Vorlesung (WS 2014/15)

Softwarekonstruktion

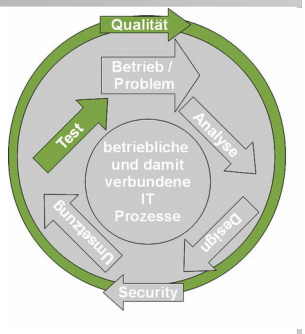
Prof. Dr. Jan Jürjens

TU Dortmund, Fakultät Informatik, Lehrstuhl XIV

Teil 1.0: Modellbasierte Softwareentwicklung: Einführung

v. 13.10.2014

1.0 Modellbasierte Softwareentwicklung: Einführung



- Modellgetriebene SW-Entwicklung
  - Einführung
  - Modellbasierte Softwareentwicklung
  - Object Constraint Language (OCL)
  - Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)
  - Petrinetze
  - Eclipse Modeling Foundation (EMF)
- Qualitätsmanagement

Inkl. Beiträge von Prof. Volker Gruhn (Universität Duisburg-Essen).

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**. (s. Vorlesungswebseite)

- Kapitel 1-2

Kapitel 1:

Ziel: Vertiefung der **modellbasierten Softwareentwicklung**, Fortsetzung der elementaren Inhalte (UML-Diagramme) aus Softwaretechnik (SWT)

Inhalte:

- Modellbasierte Softwareentwicklung: Metamodellierung, Modelltransformation, Object Constraint Language
- Geschäftsprozessmodellierung: Ereignisbasierte Prozessketten (EPKs)
- Ausführungssemantik mit Petrinetzen
- UML-Werkzeugbau: Eclipse Modeling Foundation (EMF)

Abschnitt 1.0:

- Kurze **Einführung** und **Motivation** für die Inhalte von Kapitel 1**.**

1.0 Modell-basierte Software-entwicklung: Einführung

- Probleme bei der Softwareentwicklung
- Modellbasierte Softwareentwicklung
- MDA: Grundlagen und Konzepte

Literatur:

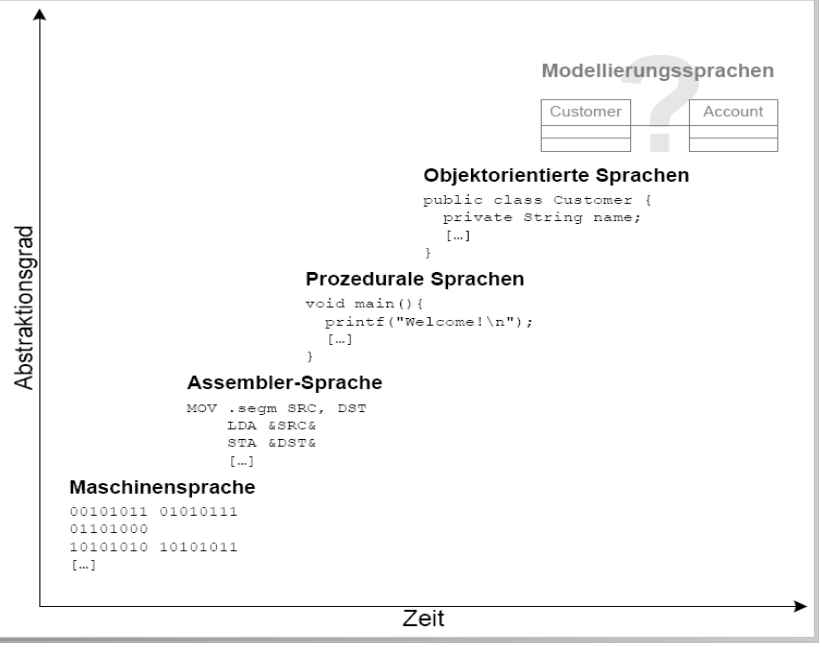
V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Kapitel 2

Geschichte der Softwareentwicklung

- Komplexitäts-beherrschung als **das** Problem.
- Abstraktion als fortwährender Trend.
- Zunehmende Gewichtung von Modellen.



Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.2 (S.14-16)
- Abb. 2.2 (S. 15)

Software-Komplexität: Beispiel Automobil

Beispiele für **Zunahme der Komplexität** von Software:

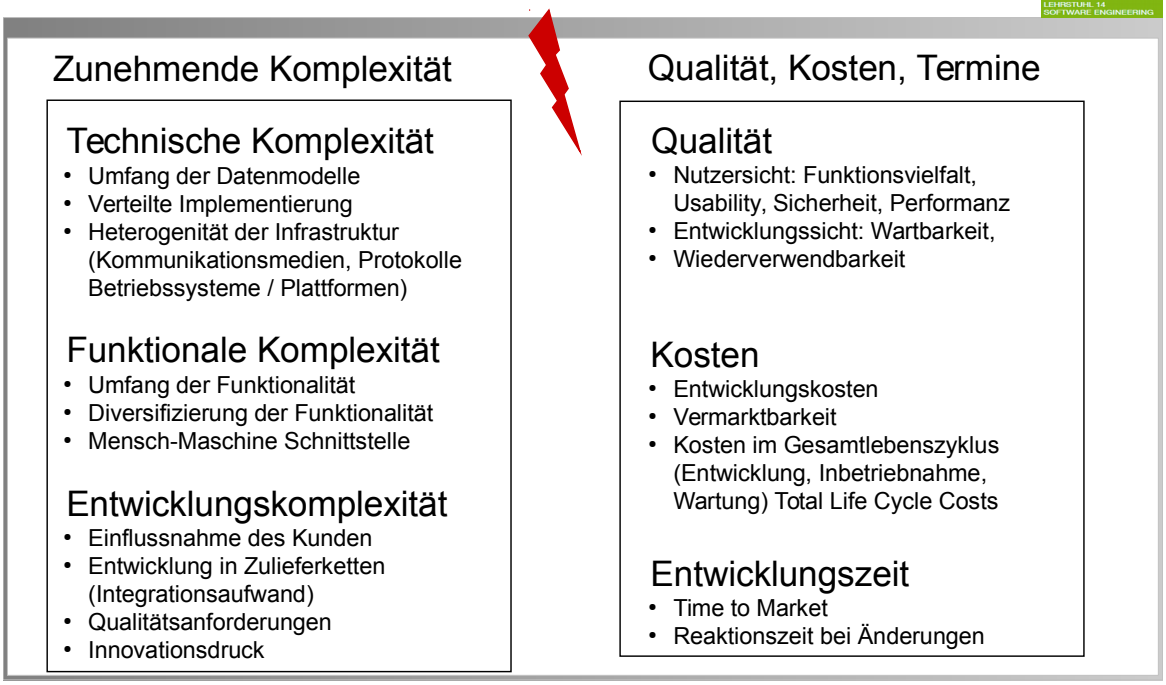
- **Eingebettete Software** im Kfz:
  - 1970: ca. 100 LOC (Lines of Code)
  - Heute: 1.000.000 LOC, Premiumfahrzeuge 10.000.000 LOC.
- Anstieg der Anzahl von **Electronic Control Units** (ECU) von der letzten zur neuen Mercedes S-Klasse: 64% von 45 ECUs auf 72 ECUs.
- Länge und Gewicht des VW Phaeton Kabelbaums: 3960m, 64kg.
- Beim Ausfall der Bremslichter beim “New Beetle“ (US) **blockiert gesamte Automatik.**

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1 (S.9-14)

Problem Komplexität



Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1 (S.9-21)

Komplexität beherrschen

Ansätze, um **Komplexität zu beherrschen:**

Abstraktion:

- Ausblenden von Detailinformation.
- Einsatz von geeigneten SW-Modellen **(dieses Kapitel !)**.

Strukturierung / Modularisierung:

- Aufteilung in klar abgegrenzte Unterstrukturen.
- Partitionierung der Aufgaben (Dekomposition).

Methodik und Systematik:

- Systematisierung des Entwicklungsprozesses.
- Verwendung bewährter Verfahren und Lösungsmuster.
  - Design Pattern **(Abschnitt 1.1 !)**,
  - Referenzarchitekturen.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)
- Abschnitt 2.1.4 (S.19-21)
- Abschnitt 2.2.1 (S.21-22)

Weitere akute Probleme: Steigende Anforderungen

Steigende Anforderungen:

- Anforderungen an **Leistungsfähigkeit**, **Zuverlässigkeit** und **Qualität**.
- **Kurze Technologiezyklen**, für Hardware-/Software-Plattformen.
- Häufige **Anforderungsänderungen**.
- Hoher Druck zur **Kostenreduzierung**.
  - insbesondere in Zeiten konjunktureller Schwächeperioden

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)

Weitere akute Probleme: Fachlichkeit vs. Technik

Dominierung von Fachlichkeit durch Technik:

- Umsetzung fachlicher Basiskonzepte dominiert durch Technik.
- Anwendungsentwickler:
  - Benötigen **umfangreiches technisches Wissen...**
  - ...statt sich auf fachliche Anwendungsdomäne zu konzentrieren.
- Fachabteilung und Entwickler:
  - **Verständigung** auf völlig unterschiedlichen Abstraktionsebenen.
  - Abstraktionsniveau derzeitiger Entwicklungsansätze zu niedrig.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)

Weitere akute Probleme: Fehlende Durchgängigkeit

Methodischer Bruch zwischen Analyse, Design und Implementierung:

- Dokumentation nach Beginn Implementierung oft **nicht aktualisiert.**
  - Macht Dokumentation nahezu nutzlos.
- **Erschwert Einarbeitung** neuer Mitarbeiter in späten Phasen.
- **Erhöht Rüstzeiten** in Betriebs- bzw. Wartungsphase um Vielfaches.

Fehlende Nachverfolgbarkeit (Traceability):

- Fehlende Durchgängigkeit für verschiedene Artefakte (Anforderungen, Dokumentation, Code) im Lebenszyklus.
- Besonders in Bezug auf Anforderungen, fehlende
  - **Nachvollziehbarkeit** und
  - **Rückverfolgbarkeit**

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)

Akute Probleme: Schlussfolgerung

- Bedarf nach **höherem Abstraktionsniveau**.
- Potenzial, Gleichförmigkeiten in verdichteten Form zusammenzufassen.
- Forderung nach **durchgängigerer Auswahl der Ausdrucksmittel.**

→ **Lösung: Modelle**

- **Abstrahieren** und **fokussieren** auf das **Wesentliche**.
- Brücke von **fachlicher Problemwelt** in **technische Lösungswelt**.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.4 (S.19-21)

1.0 Modell-basierte Software-entwicklung: Einführung

- Probleme bei der Softwareentwicklung
- Modellbasierte Softwareentwicklung
- MDA: Grundlagen und Konzepte

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Kapitel 3

Kernideen:

- Modell: **Zentrales Artefakt** im SW-Prozess.
  - **Konsequente Nutzung** Lebenszyklus hindurch (Anforderung bis Wartung).
- **Vermeidung von Modellbrüchen** im SW-Prozess.
- **Einsatz von Softwaremodellen** mit fachlicher Semantik:
  - Fachliche Anforderung von konkreter Technologie **entkoppeln**.
  - **Wiederverwendung** fachlicher Aspekte.

Häufig Verwendung der **Unified Modeling Language (UML)** (aber nicht notwendig).

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.4 (S.19-21)
- Abschnitt 2.2 (S.21)

Nächsthöhere Abstraktionsstufe:

- Modellierungssprache bietet dichtere Notation für Teilmenge von Konzepten gegenüber klassischen Programmiersprachen.
- Geben Möglichkeit, domänenspezifische Sprachen selbst zu definieren.

Diskussion: Modellbasierte Szenarien

Für welche Zwecke könnte man Ihrer Meinung nach Modelle (z.B. in UML) in der modellbasierten Softwareentwicklung verwenden ?

Diskussion: Modellbasierte Szenarien

Für welche Zwecke könnte man Ihrer Meinung nach Modelle (z.B. in UML) in der modellbasierten Softwareentwicklung verwenden ?

- **Spezifikation**
- **Dokumentation und Kommunikation**
- **Simulieren**
- **Testen**
- **„Programmieren“**

Modellbasierte Szenarien:
Spezifikation, Kommunikation, Dokumentation

Spezifikation mit Modellen:

- Verbindliche Spezifikation zwischen **Auftraggeber** und IT-Firma.

Dokumentation und Kommunikation mit Modellen:

- **Analysemodelle**: Fachexperte und SW-Architekt.
- **Entwurfsmodelle**: SW-Architekt und SW-Entwickler.
- **Implementierungsmodelle**:
  - **Verfeinerung** und **Spezialisierung** des Modells in Entwurfsphase.
  - Vorlage zur Implementierung durch **SW-Entwickler**.
- Generieren von textueller **Dokumentation** aus Modell.

Modellbasierte Szenarien: Simulieren und Testen

Simulieren mit Modellen:

- **Simulation** von Dynamik zur Validierung von Systemteilen.
- **Frühes Feedback** → Auswirkung von Designentscheidungen.
- Systemverhalten: z.B. **Nebenläufige Prozesse.**

Testen mit Modellen:

- Ableiten von Tests (z.B. **Integrations-** und **Abnahmetests**) aus fachlichem Modell.
- **Automatische Generierung** von technischen Testfällen (Junit).

Modellbasierte Szenarien: „Programmieren“ mit Modellen

- **Modellieren** statt Programmieren:
  Teile des Programmcodes generieren.
- **Generatoren** für konkrete technische Bereiche
  (z.B. DB-Schema aus XML).
- Generatoren für komplette **Schichten** eines Systems
  (Persistenzschicht samt Konfigurationen und Datenobjekte).
- Generatoren für spezielle aber **schichtenübergreifende** Bereiche
  (z.B. UI, Validierung und Persistenz aus XML-Datei).
- Generatoren für speziellen **Projektzweck**
  (z.B. Kapselung kundenspezifischer Besonderheiten, Produktlinien).

Modell:

- Abbildung: Welt → Diskrete Struktur.
- Vereinfachende Beschreibung der Realität.

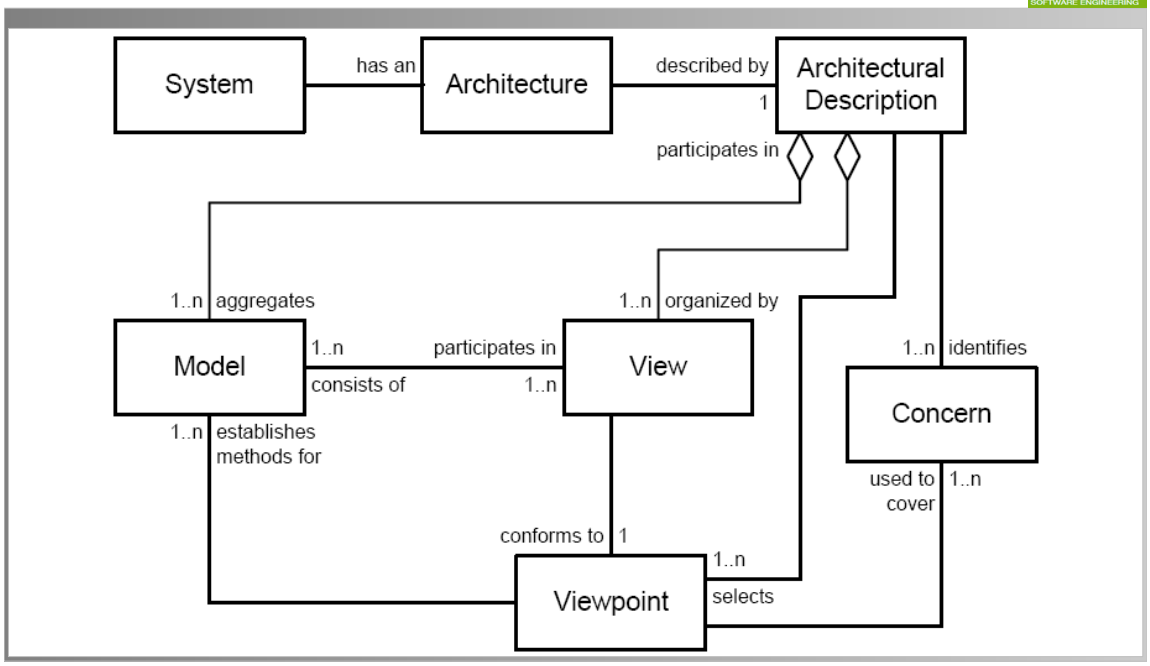
Einige Aspekte, die modelliert werden:

- Struktur.
- Beziehungen.
- Verhalten.

Grenzen zwischen **Modell** und **Code** fließend:
kann Code als Modell auffassen.

Könnte auch informelle Textdokumentation als Modell auffassen; aber bislang nicht vollständig verarbeitbar => kein Modell im Sinne modellbasierte Entwicklung.

Terminologie IEEE 1471



Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2.2 (S.23-25)
- Abbildung 2.5 (S.24)

IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems

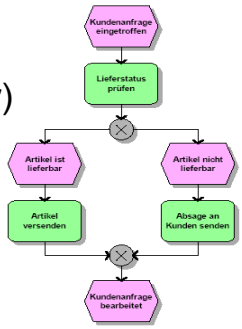
Welche Arten von Modellen im Bereich Software Engineering kennen Sie bereits ?

Modelle im Software Engineering: Beispiele

Beispiele: Modelle im Software Engineering:

Grafische Modelle (Schwerpunkt: **menschlicher Nutzer**)

- Unified Modelling Language
- Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) (z.B. für Geschäftsprozesse)
- Petrinetze



Modelle auf **Textbasis**:

- XML-Schema (Schwerpunkt: **maschinelle Verarbeitung**)
- Matlab Code

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLS
      <xs:element name="auftrag">
         <xs:complexType>
            <xs:all>
               <xs:element name="kundennummer" t
               <xs:element name="auftragsdatum"
               <xs:element name="ausführungsdatu
               <xs:element name="auftragspositio
                  <xs:complexType><xs:sequence m
      ref="auftragspositiontype"/></xs:sequence>
               </xs:element>
               <xs:element name="kundenanschrift
                  <xs:complexType><xs:sequence><
               </xs:element>
               <xs:element name="rechnungsanschr
                  <xs:complexType><xs:sequence><
               </xs:element>
               <xs:element name="installationsan
```

Syntax vs. Semantik von Modellen: Menschliche Sicht

Syntax: Sichtbare Modellelemente (**konkrete Syntax**) oder deren abstrakte Repräsentation (**abstrakte Syntax**)

Semantik: Bedeutung, die durch Modell ausgedrückt werden soll, z.B.:

- UML-Klassendiagramm: Beziehungen zwischen Klassen
- UML-Statechart: Verhalten eines Systemteiles

Syntax vs. Semantik von Modellen: Werkzeugsicht

Modellverarbeitung in modellbasierter Entwicklung:
Werkzeuge benötigen Information über Semantik, z.B.:

- Testgenerierung aus UML-Statechart: intendiertes Verhalten

Syntax: werkzeugrelevante Standard-Formate wie XMI
(XML-Dialekt für Speichern der Syntax von UML-Modellen).

Semantik: kein einheitliches Format

- UML: Object Constraint Language (OCL).
- Alternativen: Petrinetze (s. **Abschnitt 1.4** !), Abstract State Machines, Logik erster Stufe, Temporale Logik, ...

1.0 Modell-basierte Software-entwicklung: Einführung

- Probleme bei der Softwareentwicklung
- Modellbasierte Softwareentwicklung
- MDA: Grundlagen und Konzepte

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Kapitel 5

Idee: Model-Driven Architecture (MDA)

Ein konkreter Ansatz für modellbasierte Entwicklung.

Spezifikation der Software unabhängig von technischer Umsetzung.

Verschiedene Abstraktionslevel für Modelle:

- **Plattform-unabhängig**.
- **Plattform-spezifisch.**

Übergang von abstrakten zu technologiespezifischen Modellen:

- **Vollautomatisiert:** Verwendung von Transformationswerkzeugen.
- **Beschreibung der Transformationen** in Transformationsbeschreibungen.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.4 (S.19-21)
- Abschnitt 2.2 (S.21, erster Absatz)

Zur Diskussion: Stärken von MDA ?

Welche der folgenden möglichen Ziele könnten Ihrer Meinung nach **Stärken** von MDA sein ?

- Domänenorientiertes Design
- Effiziente Softwareentwicklung
- Systemintegration & Interoperabilität
- Portierbarkeit

Abstimmung ?

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.4 (S.19-21)
- Abschnitt 2.2 (S.21, erster Absatz)

Ziele der MDA: Domänenorientiertes Design

Problem 1: Wertvolles Wissen über Kerngeschäftsprozesse oft implizit in proprietären Altsystemen bzw. in Köpfen der Entwickler.

Problem 2: Bedürfnisse der Kunden:

- **Hohe Flexibilität / Agilität** unterliegender Geschäftsprozesse.
- **Keine unnötige Beschränkung** durch technologische Vorgaben.

Lösung: Orientierung an Fachlichkeit innerhalb des SE-Zyklus („Domänenorientierung“).

GEÄNDERT:

Ziele der MDA: Domänenorientiertes Design

1) Plattform-unabhängige Modellierung der unterliegenden Prozesse:

- Pflege und Weiterentwicklung der Anwendungslogik.
- Dokumentation und Evolution der Prozesse.
- Integration der Modelle in Transformationskette hin zur Anwendung.

→ **Gegen Degeneration von Dokumentation.**

2) Domänenspezifische Modelle:

- Ziel: **Reduzierung** der **Time-to-Market** ohne Budget-Erhöhung.
- **Wissensvorsprung** innerhalb fachlichen Domänenwissens.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2 (S.21)
- Abschnitt 2.2.1 (S.21-22)

Ziele der MDA: Effiziente Softwareentwicklung

Automatisierung der Anwendungserstellung:

- Beschleunigt Software-Prozesse, verringert Aufwand.
- Steigert Softwarequalität.
  - z.B. Verwendung von Referenzarchitekturen / Patterns.

Technologien gekapselt:

- Expertenwissen via **Transformationsvorschriften** wiederverwenden.
- **Optimale** Nutzung vorhandener Ressourcen (Wiederverwendung).
- Beherrschung **systemimmanenter Komplexität**
  - Prinzip: Teile-und-herrsche.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2 (S.21)
- Abschnitt 2.2.1 (S.21-22)

Ziele der MDA: Systemintegration & Interoperabilität

Trennung fachlicher Konzepte von **konkreter technologischer Repräsentation**:

- Erleichtert Bildung von **Schnittstellen**.

Verwendung offener Standards:

- Verringert Risiko von Vendor-Lock-Ins.
- Hilft bestehende Anwendungen über Technologiezyklen zu retten.

→ Erleichtert **Wiederverwendung** und steigert **Produktivität.**

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2 (S.21)
- Abschnitt 2.2.1 (S.21-22)

Ziele der MDA: Portierbarkeit

Systematische Abstraktion von technischen Aspekten erleichtert:

- Migration von Applikationen auf neue Versionen benutzter Technologien.
- Portierung auf andere Zielumgebungen.
- Anwendungsentwicklung für mehr als eine Zielplattform.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2 (S.21)
- Abschnitt 2.2.1 (S.21-22)

MDA: Verschiedene Abstraktionsebenen für Modelle

Welche Abstraktionsebene erfüllt welches Ziel ?

Anforderungen an System und Umwelt.

Spezifikation von Struktur und Verhaltens des Systems unabhängig von Hardware- & Softwareplattformen.

Alle Informationen um System erzeugen und in Betrieb nehmen.

Platform Independent Model (PIM)

Platform Specific Model (PSM)

Computation Independent Model (CIM)

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2.3 (S.25-31)
- Abbildung 2.6 (S.26)

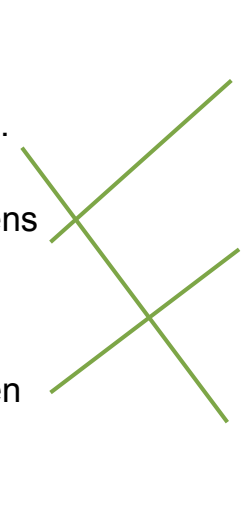
MDA: Verschiedene Abstraktionsebenen für Modelle

Welche Abstraktionsebene erfüllt welches Ziel ?

Anforderungen an System und Umwelt.

Spezifikation von Struktur und Verhaltens des Systems unabhängig von Hardware- & Softwareplattformen.

Alle Informationen um System erzeugen und in Betrieb nehmen.



Platform Independent Model (PIM)

Platform Specific Model (PSM)

Computation Independent Model (CIM)

Literatur:

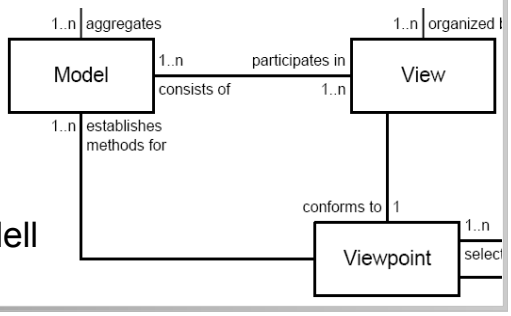
V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.2.3 (S.25-31)
- Abbildung 2.6 (S.26)

Unified Modeling Language

Unified Modeling Language (**UML**):

- **Modellierung**, **Dokumentation**, **Spezifizierung** und **Visualisierung** von **komplexen Softwaresystemen**.
- **Standard** der Object Management Group (OMG).
- **Unterschiedliche Modellierungskonzepte** auf einheitlicher Basis:
  - 14 Diagrammtypen in Version 2.4.1
- **Modell** vs. **Diagramm**:
  - UML-Modell besteht aus einem oder mehreren Diagrammen.
  - Ein Diagramm entspricht einer bestimmten Sicht („View“) auf Modell (vgl. IEEE 1471).



http://omg.org/uml

http://omg.org/spec/UML/2.4.1

UML 2.5 aktuell (Okt. 2014) noch nicht abschließend standardisiert.

Modellelemente können in mehreren Diagrammen vorkommen.
(=> Konsistenz oft nicht-trivial).

UML: Was Sie von SWT wiederholen sollten

Was Sie sich für dieses Kapitel noch einmal anschauen sollten, um dahinterliegende **Metamodellierung** zu verstehen:

- **UML-Klassendiagramme** (Generalisierung, Assoziationen, Komposition, Aggregation, Multiplizität,...)
- **UML-Aktivitätsdiagramme** (Aktivitäten, Aktionen, Verzweigungsknoten, Verbindungsknoten, Verteilungsknoten, Kontrollflüsse,...)

Was auch hilfreich ist zu kennen:

- Weitere **Struktur-** und **Verhaltensdiagramme** der UML (z.B. Objekt-, Sequenz-, Zustandsdiagramme)

Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Abschnitt: Einführung und Überblick in „Modellbasierte Software-Entwicklung“. Wichtige Punkte:

- Aktuelle Herausforderungen
- Modellbasierte Softwareentwicklung
- Modellbegriff und SW-Modelle
- Semantik von Modellen
- MDA

Nächster Abschnitt:
Zentrale Techniken der modellbasierten Softwareentwicklung.

Anhang (Weitere Informationen und Beispiele zum Selbststudium)

Geschichte der Softwareentwicklung
Anfänge

- **Maschinensprachen:** 50er-Jahre
  - Computer-Welt durch teure Hardware-Ressourcen bestimmt.
  - Software hatte beherrschbare Größe; in Maschinensprache binär kodiert.
- **Assembler-Sprachen:**
  - Komplexere Software-Systeme nicht dazu geeignet, um in Binärcode entwickelt zu werden.
  - Löste Maschinensprachen ab.
  - Mnemonische Symbole, Marken und Makros als Arbeitserleichterung.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**

http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

Höhere Programmiersprachen:

- Zunehmend Programmiersprachen gefragt.
- **FORTRAN** (FORmula TRANslator):
  - 1954-1958 von Jim Backus entwickelt.
  - **Erste höhere Programmiersprache**.
  - Für **mathematisch-technische Probleme** konzipiert.
  - Vorläuferin vieler weiterer höherer Programmiersprachen.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

Software-Krise und Software-Engineering:

- Hardware-Preise fielen.
- **Bedarf an Software wuchs.**
- Programmierte Systeme größenmäßig **komplex und unhandhabbar.**
- NATO-Konferenz (1968): **Software-Krise** wurde ausgerufen.
  - Forderung nach angemessenen Ingenieursdisziplin.
  - In dieser Zeit Begriff des Software-Engineering geprägt.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

- **Strukturierte Programmierung:**
  - Durch Kontrollstruktur- und Fallunterscheidungsmöglichkeiten.
    - z.B. etwa in Pascal oder in C.
- **Systematische Methoden:**
  - Strukturierte Analyse (SA)[1].
  - Strukturierte Design (SD)[2].

1Tom DeMarco: Structured Analysis and System Specification. Yourdon Press, 1978.
2 Edward Yourdon und Larry L. Constantine: Structured Design – Fundamentals of a Discipline of Computer Program and Systems Design. Prentice Hall, 1979.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

- **Strukturierte Analyse:**
  - Hierarchisch angeordnete Datenflussdiagramme zur abstrakten Modellierung von Prozessen.
  - Mini-Spezifikationen zur Beschreibung von Prozessen.
  - Data Dictionaries für einheitliche Datendefinitionen.
- Funktionen in strukturiertem Design in hierarchisch aufgebaute Module zerlegt. → In **Strukturdiagrammen** festgehalten.
- Diagramme zur
  - **Visualisierung von Programmabläufen** und
  - **Beschreibung von Schnittstellen**

  zwischen Modulen.
- **Diagramme/Modelle:** Hoher Stellenwert in strukturierten Methoden.
- Markt für **Modellierungs-Werkzeuge:**
  - Computer Aided Software Engineering (CASE).

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

Wiederverwendungskrise:

- Ende der 80er-Jahre.
- Drastisch gewachsene **Komplexität** in Software-Systemen.
  - Erzwang Umdenken bei der Software-Erstellung.
  - Wunsch nach Wiederverwendbarkeit von Software.
- Gewaltige **Software-Bestände** angehäuft.
  - Problem, diese auch nur teilweise wieder zu verwenden.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

- **Objektorientierte Paradigma:**
  - Als **Lösung** der Wiederverwendungskrise.
  - System besteht aus Objekten. Jedes Objekt besitzt definiertes Verhalten, inneren Zustand und eindeutige Identität.
  - Ansatz in 70er-Jahren in wissenschaftlichen Veröffentlichungen erschienen.
  - **SIMULA** (SIMUlation LAnguage):
    - Ole-Johan Dahl und Kristen Nygaard in 60er-Jahren.
    - Ursprünglich für diskrete Ereignis-Simulation entwickelt.
  - **Breite Akzeptanz** bei Smalltalk, C++ und Java.
  - Vererbung und Polymorphie für **Wiederverwendbarkeit.**
- **Design und Analyse:**
  - 90er-Jahre viele neue objektorientierte Methoden
    - Intensivierter Gebrauch von Modellen führte zur Unified Modeling Language (UML)

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.1 (S.11-14)

Weitere akute Probleme: Divergenz der Änderungszyklen

Divergenz der Änderungszyklen:

- **Änderungszyklus** der Technologie vs. Änderungen fachlicher Prozesse.
- **Technische und fachliche Belange** der Entwicklung trennen.
  - Besserer **Investitionsschutz** der Entwicklungsarbeit.
  - Verlängerte **Lebensdauer** der Fachkonzepte.
  - Größere **Flexibilität** und bessere Reaktionsfähigkeit bei ändernden Fachanforderungen.

Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

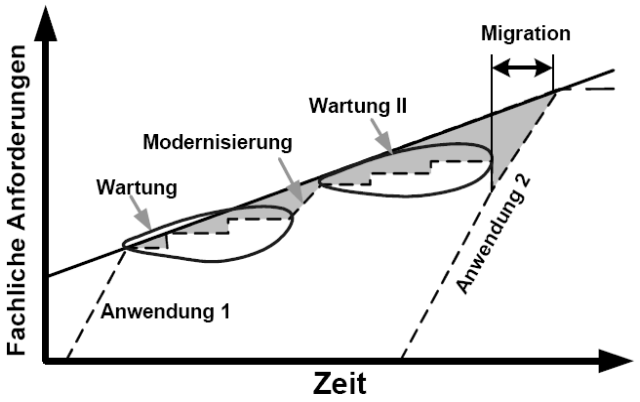
- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)

Middleware Babel:

- Praxis: **Heterogene Systemlandschaft** mit vielen verschiedenen Middleware-Technologien.
- **Integrationsprozess** zunehmend schwieriger.

Legacy Crisis:

- Erhöhter Druck zur Modernisierung bereits bestehender Anwendungen.
- Rückstau fachlicher Änderungswünsche.
  - Bis Modernisierung notwendig wird.



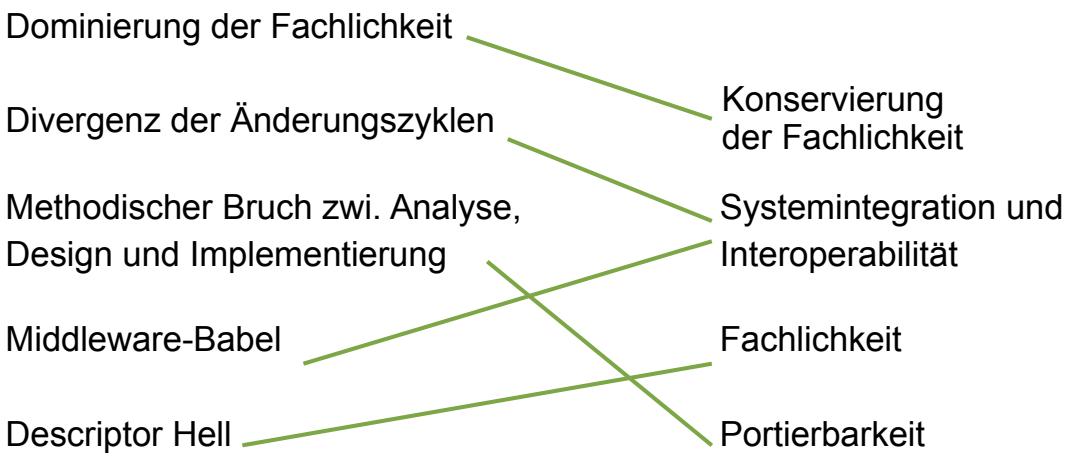
Literatur:

V. Gruhn: **MDA - Effektives Software-Engineering**
http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1223129

- Abschnitt 2.1.3 (S.16-19)
- Abb. 2.3 (S.19)

Diskussionsfrage

- Welche **akuten Probleme** der Softwareentwicklung lassen sich mit den **Zielen der MDA** verbinden?



SW-Modelle: XML-Schema (XSD)

- **Modellierung** strukturierter Textdaten:
  - **Technisches Modell** von z.B. Schnittstellen, Datenbanken und Konfigurationsdateien.
  - **XML-Schema** definiert Elemente und Attribute von XML-Dateien mit
    - einfachen Datentypen.
    - komplexen Datentypen.
    - Wertebereichen.
    - Reihenfolge und Anzahl von Elementen.
    - XML-Schema ist wiederum XML-Datei.
  - **XML-Dateien:**
    - Strukturierte Beschreibung.
    - Von Menschen und Maschinen verstehbar.

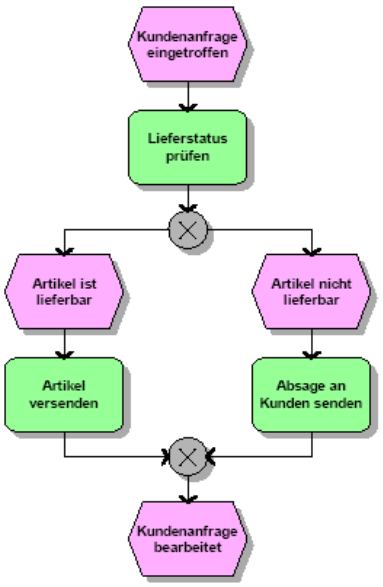
SW-Modelle: XSD Beispiel

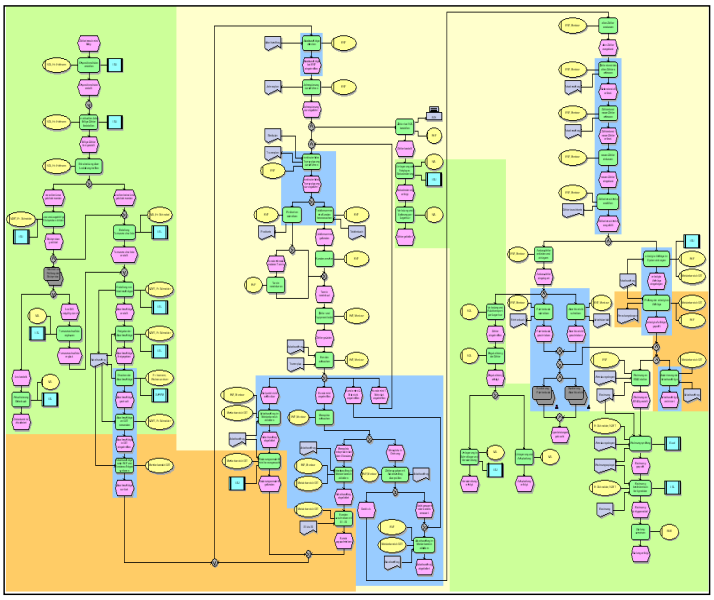
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
      <xs:element name="auftrag">
         <xs:complexType>
            <xs:all>
               <xs:element name="kundennummer" type="xs:int"/>
               <xs:element name="auftragsdatum" type="xs:date"/>
               <xs:element name="ausführungsdatum" type="xs:date"/>
               <xs:element name="auftragsposition">
                  <xs:complexType><xs:sequence maxOccurs="unbounded"><xs:element
      ref="auftragspositiontype"/></xs:sequence></xs:complexType>
               </xs:element>
               <xs:element name="kundenanschrift">
                  <xs:complexType><xs:sequence><xs:element ref="adressetype"/></xs:sequence></xs:complexType>
               </xs:element>
               <xs:element name="rechnungsanschrift">
                  <xs:complexType><xs:sequence><xs:element ref="adressetype"/></xs:sequence></xs:complexType>
               </xs:element>
               <xs:element name="installationsanschrift">
                  <xs:complexType><xs:sequence maxOccurs="unbounded"><xs:element ref="adressetype"/></xs:sequence></xs:complexType>
               </xs:element>
            </xs:all>
         </xs:complexType>
      </xs:element>
      <xs:element name="auftragspositiontype">
         <xs:complexType>
            <xs:all>
               <xs:element name="beschreibung" type="xs:string"/>
               <xs:element name="unterposition">
                  <xs:complexType><xs:sequence maxOccurs="unbounded"><xs:element ref="unterpositiontype"/></xs:sequence></xs:complexType>
               </xs:element>
            </xs:all>
         </xs:complexType>
      </xs:element>
      <xs:element name="unterpositiontype">
         <xs:complexType><xs:all><xs:element name="beschreibung" type="xs:string"/></xs:all></xs:complexType>
      </xs:element>
      <xs:element name="adressetype">
         <xs:complexType><xs:all>
               <xs:element name="vorname" type="xs:string"/><xs:element name="nachname" type="xs:string"/>
               <xs:element name="strasse" type="xs:string"/><xs:element name="hausnummer" type="xs:int"/>
               <xs:element name="postleitzahl" type="xs:string"/> <xs:element name="stadt" type="xs:string"/>
         </xs:all></xs:complexType>
      </xs:element>
</xs:schema>
```

Ereignisgesteuerte Prozessketten:

- Beschreibung von Geschäftsprozessen von Unternehmen.
- Symbole in EPKs:
  - **Ereignis:** Betriebswirtschaftlicher Zustand.
  - **Funktion:** Aktivität eines Geschäftsprozesses.
  - **Verknüpfungsoperatoren:** AND, XOR, OR.
  - **Verbindung** der Elemente per Kontrollfluss-Pfeil.

SWK-Modelle: EPK - Beispiel



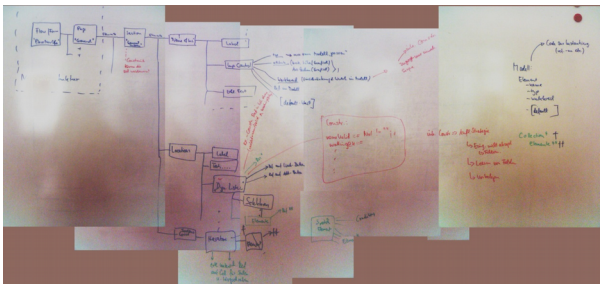


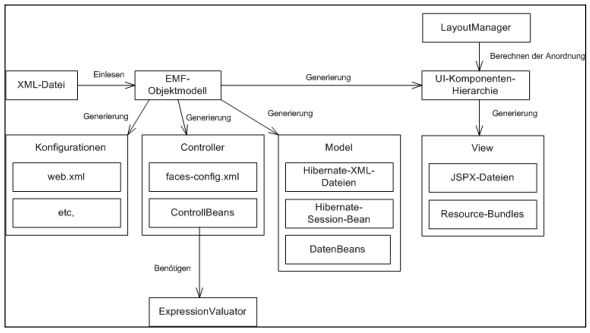
SW-Modelle Skizzen:

Skizzen:

- Per Hand (Papier, Whiteboard) oder mit Tool (Powerpoint, Visio) erstellte **Graphiken.**
  - Verdeutlichen **fachliche oder technische Zusammenhänge.**
    → Ohne klar definierte Semantik.
    - **Interpretation der Skizzen** von nicht an Erstellung beteiligten Personen nicht gewährleistet.
- **Wichtigste Artefakte der Kommunikation** innerhalb Projektteams.

SWK-Modelle: Skizzen - Beispiel





System:

- Aus Teilen **zusammengesetztes und strukturiertes Ganzes**.
- Hat Funktion und erfüllt Zweck.

Architecture:

- Organisation der Teile des Systems und deren Verhalten.
- **Beziehungen unter einzelnen Komponenten.**
  - Beziehungen an Bedingungen knüpfbar.
    - Erfüllung zur Erreichung des Systemzwecks.

Architectural Description:

- Besteht aus **Menge aller Artefakte:**
  - Notwendig zur Beschreibung einer Architektur.
- Typischerweise aus Modellen des Systems und unterstützender Dokumentation.

Concern:

- **Spezifische Anforderungen** oder Bedingungen.
  → Erfüllen, um erfolgreiche Erfüllung des Systemzwecks zu gewährleisten.
- Als **Aspekt** übersetzt.

Model:

- Beschreibt oder **spezifiziert System** zu bestimmten Zweck.
- Erfasst **relevante Aspekte.**
  → Struktur, Verhalten, Funktion und Umwelt des Systems.

Viewpoint:

- Beschreiben Elemente und Konstrukte.

  → Ermöglichen **Erstellung des Modells** zur Beschreibung von Systemaspekten.
- **Regeln, Techniken bzw. Methoden** sowie Notationsmittel zur Erstellung eines Modells.

View:

- Kohärente **Menge von Modellen:**
  - Beschreibt bestimmte Aspekte eines Systems.
  - Verbirgt irrelevante Aspekte.
- Als Sicht auf System bezeichnet.
- Mit **Regeln und Notation** des entsprechenden Viewpoints dargestellt.

Metamodel:

- Modelle mit Menge von Elementen erstellbar.
- Enthält:
  - **Regeln** bei Erstellung des Modells beachten (abstrakte Syntax).
  - Bedeutung der Elemente und Elementkonstellationen (Semantik).

Profile:

- **Leichtgewichtige Erweiterung** eines Metamodells.
- Stellt **neue Modellelemente** zur Verfügung oder erweitert Semantik oder Syntax bestehender Elemente.
- **Verschärfen Bedingungen**, die an Elemente der Modelle gestellt werden.
  - Regeln eines **Design-by-Contracts** [DBC] unterordnen.

Domain:

- Abgrenzbares, kohärentes Wissensgebiet.
- Im Metamodell: Konzepte einer Domäne in Bezug gesetzt und beschrieben.
- **Domänenspezifische Sprache:** Sprachdefinierender Charakter, Metamodell und Profil.

Application:

- Zu erstellendes Stück Software, umfasst **zu entwickelnde Funktionalität.**
- System aus einer oder mehreren Anwendungen zusammensetzbar.
  → Auf einer oder mehreren Plattformen ausführbar.

Plattform:

- **Ausführungsumgebung** für Anwendung.
- Zugriff auf Funktionalität über Schnittstellen. → Kenntnis über Implementierung nicht nötig.
- Bsp.: Plattformen im Bereich Betriebssysteme (Unix, Windows, OS/390).
- Bsp.: Programmiersprachen (C++, Java, C#).
- Bsp.: Middleware (CORBA, Java EE, .NET).
- Setzen in Art eines **Plattform-Stacks** aufeinander auf.
- Hardware eines Computers bildet Plattform für Betriebssystem.
- **Betriebssystem:** Plattform für einzelne Anwendungen usw.

Zentrale MDA-Begrifflichkeiten
CIM, PIM und PSM

Computation Independent Model (CIM):

- Liefert Sicht auf Gesamtsystem unabhängig von Implementierung.
- Modell im Vokabular seiner Domäne beschrieben.
- **Betont Anforderungen an System** und seine Umwelt.
- Synonyme: Business Model, Domain Model.

Platform Independent Model (PIM):

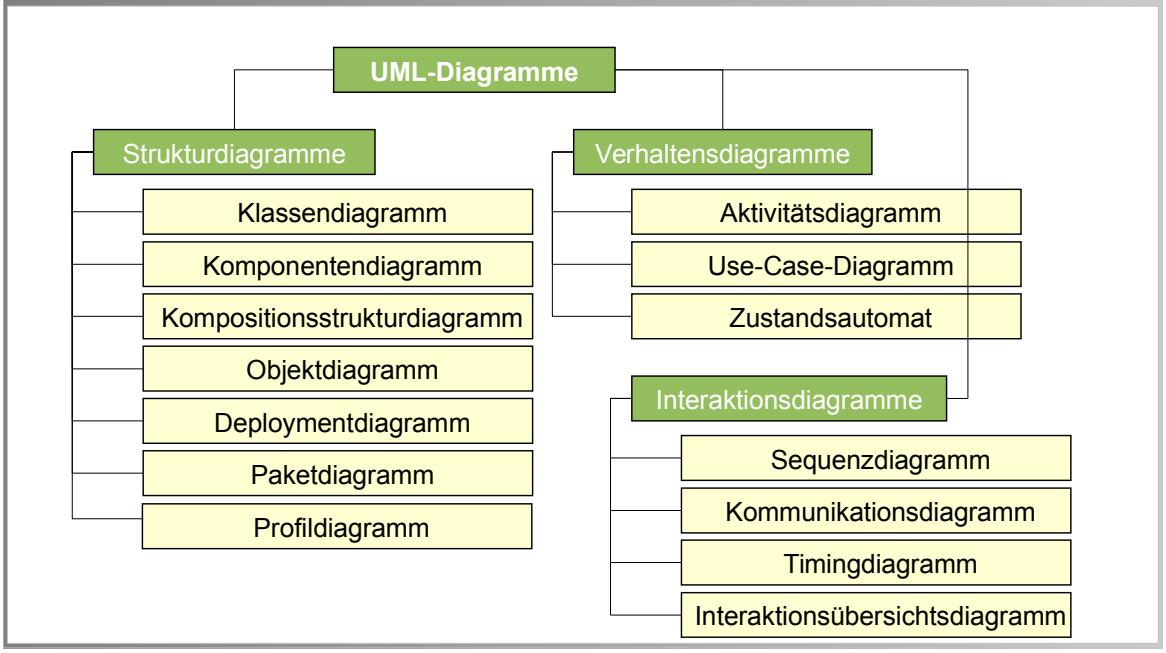
- Beschreibt **formale Struktur und Funktionalität** eines Systems.
- Unabhängig von implementierungstechnischen Details. → Abstrahiert von zugrunde liegenden Plattform.

Platform Specific Model (PSM):

- **PIM mit plattformabhängigen Informationen**.
- Zur Implementierung: Falls es alle Informationen zur Konstruktion und Betrieb eines Systems liefert.

  → Modelle auch direkt ausführbar (executable models).

Wiederholung: Arten von UML-Diagrammen



Wiederholung: Einige UML-Diagrammtypen

Anwendungsfalldiagramm: Enthält die Anforderungen an das System

Klassendiagramm: Datenstruktur des Systems

Zustandsdiagramm: dynamisches Verhalten der Komponenten

Aktivitätsdiagramm: Steuerung des Ablaufs zwischen den Komponenten

Sequenzdiagramm: Interaktion durch Nachrichtenaustausch

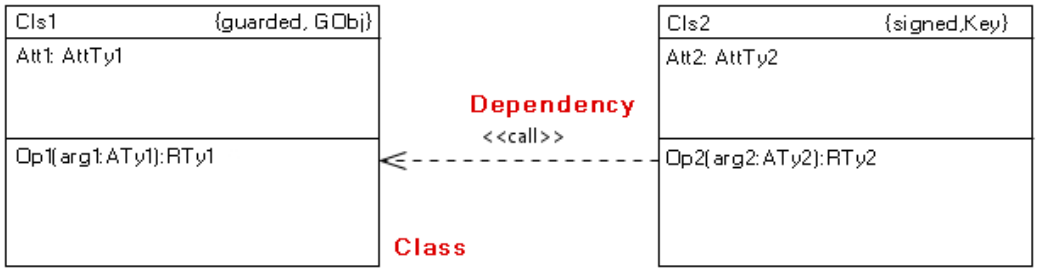
Verteilungsdiagramm: Physikalische Umgebung

Paket/Subsystem: Fasst Diagramme eines Systemteils zusammen

Wiederholung UML: Klassendiagramm

Klassenstruktur des Systems.

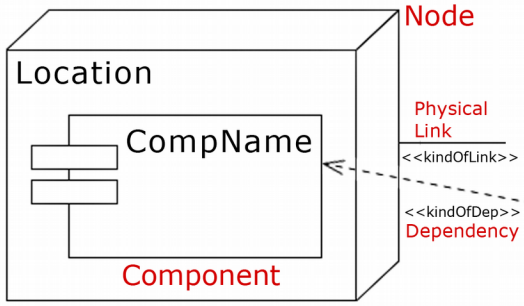
Klasse mit Attributen und Operation / Signalen, Beziehungen zwischen Klassen.



Wiederholung UML: Verteilungsdiagramm

- Problem:
  - Es soll die Verteilung der Software des Systems auf die Hardware beschrieben werden.
- Diese zentrale Frage beantwortet das Diagramm:
  - Wie sieht das Einsatzumfeld (Hardware, Server, Datenbanken etc.) des Systems aus?
  - Wie werden die Komponenten zur Laufzeit wohin verteilt?

Wiederholung UML: Verteilungsdiagramm

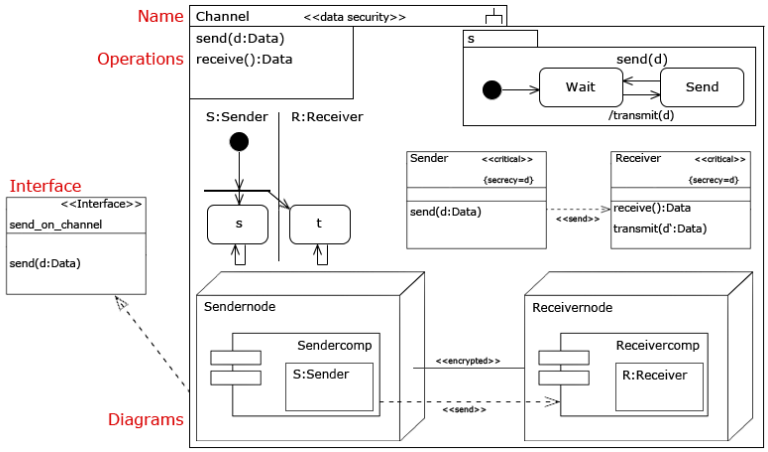


Erklärt die physikalische Ebene, auf der das System implementiert wird.

Wiederholung UML: Paketdiagramm

- Problem:
  - Große Softwaresysteme mit mehreren 100 Klassen lassen sich nicht mehr von einer Person überblicken.
- Diese zentrale Frage beantwortet das Diagramm:
  - Wie kann ich mein Modell so schneiden, dass ich den Überblick bewahre?
- Diese Stärken hat das Diagramm:
  - organisiert das Systemmodell in größeren Einheiten durch logische Zusammenfassung von Modellelementen
  - Modellierung von Abhängigkeiten und Inklusionen ist möglich

Wiederholung UML: Paketdiagramm



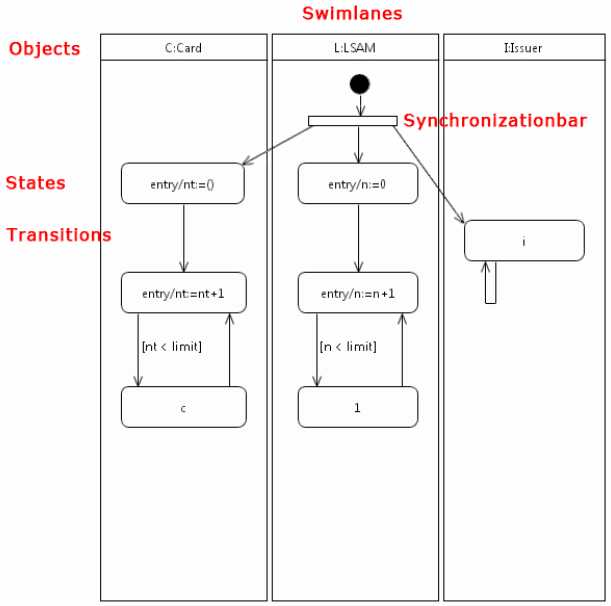
Kann benutzt werden, um UML Element zu einer Gruppe zusammen zu fügen.

Wiederholung UML: Aktivitätsdiagramm

- Problem:
  - Es sollen Abläufe, z.B. Geschäftsprozesse, modelliert werden. Im Vordergrund steht dabei eine Aufgabe, die in Einzelschritte zerlegt werden soll.
  - Es sollen Details eines Anwendungsfalles festgelegt werden.
- Diese zentrale Frage beantwortet das Diagramm:
  - Wie realisiert mein System ein bestimmtes Verhalten?

Wiederholung UML: Aktivitätsdiagramm

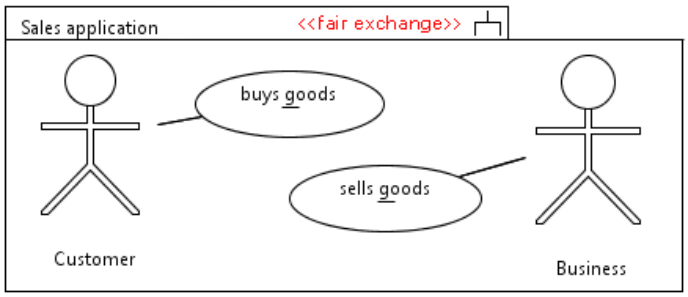
Spezifiziert den Kontrollfluss zwischen Komponenten desselben Systems. Ist auf einer höheren Abstraktionsebene als Zustands- und Sequenzdiagramme.



Wiederholung UML:
Anwendungsfalldiagramm

- Problem:
  - Das externe Verhalten des Systems soll aus Nutzersicht dargestellt werden.
- Diese zentrale Frage beantwortet das Diagramm:
  - Was leistet mein System für seine Umwelt (Nachbarsysteme, Stakeholder)?
- Diese Stärken hat das Diagramm:
  - präsentiert die Außensicht auf das System
  - geeignet zur Kontextabgrenzung
  - hohes Abstraktionsniveau, einfache Notationsmittel

Wiederholung UML:
Anwendungsfalldiagramm



Spezifiziert einen Anwendungsfall des Systems:
Szenario einer Funktionalität, die einem Benutzer oder einem anderen System angeboten wird.

Akteure die mit einer Aktivität verknüpft sind.

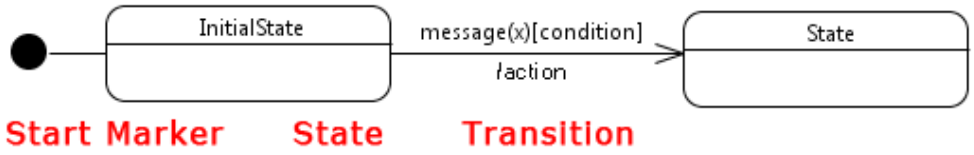
Wiederholung UML: Statechart (Zustandsdiagramm)

- Beschreibung des Verhaltens von Anwendungsfällen
  - Die formale Modellierung von Anwendungsfällen hat folgende Vorteile:
    - Sie sind eindeutig und weniger interpretierbar.
    - Es können Testfälle abgeleitet werden.
- Beschreibung des Verhaltens von Klassen
  - Dem Attribut einer Klasse wird im Allgemeinen ein Datentyp zugeordnet.
  - Wenn der Datentyp eine endliche Menge von gültigen Werten besitzt, dann ergeben sich die verschiedenen Zustände der Klasse aus allen möglichen Kombinationen dieser Zustandsvariablen.

Wiederholung UML: Statechart (Zustandsdiagramm)

Dynamisches Verhalten der einzelnen Komponenten.

Die Eingabe verursacht einen Zustandsübergang und möglicherweise eine Ausgabe.



Start Marker State Transition

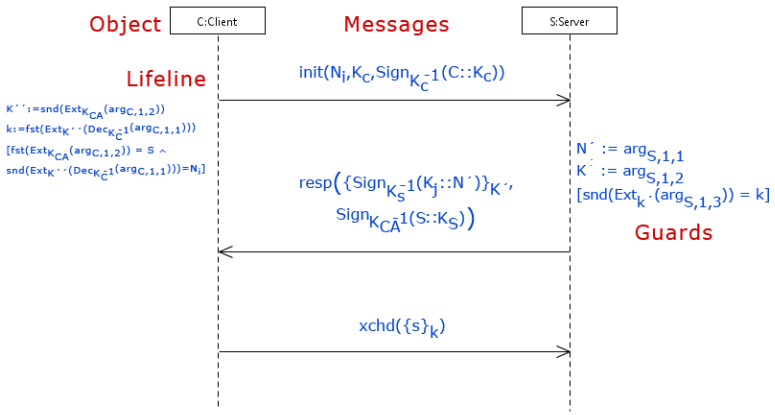
Wiederholung UML: Sequenzdiagramm

- Diese zentrale Frage beantwortet das Diagramm:
  - Wer tauscht mit wem welche Informationen in welcher Reihenfolge aus?
- Diese Stärken hat das Diagramm:
  - stellt detailliert den Informationsaustausch zwischen Kommunikationspartnern dar
  - sehr präzise Darstellung der zeitlichen Abfolge auch mit Nebenläufigkeiten
  - Schachtelung und Flusssteuerung (Bedingungen, Schleifen, Verzweigungen) möglich

Wiederholung UML: Sequenzdiagramm

- Häufige Anwendungsfälle
  - Die Abfolge der Nachrichten ist wichtig.
  - Die durch Nachrichten verursachten Zustandsübergänge sind kaum relevant.
  - Die Interaktionen sind kompliziert.
  - Die strukturelle Verbindung zwischen den Kommunikationspartner ist nicht relevant.
  - Es stehen Ablaufdetails im Vordergrund.

Wiederholung UML: Sequenzdiagramm



Verdeutlicht die Interaktion zwischen Objekten und Komponenten per Nachrichtenaustausch.

Weiterführende Literatur

[BRJ01] The Unified Modeling Language; Booch, Rumbaugh Jacobsen; Addison-Wesley; 2001

[Beziv01] Towards a Precise Definition of the OMG/MDA Framework. Bézivin, J. and O. Gerbé. ASE'01 - Automated Software Engineering. 2001. San Diego, USA.

[BHK04] Softwareentwicklung mit UML2; M.Born, E. Holz, O.Kath; Addison-Wesely, 2004

[BBG05] Model-Driven Software Development; S.Beydeda, M.Book, V.Gruhn; Springer-Verlag 2005

[CKE00] Generative Programming: Methods, Tools, and Applications; K.Czarnecki, U.Eisenecker; Pearson 2000