Betriebssystemtechnik

Operating System Engineering (OSE)

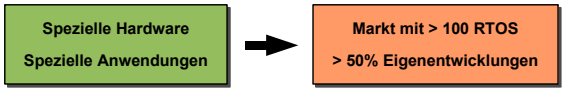
Zusammenfassung und Ausblick

Überblick

- Zusammenfassung: Software-Produktlinien
  - Prinzipien
  - Methoden
  - Werkzeuge
- Herausforderungen für die Zukunft
  - Automatische Konfigurierung
  - Kombination und Integration
  - Beherrschbarkeit nicht-funktionaler Eigenschaften
- CiAO

Motivation

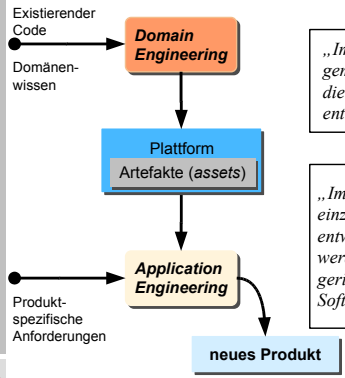
Betriebssysteme für eingebettete Systeme



- „das Rad wird neu erfunden“
  - auch die selben Fehler werden wiederholt
- oftmals bietet **ein** BS Hersteller **mehrere** Systeme an
  - mit getrennter Code-Basis
  - getrieben durch die speziellen Anforderungen seiner Kunden

Software-Produktlinien (Software-PL)

Organisierte Wiederverwendung durch die **aktive** Gestaltung einer gemeinsamen Plattform für aktuelle und künftige Produkte



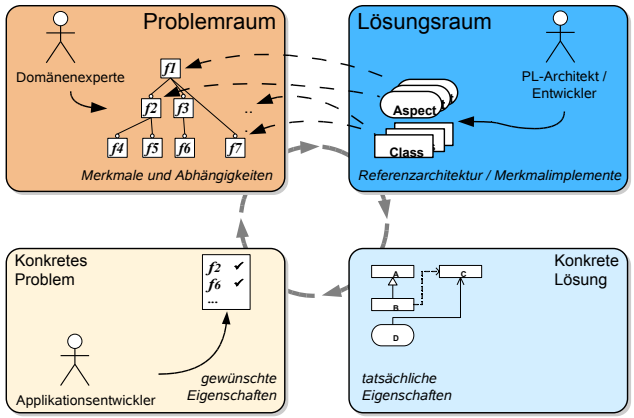
*„Im **Domain Engineering** werden die gemeinsamen und variablen **Artefakte**, die Bestandteile der **Plattform,** entwickelt.“*

[1]

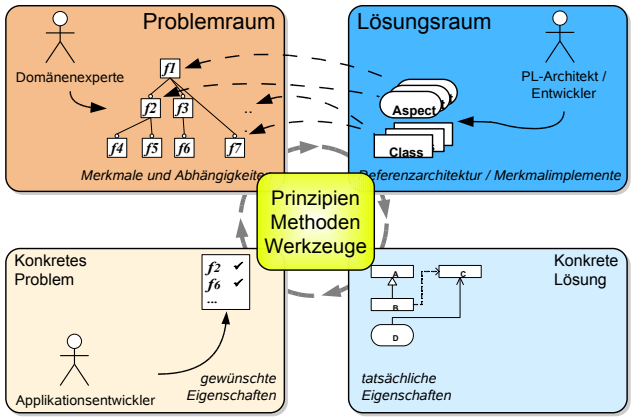
*„Im **Application Engineering** werden einzelne **Produkte** der Produktlinie entwickelt bzw. abgeleitet. Die Produkte werden [...] konfiguriert, so dass nur in geringem Maße produktspezifische Softwareentwicklung notwendig wird.“*

[1]

Überblick: Software-Produktlinien

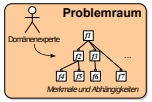


Überblick: Software-Produktlinien

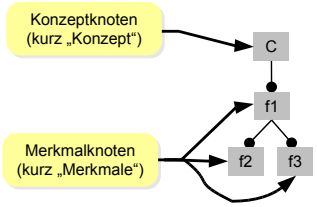


Beschreibung des Problemraums

Merkmalmodell (*feature model*) [2]

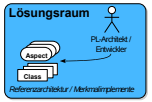


- Gerichteter, azyklischer Graph
- Beschreibt die möglichen ***Ausprägungen*** eines ***Konzepts*** anhand von ***Gemeinsamkeiten*** und ***Unterschieden***



Beschreibung des Lösungsraums

Plattform



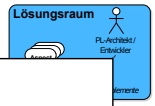
- Komponentenlager / *-framework*
- **Implementierung** der Konzepte und Merkmale

Familienmodell

- **Abbildung** aus Komponentenlager in den Problemraum (von Artefakten auf Merkmale):
  $A \rightarrow M$
- Eventuell über zusätzliche **Transformationen**:
  $(A \times T) \rightarrow M$

Beschreibung des Lösungsraums

Plattform



Problem: Trennung der Belange

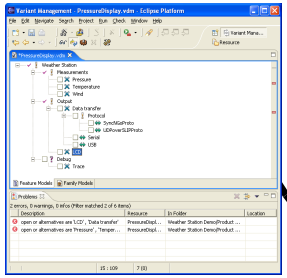
- **Ideal:** Jedes Artefakt ist genau einem Merkmal zugeordnet: $A \rightarrow M$ ist rechtseindeutig
- **Realität:** „`#ifdef`-Hölle“

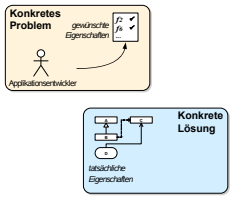
Im Rahmen von „Betriebssystemtechnik“ wurden verschiedenste Werkzeuge und Sprachen betrachtet, die hier Besserung versprechen. Insbesondere AOP mit C++.

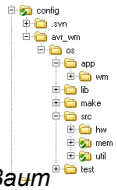
$(A \times I) \rightarrow M$

Konkretes Problem, konkrete Lösung

Merkmalauswahl







Generierter Quellcode-Baum

Bau von Produktlinienkomponenten

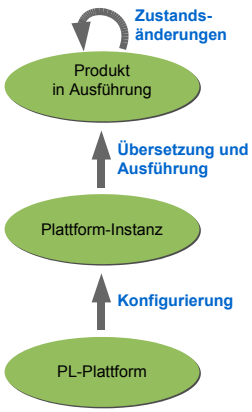
... erfordert **Mechanismen zur Anpassung**

- **Präprozessoren (PP)**
  - XVCL
- **Generatoren (GEN)**
  - pure::variants Klassenaliase
- **Weber, Aspektorientierte Programmierung (AOP)**
  - AspectC++
- **Generische Programmierung (GP)**
  - C++ *Templates*
- **Objektorientierte Programmierung (OOP)**
  - virtuelle Funktionen und Vererbung in C++

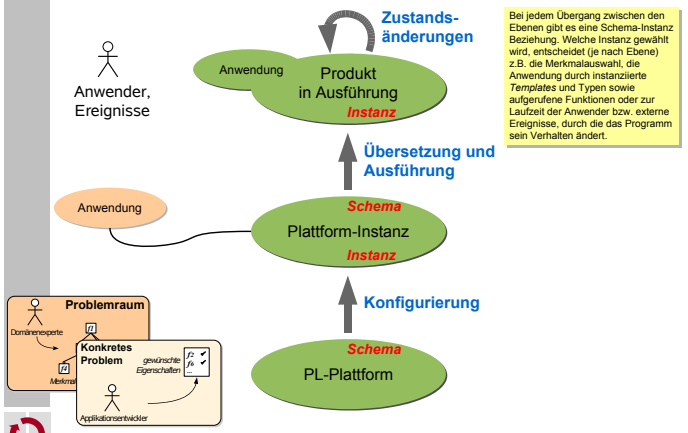
- Was benutzt man wofür?

Welcher Mechanismus ist wofür?

Die Komponenten einer Produktlinienplattform werden konfiguriert, übersetzt und zur Ausführung gebracht. Auf jeder Ebene, auch im laufenden System, gibt es Variabilität und Konfigurierungsentscheidungen.

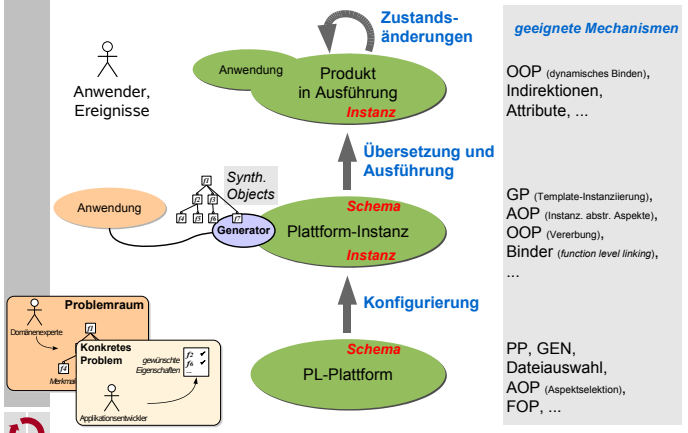


Welcher Mechanismus ist wofür?



Bei jedem Übergang zwischen den Ebenen gibt es eine Schema-Instanz Beziehung. Welche Instanz gewählt wird, entscheidet (je nach Ebene) z.B. die Merkmalauswahl, die Anwendung durch instanziierte *Templates* und Typen sowie aufgerufene Funktionen oder zur Laufzeit der Anwender bzw. externe Ereignisse, durch die das Programm sein Verhalten ändert.

Welcher Mechanismus ist wofür?



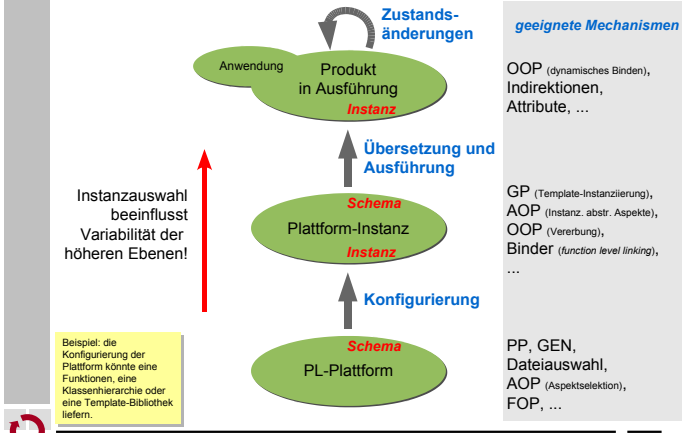
geeignete Mechanismen

OOP (dynamisches Binden), Indirektionen, Attribute, ...

GP (Template-Instanziierung), AOP (Instanz. abstr. Aspekte), OOP (Vererbung), Binder (*function level linking*), ...

PP, GEN, Dateiauswahl, AOP (Aspektselektion), FOP, ...

Welcher Mechanismus ist wofür?



geeignete Mechanismen

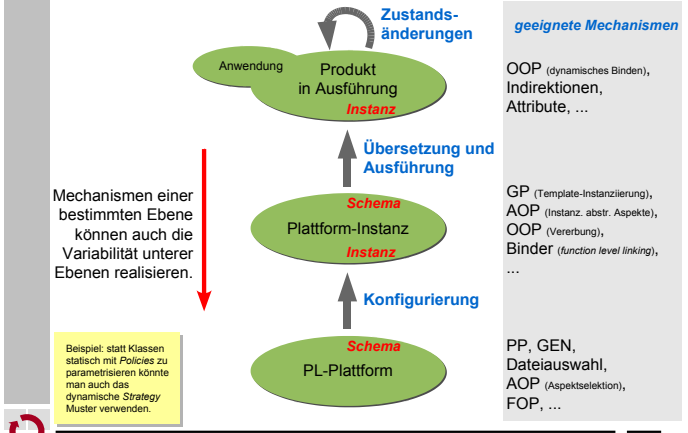
OOP (dynamisches Binden), Indirektionen, Attribute, ...

GP (Template-Instanziierung), AOP (Instanz. abstr. Aspekte), OOP (Vererbung), Binder (*function level linking*), ...

PP, GEN, Dateiauswahl, AOP (Aspektselektion), FOP, ...

Beispiel: die Konfigurierung der Plattform könnte eine Funktionen, eine Klassenhierarchie oder eine Template-Bibliothek liefern.

Welcher Mechanismus ist wofür?



geeignete Mechanismen

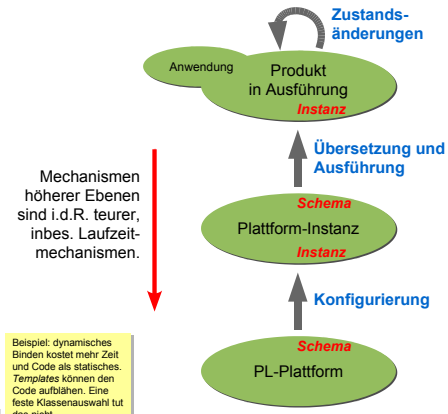
OOP (dynamisches Binden), Indirektionen, Attribute, ...

GP (Template-Instanziierung), AOP (Instanz. abstr. Aspekte), OOP (Vererbung), Binder (*function level linking*), ...

PP, GEN, Dateiauswahl, AOP (Aspektselektion), FOP, ...

Beispiel: statt Klassen statisch mit *Policies* zu parametrisieren könnte man auch das dynamische *Strategy* Muster verwenden.

Welcher Mechanismus ist wofür?



Mechanismen höherer Ebenen sind i.d.R. teurer, inbes. Laufzeit-mechanismen.

Beispiel: dynamisches Binden kostet mehr Zeit und Code als statisches. *Templates* können den Code aufblähen. Eine feste Klassenauswahl tut das nicht.

geeignete Mechanismen

OOP (dynamisches Binden), Indirektionen, Attribute, ...

GP (Template-Instanziierung), AOP (Instanz. abstr. Aspekte), OOP (Vererbung), Binder (*function level linking*), ...

PP, GEN, Dateiauswahl, AOP (Aspektselektion), FOP, ...

Zwischenfazit: Stand der Kunst

... in der **Betriebssystem-Produktlinienentwicklung**

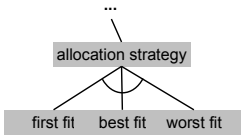
- **Insgesamt: durchaus erfolgreich**
  - OSEK und eCos sind erfolgreiche Beispiele aus dem Bereich eingebetteter Systeme
- **Im Detail: durchaus nicht trivial**
  - es gibt viele Möglichkeiten, Plattformkomponenten zu realisieren
  - grundsätzlich sollte gelten: Konfigurierungsentscheidungen so früh wie möglich treffen (z.B. statisch statt dynamisch)
    - spart Ressourcen und erspart dem Anwender unnötige Komplexität
- **Es bleiben viele Herausforderungen**
  - **(Automatisches) Finden** der optimalen Variante
  - **Komposition** von Produktlinien
  - Konfigurierung **nicht-funktionaler Eigenschaften**

Herausforderung: Finden der optimalen Variante

- Gegeben
  - **Anwendung** (z.B. Steuergerät)
  - Feingranular konfigurierbare **Produktlinie** (z.B. PURE: **~250** konfigurierbare Merkmale)
- Gesucht
  - **Optimale Variante** (=Konfiguration)
  - Entsprechend den Anforderungen der Anwendung

Merkmale der PL oft begrifflich „zu weit entfernt“ von den Anforderungen der Anwendung

Unterschiede nur für „Insider“ erkennbar



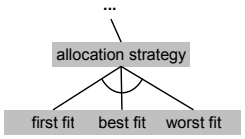
Herausforderung: Finden der optimalen Variante

- Gegeben
  - **Anwendung** (z.B. Steuergerät)
  - Feingranular konfigurierbare **Produktlinie** (z.B.
- Gesu
  - **Optir**
  - Entsp

Ziel: Automatische Merkmalauswahl

Merkmale der PL oft begrifflich „zu weit entfernt“ von den Anforderungen der Anwendung

Unterschiede nur für „Insider“ erkennbar



Herausforderung: Komposition von Produktlinien

Existierende Produktlinien sind Insellösungen

- eng abgesteckte Domäne
- implementierungsnahe Merkmale
- eigene Modellierungssprachen und -konzepte
- eigene Konfigurierungswerkzeuge

Herausforderung: Komposition von Produktlinien

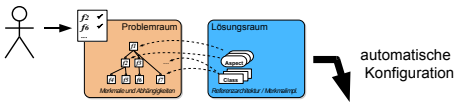
Existierende Produktlinien sind Insellösungen

- eng abgesteckte Domäne
- imple
- eigen
- eigene Konfigurierungswerkzeuge

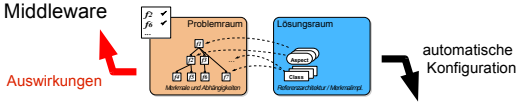
Ziel: Kombinierbare Produktlinien

Szenario: Komposition von Produktlinien

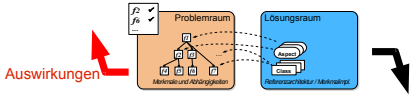
Schicht 3: Anwendungen



Schicht 2: Middleware



Schicht 1: Betriebssystem



Schicht 0: Hardware

...

Herausforderung: nicht-funktionale Eigenschaften

Als **nicht-funktional** werden jene **Eigenschaften** eines Softwaresystems bezeichnet, die nicht den eigentlichen Funktionsumfang betreffen, jedoch beim **Betrieb der Software beobachtbar sind.**

- Performanz
- Ressourcenverbrauch
- Skalierbarkeit
- Vorhersagbarkeit
- Latenz
- ...

Nicht-funktionale Eigenschaften sind...

- **erfolgsbestimmend**
  - TollCollect 1 *funktionierte* prima...
  - oft dominierend über funktionale Eigenschaften
- **emergent**
  - nicht sichtbar auf der Ebene einzelner Komponenten
  - ergeben sich „plötzlich“ aus der Gesamtkomposition
  - ***nicht trennbar*** von der Implementierung funktionaler Belange
  - ***Effekte des Lösungsraum*** ohne Entsprechung im Problemraum
- **nicht direkt konfigurierbar**

Nicht-funktionale Eigenschaften sind...

- **erfolgsbestimmend**
  - TollCollect 1 *funktionierte* prima...
  - dc
- **em**
  - ni
  - er
  - ***ni***
  - ***Ei***
- **nic**

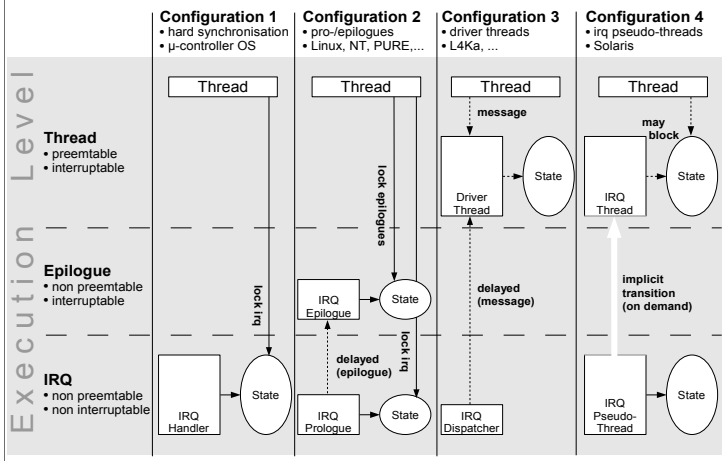
Ansatz: *Indirekte Beeinflussung*

- über Merkmale mit **bekannt positiven** Auswirkungen auf nicht-funktionale Eigenschaften
- über **konfigurierbare Architektureigenschaften**

Rückabbildung in den Problemraum

- Metriken und Heuristiken erforderlich

Beispiel: Interrupt Synchronisation



Architekturneutrales Treibermodell

- Methoden werden Synchronisationsdomänen zugeordnet
  - **synchronized**
    - Methoden sind durch ein Software-Protokoll geschützt
    - Aufruf von der IRQ Ebene kann verzögert werden
    - Aufruf von der *Thread* Ebene erfordert Sperren
  - **blocked**
    - Methoden sind auf der IRQ Ebene geschützt
    - Aufrufe von der *Thread* Ebene erfordern eine IRQ Sperre
  - **transparent**
    - Methoden brauchen nicht geschützt werden
    - von jeder Ebene aufrufbar
- Aspekte fügen die nötigen Synchronisationsaufrufe hinzu!

Beispiel: ein Wecker

```
class Timer {
  ... // state
public:
  void init( long time );
  long get() const;
  void add_event(const EventCallback* cb);
private:
  void tick();
  void process_events();
  void handler() {
    tick();
    process_events();
  }

  // what belongs to which synchronization class
  pointcut int_handler()  = "% Timer::handler()";
  pointcut blocking()     = "% Timer::init(...)"
                            || "% Timer::tick()";
  pointcut transparent()  = "% Timer::get(...)const";
  pointcut synchronized() = "% Timer::%(...)" && !int_handler()
                            && !blocking() && !transparent();
};
```

Harte Synchronisation

```
aspect Configuration1 {
  pointcut block() = Timer::synchronized()
                     || Timer::blocking();
  advice call( block() && !within( block()
         || Timer::int_handler() ) : around() {
    disable_int();
    tjp->proceed();
    enable_int();
  }
};
```

Pro-/Epilogue Modell

```
aspect Configuration2 {
  pointcut block() = Timer::blocking();
  pointcut delay() = Timer::synchronized();

 advice call( block() ) && !within( block()
        || Timer::int_handler() ) : around() {
    disable_int();
    tjp->proceed();
    enable_int();
  }
  advice call( delay() )
        && !within( "% Timer::%(...)" ) : around() {
    lock_epilogues();
    tjp->proceed();
    leave_epilogues();
  }
  advice call( Timer::synchronized() )
        && !within( Timer::synchronized() ) && cflow(
        execution( Timer::int_handler())): around(){
     add_epilog (tjp->action ());
} };
```

Zusammenfassung: Betriebssystem-PL

- Anwendung im Kleinen: Erfolgreich
  - das sollten die Übungen zur Lehrveranstaltung gezeigt haben
- Anwendung im Großen: Viele offene Fragen
  - Variantenvielfalt
  - Beherrschbarkeit nicht-funktionaler Belange
  - Integration und Komposition unterschiedlicher PL
  - ...

Methodisch steht die BS-PL-Entwicklung erst am Anfang!

Mithilfe erwünscht!

Literatur

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

[2] K. Czarnecki und U.W. Eisenecker. *Generative Programming – Methods, Tools, and Applications*. Addison-Wesley, 2000. ISBN 0-201-30977-7.

[3] pure-systems GmbH. *Variantenmanagement mit pure-variants*. Technical White Paper, http://www.pure-systems.com/.