;
6	Presentation	Kodierung
5	Session	Prioritätensteuerung
4	Transport	Aufteilung der Datenpakete
3	Network	Routing, Adressen
2	Data Link	Botschaftsaufbau, Buszugriff, Zugangskontrollen, Fehlersicherung
1	Physical	Signalart, Signalpegel, Bitcodierung

Kommunikation zwischen einzelnen Schichten und Teilnehmern (Beispiel Diagnose und Client-Server-Kommunikation):



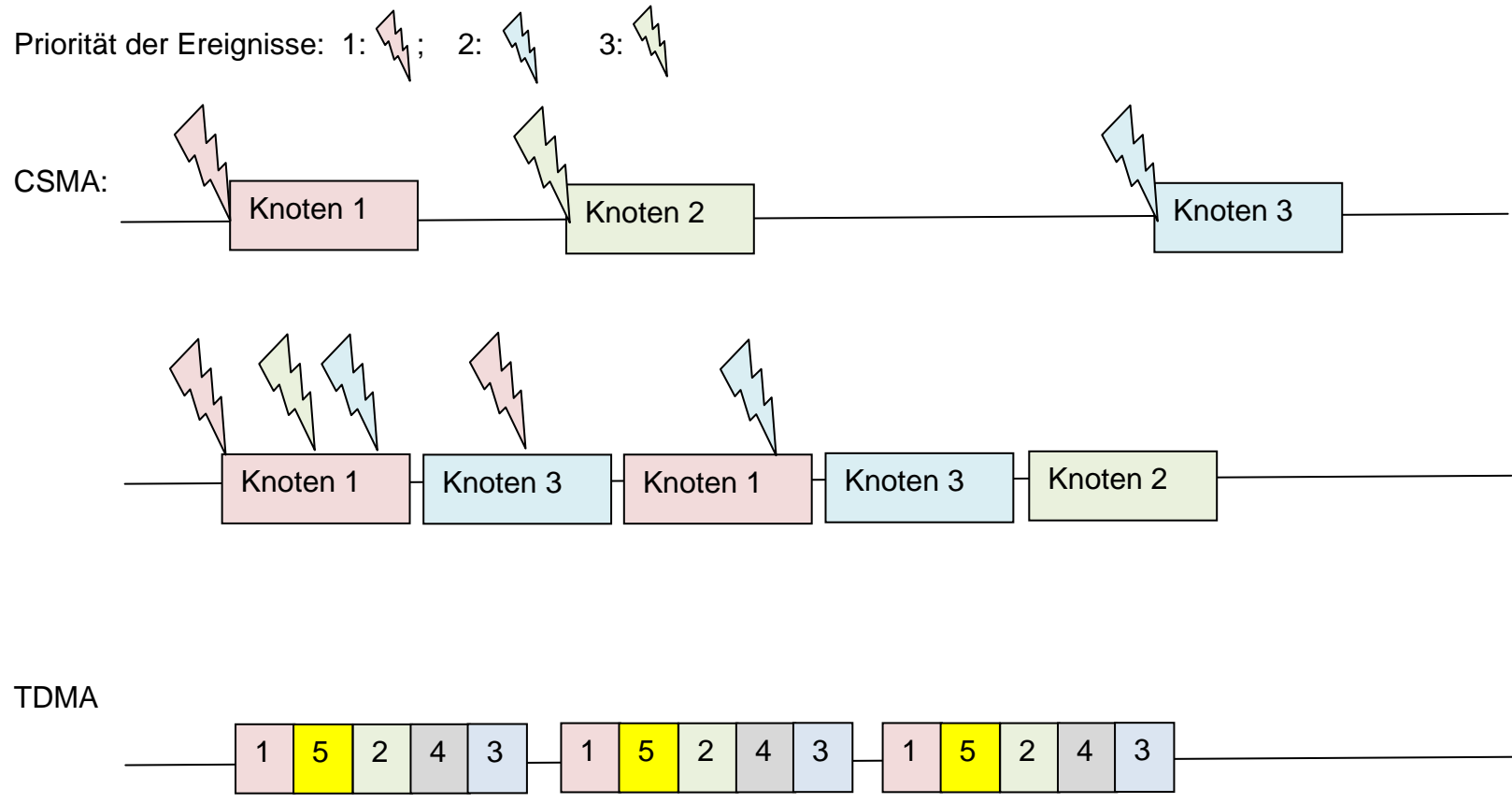
Neben den kommunikationsbezogenen Funktionen erfordert der Betrieb eines Kommunikationssystems auch eine Anzahl von organisatorischen Funktionen. Diese Funktionen dienen im Bereich der unteren Schichten zum Einstellen von Betriebsparametern (z.B. der Übertragungsgeschwindigkeit), zur Konfiguration von Betriebsarten, zur Teilnehmerüberwachung sowie zum Fehlermanagement.

Realisierung der Schichten bei der Datenübertragung im Automobil





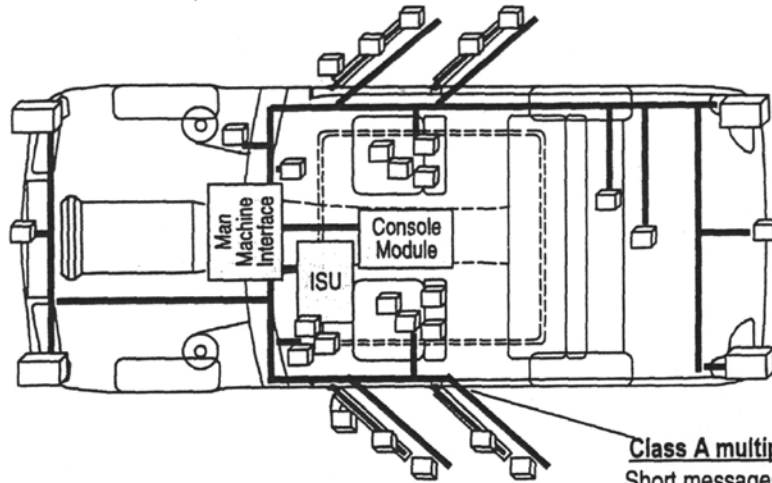
# Ereignis- und zeitgesteuerte Datenübertragung (CSMA ↔ TDMA):



## 2.8 Datenverbundsystem-Klassen im Fahrzeug nach ISO

BODY MULTIPLEXING (alternative to B class)

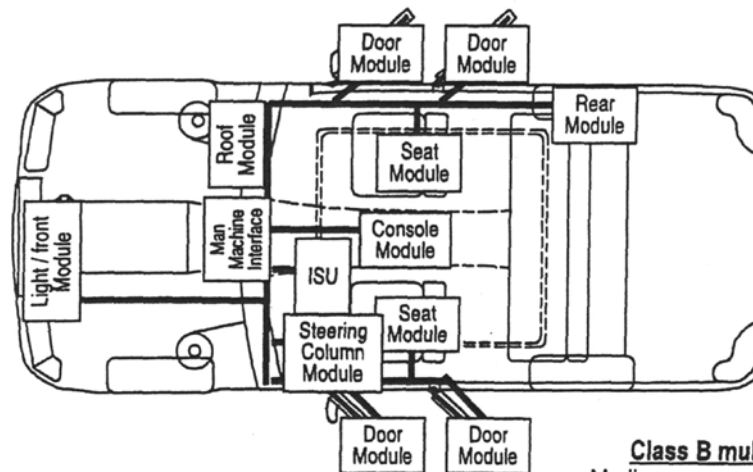
A class : 20 to 50 kBaud / latency 50 msec



**Class A multiplex network**  
Short messages / low priority

**CAR BODY NETWORK**

B class : 50 TO 125 kBaud / latency 10 msec

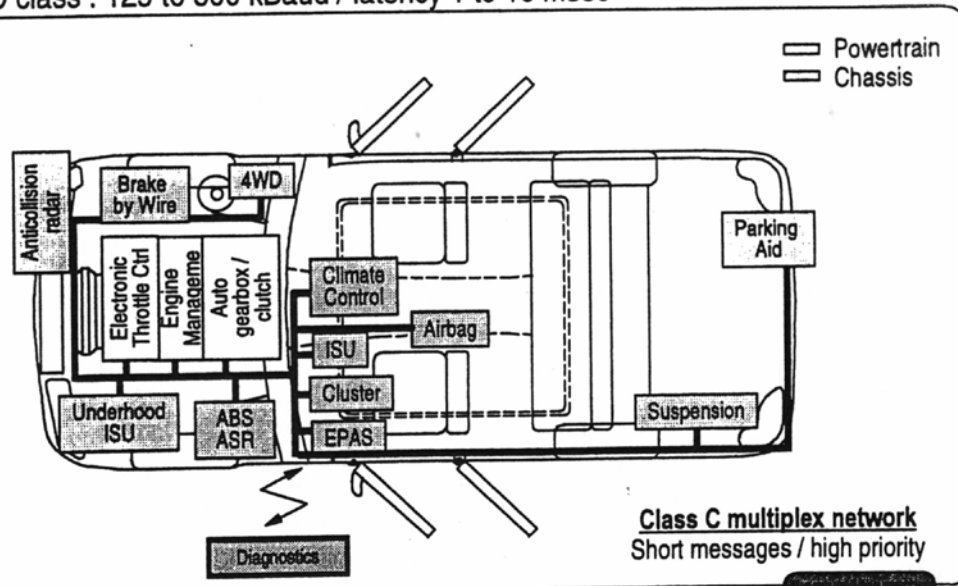


**Class B multiplex network**  
Medium messages / medium priority

Quelle: SiemensVDO

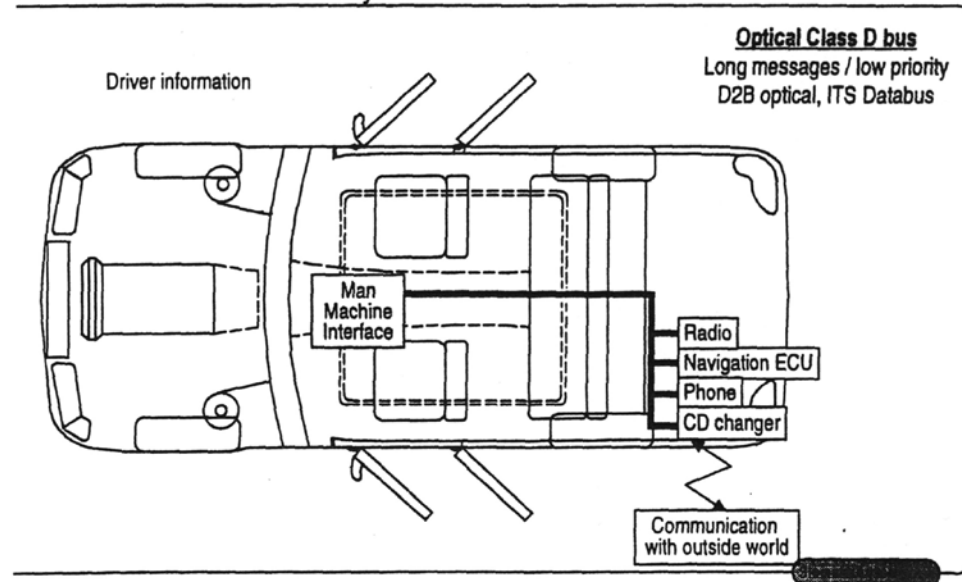
### CHASSIS AND POWERTRAIN NETWORK

C class : 125 to 500 kBaud / latency 1 to 10 msec



### GUIDANCE AND ENTERTAINMENT NETWORK

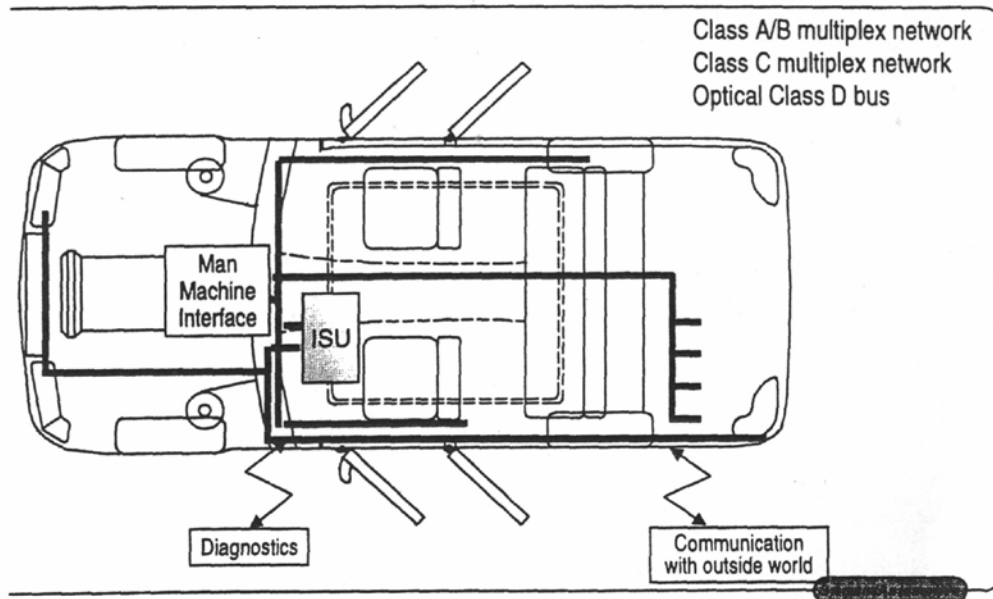
D class : 10 MBaud / latency 1 sec



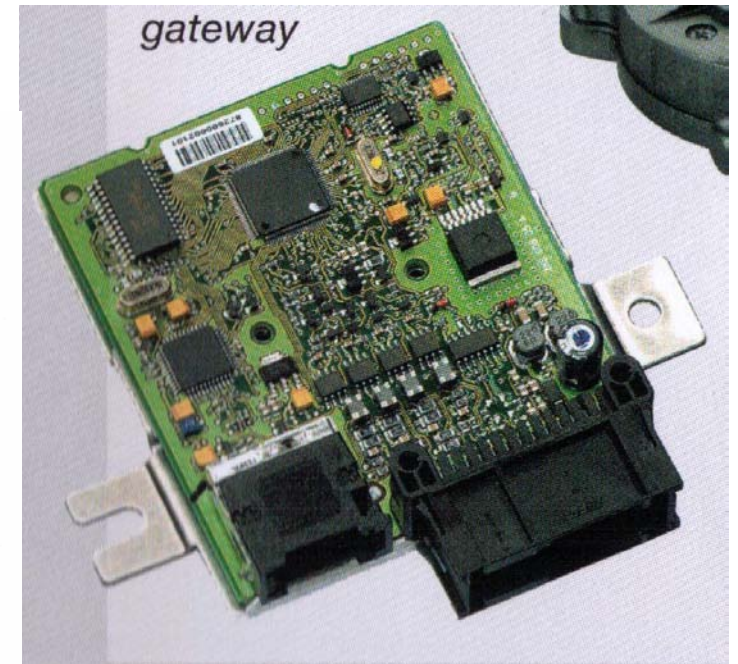
Quelle: SiemensVDO



### Gateways

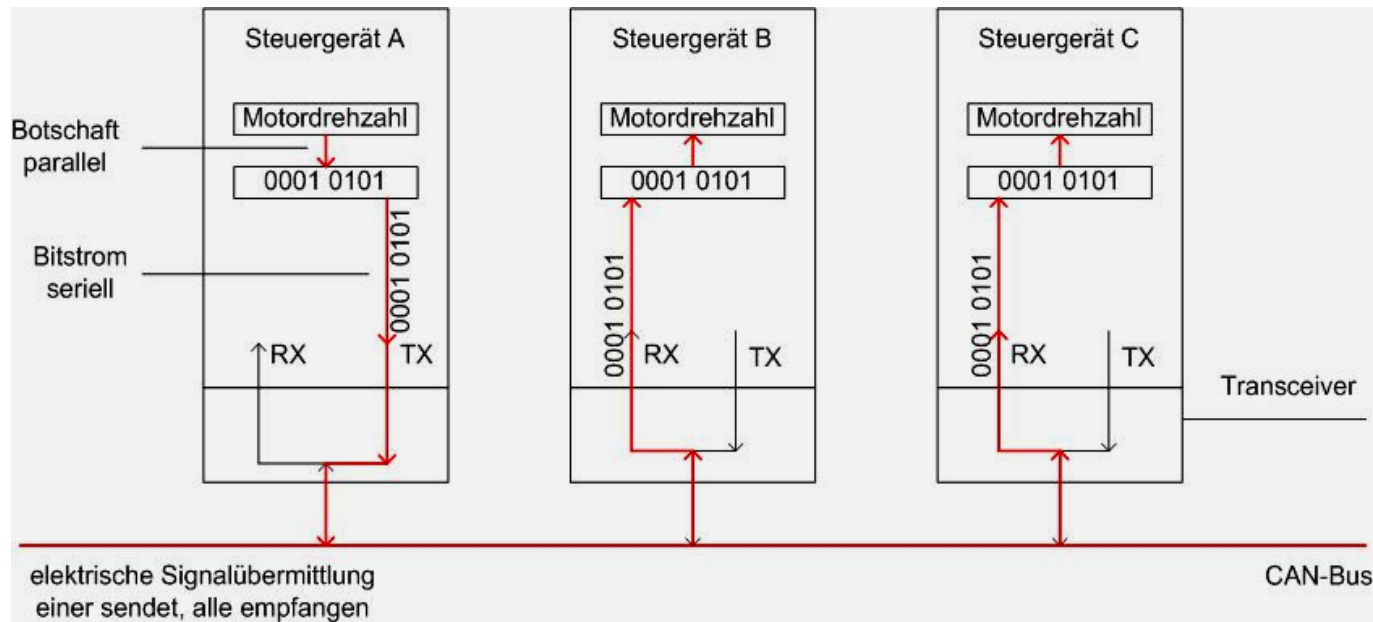


Quelle: SiemensVDO



Quelle: Continental

## 2.9 CAN (Controller Area Network)



Linienförmige (Busförmige) Topologie (1 Mbit/s : 50 m; 80 kbit/s: 1000 m)

Nachrichtenorientiertes Protokoll (Identifier)

Priorisierung durch Nachrichten (geringe Latenzzeit für hochpriorie Nachrichten), CSMA/CA

Multi-Masterfähigkeit

Verlustlose Busarbitrierung (dominant mit Energie, rezessiv)

Kurze Blocklängen (8 Datenbytes) → maximale Telegrammlänge von 130 Bitzeiten

Hohe Datensicherheit bei kurzer Fehlererholzeit

Netzweite Datenkonsistenz

Erkennung und Abschaltung defekter Teilnehmer

Standardisierung ISO WS 11898 – 1/2/3 (High Speed)

ISO 11519 (Low Speed)

Kostengünstige Protokollimplementierungen

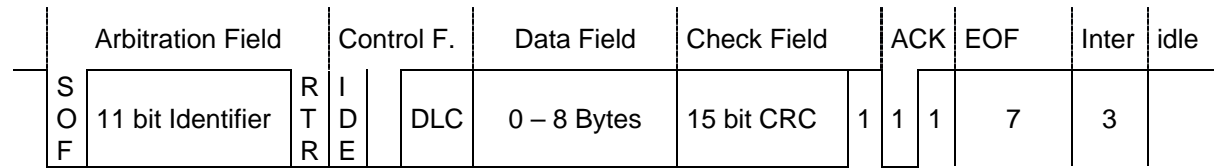
Datenformat (Frame):

- 1 bit (0): Start of frame
- 11 bit Nachrichten Identifier
- 1 bit (0) RTR-Bit (remote transfer request)
- 6 bit Steuerfeld: IDE (Extended ID), r0 (reserviert), Datenlänge
- 0 ... 64 bit (8 Byte): Daten
- 15 bit (CRC)
- 1 bit (1) CRC - Begrenzungsbit
- 2 bit Acknowledge Feld (1 ACK Slot: fehlerfrei: 0), 1 Begrenzungsbit (1)
- 7 bit (1) End of Frame (In dieser Zeit können Übertragungsfehler gemeldet werden)
- 3 bit (1) Interframe

Standard-Format:

rezessiv														
		1	11	1	1	1	4	0..64	15	1	1	1	7	3
dominant														
	Start of Frame	Identifier	Remote Transmission Bit	Identifier Extension Bit	reserviert	Datenlängenfeld	Datenfeld	CRC-Prüfsumme	CRC-Delimeter	Bestätigungs-Slot	Bestätigungs-Delimeter	End of Frame	Intermission	Bus Idle

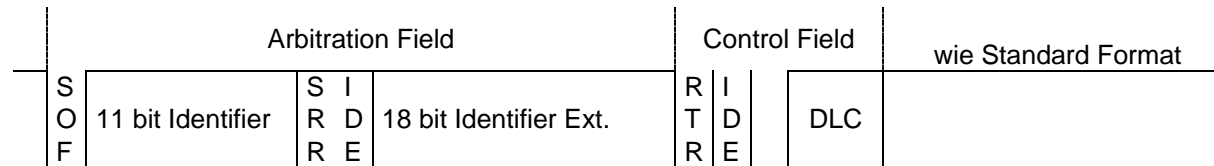
Standard Format: 2048 Identifier



RTR = dominant, wenn Datum gesendet wird

RTR = rezessiv, wenn Information angefordert wird

Extended Format: 536.870.912 Identifier



SRR: Substitute Remote Request Bit

Fehlertelegramm (Error Frame): gezielte Codeverletzung nach dem Datenfeld

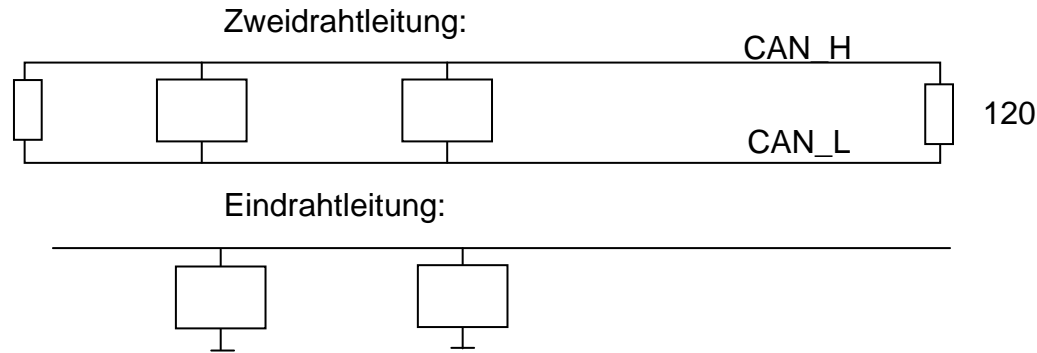
Überlasttelegramm (Overload Frame): spezielles Fehlertelegramm, das die festgelegte Form des Telegrammzwischenraumes zerstört

Übernahmezeitpunkt: nach dem 6. Bit der korrekten Endeerkennung



Physical Layer:

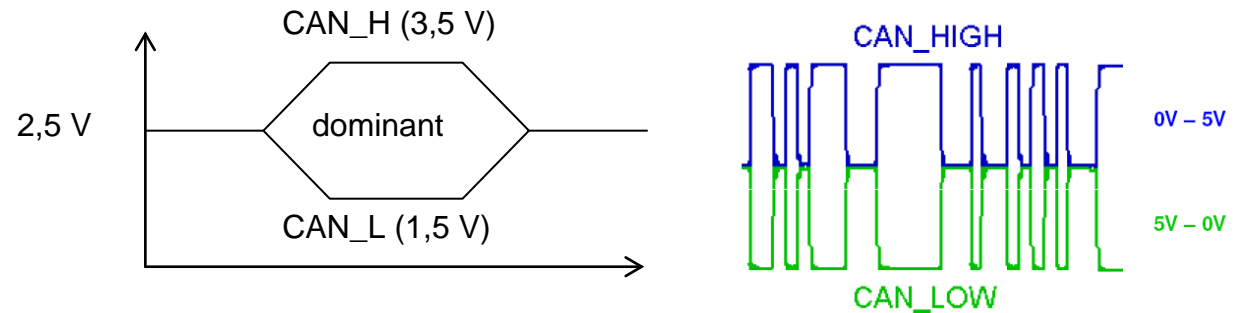
Elektrisches Busmedium:



Quelle: Elektronik Automotive 6/2011

Buspegel:

Rezessiv: 2,5 V (CAN\_H und CAN\_L)  
 Dominant: 3,5 V CAN\_H, 1,5 V CAN\_L

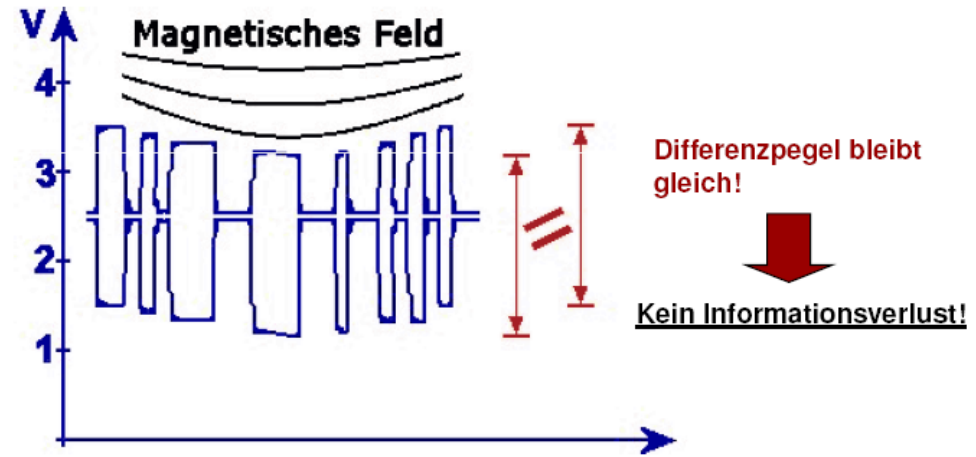
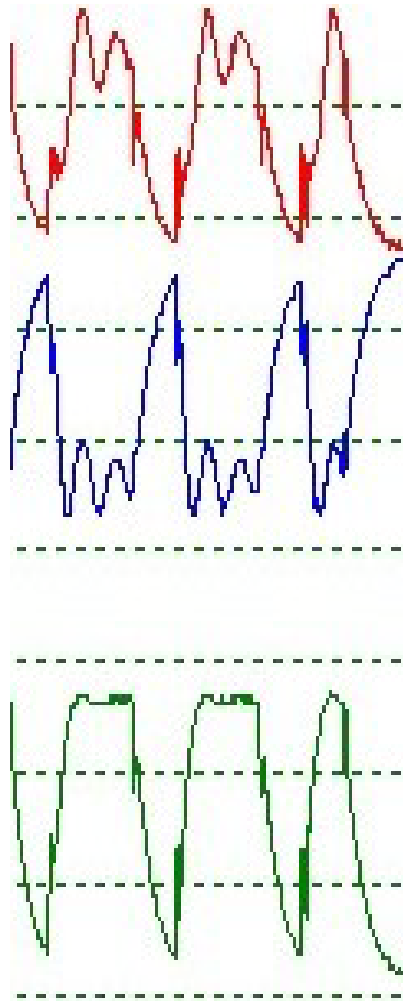
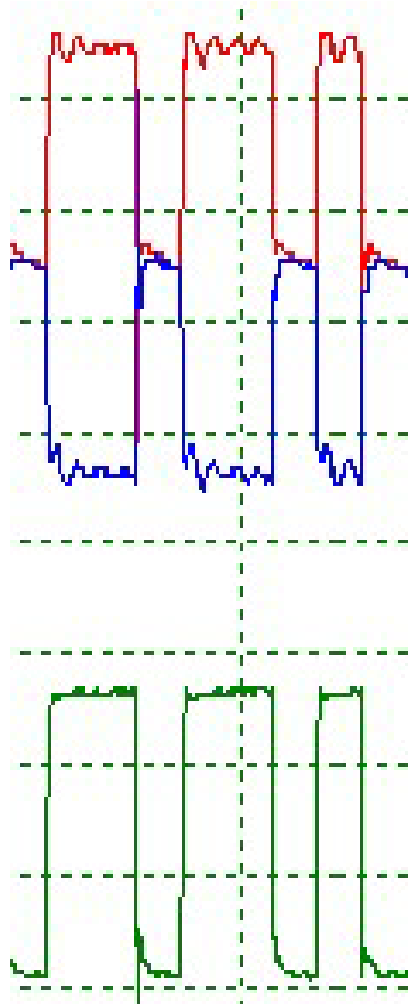


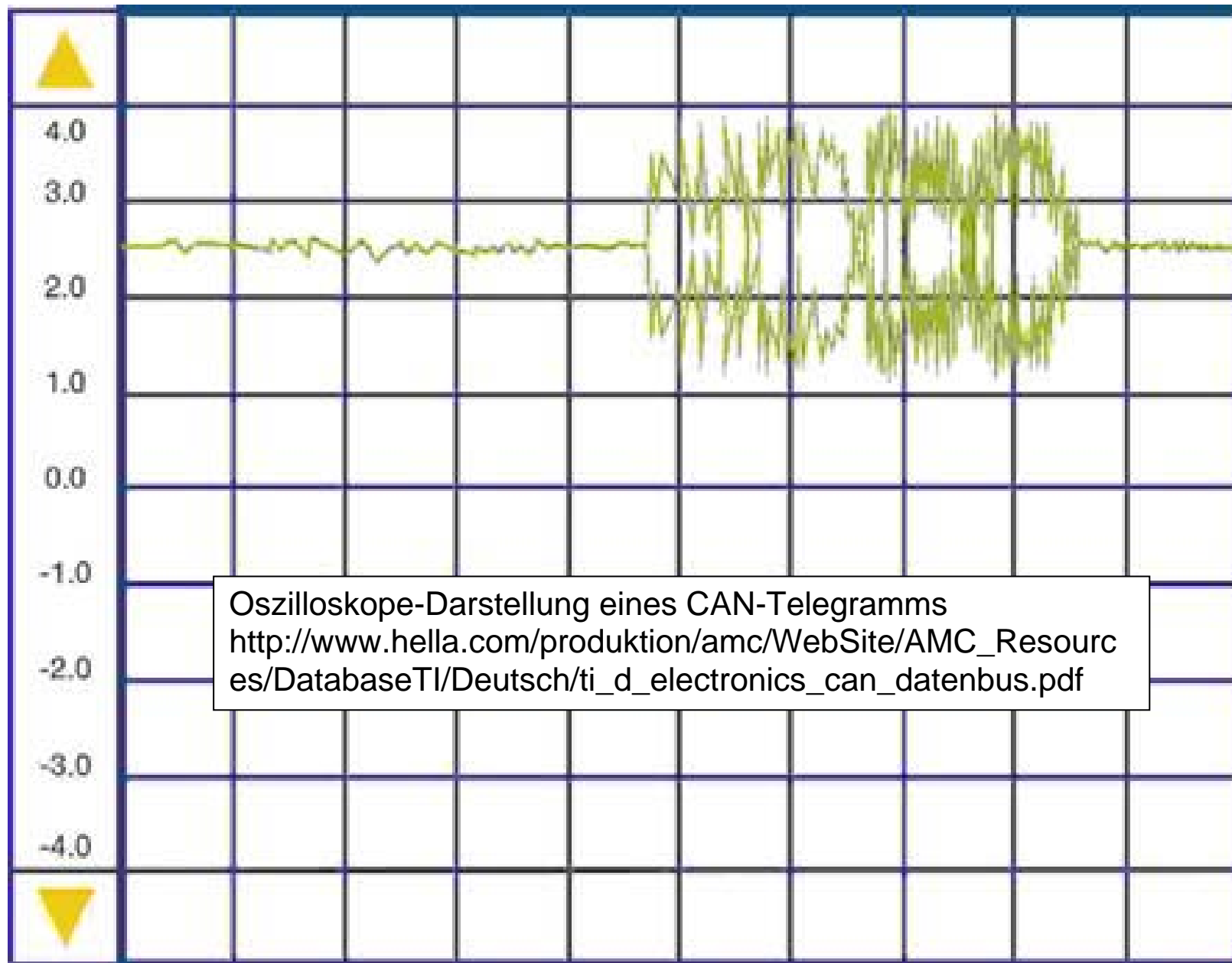
Jeder CAN-Knoten muss die folgenden Ausgangspegeldifferenzen  $V_{diff} = (CAN\_H - CAN\_L)$  bereitstellen können:

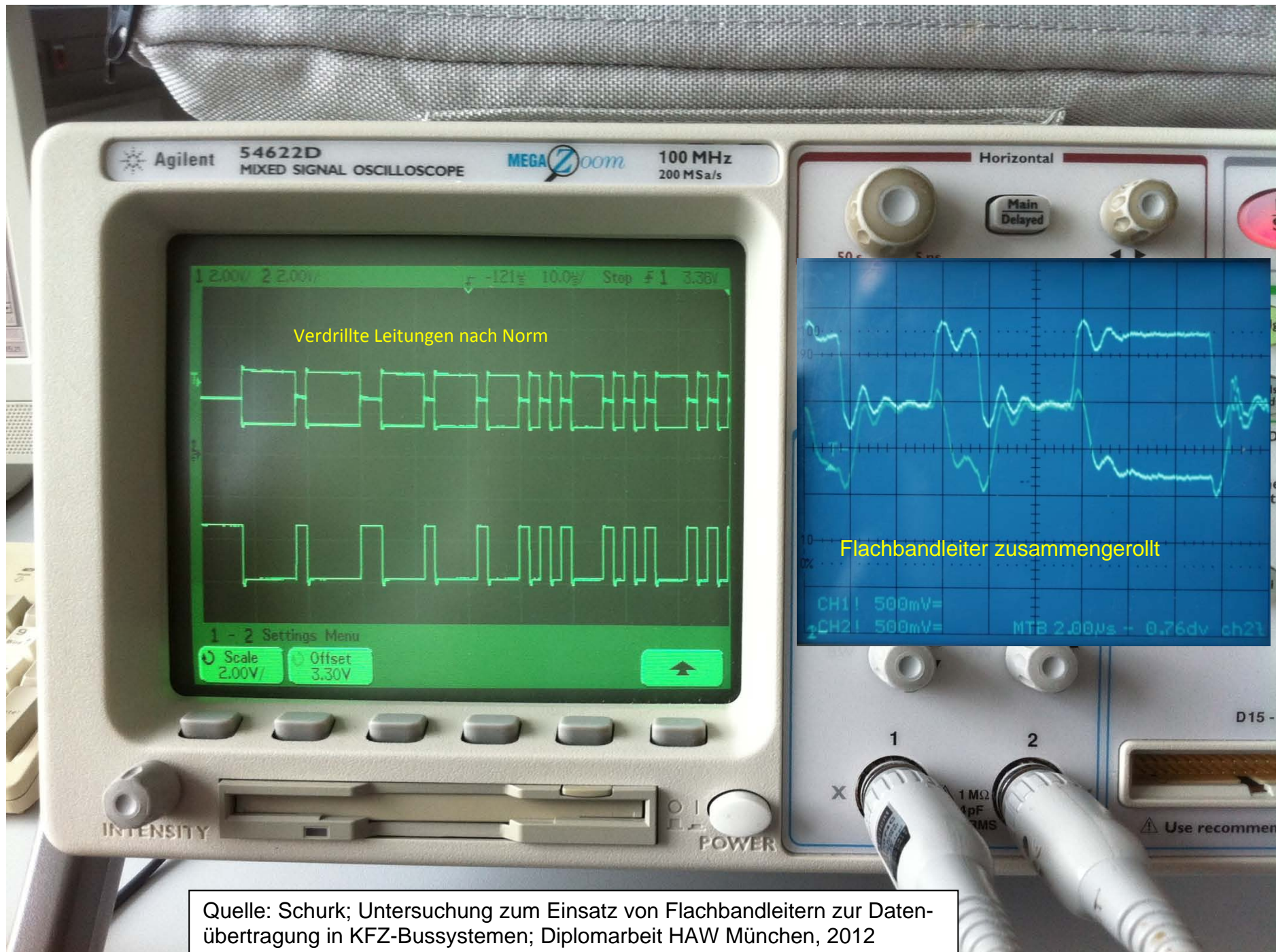
rezessiv: -500 mV ..... + 50 mV (ohne Belastung)  
 dominant: + 1,5 V ..... + 3 V (Belastung 60 Ω)

Sender:

Empfänger:



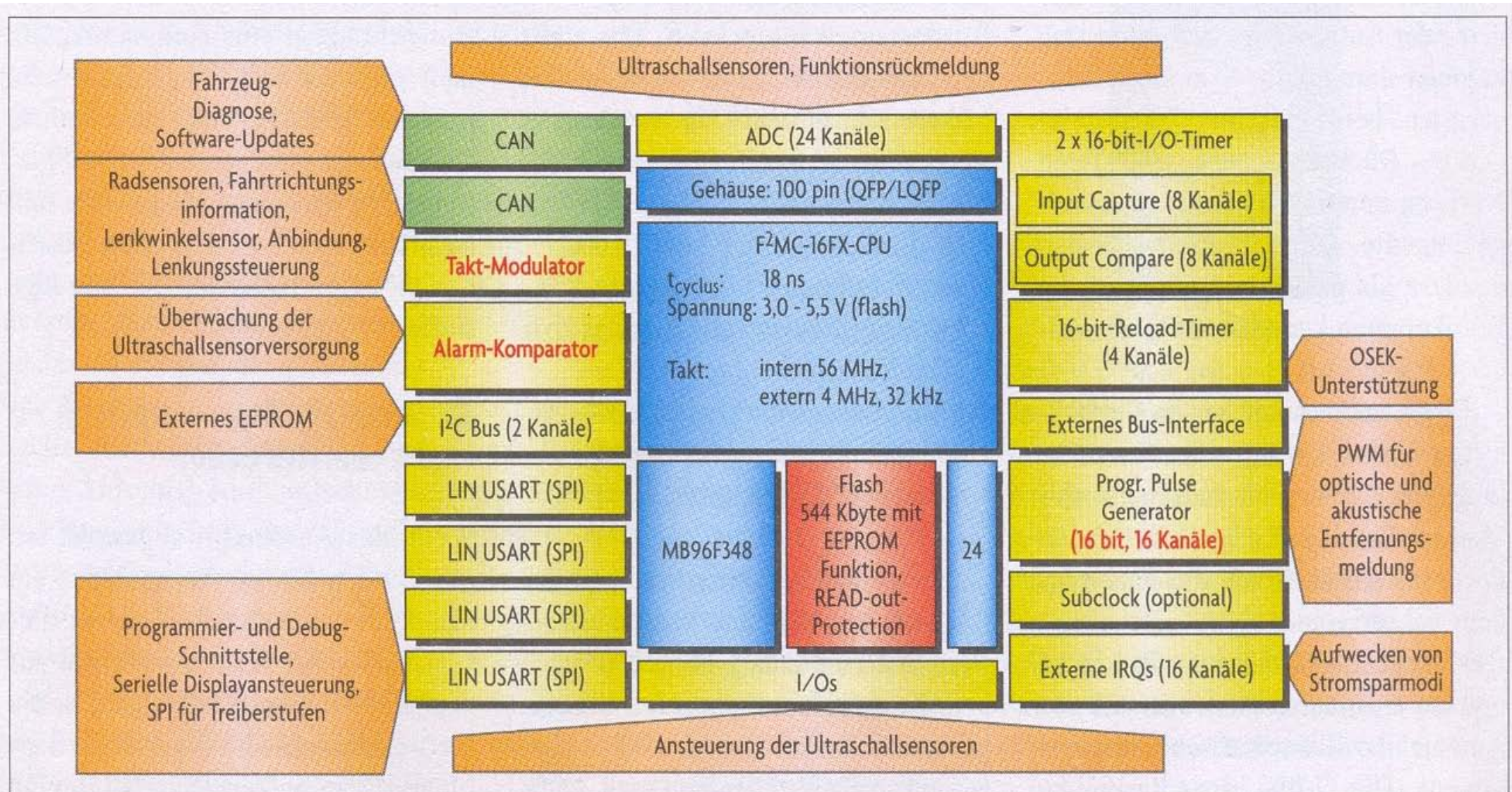




Quelle: Schurk; Untersuchung zum Einsatz von Flachbandleitern zur Datenübertragung in KFZ-Bussystemen; Diplomarbeit HAW München, 2012



Architektur des Fujitsu-16FX-MCU:



Ehrlich, Hünerberg: Mikrocontroller für „intelligente Einparkassistenten, *Elektronikautomotive* 4.2007

## 2.10 LIN (Local Interconnect Network)

[www.lin-subbus.org](http://www.lin-subbus.org)

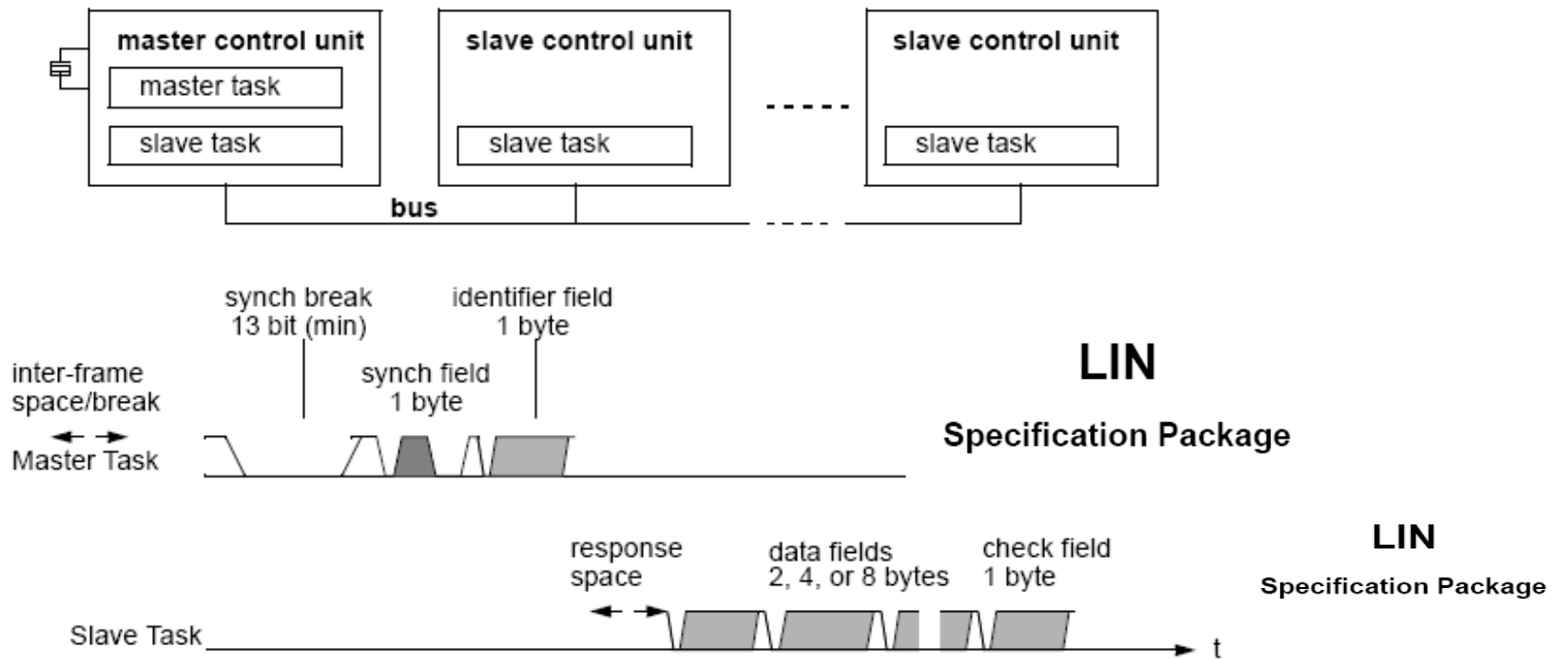
1998 (AUDI, BMW, DC, Volvo, VW, Motorola)

open standard

Anwendung für smart sensors, actuators (mechatronic type applications), Body und Power

Empfohlene Bitraten: 2400 bit/s, 9600 bit/s, 19200 bit/s (< 20 kbit/s)

Low-Cost!





Interframe Space/Break

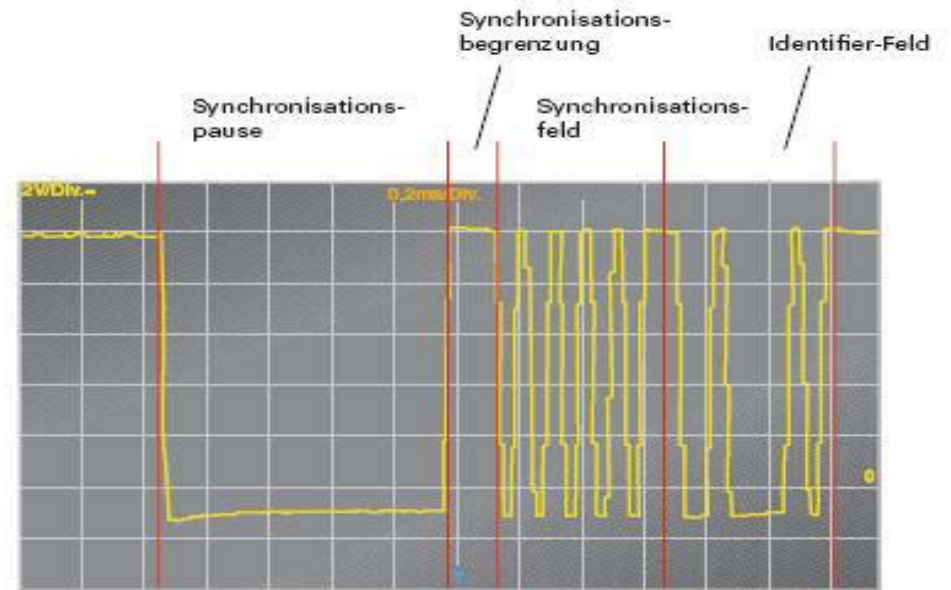
Master-Task:

- Synch Break:  $\geq 13$  bit low, Synchronisation Delimiter
- Synch Field: 1 Byte (55<sub>Hex</sub>)
- Identifier Field: 1 Byte (4 Identifier bits, 2 Data bits, 2 parity bits)

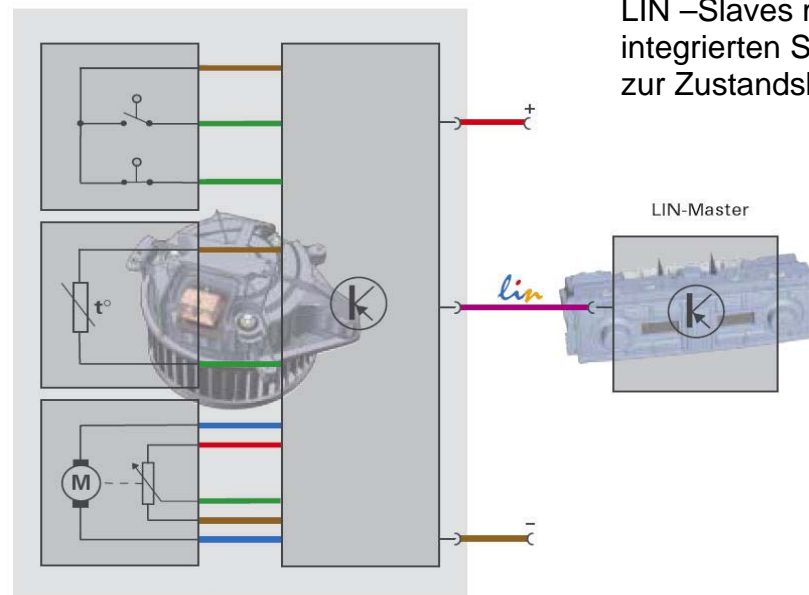
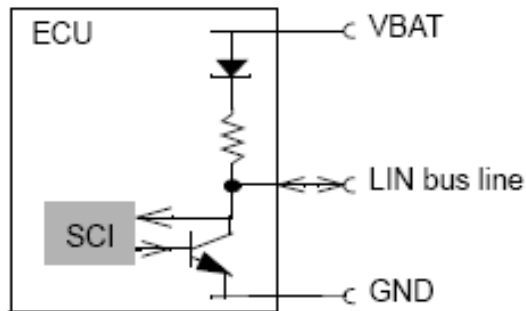
Slave-Task:

- Response Space
- Data Fields: 2, 4 oder 8 Bytes
- Check Field: 1 Byte (modulo 256)

Daten Byte: 1 Start Bit, 8 Daten Bits, 1 Stop Bit



Physical Layer: "wired and" mit "pull-up" - Widerstand in jedem Knoten und Diode



Lüftermotor als Beispiel eines LIN -Slaves mit mehreren integrierten Sensoren zur Zustandsbestimmung

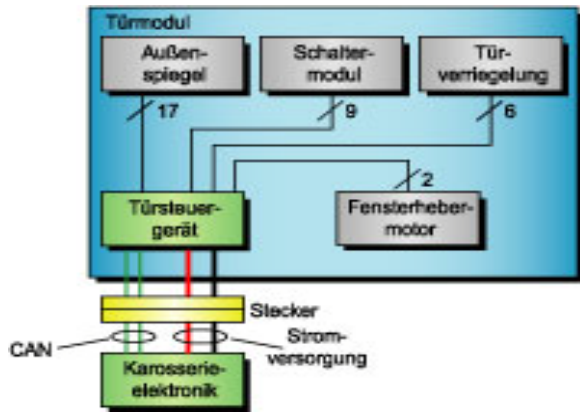
## Vergleich zwischen LIN und CAN:

	<b>LIN</b>	<b>CAN</b>
medium access control	single master	multiple master
typical bus speed	2.4 ... 19.6 kbps	62.5 ... 500 kbps
multicast message routing	6-bit identifier	11 / 29-bit identifier
typical size of network	2 ... 10 nodes	4 ... 20 nodes
bit / byte coding	NRZ 8N1 (UART)	NRZ w/ bit stuffing
data byte per frame	2, 4, 8 byte	0 ... 8 byte
transmission time for 4 data bytes	3.5 ms at 20 kbps	0.8 ms at 125 kbps
error detection (data field)	8-bit checksum	15-bit CRC
physical layer	single wire, 13.5V	twisted pair, 5V
quartz/ceramic resonator	no (except master)	yes
relative cost per network connection	x 0.5	x 1

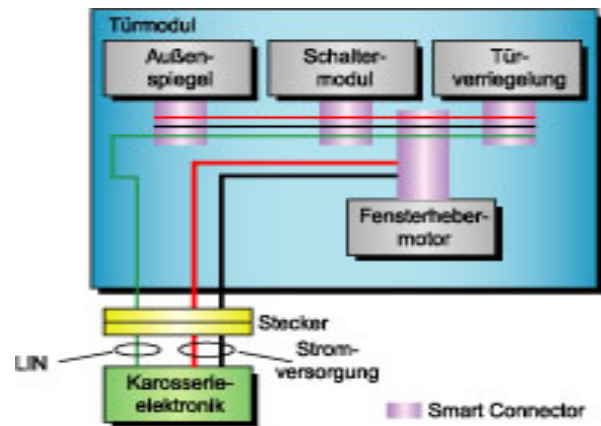


Realisierungsvergleich:

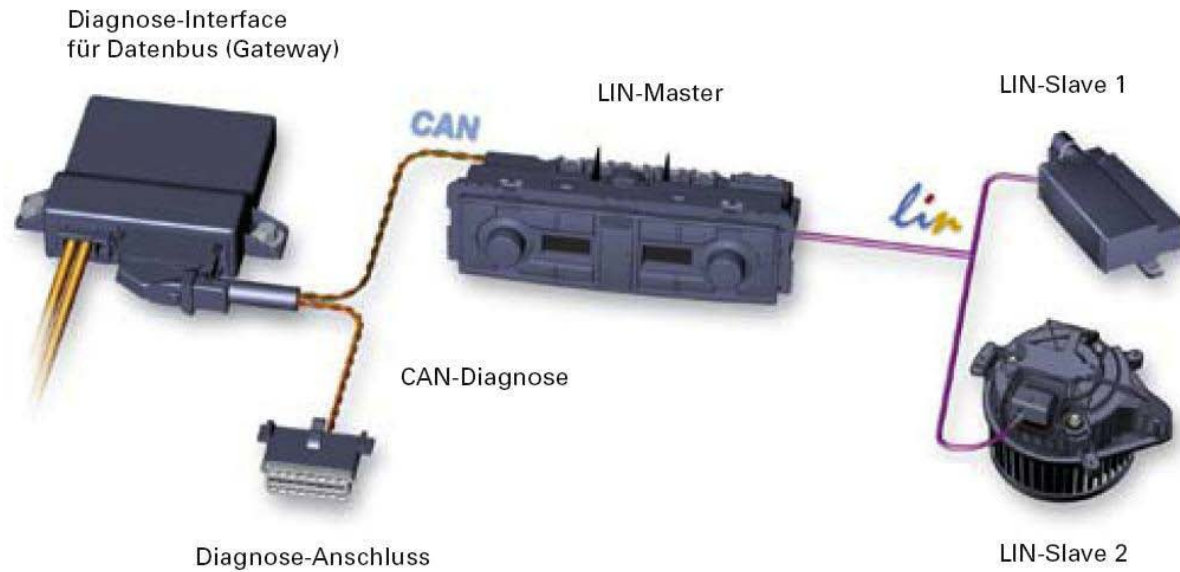
Türmodul mit CAN:



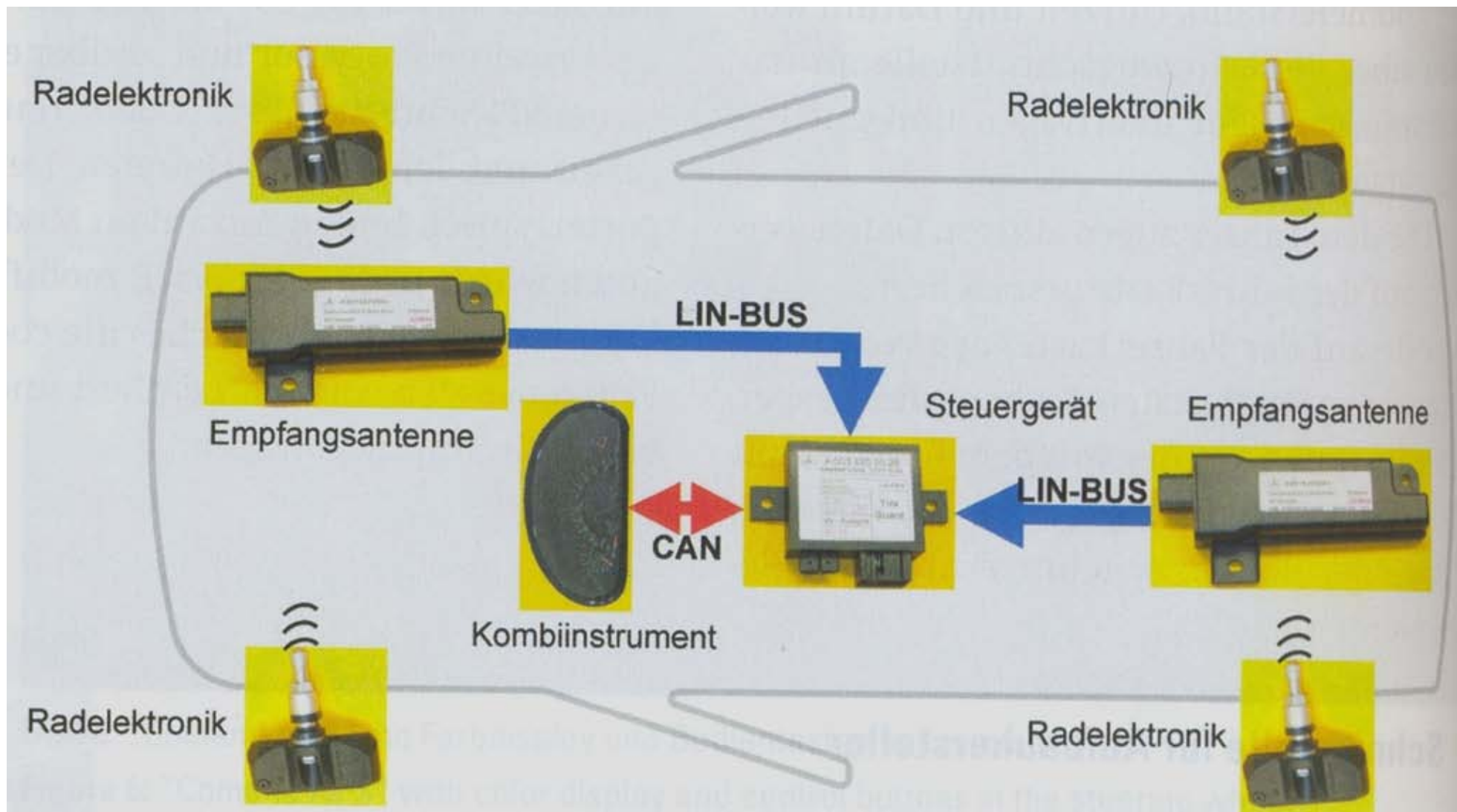
Türmodul mit LIN:



Realisierungsbeispiel:



Beispiel: Reifendruckkontrolle



aus Wäller et al.: Komplexe Elektrik und Elektronik integriert höchste Anzahl von Komfort- und Sicherheitsfunktionen; ATZ/MTZ extra Der neue Sprinter von Mercedes Benz; Juni 2006

## 2.11 Flexray

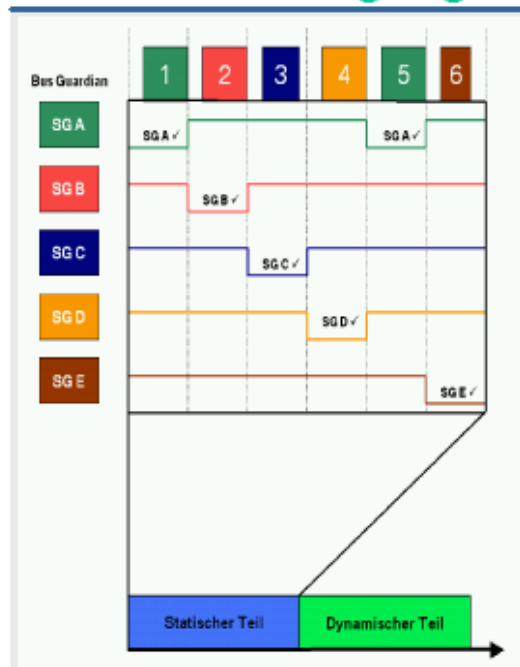
abgeleitet aus Byteflight,  
 initiiert durch DC und BMW, frei verfügbar  
 konfigurierbare synchrone und asynchrone Übertragung  
 hohe Übertragungsbandbreite (10 Mbit/s)

[www.flexray.com](http://www.flexray.com)

### FlexRay Deterministisches Verhalten



#### Garantierte Datenübertragung



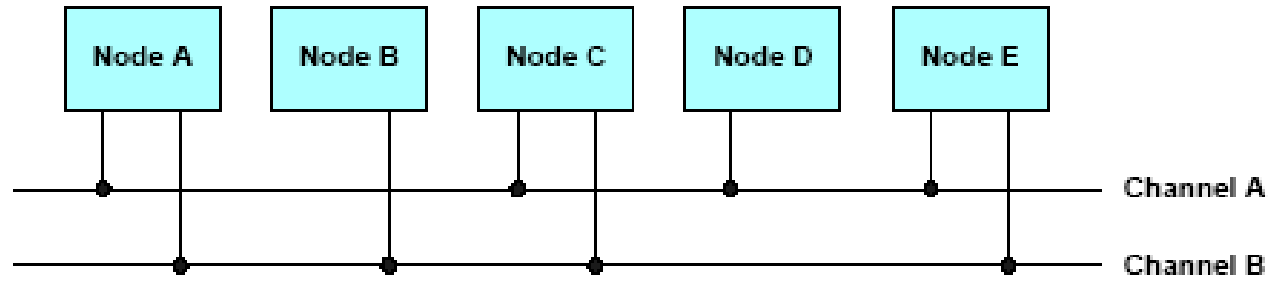
Da jedes SG einen exklusiven Zugriff zum Bus bekommt, werden die Latenzzeiten bekannt und eine vorher-sagbare Kommunikation abgesi-chert.

#### Eigenschaften

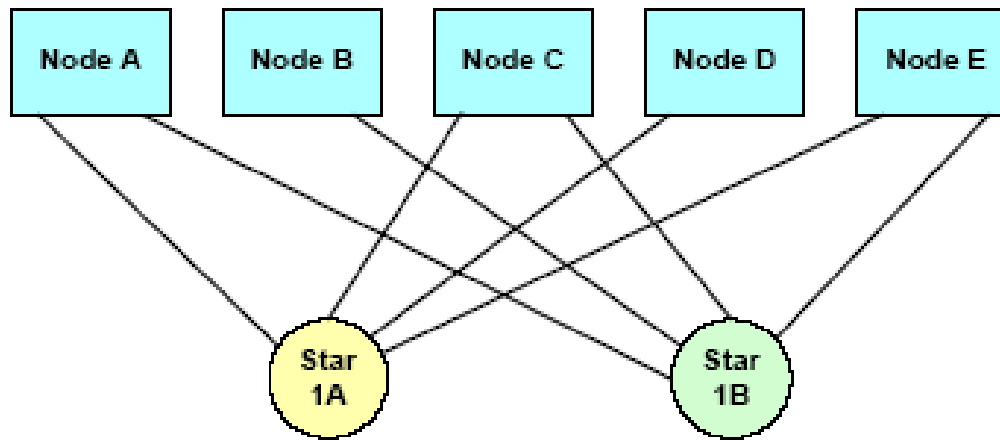
- 10 MBit/s Datenrate, d.h. 20 x High Speed CAN
- Deterministische Datenkommunikation mit garantierter Verzögerungs- und Übertragungszeit
- Synchrone und asynchrone Übertragung
- Fehlertolerante Synchronisierung auf eine globale Zeit in allen Netzwerk-Knoten
- Kollisionsfreier Buszugriff
- Konfigurierbare, redundante Kommuni-kationskanäle
- Lineare Bus- und Stern-Topologie

Reichart: Zukünftige Systemarchitekturen im Kraftfahrzeug; 25. Tagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, Haus der Technik Essen, 2005

passive Bus-Topologie:

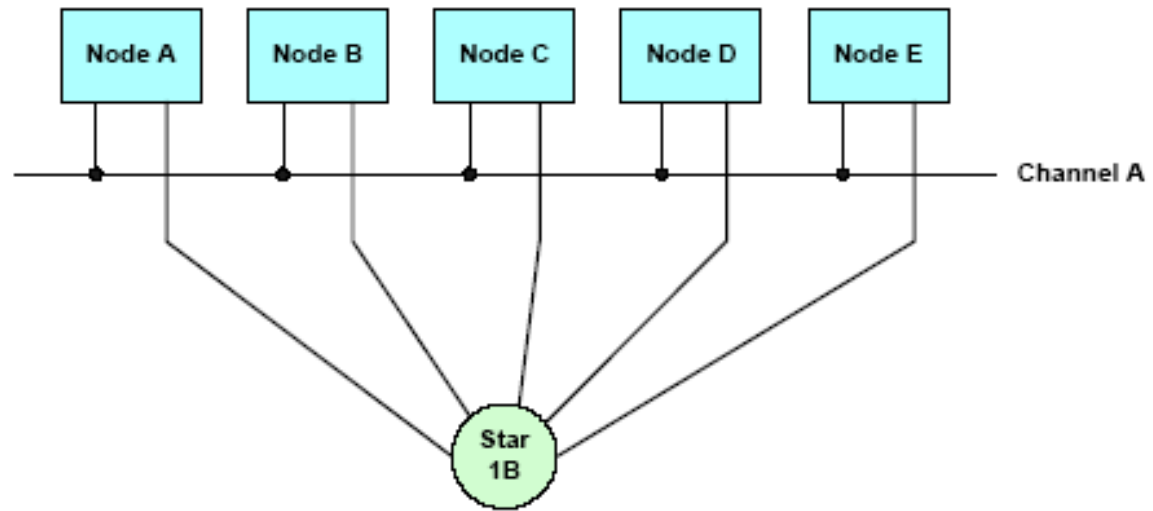


aktive Stern-Topologie:

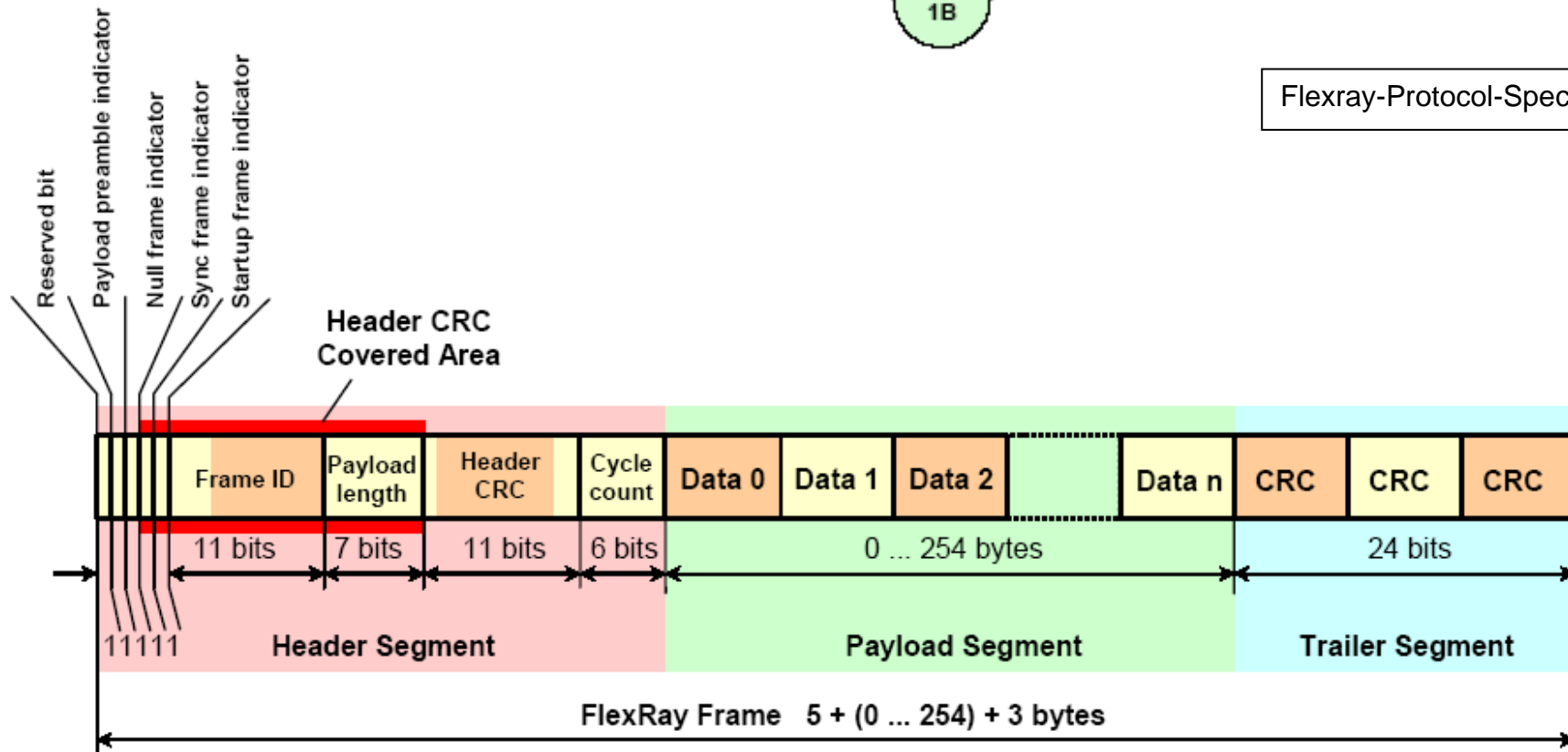




Zwei-Kanal Hybrid-Struktur (Bus und Stern):



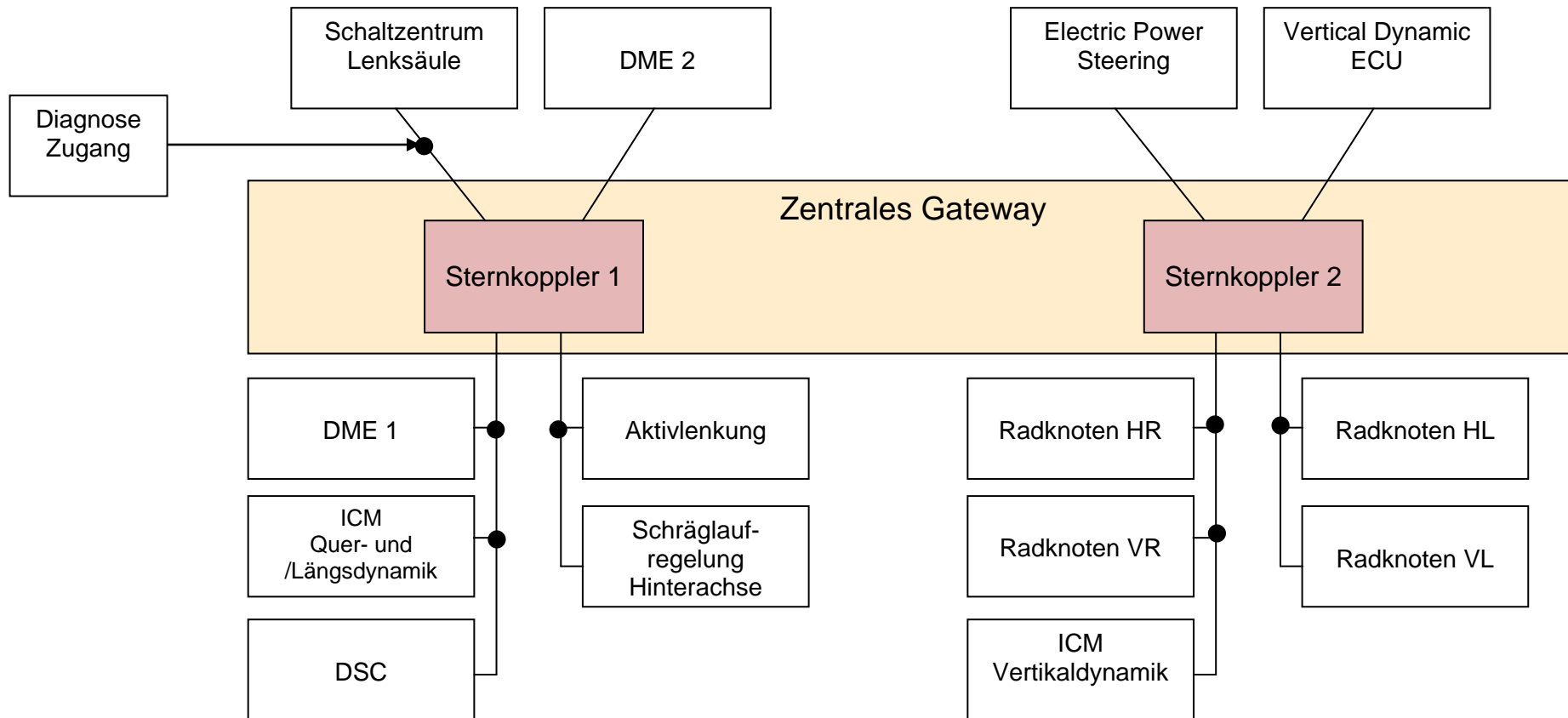
Message Frame:



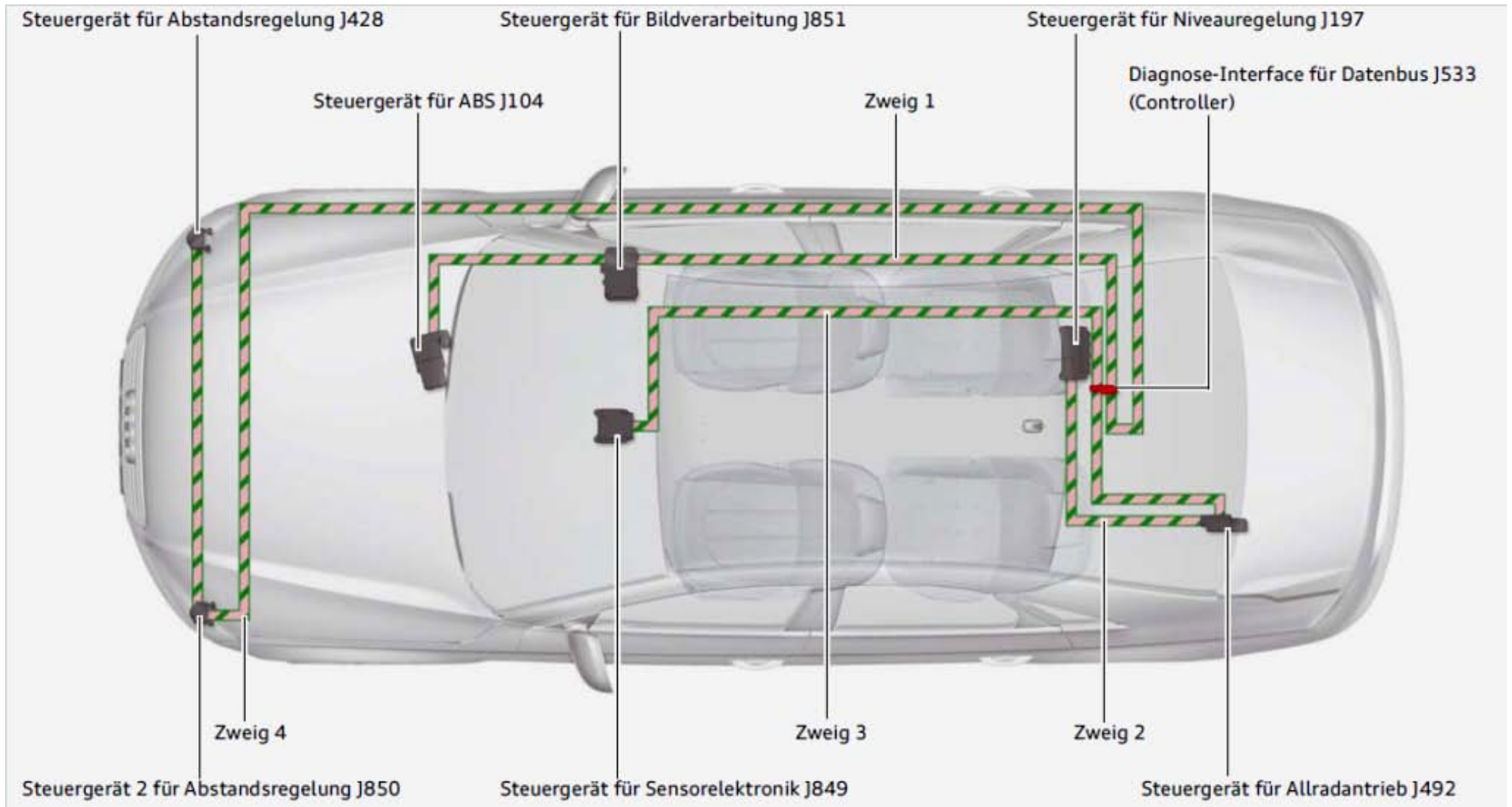
Flexray-Protocol-Specification

### Flexray-Realisierung im BMW 7er (2008):

(nach Trautmann: Grundlagen der Fahrzeugmechatronik, Vieweg-Teubner-Verlag 2009, Seite 149)



Flexray beim AUDI A8 (2010)



Quelle: Selbststudienprogramm 459; AUDI A8'10 Bordnetz und Vernetzung

## 2.12 MOST (Media Oriented Systems Transport)

Einsatz: Multimedia-Vernetzung, Infotainment,  
 initiiert durch BMW, Daimler, Becker, OASIS Silicon Systems (mittlerweile 16 Automobilhersteller und über 70 Automobilzulieferer)

MOST25 mit Lichtwellenleiter: 22,5 Mbit/s (z.B. 15 Stereo(CD) Kanäle) bei 44,1 kHz Abtastfrequenz (4 Insassen mit unabhängigen Audio- und Videoanwendungen)

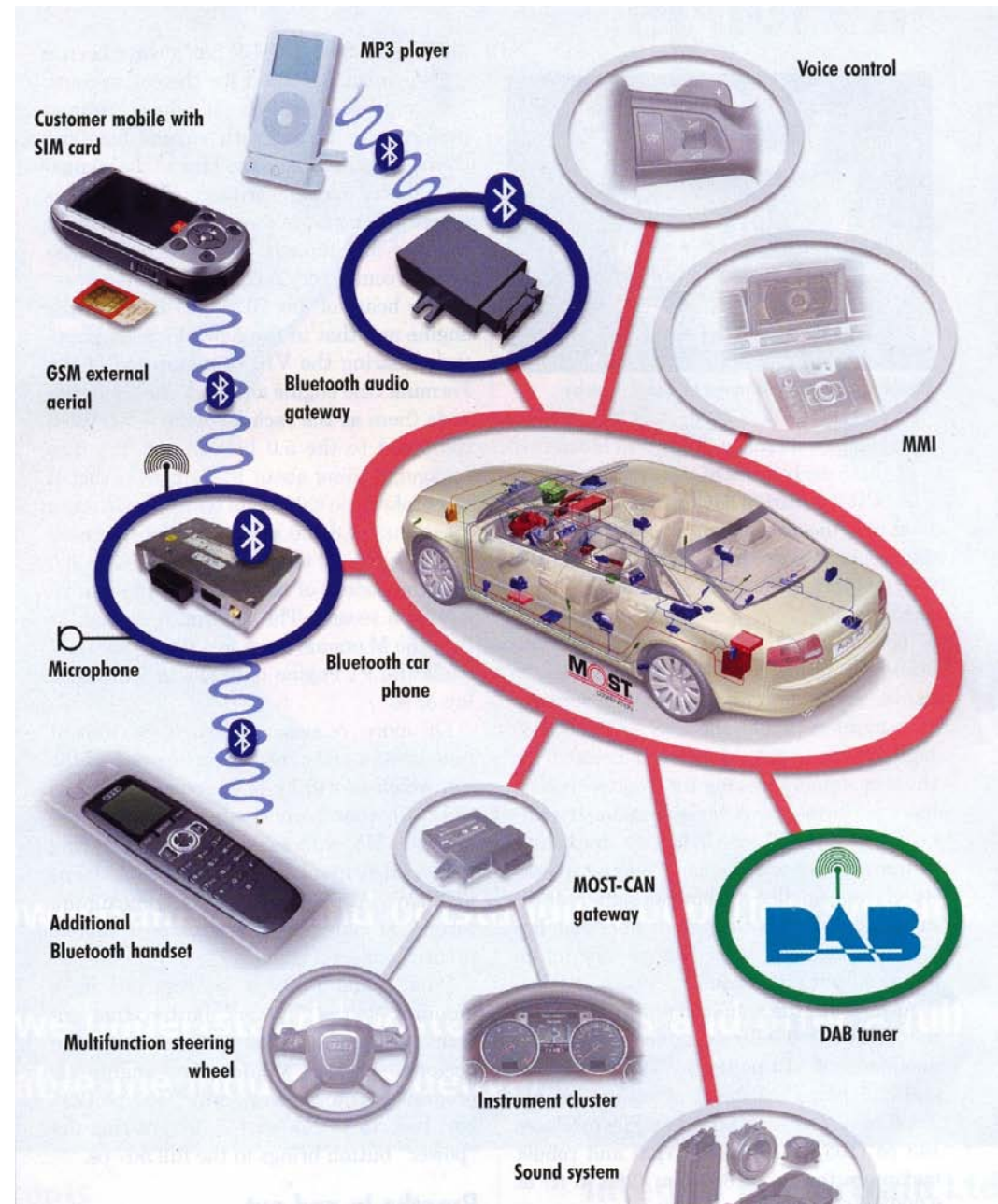
Abtastfrequenz zwischen 30 und 50 kHz  
 synchrone, asynchrone und isochrone Übertragung

MOST50 (50 MBit/s) mit verdrehten, ungeschirmten Kupferleitungen

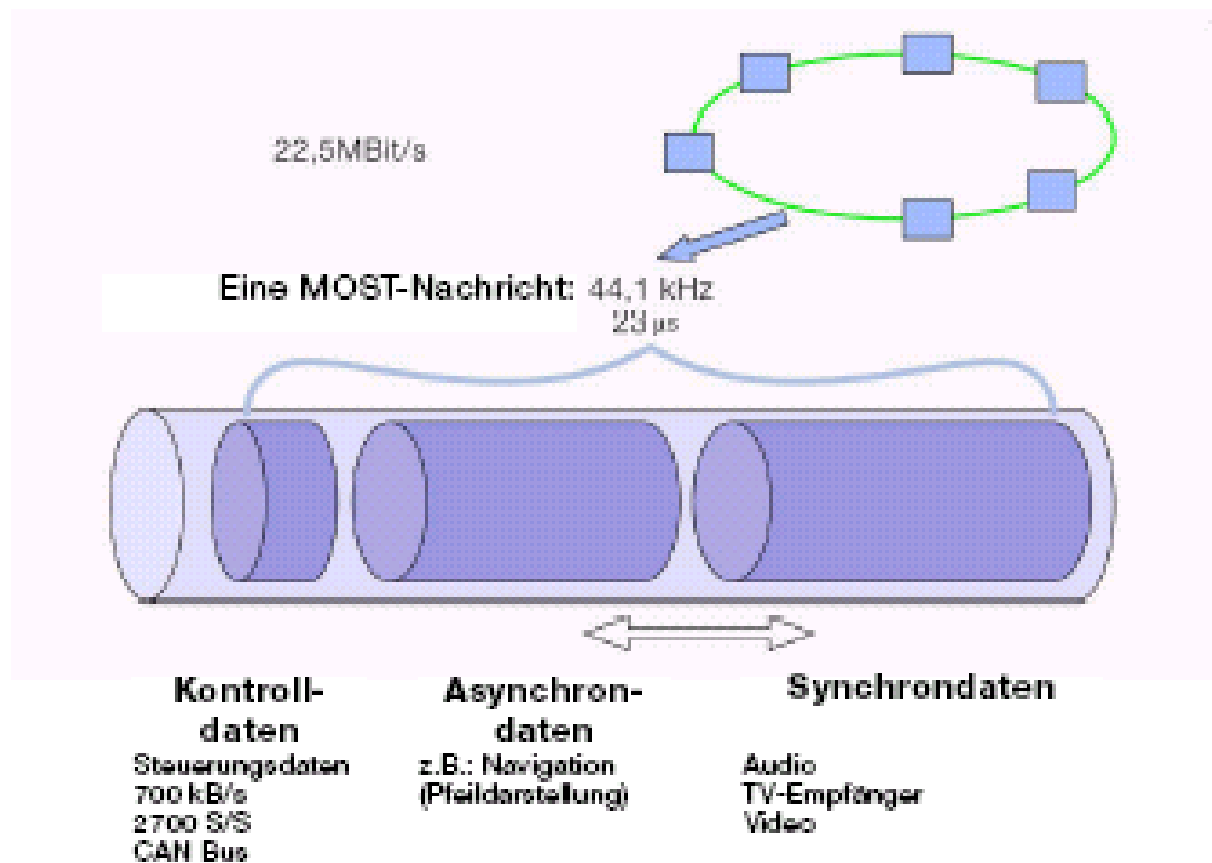
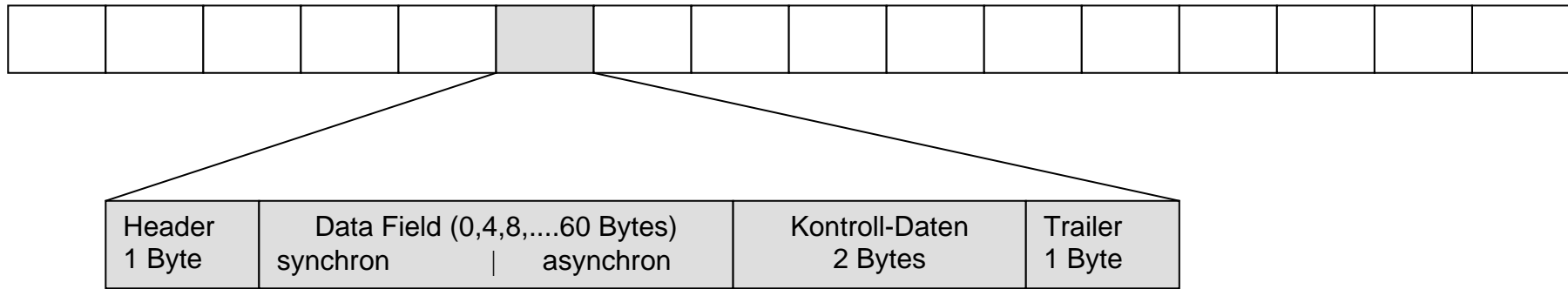
MOST150 (150 Mbit/s) für Video- und Paketdatenanwendungen



Ringing the Change; automotive engineer, 10/2005



1 Block = 16 Frames (Abtastrate 44,1/48 kHz); Gesamtlänge:  $16 * 22,67 \mu s = 363 \mu s$





Weiterentwicklung von MOST:

	MOST 25	MOST 50	MOST 150 (2010)
Datenübertragungsrate: 60 Kanäle mit	22,5 – 24,8 Mbit/s 512 bits/frame	50 Mbit/s 1024 bits/frame	150 Mbit/s 3072 bits/frame
Kanalarten	synchron synchron Steuerkanal (705,6 kbit/s)	synchron asynchron Steuerkanal flexibler Länge Flexible Aufteilung zwischen synchronen um asynchronem Kanal	synchron asynchron Steuerkanal flexibler Länge Ethernet Kanal (100Base-T)
Realisierungen	optisch	aufwärtskompatibel  optisch, elektrisch	aufwärtskompatibel isochrone Übertragung optisch, elektrisch

### MOST150 startet im Audi A3

▶ Audi und Daimler werden als erste Fahrzeughersteller MOST150 in ihre Serienfahrzeuge integrieren. „MOST150 bietet eindeutige Vorteile mit der Bandbreitensteigerung durch konsequente Weiterentwicklung der bestehenden Übertragungstechnik und alle benötigten Kommunikationsmechanismen über eine Schnittstelle nach dem All-in-One-Ansatz. Diese unschlagbaren Vorteile bilden die Entscheidungsgrundlage für die Einführung von MOST150 im Volkswagen-Konzern“, erklärt Jens Kötz, Leiter der Bereiche Elektrik/Elektronik-Konzept, Vernetzung, Energiesysteme und Systemsicherheit der Audi AG.

▶ Der Ersteinsatz von MOST150 erfolgt mit dem Serienstart der neuen Audi-A3-Baureihe. Anschließend erfolgt sukzessiv der Technologie-Rollout über die Baureihen im Volkswagen-Konzern. Dies umfasst Fahrzeuge aus den Fahrzeugplattformen MQB und MLBevo (Modularer

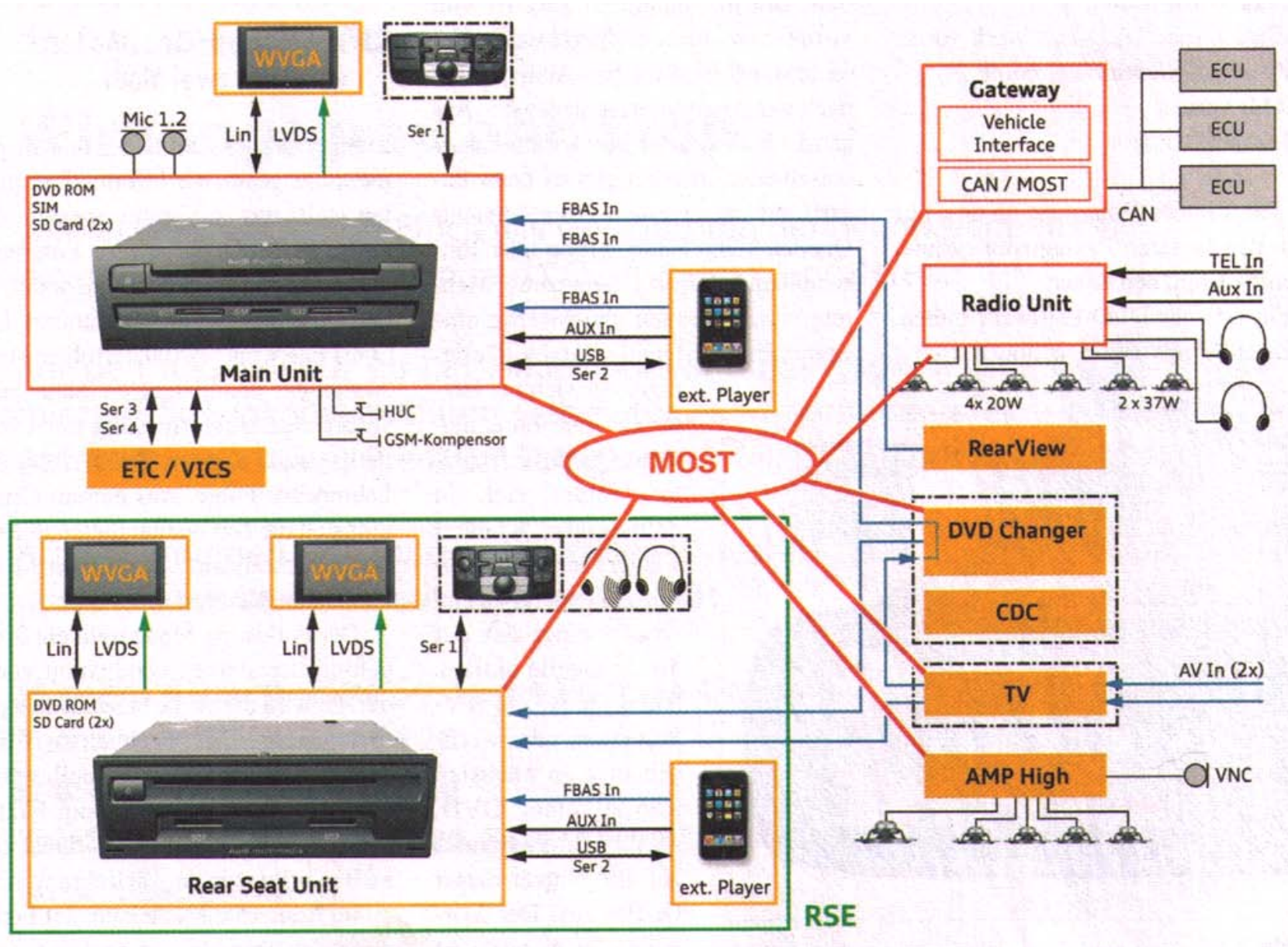


Logo for MOST ECKE (Elektronikautomotive) featuring the word 'MOST' in large black letters with a red underline, and 'ECKE' below it. A red ribbon graphic is on the right.

Quer- bzw. Modularer Längsbaukasten). Die auf diesen Plattformen basierenden Fahrzeuge reichen vom Volkswagen Golf bis zum Audi A8.

▶ Audi entwarf zwei Referenzprojekte zur Evaluation der Technologie auf ihre Serieneinsatzbarkeit. Dadurch wurden eine Absicherung des Ersteinsatzes bei Audi sichergestellt und die terminlichen und technischen Risiken minimiert. Basierend auf den aus der Evaluation gewonnenen Erkenntnissen bestätigt Audi, dass MOST150 reif für den Serieneinsatz ist. Audi überführt MOST150 in die Serienentwicklung als Netzwerktechnologie für das Modulare Infotainment-System (MIB).

AUDI A8, 2010: (Quelle: Automobil Elektronik: Sonderheft AUDI A8, 2010)



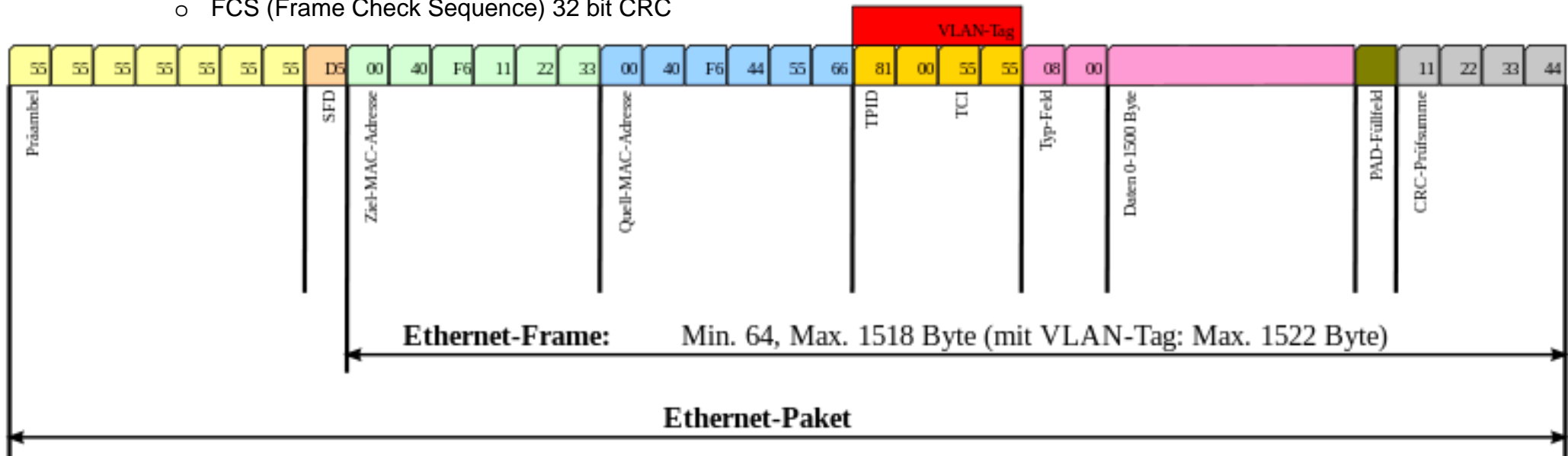
Quelle: atz-Sonderheft AUDI A8, 2009



## 2.13 Ethernet

nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Ethernet>)

- erfunden 1973 am Xerox Alto Palo Research Center (PARC) zunächst mit 3 Mbit/s;
- standardisiert ab 1980 vom IEEE in der Arbeitsgruppe 802 (1 – 20 Mbit/s)
- ab 1981 drei Techniken: CSMA/CD (802.3), Token Bus (802.4), Token Ring (802.5)
- 1195 100 Mbit/s-Standard gemäß IEEE 802.3u sowie WLAN IEEE 802.11
- Heute in der Regel keine CSMA/CD-Übertragung, sonder Punkt-zu-Punkt-Verbindung über „Switches“, trotzdem bleibt die minimale Frame-Länge weiter vorgeschrieben: bei 10 Mbit/s 64 Byte; bei 1 Gbit/s 520 Byte.
- Das Ethernetpaket beginnt mit einer Präambel: 7 Bytes mit alternierender Bitfolge (01010101), danach SFD (Start Frame Delimiter) 10110101 = D5<sub>16</sub>
- Das Ethernet-Frame besteht aus
  - o Ziel- und Quell-MAC-Adresse (jeweils 6 Bytes oder 48 bits)
  - o VLAN-Tag zur Kennzeichnung von virtuellen LANs
  - o Typ-Feld zur Kennzeichnung über das Protokoll der nächsthöheren Schicht (z.B. 0x86DD: IPv6)
  - o Datenfeld bis zu 1500 Bytes
  - o PAD-Feld wird genutzt um das Datenfeld auf mindestens 64 Bytes zu bringen
  - o FCS (Frame Check Sequence) 32 bit CRC



## 2.14 Weitere Kfz-Bussysteme

**J1850:** USA für „on- and off-road land-based vehicles“  
offene Architektur, 35 m, 32 Knoten  
asynchron  
low cost  
ohne Master (peer to peer protocol)

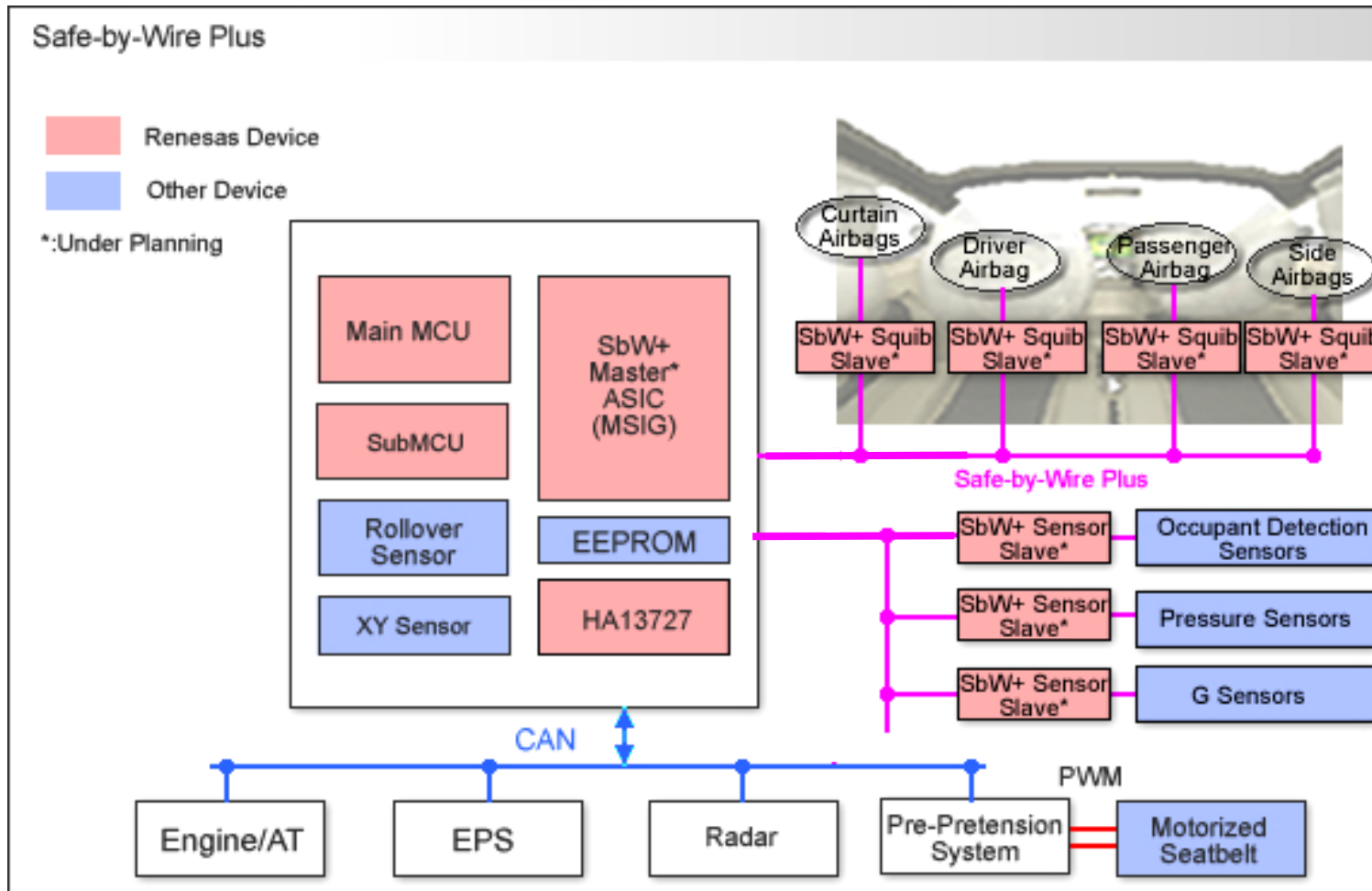
2 (Haupt-)Alternativen:  
41,6 kbit/s PWM, 2 Draht  
10,4 kBit/s VPW (Variable Pulse Width), 1 Draht (GM, Chrysler)

**VAN:** Frankreich (1995 abgelöst durch CAN)

### **Safe-by-Wire Plus (SbW+):**

Bus für Sicherheitssysteme (Airbag, Gurtstraffer) und Sensoren (Crash-Sensor, Sitzbelegung etc.)  
Bidirektional 2-Draht mit integrierter Stromversorgung  
Master-Slave  
Babbling-Idiot Schutz  
Interrupt Möglichkeit für Crash Sensoren  
Variable Bus-Rate: 20 kbps, 40 kbps, 80 kbps or 160 kbps (+/- 13 %)  
Busratenumschaltung durch Master möglich  
Flexible Topologien möglich (Bus, Baum, Ring und Mischformen)  
Fehlererkennung durch Sender (data read back) und Empfänger (CRC)  
Fehlererkennung im Physical Layer: Kurzschluss, Unterbrechung und Schluss zwischen den beiden Leitungen  
64 Slave Adressen





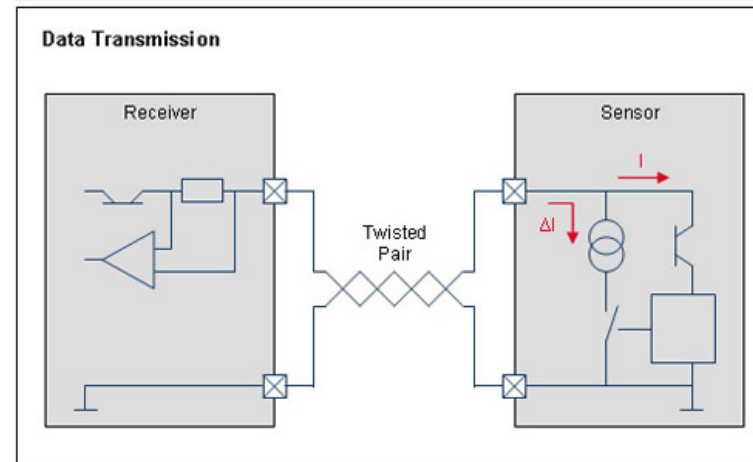
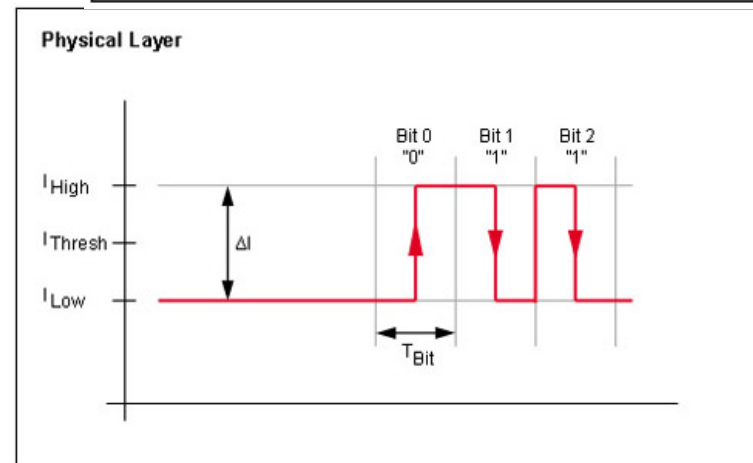
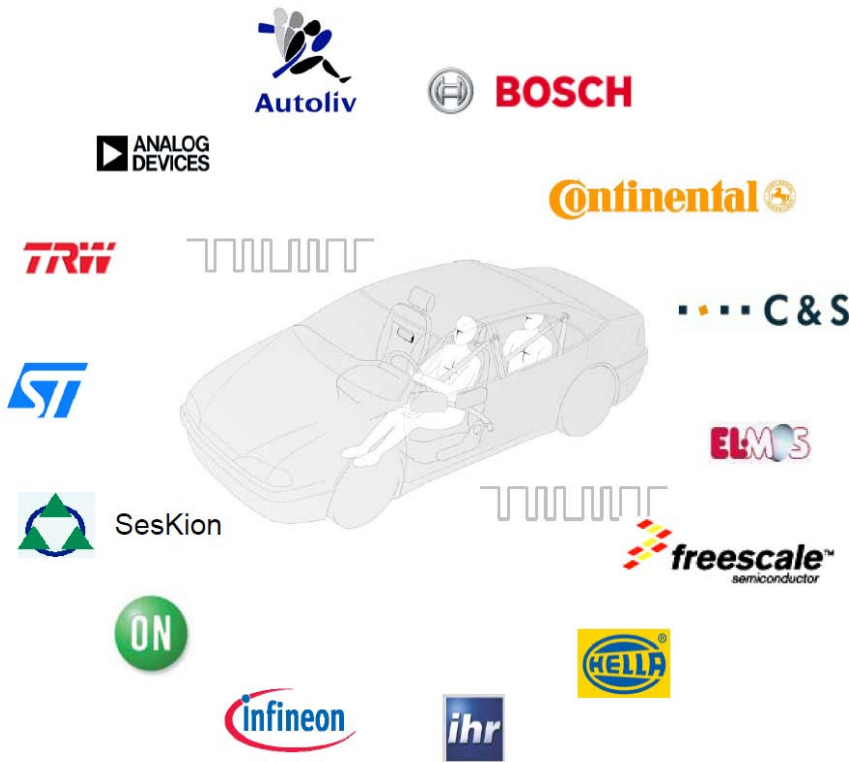
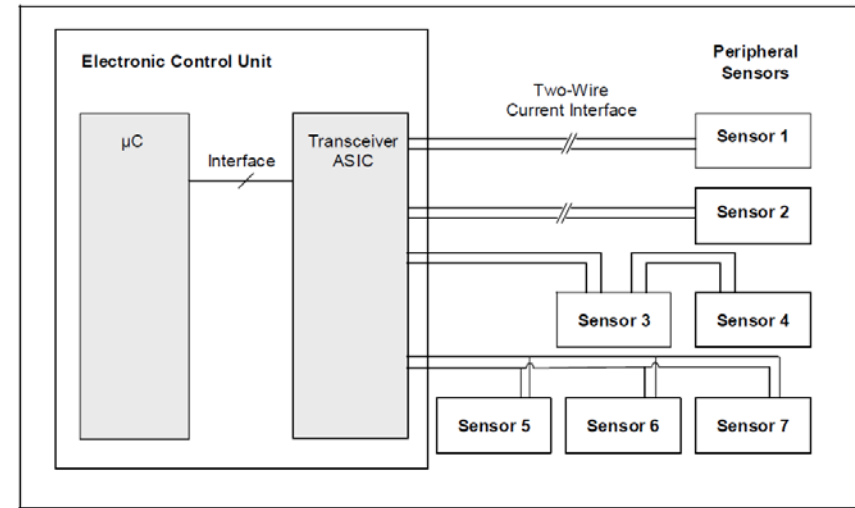
[http://www.renesas.com/fmwk.jsp?cnt=sbw\\_child.htm&fp=/applications/automotive/automotive\\_segment/network\\_sbw/child\\_folder/&title=Airbag\(Safe-by-Wire%20Plus\)%20System](http://www.renesas.com/fmwk.jsp?cnt=sbw_child.htm&fp=/applications/automotive/automotive_segment/network_sbw/child_folder/&title=Airbag(Safe-by-Wire%20Plus)%20System)



**PSI5:** Peripheral Sensor Interface (V 2.0)

- Zwei-Draht Strom-Schnittstelle, bidirektional
- Manchester codiert auf der Stromversorgungsleitung
- Datenübertragungsraten 125 kbit/s (optional 189 kbit/s)
- CRC oder Parity
- Flexible Protokolldefinitionen möglich
- Hohe EMV (Ein- und Abstrahlung)
- Variable Datenlänge (10 bis 28 bit)
- Verschiedene Bus-Modi (auch asynchron und synchron)

<http://www.psi5.org/en/en/psi5/overview.aspx>; 6/10/2012 11:12 AM



**SENT/SPC:** **S**ingle **E**dge **N**ibble **T**ransmission / **S**hort **P**WM **C**ode  
(SAE J2716)

Übertragen von Daten mit hoher Auflösung von einem Sensor zur ECU  
Alternative zu analogen Sensorschnittstellen und zu PWM Aktuatoren  
Low Cost Alternative zu LIN oder CAN

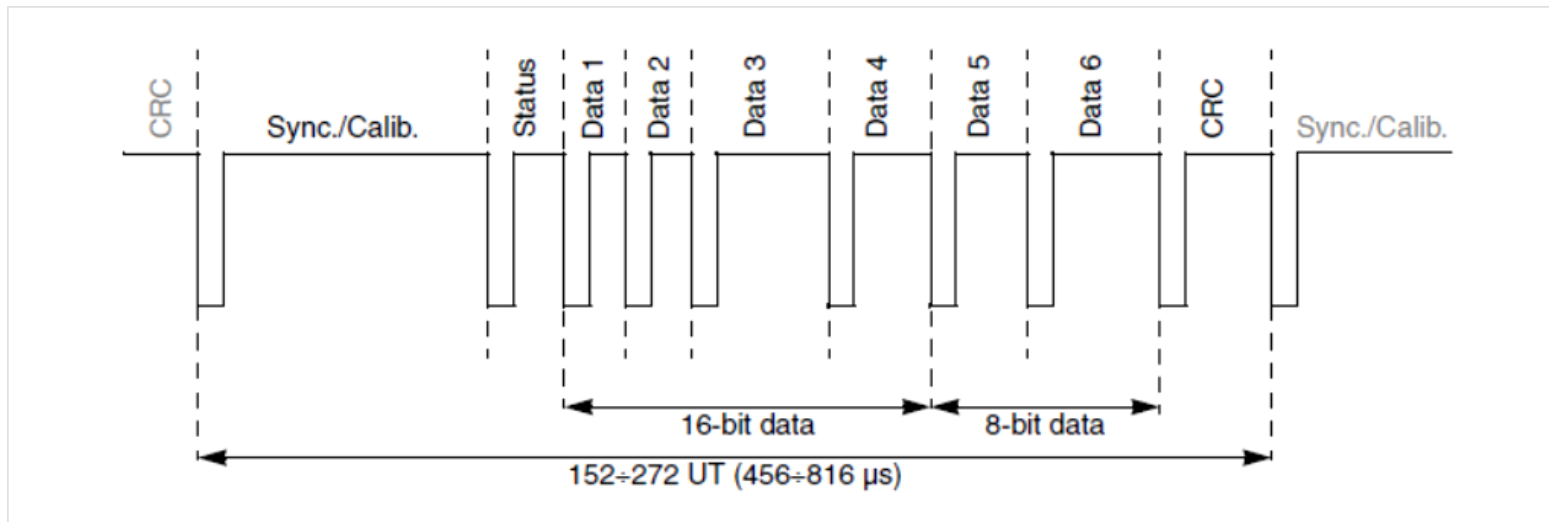
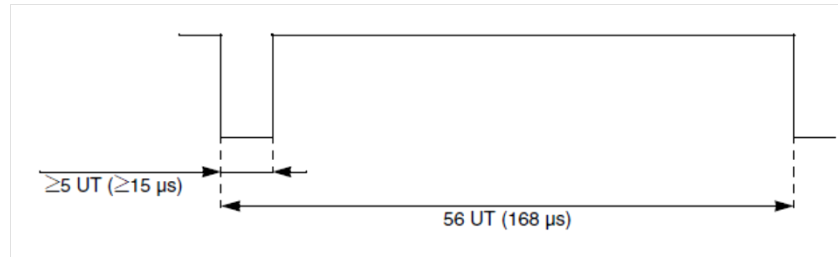
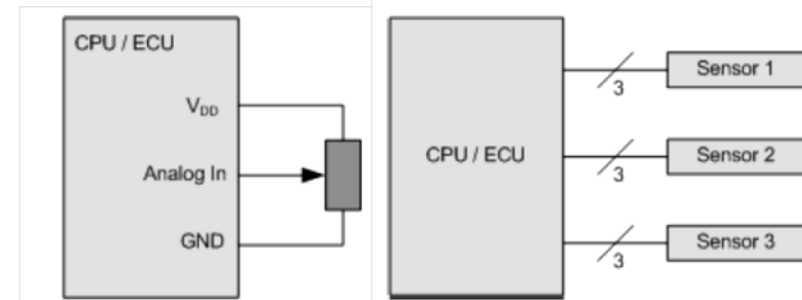
Unidirektional (ohne Intervention der ECU),  $\pm 20\%$  Takt-Abweichung möglich

Das Signal besteht aus einer Reihe von Pulsen, wobei die Distanz zwischen folgenden abfallenden Flanken das übertragene 4-bit-Nibble Werte von 0...15 repräsentiert.

Zeitbasis: 3  $\mu$ s, Fallende Flanke 3 Zeiteinheiten (9  $\mu$ s)

Die Übertragungsreihenfolge ist wie folgt:

- Synchronisation/Kalibrierung (56 Zeiteinheiten)
- 4-bit Status nibble Pulse (12 ... 27 Zeiteinheiten)
- Bis zu 6 4-bit Data Nibble Pulse (jeder 12 ... 27 Zeiteinheiten)
- 4-bit Checksummen Nibble Pulse (12 ... 27 Zeiteinheiten)



Freescale: SENT/SPC Driver for the MPC5510 Microcontroller Family, Doc. Nr. AN4219, 10/2010

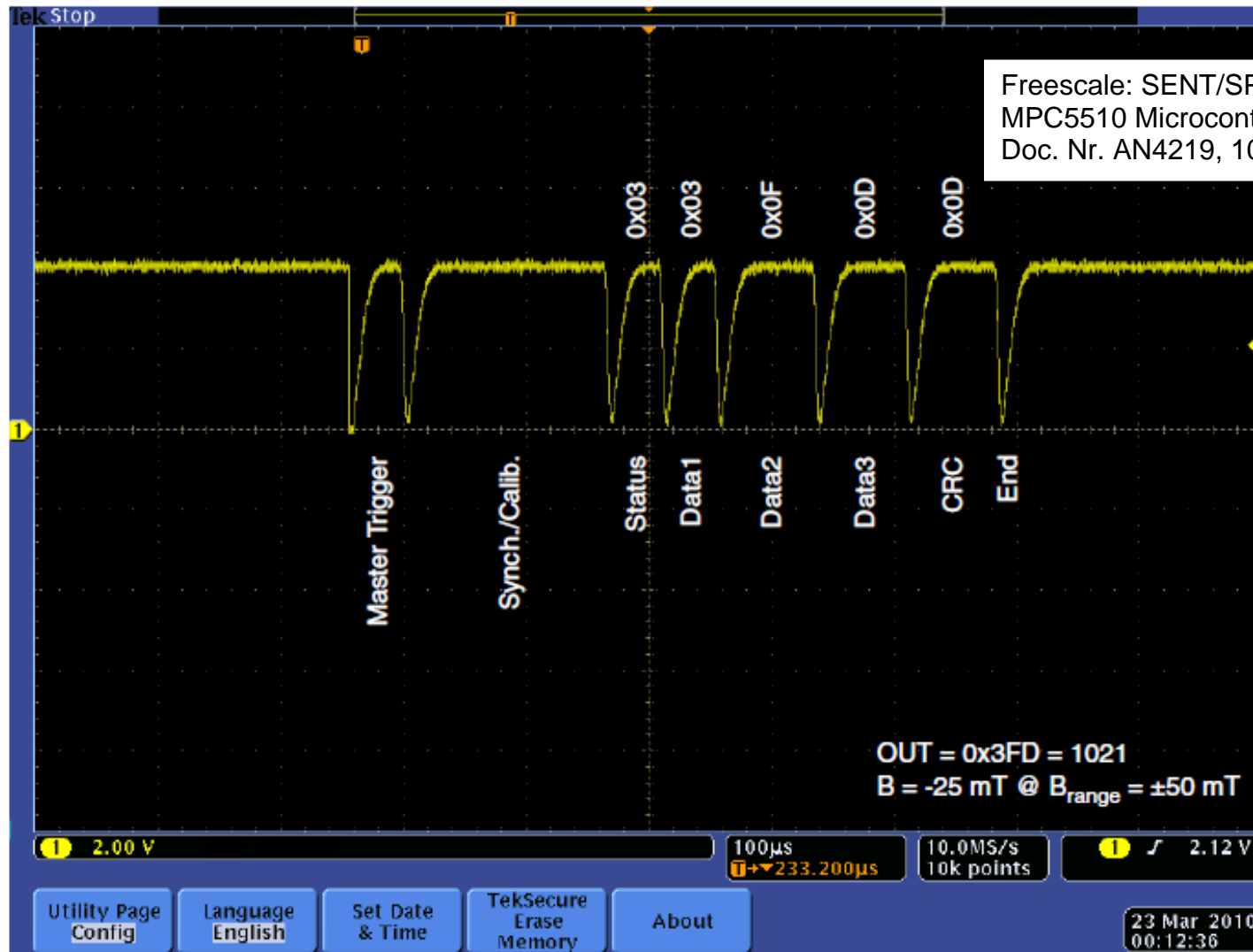


Figure 6. TLE4998C SENT/SPC 12-bit Hall Waveform

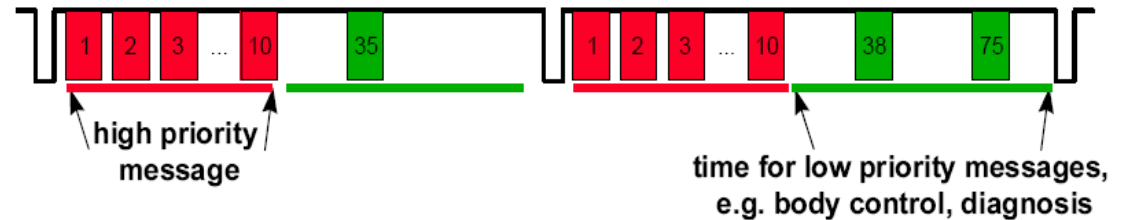
**Byteflight:** BMW 1999 für passive Sicherheitssysteme  
[www.byteflight.com](http://www.byteflight.com)  
 Single Master, jeder Teilnehmer kann Master werden

Message mit höchster Priorität kann den Bus nicht blockieren

## Synchronous and Asynchronous Communication via *byteflight*



Separation of SYNC frame in 2 parts:



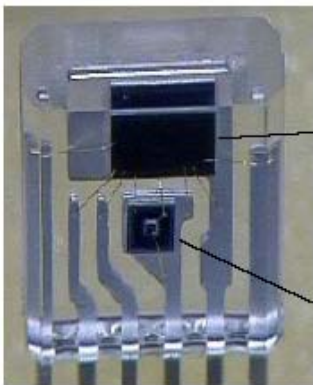
### • High priority messages

- ⇒ **Synchronous** transmission in each SYNC frame
- ⇒ Duration of SYNC frame 250  $\mu$ s or scalable

### • Low priority messages

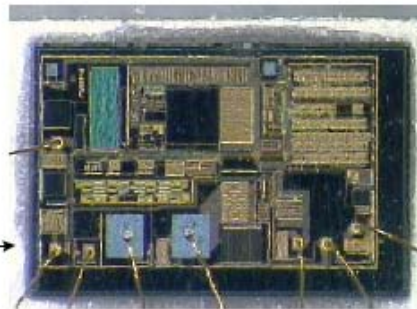
- ⇒ **Asynchronous** transmission not in each SYNC frame
- ⇒ Flexible bus access for all identifiers

7,7 mm

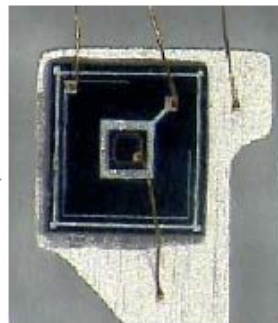


VDD2 AI DI VDD1 GND DO

Infineon  
6 pin package



ELMOS  
100.34 IC



**Chip On Chip:**  
transmitter LED  
mounted on  
receiver diode

Aus: Berwanger, Peller, Griesbach: A New High-Performance Data Bus System for Safety-Related Applications; [www.byteflight.com](http://www.byteflight.com)



**TTP/C:** Time Triggered Protocol, Class C  
(TU Wien, Vergleich individueller Verkehrsmittel, zusammen mit ÖPNV)  
Class C Protocol (auch für x-by wire Systeme)  
2 Mbit/s  
2 Busse  
Clock Synchronisation, globale System-Zeit  
statisches Nachrichtenscheduling (wird vorher festgelegt und gespeichert)  
fehlertolerant

**TTCAN:** Die Zeitsteuerung ist in der Kommunikationsschicht eingebettet, die auf dem CAN-Protokoll aufbaut  
Time-Master sendet Referenznachricht als Beginn eines „basic cycle“:  
mögliche Zeitfenster: exklusiv, mit Arbitration, frei (reserviert)  
eine CAN-Station muss nur die für sie wichtigen Vereinbarungen kennen  
Time-Master kann mehreren Stationen zugeteilt werden

**D2B:** Digital Data bus  
Einsatz: Multimedia-Vernetzung, Infotainment  
initiiert von Philips, twisted pair, bis 1Mbit/s  
Steuer- und Nutzdaten über ein Medium  
Error Detection: Parity Bits  
D2Boptical: Lichtwellenleiter: 5,6 Mbit/s (z.B. 6 Mono Kanäle) bei 47,1 kHz Abtastrate

**Firewire:** USA Standard für Multimedia  
**(IEEE 1394;** Echtzeit Datenübertragung in multimedialen Applikationen  
**iLink)** 100 – 3200 Mbit/s;  
Rückwärtskompatibilität, Peer to Peer Netzwerk,  
Automatische Selbstkonfiguration  
Plug and Play  
Sternförmiger Netzaufbau  
100 Mbit/s elektrische Spezielle Kabel  
200 bzw. 400 Mbit/s für Glasfaser (IEEE 1394b)



**Bluetooth:** Datenübertragung durch Funk (720 kbit/s, 1 Mbit/s)

10 m Reichweite

7 Teilnehmer / Netz

Master – Slave

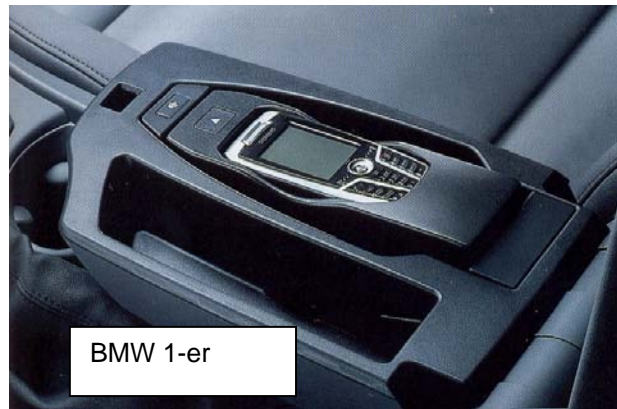
Frequency hopping 2402 + k·MHz (k = 0,... 78) bis zu 1600 hops/s

Modulation: 2-GFSK (Gaussian frequency shift keying)

ursprünglich nur für Home-Anwendungen

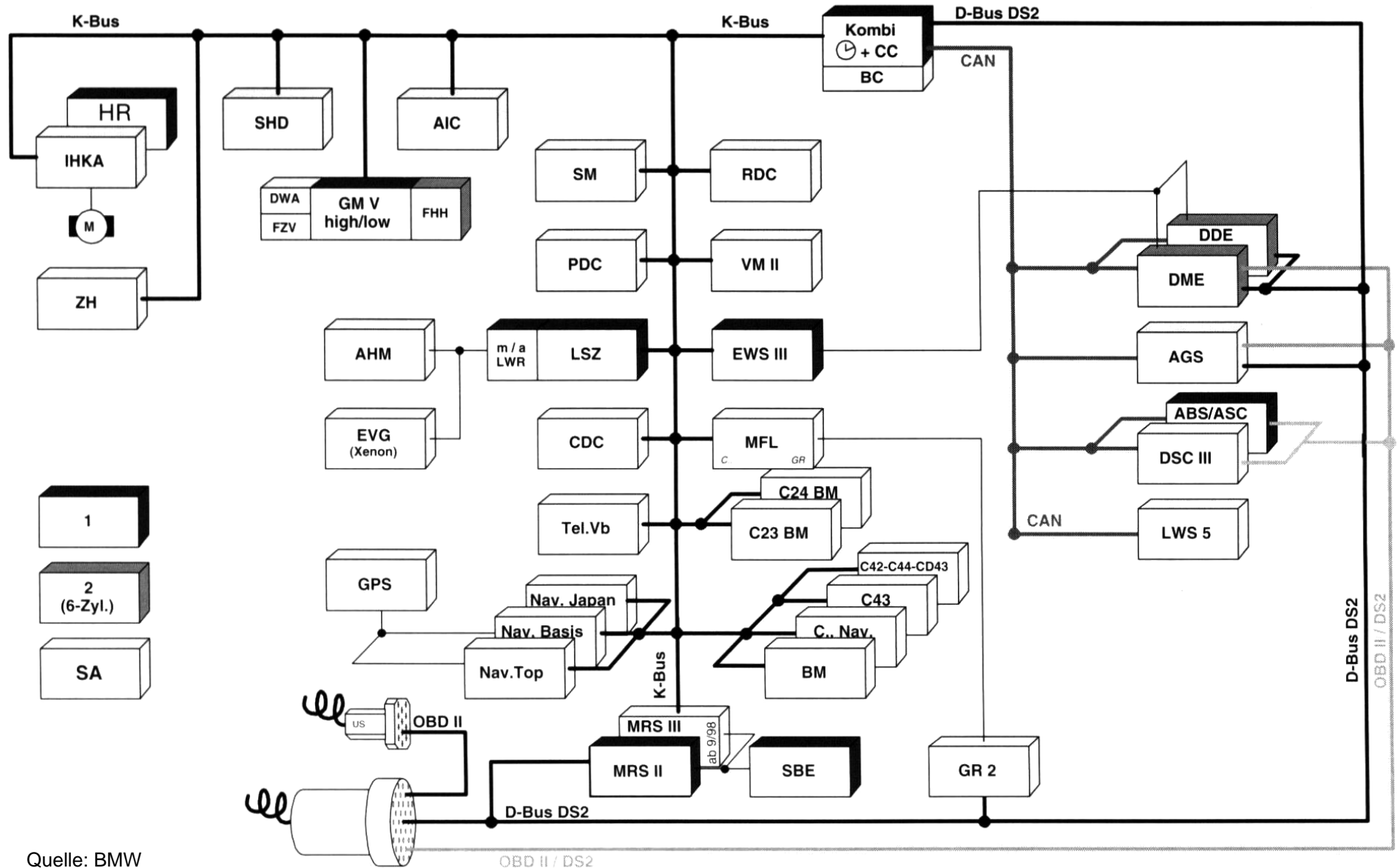
derzeit nicht vorgesehen für Steuerungs- und/oder Sicherheitsanwendungen

Anwendungen im Auto: Werkstatt (Stand), intern im Auto (z.B. Handy ist Datenspeicher), Usergroup für automobiler Anwendungen

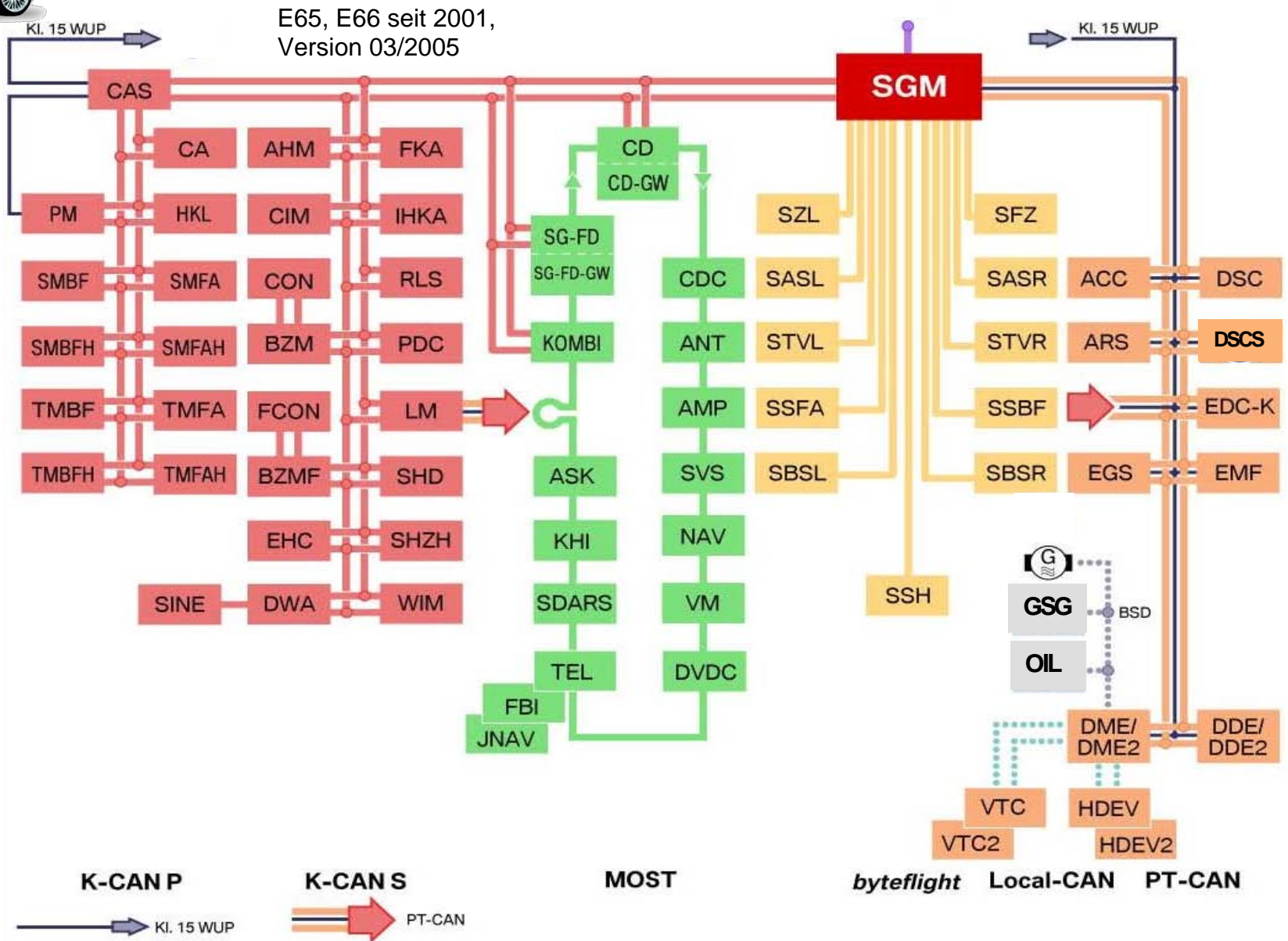


2.15 Realisierungsbeispiele von Datenverbundsystemen im Automobil

3-er BMW, Modelljahr 1998 (E 46)



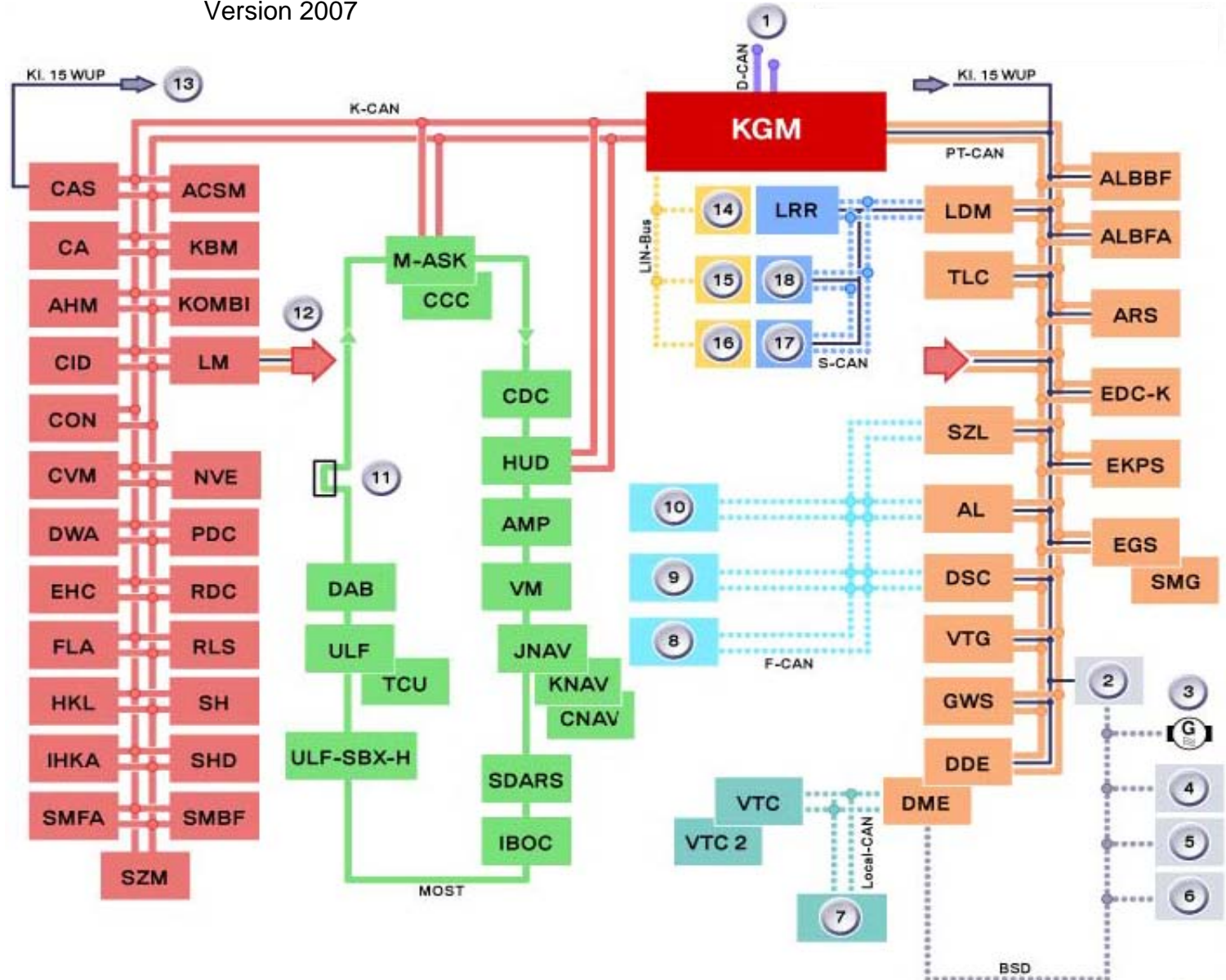
Quelle: BMW





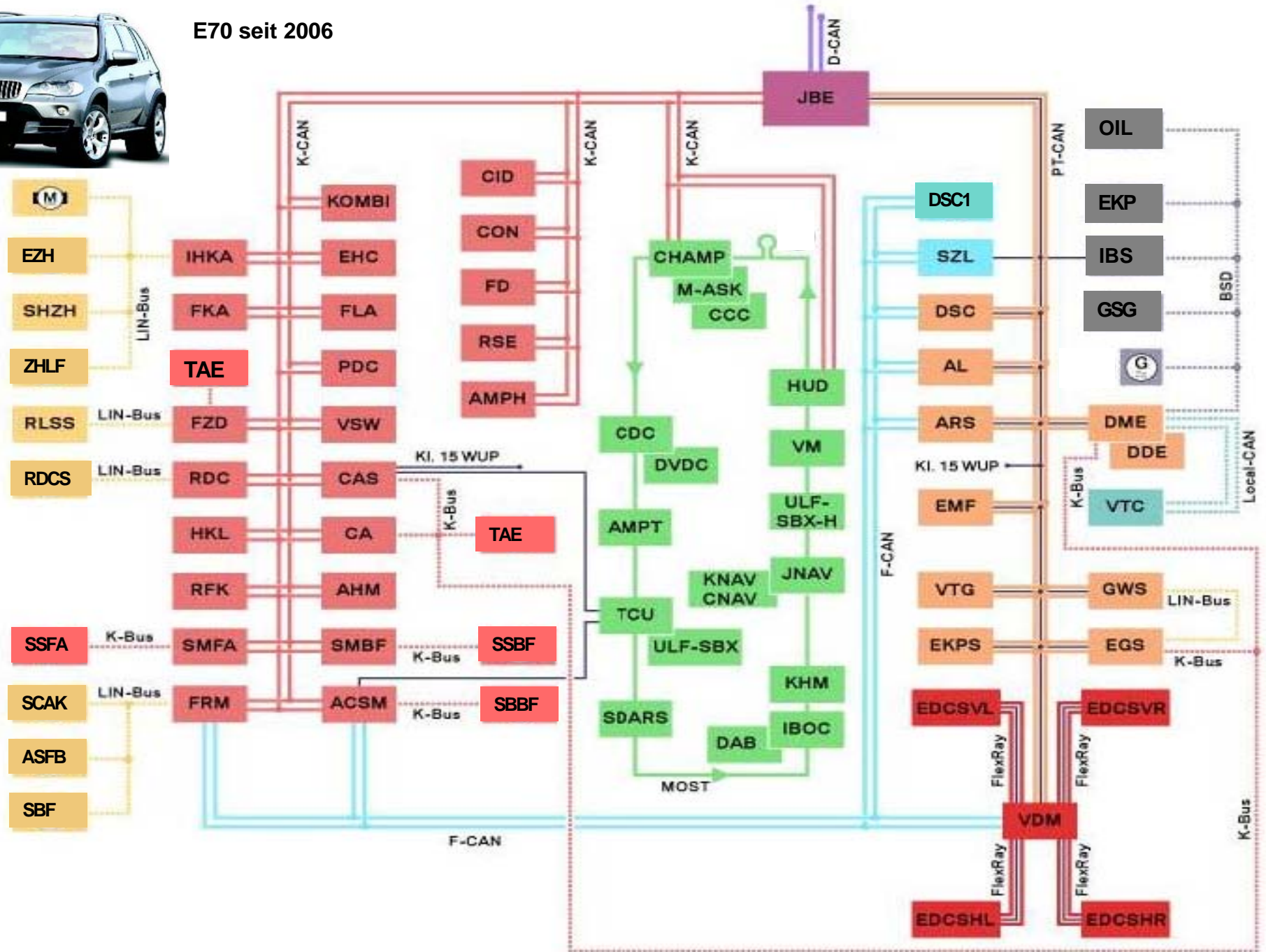


E60, E61, E63, E64 seit 2003,  
Version 2007

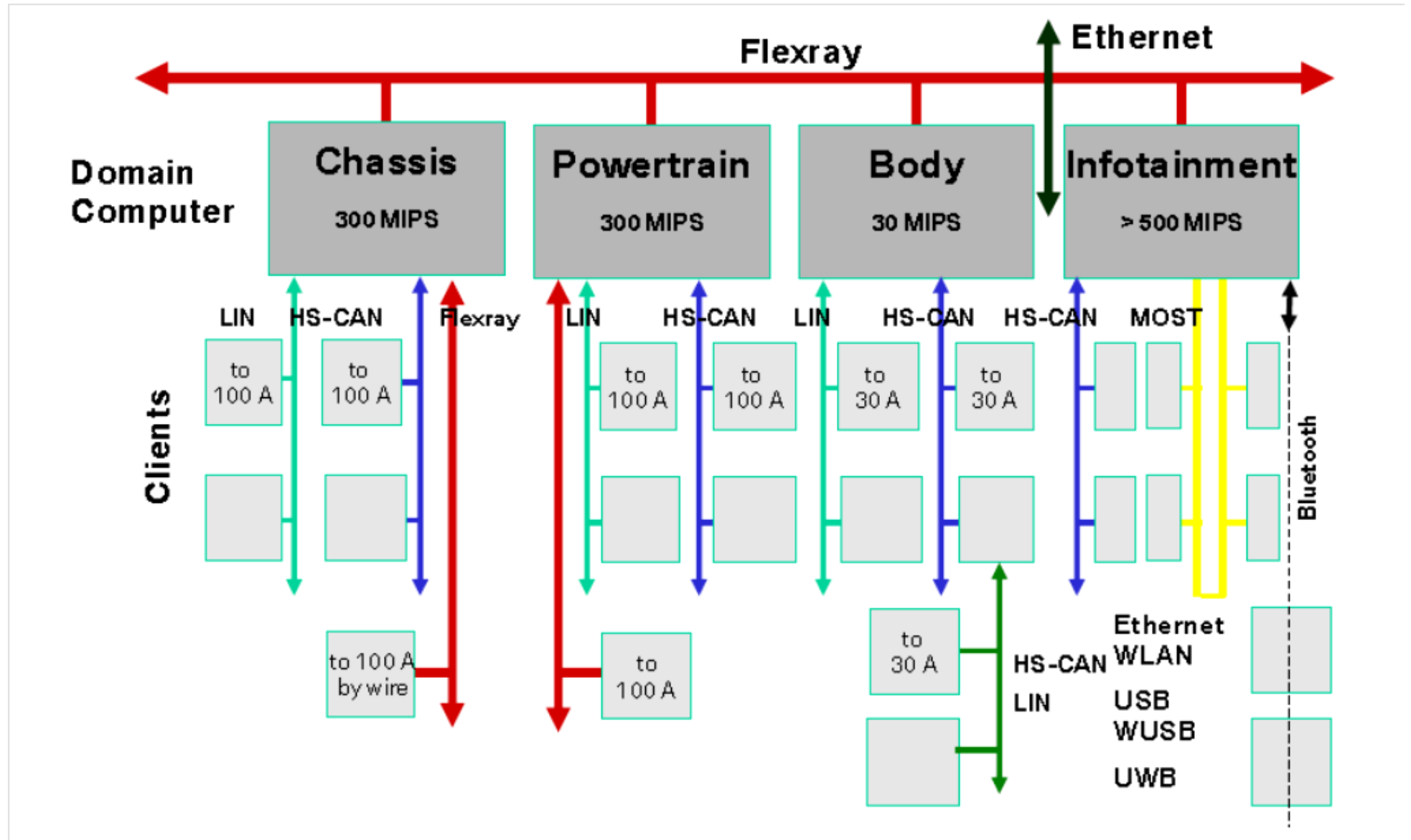




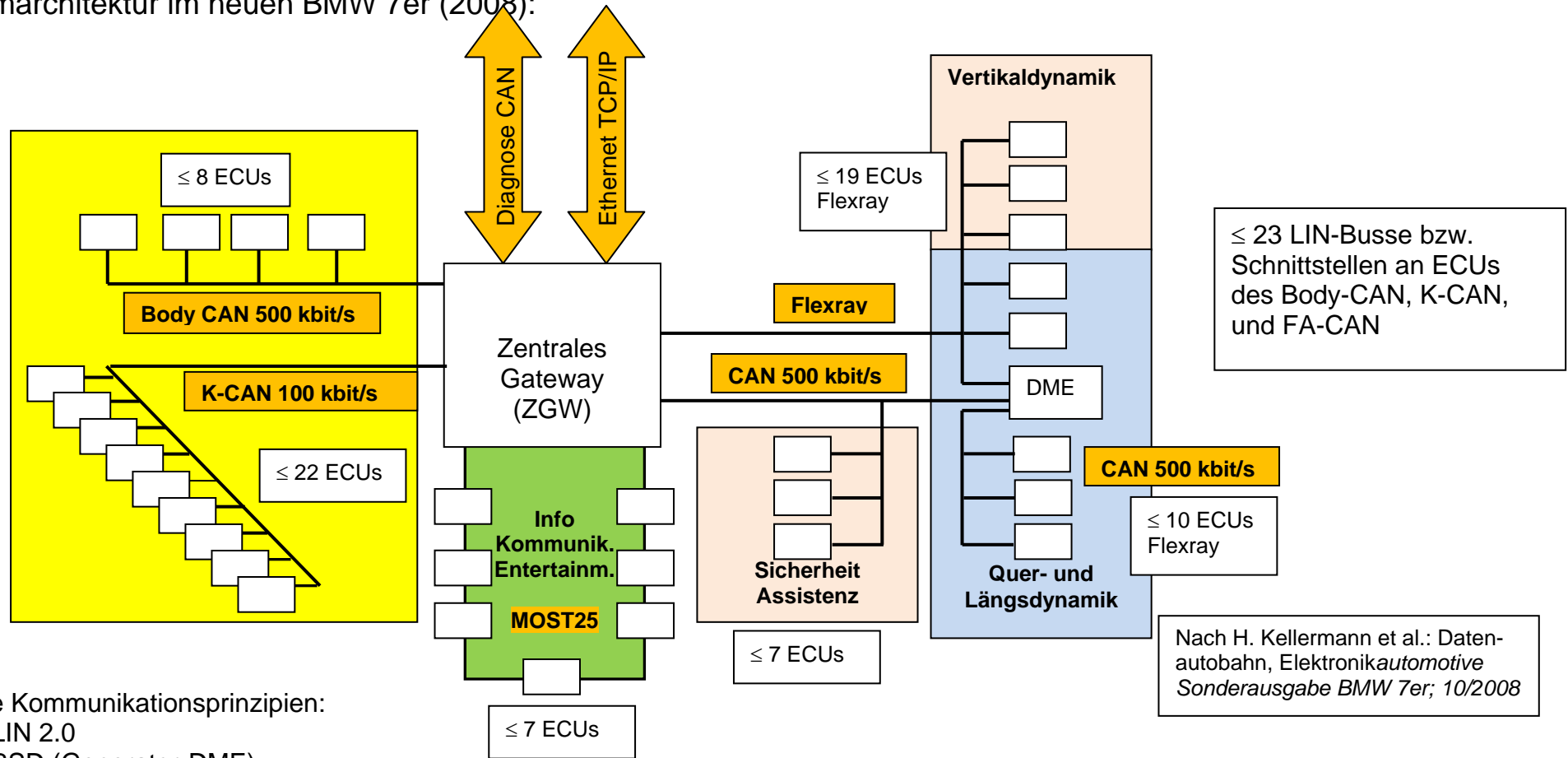
E70 seit 2006



Domainenorientierte Elektronikarchitektur nach BMW:



Systemarchitektur im neuen BMW 7er (2008):



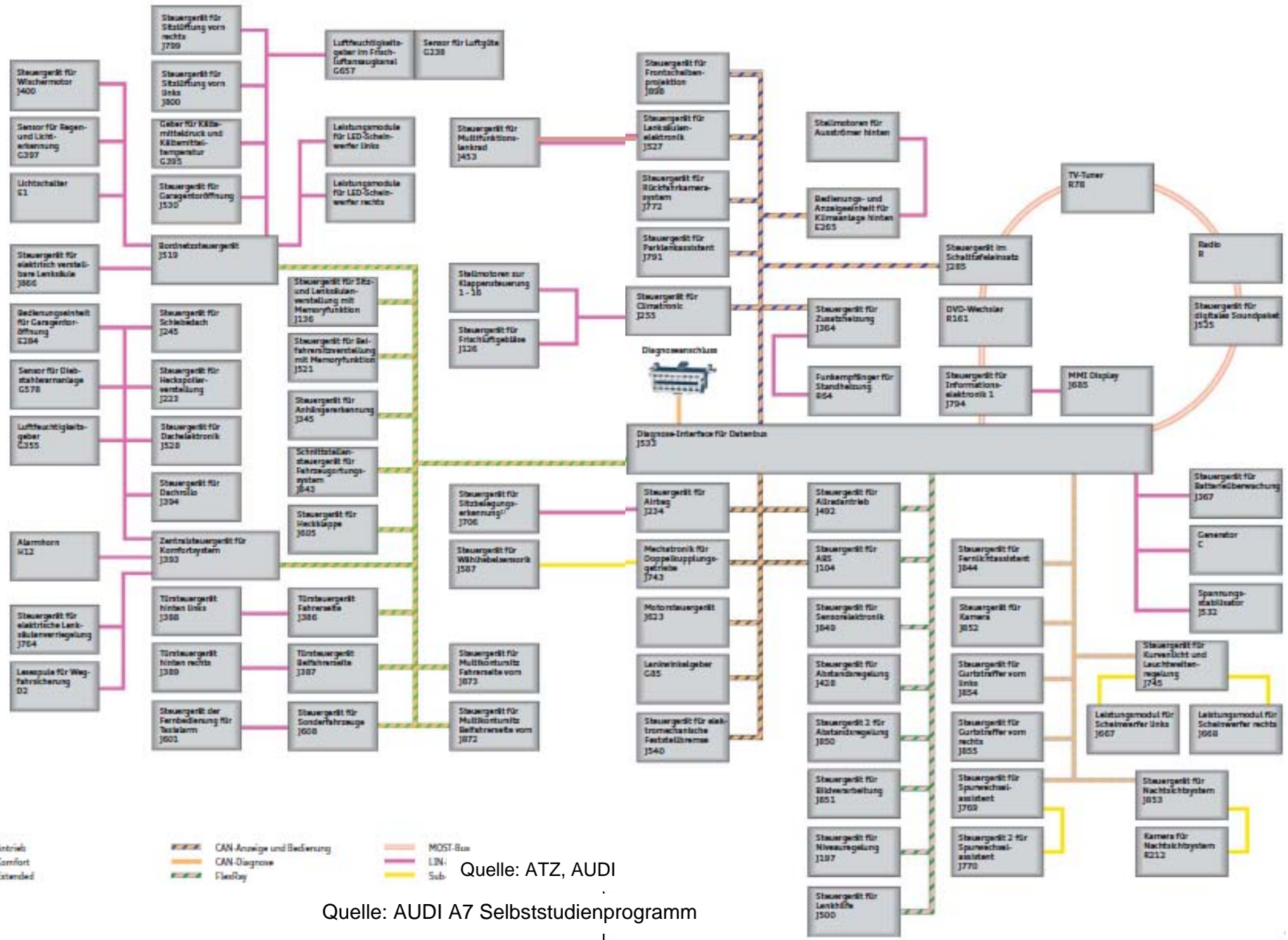
Weitere Kommunikationsprinzipien:  
 LIN 2.0  
 BSD (Generator-DME)

Funktionsaufteilung:

- Betriebsfunktionen: Management des Grundbetriebes, z.B. Starten und Einschlafen des Fahrzeugs, Energiemanagement
- Administrationsfunktionen: Unterstützung bestimmter Prozesse in Produktion und Service, z.B. Diagnose, Programmierung
- Infrastruktur für erlebbare Kundenfunktionen: Personalisierung, Individualisierung, Condition Based Service
- Funktionen der einzelnen ECUs



AUDI A7



Quelle: ATZ, AUDI

Quelle: AUDI A7 Selbststudienprogramm



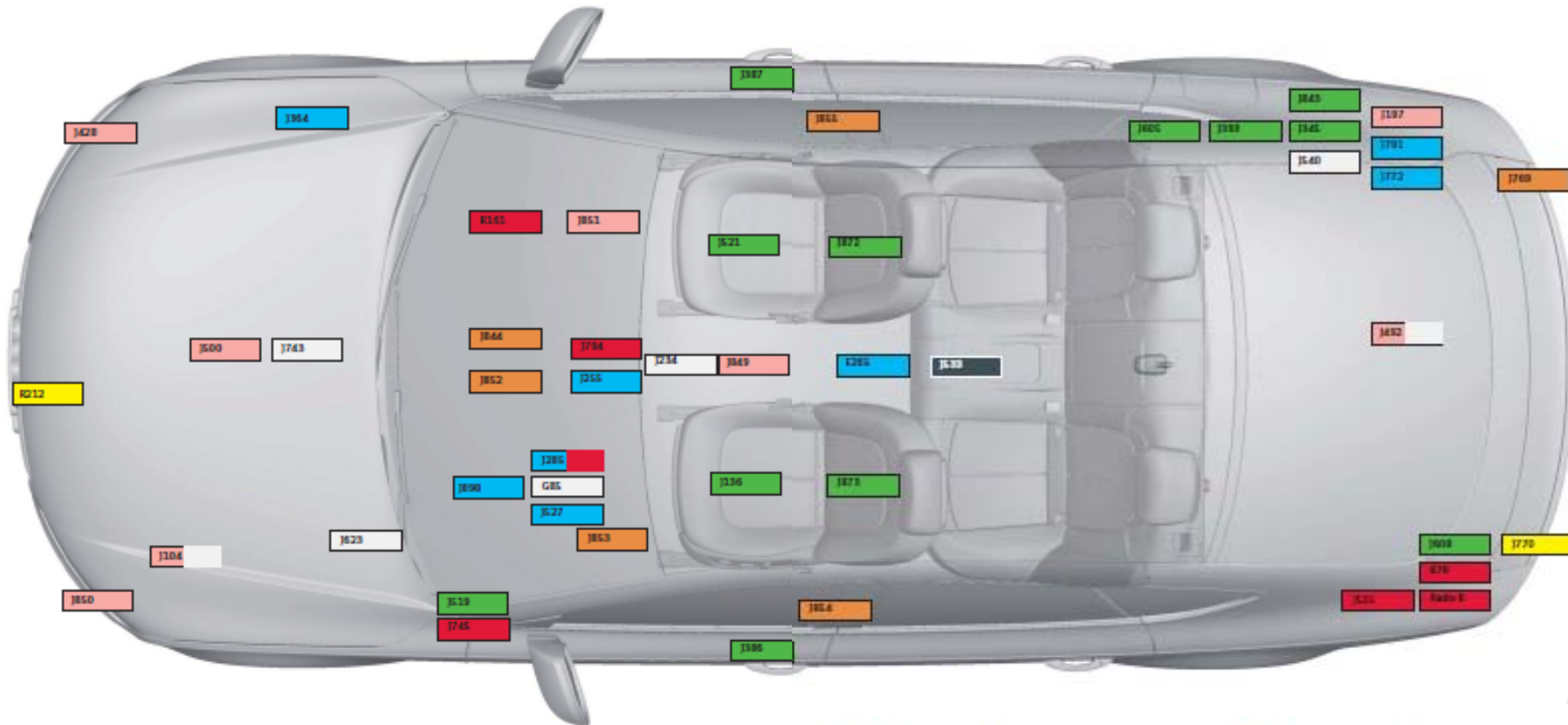
# Vernetzung

## Einbauorte der Steuergeräte

Einige der in diesem Übersichtsplan aufgeführten Steuergeräte sind optionale bzw. länderspezifische Ausstattungen.

Hinweise zur genauen Lagebeschreibung der Steuergeräte sowie Anweisungen zum Ein- und Ausbau finden Sie in der aktuellen ServiceLiteratur.

Quelle: AUDI A7 Selbststudienprogramm



**Legende:**

- Steuergeräte am CAN-Komfort
- J136 Steuergerät für Sitz- und Lenksäulenmemory
- J345 Steuergerät für Anhängereerkennung
- J386 Türsteuergerät Fahrerseite
- J387 Türsteuergerät Beifahrerseite
- J393 Zentralsteuergerät für Komfortsystem
- J519 Bordnetzsteuergerät
- J521 Steuergerät für Beifahrersitzmemory
- J605 Steuergerät für Heckklappe
- J608 Steuergerät für Sonderfahrzeuge
- J843 Schnittstellensteuergerät für Fahrzeugortungssystem
- J872 Steuergerät für Multikontursitz Beifahrerseite vorn
- J873 Steuergerät für Multikontursitz Fahrerseite vorn

- Steuergeräte am CAN-Antrieb
- E265 Bedienungs- und Anzeigeeinheit für Klimaanlage hinten
- J255 Steuergerät für Climatronic
- J285 Steuergerät im Schalttafelweinsatz
- J364 Steuergerät für Zusatzheizung
- J527 Steuergerät für Lenksäulenelektronik
- J772 Steuergerät für Rückfahrkamera
- J791 Steuergerät für Parklenkassistent
- J898 Steuergerät für Frontscheibenprojektion
- Steuergeräte am CAN-Extended
- G85 Lenkwinkelgeber
- J234 Steuergerät für Airbag
- J540 Steuergerät für elektromechanische Feststellbremse
- J623 Motorsteuergerät
- J743 Mechatronik für Doppelkupplungsgetriebe

- Steuergeräte am MOST-Bus
- J285 Steuergerät im Schalttafelweinsatz
- J525 Steuergerät für digitales Soundpaket
- J794 Steuergerät für Informationselektronik 1
- R Radio
- R78 TV-Tuner
- RI61 DVD-Wechsler

- Steuergeräte am FlexRay
- J104 Steuergerät für ABS
- J197 Steuergerät für Niveauregelung
- J428 Steuergerät für Abstandregelung
- J492 Steuergerät für Allradantrieb
- J500 Steuergerät für Lenkhilfe
- J849 Steuergerät für Sensorelektronik
- J850 Steuergerät 2 für Abstandregelung
- J851 Steuergerät für Bildverarbeitung
- Sub-Bus-Teilnehmer
- R212 Kamera für Nachtsichtsystem
- J770 Steuergerät 2 für Spurwechselassistent
- Teilnehmer an allen Bussystemen (Gateway)
- J533 Diagnose-Interface für Datenbus

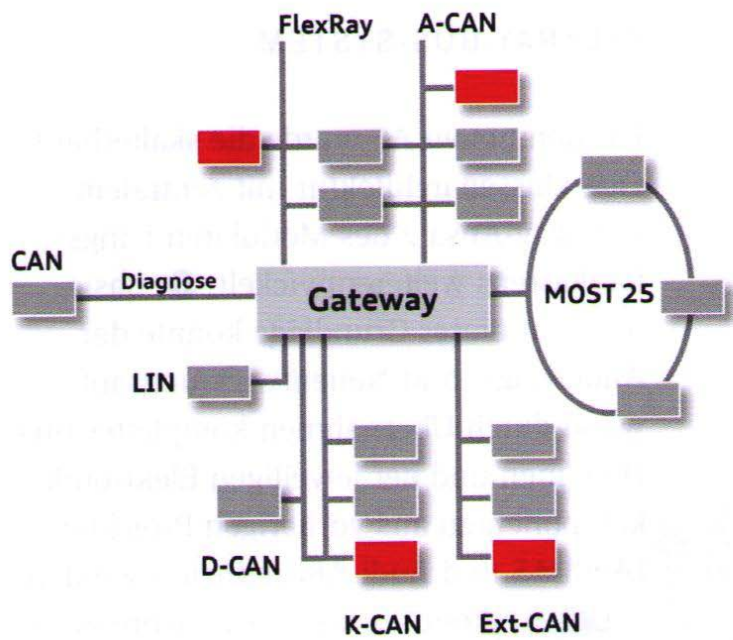
481\_009



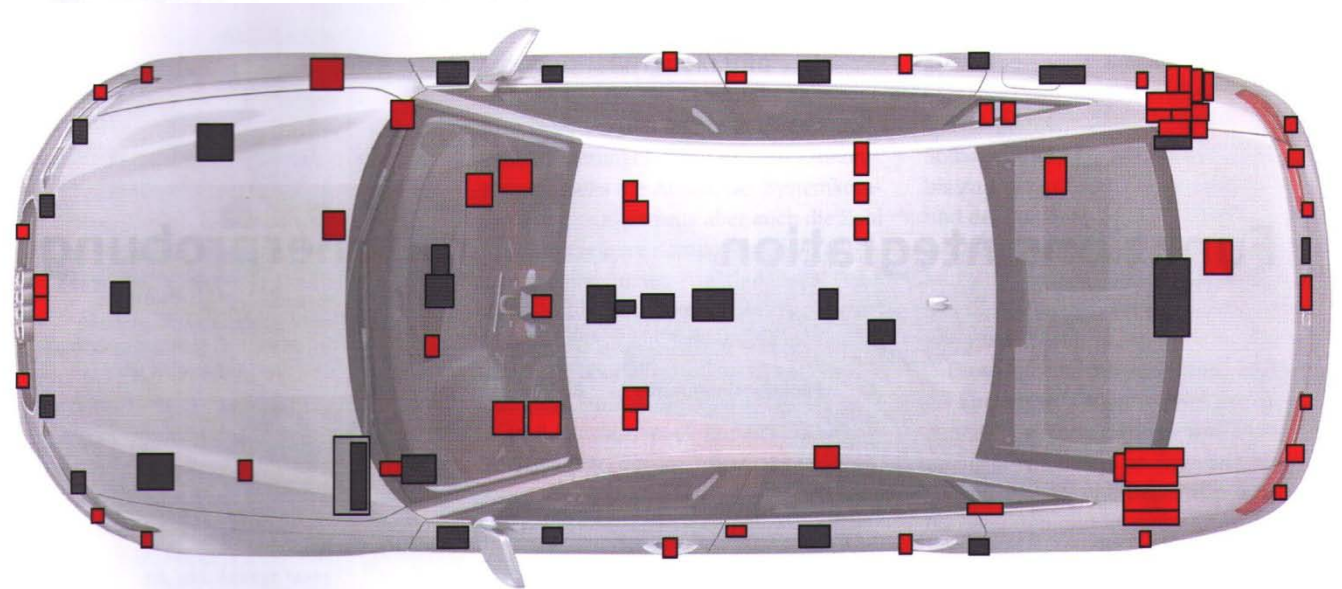
Quelle: AUDI A7 Selbststudienprogramm



AUDI A6: (ATZ Extra A6, 01/2011)



**Absprungbasis Audi A8**  
 **Erweiterung für Audi A6 (neue Funktionen)**

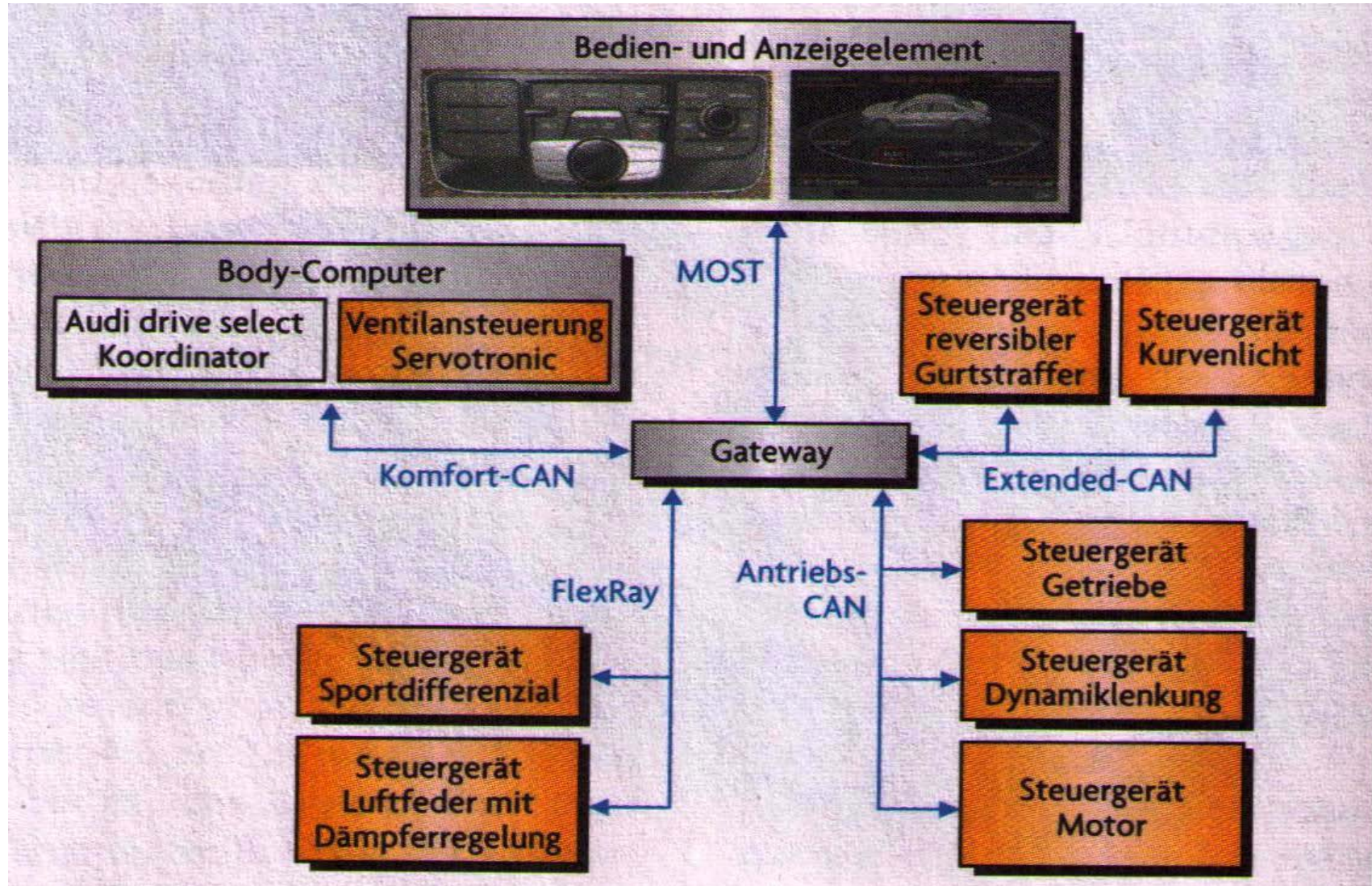


Steuergeräte A6 und A7:

17 ECUs Serie

40 ECUs Sonderausstattung

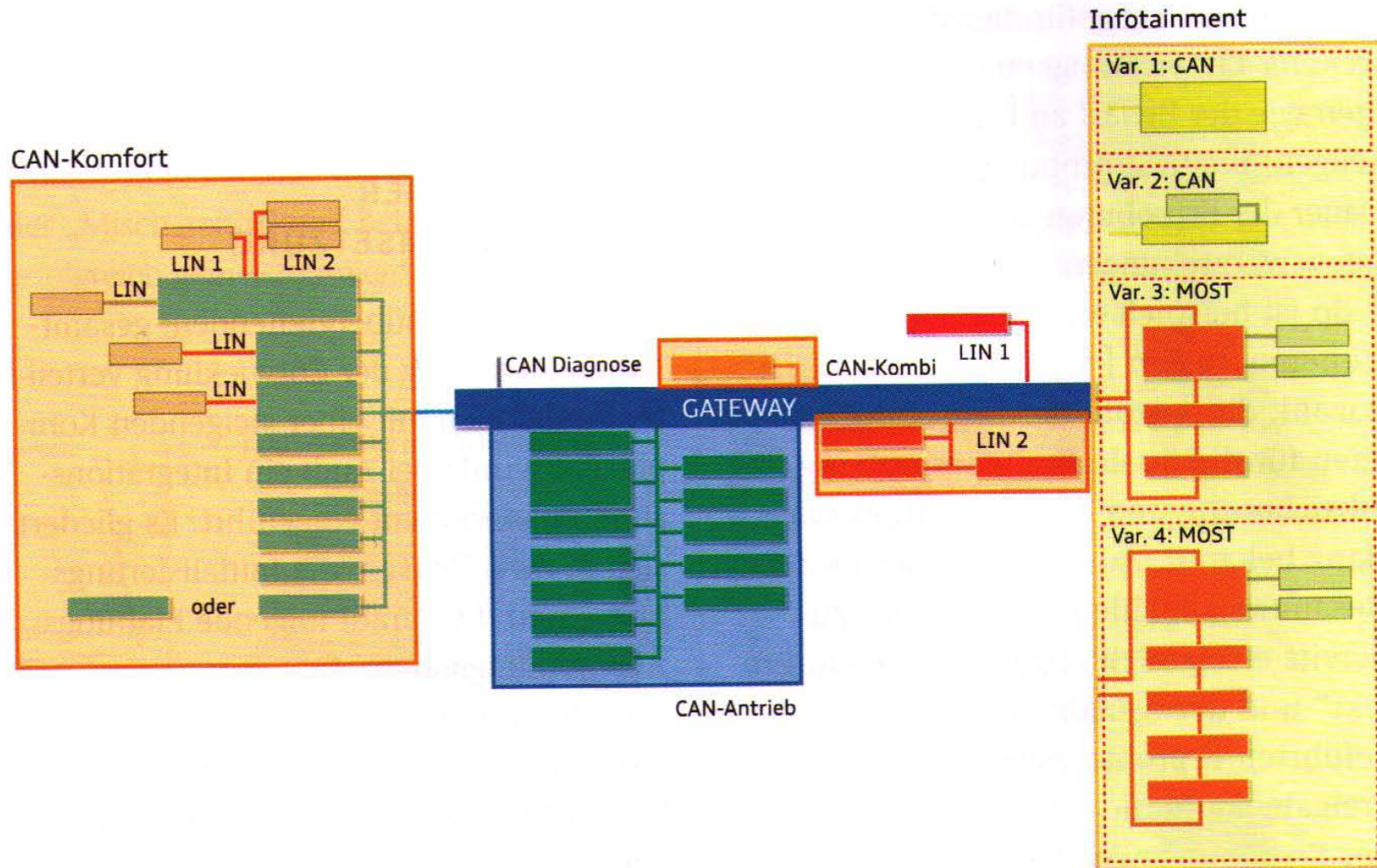
AUDI A8, 2010:



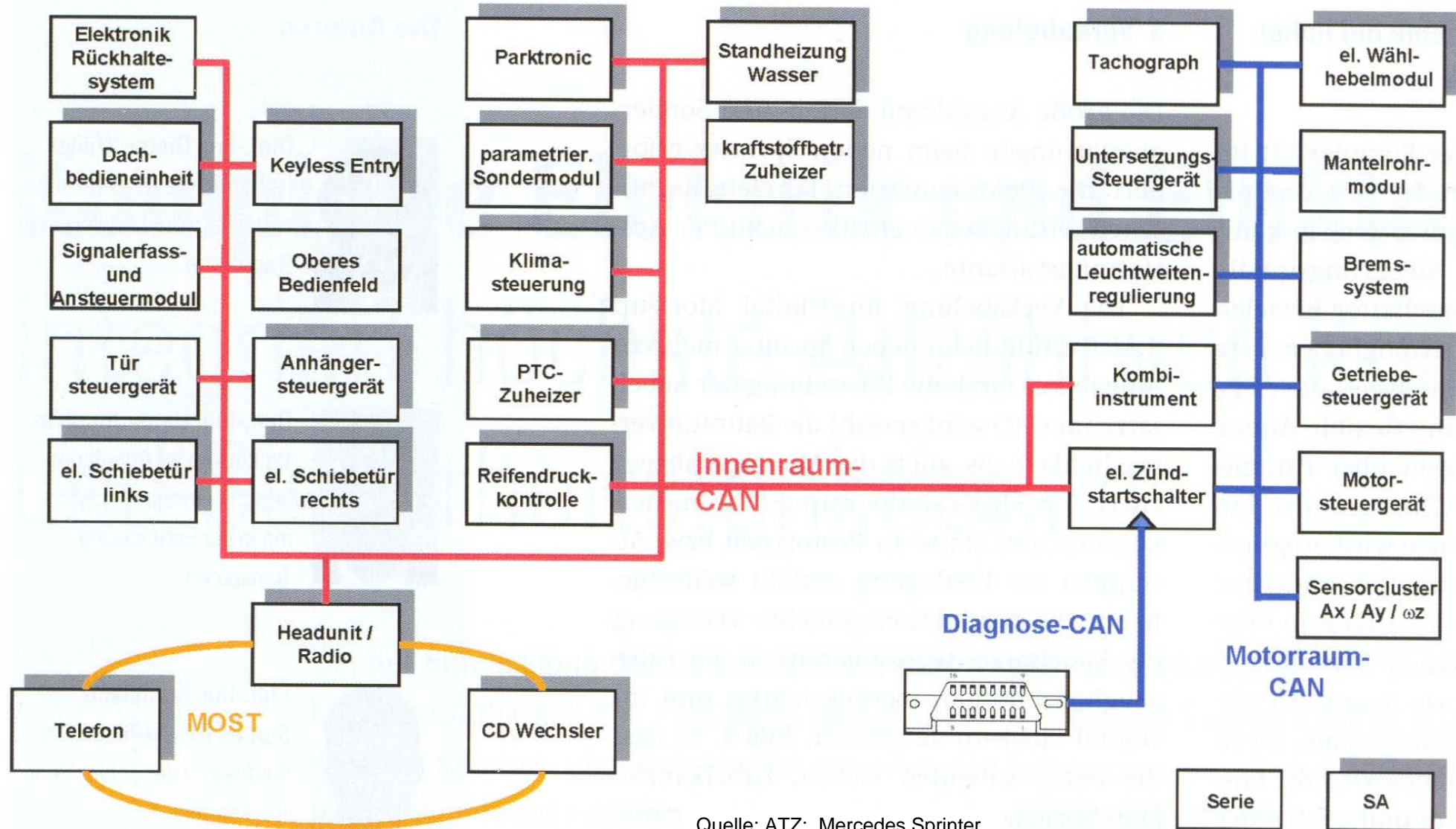
Quelle: Automobil Elektronik, Sonderheft AUDI A8, 2010



AUDI A1 (ATZ extra A1, 06/2010):

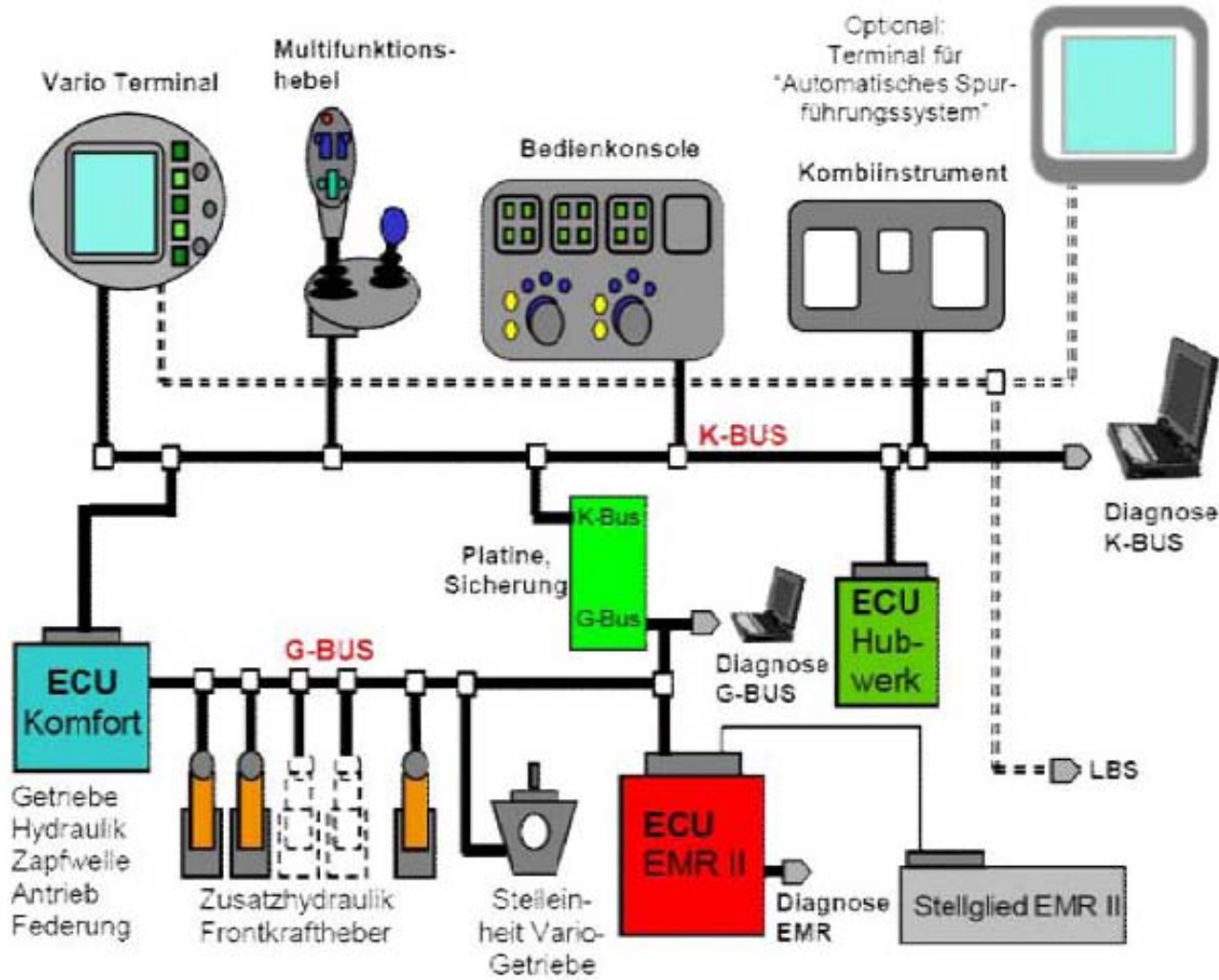






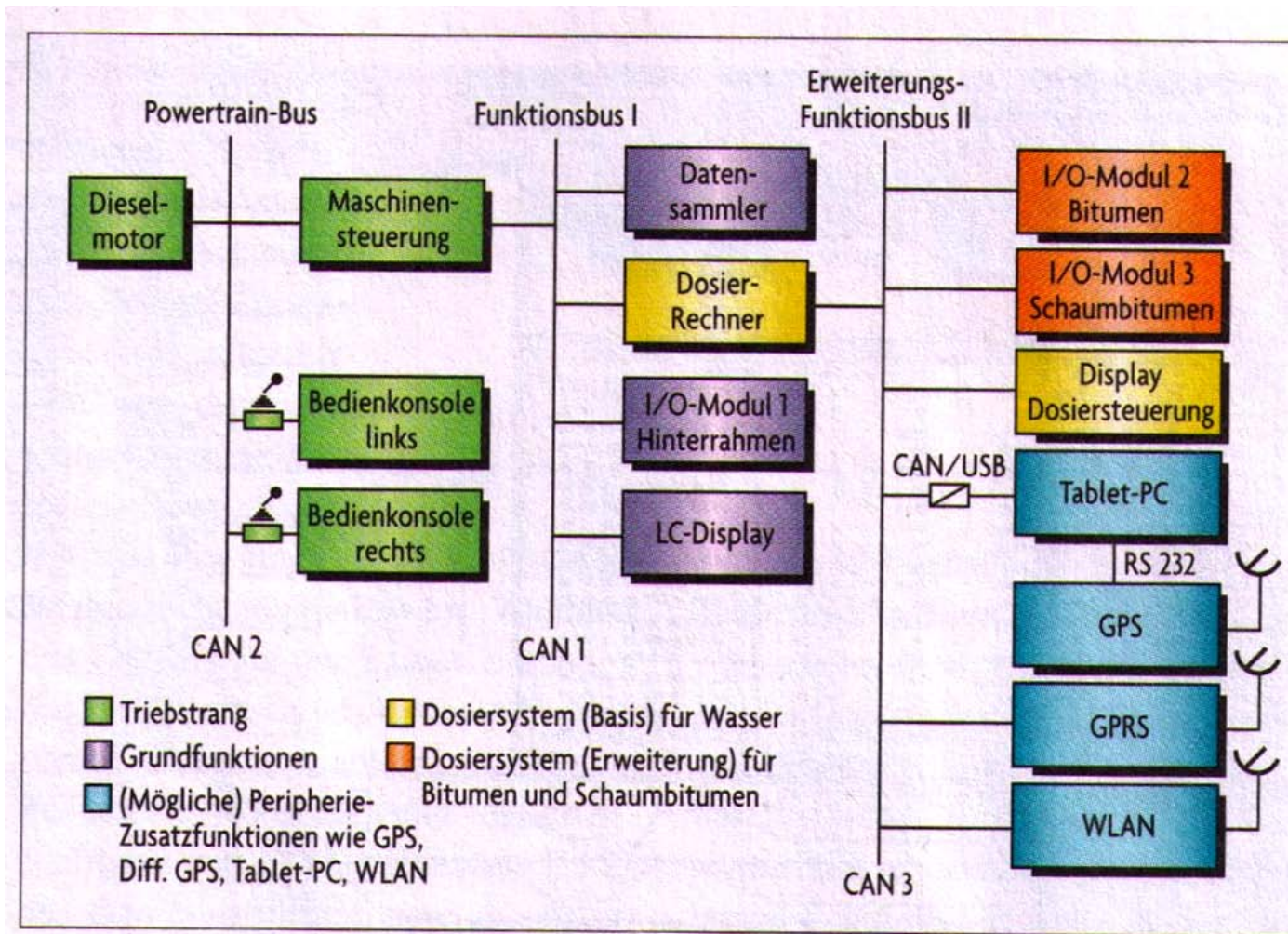
Quelle: ATZ; Mercedes Sprinter

AGCO-Fendt;





Bussysteme bei Baumaschinen:



T.Löw, A. Nacke, H.-W. Schal: Für schweres Gerät, *Elektronik automotive*, 2/2008