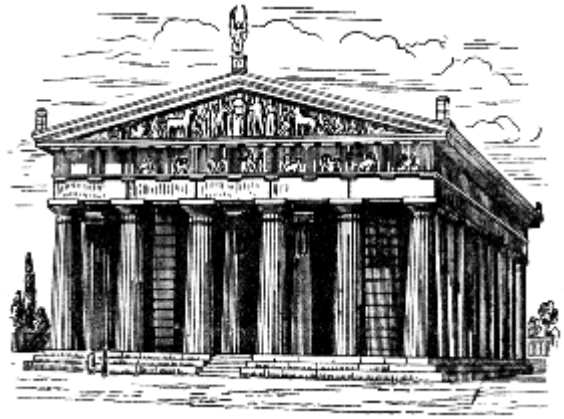
Softwarearchitektur

(Architektur: αρχή = Anfang, Ursprung + *tectum* = Haus, Dach)

6a. Ausprägungen und Wiederverwendung



Vorlesung Wintersemester 2005 / 06

Technische Universität München
Institut für Informatik
Lehrstuhl von Prof. Dr. Manfred Broy

Dr. Klaus Bergner, Prof. Dr. Manfred Broy, Dr. Marc Sihling

Inhalt

- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

- *Nächste Stunde: Wiederverwendung per*
  - *Architekturmuster*
  - *Referenzarchitektur*
  - *Produktlinienarchitektur*

Inhalt

- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

Wiederverwendung als Weg aus der Softwarekrise?

- Seit vielen Jahren sieht man in der Wiederverwendung von Software-Artefakten die Lösung zu vielen Problemen der Softwareentwicklung
  - bessere Qualität durch Nutzung eines „gereiften“ Produkts
  - geringere Kosten durch mehrfache Verwendung
  - kürzere Entwicklungszeiten aufgrund weniger Eigenentwicklung
- Beispiel Kostenreduktion:

Reuse rates	0%	25%	50%
Time [m.m.]	81,5	45	32
# Developers	8	6	5
Costs per l.o.c. [DM]	70	37	28
Lines per m.m.	165	263	370
Savings [DM]	-	~ 400.000	~ 560.000
Savings	-	~ 45%	~ 60%

From: C. Jones, The *Impact of Reusable Modules and Functions*, in *Programming Productivity*, Mc Graw Hill, 1986

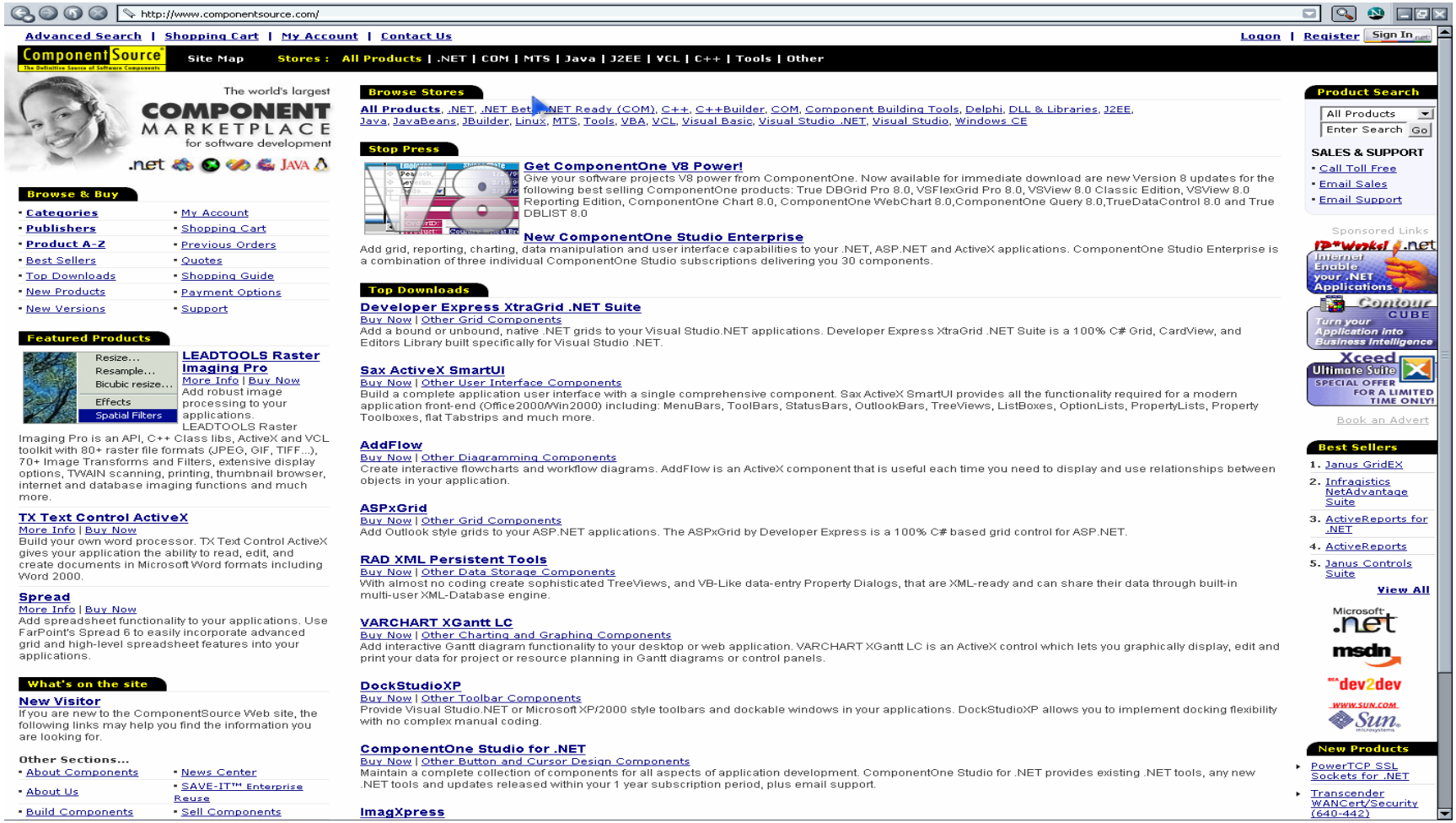
Warum Wiederverwendung oft nicht klappt...

- Technische Probleme
  - Wiederverwendung meist nur auf Code-Ebene
  - Fehlerhaftes Subtyping verhindert Wiederverwendung
  - Vernachlässigte Dokumentation und Spezifikationen
  - Korrektheit der wiederverwendeten Teile
- Organisatorische Probleme
  - Wiederverwendung selten geplant, zu spät gemacht
  - Motivation und Anreize für Wiederverwendung
  - Kaum Handelsplätze für Software, Anbieter und Nutzer finden nur schwer zusammen
  - Aufwand für Wiederverwendung u. U. höher als Nutzen

Wo Wiederverwendung erfolgreich ist...

- Ausnahmen
  - Bibliotheken (MFC, Swing, ...)
  - Datenbanken
  - Kommunikationsprotokolle
  - Transaktionsmonitore
  - Middleware (CORBA, COM, J2EE)
- Erfolgsfaktoren
  - Technische Erfolgsfaktoren
    - präzise definierte, möglichst standardisierte Schnittstellen
    - abgeschottete Implementierung (Geheimnisprinzip)
    - niedrige Einsatzschwelle: wenig Konfiguration, verständliche Dokumentation, ...
  - Organisatorische Erfolgsfaktoren
    - Systematisches Vorgehen bei der Entwicklung Nutzung
    - Anreize und Motivation für die Wiederverwendung

Kommerzieller Marktplatz für Komponenten



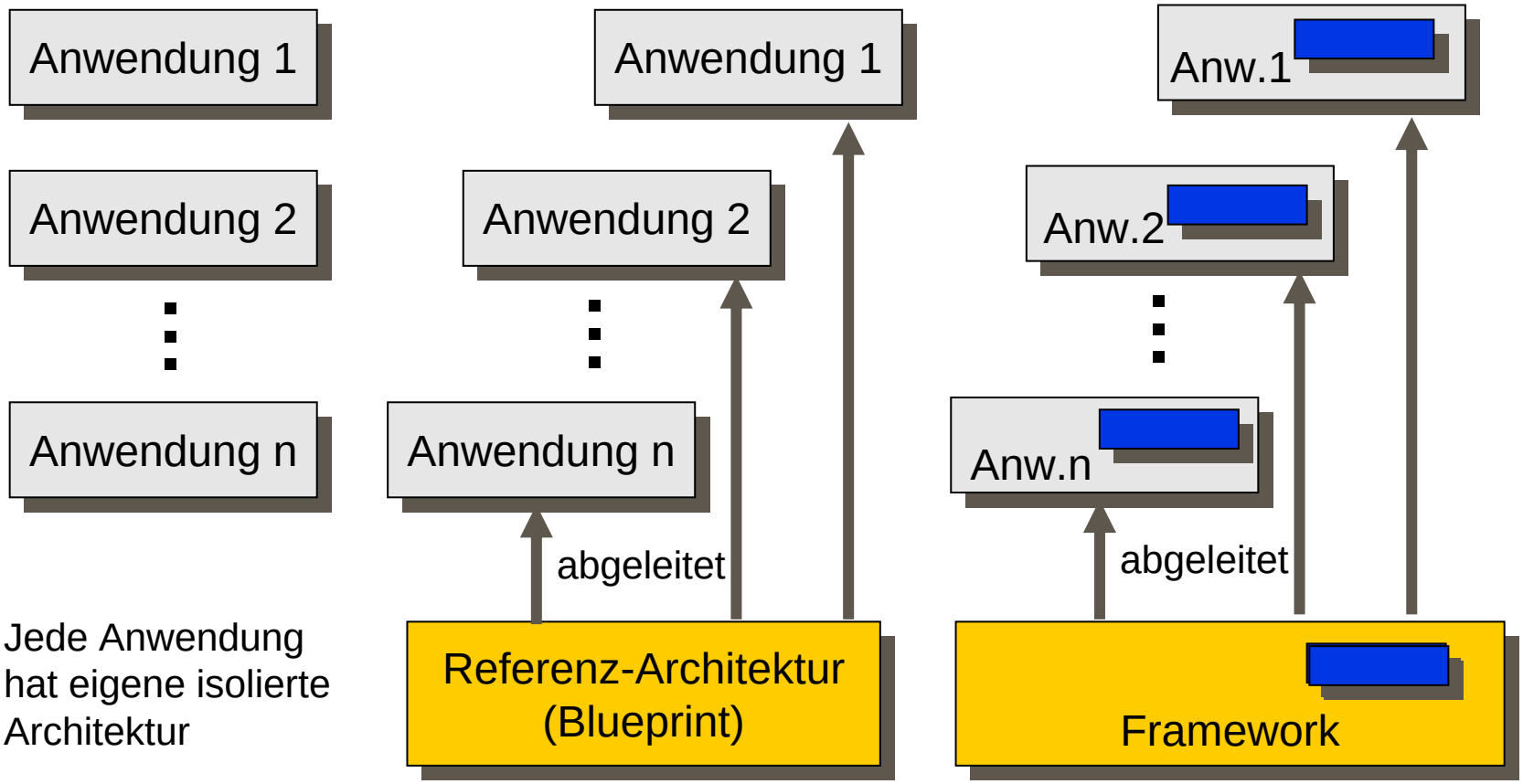
Wiederverwendung von Architekturen

- Beobachtung: mit wachsender Komplexität eines Systems ist das Zusammenspiel der Komponenten kritischer als ihre Funktionalität.
- Die Vision einer „plug-and-play“ Softwareentwicklung kann nur real werden, wenn neben einzelnen Komponenten auch die Organisation und das Zusammenspiel der Komponenten (also die Architektur) einfach wiederverwendet werden können
- Im Bereich Softwarearchitektur ist Wiederverwendung an vielen Stellen wünschenswert:
  - Spezifikation (z.B. Schnittstellen, Protokolle, Strukturen, etc.)
  - Implementierung (z.B. elementare Komponenten einer Architektur)
  - Konzepte und Zusammenhänge (z.B. Architekturtreiber)
  - Methodik (z.B. „Best Practice“, Cookbook-Ansätze)
- Diese Artefakte verbessern nicht zuletzt die Kommunikation unter den Entwicklern („klassische Drei-Schichten-Architektur“)

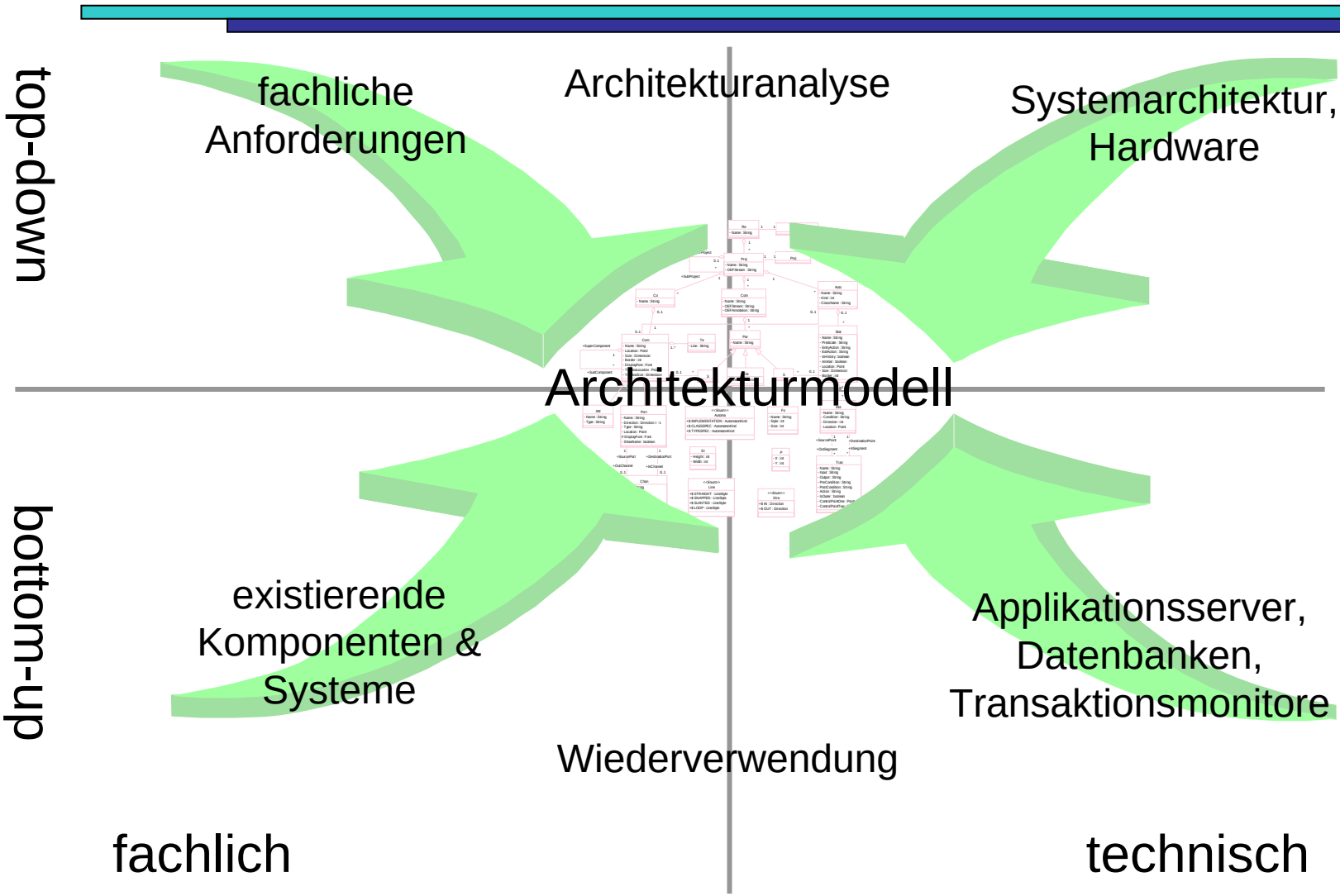
Übersicht

- Der Softwarearchitekt kann bereits heute bewährte Ideen, Konzepte und Umsetzungen bedarfsgerecht für „seine“ Architektur wiederverwenden, beispielsweise in Form von:
  - konkreten Referenzarchitekturen
    - gattungsspezifisch (z.B. Informationssysteme)
    - domänenspezifisch (z.B. Überwachungssysteme)
  - Architekturmustern (problembezogene Darstellung eines Lösungsaspekts ähnlich zu Entwicklungsmustern)
  - Schnittstellen- und Protokollstandards
  - Frameworks (einfach zu ergänzendes Grundgerüst einer Anwendung)
  - Middleware und Komponententechnologien

Rolle von Referenzarchitekturen und Frameworks



Systematische Wiederverwendung



Inhalt

- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

Frameworks: Definition

- Definition: ein Framework ist ein „halbfertiges“ Anwendungssystem
- Frameworks
  - definieren in ihrem Anwendungsbereich die Softwarearchitektur
  - definieren die Regeln, nach denen sie zur vollständigen Anwendung weiterentwickelt werden
  - enthalten eine wiederverwendbare, allgemeingültige und durch das Zusammenspiel einzelner Instanzen des Frameworks vordefinierte Verarbeitungslogik
  - beeinflussen den gesamten Software-Entwicklungsprozess
  - erlauben die Wiederverwendung von Spezifikation und Code
  - realisieren das „Hollywood-Prinzip“ („Don‘t call us – we call you!“)

Blackbox und Whitebox-Frameworks

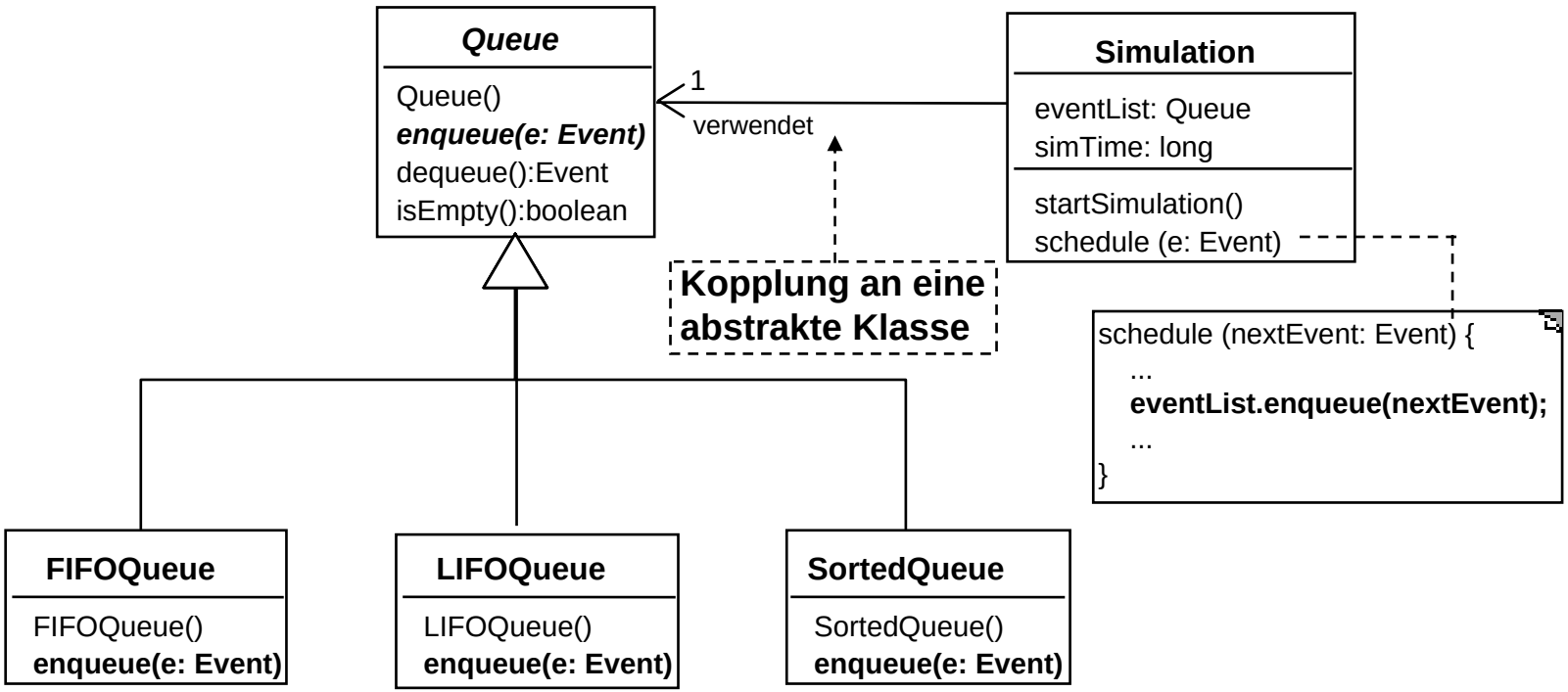
- Anpassung durch Vererbung oder Komposition
  - Whitebox-Frameworks erlauben Wiederverwendung durch Ableiten von abstrakten Klassen
    - Anwender muss Verhalten abstrakter Klassen implementieren
  - Blackbox-Frameworks ermöglichen Wiederverwendung durch Parametrisierung oder Komposition von Klassen
    - basieren auf einer Menge schon implementierter Klassen
    - Anwender bestimmt Verhalten durch Einfügen bestimmter Klassen
- Interaktion mit dem Framework
  - “calling” Frameworks sind aktiv, d.h. beinhalten den zentralen Programmablauf und rufen andere Teile der Anwendung auf
  - “called” Frameworks sind passiv und werden von anderen Teilen der Anwendung aufgerufen (eher selten)

Objektorientiert oder komponentenbasiert

- Traditionelle, objektorientierte Frameworks basieren stark auf dem Prinzip der Erweiterung und Wiederverwendung durch (Code-) Vererbung. Dies erweist sich in der Praxis als nachteilig:
  - „Vererbungsschnittstellen“ sind meist unpräzise
  - durch Vererbung ergeben sich starke Bindungen im Code
- Durch die Verwendung von Delegation anstelle von Vererbung ergeben sich flexible, objektorientierte Frameworks.
- Auf der Ebene von Komponten wird ebenfalls der Mechanismus der Delegation genutzt – es ergeben sich komponentenorientierte Frameworks oder kurz Komponentenframeworks.

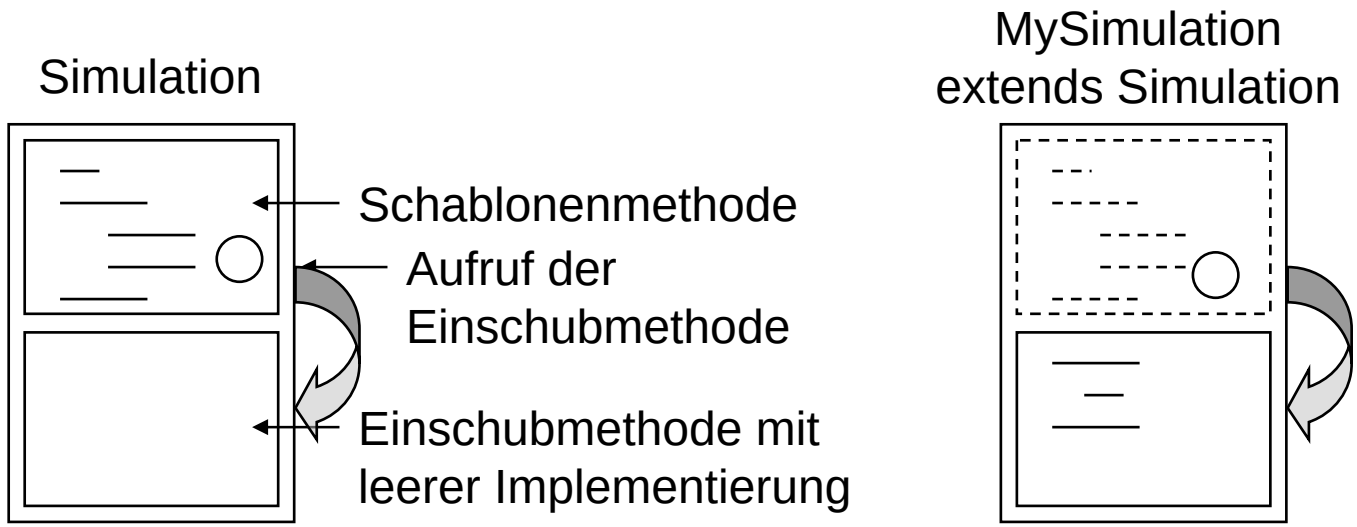
Abstrakte Kopplung [Pre97]

- abstrakte Klassen definieren eine Schnittstelle, zu der abgeleitete, implementierte Klassen kompatibel sind (Polymorphismus)



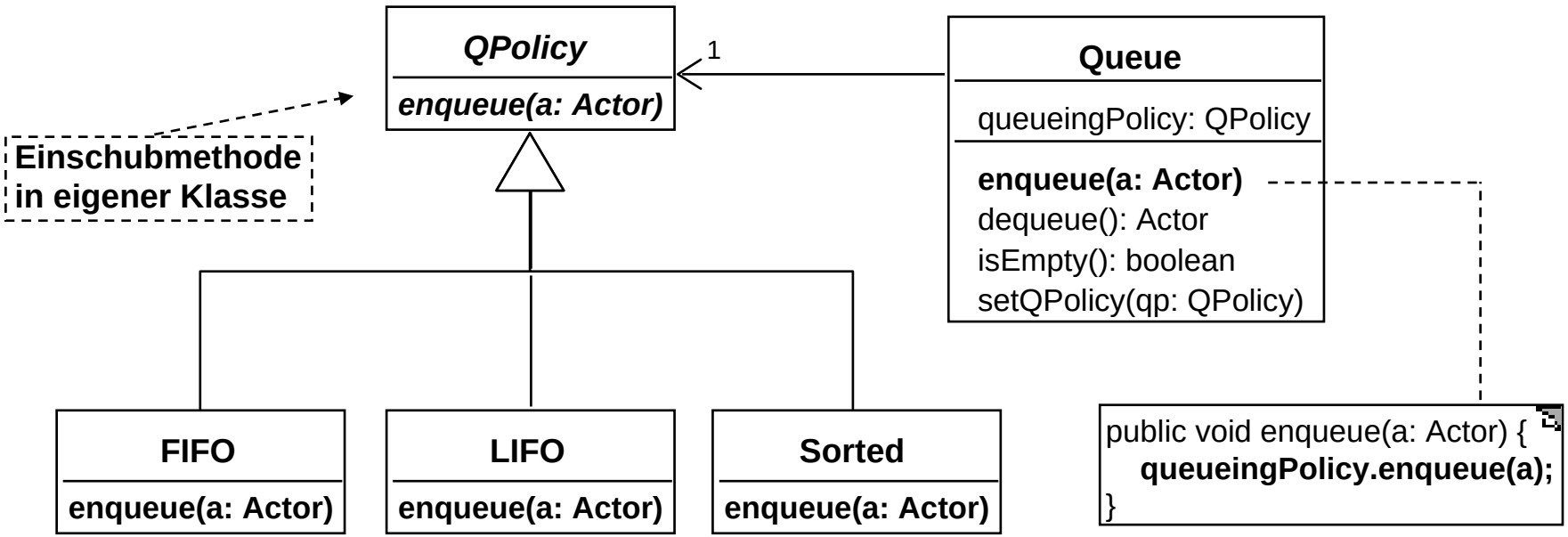
Einschubmethoden / Hot Spots [Pre97]

- Flexibilität durch Plazierung von “Einschubmethoden”-Aufrufen in “Schablonenmethode”
- Grundidee: Verhalten eines Objektes verändern, ohne den Quellcode der zugehörigen Klasse ändern zu müssen.



Einschubklassen [Pre97]

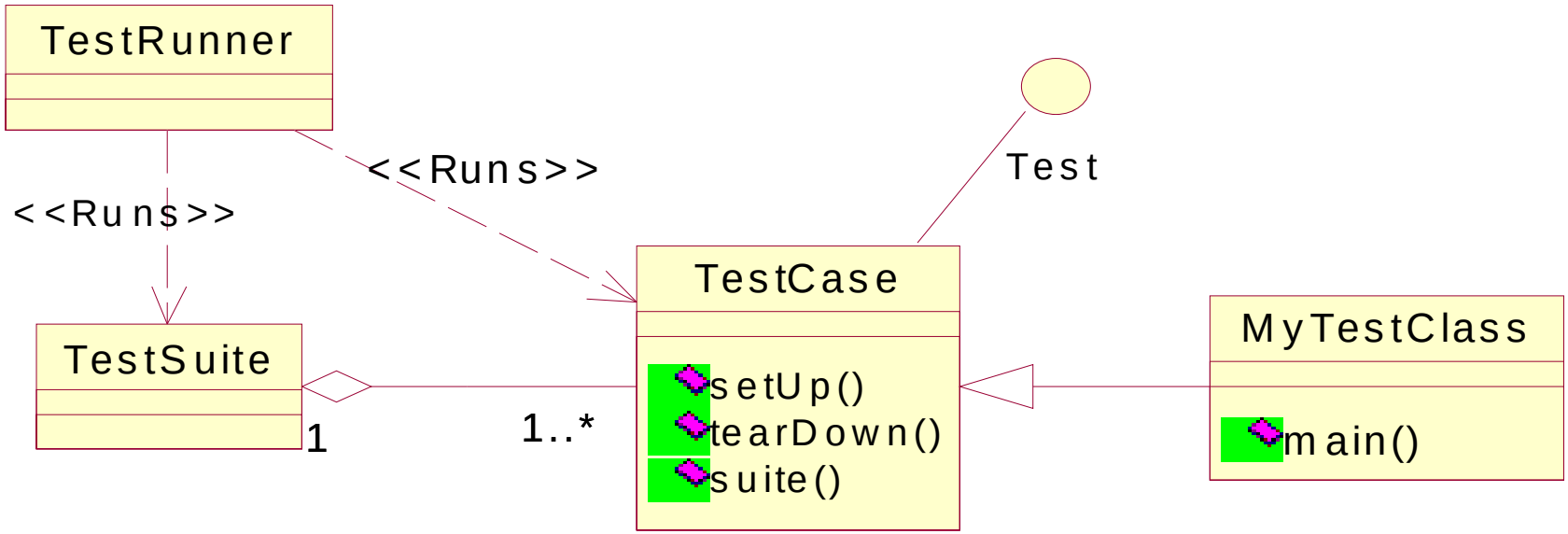
- Problem : Schablonen- und Einschubmethode in einer Klasse erlauben keine Anpassung zur Laufzeit!
- Lösung : Komposition statt Vererbung. Einschubmethode in eigener Klasse kapseln (Einschubklasse)



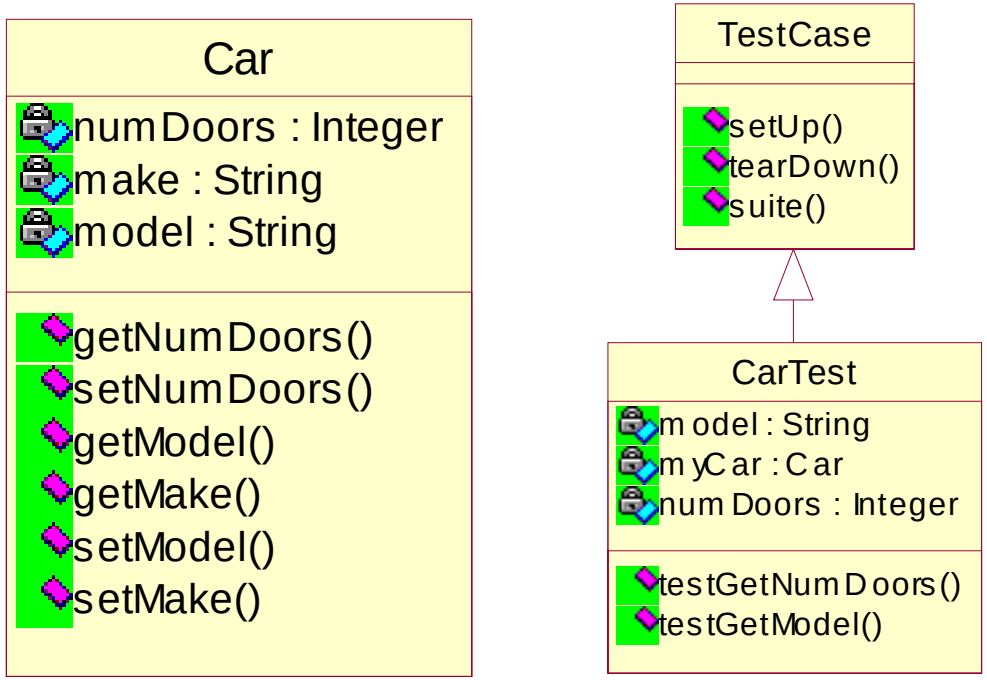
Beispiel: JUnit

- JUnit ist ein handliches Test-Framework in Java
- Eine Reihe von erweiterbaren Klassen realisiert die Testfunktionalität (Fehler zählen, auswerten, darstellen, Testfälle durchspielen)
- Es bietet eine einfache, doch komfortable Oberfläche
- Grundlage einer Infrastruktur für “extreme testing” (nightly build, nightly test)
- Entwickelt von
  - Kent Beck, kentbeck@compuserve.com
  - Erich Gamma, erich_gamma@acm.org

JUnit: Klassendiagramm



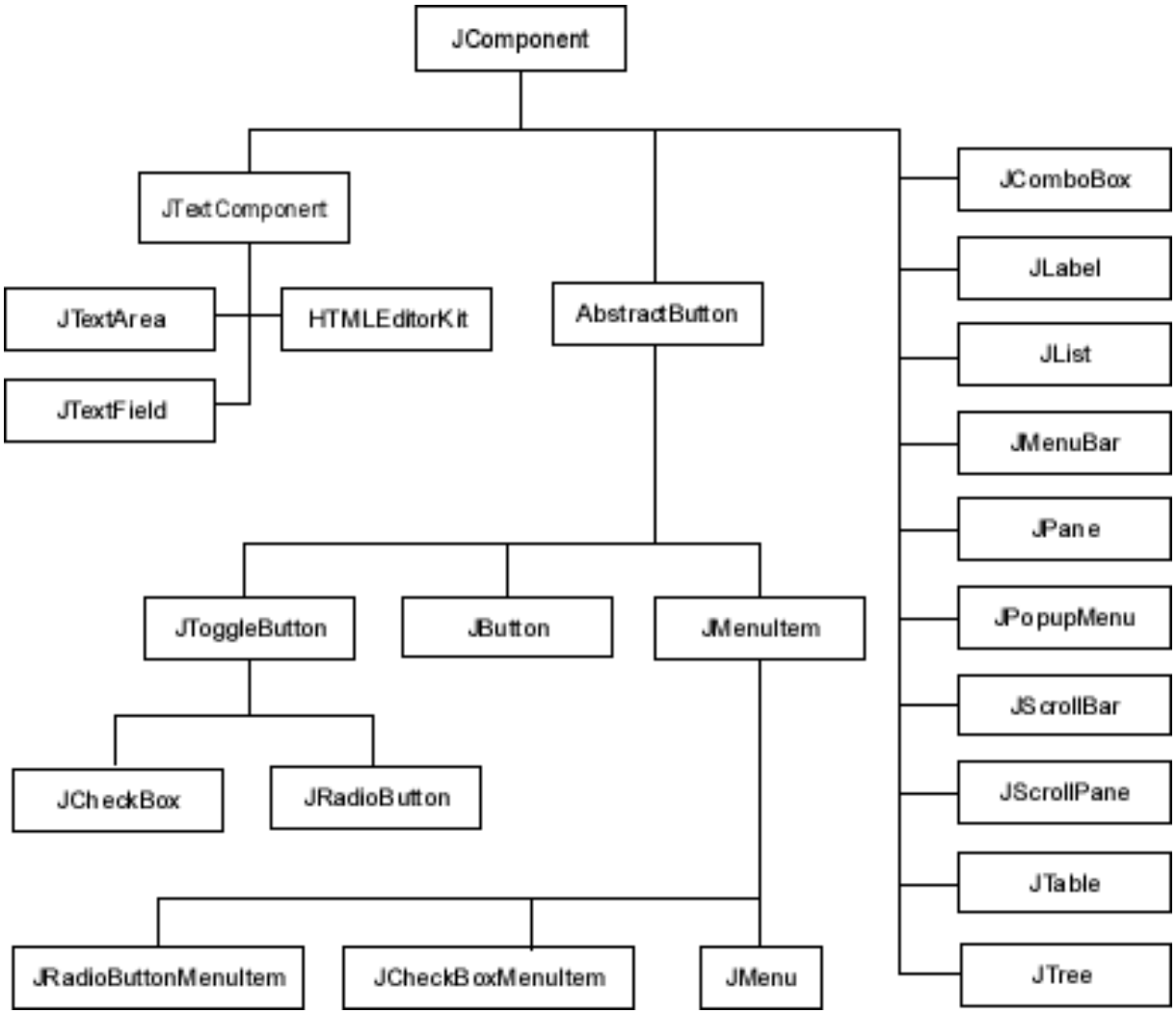
JUnit: Testklasse und Testfall



JUnit: Realisierung Testfall-Klasse „CarTest“

```
public void setUp() {
      myCar = new Car ();
      numDoors = 4;
      model = "BMW 318i";
}
public void testGetNumDoors() {
      assert (numDoors == myCar.getNumDoors());
}
public void testGetModel() {
      assert(myCar.getModel().equals(model));
}
public static void main(String[] args) {
   junit.textui.TestRunner.run(suite());
}
```

Beispiel: Das Swing-Framework



Beispiel: Nutzung von Swing

```
 1: import java.awt.event.*;
 2: import javax.swing.*;
 3:
 4: public class Framework extends JFrame {
 5:    public Framework() {
 6:      super("Application Title");
 7:      // Hier die Komponenten einfügen
 8:    }
 9:
10:     public static void main(String[] args) {
11:       JFrame frame = new Framework();
12:
13:       WindowListener l = new WindowAdapter() {
14:         public void windowClosing(WindowEvent e) {
15:           System.exit(0);
16:         }
17:       };
18:       frame.addWindowListener(l);
19:
20:       frame.setVisible(true);
21:     }
22: }
```

Entkopplung von Swing

- Die wünschenswerte Entkopplung von Objektmodell und Swing wird über das Adapter-Pattern realisiert

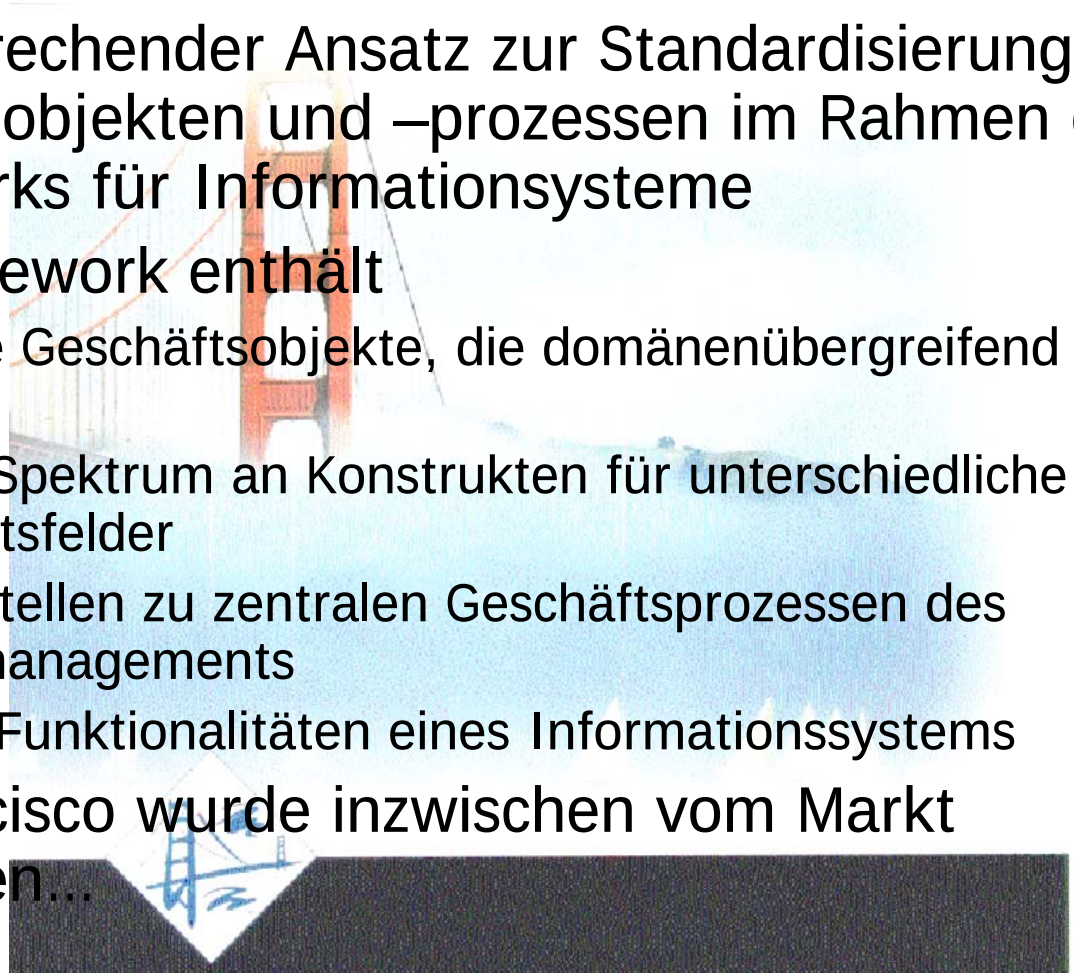
```
public class AddressBook{
  List personList;

  public int getSize(){...}
  public int addPerson(...){...}
  public Person getPerson(...){...}
}
```

```
public interface TableModel
{
    // return number of rows
    getRowCount();

    ...
}
```

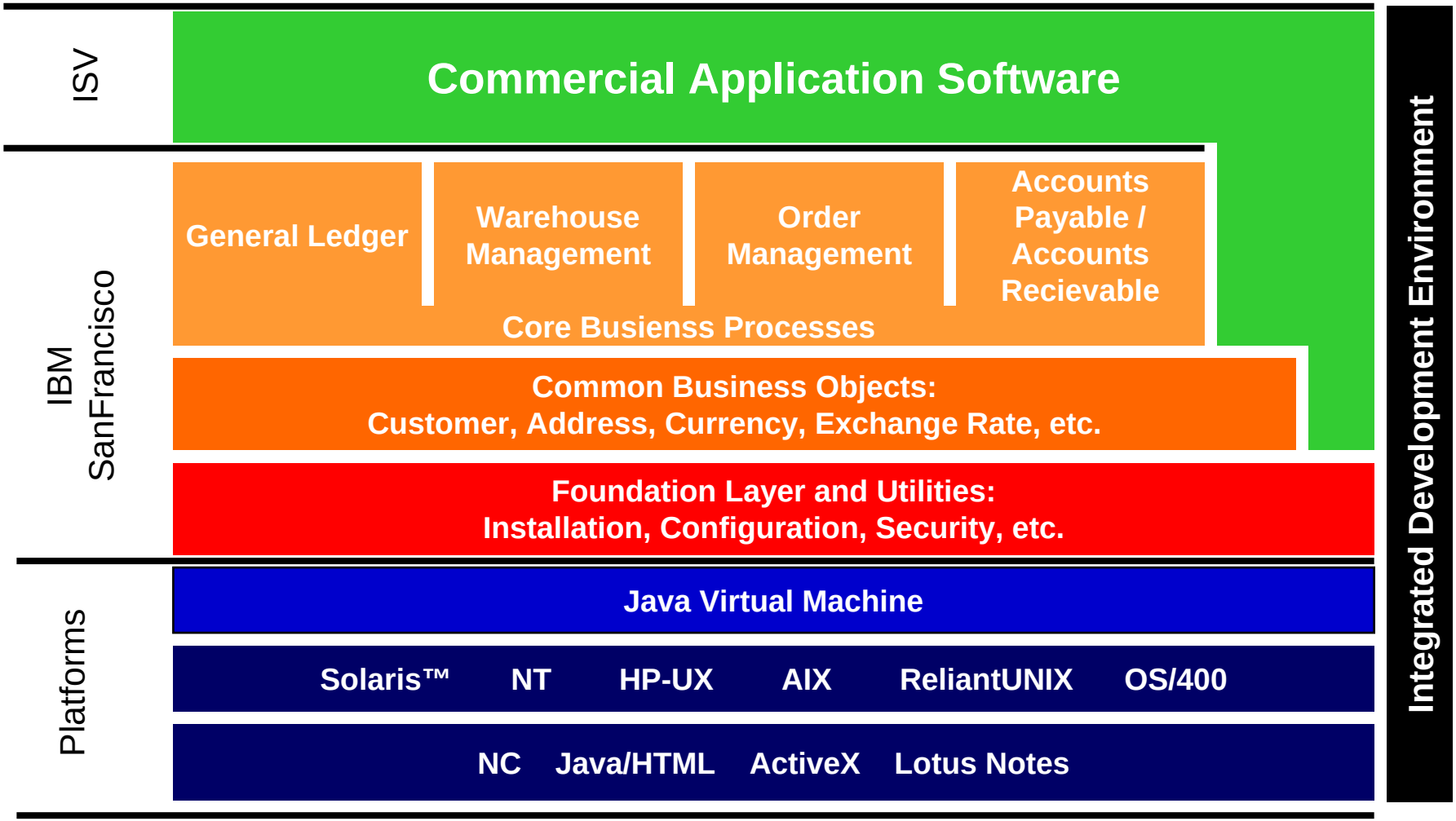
```
public class AddressBookTableAdapter
implements TableModel
{
    AddressBook ab;

    public AddressBookTableAdapter(
          AddressBook ab ){
        this.ab = ab;
    }

    //TableModel impl
    public getRowCount(){
        ab.getSize();
    }

    ...
}
```

Ausblick: IBM‘s San Francisco

- Vielversprechender Ansatz zur Standardisierung von Geschäftsobjekten und –prozessen im Rahmen eines Frameworks für Informationsysteme
- Das Framework enthält
  - Gängige Geschäftsobjekte, die domänenübergreifend benötigt werden
  - Breites Spektrum an Konstrukten für unterschiedliche Geschäftsfelder
  - Schnittstellen zu zentralen Geschäftsprozessen des Finanzmanagements
  - übliche Funktionalitäten eines Informationssystems
- San Francisco wurde inzwischen vom Markt genommen...



San Francisco: Architektur

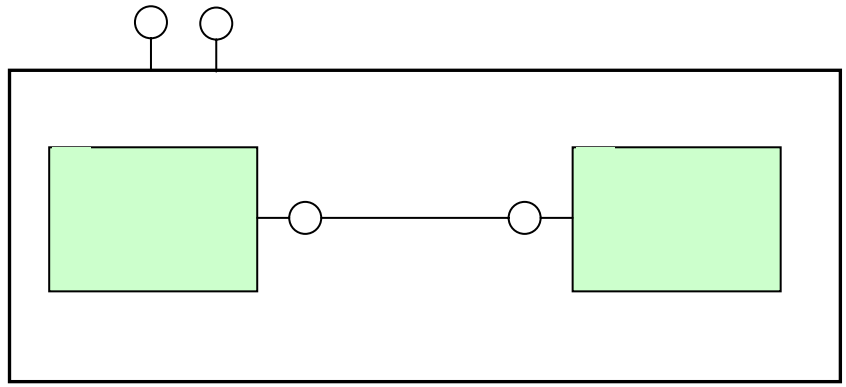


Bewertung

- Beobachtung anhand des San Francisco Frameworks
  - wie viele andere Frameworks strebt auch SF nach „alleiniger Herrschaft“ in der Anwendung
  - während der eigentliche Nutzen und die Kompetenz von SF im Aufbau standardisierter Fachmodelle und Geschäftsprozesse liegt, werden technische Aspekte adressiert, die evtl. andere Frameworks besser beherrschen
  - Wünschenswert wäre eine Möglichkeit, mehrere spezialisierte Frameworks miteinander kombinieren zu können.
    - Vorteil: Reduzierte Komplexität der Einzellösungen
    - Nachteil: Zusammenspiel und Aufteilung des Kontrollflusses kompllizierter
    - -> aktuelles Forschungsthema

Komponentenframeworks

- Ein Komponentenframework ist eine besondere Komponente, deren Realisierung freie Stellen („plugs“) vorsieht zum Einfügen bestimmter, bedarfsabhängiger Teilkomponenten
- In der Blackbox-Sicht werden nur die Plugs der Komponente dargestellt
- In der Glassbox-Sicht werden zudem interne Komponenten des Frameworks repräsentiert, die einen Teil seiner Realisierung darstellen



Bewertung: Frameworks

- Hohe Wiederverwendung nicht nur von Design, sondern gleichfalls von Artefakten der Implementierung
- sehr kurze Entwicklungsdauer für Anwendungen
- weniger fehleranfällig
- Führen langfristig zu einer Standardisierung des jeweiligen Anwendungsbereichs
- Konzentration auf die wesentlichen Teile der Anwendung
- hoher Einarbeitungsaufwand für den Anwender
- geben evtl. Programmiersprache vor
- nur für einen bestimmten Problembereich anwendbar
- hoher Entwicklungsaufwand für das Framework
- Frameworks „reissen Kontrolle an sich“

Inhalt

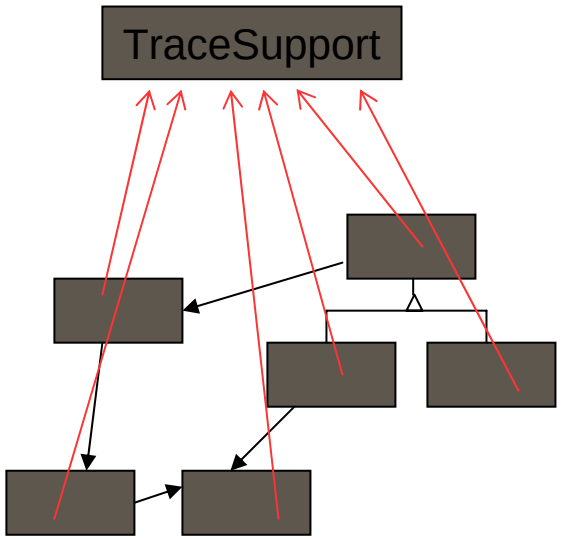
- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

Aspect-orientierted programming (AOP) [KHH+94]

- Verallgemeinerung von Architektursystemen:
  - Architektursysteme sind spezielle Aspektsysteme: Ihre beiden Aspekte sind anwendungsspezifische Funktionalität und Kommunikation
  - Weitere Aspekte: Synchronisation, Verteilung, Persistenz etc.
- Transparenz durch aspektbeschreibende Sprachen

- Basiskommunikation: ein Aspekt
- Generierung: „Weben“ aus Aspektspezifikationen
- Schnittstellen: Join points, an denen Aspekte verwoben werden
- Adaption:
  - Interne Adaption: Aspekte bilden Teile von Komponenten, d.h. interne Adaption durch Austausch von Aspekten
  - Externe Adaption: Weben von Klebecode um Komponenten herum

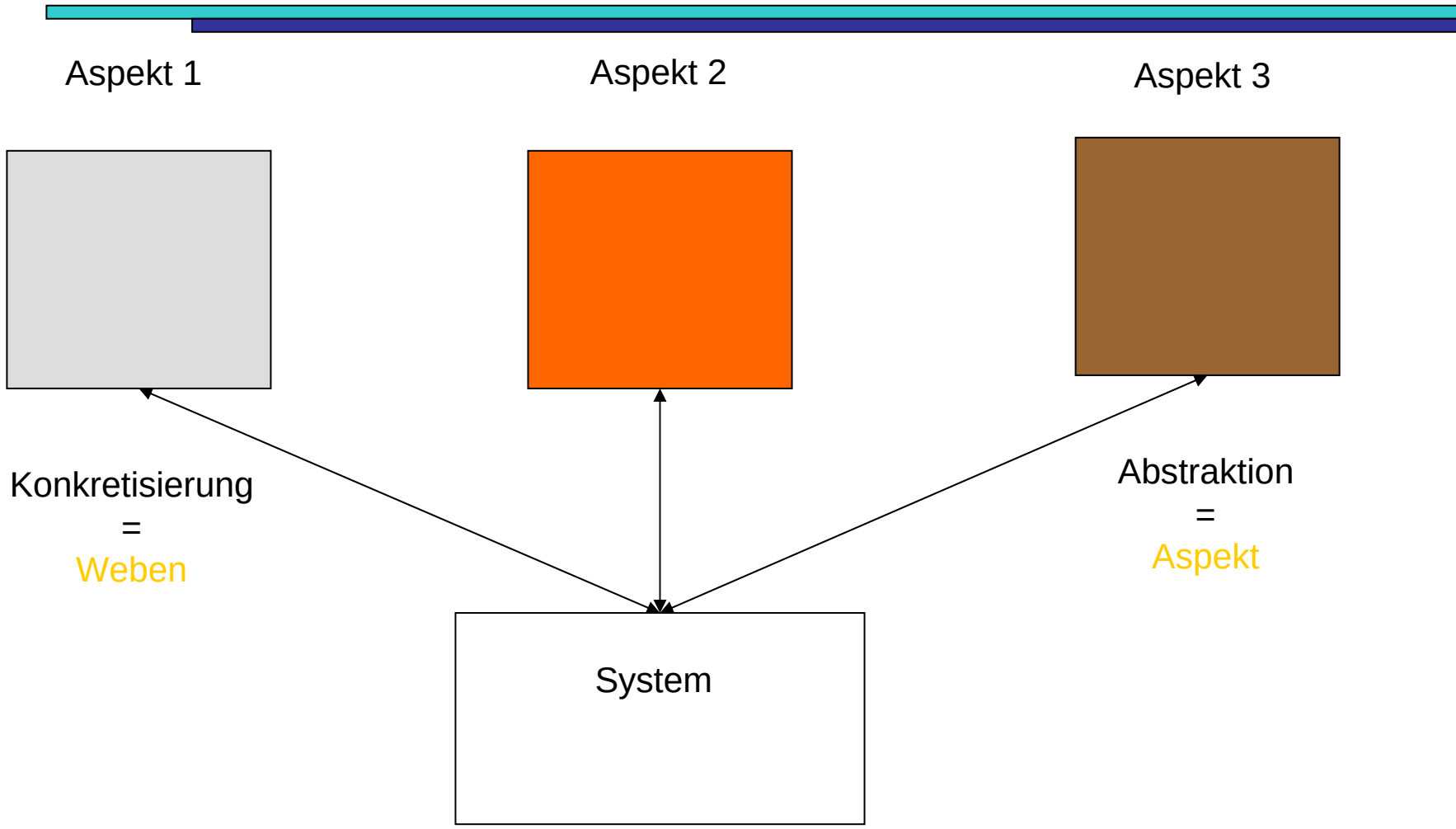
AOP: Beispiel




```
class TraceSupport {
  static int TRACELEVEL = 0;
  static protected PrintStream stream = null;
  static protected int callDepth = -1;

  static void init(PrintStream _s) {stream=_s;}

  static void traceEntry(String str) {
    if (TRACELEVEL == 0) return;
    callDepth++;
    printEntering(str);
  }
  static void traceExit(String str) {
    if (TRACELEVEL == 0) return;
    callDepth--;
    printExiting(str);
  }
}
```

```
class Point {
  void set(int x, int y) {
    TraceSupport.traceEntry("Point.set");
    _x = x; _y = y;
    TraceSupport.traceExit("Point.set");
  }
}
```

Aspekte als Sichten



Merkmale von Aspekten

- Die Anweisungen zur Protokollierung treten in mehreren Funktionen an bestimmten Stellen auf (Cross-Cutting)
- Sie können mit herkömmlichen Sprachmitteln aus den Funktionen nicht völlig herausgelöst werden (Modularisierung)
- Die Vorausplanung von Aspekten fällt schwer (Pre-Planning Problem)

Probleme

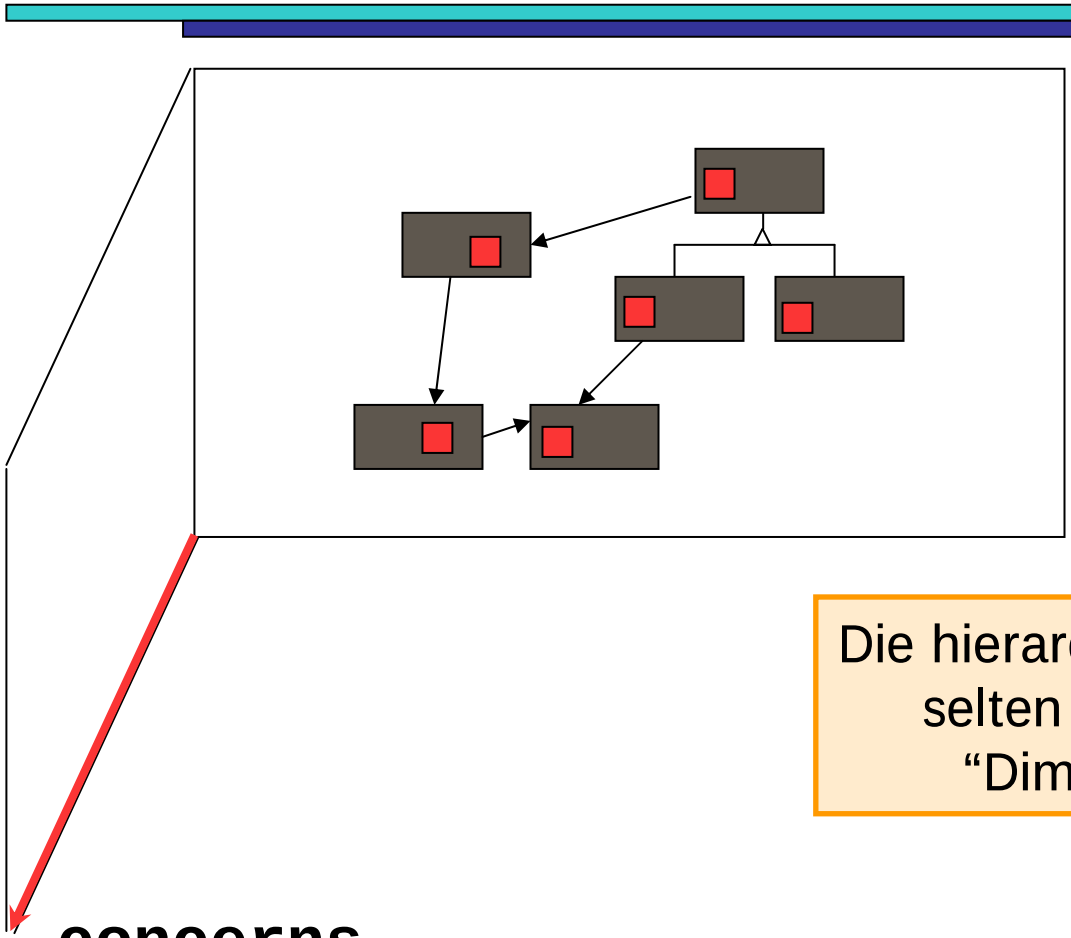
- Orthogonale Aspekte
  - Keine Interaktionen zwischen den Aspekten
  - Weben einfach
- Nicht-orthogonale Aspekte
  - Z.B. Funktionalität und Synchronisation, Funktionalität und Verteilung, Protokolle und Synchronisation etc.
  - Getrennte Spezifikation unmöglich
  - Weben unklar
- Aspekt als Sicht
  - Abstraktion von Systemeigenschaften
  - Umkehrungsfunktion nicht immer
    - Eindeutig
    - Widerspruchsfrei mit anderen Aspekten

AOP: Hierarchische Organisation

- Funktionen, Prozeduren und Objekte unterstützen die hierarchische Organisation von Systemen
- In der Regel bestimmen die fachlichen Anforderungen die Hierarchie
- Aspekte liegen “quer” zu diesen Hierarchien

☞ AOP ist für alle verallgemeinerten prozeduralen Sprachen möglich

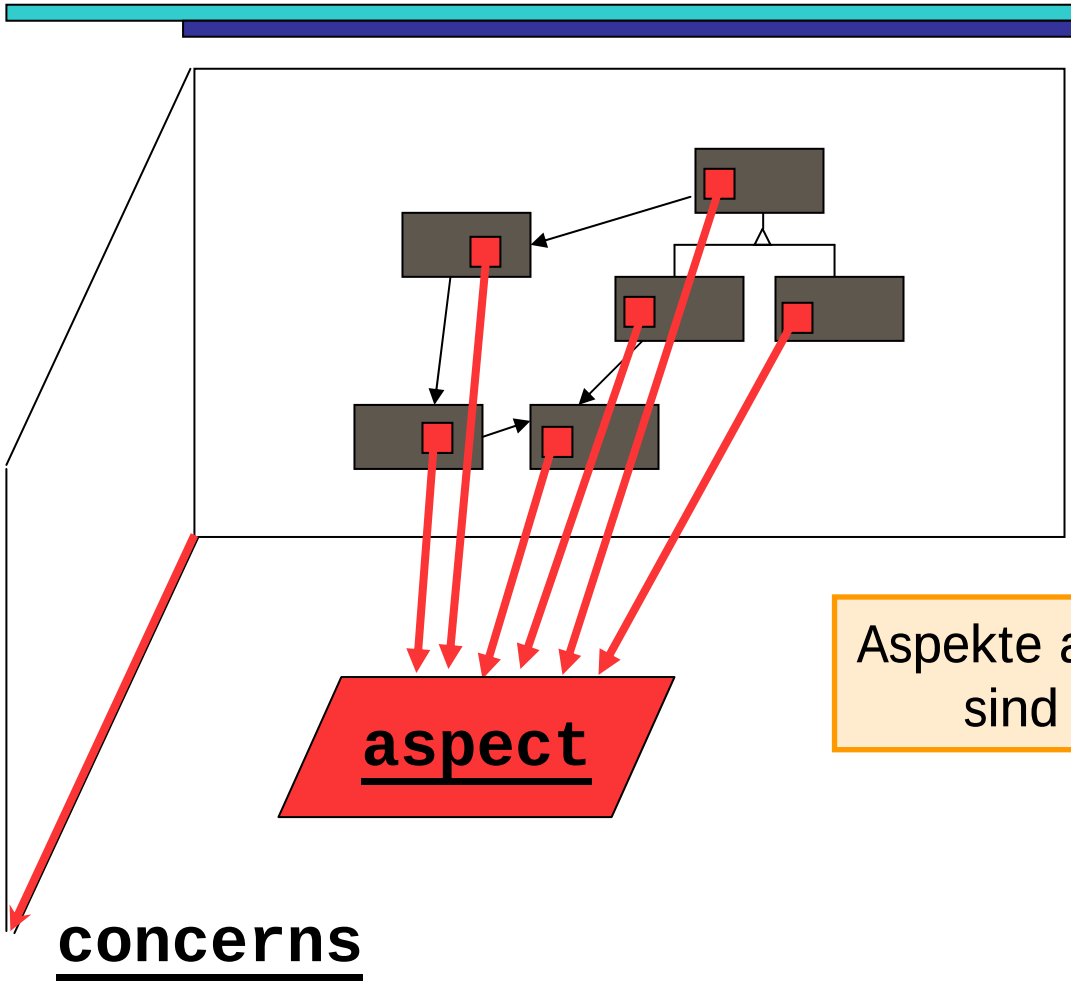
AOP: Opening a New Dimension in Software Development



concerns

Die hierarchische Zerlegung ist selten für mehr als eine “Dimension” optimal.

AOP: Opening a New Dimension in Software Development

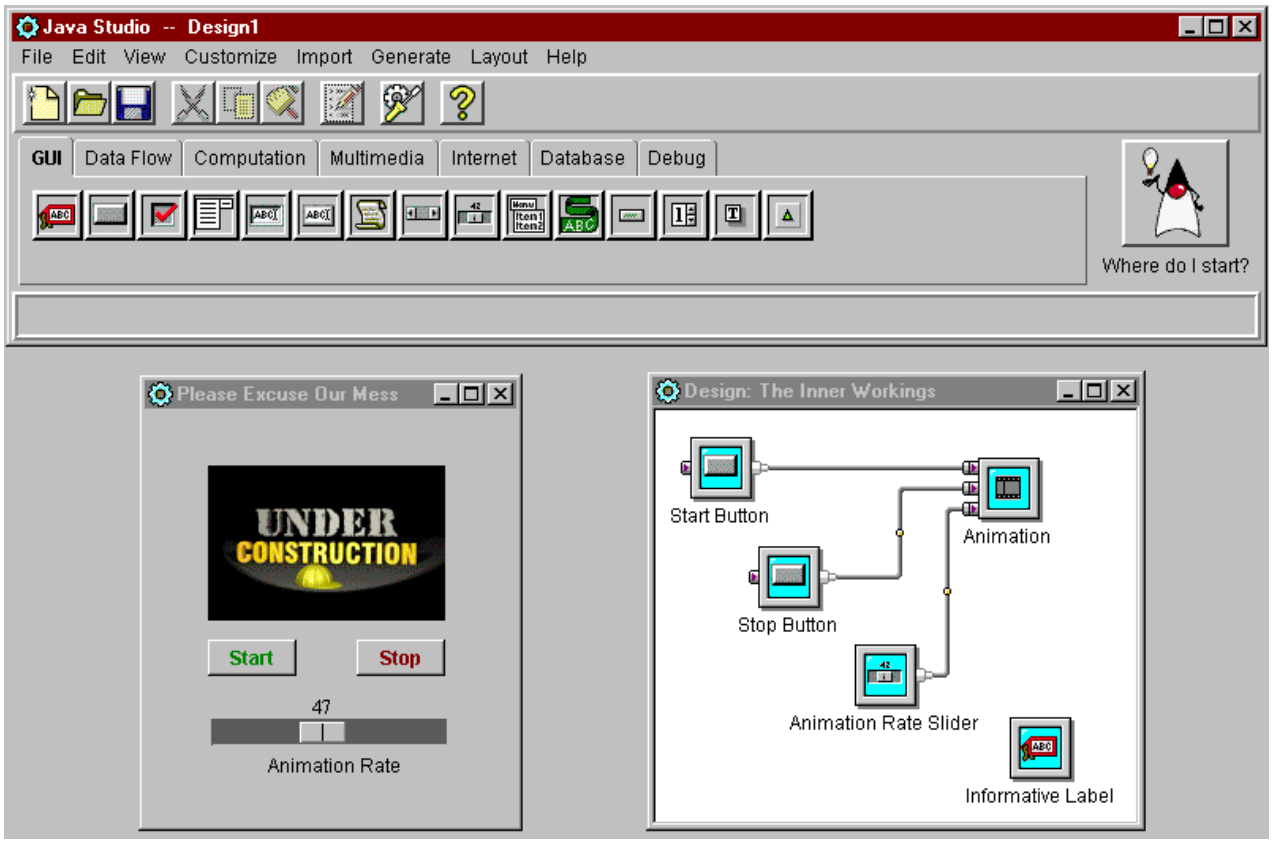


Aspekte anderer Dimensionen sind daher verstreut

Inhalt

- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

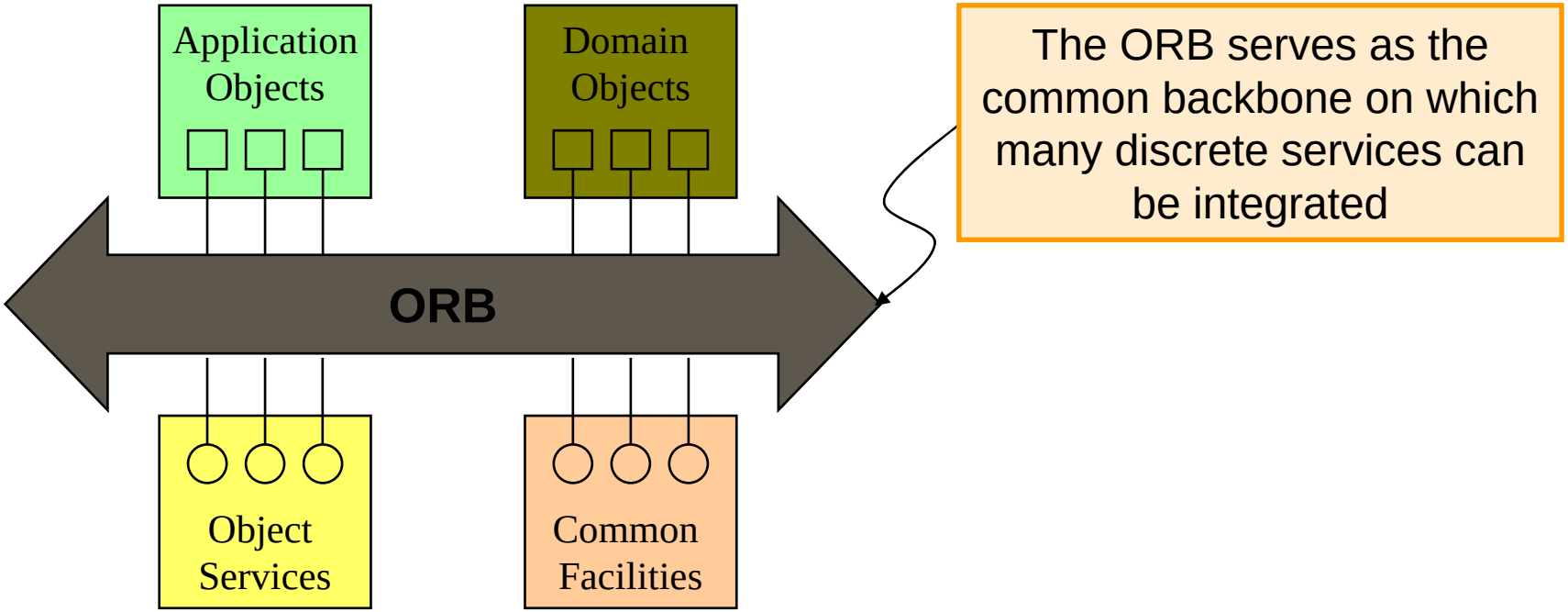
Plug-and-Play-Entwicklung



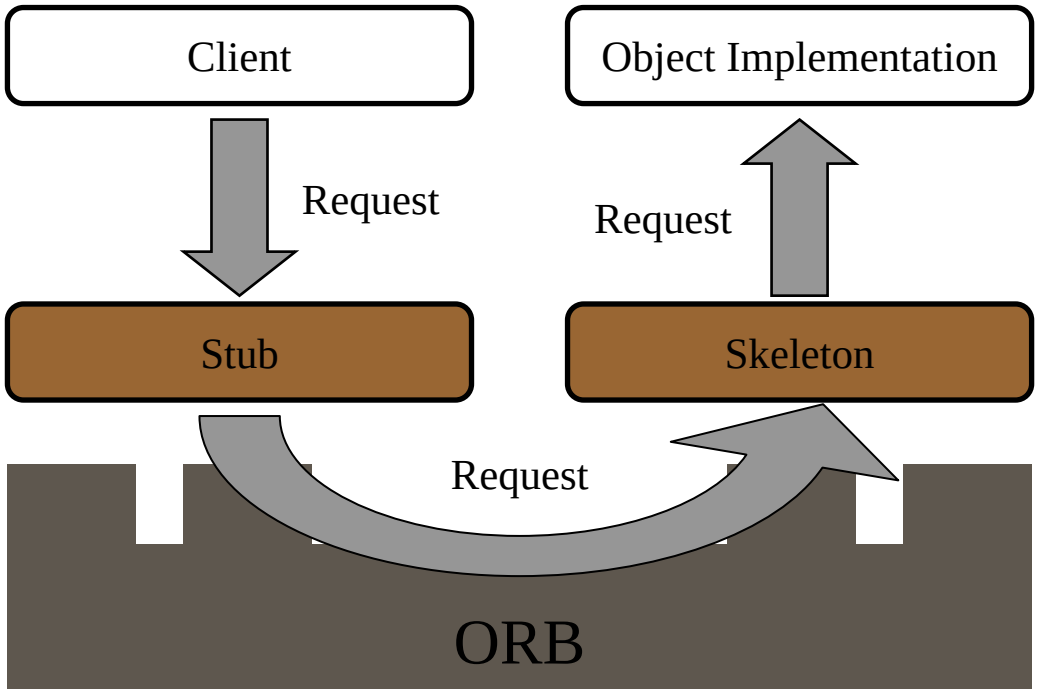
Beispiellösung für die Verteilung: CORBA

- Common Object Request Broker Architecture
- Vorteile:
  - Offener Standard für APIs und Protokolle, veröffentlicht durch die Object Management Group
  - Verfügbar für UNIX, Windows NT, Windows95 und OS/390 (MVS)
  - Vielfältige ausgereifte Produkte mehrerer Anbieter am Markt (z.T. mit integrierter Transaktionssicherung)
  - Hohe Sicherheit
  - Integration in Netzwerk Management Produkte (z.B. Tivoli TME10)
  - Inzwischen gute Integration mit anderen Standardprodukten

Ausflug: Object Management Architecture



Funktionsweise eines Object Request Brokers



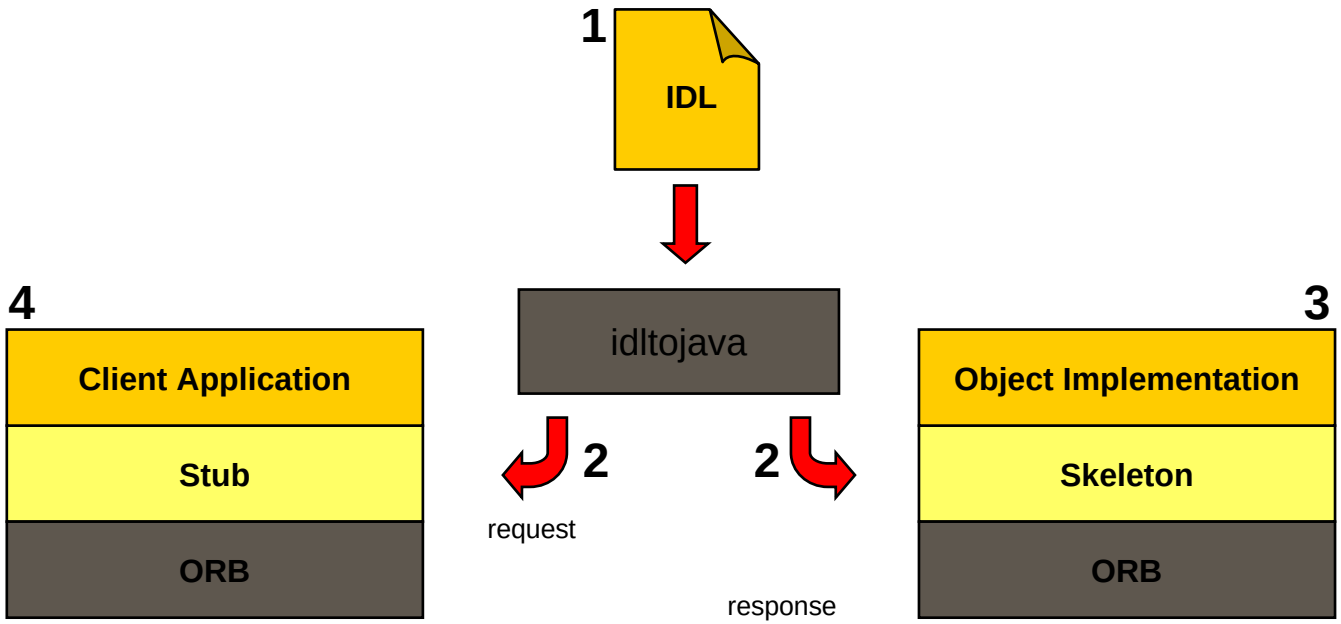
Eigenschaften des Object Request Brokers

- Statische und dynamische Methodenaufrufe:
  - Methodenaufrufe statisch beim Kompilieren definieren oder dynamisch zur Laufzeit „entdecken“.
- Freie Wahl von Programmiersprachen:
  - Aufrufe durch Sprache Ihrer Wahl unabhängig von Implementationssprache des Servers durch Trennung von Schnittstelle und Implementierung.
  - Sprachenunabhängige Datentypen.
- Selbstbeschreibendes System:
  - Interface Repository als Verzeichnis der Schnittstellen, die von Servern angebotene Methoden und deren Parameter beschreiben (in IDL).
- Ortstransparenz:
  - Vermittelt Aufrufe zwischen Objekten innerhalb eines Prozesses oder Prozessen, die an verschiedenen Orten im Netz unter verschiedenen Betriebssystemen laufen vollkommen transparent.

MVC Beispiel: CORBA IDL

```
module MVC {
  interface Observer {
    oneway void update ();
  };

  interface Observable {
    void register (in Observer obs);
    void unregister (in Observer obs);
  };

  interface Controller : Observer {
    void userInput (in String input);
  };

interface Model : Observable {
    void stateChange (in String newState);
  };

  interface View : Observer {
    void userOutput ();
  };

};
```

MVC Beispiel: CORBA IDL und Java



steps:

1	write the IDL file
2	compile with idltojava (stubs/skeleton generated automatically)
3	write object implementation (servant)
4	write client application

CORBA Services (1)

- Der Naming Service bildet von Menschen vergebene Namen auf Objektreferenzen ab.
- Der Life Cycle Service stellt Operationen zur Erzeugung, zum Kopieren, Verschieben und Löschen von Objekten bereit.
- Der Event Service ermöglicht es Objekten, ihr Interesse an bestimmten Ereignissen dynamisch registrieren zu lassen.
- Der Trader Service stellt „Gelbe Seiten“ für Objekte zur Verfügung. Er erlaubt Objekten, ihre Dienste zu veröffentlichen.
- Der Transaction Service ermöglicht es verschiedenen verteilten Objekten, an einer atomaren Transaktion teilzunehmen. Er unterstützt auch verschachtelte Transaktionen.
- Der Concurrency Control Service ermöglicht Objekten den Zugriff auf gemeinschaftlich genutzte Ressourcen mit Hilfe von Sperren (Locks).
- Der Security Service stellt einen ganzen Satz von Sicherheitsmechanismen bereit. Er unterstützt z. B. Authentifizierung und Zugriffskontrolle.

CORBA Services (2)

- Der Persistent Object Service ermöglicht es Objekten, auch dann dauerhaft zu existieren, wenn die Applikation, die das Objekt erzeugt hat, beendet wurde.
- Der Externalization Service definiert Schnittstellen, um Objekte in einen Datenstrom umzuwandeln und sie aus einem Datenstrom zurückzuholen.
- Der Query Service definiert Operationen für Objektabfragen mit SQL3 und OQL ähnlichen Sprachen.
- Der Collection Service ermöglicht es, Objekte in Gruppen zu manipulieren. (Arrays, Bäume, Stacks, …)
- Der Relationship Service ermöglicht die Definition von Beziehungen zwischen Objekten.
- Der Time Service stellt z. B. Interfaces zur Verfügung, um sich in einer verteilten Umgebung miteinander zu synchronisieren oder zeitabhängige Ereignisse zu definieren.
- Der Licensing Service lässt Sie z. B. die Nutzungsdauer von Komponenten messen und entsprechend abrechnen.
- Der Property Service erlaubt es, einem Objekt dynamisch eine Eigenschaft zuzuweisen (z. B. einen Titel oder ein Datum).

Seit CORBA 3.0

- Java und Internet Integration:
  - Ein Java-zu-IDL-Mapping für die automatische Generation von IDL stubs und skeleton aus Java-Objekten.
  - Firewall-Spezifikation für Aufrufe von CORBA-Objekten durch Firewalls.
- QoS-Kontrolle:
  - Erlaubt Klienten und Objekten verschiedene QoS-Parameter zu kontrollieren: Prioritäten, Deadlines, Time-To-Live.
- CORBAcomponents:
  - Umgebung definierbar, in der alle Komponenten persistent, transaktional und sicher sind.
- Asynchronous and Messaging Invocation (AMI): Diese Spezifikation definiert eine Anzahl von asynchronen Aufruf-Modi für CORBA (z. B. Warteschlangen)
- Minimum, Fault-Tolerant and Real-Time CORBA.
- Objekte, die by value übergeben werden können.

Inhalt

- Wiederverwendung
  - Motivation
  - Erfolgsfaktoren
  - Wiederverwendung von Softwarearchitekturen
- Frameworks
  - Objektorientierte Frameworks
  - Komponentenframeworks
- Aspect-oriented Programming
- Ausblick auf Komponenteninfrastrukturen: CORBA
- Zusammenfassung
- Literaturverzeichnis

Zusammenfassung

- Die pragmatische Wiederverwendung von Softwarearchitekturen in Form von Design, Implementierung und Erfahrung ist essentielle Voraussetzung für die effektive Softwareentwicklung
- Frameworks stellen eine „halbfertige Anwendung“ dar und ermöglichen die einfache Wiederverwendung einer Architektur
- Bislang konnten sich nur wenige objektorientierte Frameworks etablieren, teilweise aufgrund des nicht unerheblichen Lernaufwands (siehe IBM‘s San Francisco)
- Komponentenframeworks nutzen moderne Konzepte und sind die „besseren“ Frameworks
- Aspect-oriented Programming ermöglicht die Wiederverwendung (meist) orthogonaler Aspekte. Selten jedoch finden sich Anwendungsmöglichkeiten, die über Logging und Transaktionsmanagement hinausgehen.

Literaturhinweise

- [HNS99] Christine Hofmeister, Robert Nord, Dilip Soni: *Applied Software Architecture*, Addison Wesley – Object Technology Series, 1999.
- [DW98] Desmond Francis D'Souza, Alan Cameron Wills: *Objects, Components, and Frameworks With UML: The Catalysis Approach*, Addison Wesley Publishing Company, 1998
- [KHH+94] Gregor Kiczales, Erik Hilsdale, Jim Hugunin, Mik Kersten, Jeffrey Palm, William G. Griswold: *An Overview of AspectJ, ECOOP 2001, 2002*
- [Pre97] Wolfgang Pree: *Komponentenbasierte Softwareentwicklung mit Frameworks*, dpunkt Verlag, 1997.