

# Evaluierung und Erprobung von Ansätzen beim modellbasierten Design in Software Produktlinien

Birgit Penzenstadler

15.11.2006

# Inhalt

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

Motivation und Zielsetzung

Software Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

# Motivation und Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Motivation:
  - ▶ Software für Automotive, Projekt MobilSoft (TP 6)
  - ▶ Variantenvielfalt mit SPL und MDA lösen
- ▶ Fragestellung:
  - ▶ Welche Ansätze gibt es? Wieviel können sie?
  - ▶ Wie sieht der konkrete Einsatz aus?
- ▶ Zielsetzung:
  - ▶ Aufstellung der Anforderungen
  - ▶ Einordnung und Bewertung existierender Ansätze
  - ▶ Fallstudie zu ausgewähltem Ansatz

# Software Produktlinien

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Definition SPL
- ▶ Konzept Variabilität
- ▶ Entwicklungsprozess
- ▶ Gewünschter Prozess

# Definition Software Produktlinien

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Menge von Software-intensiven Systemen
- ▶ Gemeinsames Set von Features
- ▶ Bestimmtes Marktsegment
- ▶ Gemeinsame Kernstücke (core assets)
- ▶ Vorgeschriebener Entwicklungsprozess

Quelle: "Software Product Lines: Practices and Patterns" [Clements02]

# Variabilität

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

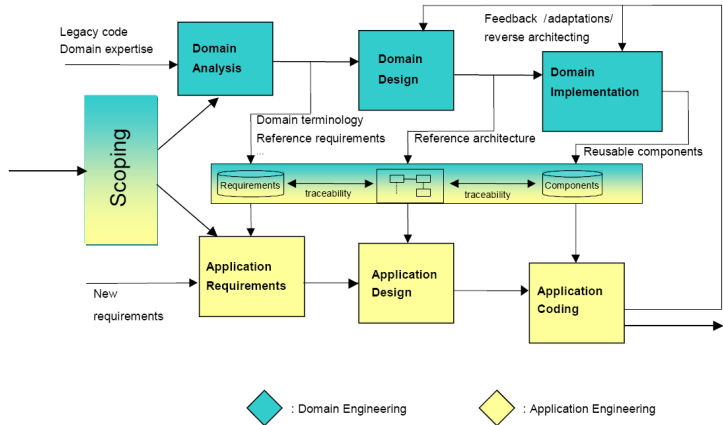
Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Festzuhalten: Was? Warum? Wie?
- ▶ Variationspunkt und Variation
- ▶ Äussere (Problemraum) und innere (Lösungsraum)  
Variabilität
- ▶ Notation inkl. Abhängigkeiten

# Entwicklungsprozess



# Gewünschter Prozess

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

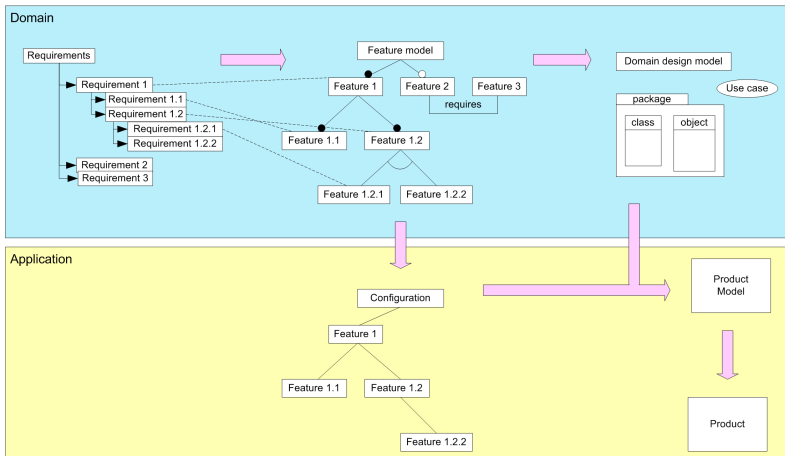
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit





# Existierende Ansätze zur Bewertung

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ EAST ADL
- ▶ FODA and FORM
- ▶ FAST
- ▶ PLUS
- ▶ PuLSE and Kobra
- ▶ COPA
- ▶ QADA
- ▶ Generative Software Development

# EAST ADL

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

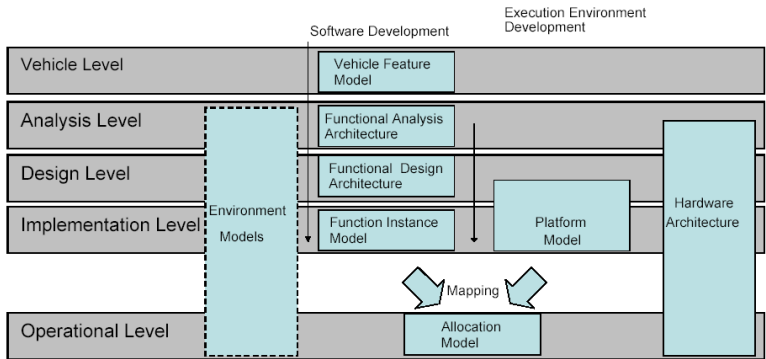
Fazit

- ▶ Origin: ITEA project 00009, Lönn, 2004
- ▶ Embedded Architecture and Software Tools
- ▶ ADL speziell für Automotive, kein Prozess

# EAST ADL: Embedded Architecture and Software Tools Architecture Description Language

Software  
Produktlinien  
  
Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung  
  
Software  
Produktlinien  
  
Ansätze  
  
Fallstudie  
  
Evaluierung  
  
Fazit



# FODA und FORM

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

## ▶ FODA

- ▶ Origin: SEI, Clements, Northrop, 1990
- ▶ Feature-Oriented Domain Analysis
- ▶ Featurebaum Notation

## ▶ FORM

- ▶ Feature-Oriented Reuse Method, 1998
- ▶ Domänen- und Applikationsentwicklung

# FODA: Feature-Oriented Domain Analysis

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzentadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



optional feature



mandatory feature

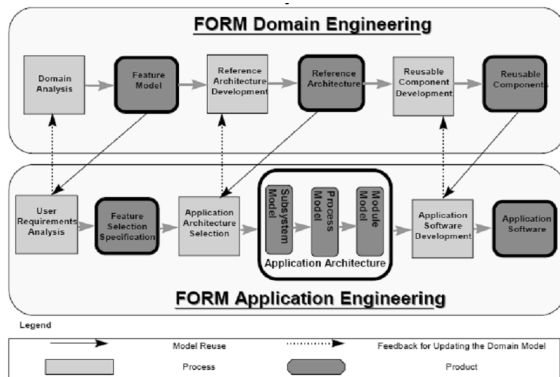


alternative (XOR)



group

# FORM: Feature-Oriented Reuse Method



# FAST

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Origin: AT&T, Weiss, Lai, 1999
- ▶ Family-oriented Abstraction, Specification, and Translation
- ▶ Aktivitäten, Artefakte und Rollen, inkrementell

# FAST: Family-Oriented Abstraction, Specification, and Translation

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

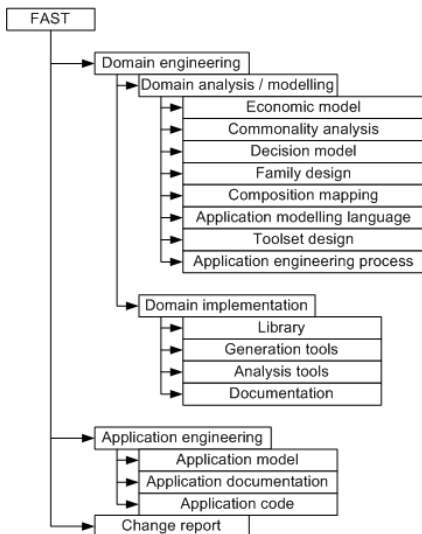
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit





# PLUS

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

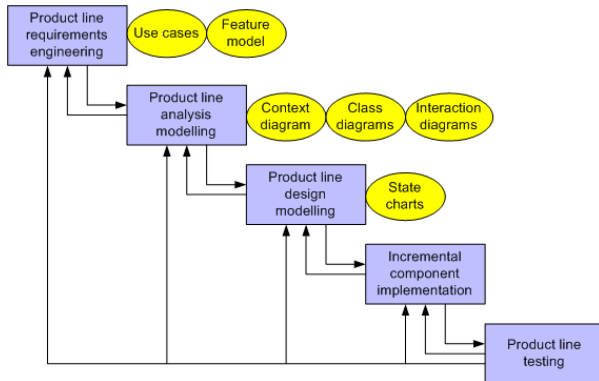
Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Origin: GMU Fairfax, Gomaa, 2004
- ▶ Product Line UML-based Software engineering
- ▶ UML-fokussiert, Design Patterns

# PLUS: Product Line UML-based Software engineering



Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

# PuLSE und KobrA

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

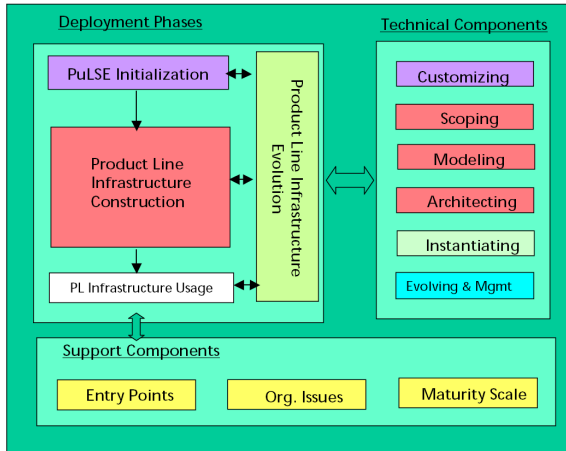
## ▶ PuLSE

- ▶ Origin: Fraunhofer IESE, Muthig, Knauber, ..., 2001
- ▶ Product Line Software Engineering
- ▶ Meta-Prozess, Infrastruktur entwickeln

## ▶ KobrA

- ▶ Komponentenbasierte Anwendungsentwicklungs-Methode
- ▶ Instanz von PuLSE, UML-basiert, Templates

# PuLSE: Product Line Software Engineering



Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

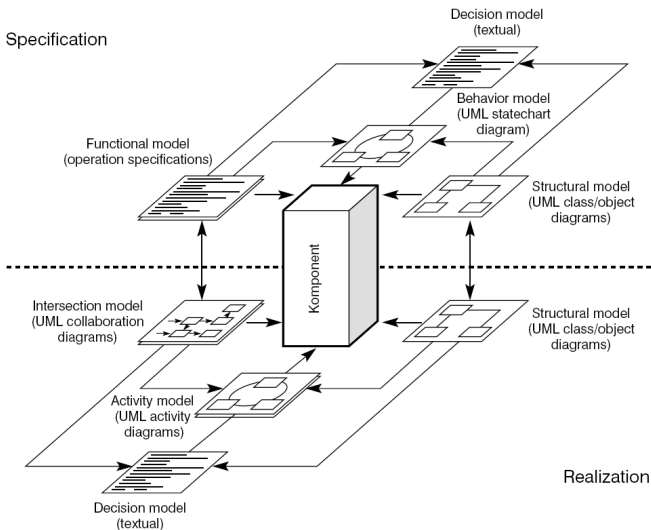
Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

# KobrA: Komponentenbasierte Anwendungsentwicklungs-Methode



# COPA

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Origin: Philips Research, Obbink, van Ommering, 2000
- ▶ Component-Oriented Platform Architecting
- ▶ Aspekte "BAPO", top-down und bottom-up

# COPA: Component-Oriented Platform Architecting

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

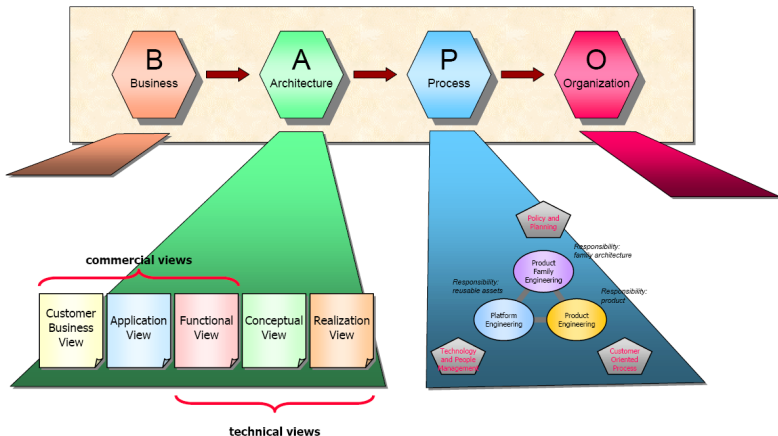
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# QADA

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

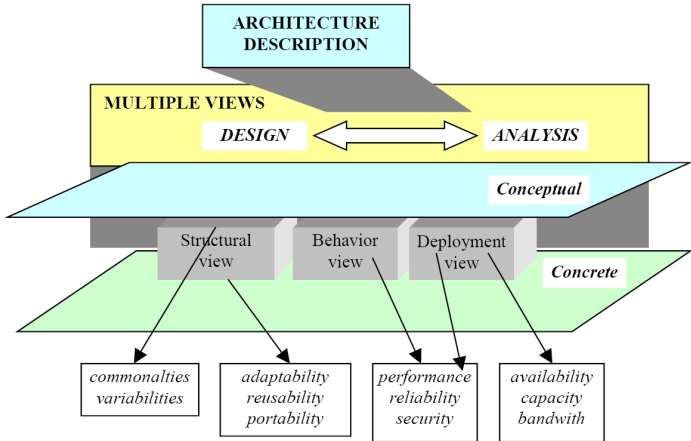
Evaluierung

Fazit

- ▶ Origin: VTT Finland, Matinlassi, 2001
- ▶ Quality-driven Architecture Design and Analysis
- ▶ Analysephasen nach konzeptuellem und konkretem Architekturdesign



# QADA: Quality-driven Architecture Design and Analysis



Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

# Generative Software Development

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Origin: CMU (Waterloo), Czarnecki, Eisenecker, 2000
- ▶ Problemraum: domänenspez. Konzepte und Features
- ▶ Lösungsraum: kombinierbare Komponenten
- ▶ Mapping: Konfigurationswissen  
(Abhängigkeiten, Kompositionsregeln)

# Generative Software Development

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

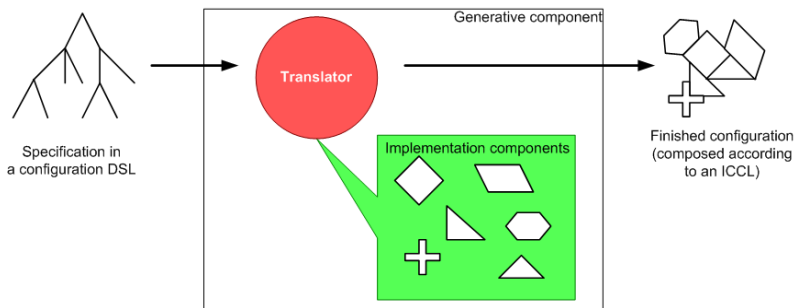
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

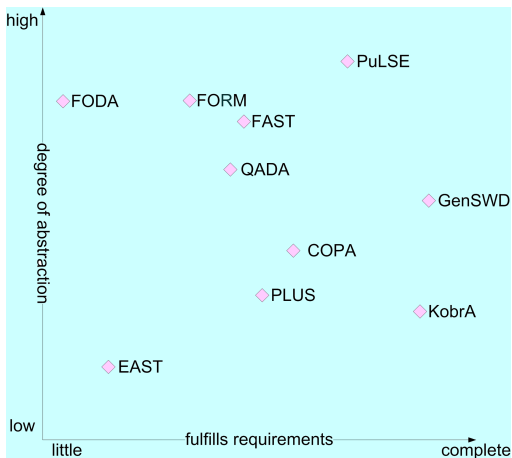
Fazit



Quelle: nach [Czarnecki00]

# Kriterien und Vergleich

- ▶ Def. Prozess, Modell-bas. Design, Verfolgbarkeit
- ▶ Feature Model, UML, Generierung



# Wahl: Generative Software Development

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

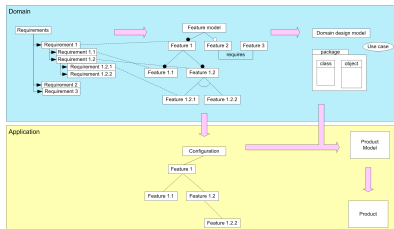
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



- ▶ Prozess modellbasiert, Feature Model und UML möglich
- ▶ Ansatz anpassbar (MDD statt DSM)
- ▶ Generierungsansatz betont
- ▶ Tool Feature Model Plugin

# Fallstudie

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Ansatz: Generative Software Development
- ▶ Domäne: Instrument Cluster
- ▶ Aufbau und Tools
- ▶ Lösungswege

# Instrument Cluster

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

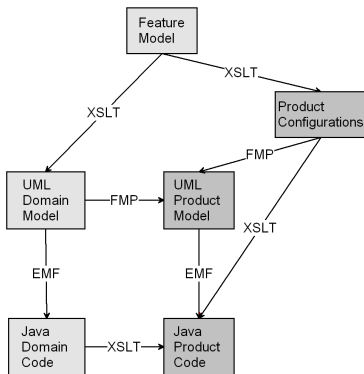
Evaluierung

Fazit



- ▶ Features
  - ▶ Basisfunktionalität
  - ▶ Radio
  - ▶ Aussentemperatur
  - ▶ Tachometer in 2 Varianten
  - ▶ Drehzahlmesser in 2 Varianten
- ▶ Konfigurationen
  - ▶ Low
  - ▶ Standard
  - ▶ Comfort
  - ▶ Fancy

# Aufbau und Tools



- ▶ FMP: Feature Model Plugin
- ▶ UML: Unified Modelling Language
- ▶ XSLT: XML Stylesheet Language Transformation
- ▶ EMF: Eclipse Modelling Framework



# 3 Lösungswege

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

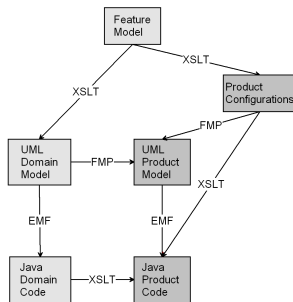
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



- ▶ Manual Domain
- ▶ Generated Domain
- ▶ Generated Product

# Manual Domain

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

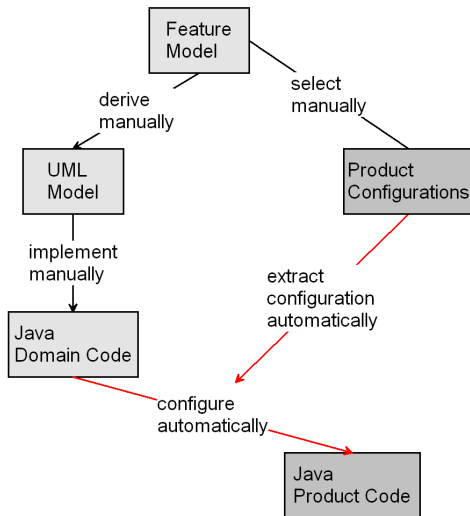
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Tagged Domain Code

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

```
1 <code>
2 <all>
3     public void displayStandardPage(){
4         displayDisplay();
5     </all><minimum>
6         stand.display(getDict());
7 </minimum><digitalspeed-digitalclock-nooutsidetemp>
8         clock.display(getDict());
9         speed.display(getDict());
10 </digitalspeed-digitalclock-nooutsidetemp><digitalspeed-nodigitalclock-outsidetemp>
11         temp.display(getDict());
12         speed.display(getDict());
13 </digitalspeed-nodigitalclock-outsidetemp><digitalspeed-nodigitalclock-nooutsidetemp>
14         stand.display(getDict());
15         speed.display(getDict());
16 </digitalspeed-nodigitalclock-nooutsidetemp><nodigitalspeed-digitalclock-outsidetemp>
17         clock.display(getDict());
18         temp.display(getDict());
19 </nodigitalspeed-digitalclock-outsidetemp><nodigitalspeed-digitalclock-nooutsidetemp>
20         stand.display(getDict());
21         clock.display(getDict());
22 </nodigitalspeed-digitalclock-nooutsidetemp><nodigitalspeed-nodigitalclock-outsidetemp>
23         stand.display(getDict());
24         temp.display(getDict());
25 </nodigitalspeed-nodigitalclock-outsidetemp><digitalspeed-digitalclock-outsidetemp>
26         clock.display(getDict());
27         speed.display(getDict());
28         standardPageModeSpeed = true;
29 </digitalspeed-digitalclock-outsidetemp><all>
30         endDisplay();
31     }
32 </all>
33 </code>
```

## 2 Produkte der IC-SPL

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

```
=====
          *****          *****
        *           *      *           *
       *           *      *           *
      *           *      *           *
     *           *      *           *
          *****          *****
=====
Time: 08:37
Temperature: 20.0C
=====
```

Abbildung: Konfiguration Comfort

```
=====
Speed: 0.0kmh
=====
Revolutions: 0
=====
Time: 03:04
Temperature: 20.0C
=====
```

Abbildung: Konfiguration Fancy

# Generated Domain

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

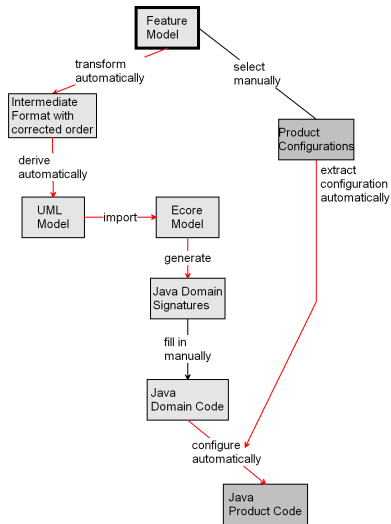
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Feature Model

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

The screenshot displays a software development tool interface with two main panes. The left pane shows a hierarchical tree structure of a feature model. The right pane shows the properties of the selected feature, 'AdditionalSpecification', with a red circle highlighting the 'Classification' section.

**Left Pane: Feature Model Tree**

- completeUml.emx
  - InstrumentClusterSW
    - ConfigurationID (String)
    - RevMeterOrAnalogClock
      - AnalogClock
      - RevMeter
    - Speedometer
    - Display
      - DigitalClock
        - setTime
          - hours (Integer)
          - minutes (Integer)
          - computeTime
        - OutsideTemperature
        - Radio
        - Menu
      - ActivationDeactivationIC
      - IndicatorLightsEngineControlLights
      - SignalHandler

**Right Pane: Properties of 'AdditionalSpecification'**

- Name ('setTime' : String)
- Description (String)
- Attribute
- MinOccur ('1' : Integer)
- MaxOccur ('1' : Integer)
- Executable
- RequirementTrace ('1.4' : String)
- DesignTrace ('method setTime(int, int)' : String)
- AdditionalSpecification (String)**
- Classification
  - Area
  - Object
  - Task
  - Quality

# Generated Domain

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

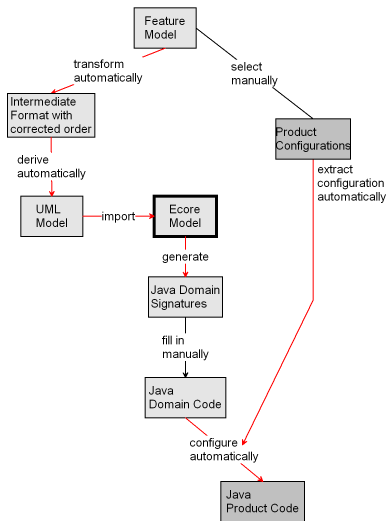
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Eclipse Ecore Model

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

The screenshot shows the Eclipse IDE interface. On the left, the 'Resource Set' tree displays the project structure for 'completeUmlmx.ecore'. The 'Display' package is expanded, showing the 'DigitalClock' class with the following elements:

- Method: setTime(EInt, EInt)
- Attributes: hours : EInt, minutes : EInt
- Method: computeTime()

Other packages visible include 'completeUmlmx', 'Speedometer', 'ActivationDeactivationIC', 'SignalHandler', 'PrimitiveTypes', 'RevMeterOrAnalogClock', 'OutsideTemperature', 'Radio', and 'Menu'. The 'IndicatorLightsEngineControlLights' package is also visible at the bottom.

On the right, the 'Properties' view shows the configuration for the selected 'setTime(EInt, EInt)' method:

Property	Value
EExceptions	
EType	
Lower Bound	0
Many	false
Name	setTime
Ordered	true
Required	false
Unique	true
Upper Bound	1



# Generated Domain

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

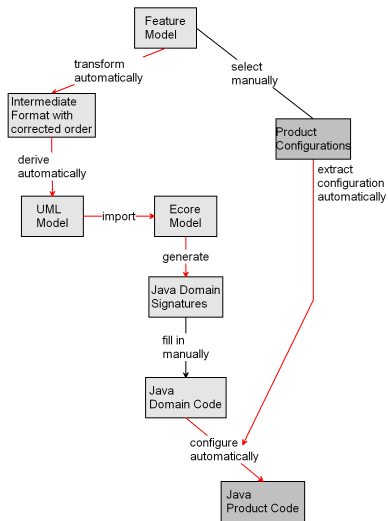
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Generated Product

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

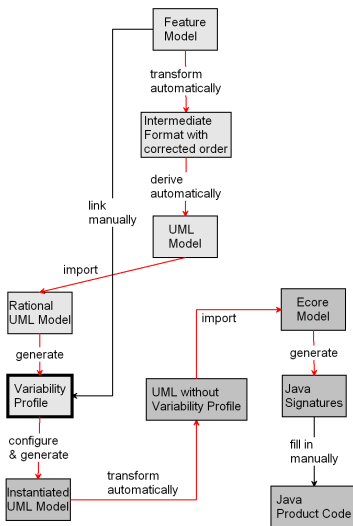
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# UML Diagramm Domäne

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

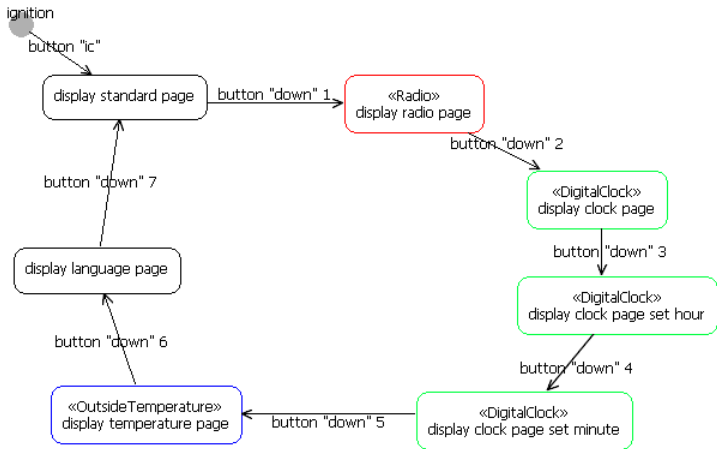
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# UML Instanziierung für Konfiguration Low

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

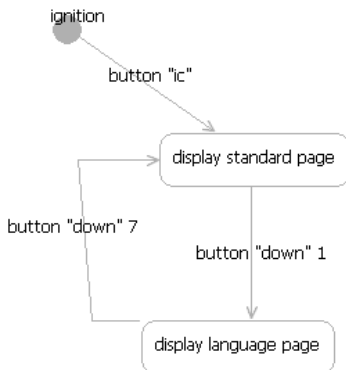
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Generated Product

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

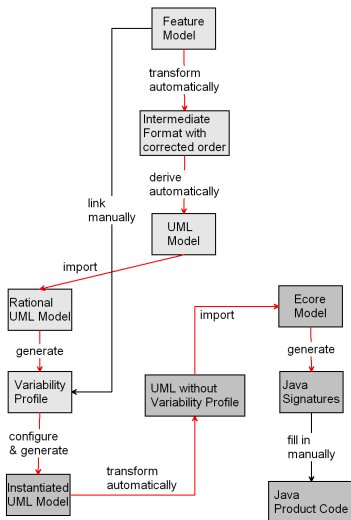
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Evaluierung

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

	Manual Domain	Generated Domain	Generated Product
UML quality	++	0	0
Code quality	++	++	++
Model consistency	+	++	++
Generality	++	+(+)	+
Scalability	+	++	+
Deficit	Little automation	Poor architecture	Impl. effort
Decision	Complex domains	Simple domains	Few products

(Bewertungsskala: 0 Mängel, + brauchbar, ++ gut)

- ▶ Manual Domain: Standard SE, kaum Generierung
- ▶ Generated Domain: Höchstes Potential, verbesserbar
- ▶ Generated Product: Potential mittel, verbesserbar

# Weiterführende Arbeiten

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ UML Generierung verbessern
- ▶ Domänencode Verwaltung
- ▶ Grössere Fallstudie
- ▶ Weitere Methoden und Tools testen

# Bewertung SPL allgemein

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Erreichte Ziele
  - ▶ Definierte Prozesse
  - ▶ Erste Methoden und Tools
  - ▶ Erfolgreiche Fallstudien
  - ▶ Steigerung: Wiederverwendung, Produktivität, Qualität
  - ▶ Senkung: Einführungszeit, Kosten
- ▶ Verbesserungsbedarf
  - ▶ Standards
  - ▶ Methoden und Tools (Modellierung)
  - ▶ Publikation von Fallstudien



# Fazit: Zukunft von SPL

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ Prozesse und Methoden vorhanden, nicht mehr neu
- ▶ bei Anwendung anzupassen (inkl. Tools), stufenweise Einführung
- ▶ noch viel Verbesserungspotential

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

► Fragen?

# Zitierte Quellen

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

## *Clements02*

Clements, Northrop, "Software Product Lines: Practices and Patterns", Addison-Wesley, 1st ed. 2002

## *Knauber01(3)*

Knauber P., "Software Product Lines and Reengineering", University of Kaiserslautern, lecture session 14/12/2001

# Backup

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Intro: Vorteile von SPL

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

- ▶ höhere Wiederverwendung (bis 75%)
- ▶ Produktivitätssteigerung (bis 40%)
- ▶ kürzere Einführungszeit (bis 30%)
- ▶ Kostensenkung (bis 40%)
- ▶ Qualitätssteigerung (bis 50%)

Quelle: Product-line State of Practice Report [Cohen02]

# Variability Profile

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzentadler

Zielsetzung

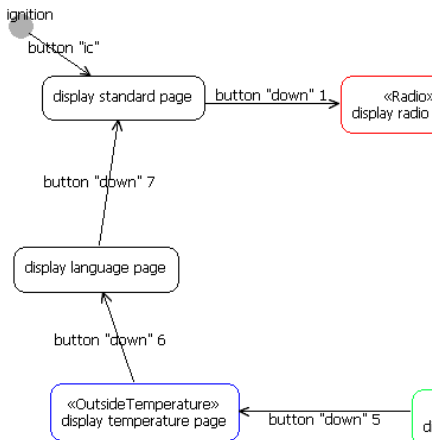
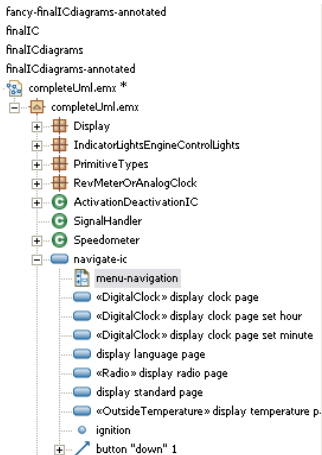
Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit



# Instance

Software  
Produktlinien

Birgit  
Penzenstadler

Zielsetzung

Software  
Produktlinien

Ansätze

Fallstudie

Evaluierung

Fazit

