iks Gesellschaft für Informations- und Kommunikationssysteme mbH

Sponsor der

13.03.2008

iks - Daten und Fakten

Gründung	**1989**
Sitz	**Hilden**
Geschäftsleitung	**Dipl.-Inf. Monika Stoll** **Dipl.-Ing. Thomas Kondring** **Hartwig Tödter**
Team	**ca. 85 Mitarbeiter/innen**
Tätigkeitsgebiet	**Individuelle IT-Konzepte und Softwarelösungen**

Unsere Leistungen (Schwerpunkte)

- **IT-Beratung**
- **Projektleitung**
- **Projektdurchführung / Softwareentwicklung**
  - z.B. als Outsourcing-Partner
  - oder als Ergänzung der Entwickler-Teams unserer Kunden (Know-how-Transfer, Abfangen von Projektspitzen)
- **Schulungen / Coaching**

Technisches Umfeld

- **Schwerpunkt: Java-Technologien**
  - Java SE, Java EE, server- und clientseitige Anwendungsentwicklung
  - Frameworks
  - ...
- **.NET / C#**
- **Business Intelligence**
- **AS/400**
  - COBOL, RPG
- **Visual Basic, Delphi, C++ etc.**

Unsere Kunden

International tätige Konzerne sowie große und mittlere Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen:

- **Industrie**
- **Versicherungen / Finanzdienstleistungen**
- **Handel**
- **Telekommunikation**
- **Transport / Verkehr / Logistik**
- **Verbände / Vereine / Interessenvertretungen**
- **Dienstleistungsunternehmen**
- **Gesundheitswesen**

Unsere Mitarbeiter

- **ca. 85 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

- **Ausbildung u.a.**
  - Informatiker
  - Wirtschaftsinformatiker
  - Mathematiker
  - Ingenieure

- **Einsatz in Kundenprojekten u.a. als**
  - Projektleiter, Analysten
  - IT-Berater, Softwarearchitekten, Anwendungsentwickler
  - Trainer
  - ...

iks im Internet

Weitere Informationen über iks finden Sie auf unserer Website

www.iks-gmbh.com

Und nun viel Spaß beim Vortrag:

Modellgetriebene Softwareentwicklung: ein Rundflug

Modellgetriebene Softwareentwicklung:

ein Rundflug

13.3.2008

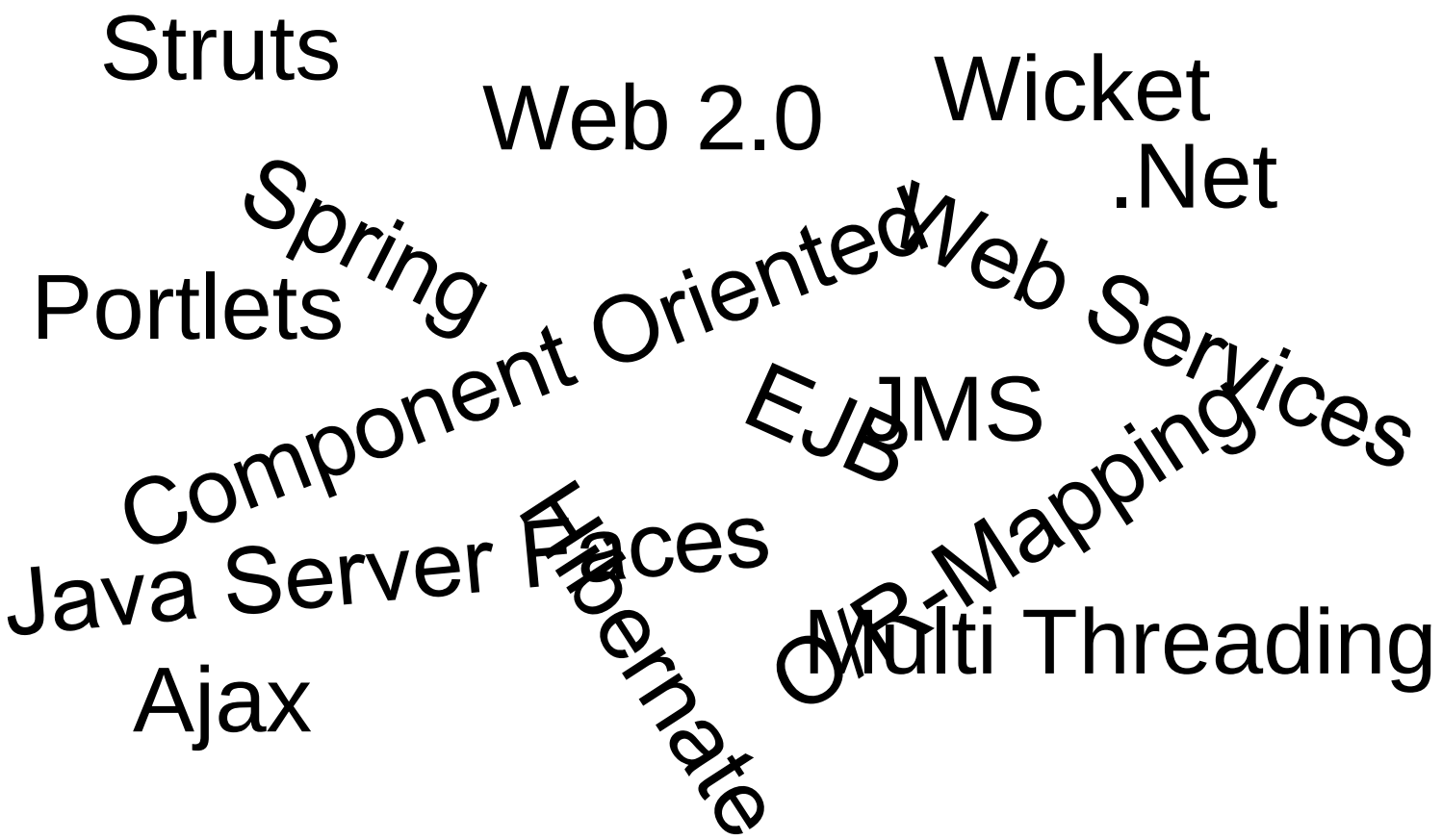
Autor:
Christoph Schmidt-Casdorff


D-MNTH

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Technologien im OO-Umfeld



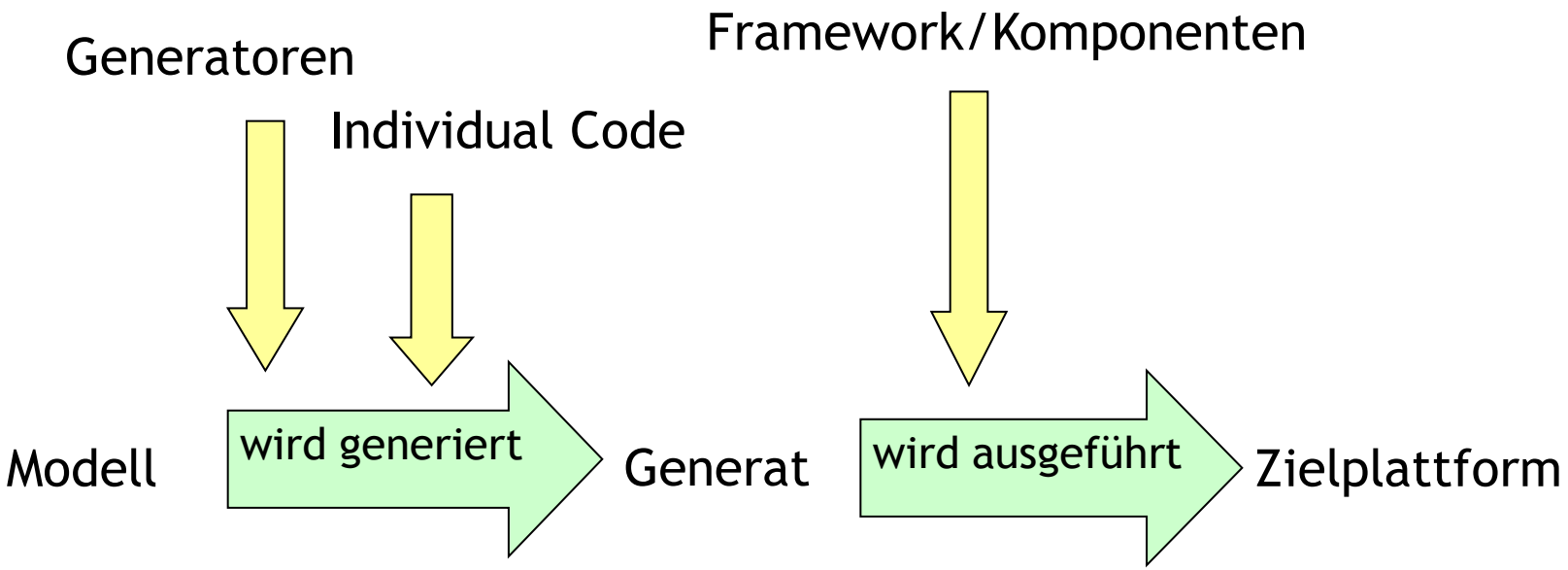
Aktuelles Softwaredilemma

- Jede dieser Architekturen löst ein technologisches Problem, schafft aber folgende neue Probleme:
  - Komplexität der Softwareentwicklung erhöht sich
    - komplexere Anforderungen an Entwickler
  - Komplexität der Software erhöht sich
    - erhöhter Wartungsaufwand
  - Bindung an Technologie verringert Flexibilität
    - eine einmal gewählte Technologie ist nur schwer zu wechseln,
    - aber Technologien sind im Fluss
  - Technologie und Geschäftslogik sind stark gekoppelt
- ... und produziert damit Kosten, Kosten, . . .

Grundgedanke der Generierung

- Angenommen . . .
  - die domänene Logik könnte unabhängig von der einzusetzenden Technologie erstellt werden (==***Modell***)
  - spezielle Software (==***Generatoren***) erzeugt aus dem Modell der domänenen Logik den Quellcode (==***Generat***) bzgl. der gewünschten Technologie/Programmiersprache/....
  - das Generat trifft auf eine (der domänenen Logik angepasste) Plattform (==***Zielplattform***) aus Frameworks/Komponenten/... innerhalb/mittels derer es ausgeführt wird
- Grundgedanke von *MDSD* (*M*odel *D*riven *S*oftware *D*evelopment)

Grundgedanke ‚Generierung' - Skizze



Motivation für MDSD

- **Plattformunabhängigkeit**
  - Generatoren für jede Zielplattform
- **Effizienzsteigerung durch Automation**
  - Softwareerstellung durch Generierung
- **Qualitätsverbesserung**
  - durch Generierung
    - Qualität des generierten Codes wird über Generator gesteuert
    - Architektur- und Designanforderungen werden systematisch eingehalten
  - durch Wiederverwendung der Domain Architektur
    - Qualität steigt mit Anzahl der Einsätze einer Domain Architektur

MDSD - Grundgedanke

- **ist allgemein gültig**
- **ist unabhängig von der eingesetzten Systemumgebung**
  - Betriebssystem
  - Programmiersprache
  - Architektur
  - Modellierungssprache
- **allerdings findet sich im OO-/Java-Umfeld eine wachsende Infrastruktur**
  - Modellierungssprachen (UML, EMF,...)
  - Transformationssprachen (QVT,...)
  - Transformationswerkzeuge (Eclipse)
  - .....

Metapher für Generator/Transformator

- **Compiler dient als Metapher für technische Funktionsweise von Generatoren/Transformatoren**
  - Generator -> Compiler
  - Modell -> Quellcode
  - Generat -> Maschinencode
- **Damit ein Generator ein Modell interpretieren kann, muss dieses**
  - in einer Sprache formuliert sein, die der Generator versteht
  - formal sein (d.h. einer vorgegebenen Syntax entsprechen)

Domäne-spezifische Sprache

- Sprache zur Formulierung von Modellen
  - ***DSL*** (*domain specific language*)
- … besitzt eine formale Spezifikation in Form eines *Metamodells*
  - beschreibt die Sprachelemente
  - ***abstrakte Syntax***
- … kann in unterschiedlichen Formen dargestellt/realisiert werden
  - UML, EMF, textuell
  - ***konkrete Syntax***

Problemräume / Domäne

- **können durch die Architektur/Technologie motiviert sein**
  - ***architektur-zentriert***
  - Abbildung in die gewählte Technologie
    - Anbindung an Datenbanken (JDBC, Hibernate, …)
    - Middleware EJB, Spring
  - ist der zur Zeit verbreitetere Einsatz von MDSD

- **können domänen motiviert sein**
  - ***domänen-zentriert***
  - wird durch die konkrete domänenkeit vorgegeben

DSL

- je abgegrenzter der Problemraum und
- je spezieller die DSL dieses Problemraums ist,
- desto größer ist der Mehrwert durch MDSD

► Finde abgegrenzten Problemraum und entsprechende DSL

► In Projekten existieren u.U. mehrere DSLs nebeneinander

Generatoren/Transformatoren

- interpretieren das Modell
- enthalten möglichst viel Wissen um den Problemraum
- setzen ein Regelwerk zur Generierung/Transformation um
- setzen allgemeine Muster für Architektur und Code um

- ***Transformatoren*** **beschreiben *model-to-model*-Transformationen**
- ***Generatoren*** **beschreiben Generierung von Artefakten**
  - Quellcode, XML-Dateien, HTML-Seiten, ...
  - Model-to-text-Transformationen
- **Generatoren/Transformatoren können in beliebig vielen Schritten gekoppelt sein**

Zielplattform

- ist Laufzeitumgebung zur Ausführung der Generate
- je spezifischer die Zielplattform dem Generat entgegenkommt, desto einfacher wird der Generator
- Beispiele für Zielplattformen
  - J2EE Container
  - Message Oriented Middleware
  - Datenbank
  - eigenentwickelte Frameworks

Software Systemfamilie

- **Domänen-Architektur** *(Domain Architecture)*
  - DSL/Metamodell, Modelltransformationen, Zielplattform
  - beschreibt die Umgebung vom Modell zum Softwareprodukt
- ***Software-Systemfamilie***
  - Programmgruppe mit gemeinsamen Eigenschaften
  - hier: gemeinsame Domain Architecture

MDA - model driven architecture -

- **ist der Beitrag der OMG (Object Management Group) zu MDSD**
  - ist eine Ausprägung der MDSD
- **definiert 3 unterschiedliche Abstraktionsebenen**
  - CIM – computer independent model
  - PIM – platform independent model
  - PSM – platform specific model
  - … und einen Prozess, der die 3 Modelle schrittweise ineinander überführt
  - diese 3 Modellabstraktionen haben sich in der Realität nicht bewährt
    - Abgrenzung untereinander ist nur schwer möglich (relative Bewertungen)
    - in der Praxis treten mehr als 3 Modellausprägungen auf
- **definiert Standards im MDSD-Umfeld**
  - (E)MOF, UML, OCL, QVT, XMI
  - CWM – common warehouse metamodel (DSL für dataware housing)

Language Workbench

- **Werkzeuglandschaft, um DSL-zentrierte Software zu entwickeln**
  - [Martin Fowler 2003]

- **dies umfasst Werkzeuge,**
  - um DSL zu definieren
  - um Editor zu definieren
    - eigentliche Modellierung
    - dynamische Modellvalidierungen
  - um Generatoren zu entwickeln
    - Generierung
    - Modellvalidierung
  - um *model-to-model*-Transformationen zu entwickeln
  - Workflow, um die unterschiedlichen Schritte zusammenzuhalten

Modellierungssprachen und Metamodelle

- **… sind beispielsweise**
  - UML
  - ERM (Entity Relationship Model)
- **… werden durch ein Metamodell beschrieben**
  - abstrakte Syntax der Modellierungssprache
  - statische Semantik
  - dynamische Constraints

Beispiele für Metamodelle

- **XSD**
  - XML-Schema
- **BNF**
  - Backus-Naur-Form
  - textuelle Notation für Sprachen
    - Darstellung kontextfreier Grammatiken
- **(E)MOF**
  - (Extended) Meta Object Facility
  - Metamodellierungssprache der UML
  - mittels MOF ist UML, OCL, … beschrieben
- **UML Profile**
  - Möglichkeit innerhalb von UML eine Domänen zu beschreiben
- **EMF / ECORE**
  - ECORE ist semantisch (im Wesentlichen) zur EMOF äquivalente Metamodell im Eclipse-Umfeld
  - EMF (Eclipse Modelling Framework) enthält Werkzeuge zur Metamodellierung
  - Basis vieler Werkzeuge im Eclipse-Umfeld

Modellierungssprachen und Metamodelle

- **eine DSL ist eine spezifische Modellierungssprache**
  - bedarf einer Meta-(Modellierungs-)Sprache
    - um eigenes Metamodell zu entwerfen
  - ist auf einen bestimmten Problembereich zugeschnitten

Modellierung

- **Modellierung setzt einen geeigneten Editor voraus**
  - möglichst graphisch
  - bei Texteditoren *syntax highlighting, code completion, …*
- **UML Werkzeuge sind Editoren zur Modellierung**
  - Für Modelle welche auf UML basieren
  - Austauschformat zwischen OMG-UML und Eclipse
  - DSL werden durch UML Profile beschrieben
- **unterstützt Syntax und Semantik des Metamodells**
  - Modellvalidierungen
    - statische Semantik (wer darf welchen Pfeil auf wen ziehen)
    - dynamische Constraints
      - vgl. *OCL* et al

Generierung / Transformation

- **setzt auf einem Metamodell auf**
  - i.d.R. werden Objektmodelle über den Metamodellen genutzt
  - Generierungswerkzeug kennt bestimmte MetaModelle
    - Nur deren Modelle können interpetiert werden
- **besteht i.d.R. aus mehreren Aufgaben**
  - Validierungen
  - Modell-Anreicherungen (*model-to-model*-Transformationen)
  - Codegenerierungen (*model-to-text*-Transformationen)
    - erzeugen die Generierungsartefakte
    - Code, Deskriptoren, XML-Dateien
  - alle Aufgaben können ggf. mehrfach ausgeführt oder kombiniert werden

Generierungs- / Transformationstechniken

- **Template Engines zur *model-to-text*-Transformation**
  - dynamisch typisierte Engines
    - Velocity, freemaker, JSTL (jexl), …
  - statisch typisierte wie Xpand (openArchitectureWare ►Appendix A)

- **spezielle Transformationssprachen**
  - QVT, MOFScript

- **als Komponente entwickelte M2T/M2M-Transformationen heißen Cartridge**
  - wiederverwendbar
  - Generator setzt sich i.d.R. aus mehreren Cartridges zusammen
  - Bestandteil einer Generierungsplattform, die sich auf eine spezielle DSL stützt
    - siehe AndroMDA, Fornax, … (►Appendix A)

Integration von *Individual Code*

- ***Individual Code* ist nicht generierter/modellierter Code,**
  - der in die Zielplattform integriert werden muss
  - der unabhängig von Generierung/Modellierung ist
- **während Generierung/Transformation werden Regeln ausgeführt**
  - welche Individual Code in Generat einbinden
  - i.d.R. über Benennungsregel
- **beispielweise**
  - Super-/Subclassbeziehung
  - Interface / Implementierung

Integration von *Individual Code*

- ***Szenario : domänenes Modell gerät an die Grenzen der Modellierung***
  - domänene Logik kann nicht mit Mitteln der DSL beschrieben werden
  - domänene Logik soll durch *Individual Code* umgesetzt werden
  - Model öffnet sich an definierten Stellen und mit definierter Semantik

- ***extension point* Verfahren**
  - vgl. Eclipse
  - Modell öffnet *extension points* für Individual Code
  - Generator bindet *Individual Code* an *extension points*
  - Verfahren eignet sich sehr gut für Integration von Individual Code auf Modellebene

MDSD Ausführungsumgebung

- **ist ein alternativer Ansatz zur Generierung**

- **Modell wird in einer Ausführungsumgebung ausgeführt**
  - es findet keine explizite Generierung statt
  - Modell und Ausführungsplattform sind aufeinander zugeschnitten
  - siehe *OpenMDX* (▶Appendix A)

MDSD und Eclipse

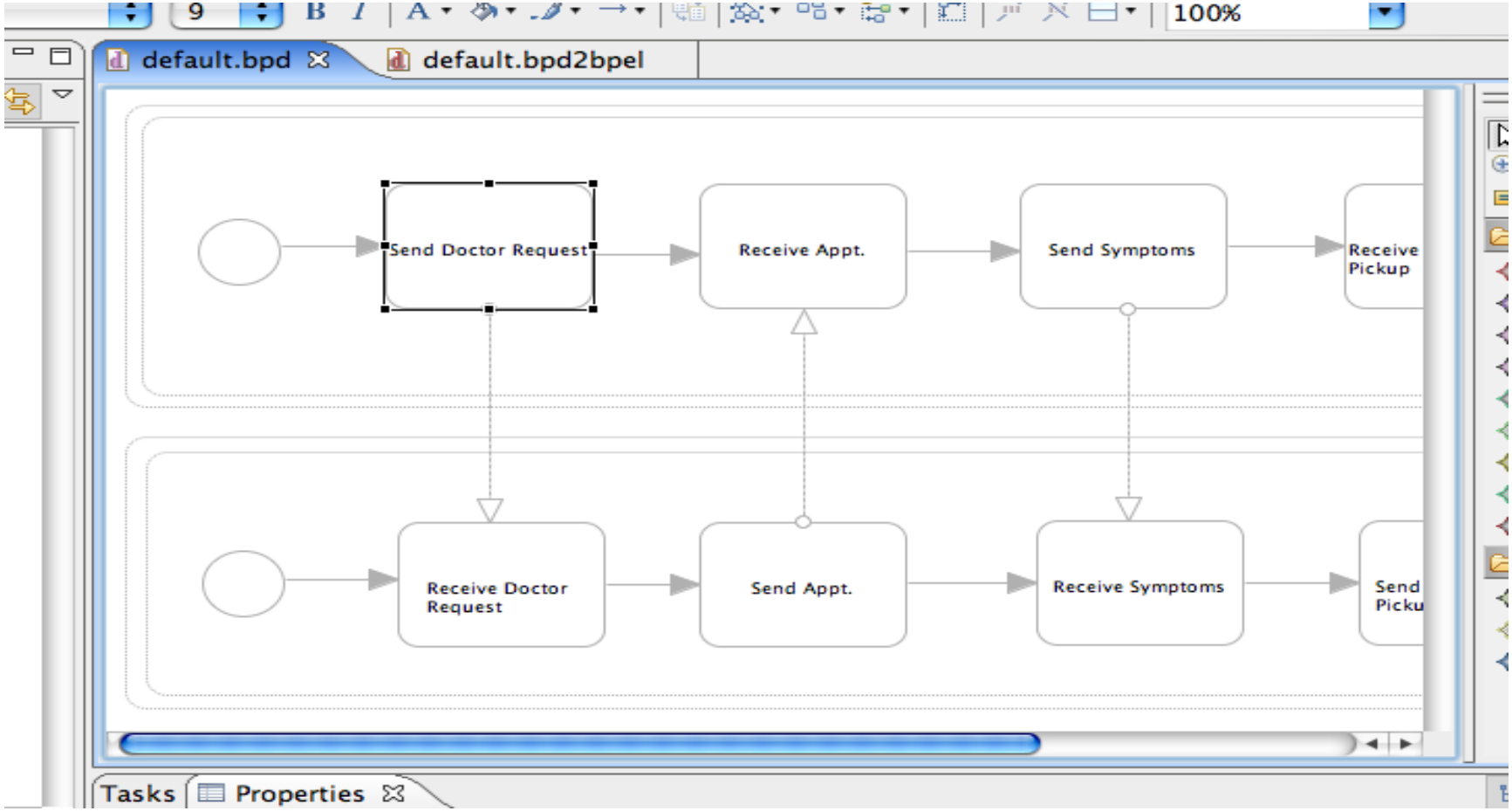
- ***Eclipse Modelling Project***
  - Subprojekt von Eclipse
  - umfasst Werkzeuge für alle Phasen der MDSD

- **Metasprachen und Editoren für Metamodelle (►Appendix A)**
  - erlaubt die Definition neuer Metamodelle auf Basis von ECORE
    - *EMF* liefert Framework zur Editierung
    - *UML nach ECORE* Umwandlung (oAW – uml2ecore)
    - Frameworks zur BNF basierten Definition von DSL
    - Xtext (integriert in *openArchitectureWare*)

MDSD und Eclipse - DSL Editoren

- **Syntax- und kontextbezogene Editoren für textuelle DSLs**
  - Xtext
- **GMF – graphische Editoren auf Basis eines ECORE Modells**
  - wird von Borland aktiv und maßgeblich unterstützt
  - Validierungs-Frameworks lassen sich integrieren

GMF Beispiel



Werkzeuglandschaft

- **Language Workbench**
  - EMF + GMF + openArchitectureWare (►Appendix A)
  - EMF + GMF + AndroMDA 4 (►Appendix A)

- **Generierungswerkzeuge**
  - bieten vorgefertigte DSLs und Generatoren/Transformatoren
  - AndoMDA 3 (►Appendix A)
  - Fornax (►Appendix A)
    - UML, Sculptor

- **MDSD Laufzeitumgebungen**
  - openMDX
  - bietet Modellierung und Laufzeitumgebung zur Ausführung der Modelle
  - ►Appendix A

Entwicklungsprozesse

Es existieren zwei Entwicklungsprozesse :

- **DSL Infrastruktur**
  - Aufbau der DSL Infrastruktur
- **Primärer Entwicklungsprozess**
  - bisheriger Entwicklungsprozess unter Einsatz der MDSD Infrastruktur
- **sollten beide unabhängig voneinander gelebt werden**
- **sind natürlich inhaltlich stark gekoppelt**

DSL Infrastruktur

- **ist ein eigener Entwicklungsprozess**
  - sollte auch so gelebt werden
  - besitzt starke Bindung / Kopplung an *primären* Entwicklungsprozess
- **Aufgaben in Domäne / Modellierung**
  - DSL-Analyse
  - Definition und Aufbau einer Modellierungsumgebung
  - Festlegung der Zielplattform
  - Definition der Architektur- und Designmuster für Generatoren
- **Aufgaben in Generatorenentwicklung**
  - Generatorenentwicklung, Frameworkentwicklung

DSL Infrastruktur

- **erfordert neue Rollen**
  - DSL Analyse
    - Konsistenz der DSL
    - Kommunikation mit Fachseite und Entwicklung
  - Generatorentwicklung
    - neue komplexes Umfeld
    - große Anforderungen an Abstraktionsvermögen
- **erfordert neue Kompetenzen an bekannte Rollen**
  - Architektur
  - Testmanagement und Testkonzeptionen

Architekturzentrierte MDSD

- **Modelle werden um Technologieaspekte angereichert**
  - JEE, Hibernate, Spring, ….
- **MDSD ist auf die Realisierungsphase beschränkt**
  - Artefakte sind
    - Modell
    - zusätzlicher selbst geschriebener Code
- **Generierung beschleunigt die Realisierungsphase**

Einsatz von domänen-zentrierter MDSD

- **MDSD trifft die Phasen Analyse, Realisierung**
- **Artefakte sind**
  - fachliches Modell (Analyse)
  - zusätzlicher Individual Code (Realisierung)

Einsatz von domänen-zentrierter MDSD

- **Generierung beschleunigt die Realisierungsphase**
- **Designphase degeneriert**
- **Formale Modellierung**
  - verlangsamt die Analyse (zu Beginn)
  - erhöht die Anforderungen an Analytiker
    - keine Realisierung als Puffer
    - Modelle sind ausführbarer
- **Bedarf ständiger Betreuung durch DSL Infrastruktur**
  - DSLs wachsen mit dem Einsatz

Einsatz von domänen-zentrierter MDSD

- **Modell ist kein Artefakt der Realisierung**
  - Modell und Realisierung haben unterschiedliche Lebenszyklen
- **Folgende Fragen sind projektspezifisch zu beantworten:**
  - ? Wer generiert? - Hoheit in Realisierung oder Analyse
  - ? Lebenszyklus der Generate
    - ? Ist Generierung Teil des Buildprozesses?
    - ? Werden Generate versioniert?
- **Best Practice**
  - Pair Modelling
    - Zumindest bis sich Analyse an Auswirkungen ihres „Tuns“ gewöhnt hat
  - Konzept zur Integration Individual Codes
    - wird nicht nur durch Generator, sondern durch Modell bestimmt

Entwicklungsprozesse

- **Zwei getrennte Entwicklungsprozesse**
  - für MDSD-Infrastruktur und primärer (bisheriger) Entwicklungsprozess
- **Primärer Entwicklungsprozess**
  - beschäftigt sind Modellen als neuen Artefakten
  - Benötigt neue Rollen und Phasen
  - Standardisierte Prozesse wie RUP und XP sind um MDSD Aspekte erweitert
- **Einsatz von domänen-zentrierter MDSD**
  - ist umfassender
  - hat größeren Einfluß auf Organisatien

Erfahrungsbericht

- **MDSD wurde bei einem großen Finanzdienstleister umgesetzt**
  - Laufzeit des Projekts > 5 Jahre
- **Änderungsmanagement und Informationsaustausch mit Leistungsträgern**
  - Größtenteils dateibasierte Satzverarbeitung
  - Größenordnung pro Monat:
    - Auflieferung von ca. 0,5 - 1 Mio. Datensätze
    - Versand von bis zu mehreren Mio. Datensätzen an die Leistungsträger

DSLs

- **zentrales Businessmodell**
  - O/R-Mapping
- **WebGUI**
- **Kundenanschreiben**
- **Export / Import zu Dateischnittstellen**
- **Archivierung**

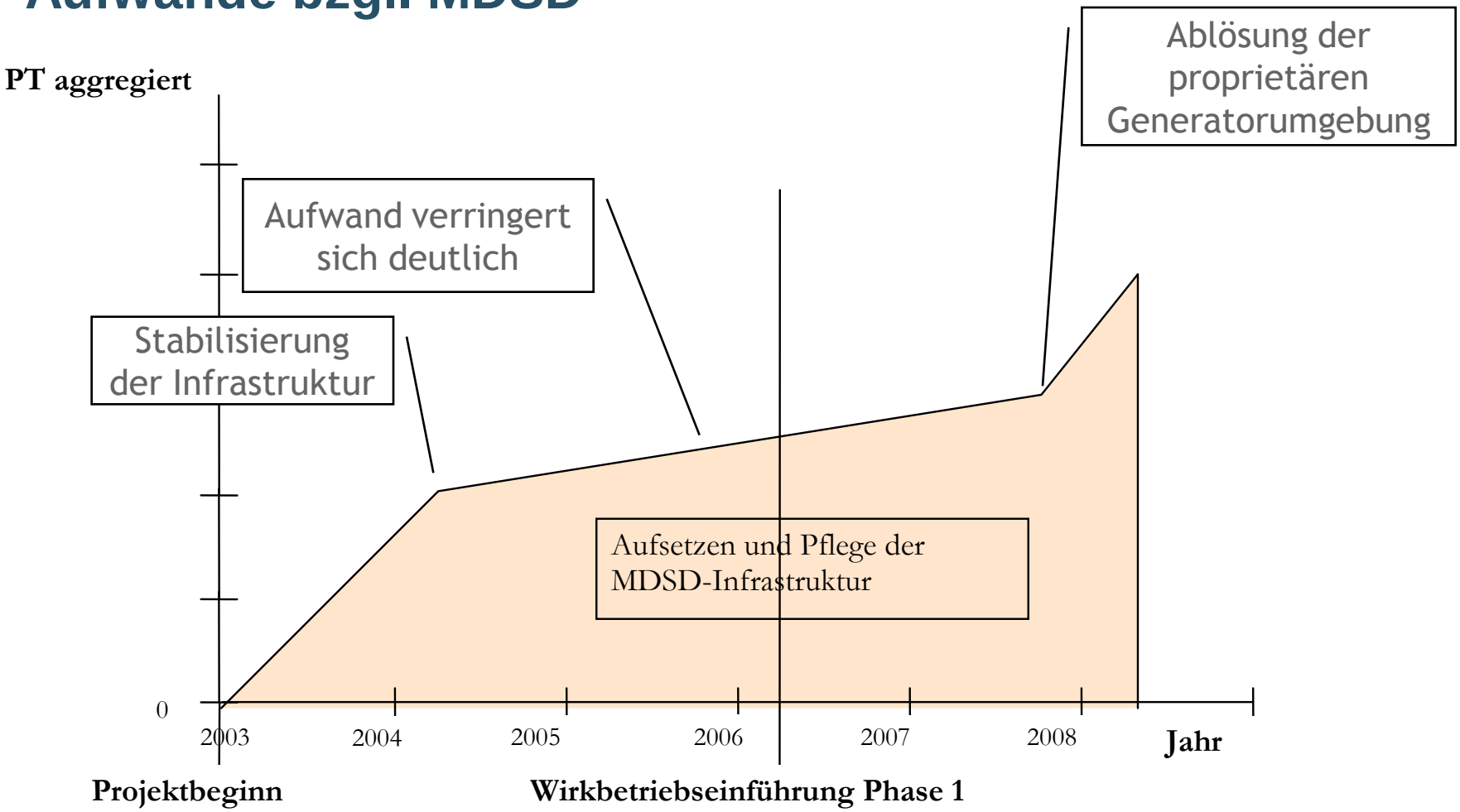
DSLs - Technologie

MetaModel	**UML**
DSL	**UML Profile**
Generierung (bisher)	**Proprietäre Modellzugriffsschicht**
Generierung (zukünftig)	**ECORE basierte Modellzugriff**

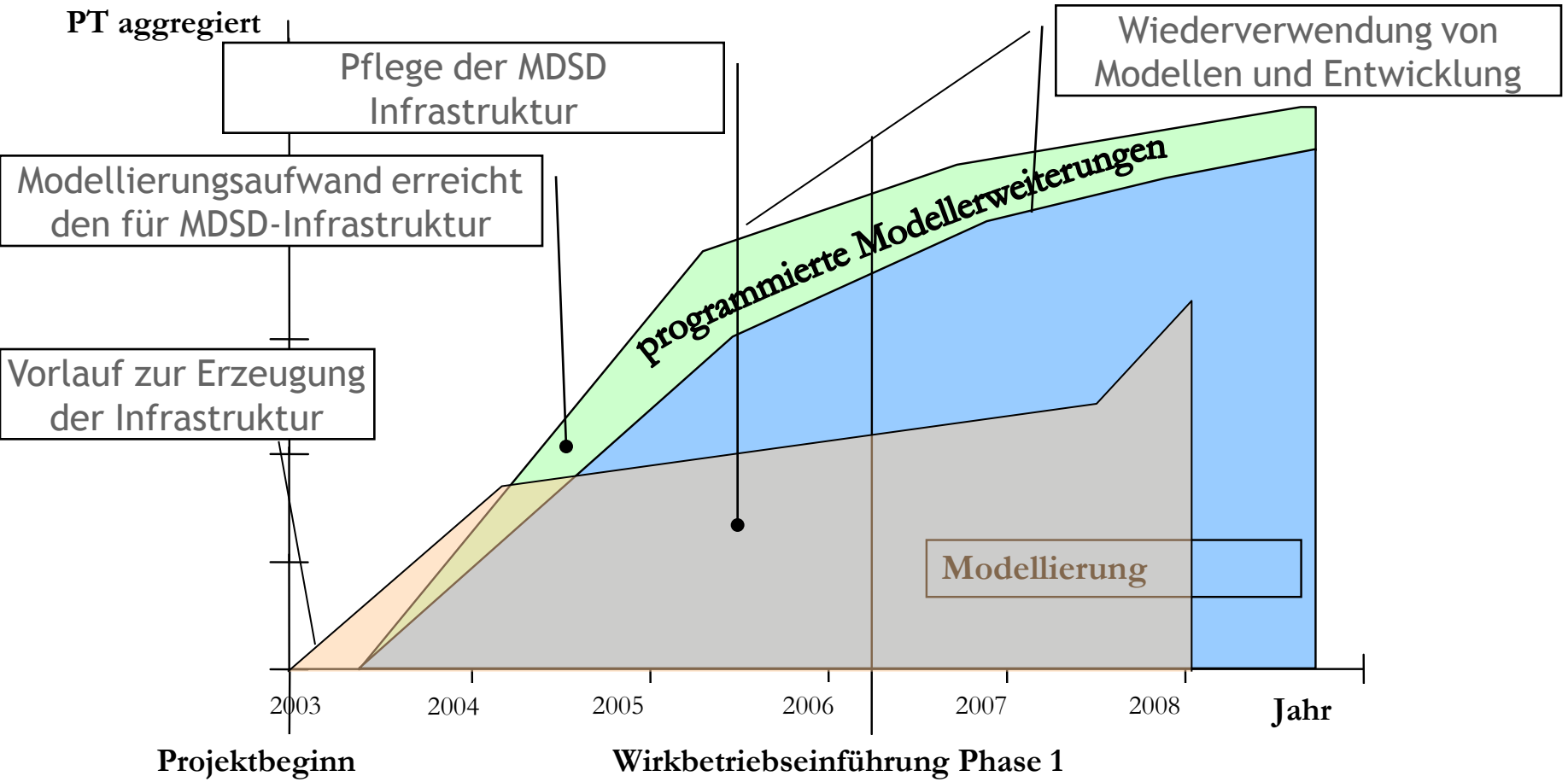
Einsatz von MDSD

- **Einsatz von MDSD > 40% (bezogen auf Modelle)**
- **Mengengerüste**
  - 10 DSLs
  - derzeit ca. 100.000 Modellelemente, davon < 2% (ca. 1900) programmatisch ergänzt
- **Kleines Entwicklungs- und Modellierungsteam (< 10 Personen)**
  - davon 3 externe Kräfte

Aufwände bzgl. MDSD



Aufwände bzgl. MDSD



Aktueller Stand im Projekt

- **Stabilität / Verlässlichkeit**
  - DSL ist seit über zwei Jahr stabil
  - Generatoren sind stabil und zuverlässig
  - Framework ist bis auf kleinere Änderungen stabil
  - Entwicklungsprozess hat sich stabilisiert und bewährt

Risiken

- **Bindung der Generatoren an proprietäres Tool**
- **Komplexität der DSL muss begrenzt bleiben**
  - Gefahr unklarer Modellierungsregeln
  - Gefahr impliziter Abhängigkeiten zwischen Modellierungselementen

Erwartung an MDSD

+ **Erfolgreiches Management der Mengen an Detailinformationen**
+ **Robuste Software durch Framework-Einsatz**
+ **Kurze Reaktionszeiten bei Änderungen der Anforderungen (change requests, bugs)**
  + Wartung verringert sich um mehr als 50 %
- **Zu erwartende Aufwandsvorteile in zukünftigen Phasen**
  - durch Einsatz der bestehenden Domain Architecture
  - Lernkurve bewältigt
  - Erweiterung der Software-Systemfamilie

Resümee

In unserem Fall und bei unserer Ausgangssituation hat sich der Einsatz von *Modellgetriebener Softwareentwicklung* gelohnt.

Literatur

- **Modellgetriebene Softwareentwicklung. Techniken, Engineering, Management**
  - Stahl, Völter,Efftinge
  - DPunkt Verlag (2007) - ISBN-10: 3898644480
- **Modellgetriebene Softwareentwicklung. MDA und MDSD in der Praxis**
  - Pietrek et al
  - Entwicklerpress (2007) - **ISBN-10:** 3939084115
- **Model Driven Architecture. Applying MDA to Enterprise Computing**
  - David S. Frankel
  - OMG Press (2003) - ISBN-10: 0471319201

www.iks-gmbh.com

Appendix A: Werkzeugübersicht

Standards OMG / Eclipse

- **OMG**
  - MOF – Modellierungssprache für Metamodelle
  - UML – Modellierung
  - OCL – dynamische Constraints
  - QVT – *model-to-model* Transformationen

- **Eclipse – de facto Standards**
  - ECORE - Metamodellierung
    - semantisch gleichwertig zu (E)MOF
    - beide werden sich annähern
  - abgeleitet Standards wie
    - UML2 – UML für Eclipse
    - QVT für Eclipse
    - OCL für Eclipse

Tools im Eclipse-Umfeld - Metamodellierung

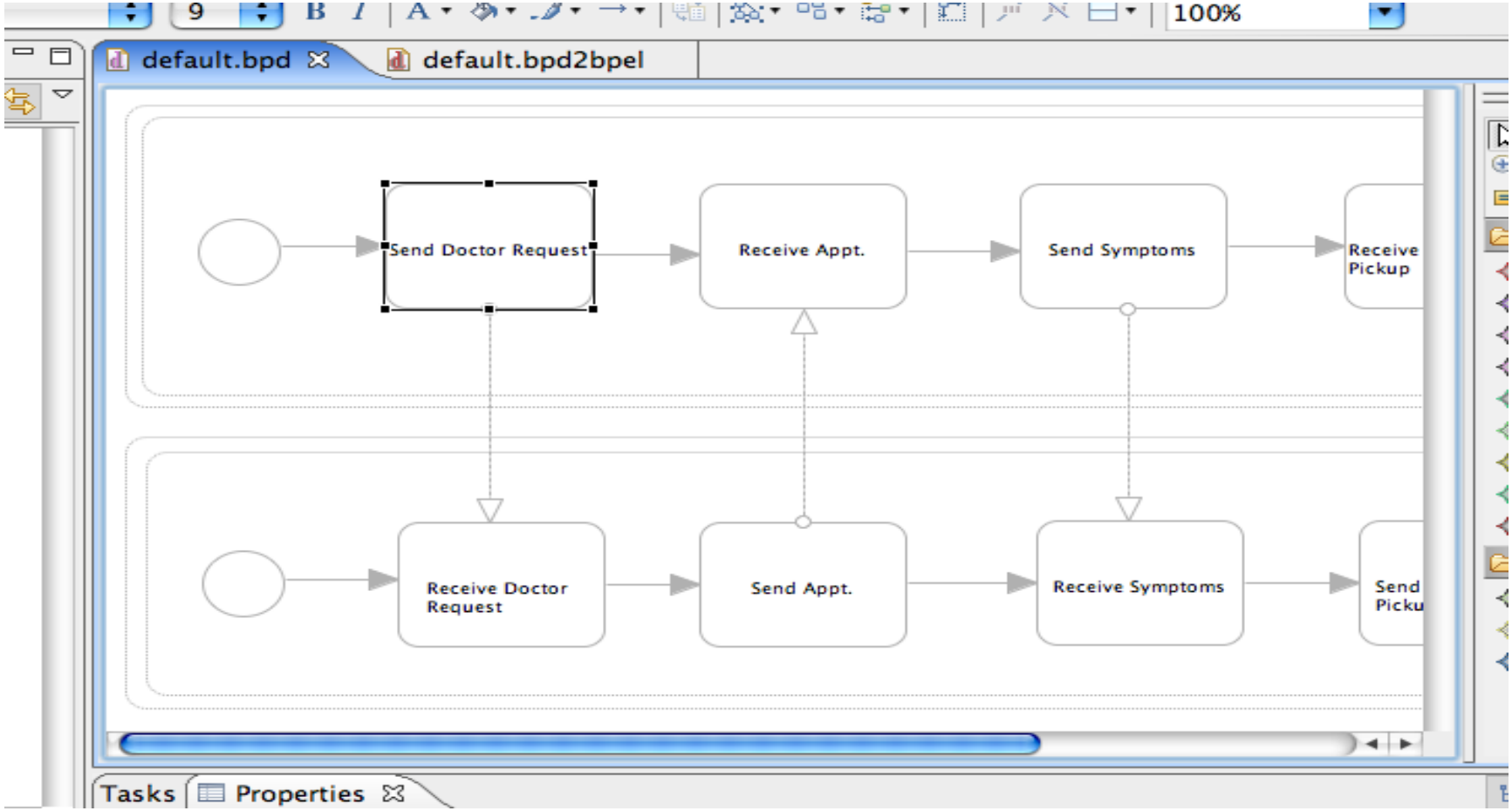
- **Alle MDSD-Entwicklungen unter Subprojekt *Eclipse Modelling Project***

- **Metasprachen und Editoren für Metamodelle**
  - erlaubt die Definition neuer Metamodelle auf Basis von ECORE
    - *EMF* liefert Framework zur Editierung
    - *UML nach ECORE* Umwandlung (oAW – uml2ecore)
  - Frameworks zur BNF basierten Definition von DSL
    - Xtext (integriert in *openArchitectureWare*)

Tools im Eclipse-Umfeld - DSL Editoren

- **Syntax- und kontextbezogene Editoren für textuelle DSLs**
  - Xtext
- **GMF – graphische Editoren auf Basis eines ECORE Modells**
  - wird von Borland aktiv und maßgeblich getrieben
  - Validierungs-Frameworks lassen sich integrieren

GMF Beispiel



Tools im Eclipse-Umfeld - Generierung

- **Metamodell-Unterstützungen**
  - Ecore, UML2, ….
- **Generatoren (model-to-text-Transformationen)**
  - Template Engines
    - EMF – JET
    - oAW – Xpand2
  - MOFScript – *model to text* Transformation
- **Validierungen**
    - OCL
    - Check (oAW)
- ***model-to-model* Transformationen**
  - QVT Implementierungen
    - SmartQVT (Teil des Standards)
    - ATL (QVT – Dialekt)

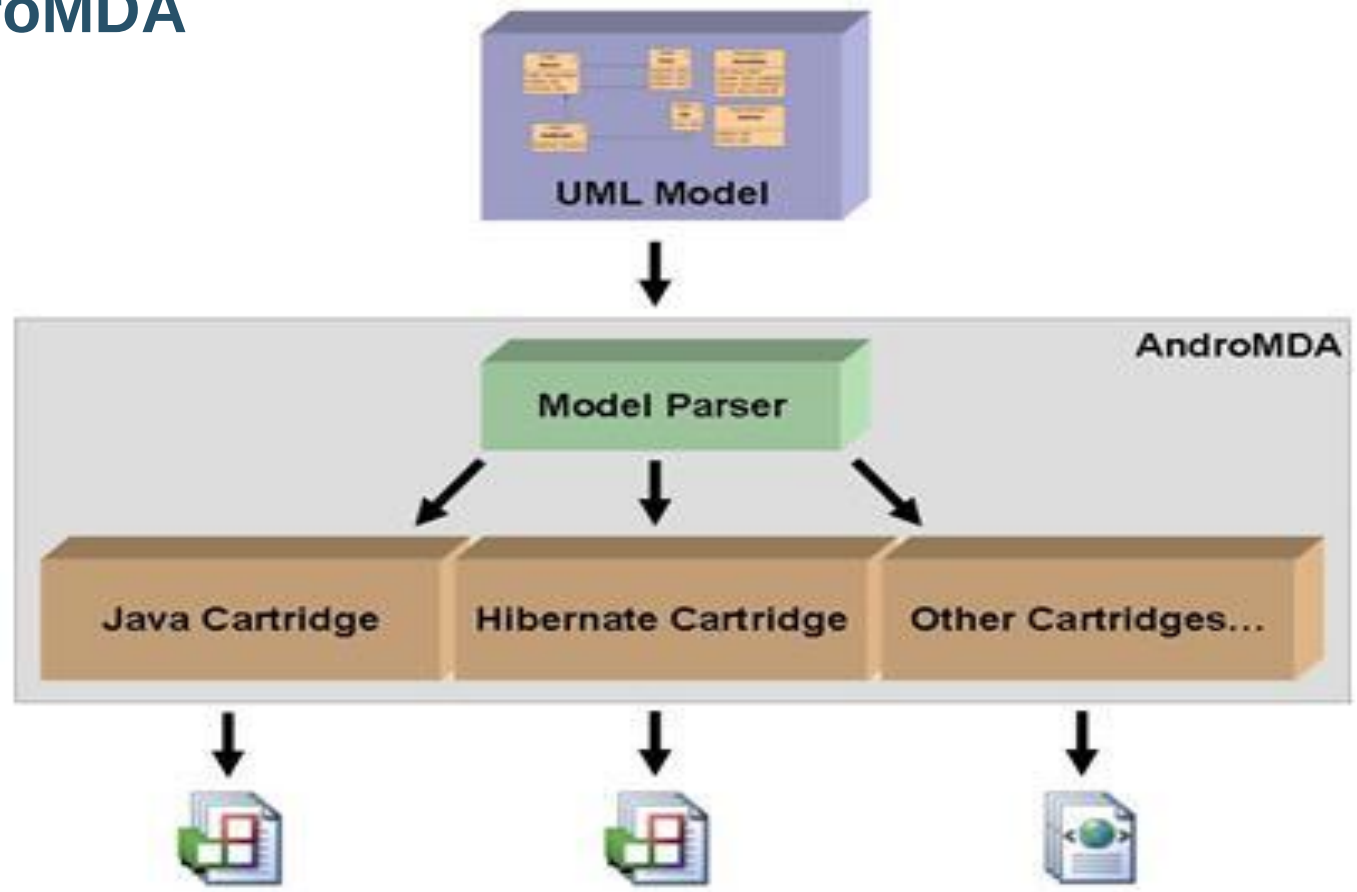
openArchitectureWare (oAW)

- **http://www.eclipse.org/gmt/oaw/**
- **Software-Generator Framework**
- **bietet**
  - Integration vieler Metamodelle
    - EMF, UML, RSA, Xtext (BNF-like)
  - Template Sprachen (*Xpand2*)
  - Model-zu-Model-Transformationen (*Xtend*)
  - bietet Validierungen (*Check*) inkl. Integration in GMF
  - Konzepte zur Integration eigenen Codes in Generatorartefakte (*recipe*)
- **interne Konzepte entsprechen nicht immer Standards**
- **basiert auf dem b+m Generator Framework**

AndroMDA

- **Links**
  - http://galaxy.andromda.org/docs-a4
  - http://galaxy.andromda.org/docs/getting-started/java/index.html
  - http://galaxy.andromda.org/docs-3.2/contrib/birds-eye-view.html
- **Software-Generator Framework**
  - aktuelles Release 3.2 (A3)
  - Neuentwicklung in Version 4 (Previews verfügbar)
- **AndroMDA 3 setzt Schwerpunkte auf**
  - Einsatz vom UML als Metamodell (*UML Profiles*)
    - kann auf Basis MOF erweitert werden
    - eigene Objektmodell (*metafacade*) basierend auf *Netbean MDR*
  - Generierung einer JEE-Anwendung
  - Einsatz von vorgefertigten Cartridges
    - Hibernate, EJB, Spring, ….

AndroMDA



Quelle: **http://galaxy.andromda.org/**

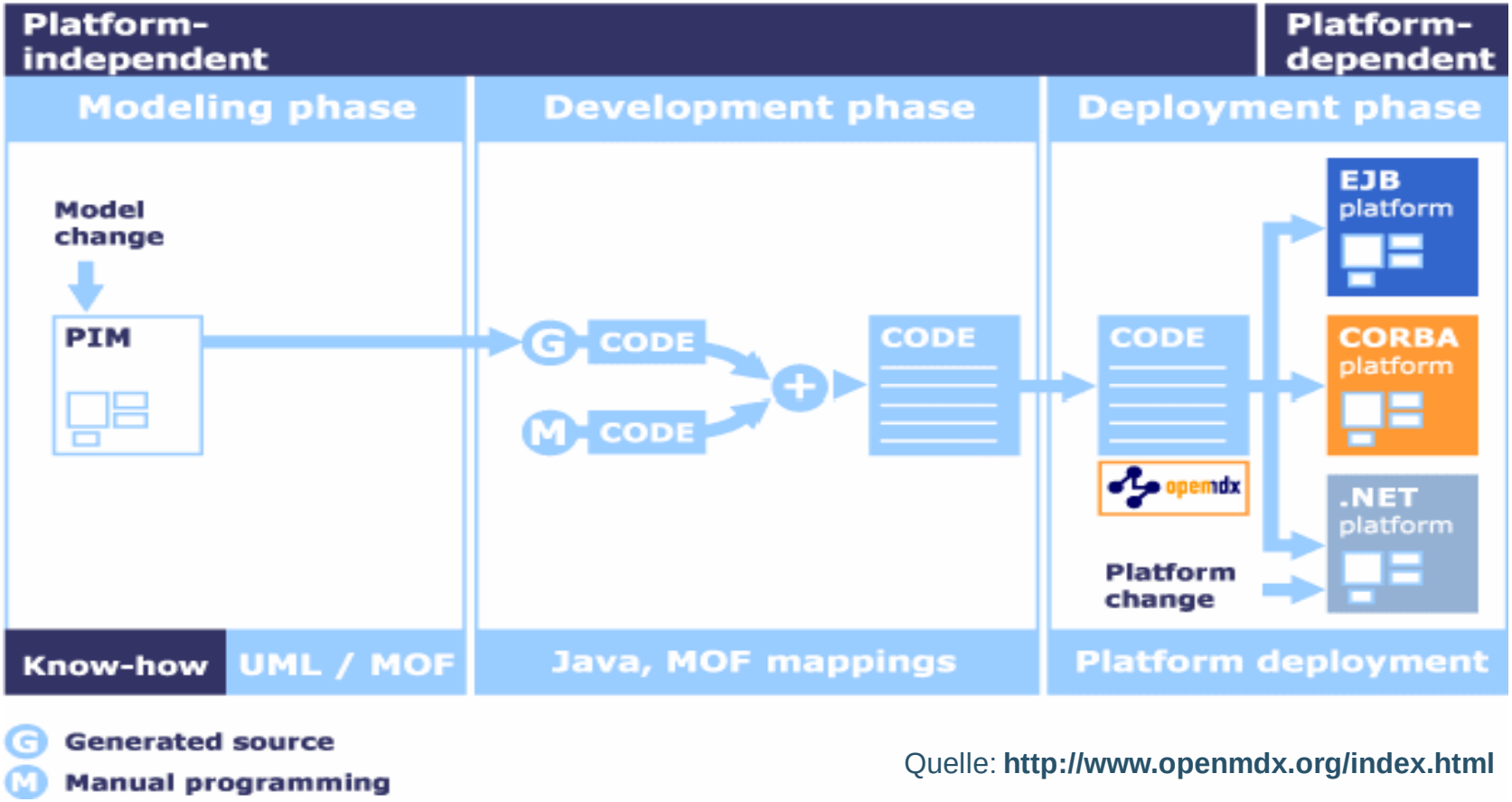
AndroMDA

- **AndroMDA 4 bietet**
  - die Definition eigener Metamodelle
    - EMF basierte Metamodelle
    - UML 2 Ecore Converter
  - model-to-model-Transformationen via *ATL*
  - model-to-text-Transformationen mittels *MOFScript*
  - … beides Teilmengen von OCL
  - eigenen Workflow, konfigurierbar in *Groovy*
  - bessere Integration in *Eclipse*
  - *maven* basierter Entwicklungsprozess
  - nicht abwärtskompatibel zu A3

openMDX

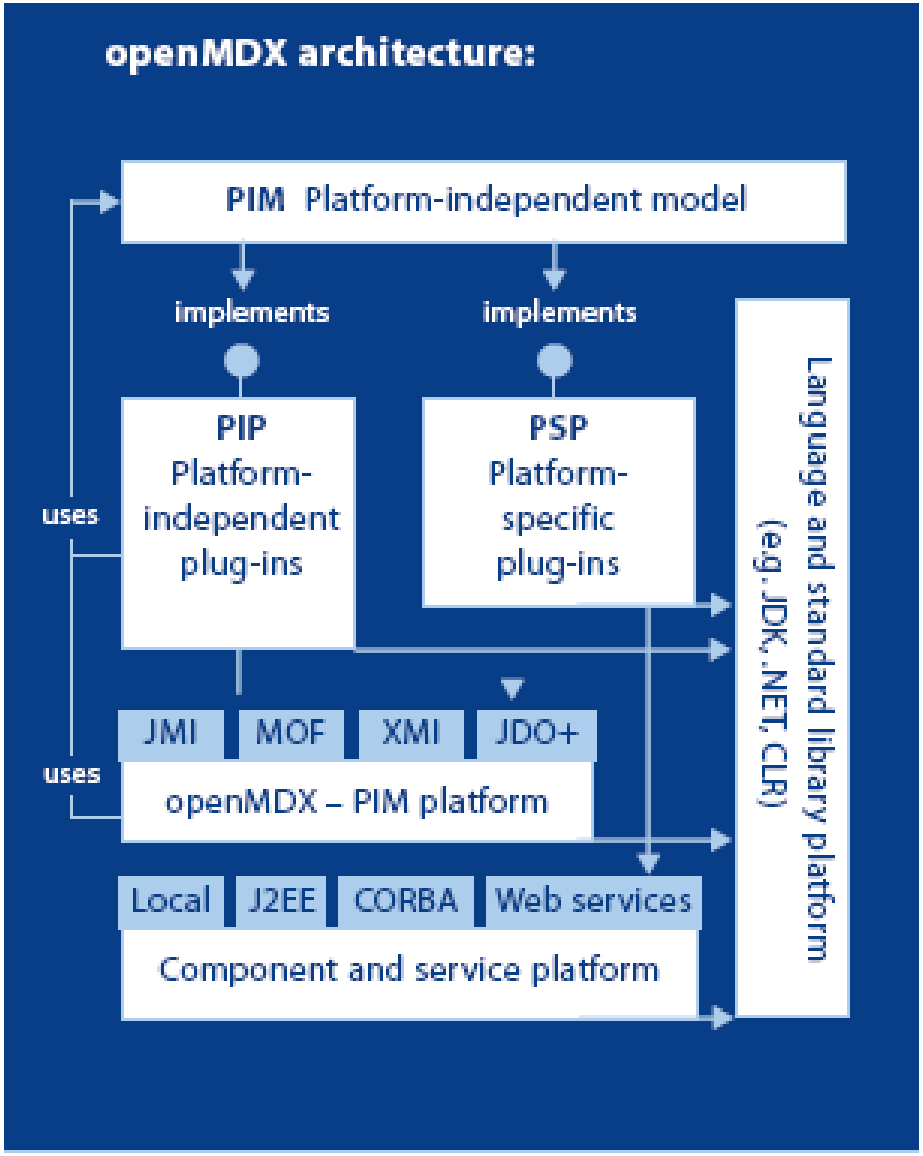
- **http://www.openmdx.org/index.html**
- **stellt Laufzeitumgebung zur Ausführung von Modellen bereit**
  - kein Generator-Ansatz
- **implementiert den MDA Standard gemäß OMG**
  - Modellierung erfolgt in MOF
  - basiert auf JMI-Binding
- **generische Plattform für verteilte Objekte**
  - abstrahiert von Standards wie JEE, CORBA, etc.
  - Plattform-unabhängige Logik
- **Code wird in plug-ins bereitgestellt**
  - es existieren generische plug-ins für *Peristence, Verteilung* etc…

openMDX Entwicklungsprozess



Quelle: **http://www.openmdx.org/index.html**

openMDX architecture



Quelle: **http://www.openmdx.org/index.html**

Fornax

- **http://fornax-platform.org/cp/display/fornax/Fornax**

- **Fornax bietet DSL**
  - inklusive Metamodelle, Editoren, Cartridges
  - basiert auf EMF / oAW Plattform
  - *maven* basierter Entwicklungsprozess

- **Fornax - UML2**
  - unterschiedliche Cartridge für EJB, Spring, Hibernate, Grails
  - Metamodelle basieren auf (Eclipse-) UML2

Fornax - Sculptor

- **http://www.theserverside.com/tt/articles/content/ProductivityWithSculptor/article.html**
- **ist ein Plattform zur Codegenerierung**
- **besitzt eine textuelle DSL auf Basis oAW/XText**
- **basiert auf Konzepten des *Domain Driven Designs***
- **liefert Cartridges für gängige Frameworks**
  - Spring, Hibernate und Java EE

UML Tools

- **IBM Rational Software Architect, Borland Together Architect, Magic Draw, Enterprise Architect usw.**
  - bieten i.d.R. Export in EMF-Umfeld
    - genauer Export in EMF UML2 2.x
    - somit steht das EMF-Umfeld für Generatoren zur Verfügung
  - bieten teilweise eigene Schnittstelle auf Modell an
  - haben teilweise UML2 2.x als internes Metamodell
    - Together Architect 2008
  - bieten teilweise integriertes OCL
    - Editor
    - Ausführungsumgebung
    - dynamische Constraints in UML-Profilen
  - graphische Editoren basieren teilweise auf GMF
  - bieten teilweise Unterstützung für QVT

- **UML- und EMF-Welt wachsen zusammen**

www.iks-gmbh.com