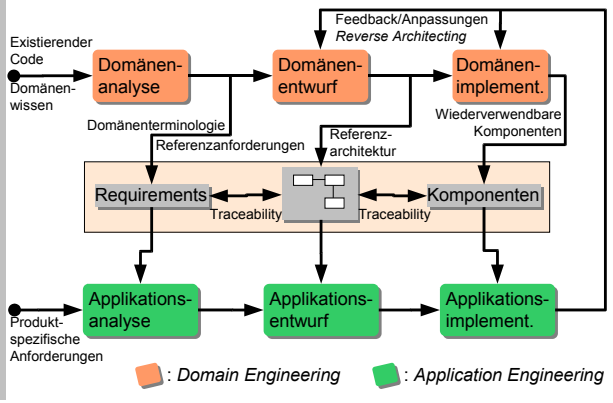
Betriebssystemtechnik

Operating System Engineering (OSE)

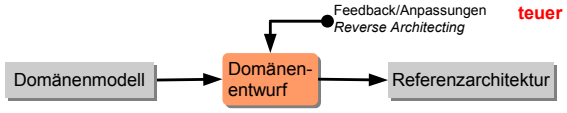
Domänenentwurf und Referenzarchitektur

Software-Produktlinienentwicklung



Referenzprozess für die Software-Produktlinienentwicklung [1]

Domänenentwurf



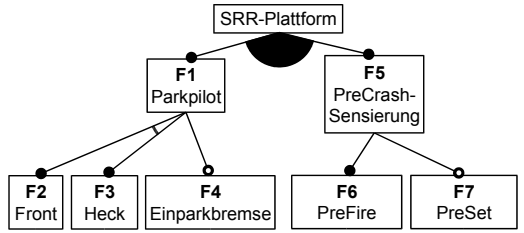
- **Analyse**
  - Identifikation der Architekturtreiber, Mechanismen und Sichten
- **Modellierung**
  - Architekturdokumentation mit Variationspunkten
- **Evaluierung**
  - Erkennen von Risiken in den Entwurfsentscheidungen

In Anlehnung an das Modell zur Architekturentwicklung aus [1].

Beispielprojekt

- Fahrerassistenz durch *Short Range Radar* (SRR) [1]

Merkmaldiagramm: **Robert Bosch GmbH, SRR-Plattform**



F3 und **F5** schließen sich aus

F8 Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung

F9/F10 Anzahl und Position der Sensoren

Analyse: Architekturtreiber

- architekturrelevante Anforderungen
  - wenige im Vergleich zur Gesamtmenge der Anforderungen
  - häufig „nicht-funktionale Eigenschaften“

Architekturtreiber: **Robert Bosch GmbH, SRR-Plattform**

- **Konfigurierbarkeit:** Bestimmte Ausprägungen und Kombinationen der Assistenzfunktionen Parkpilot und PreCrash-Sensierung sollen als Varianten der SRR-Plattform realisierbar sein.
- **Integrierbarkeit:** Produkte der SRR-Plattform sollen kompatibel zu den KFZ-Elektronik-Infrastrukturen im Zielmarkt sein (CAN Bus, ..., begrenzter Bauraum).
- **Performanz:** Parkpilot und PreCrash-Sensierung sollen gleichzeitig nutzbar sein.

Analyse: Entwurfsmechanismen

- Ermitteln geeigneter Mechanismen für die Umsetzung der Architekturtreiber
- Auswahl erprobter Lösungen für Entwurfsprobleme, z.B.:
  - **Schichten:** Anordnung von Aufgaben in Ebene unterschiedlicher Abstraktionsebene
  - **Pipes and Filters:** Am Datenfluss orientierte Architektur bestehend aus Operationen, die Datenströme bearbeiten
  - **Model-View-Controller:** Zerlegung interaktiver Systeme in drei Hauptkomponenten: (1) Verwaltung der Daten, (2) Visualisierung, (3) Behandlung der Eingaben
  - **Blackboard:** Mehrere unabhängige Komponenten arbeiten auf Basis einer zentralen Datenstruktur indirekt zusammen
- Entwurfsmechanismen/-muster werden **unter Beachtung der Architekturtreiber** gewählt und ggf. kombiniert.

Analyse: Architektursichten

- relevante Darstellungen der Architektur definieren
- Sichten ergeben sich anhand der Architekturtreiber
  - **Performanz:** Darstellung mit Hilfe von Prozessen und Interprozesskommunikation (dynamischer Gesichtspunkt)
  - **Korrektheit, Testbarkeit:** Benutzt-Hierarchie
  - **Konfigurierbarkeit:** funktionale Hierarchie, Visualisierung der Konfigurationspunkte
  - ...

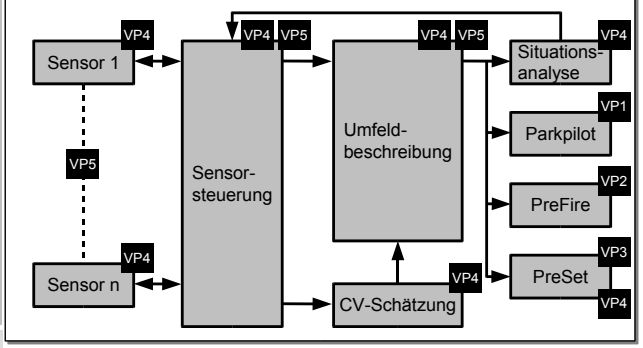
Modellierung

- Treffen von **Entwurfsentscheidungen**
  - unter Beachtung der Architekturtreiber und anderer Anforderungen
- Anwendung der Entwurfsmechanismen
  - schrittweise Verfeinerung
- Bearbeitung in **allen** relevanten Architektursichten
- Erstellung der Architekturdokumentation

Beispielprojekt - Architektur

- „Logische Sicht“ auf die SRR-Plattform

Referenzarchitektur: **Robert Bosch GmbH, SRR-Plattform**



Beispielprojekt – Treiber-Realisierung

- Konfigurierbarkeit
  - Minimierung von Abhängigkeiten durch Modularisierung
- Integrierbarkeit
  - Realisierung der Komponenten mit Standard CAN Schnittstellen
  - Minimierung der Sensoranzahl durch Nutzung für verschiedene Funktionen (Bauraumproblematik, auch Performanz)
- Performanz
  - Parallelverarbeitung durch Verteilung auf eine Plattform- und n Sensor-ECUs
  - Nutzung von Nebenläufigkeit durch *Time Sharing*-Betrieb

Beispielprojekt – Variationspunkte

- explizite Dokumentation der Variabilität

Variationspunkte: **Robert Bosch GmbH, SRR-Plattform**

Merkmal	Variationspunkt	Verantwortlichkeit
F1	VP1	Einbinden Komponente Parkpilot
F6	VP2	Einbinden Komponente PreFire
F7	VP3	Einbinden Komponente PreSet
F8	VP4	Konfigurierung des CV-Modus
F9, F10 (F2,F3)	VP5	Konfigurierung von Sensoranzahl und -positionen

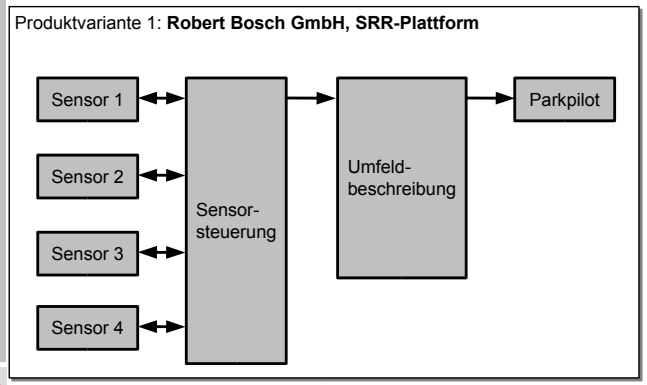
- VP4 und VP5 sind besonders interessant
  - betreffen den inneren Aufbau der logischen Komponenten
  - wirken sich auf mehrere Komponenten aus („querschneidend“)

Evaluierung

- Festlegung von **Evaluierungsszenarien**
  - unter Beachtung der Architekturtreiber und anderer Anforderungen
  - kritische Anwendungsfälle, z.B. Volllastbetrieb, Fehlerfälle
  - Migrationspfad zur nächsten Produktgeneration
- Identifikation der betroffenen Komponenten pro Szenario
- Suche nach nicht umgesetzten Anforderungen
- Suche nach möglichen Risiken durch Szenario- und Qualitätsmerkmalspezifische Fragen
  - Welche Bedingung oder Ereignisse beeinflussen die Systemperformanz? Wie reagiert das System darauf?

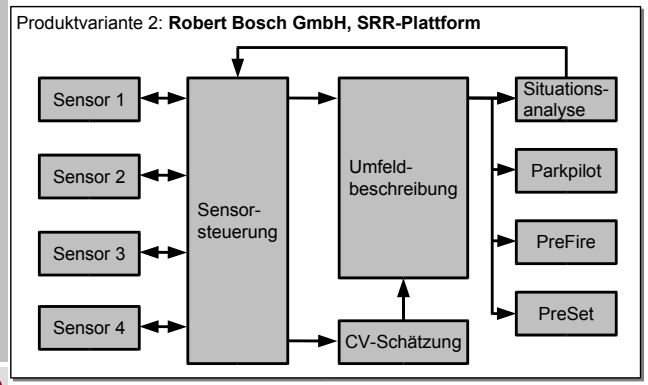
Beispielprojekt – Produkt 1

- Parkpilot Heck: F1, F3



Beispielprojekt – Produkt 2

- Parkpilot und PreCrash-Sensierung: F1, F2, F5, F6, F7



Domänenentwurf - Zusammenfassung

wichtig ist, ...

- sich über die Architekturtreiber klar zu werden
- alternative Entwurfsmechanismen bzw. Architekturen abzuwägen (keine Dogmen!)
- die Variationspunkte explizit zu beschreiben
- durch geeignete Modularisierung Abhängigkeiten (insbesondere Zyklen) zu minimieren

Betriebssystemtechnik

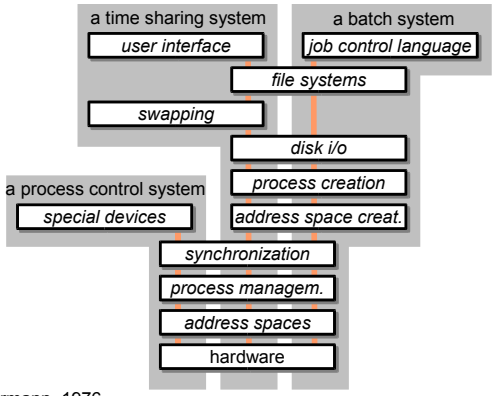
Operating System Engineering (OSE)

Architektur von Betriebssystemfamilien

Architekturtreiber für BS-Familien

- Konfigurierbarkeit
  - geringer Konfigurationsbedarf **innerhalb** der Komponenten
  - große Variabilität (viele Alternativen)
  - feine Granularität (in kleinen Stufen Funktionen weglassen können)
- minimaler Ressourcenverbrauch
- keine Voraussetzungen hinsichtlich Infrastruktur
  - z.B. keine Interprozesskommunikation
- Beherrschung der Komplexität durch Abstraktion
- ? Echtzeitfähigkeit ?
- ? Fehlertoleranz ?

Beispiel – FAMOS [2]



Habermann, 1976

Familienbasierter Entwurf (1)

- die Grundlage von FAMOS

> *„Rather than write programs that perform the transformation from input to output data, we design **software machine extensions** that will be useful in writing many such programs.“*

D. L. Parnas [3]

Familienbasierter Entwurf (2)

- **„minimal subset of system functions“**
  - allgemeine Funktionen, die von den weiter spezialisierten Varianten benötigt werden
  - implementieren Mechanismen in Form fundamentaler Grundbausteine
- **„minimal system extensions“**
  - Verwendung, Spezialisierung oder Anpassung der fundamentalen Systemfunktionen
  - Kapselung der strategischen und anwendungsspezifischen Entwurfsentscheidungen
  - Schrittweise bottum-up entwickelt, aber top-down getrieben
- ***„decisions which restrict the family are postponed as far as possible“*** [2]

Familienbasierter Entwurf (3)

- **Pro:**
  - Konfigurierung durch Weglassen
  - feingranulare Konfigurierbarkeit
- **Contra:**
  - viel Erfahrung und Weitblick nötig
  - „minimale“ Erweiterungen erfordern viel Geduld
    - modernere Ansätze versuchen, auch **zu viel an Variabilität** zu vermeiden
  - konfigurierbare Funktionen werden nicht berücksichtigt
  - querschneidende Belange und nicht-funktionale Eigenschaften lassen sich nicht darstellen

Hierarchien im Systementwurf

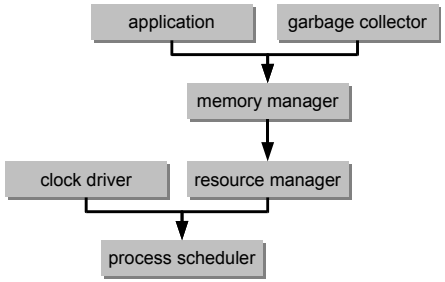
- Mehrere recht verschiedene Hierarchien können beim Entwurf relevant sein:
  - **Modul-Hierarchie**
  - **funktionale Hierarchie**
  - **Benutzt-Hierachie**
- Relevanz hängt von der Architektursicht ab
- Untersuchung anhand eines gemeinsamen Beispiels

Fallstudie – BS Speicherverwaltung

- zur Vereinfachung besteht unser Beispielsystem nur aus sehr groben Systemkomponenten:
  - **garbage collector** (system thread): sucht nach reserviertem, aber unbenötigtem Speicher und gibt diesen frei
  - **memory manager**: verwaltet die Freispeicherliste, reserviert Speicher auf Anforderung, ordnet reservierten Speicher Prozessen zu
  - **resource manager**: stellt Synchronisation mit Semaphoren zur Verfügung
  - **process scheduler**: verwaltet die Ready-Liste, stoppt, verdrängt und aktiviert Prozesse auf Anforderung
  - **clock driver**: erlaubt den Entzug der CPU nach Ablauf einer Zeitscheibe

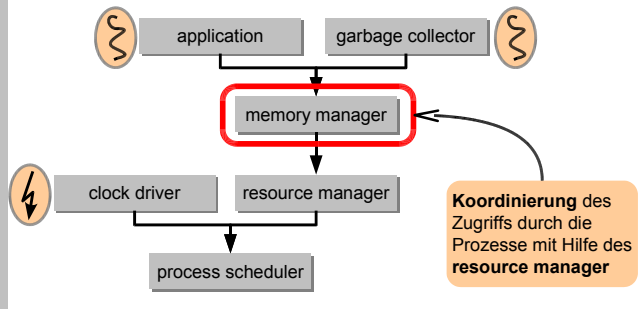
Modul-Hierarchie (1)

- Kanten sind die Aufrufbeziehungen zwischen Modulen
  - (Kapselung für Zustand und dazugehörige Operationen)



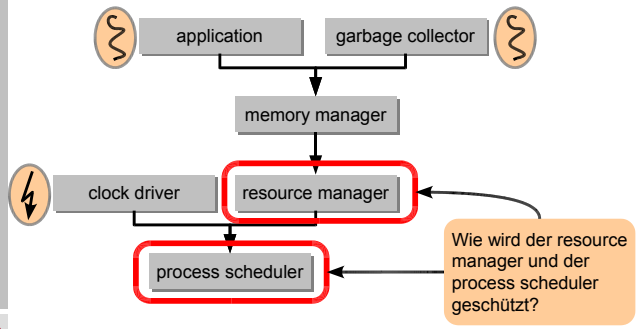
Modul-Hierarchie (1)

- Kanten sind die Aufrufbeziehungen zwischen Modulen
  - (Kapselung für Zustand und dazugehörige Operationen)

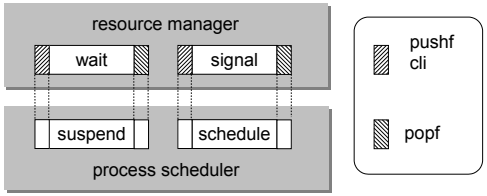


Modul-Hierarchie (1)

- Kanten sind die Aufrufbeziehungen zwischen Modulen
  - (Kapselung für Zustand und dazugehörige Operationen)



Modul-Hierarchie (2)



- Obwohl die Unterbrechungssynchronisationsfunktion sehr wichtig ist, wird sie nicht dokumentiert
- „logische Funktionen“ fehlen in der Modul-Hierarchie, wenn sie nicht als „technische Funktionen“ realisiert sind

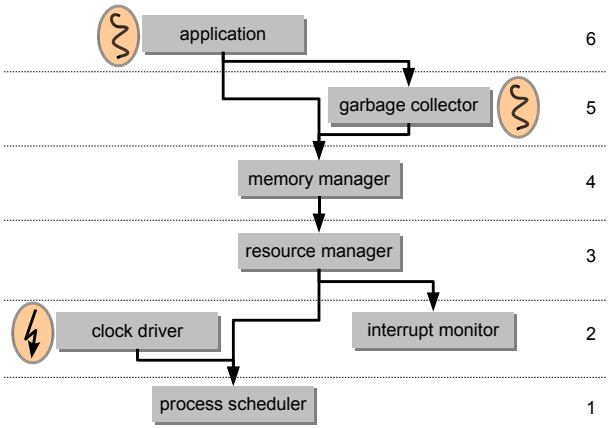
Funktionale Hierarchie (1)

- beschreibt funktionale Abhängigkeiten zwischen den Systemkomponenten
  - logische Beziehung statt Aufrufbeziehung
  - Strukturen sind unter Umständen nur im Entwurf sichtbar
    - *„It is the system design which is hierarchical, not its implementation“* [2]
- der Entwurf abstrahiert von der Funktionsimplementierung
  - „Funktionen“ können z.B. Prozesse, Module, Prozeduren oder Makros sein
  - die technische Realisierung der Funktionen könnte sogar konfigurierbar sein
- **alle** (logischen) Funktionen werden in der funktionalen Hierarchie erfasst

Funktionale Hierarchie (2)

- Unterteilt das System in Ebenen
  - es werden keine Aussagen über die Interaktion zwischen den Ebenen gemacht
  - Ebenen und Module sind prinzipiell unabhängige Konzepte
- die Ebene 0 repräsentiert die Funktionen der Hardware
- jede weitere Ebene 1 – n fügt eine neue virtuelle Hardware hinzu
- jede Ebene besteht aus statisch bekannten Funktionen
- alle Funktionen der Ebenen 0 – i sind in den darüber liegenden Ebenen j, mit i < j <= n, bekannt

Funktionale Hierarchie (3)

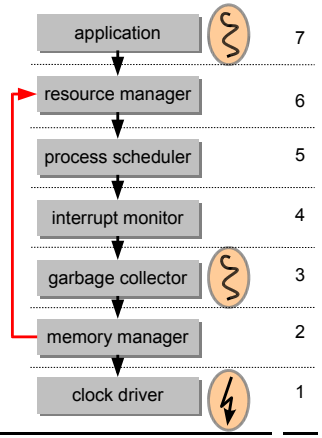


Benutzt-Hierarchie (1)

- beschreibt die Abhängigkeiten zwischen den (logischen) Funktionen hinsichtlich **Korrektheit**
- „A benutzt B“ bedeutet hier, dass die „Korrektheit von A von der Verfügbarkeit einer korrekten Implementierung von B abhängt“
  - dazu ist kein Aufruf nötig, z.B. bei Frameworks oder Interrupts
- da Korrektheit von der Implementierung **und der Spezifikation** abhängt, tut dies auch die benutzt-Relation
  - trotz eines Aufruf benutzt A B nicht, wenn z.B. A trotz inkorrektem B immer seine Spezifikation erfüllt

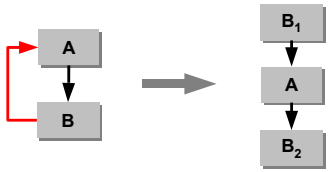
Benutzt-Hierarchie (2)

- Ebene 4: der *interrupt monitor* muss die Integrität der krit. Abschnitte der höheren Ebenen sicherstellen
- Ebene 2 u. 3: könnten „versehentlich“ aktive Speicherinhalte zerstören
- Ebene 1: der *clock driver* muss den Prozessorzustand wiederherstellen
- der **Zyklus** muss aufgelöst werden



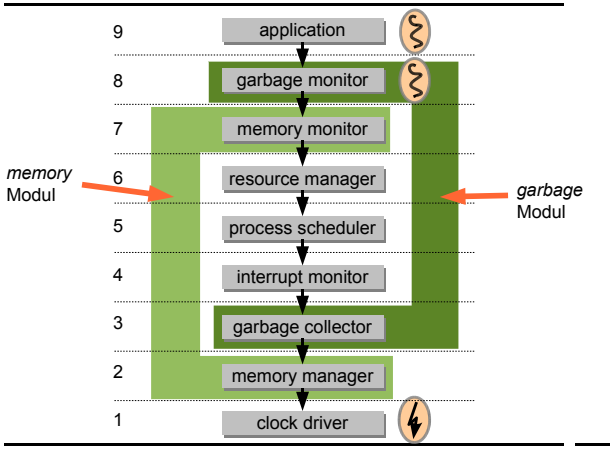
Sandwiching

- Zyklische Benutzt-Relationen können durch Aufteilen einer der beiden Funktionen aufgelöst werden



- *memory manager* wird *memory manager* & ***memory monitor***
- *garbage collector* wird *garbage collector* & ***garbage monitor***

Benutzt-Hierarchie mit Sandwiching



Zusammenfassung

- für eingebettete Betriebssystemfamilien bieten sich aufgrund der nötigen Konfigurierbarkeit geschichtete Architekturen an
- je nach Architektursicht sollten man eine Benutzt- oder funktionale Hierarchie erarbeiten und daraus die Modul-Hierarchie ableiten
  - Sandwiching hilft, Zyklen aufzulösen
- querschneidende Belange und nicht-funktionale Eigenschaften nicht direkt erfasst
- es gibt einen *trade off* zwischen Entwicklungsaufwand und Variabilität der Systemplattform

Ausblick

- Vertiefung der Modularisierungproblematik in Bezug auf „querschneidende Belange“
  - AspectC++ in Vorlesung und Übung
- Durchführung eines (Sub-)Domänenentwurfs in der Übung
- Untersuchung verschiedener Techniken zur Umsetzung von Variabilität in der Implementierung der Komponenten
  - „Domänenimplementierung“

Literatur

[1] G. Böckle, P. Knauber, K. Pohl, K. Schmid (Hrsg.). *Software-Produktlinien*. dpunkt.verlag, 2004. ISBN 3-89864-257-7.

[2] A. N. Habermann, L. Flon, and L. Cooprider. *Modularization and Hierarchy in a Family of Operating Systems*. Communications of the ACM, 19(5):266-272, 1976.

[3] D. L. Parnas. *Designing Software for Ease of Extension and Contraction*. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-5(2):128-138, 1979.