

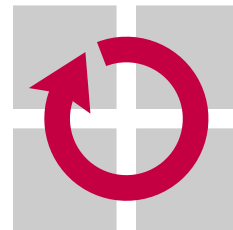
# Automotive Betriebssysteme

Wolfgang Schröder-Preikschat

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Lehrstuhl für Informatik 4

(Verteilte Systeme und Betriebssysteme)



# Forschungsprofil

## Betriebssystemtechnik

- die Synergie von Betriebssysteme und Softwaretechnik
- mit dem Schwerpunkt auf skalierbare (d.h., „x-gewahre“) Systemsoftware

☞ unser Slogan: **Spezialisierbarkeit ohne Preisgabe von Wiederverwendbarkeit**

- ✗ Betriebssystembaukasten, Variantenverwaltung, Stücklistenkonzept
- ✗ Modularisierung von Querschnittsbelangen (*crosscutting concerns*)
- ✗ Werkbank zum Bau maßgeschneiderter Systemsoftware

# Problemdomäne: Eingebettete Systeme



# Forschungsthemen

- ➔ Architekturtransparenz
- ➔ nicht-funktionale Eigenschaften
- ➔ typsichere Systemsoftware
- ➔ Betriebsmittel „Energie“
- ➔ Aspektweben
- ➔ semantisches Binden
- ➔ wandelbare Femtokerne

**anwendungsgewahre Betriebssysteme**

# Forschungsthemen – Überblick. . .

- ✓ Architekturtransparenz
  - ✓ nicht-funktionale Eigenschaften
  - typsichere Systemsoftware
  - Betriebsmittel „Energie“
  - Aspektweben
  - semantisches Binden
  - ✓ wandelbare Femtokerne
- 
- ✓ „verteilte Systeme auf Rädern“
  - ✓ Grundlagen der Betriebssystemtechnik
  - ✓ Fallstudie PURE
  - ✓ Zusammenfassung

**anwendungsgewahre Betriebssysteme**

## CAN CLASS B

- 1 SAM/SRB Fahrer
- 2 SAM/SRB Beifahrer
- 3 SAM/SRB Heck 1
- 4 SAM/SRB Heck 2
- 5 Sitzsteuergerät Fahrer
- 6 Sitzsteuergerät Beifahrer
- 7 Sitzsteuergerät hinten links
- 8 Sitzsteuergerät hinten rechts
- 9 Türsteuergerät vorne Fahrerseite
- 10 Türsteuergerät vorne Beifahrerseite
- 11 Türsteuergerät hinten Fahrerseite
- 12 Türsteuergerät hinten Beifahrerseite
- 13 Steuergerät Trennwand
- 14 Dachbedieneinheit
- 15 Dachknoten Mitte (DKM)
- 16 Vorderes-Bedien-Feld (VBF)
- 17 Hinteres-Bedien-Feld (HBF)
- 18 Elektronisches Zündschloss (EZS)
- 19 Kombiinstrument
- 20 Mantelrohrmodul
- 21 Frontklimatisierung
- 22 Fondklimatisierung
- 24 Audiogateway

- 25 Parktronicssystem (PTS)
- 27 Reifendruckkontrolle (RDK)
- 28 Pneumatische Steuereinheit (PSE)
- 29 Heckdeckelfernschliessung/-öffnung
- 30 Zentrales Gateway
- 31 Airbag-SG (Armada)
- 32 Multifunktionssteuergerät (MSS)
- 33 Bordnetz Steuergerät
- 34 Wandler Lenkradheizung
- 35 Standheizung
- 36 Türzuziehung hinten Fahrerseite
- 37 Türzuziehung hinten Beifahrerseite

## CAN CLASS C

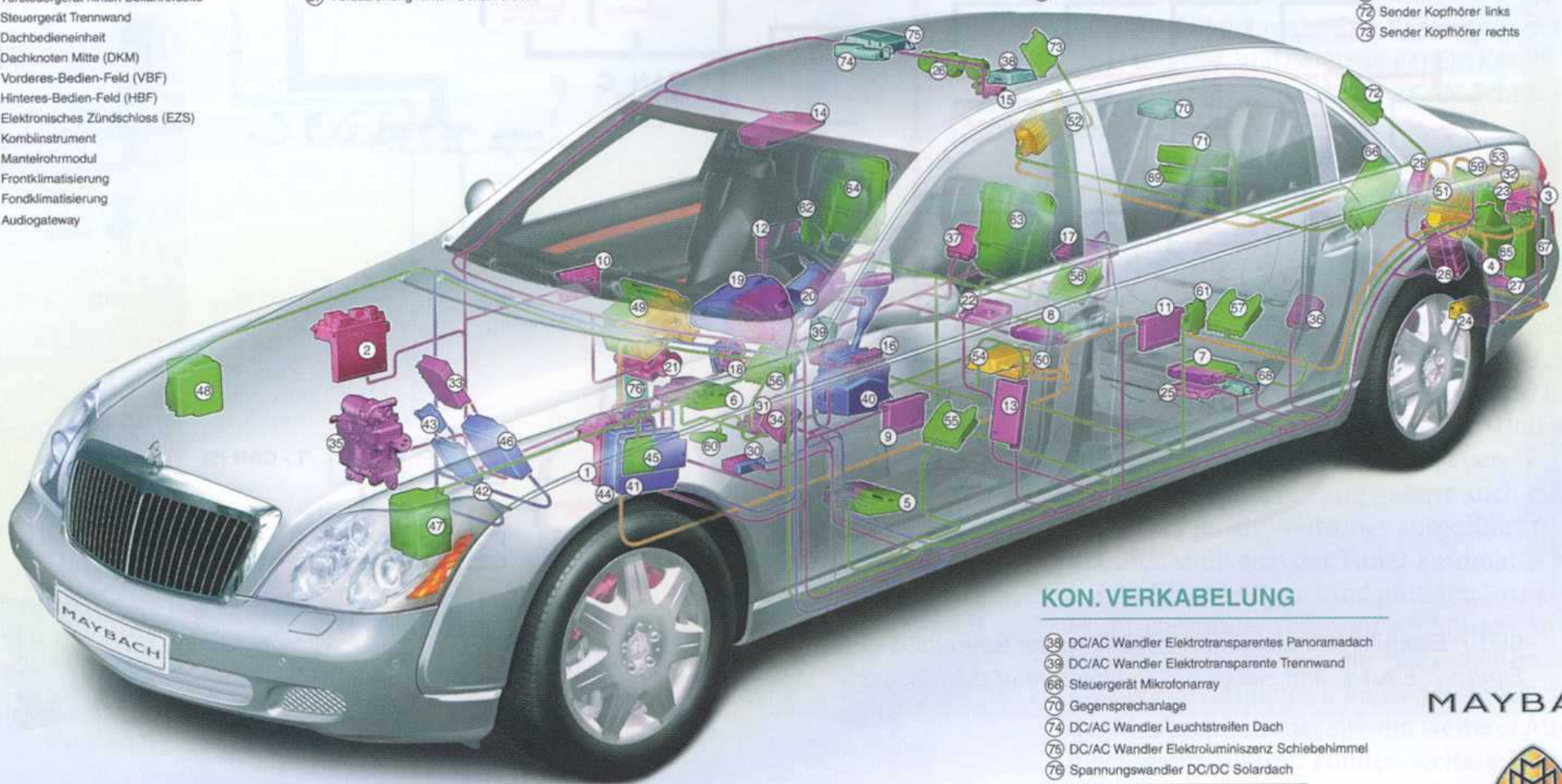
- 18 Elektronisches Zündschloss (EZS)
- 19 Kombiinstrument
- 20 Mantelrohrmodul
- 30 Zentrales Gateway
- 40 Elektronisches Wählhebelmodul
- 41 Luftfederung (SLF)
- 42 DISTRONIC (DTR)
- 43 Leuchtweitenregulierung
- 44 Motorelektronik (ME)
- 45 Sensotronic Brake System (FSG)
- 46 Elektronische-Getriebe-Steuerung

## MOST-BUS

- 24 Audiogateway
- 49 Headunit
- 50 Steuergerät Sprachbedienung
- 51 TV-Tuner MOST
- 52 Soundverstärker
- 53 Navigationsrechner
- 54 Kommunikationsplattform (CP1)

## PRIVATE-BUS

- 5 Sitzsteuergerät Fahrer
- 8 Sitzsteuergerät Beifahrer
- 7 Sitzsteuergerät hinten links
- 8 Sitzsteuergerät hinten rechts
- 23 TV-Tuner CAN
- 26 Dachinstrument
- 45 Sensotronic Brake System (FSG)
- 47 Sensotronic Brake System (ASG1)
- 48 Sensotronic Brake System (ASG 2)
- 55 Multikonturlehne vorne links
- 56 Multikonturlehne vorne rechts
- 57 Multikonturlehne hinten links
- 58 Multikonturlehne hinten rechts
- 59 Keyless Go Heckmodul
- 60 Keyless Go Innenraummodul
- 61 Keyless Go Tür hinten links
- 62 Keyless Go Tür hinten rechts
- 63 Fondbildschirm links
- 64 Fondbildschirm rechts
- 65 Kommunikationsplattform Fond (CP2)
- 66 Surround Amplifier
- 67 Audio Video Controller
- 69 CD-Wechsler
- 71 DVD Spieler
- 72 Sender Kopfhörer links
- 73 Sender Kopfhörer rechts



## KON. VERKABELUNG

- 38 DC/AC Wandler Elektrotransparentes Panoramadach
- 39 DC/AC Wandler Elektrotransparente Trennwand
- 68 Steuergerät Mikrofonarray
- 70 Gegensprechanlage
- 74 DC/AC Wandler Leuchtstreifen Dach
- 75 DC/AC Wandler Elektroluminiszenz Schiebehimmel
- 76 Spannungswandler DC/DC Solardach

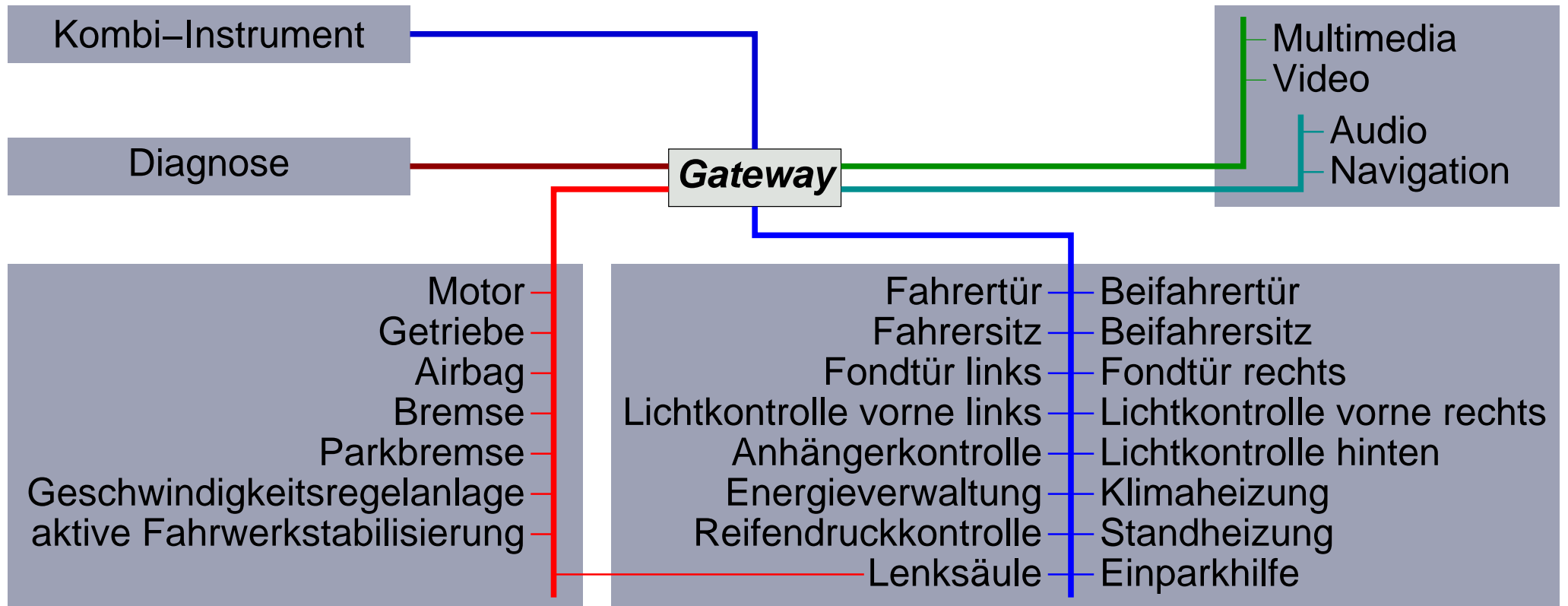
Σ aller Steuergeräte: 76

MAYBACH

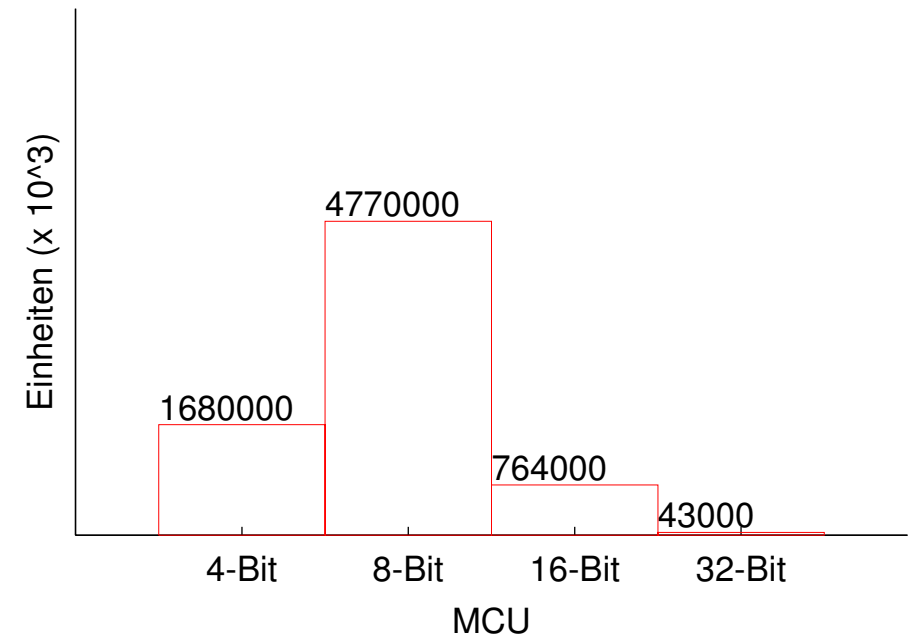
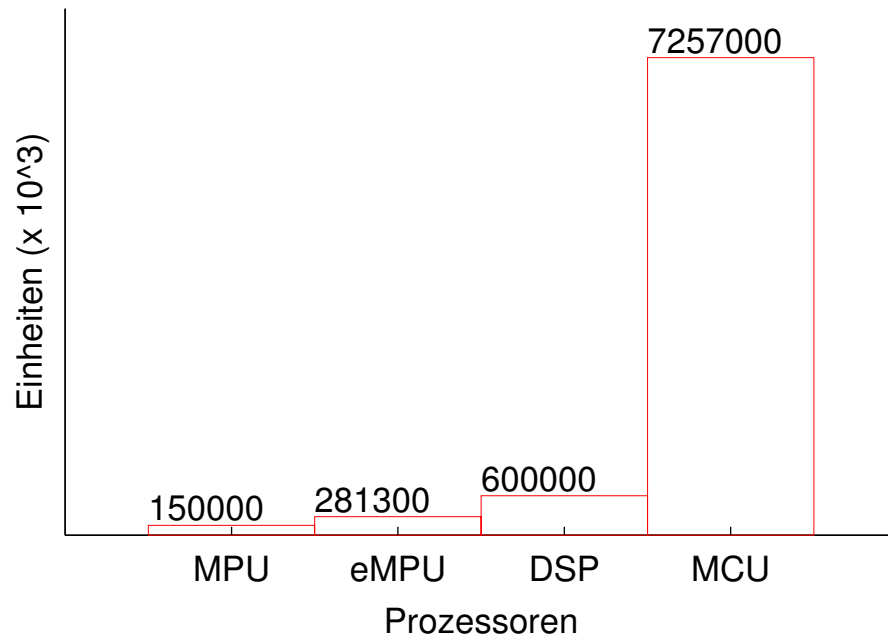


# KFZ aus Sicht der Mechatronik

# KFZ aus Sicht der Informatik



# Y2K Prozessorproduktion



8 Mrd. CPUs  { 1.8% (MPU) Server, Desk-/Laptops, ...  
98.2% (eMPU, DSP, MCU) eingebettete Systeme



# Kostenfaktor „Prozessortechnologie“

In der Massenproduktion zählt jeder Pfennig/Cent, z. B. **KFZ** -Industrie:

- kostenrelevant ist, ob  $\left\{ \begin{array}{l} \text{die Tachonadel durchgängig beleuchtet ist} \\ \text{ein Chip einen Pin mehr hat} \end{array} \right.$

- ➡ der Anteil für Elektronik und Elektrotechnik an den Gesamtherstellungskosten eines Automobils ist von 8 % im Jahre 1965 auf heute über 35 % gestiegen
- ➡ Elektronik deckt etwa 80 % der Innovationen in der Automobiltechnik ab, daran hat allein die Software einen Anteil von ca. 90 %
- ➡ der Produktionswertanteil für Software an den Gesamtherstellungskosten eines Automobils liegt bei 10 %

# Betriebsmittel „Speicher“

- extreme Speicherplatzknappheit im einzelnen Steuergerät

*ROM(Betriebssystem + Anwendung) < 4 KB*

*RAM(Arbeitspeicher) < 100 B*

DC, VW, Bosch/ETAS

- hohe Flashzeiten bezogen auf das ganze Automobil ..... z. T. Stunden
  - im Audi A8 stecken 80 MB Software (größtenteils Telematik)
  - für das Jahr 2010 prognostiziert BMW 1 GB Software pro KFZ

# Betriebsmittel „Energie“

Funktion	Watt
Motormanagement	150
Beleuchtung	150
heizbare Heckscheibe <sup>†</sup>	120
Nebelscheinwerfer	100
Innenraumgebläse	100
Klimaanlage	100
Benzinpumpe	80
Fensterheber/Schiebedach	100
HiFi-Anlage (4-Kanal Endstufe)	312

„Bordnetz“, Berliner Zeitung, Nr. 11, 13./14. 1. 2001

- im Beispiel liegt die Spitzenlast bei 2 KW
  - Motorelektronik
  - Sicherheitssysteme
  - Komfortattribute
- ein Problem für Batterie bzw. Lichtmaschine
  - Leerlauf liefert hier nur 150 W
  - 1.3 KW ab 5000 rpm

☞ heutige Automobile sind immer im Betrieb, auch wenn der Motor aus ist

!!!

---

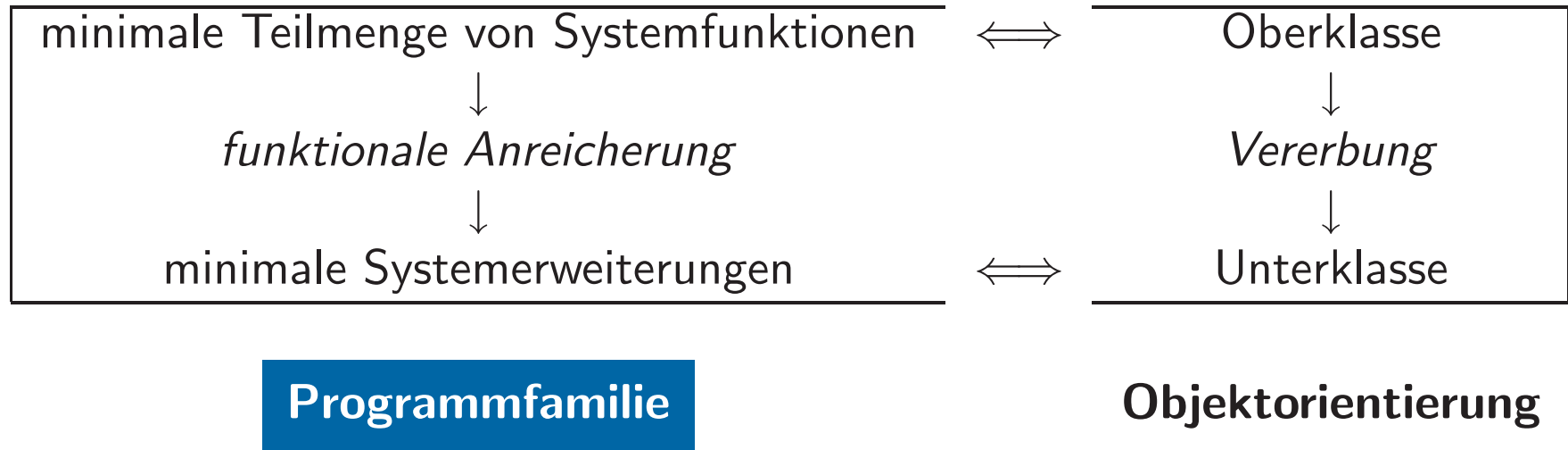
<sup>†</sup>Eine heizbare Heckscheibe der S-Klasse kann 700 Watt ziehen!

# Automotive Operating Systems

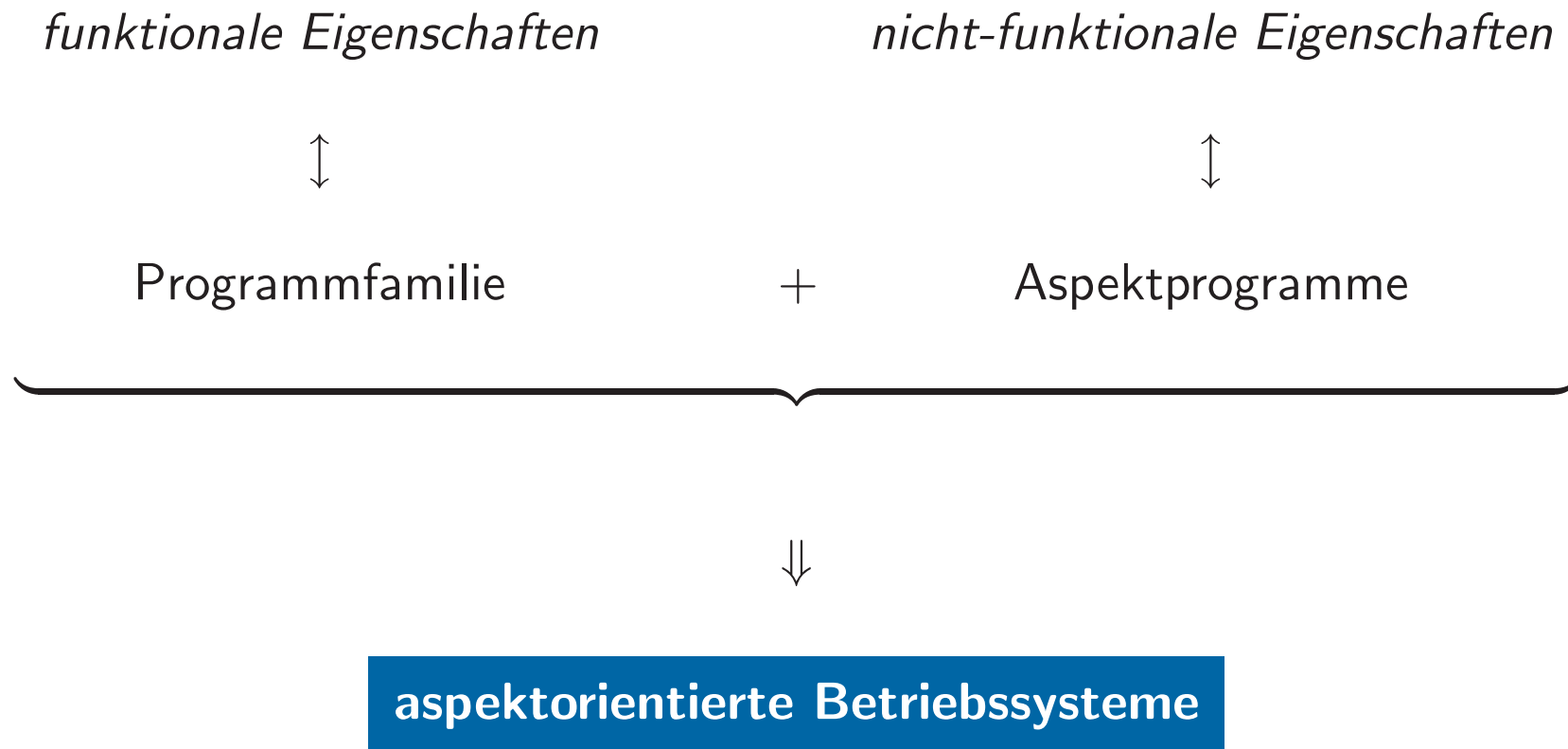
## AutOS

- unterliegen einer Gratwanderung zwischen zwei extremen Welten:
  1. einerseits ist extrem(st)er **Betriebsmittelknappheit** Rechnung zu tragen
    - **Speicherplatzbedarf** ..... *sehr sehr . . . sehr wenige KB pro ECU !*
    - **Laufzeitbedarf** ..... *CPUs sind 1–2 Generationen zurück !*
    - **Energiebedarf** ..... *Batteriebetrieb !*
  2. andererseits muss ein **hochgradig vernetztes** System betrieben werden
- müssen zunehmend **kundenspezifische Lösungen** unterstützen
  - Komponententechnologie [**welche?**] allein reicht dafür nicht aus
  - Entwicklung und Verwaltung von **Softwarevarianten** ist gefordert
- operieren unter „harten“, „festen“ und „weichen“ **Echtzeitbedingungen**

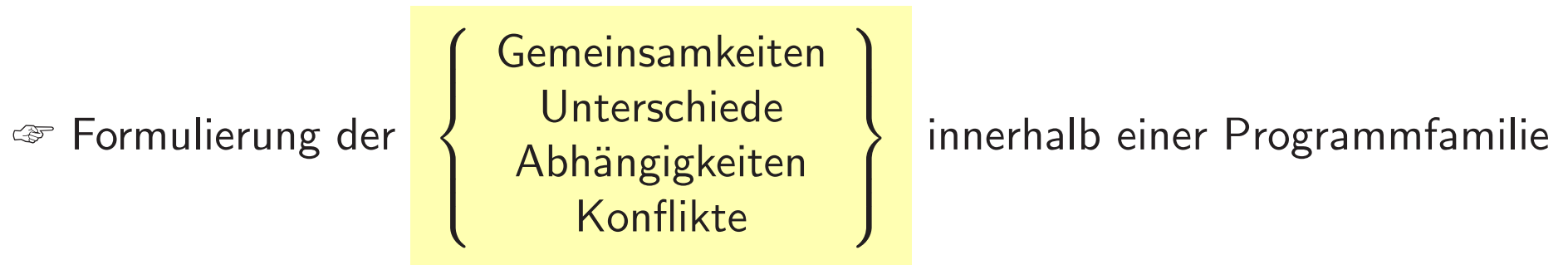
# Grundlagen der Betriebssystemtechnik (1)

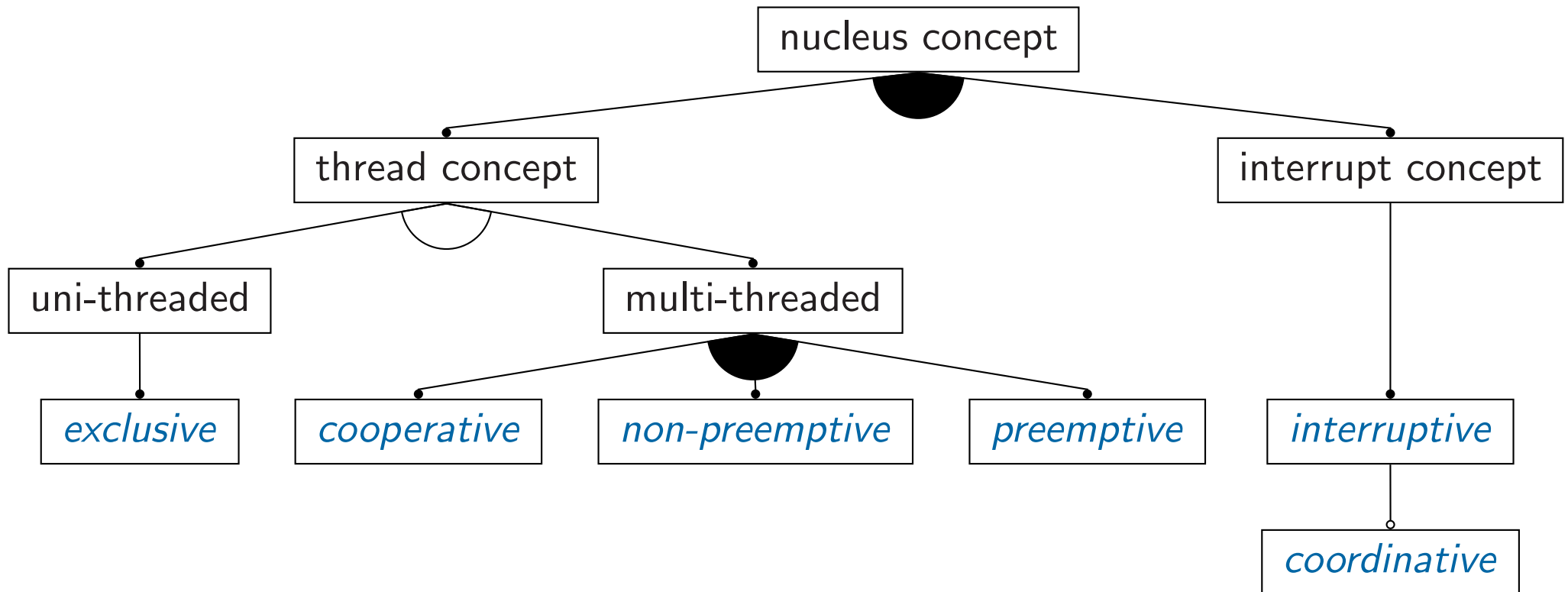


# Grundlagen der Betriebssystemtechnik (2)

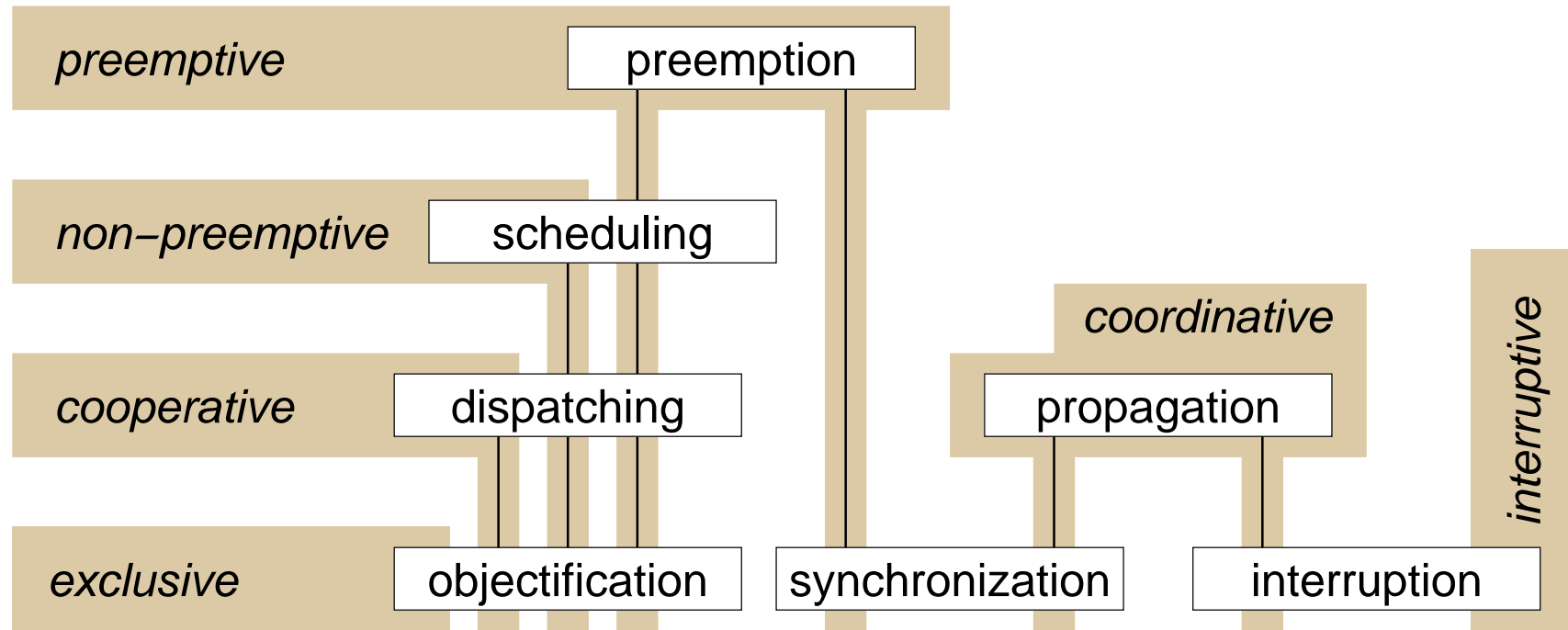


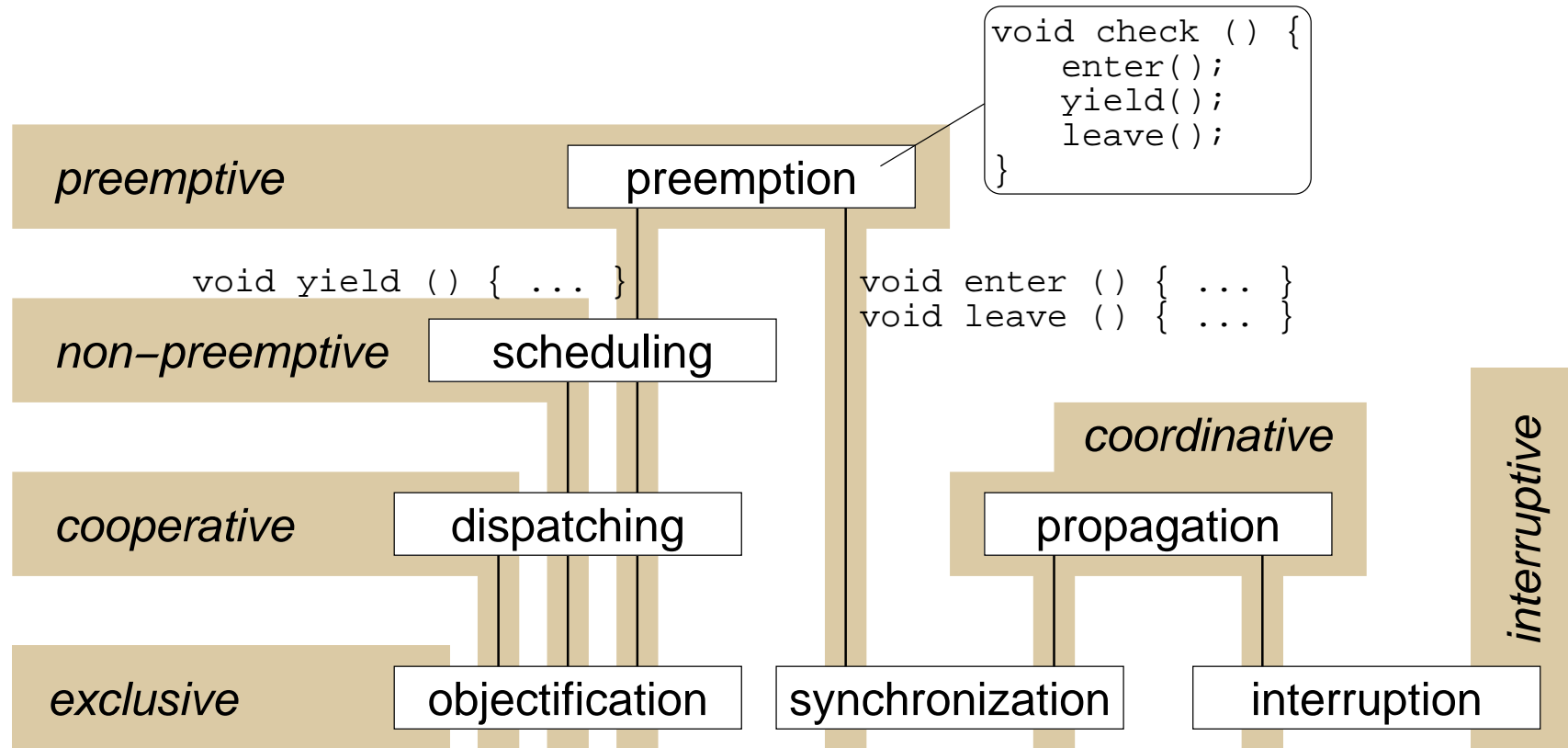
# Grundlagen der Betriebssystemtechnik (3)











Nukleusinstanz	Größe (in Bytes)				Latenz (in Zyklen)
	<i>text</i>	<i>data</i>	<i>bss</i>	total	
<i>exclusive</i>	434	0	0	434	0
<i>interruptive</i>	812	64	392	1268	42
<i>cooperative</i>	1620	0	28	1648	49
<i>non-preemptive</i>	1671	0	28	1699	57
<i>coordinative</i>	1882	8	416	2306	[126, 242]
<i>preemptive</i>	3642	8	428	4062	300

# Stand der Kunst – „Kleinvieh macht Mist“

BlueCat Linux, Embedix, HardHat Linux, Windows CE, Windows NT Embedded

☞ sicher kein „Kleinvieh“ . . .

. . . , C{51, 166, 251}, CMX RTOS, C-Smart/Raven, eCos, eRTOS, Embos, Ercos, Euros Plus, Hi Ross, Hynet-OS, LynxOS, MicroX/OS-II, Nucleus, OS-9, OSE, OSEK {Flex, Turbo, Plus}, OSEKtime, Precise/MQX, Precise/RTCS, proOSEK, pSOS, **PURE**, PXROS, QNX, Realos, RTMOSxx, Real Time Architect, RTA, RTOS-UH, RTX{51, 166, 251}, RTXC, Softune, SSXS RTOS, ThreadX, TinyOS, VRTX, VxWorks, . . .

☞ über 50 % des Marktes sind proprietäre Lösungen für eingebettete Systeme

# Zusammenfassung

- ✓ „ verteilte eingebettete Systeme auf Rädern sind des Deutschen liebstes Kind“
- ✓ die Systemsoftware unterliegt einer Gratwanderung zwischen extremen Welten
- ✓ Variantenverwaltung ist von zentraler Bedeutung – nicht nur für die Systemsoftware
- ✓ „AutOS“ – und nicht nur die – sollten eine Softwareproduktlinie bilden. . .