EMES: Eigenschaften mobiler und eingebetteter Systeme

Echtzeit-Anwendungen

Dr. Felix Salfner, Dr. Siegmar Sommer

Wintersemester 2010/2011

Anwendungsgebiete von Echtzeitsystemen

- Fahr- und Flugzeuge
- Industrie-Automatisierung
- Haus-Automatisierung
- Telekommunikation
- Medizin
- Robotik
- Multimedia
- Geschäftssysteme
- ...

$\Rightarrow$ Echtzeitsysteme sind überall anzutreffen

Beispiel: Flugzeug-Steuerung

Hauptziel: Menschen dürfen nicht zu Schaden kommen!

Untergeordnete Ziele (ohne Wertung):

- Material soll nicht zu Schaden kommen
- Flugziel soll pünktlich erreicht werden
- Flugziel soll kostenoptimal erreicht werden
- Komfort für Menschen soll maximal sein
- Umwelt soll wenig belastet werden durch Abgase und Lärm

Problem: Abbildung auf technische Anforderungen (Tasks, Deadlines)

Tasks

Welche Tasks werden gebraucht? (Beispiele)

- Aus Anforderungen der Flugzeugsteuerung:
  - Fluglage
  - Triebwerkssteuerung
- Aus Anforderungen der Mission:
  - Navigation
  - Kommunikation
  - Ortungssysteme
- Aus weitereren Anforderungen:
  - Komfortsteuerungen (Klima, Licht, Unterhaltungssysteme)
  - Service- und Diagnosesysteme

Deadlines

Woher kommen die Deadlines der Tasks? (Beispiele)

- Abgeleitet aus physikalischen Notwendigkeiten
  - regelungstechnische Gesetzmäßigkeiten
  - Aerodynamik des Flugzeuges
- Abgeleitet aus Spezifikationen
  - Verlangtes Verhalten auf Stimuli (z.B. Ortung eines anderen Flugzeuges erfordert Reaktion in einem Zeitrahmen)
  - "Überdefinition" physikalischer Notwendigkeiten (Komfortfunktionen)

Betriebsmodi I

Tasks und Deadlines sind nicht in jedem Fall statisch!

- Mission eines Echtzeit-Systems besteht oft aus verschiedenen Stadien
- Jedes Stadium hat andere Anforderungen
  - Flugzeug beim Rollen auf dem Boden
  - Flugzeug beim Starten
  - Flugzeug beim Reiseflug
  - Flugzeug beim Landeanflug
  - Flugzeug beim Landen
  - Flugzeug bei der Wartung
- Betriebszustand in einem Stadium nennt man “Modus” (*mode*)
- Deadlines und Tasks sind mode-spezifisch
- Wechsel zwischen Modi (*mode changes*) geben statischen Systemen dynamisches Verhalten
- Mode Changes sind ressourcenschonend

Betriebsmodi II

Variante eins: Zusammenführung aller Tasks in allen Modi in einen globalen Schedule.

→ Führt zu massiv überschätzten Ressourcenbedarf

→ Benutzt kein Wissen Ã$\frac{1}{4}$ber ‘mutual exclusion“

- Bei Änderung in einem Modus muss der gesamte Schedule neu berechnet werden
- Großer Schedule ist schwieriger zu testen

Daher: Betrachtung jedes Modus einzeln + Betrachtung der Modus-Übergänge

Betriebsmodi III

Problem: Verhalten beim Mode Change

- Es gibt Tasks, die nur in einem Mode vorhanden sind: kein Problem, Starten, bzw. Beenden

- Es gibt Tasks, die übernommen werden müssen
  - Jitter oder verpaßte Deadlines beim Wechsel stören nicht
    $\rightarrow$ Einfache Behandlung (einfach umschalten)
  - Tasks, deren Deadlines auch beim Umschalten eingehalten werden müssen und weitgehend jitterfrei laufen müssen, erfordern den größten Aufwand

Betriebsmodi IV

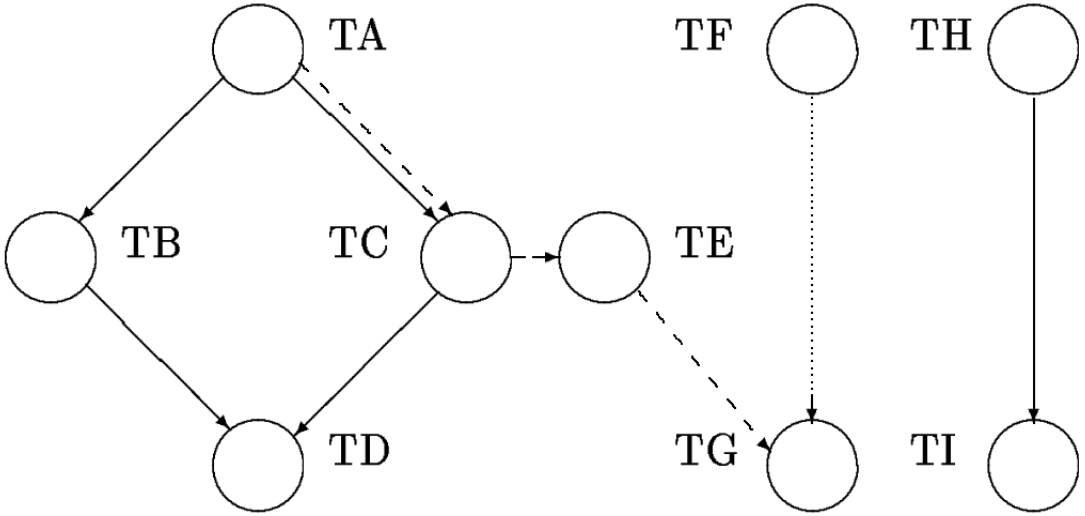
- Mode Change ist ein eigener Schedule zur Überführung (Überführungs-Schedule)
  - Beispiel: Umschaltung eines Druckbehälters von Befüllungsmodus in Heizmodus benötigt vorhergehende Sicherheitsprüfungen
- Deadline für Mode Change (vom Request bis zum Beginn des neuen Modes)
- Da das System statisch ist, kann der Mode Change Schedule vor Laufzeit erzeugt werden

Problem: Wie wird ein solcher Schedule berechnet?

Laufzeit: Abarbeitung des vorberechneten Umschalt-Schedules

Betriebsmodi nach Gerhard Fohler

- Konstruktion eines statischen Schedules nach Abhängigkeiten



- „Zweidimensionaler“ Taskset: Abhängigkeiten in verschiedenen Modi
- Im Bild: Drei Modi:
  - M_{src} (durchgezogen), M_{trans} (gestrichelt), M_{dest} (gepunktet)
  - M_{src}, M_{dest} laufen periodisch, M_{trans} einmal
  - M_{trans} beinhaltet „shutdown“ und „prepare“ von Subsystemen

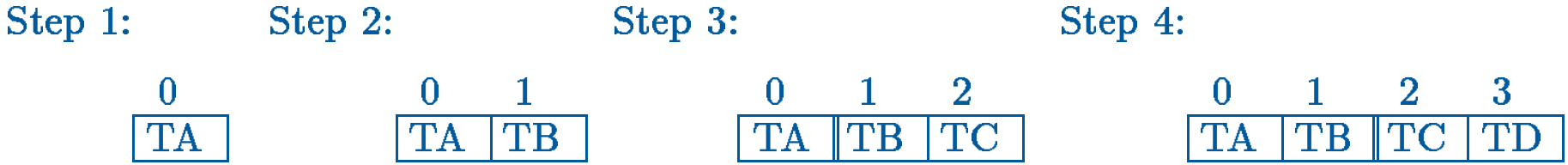
Betriebsmodi nach Gerhard Fohler II

- Übertrage Single-Mode Scheduling-Verfahren:
  - Gegeben die Menge der „Ready tasks“
  - Scheduling besteht aus: „Zum Zeitslot x, aus Tasks A, B, C, D wähle A zur Ausführung aus“

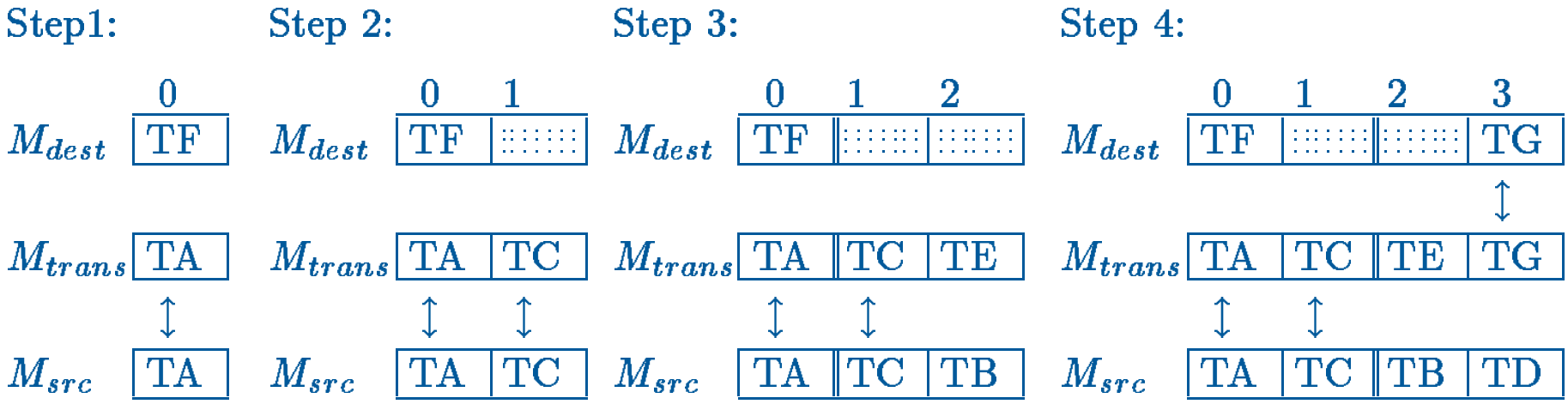
  in Multi-Mode Problem.
- Traversiere alle Graphen aller Modi parallel:
  - „Zum Zeitslot x, aus Tasks A, B, D wähle A zur Ausführung in Modus M_0 und aus Tasks E, C wähle C zur Ausführung in Modus $M1$“.
  - Finde individuellen Schedule für jeden Modus
  - Tritt Task in verschiedenen Modi auf, soll er zur gleichen Zeit geplant werden $\rightarrow$ Umschaltung ohne Mehraufwand

Betriebsmodi nach Gerhard Fohler III

- Single-Mode Schedule für M_{src}:



- Multi-mode Schedule für alle Modi:



Echtzeit-Anwendungen: Betrachtete Beispiele

- GAP — Generic Avionics Platform: Systementwurf für ein Echtzeitsystem zur Steuerung eines Militärflugzeuges
- Steuer- und Diagnosesysteme in Fahrzeugen

GAP — Generic Avionics Platform

aus: C. Douglas Locke, David R. Vogel und Thomas J. Mesler: Building a Predictable Avionics Platform in Ada: A Case Study

IEEE RTSS 1991

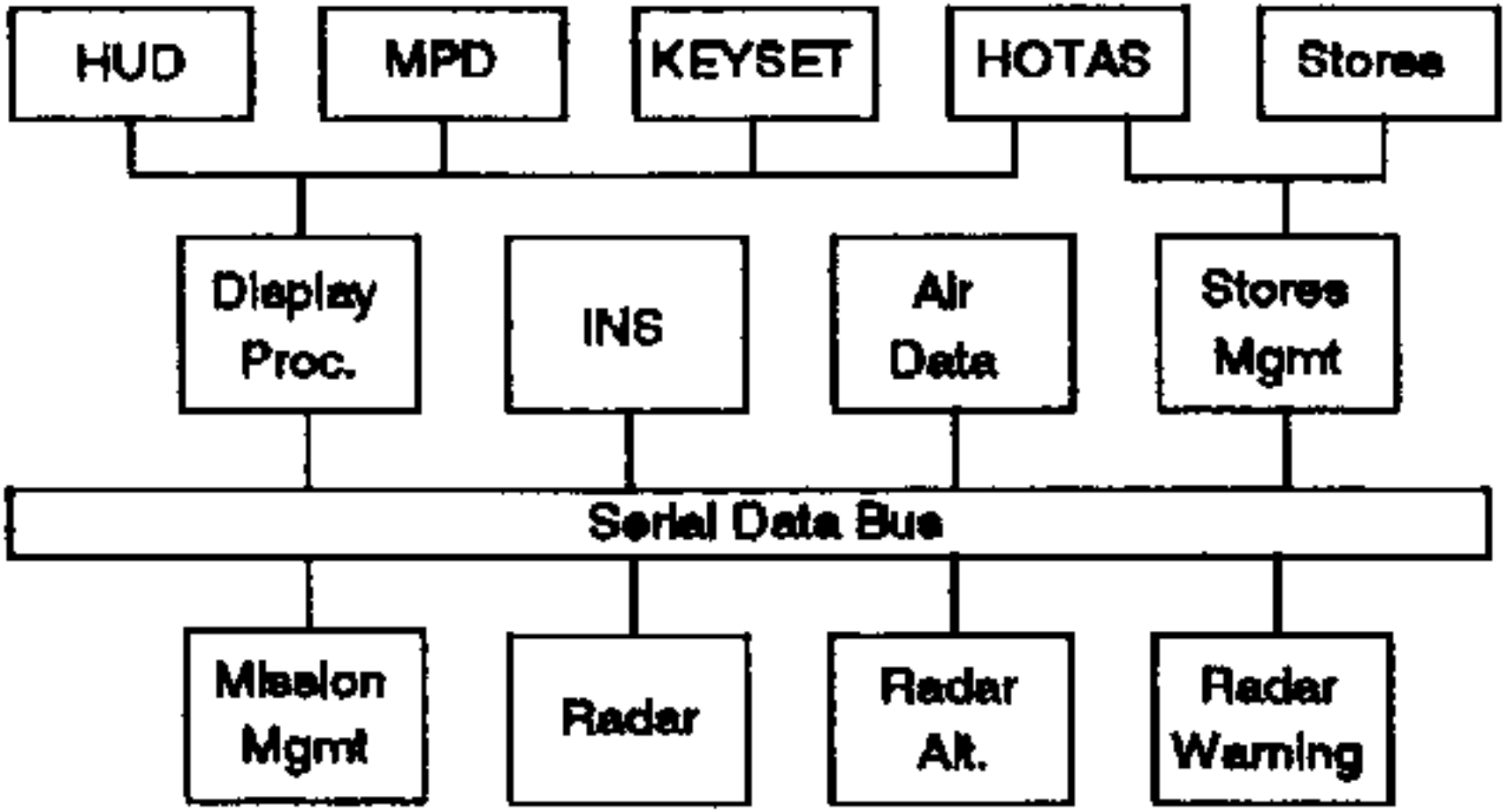
Ziele:

- Anwendung von RMS auf ein existierendes RT-Problem
- Benutzung moderner Software-Engineering-Methoden
  - Information Hiding (Encapsulation)
  - Separation of Concerns
- Benutzung von ADA-Tasking
- Erzielen einer hohen Auslastung

GAP — Generic Avionics Platform

- GAP ist ein Modell eines Flugzeug-Missions-Computer-Systems
- Identisch zu existierenden US-Navy Flugzeugen nach der *Generic Avionics Software Specification*
- Modelliert das Missionsprogramm in
  - Timing
  - Komplexität
  - Datenabhängigkeiten
  - Funktionalität, soweit erforderlich für
    - Einhaltung von zeitlichen Anforderungen
    - robustes Softwaredesign

GAP – Block Diagramm



GAP — Systeme

- Navigation: berechnet Position, Flughöhe und Geschwindigkeiten
- Radar Kontrolle: liefert Zielpositionen
- Radar Warnsystem
- Waffen-Steuerung
- Display: aktualisiert die Informationen für den Piloten
- Tracking: aktualisiert Informationen über das Ziel
- Test
- Datenbus: ermöglicht Kommunikation zwischen dem Mission Control Computer (MCC) und externen Systemen

GAP — Zeitanforderungen I

- Navigation
  20 hz Frequenz auf Basis der erforderlichen Genauigkeit (bei Mach 2 30 m Flugstrecke in 50 ms)
- Display
  100 ms auf Basis der menschlichen Wahrnehmung, 65 ms, wenn kontinuierlich erscheinen soll
- Ballistische Berechnungen
  5 ms für Genauigkeit auf Basis von Geschwindigkeiten der verschiedenen Flugkörper
- Sensorsteuerung
  angepaßt an Hardware: 10 Hz für Radar, mehr als 1 KHz für elektromagnetische Beobachtung

GAP — Zeitanforderungen II

Table 1. GAP Timing Requirements

System	*Subsystem*	*Periodicity or Response Time (ms.)*	*E*	*U*
Display	Status Update	200	3	1.50
	Keyset	200	1	0.50
	Hook Update	80	2	2.50
	Graphic Display	80	9	11.25
	Stores Update	200	1	0.50
RWR	Contact Mgmt.	25	5	20.00
Radar	Target Update	50	5	10.00
	Tracking Filter	25	2	8.00
NAV	Nav Update	59	8	13.56
	Steering Cmds	200	3	1.50
	Nav Status	1000	1	0.10
Tracking	Target Update	100	5	5.00
Weapon	Weapon Protocol	A 200	1	0.50
	Weapon Release	A 200*	3	1.50
	Weapon Aim	A 50	3	6.00
BIT	Equ. Status Update	1000	1	0.10
Data Bus	Poll Bus Devices	40	1	2.50

GAP — Datenabhängigkeiten I

Table 2. GAP Data Flow

System	*Subsystem*	*Input*	*Output*
Display	Status Update	all	DB
	Keyset	DB	all
	Hook Update	DB	
	Graphic Display	all	DB
	Stores Update	W	DB
RWR	Contact Mgmt.	DB,N,K, W	D,DB,T
Radar	Target Update	DB,N,K	D,T,DB
	Tracking Filter	DB,N	D,T,DB
NAV	Nav Update	DB,K,R	R,T,DB, W,D,RW
	Steering Cmds	D	D
	Nav Status	DB	D
Tracking	Target Update	N,DB,K, R,RW	D,W
Weapon	Weapon Protocol	K	DB
	Weapon Aim	N,T	DB,D
	Weapon Release	n/a	DB
BIT	Equ. Status Update	n/a	D
Data Bus	Poll Bus Devices	all	n/a

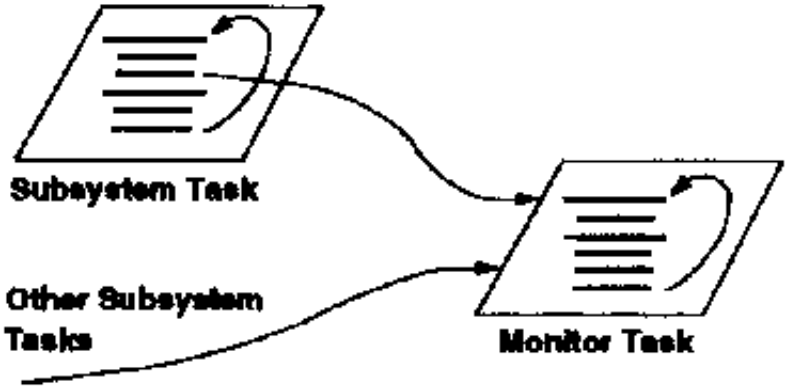
LEGEND

B = BIT Status D = Display DB = Data Bus
K = Keyset N = Nav R = Radar
RW = RWR T = Tracking W = Weapon

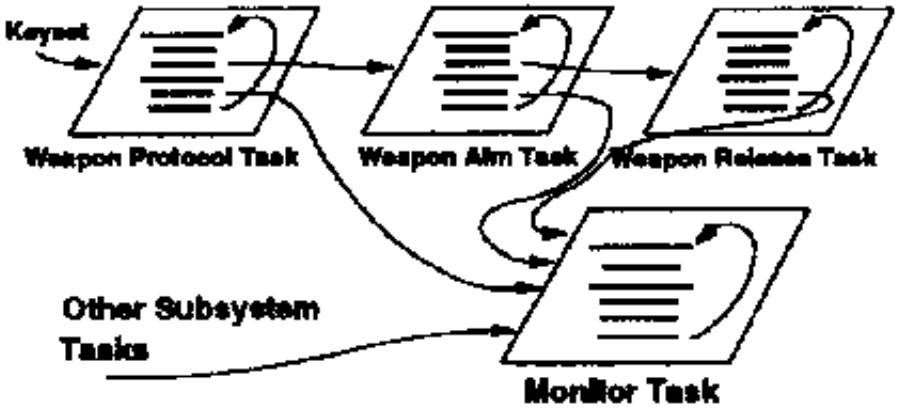
GAP — Datenabhängigkeiten II

- Keine gemeinsamen Daten zwischen Subsystemen ("separation of concerns")
- Benutzung eines separaten Daten-Managers pro Subsystem
- Daten-Manager speichert Daten des Subsystems
- Daten-Manager behandelt Transfers zu anderen Subsystemen
- Benutzung von Priority Ceiling, um Prioritäts-Invertierungen zu verhindern
- Ausnahme: Waffen-System als aperiodischer Vorgang: Tasks der Waffensteuerung sind nur aktiv, wenn Waffensteuerung aktiviert wurde

GAP — Datenabhängigkeiten III



Typical GAP System



Weapon System

GAP — Task Set

Table 3. GAP Task Set Characteristics

Task	*Priority (PCP)*	*Period (ms)*	*Exec. Time (ms)*	*Util. (%)*
Timer_Interrupt	101	1.00	0.051	5.10
Weapon_Release	98	200.00	3.000	1.05
Radar_Tracking_Filter	84	25.00	2.000	8.00
RWR_Contact_Mgmt	72	25.00	5.000	20.00
Data_Bus_Poll_Device	68	40.00	1.000	2.50
Weapon_Aiming	64	50.00	3.000	6.00
Radar_Target_Update	60	50.00	5.000	10.00
Nav_Update	56	59.00	8.000	13.56
Display_Graphic	40	80.00	9.000	11.25
Display_Hook_Update	36	80.00	2.000	2.50
Tracking_Target_Upd	32	100.00	5.000	5.00
Weapon_Protocol	28	A	1.000	
Nav_Steering_Cmds	24	200.00	3.000	1.50
Display_Stores_Update	20	200.00	1.000	0.50
Display_Keyset	16	200.00	1.000	0.50
Display_Stat_Update	12	200.00	3.000	1.50
BET_E_Status_Update	8	1000.00	1.000	0.10
Nav_Status	4	1000.00	1.000	0.10
Total Utilization (w/o Timer_Interrupt task)				*84.06*

GAP — Ergebnisse

18 Tasks, Gesamtlast $0.8406 > 18\left(2^{\frac{1}{n}} - 1\right) = 0.70666$

Time Demand Analysis:

- Die acht höchstprioren Tasks halten immer ihre Deadlines ein
- Zwei mittelpriore Tasks verpassen ihre Deadlines
  - dennoch: niederpriore Tasks halten Deadlines ein!
  - Ursache: kurzzeitige Überlastsituationen durch aperiodische Tasks
  - Abhilfe: Diese Situation tritt nur theoretisch auf durch sich aufgrund der Anwendungslogik ausschließende Tasks (Weapon_Aim und Weapon_Release)

Beispiel: Steuer- und Diagnosesysteme in Fahrzeugen

- Elektronik in Fahrzeugen hat sich in den letzten Jahren immer weiter entwickelt durch
  - Neue Anforderungen: ABS, Airbags, ESP, ...
  - Integration verschiedener Systeme
  - Kostenersparnis trotz neuer Funktionen
  - Kostenersparnis durch Übergang Mechanik zu Elektronik
- Vorteil: Komplexe elektronische Baugruppen als Blackbox, “einfacher” Service
- Nachteil: Service-Personal ist ungeachtet erweiterter Möglichkeiten “überfordert”

Evolution eines KFZ-Systems

- Elektrische Verkabelung ohne jede Elektronik, Steuerungen elektromechanisch
- Vereinzelte Benutzung elektronischer Baugruppen (Zündung, Radio)
- Komplexere Einzelsysteme
- Zusammenfassung von Einzelsystemen (Zündung + Einspritzung + Abgasreglung = Motorsteuergerät)
- Aufbau von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen einzelnen Systemen (Beispiel: Motorsteuerung zu Instrumenten)
- Diagnosemöglichkeiten für komplexere Einzelsysteme
- Diagnosemöglichkeiten für alle Systeme zusammen (VAG: K-Signal)
- Datenbus zur Verbindung von Steuergeräten (VAG: CAN)
- Vereinheitlichung auf ein Bus-System (VAG: CAN)

Echtzeit-Probleme

- "Mischung" von verschieden kritischen Tasks in System-Komponenten oder Kommunikationssystemen erfordert
  - Saubere Trennung
  - Nichtbeeinflußung der kritischen Tasks durch unkritische
- Architekturunterstützung für "Komponierbarkeit"
  - Einfaches Hinzufügen und Entfernen von Komponenten (Komposition)
  - Vorhersagbares zeitliches Verhalten bei Kompositionen

Beispiel: VAG-Diagnose I

```
----------------------------------------

038906018FB 1.9l  R4 EDC G000SG  2170
Codierung 00005                  WSC 06402

 kein Fehler erkannt

----------------------------------------

1J0907379AF ASR    20 IE CAN     0001
Codierung 13404                  WSC 00001

 kein Fehler erkannt
```

Beispiel: VAG-Diagnose II

```
6K0035186C   Radio GR0              1V32
Codierung 00403                  WSC 06402

 3 Fehler erkannt

00855  049
Verbindung zum CD-Wechsler keine Kommunikation

00856  036
Antenne, am Radio Unterbrechung

01465  049
Signalleitung vom Kombiinstrument keine Kommunikation
```