

SW-Eng. SW-inten. Systeme im Fzg

Herausforderungen der Zukunft



Günter Reichart, Alexandre Saad



BMW Group



Herausforderungen der Zukunft

Content

- Visionen und Herausforderungen
- Beherrschung von Produktlinien
- Beherrschung von Kompatibilität
- Beherrschung von Zuverlässigkeit
- Beherrschung von Autonomie
- Zusammenfassung



Vision und Herausforderungen

Rahmenbedingung

Produktoffensive

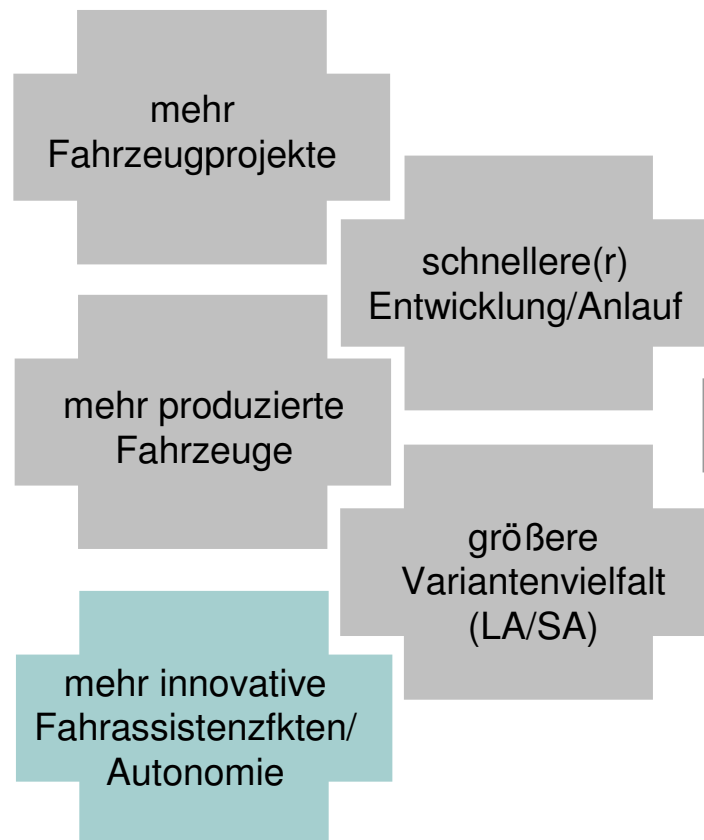
Rendite-orientiertes Wachstum der BMW Group bedeutet

- mehr Fahrzeugprojekte, mehr Produktionsanläufe
- mehr produzierte (verkaufte) Fahrzeuge
- größere Variantenvielfalt pro Fahrzeugprojekt
- innovative Fahrzeugfunktionen
- schnellerer Anlauf / steilere Kammlinien

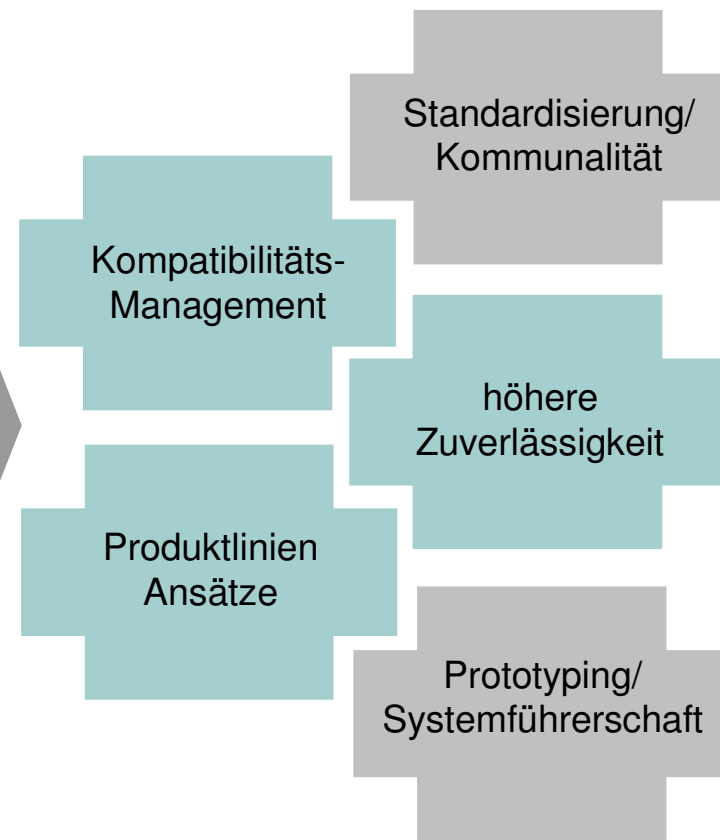
Vision und Herausforderungen

Beherrschung von Innovationen und Kosten

Treiber des Umsatz-Wachstums



Barrieren des Kosten-Wachstums



Vision und Herausforderungen

Software Vision

Automotive Software Vision

Realisierung innovativer SW-basierter Funktionalität im Fzg

- zur Erhaltung und Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit
- mit definierter, messbarer (Software-) Qualität
- bei hoher Termintreue (und Produktivität)
- verbessertem Time to Market (Software-Zyklen!) und
- Beherrschung Deployment/Maintenance der Software

Herausforderungen der Zukunft

Content

- **Beherrschung von Produktlinien**

- **Problemstellung**
- **Definition und Abgrenzung**
- **Varianz von Software und Funktionalität**
- **Produktlinien Architekturen (PLA)**
- **Resumee und offene Fragen**



Beherrschung von Produktlinien

Produktlinien

Produktlinienansätze

What is a software system family?

We consider a set of programs to constitute a family whenever it is worthwhile to study programs from the set by first studying the common properties of the set and then determining the special properties of the individual family members.

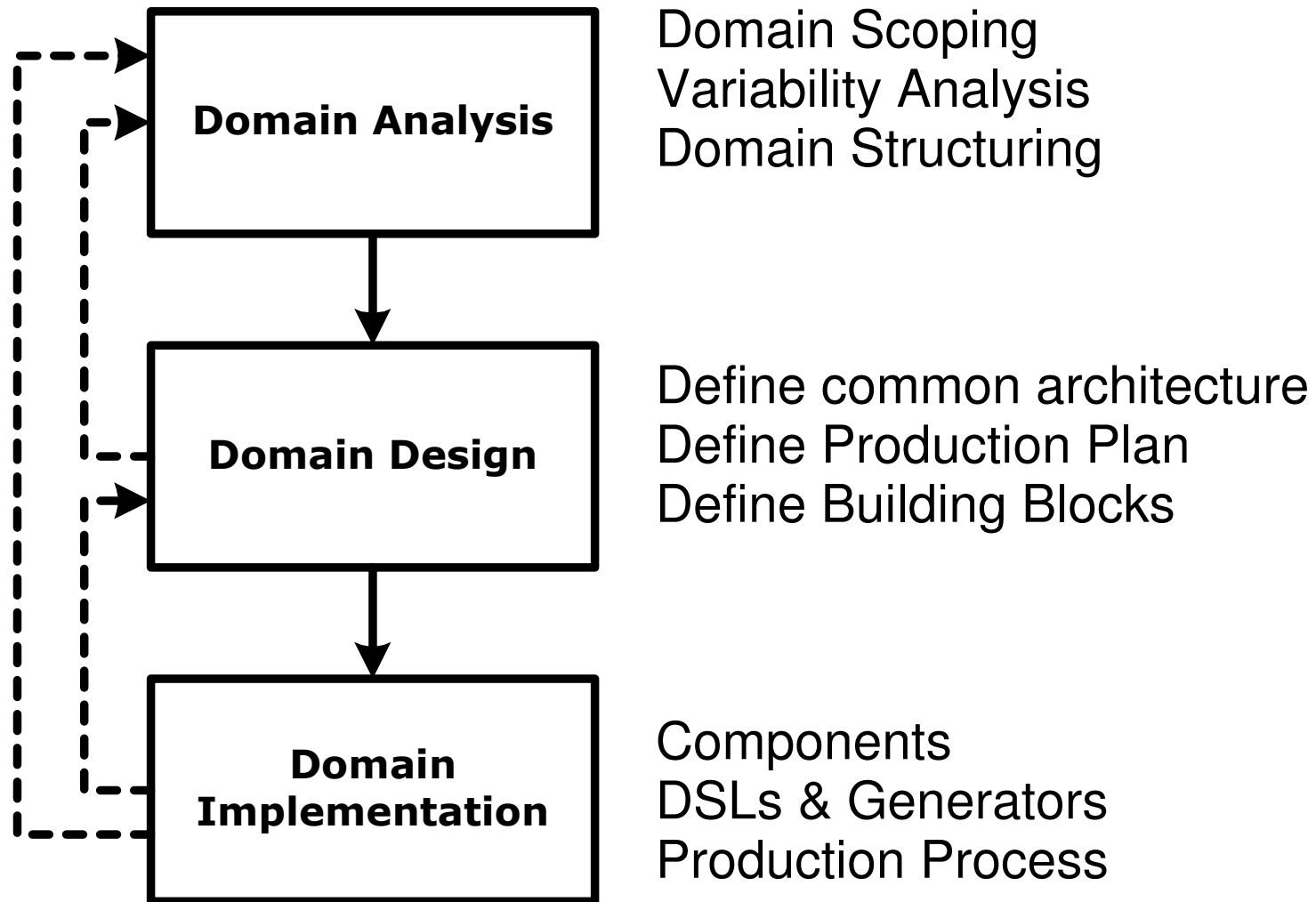
Definition by Parnas

Domain-Engineering

- Identifikation **gemeinsamer** Merkmale
- Identifikation **spezifischer** Merkmale
- Bsp: Motoren bez. Zylinderanzahl, Einspritzsystem, Kühlungssystem, etc.

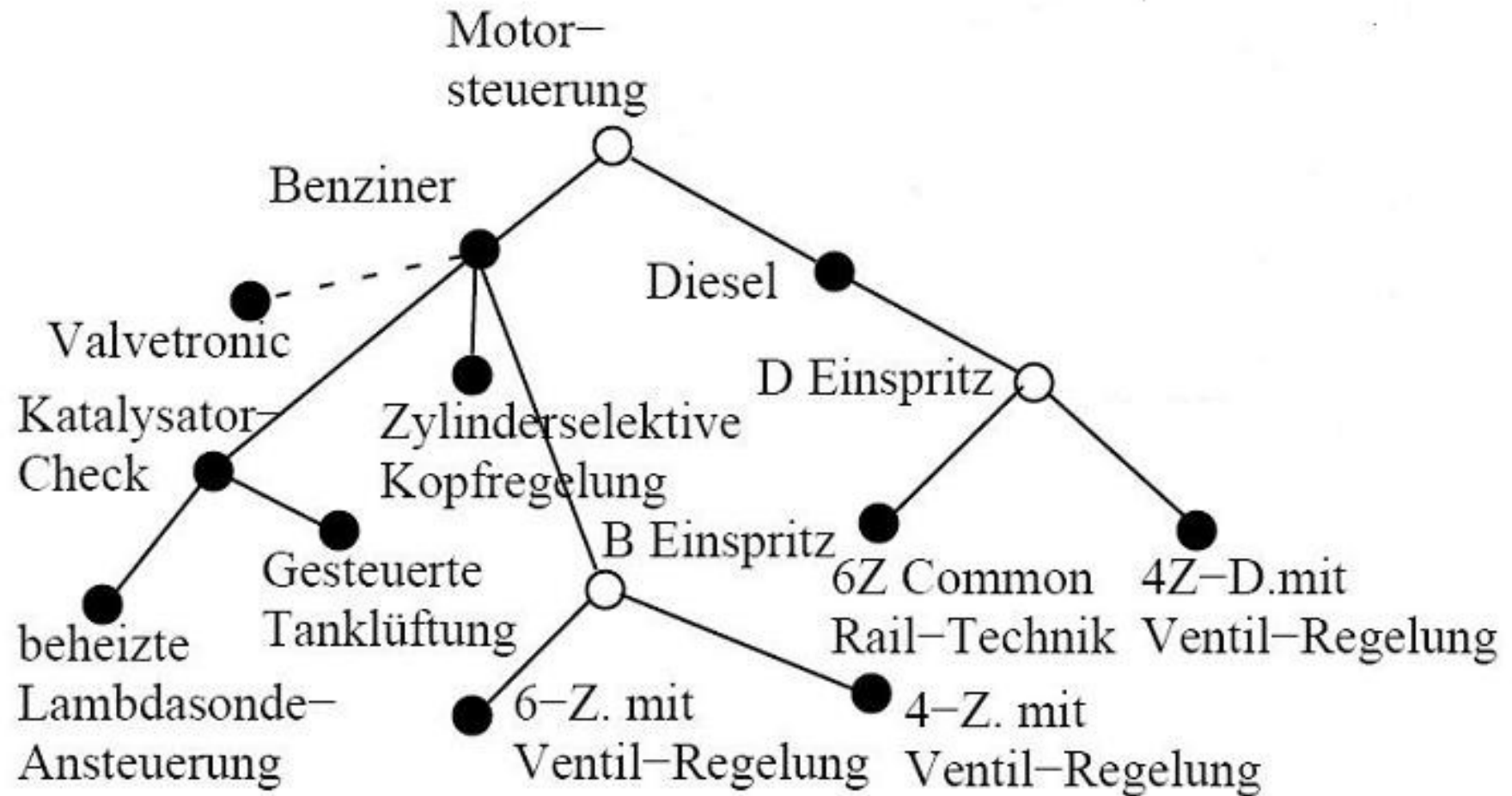
Beherrschung von Produktlinien

Produktlinien Engineering



Beherrschung von Produktlinien

Variabilität in der Motorsteuerung



Beherrschung von Produktlinien

Resumee und offene Fragen

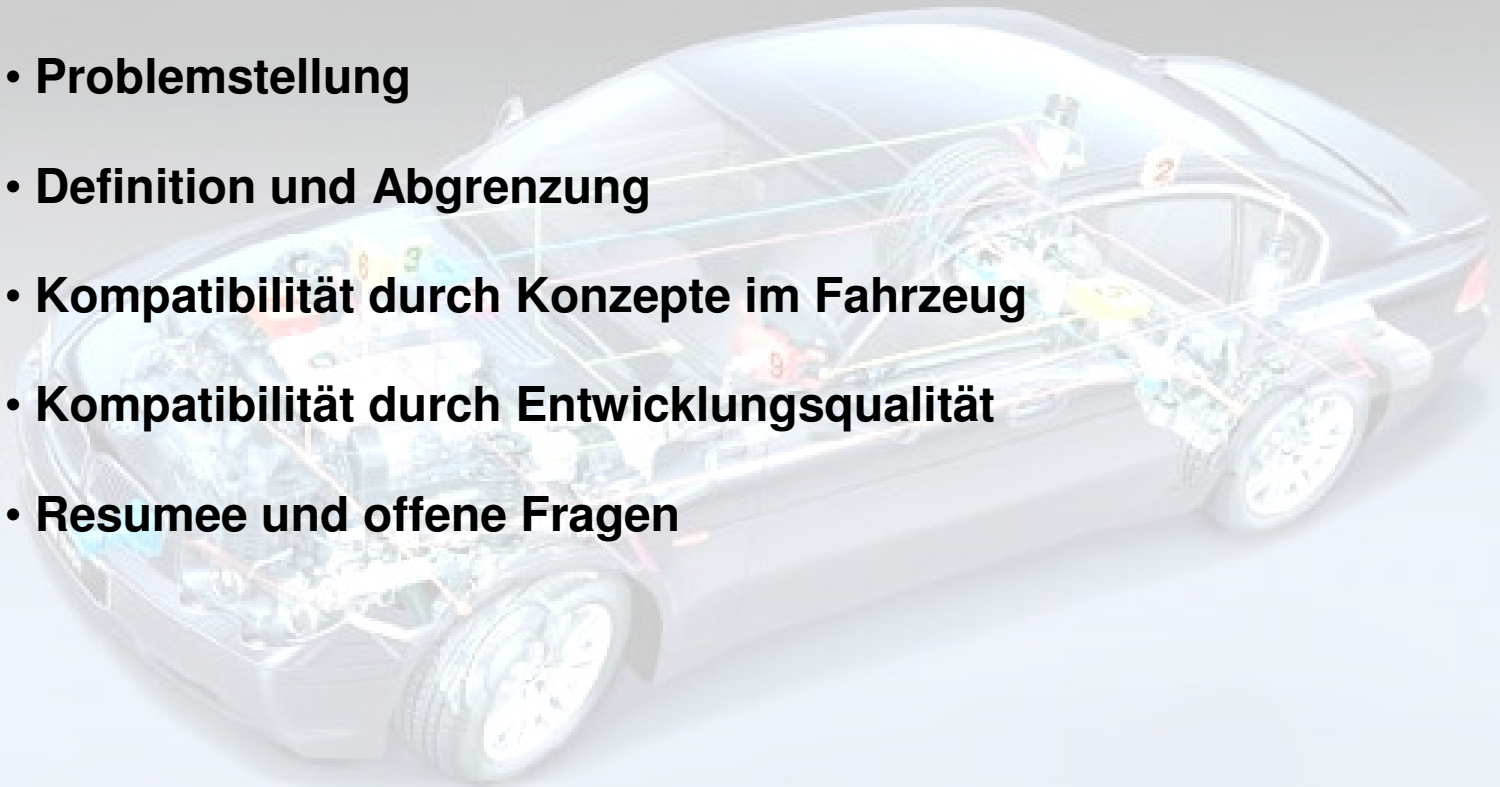
- **Resumee**
 - **Produktlinien stellen interessanten Ansatz zur Beherrschung von Variabilität dar.**
 - **Unterschiedlicher Anwendungsstand in einzelnen Fahrzeug-Domänen**
- **Offene Fragen**
 - **Durchgängige Methodiken und Werkzeuge für das Produktlinien Engineering**
 - **Geschäftsmodelle für die Zulieferindustrie ist ungeklärt. Einmalaufwände? Lizenzmodelle?**

Herausforderungen der Zukunft

Content

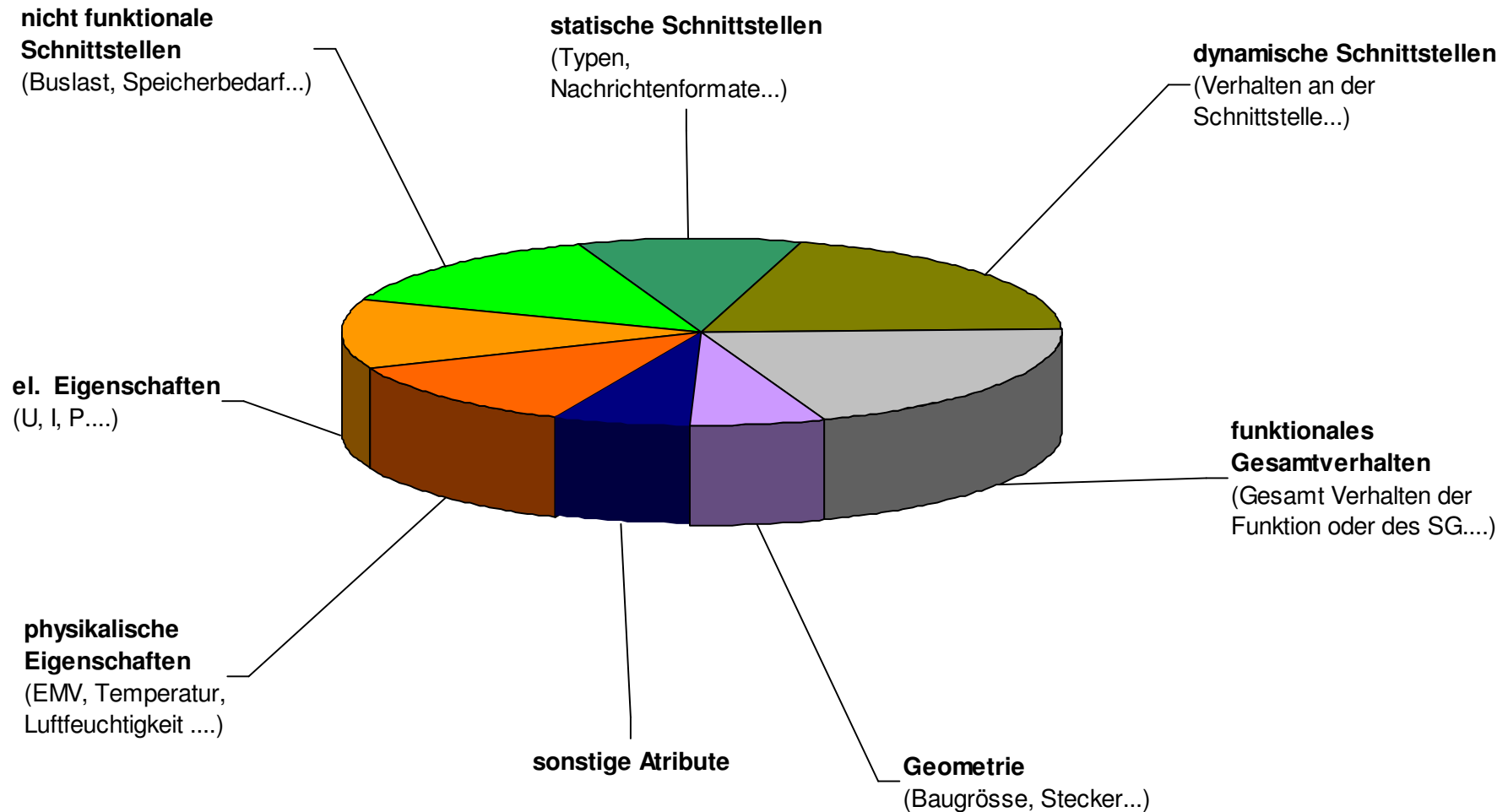
- **Beherrschung von Kompatibilität**

- **Problemstellung**
- **Definition und Abgrenzung**
- **Kompatibilität durch Konzepte im Fahrzeug**
- **Kompatibilität durch Entwicklungsqualität**
- **Resumee und offene Fragen**



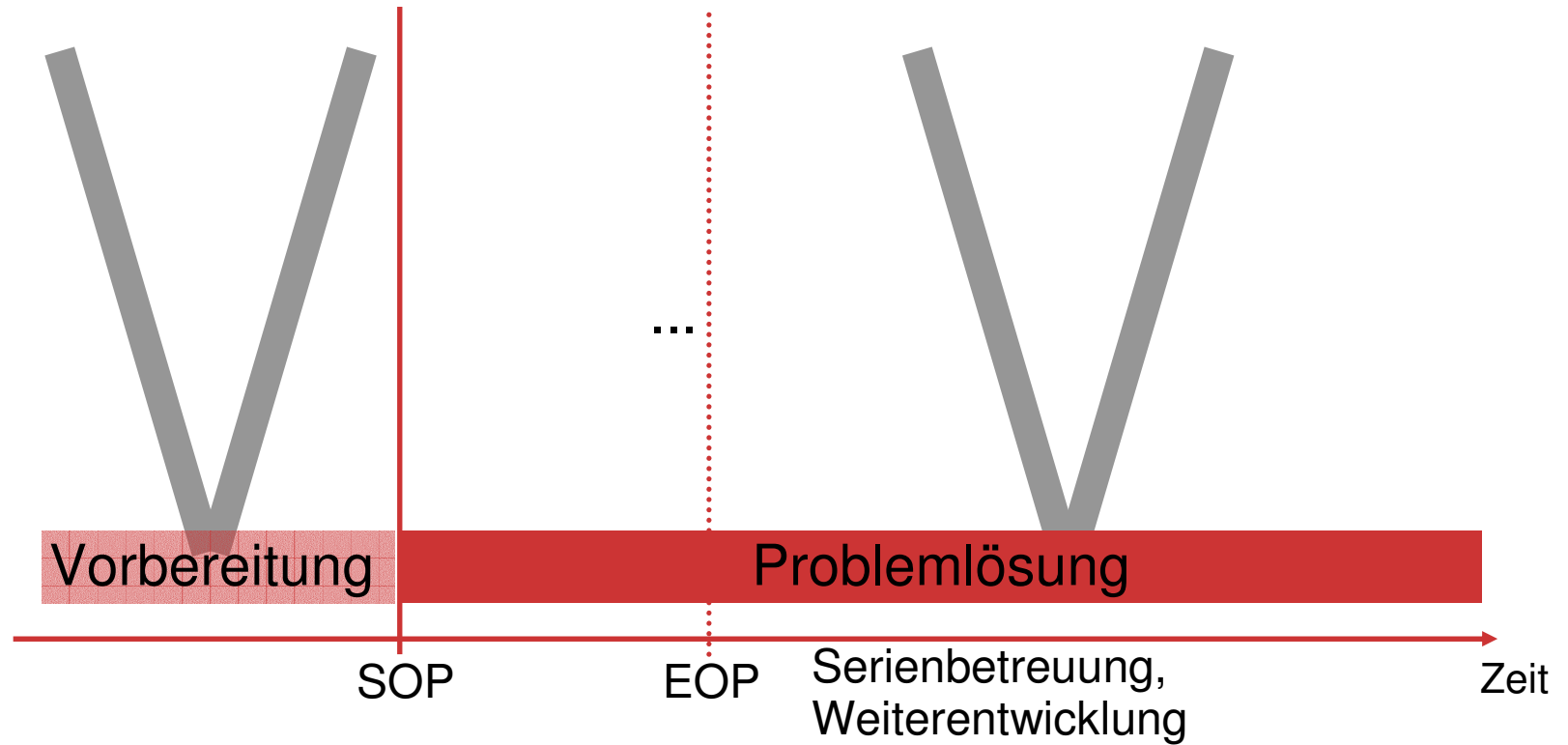
Beherrschung von Kompatibilität

Kompatibilitätseigenschaften



Beherrschung von Kompatibilität

Kompatibilität im Lebenszyklus

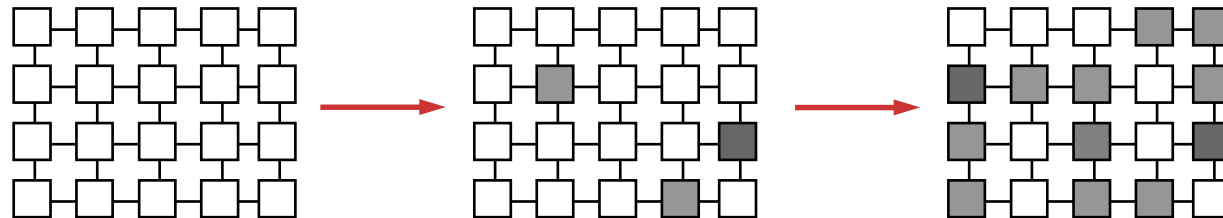


Beherrschung von Kompatibilität

Lebenszyklusproblematik

Beispiel: Nach 12 Jahren muss ein ausgefallenes Steuergerät in einem Altfahrzeug ersetzt werden. Die CPU wird seit 9 Jahren nicht mehr hergestellt.

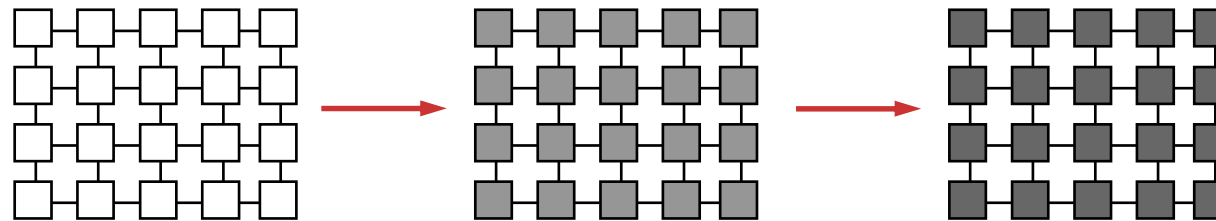
- Unterschiedliche Lebenszyklen von Fahrzeug, HW und SW machen Änderungen über den Lebenszyklus unvermeidbar.
 - Neue HW
 - Neue SW Versionen (Erweiterungen und Bug Fixes)
- (Pflege von HW und SW über den Fahrzeuglebenszyklus wirtschaftlich nicht wünschenswert)



Beherrschung von Kompatibilität

Heute: Integrations-Stufen (I-Stufen)

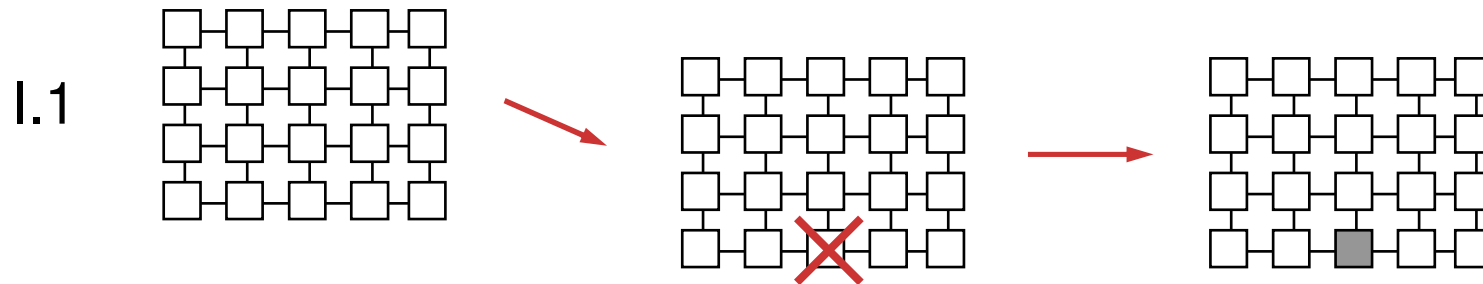
- Freigabe erfolgt basierend auf Einzelkonfigurationstest:
I-Stufen (Vernetzungskompatibilität)
- I-Stufen sind vergleichbar mit Baselineing im SW-Konfigurationsmanagement



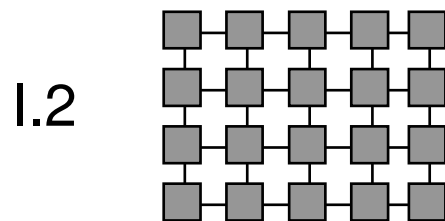
- Problem: Update eines Elements im **Service** erzwingt Update aller Elemente
 1. Kosten durch erzwungenen HW Austausch
 2. Kosten durch Fahrzeugprogrammierung
 3. (Testaufwand wenn viele Konfigurationen freigegeben werden sollen)
 4. „SW als Produkt“ nicht tiefgreifend möglich
- Praxis: Aufweichen der I-Stufen, parallele I-Stufen (-> Kosten für parallele Pflege alter SW-Stände)

Beherrschung von Kompatibilität

Idealvorstellung



Ersatzteileinbau allein basierend auf
Test von I.1 und I.2, keine weitere
Absicherung



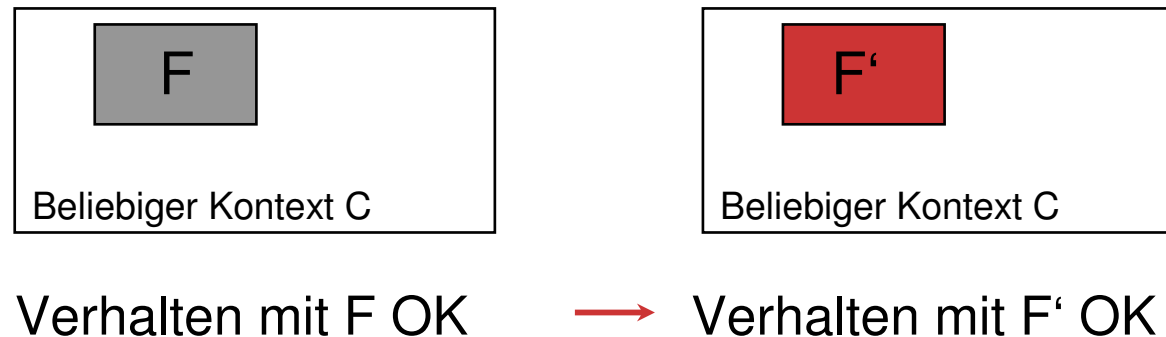
Freigabe nicht basierend auf Einzelkonfigurationstest, sondern
Freigabe im **Service** für viele Konfigurationen

- entsprechende Absicherung nötig
- Idee der Rückwärtskompatibilität

Beherrschung von Kompatibilität

Rückwärtskompatibilität

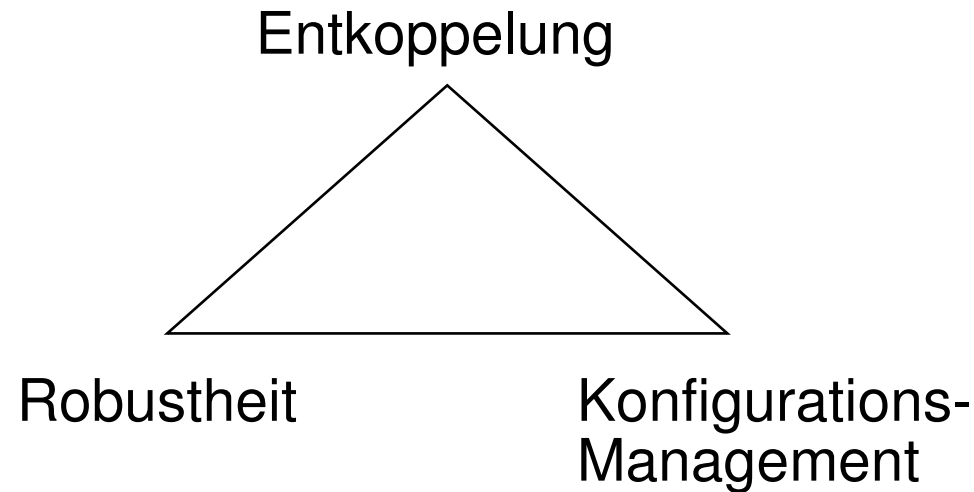
- **Rückwärtskompatibilität:** fehlerfreie Ersetzbarkeit der alten Version, in beliebigem Kontext (inkl. HW).
- Einschränkungen der Kontexte durch **Sollkontexte**, d.h. alle FZG-Varianten in denen Ersetzbarkeit gegeben sein soll.



- Rückwärtskompatibilität impliziert Vernetzungskompatibilität
- RK korrespondiert zum Schnittstellenbegriff: Interna einer Funktion sind irrelevant, allein das Wissen um die Schnittstelle reicht, um die Funktion nutzen zu können

Beherrschung von Kompatibilität

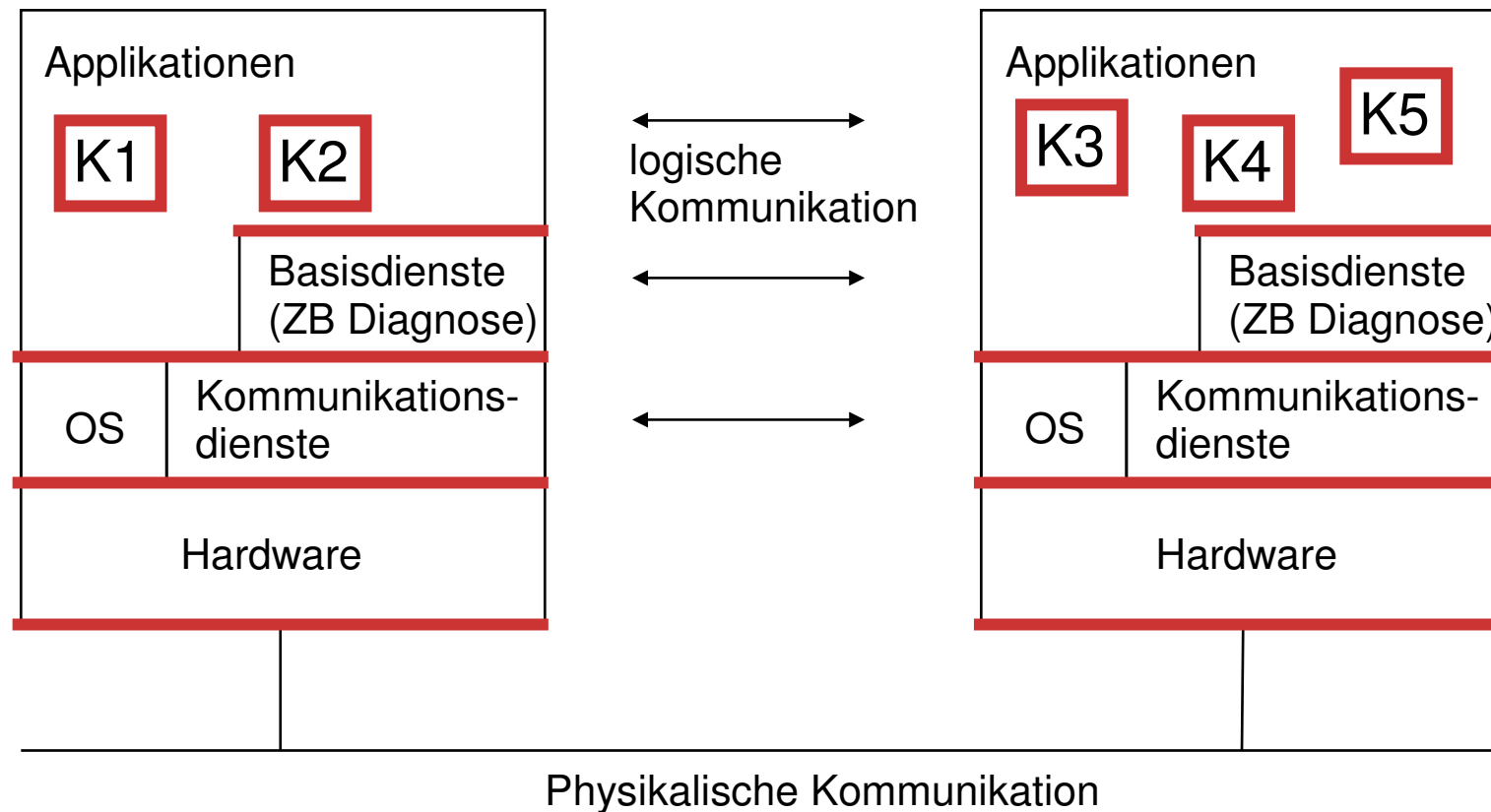
Umgang mit Abhängigkeiten



- **Entkoppelung** eliminiert Abhängigkeiten von Komponenten
=> Kompatibilität immer gewährleistet (Stand Alone Ansatz)
- **Robustheit** erhält Funktionsfähigkeit dort wo Entkoppelung nicht vollständig gegeben ist
=> Negative Auswirkungen von Inkompatibilität begrenzt
- **Konfigurationsmanagement** identifiziert zulässige Konfigurationen von Komponenten, wo Entkoppelung und Robustheit nicht gegeben sind
=> Explizite Festlegung von Kompatibilität

Beherrschung von Kompatibilität

Entkoppelung



- Schichtenbildung (vertikal)
- Komponentenbildung (horizontal)

Beherrschung von Kompatibilität

Robustheit

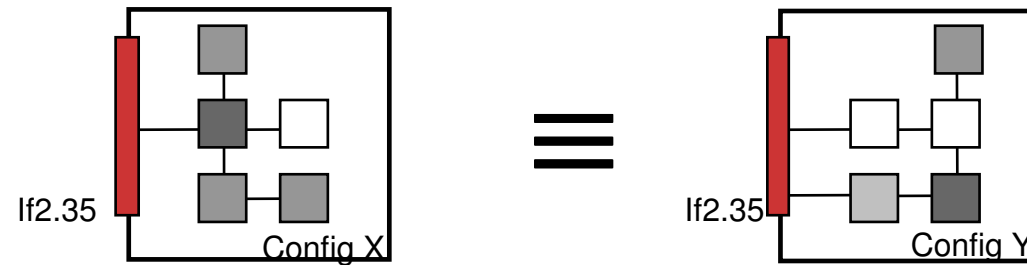
- Robustes Energie-Bordnetz
- Robustheit bzgl. Umweltbedingungen (EMV, ...)
- Robuste Kommunikation
 - **CAN** hinreichend robust: genug (Rest-)Bandbreite, sinnvolles Verhalten der SW Komponenten bei Kommunikationsfehlern
(wie kann das getestet werden?)

⇒ Limitierung nicht funktionaler Wechselwirkung

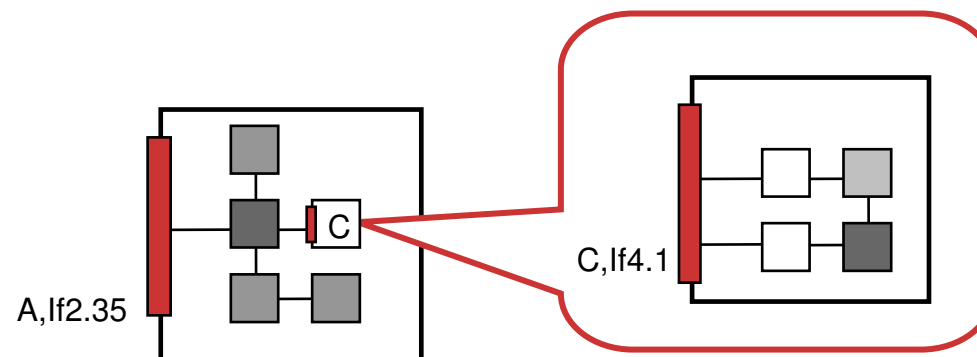
Beherrschung von Kompatibilität

Robustes Konfigurationsmanagement

- Schnittstellenversionen, die durch verschiedene Kombinationen von Komponentenversion realisiert werden können

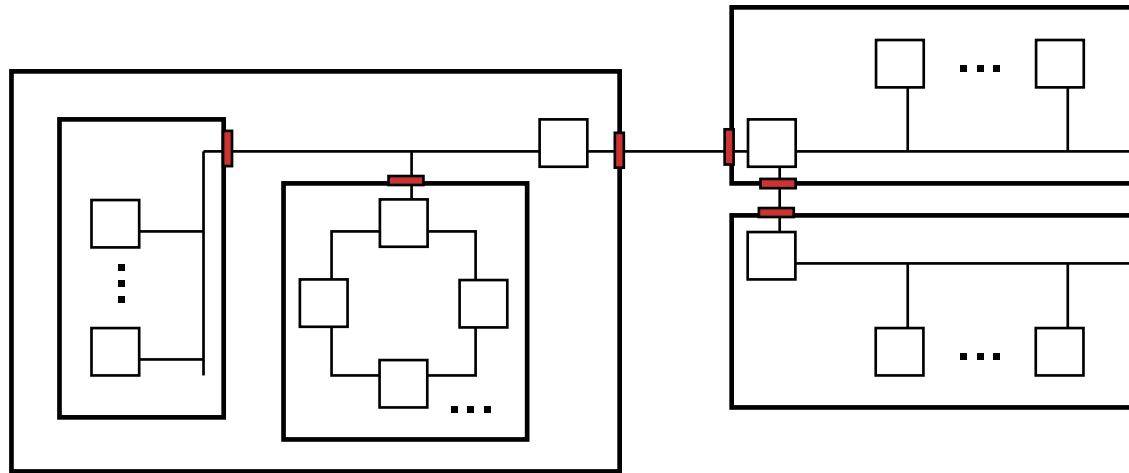


- Hierarchische Schachtelung von Schnittstellen möglich



Beherrschung von Kompatibilität

Robustes KonfigMgmt Anwendung



- Bordnetz-Ebene: legt Schnittstellenversion der Subsysteme fest
- Strategie für jedes Subnetz SIL abhängig

Beherrschung von Kompatibilität

Resumee und offene Fragen

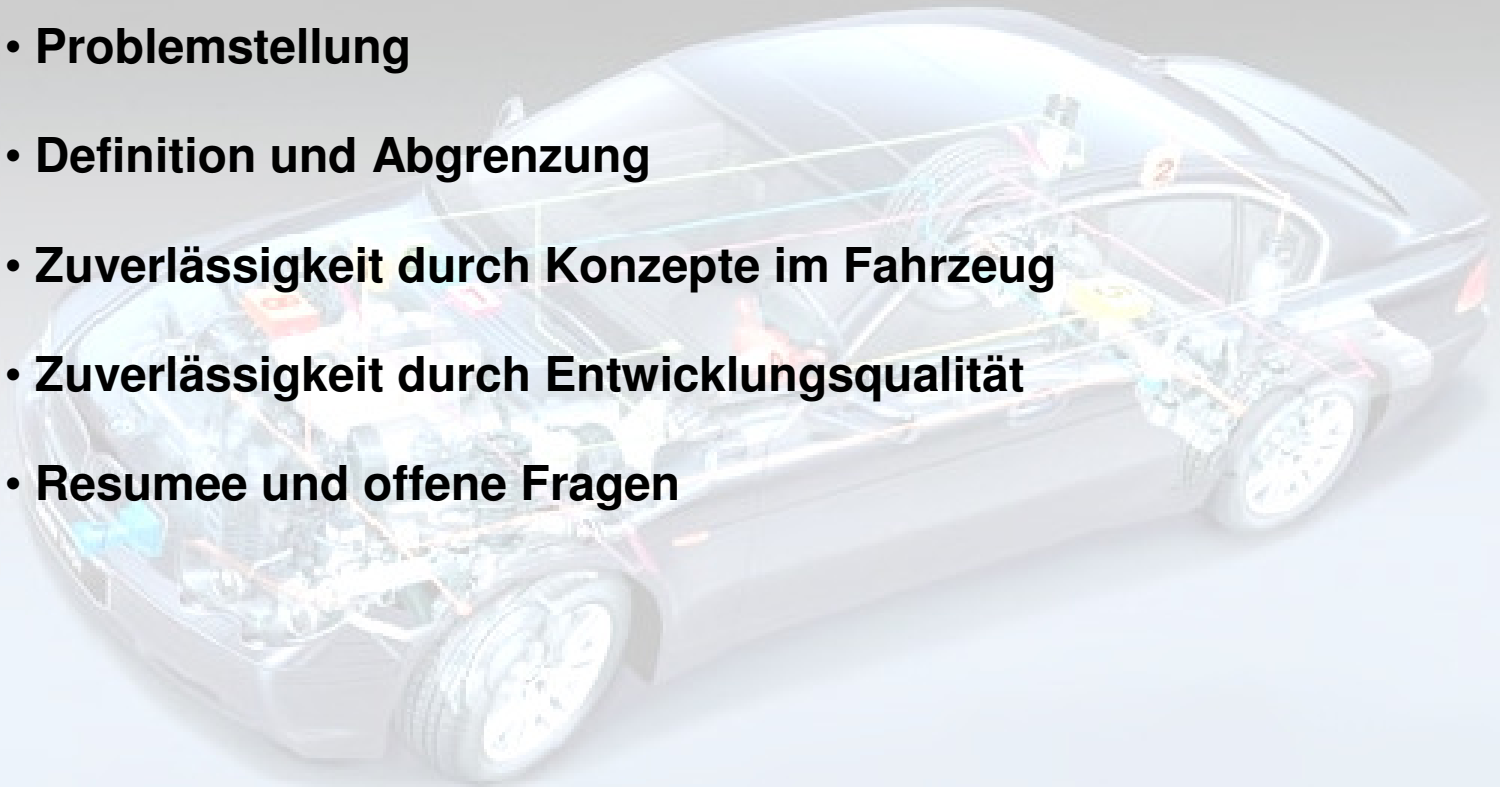
- **Resumee**
 - **Sicherung der Kompatibilität erfordert heute enorme Kosten bei mäßiger Beherrschung**
 - **Kompatibilität muss stärker im Design (linker Ast V-Modell) und nicht nur in der Integration (rechter Ast V-Modell) adressiert werden**
 - **Problem der Kompatibilität verschärft sich weiter: künftig mehr Varianten und kürzere Lebenszyklen der Komponenten**
- **Offene Fragen**
 - **Schärfe des Kompatibilitätsbegriffs: Inkompatibilität falls Schnittstellen Mismatch oder “negatives” Kundenerlebnis**
 - **Praktische Erreichbarkeit 100%er Kompatibilität: Reduktion von Inkompatibilitätsursachen, d.h. “nur” Verringerung der Inkompatibilität**
 - **Metriken für Kompatibilität**

Herausforderungen der Zukunft

Content

- **Beherrschung von Zuverlässigkeit**

- **Problemstellung**
- **Definition und Abgrenzung**
- **Zuverlässigkeit durch Konzepte im Fahrzeug**
- **Zuverlässigkeit durch Entwicklungsqualität**
- **Resumee und offene Fragen**



Beherrschung von Zuverlässigkeit

Problemstellung

Fzg ist ein komplexes technisches System, dass aus vielen Funktionen (Subsystemen) besteht

**Unterschiedliche Anforderungen bez. Zuverlässigkeit von Fkt
vgl. SIL (Safety Integrity Level)**

Fahrsicherheitsrelevante Funktionen

- Führungsrelevante Funktionen (Lenkung, Bremse, Stabilisierung)
- Sicherheitsrelevante Funktionen (Airbag, ABS, Crash-Erken., etc.)

Fahrrelevante Funktionen

- Fkt. mit Auswirkung auf Fahrerlaubnis (Anzeigen, Außenlicht, ..)
- Fkt. mit Auswirkung auf Fahrfähigkeit (Liegenbleiber, Fzg-Zgng)

Convenience Funktionen

- Funktionen ohne unmittelbare Fahrrelevanz (z.B. Entertainment, Klima, Karosserie, etc.)

Beherrschung von Zuverlässigkeit

Definition und Abgrenzung

Zuverlässigkeit (Reliability)

- Fähigkeit eines Systems, für eine gegebene Zeit korrekt zu arbeiten. Dabei wird vorausgesetzt, dass das System zu Anwendungsbeginn korrekt ist und nur Ausfälle zur Unkorrektheit führen können.

Verfügbarkeit (Availability)

- Betriebsfähigkeit zu einem Zeitpunkt; Wahrscheinlichkeit, dass ein System die tatsächlich angegebene Leistung erbringt (Regelbetrieb, Administration, Ausfall)

Robustheit (Robustness)

- Fähigkeit eines Systems, auch bei Verletzung der spezifizierten Randbedingungen vereinbarte Funktionen zu erfüllen bzw. seine Funktionsfähigkeit zu erhalten (Begriff ist unscharf. Woran ist Robustheit zu messen? Spezifizierte Robustheit ist ein Widerspruch)

Sicherheit (Safety)

- Freiheit von inakzeptablen Risiken (Risiko ist potenzielles Problem, das noch nicht eingetreten ist und proaktiv behandelt werden muss).

Beherrschung von Zuverlässigkeit

Konzepte im Fahrzeug

Zahlreiche Konzepte fördern die Zuverlässigkeit eines Fzg-IT-Systems. Prinzipiell: was nicht vorhanden ist kann nicht ausfallen oder stören.

Determinismus

– Zeitbasierte Architekturen, Globale Systemzeit, Synchronisation

Zustandskonstistenz

– Globaler Fahrzeugzustand, definierte Zustandsübergänge

Laufzeitüberwachung und Robustheit

– Schnittstellen, Zustände, Energieverbrauch

Redundanz und Fehlertoleranz

– Redundante Funktionen/Architekturen, Redundanzaktivierung

Beherrschung von Zuverlässigkeit

Konzepte in der Entwicklung

Ähnlich wie Kompatibilität ist auch die Zuverlässigkeit eine Funktion der Entwicklungsqualität

Entwicklungsqualität

- Software-Reuse (vgl. Standards)
- Software-Generierung (aus “einfachen” Modelle)
- Nutzung von Middleware
- Testing

Beherrschung von Zuverlässigkeit

Resumee und offene Fragen

- **Resumee**
 - **Zuverlässigkeit komplexer, verteilter IT-Systeme im Fzg stellt heute eine der wesentlichen Herausforderungen dar.**
 - **Anwendung formaler Methoden des Reliability Engineerings für quantitative Aussagen für das Gesamt-Fzg-IT-System noch nicht flächendeckend im Einsatz**
- **Offene Fragen**
 - **Methoden und Metriken zur Bewertung von Bordnetz-Architekturen unzureichend**
 - **Partitionierung nach Zuverlässigkeitsgesichtspunkten**

Herausforderungen der Zukunft

Content

- **Beherrschung von Autonomie**

- **Problemstellung**
- **Definition und Abgrenzung**
- **Autonomie durch Assistenzfunktionen**
- **Autonomie und Systemgrenzen**
- **Resumee und offene Fragen**



Beherrschung von Autonomie

Rennen autonomer Fahrzeuge nach Las Vegas

230 km autonom durch die Mojave Wüste (USA)
Das beste der 23 Fahrzeuge schied bereits nach 11.8 km (5.1%) aus.



Beherrschung von Autonomie

Problemstellung

Wie kann das Fahren noch sicherer, effizienter, ökonomischer und unterhaltsamer gemacht werden?

- Assistenzfunktionen, die selbständig aktiv sind (autonom)
- Unterscheidung (vgl. SIL) zwischen
 - primären Assistenzfunktionen
 - sekundären Assistenzfunktionen
 - tertiären Assistenzfunktionen
- Vollständige Autonomie des Gesamtfahrzeugs ist
 - weder rechtlich zulässig
 - noch konform zu BMW-Werten

Beherrschung von Autonomie

Fahrerassistenzsysteme

- **Fahrerassistenz Systeme** umfassen alle Funktionen, die **auf Basis erhöhter sensorischer Kompetenz** zu einer **Verbesserung des Fahrens beitragen**.
- Hierbei werden die beiden Ausprägungen **„Kompetenzsteigernd“** und **„Entlastend“** unterschieden.
- Fahrerassistenz Systeme leisten durch **Entlastung** und **Kompetenzsteigerung** des Fahrers einen wichtigen **Beitrag** in den Bereichen **Dynamik, Souveränität und Sicherheit**.

Beherrschung von Autonomie

Hierarchie für Autonomie im Fahrzeug

- Fahrer steuert Fahrzeug völlig selbstständig
- Fahrzeug mit teilweise autonomen Funktionen im Rahmen von Fahrerassistenzsystemen
 - beratende Subsysteme (Entscheidungen dieser Systeme können vom Benutzer jederzeit überschrieben werden)
 - automatische Aktivierung/Deaktivierung von Licht/Scheibenwischer
 - ACC (active cruise control)
 - AFS (active front steering)
 - ALC (active light control)
 - TLC (time to line crossing) in Kombination mit HC (heading control)
 - eingreifende Subsysteme
 - ABS (anti-lock braking system)
 - DSC (dynamic stability control)
 - Vollbremsung bzw. automatischer Notruf bei Unfall
- vollständig autonomes Fahrzeug

Beherrschung von Autonomie

Stärken und Schwächen

Schwächen (Leistungsabfall) des Fahrers bei

- Stress
- Zeitdruck
- Ermüdung
- mehrere Aufgaben gleichzeitig (Multitasking)

Stärken autonomer Systeme bei

- Daueraufmerksamkeit
- Reaktionsgeschwindigkeit
- Erweiterte Sensorik
- Umsetzung komplexer Regelsysteme
- einfachen Entscheidungssituationen

Schwächen autonomer Systeme bei

- komplexen Entscheidungssituationen (z.B. Beobachtung mehrerer Fahrzeuge bei Kolonnenfahrt)


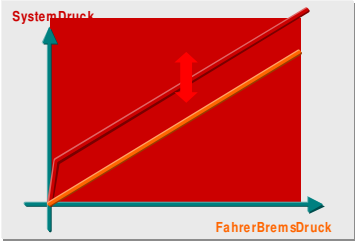
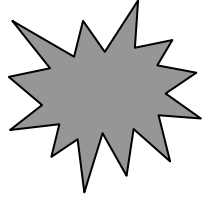

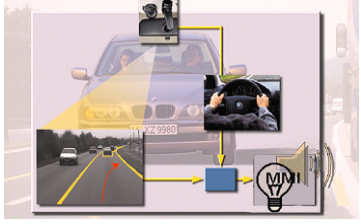



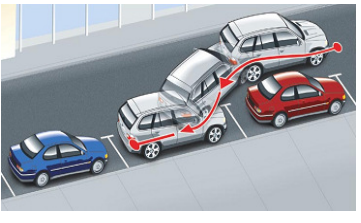
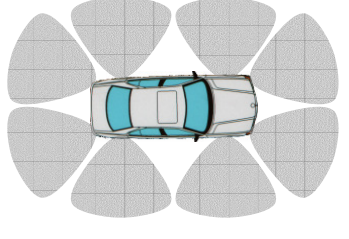
Beherrschung von Autonomie

Fahrerassistenzsysteme bei BMW (I)

<p>Dynamic Cruise Control</p> 	<p>Cruise Assist (FFP)</p> 	<p>ACC</p> 	<p>ACC + Navi</p> 
<p>ACC Stop&Go 1</p> 	<p>ACC Stop&Go 1+</p> 	<p>ACC Stop&Go 2</p> 	<p>...</p>
<p>Navspeed 1</p> 	<p>Navspeed + VZE</p> 	<p>Curve Speed Assist</p> 	<p>...</p>

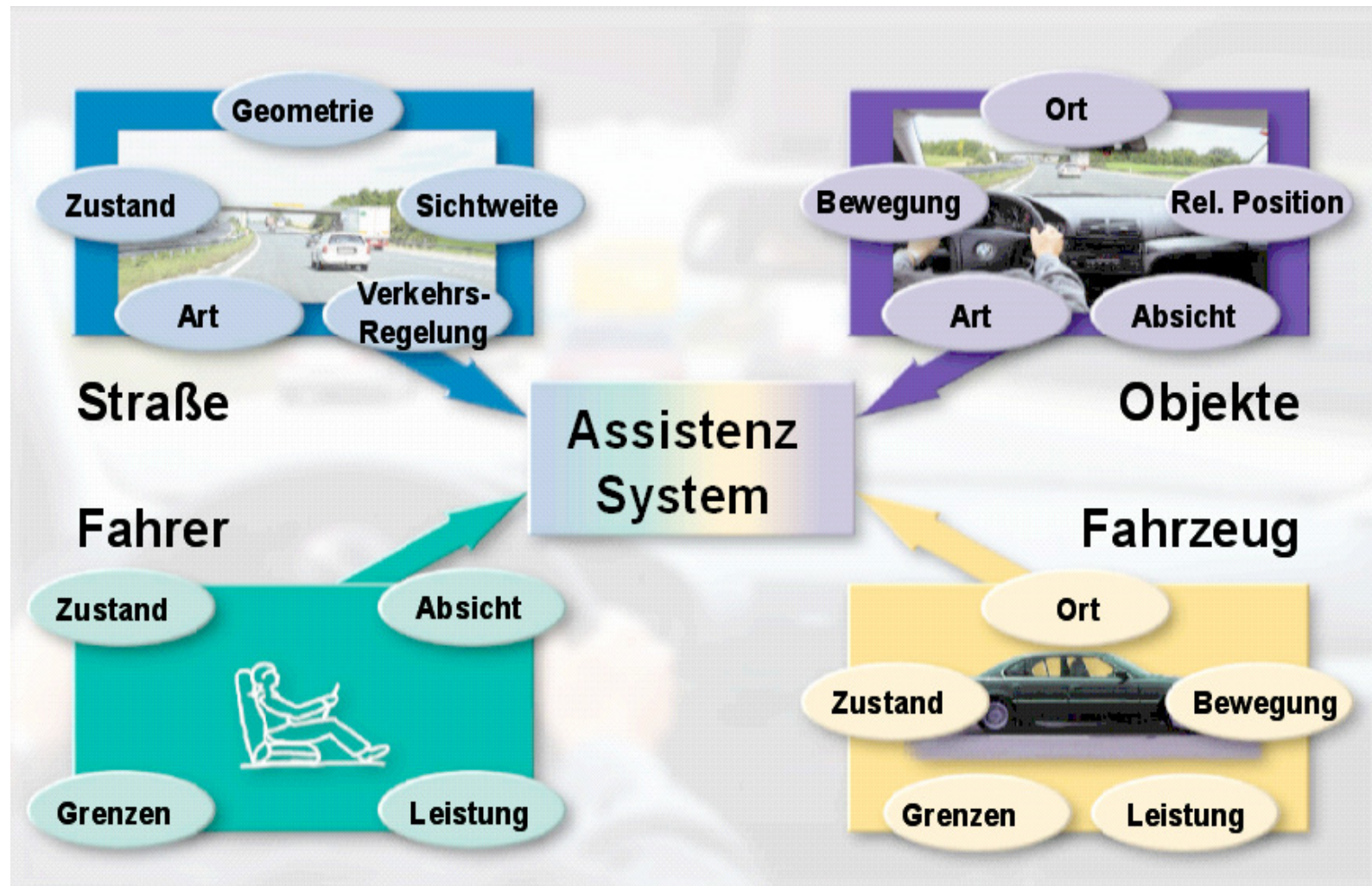
Beherrschung von Autonomie

Fahrerassistenzsysteme bei BMW (II)

<p>iBrake Aufahrwarnung</p> 	<p>iBrake Bremsassistent</p> 	<p>iBrake Aut. Notbremse</p> 	<p>...</p> 
<p>Time To Line Crossing</p> 	<p>Heading Control</p> 	<p>Spurwechsel-Warn.</p> 	<p>Spurwechsel-Ass.</p> 
<p>Parkpilot</p> 	<p>Einparkassistent</p> 	<p>(... Manuevrierassistent)</p> 	<p>...</p>

Beherrschung von Autonomie

Informationsbedarf bei Fahrzeugführung



Beherrschung von Autonomie

Informationsquellen



Beherrschung von Autonomie

Fahrerassistenzsysteme und Systemgrenzen

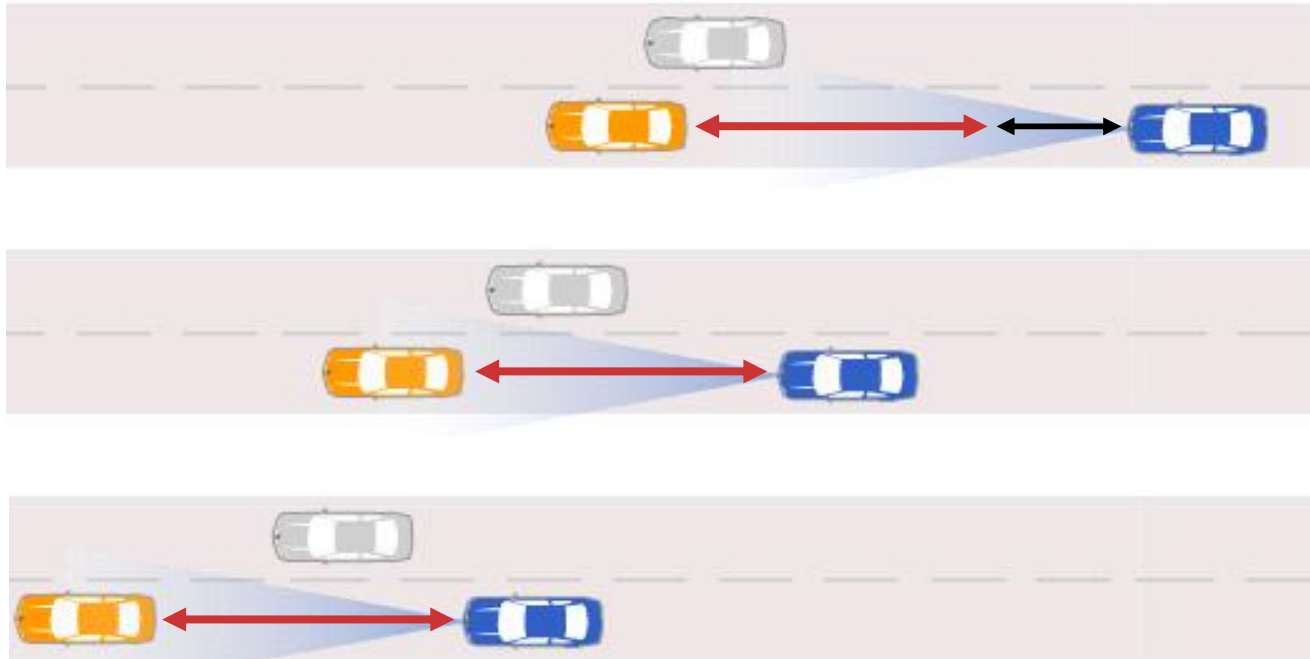
Wann agiert eine Assistenzfkt autonom? Wann und wie erfolgt die (Rück-) Übergabe der Funktionalität an den Fahrer?

Anforderungen an die Schnittstelle

- Deterministisches Verhalten
- Einfach und intuitiv
- Jederzeit “überschreibbar” durch Fahrer
- Jederzeit deaktivierbar

Beherrschung von Autonomie

Systemgrenzen Adaptive Cruise Control (ACC)



Beherrschung von Autonomie

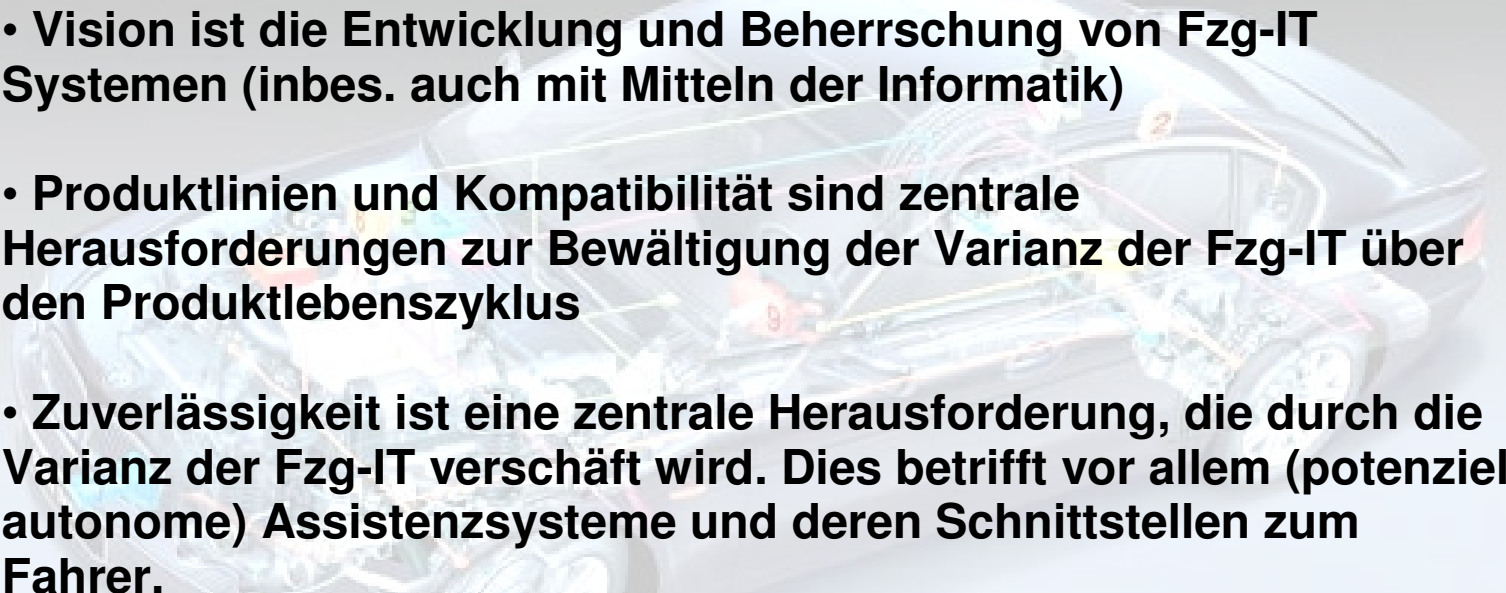
Resumee und offene Fragen

- **Resumee**
 - **Heute existieren zahlreiche begrenzt autonom agierender Fahrassistenten-Funktionen**
 - **Entscheidend für den Nutzen (primärer) Assistenzsysteme ist der Umgang mit Systemgrenzen: Ab wann übernimmt der Fahrer die Fzg-Führung und wie erfolgt die Übergabe.**
 - **Die Nutzung autonomer Systeme wird neben der technischen Machbarkeit durch die Kundenakzeptanz und rechtliche Rahmenbedingungen geprägt. Der Fahrer bleibt weiterhin verantwortlich für die Fahrzeugführung.**
- **Offene Fragen**
 - **Integrierte Fahrer-, Fahrzeug- und Umweltmodelle zur Ableitung von Entscheidungen für Assistenzfunktionen**

Herausforderungen der Zukunft

Content

- **Zusammenfassung**

- **Vision ist die Entwicklung und Beherrschung von Fzg-IT Systemen (inbes. auch mit Mitteln der Informatik)**
 - **Produktlinien und Kompatibilität sind zentrale Herausforderungen zur Bewältigung der Varianz der Fzg-IT über den Produktlebenszyklus**
 - **Zuverlässigkeit ist eine zentrale Herausforderung, die durch die Varianz der Fzg-IT verschärfert wird. Dies betrifft vor allem (potenziell autonome) Assistenzsysteme und deren Schnittstellen zum Fahrer.**
- 

Herausforderungen der Zukunft

Resumee und Kernaussagen

Ein Automobil ist ein komplexes, verteiltes IT-System. Die Informatik bietet Konzepte und Methoden (ggf. anzupassen) für die Entwicklung verteilter Funktionen.

Neben Innovationen bei Kundenfunktionen kommt der Infrastruktur im Fahrzeug als „Fundament“ eine zunehmend wichtige Bedeutung zu. Sie ermöglicht den robusten Betrieb und die kostengünstige Administration des IT-Systems.

Die Beherrschung von Produktlinien, Kompatibilität, Zuverlässigkeit und Autonomie sind ausgewählte Herausforderungen für die Zukunft von Fzg-IT-Systemen.

Die Informatik stellt bereits heute eine Schlüsseltechnologie in der Automobilentwicklung dar – und steht dennoch erst am Anfang ihrer enormen Möglichkeiten.

Herausforderungen der Zukunft

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

