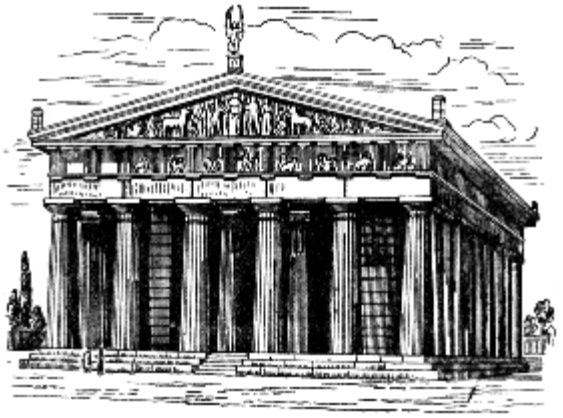
Softwarearchitektur

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

6. Ausprägungen und Wiederverwendung I



Vorlesung Wintersemester 2010 / 11

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

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

Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

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 oft nur auf Code-Ebene
  - Vernachlässigte Dokumentation und Spezifikationen
  - Korrektheit der wiederverwendeten Teile nicht gesichert
- 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 manchmal höher als Nutzen

Formen der Wiederverwendung

- Ad Hoc Wiederverwendung : Ursprünglich nicht für Wiederverwendung vorgesehene und nicht dafür vorbereitete Artefakte werden wiederverwendet
- Systematische Wiederverwendung: Artefakte werden systematisch für Wieder-/Mehrfachverwendung aufbereitet

Formen der systematischen Wiederverwendung

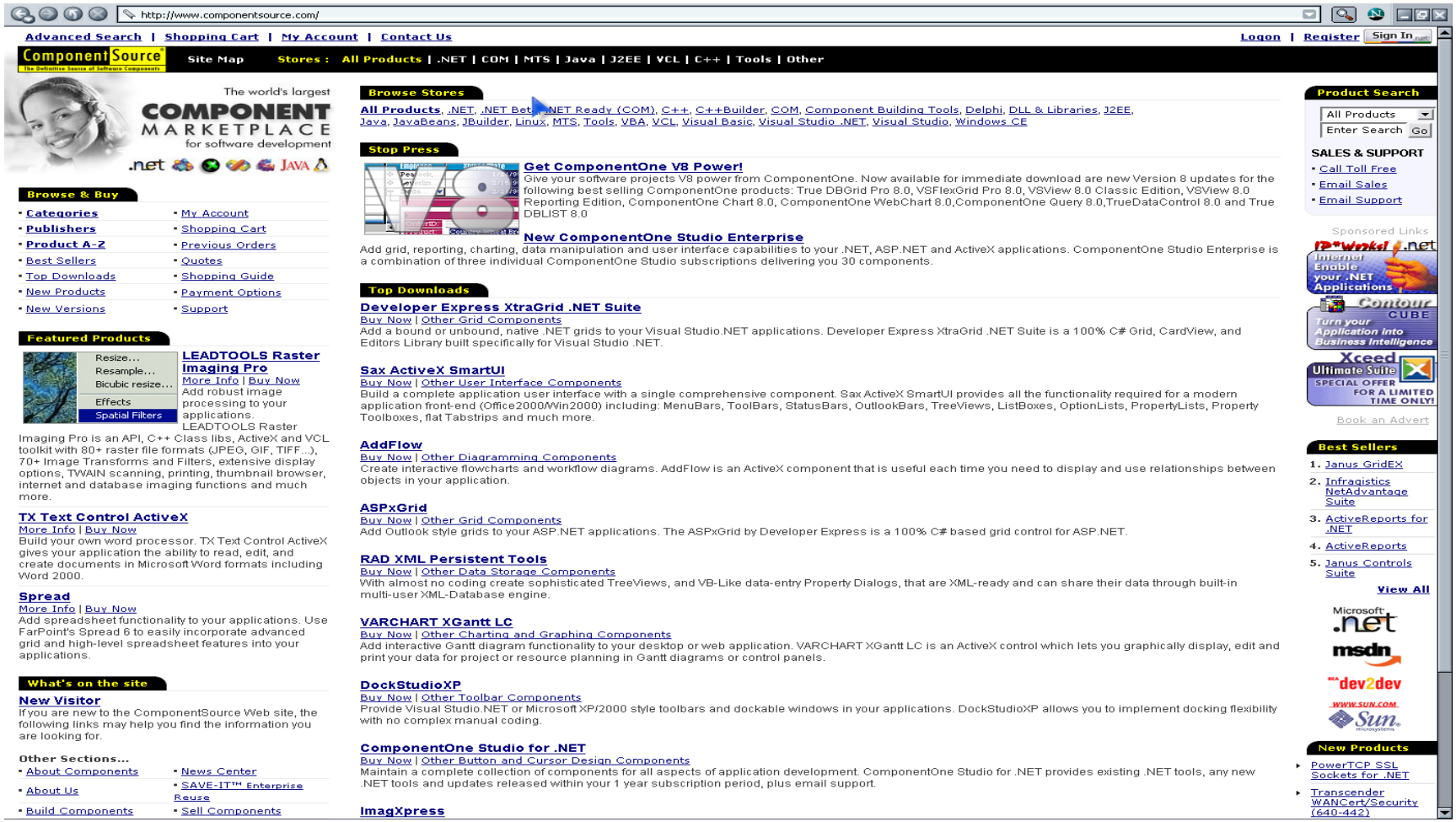
- Produktlösungen: Es wird ein Produkt geschaffen, das über Parametrisierung angepasst werden und so ohne Änderung des Codes in vielen Einsatzumgebungen und Unternehmen eingesetzt werden kann
- Produktlinien: Hier wird ein Baukasten entwickelt, der durch Kombination Lösungen nach einheitlicher Architektur zu bauen erlaubt, wobei kaum Änderungen im Code erforderlich sind (oft werden Techniken der Codegenerierung eingesetzt – eine weitere Richtung sind domänenspezifische Sprachen).
- Standardarchitekturen: Hier wird ein einheitlicher Architekturansatz geschaffen (oft Referenzarchitektur genannt), bei dem bestimmte Teile (Komponenten) mehrfach (einheitlich) verwendbar sind und andere Teile individuell entwickelt werden.
- Componentware: Es werden Softwarekomponenten geschaffen, die ohne Änderung des Codes als Komponenten von individuell entwickelten Softwaresystemen eingesetzt werden.
- Frameworks: Frameworks sind meist objektorientiert und liefern eine Zahl von Klassen, die teilweise unvollständig sind, und aus denen durch Ergänzung und Änderung Applikationen aufgebaut werden können.

Wo Wiederverwendung erfolgreich ist…

- Erfolgsfaktoren
  - Technische Erfolgsfaktoren
    - präzise definierte, möglichst standardisierte Schnittstellen
    - abgeschottete Implementierung (Geheimnisprinzip)
    - niedrige Einsatzschwelle: wenig Konfiguration, verständliche Dokumentation
  - Organisatorische Erfolgsfaktoren
    - Systematisches Vorgehen bei der Entwicklung und Nutzung
    - Anreize und Motivation für die Wiederverwendung
    - niedrige Einsatzschwelle: Preis, Lizenzmodell
- Gelungene Beispiele für Wiederverwendung
  - Schnittstellen und Protokolle
  - Bibliotheken und Frameworks (z.B. Java-Bibliotheken)

  Heutige Vorlesung
  - Middleware, Componentware, Container (z.B. COM, J2EE)
  - Architekturmuster, Referenzarchitekturen, Produktlinien-Architekturen

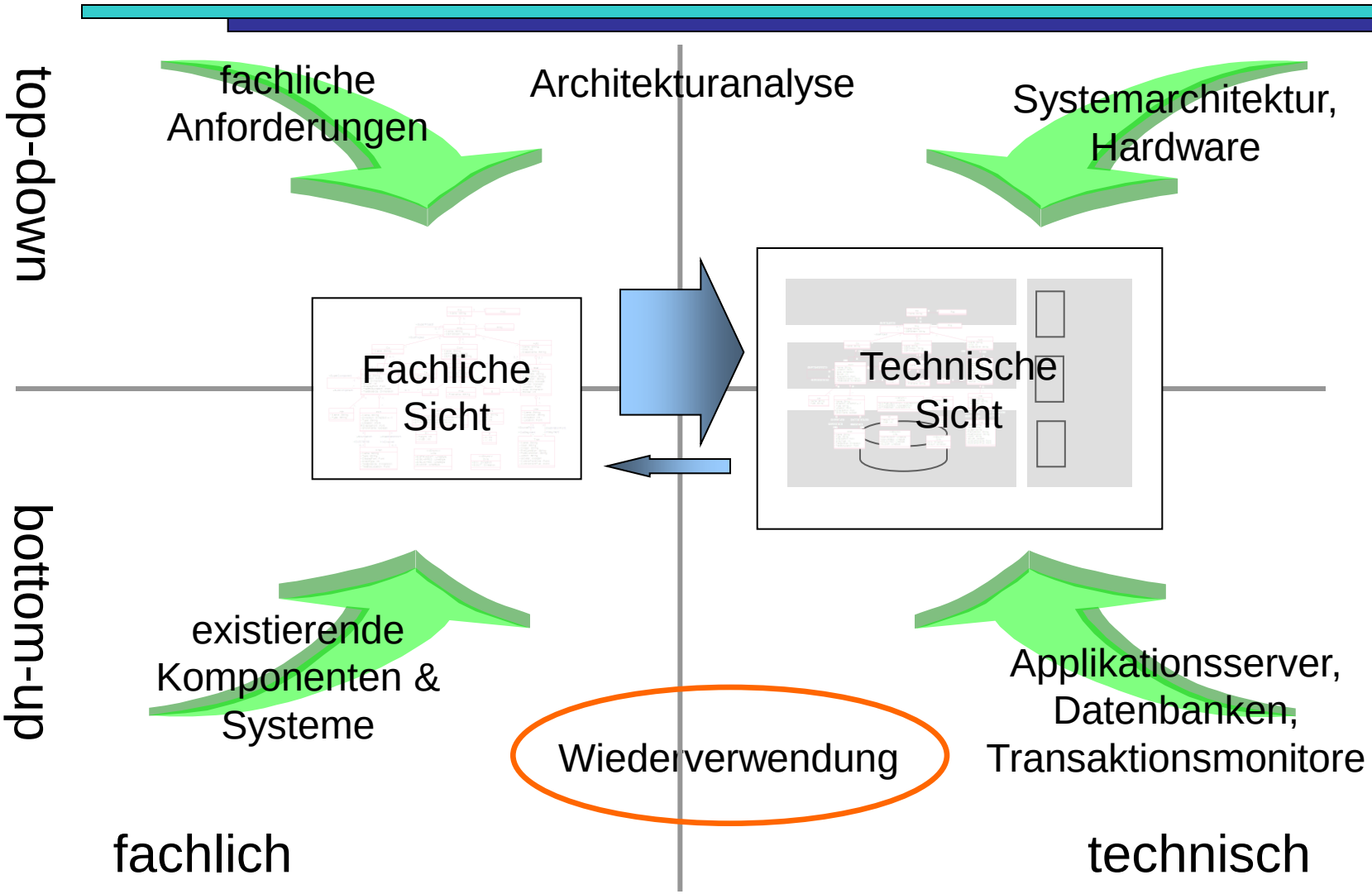
Kommerzieller Marktplatz für Komponenten



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, Contracts, 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").

Wiederverwendung in fachlicher und technische Sicht



Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

Schnittstelle - Definitionen

- „Eine Schnittstelle ist ein **definierter Übergang** zwischen Datenübertragungseinrichtungen, Hardware-Komponenten, logischen Softwareeinheiten oder zwischen Menschen und Computern."
- „Eine Schnittstelle ist eine **definierte Übergabestelle** innerhalb eines Systems."
- „Eine Schnittstelle im Sinne der objektorientierten Programmierung ist eine **Sammlung von Operationssignaturen**, welche durch Methoden in unterschiedlichen Klassen implementiert werden können."
- „Eine Schnittstelle beschreibt einen **Teil des extern sichtbaren Verhaltens** eines Systems."
- „Eine Schnittstelle beschreibt einen **Typ von Instanzen**, die auf unterschiedliche Art und Weise realisiert sein können."

Beispiel: List- und Iterator-Schnittstellen in Java (Ausschnitt)

```
public interface List {
   public boolean add(Object o);
   public boolean remove(Object o);
   public boolean contains(Object o);
   public int indexOf(Object o);
   public Object get(int index);
   public Object set(int index, Object element);
   public int size();
   public Iterator iterator();
}
public interface Iterator {
   public boolean hasNext();
   public Object next();
   public void remove();
}
```

veränderbare Liste von Objekten

Durchblättern einer Liste

Beispiel: Probleme mit diesen Schnittstellen (1)

- Verhalten nicht formal spezifiziert
  - Teilweise (quasi) ungetypte Parameter
  - keine Informationen über erlaubte Parameter-Werte
  - keine Informationen über nichtfunktionale Eigenschaften
  - keine Informationen über erlaubte Aufrufreihenfolgen
  - Möglich: informelle Beschreibung in Textform (JavaDoc)
- Nur Spezifikation der exportierten Operationen
  - Keine Import-Spezifikation der benötigten Operationen
- Implementierungen können unvollständig sein
  - müssen nicht sämtliche Operationen unterstützen
  - müssen stattdessen UnsupportedOperationException werfen
- nicht alle Exceptions sind an der Schnittstelle sichtbar

Beispiel: Probleme mit diesen Schnittstellen (2)

Interface Iterator

- public Object **next**() throws
  - NoSuchElementException – if the iteration has no more elements.
- public void **remove**() throws
  - UnsupportedOperatorException - if operation is not supported by this Iterator
  - IllegalStateException - if the next method has not yet been called, or the remove method has already been called after the last call to the next method.

Implizites Verhalten / Probleme:

- es bleibt unklar, ob mehrere Iteratoren auf einer Liste möglich sind (ja!)
- nach remove() muss immer next() folgen
- remove-Operation ist optional implementiert
- ConcurrentModificationException
  - wenn die Liste des Iterators während des Durchblätterns verändert wurde, außer durch die remove-Operation des Iterators selbst
  - ob der Iterator im Zustand „Concurrent Modification" ist, kann beim Iterator nicht einfach überprüft werden (außer über die Exception)

Schnittstellen und Contracts

- Ideale Schnittstellenbeschreibungen enthalten:
  - Signaturen von Operationen, inklusive der Parameter
  - Erbrachte Funktionalität, Vor- und Nachbedingungen
  - Aufrufreihenfolgen, Protokolle
  - Angaben zu Nichtfunktionalen Eigenschaften
  - ggf. zusätzliche Aspekte wie Ansprechpartner, Aufrufkosten etc.

- Beschreibungstechniken
  - Klassendiagramme zur Beschreibung von Parametern
  - Sequenzdiagramme, Aktivitätsdiagramme
  - Formal definierte Pre- und Postconditions

Design by Contract

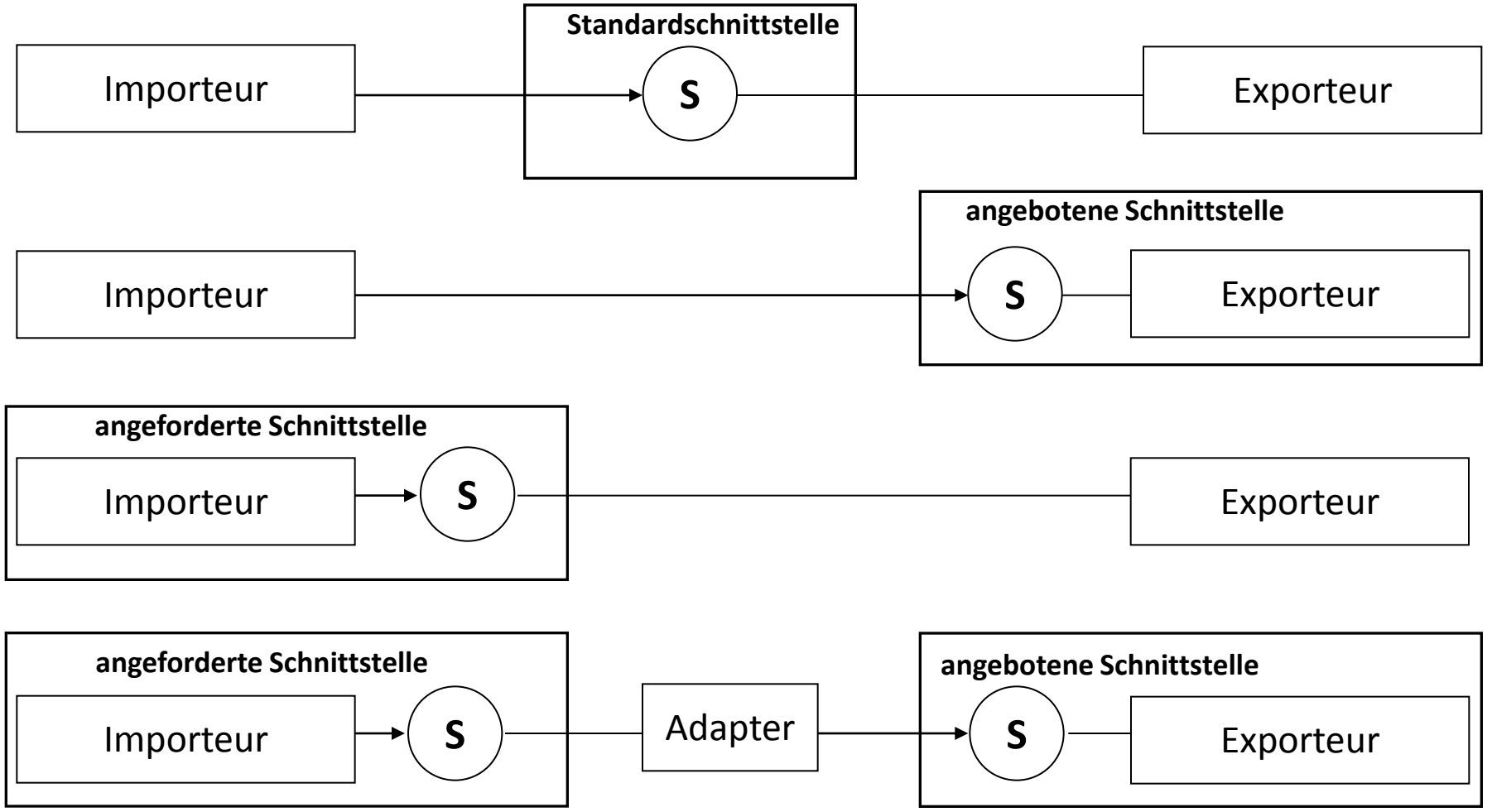
Analogie zu Verträgen im juristischen Sinn

- Komponenten schließen untereinander Verträge ab, indem sie die zugehörigen Schnittstellen implementieren.
- Ein Vertrag bedeutet das Versprechen einer Komponente, bestimmte Leistungen zu erfüllen, wenn bestimmte Voraussetzungen gegeben sind.
- Ein System wird so aus Komponenten zusammengesetzt, dass es richtig funktioniert, wenn alle ihre Verträge einhalten.

Möglichkeiten der Realisierung von Contracts

- Ausprogrammieren
  - if (kontoStand < 0) throw new IllegalStateException
  - Vorteil: Einheitliche Sprache, überall verwendbar
  - Nachteil: Umständlich, uneinheitlich, können Nebeneffekte haben, kein Teil der Schnittstelle
- Nutzung von Assertion-Statements (z.B. in Java)
  - Beispiel: assert (kontoStand >= 0)
  - Vorteil: Einheitliche Sprache, einfach anzuwenden
  - Nachteil: Können durch Konfiguration ausgeschaltet werden, können Nebeneffekte haben, kein Teil der Schnittstelle
- Spracherweiterung für Design by Contract
  - Eigene Regelsprache für Vor- und Nachbedingungen
  - Vorteil: Mächtigkeit, Nebeneffektfreiheit, echter Teil der Schnittstelle
  - Nachteil: Integration, Komplexität

Wo werden Schnittstellen definiert?



Eigenschaften sauber entworfener Schnittstellen

- Klare Bezeichnungen
  - Verwendung von Namenskonventionen (getX, addX, removeX)
  - Sprechende Namen: exec_pers_rd() → getPerson()
  - Fachlich statt technisch getriebener Schnittstellen
- „Schmale" Schnittstellen
  - Erleichtert Verständnis und Nutzung
  - Erleichtert Implementierungsänderungen
- Interface Segregation
  - Eine Abstraktion pro Schnittstelle – Nutzer sollten nicht gezwungen sein, sich auf Operationen abzustützen, die sie gar nicht benötigen.
- (Möglichst) kontextlos
  - Nutzer sollten nicht gezwungen sein, komplexe Voraussetzungen zu erfüllen, um die Operationen der Schnittstelle aufrufen zu können.

Fachlich vs. technisch getriebene Schnittstellen

- Technisch getriebene Schnittstelle
  - bearbeiteKunde(aktion, id, name, adresse, konto)

- Fachlich getriebene Schnittstellen
  - erzeugeKunde(name, adresse, konto)
  - leseKunde(id)
  - aendereKonto(id, konto)
  - aendereAdresse(id,adresse, pruefen,korrigieren)
  - loescheKunde(id)

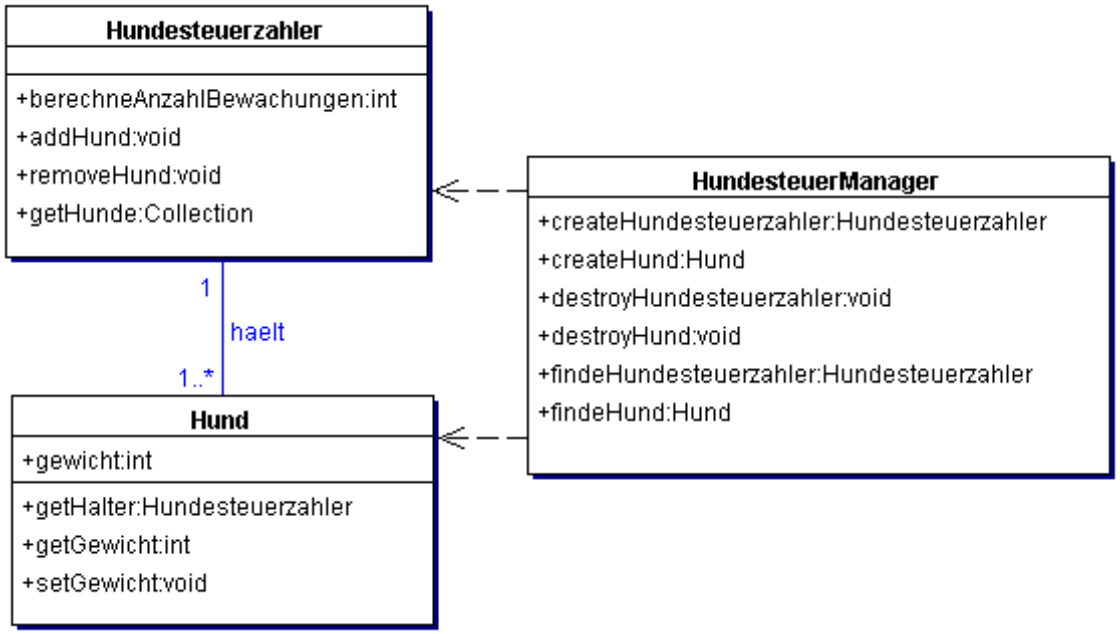
- Fachliche Schnittstelle, aber technisch motiviert
- Direkt in Datenbank-Zugriffe umsetzbar

- Fünf verständliche Signaturen statt einer globalen, jeweils nur mit den benötigten Parametern)
- Lese- und Schreiboperationen mit unterschiedlicher Granularität (un-abhängiges Ändern von Adresse und Konto)
- Zusätzliche Parameter bei einzelnen Operationen möglich (Prüfung oder Korrektur bei Adressänderung)

Aus: [Jos08]

Granularität von Schnittstellen (1)

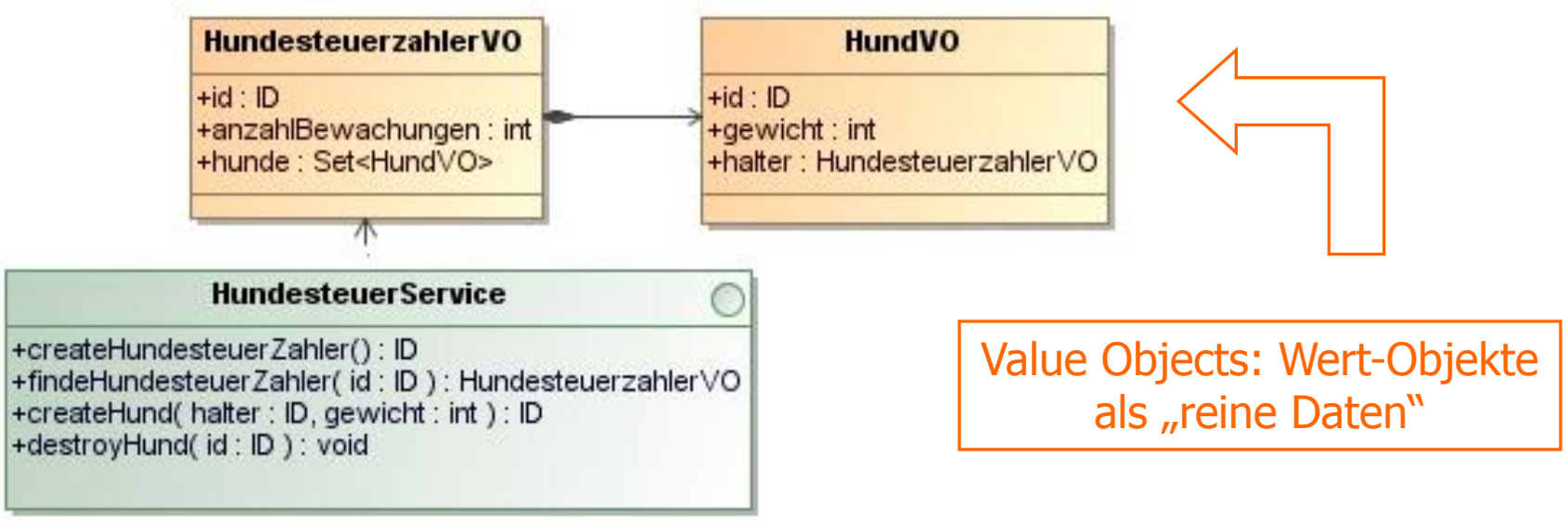
- Feingranulare, „objektorientierte“ Schnittstelle



- Viele „kleine“ Aufrufe, jeweils wenige übertragene Daten
- Gut für Zugriffe innerhalb einer Komponente wegen hoher Flexibilität
- Schlecht für Zugriffe über Netzwerke wegen hoher Latenz

Granularität von Schnittstellen (2)

- Grobgranulare, „serviceorientierte“ Schnittstelle



- Wenige „große“ Aufrufe, jeweils viele übertragene Daten
- Zu umständlich für Zugriffe innerhalb von Komponenten
- Gut für Zugriffe über Netzwerke und Anwendungen

Kontextlosigkeit von Schnittstellen

- Nutzung einfacher, überall bekannter Datentypen
  - Im Extremfall nur Zeichenketten
- Zustandslosigkeit als „Dogma“ der Serviceorientierung
  - Einfach zu erreichen bei lesenden Services
  - Inhärent unmöglich bei schreibenden Services …
- Idempotenz
  - Mehrfache Aufrufe (z.B. bei Retrys aufgrund unsicherer Netze) haben die gleiche Wirkung wie ein einzelner Aufruf.
  - Einfaches Beispiel: remove(hund:ID) hat keine Auswirkung, wenn der Hund schon gelöscht wurde
  - Was tun bei ueberweise(geldbetrag, kontoNr)? Z.B. Nummer des Überweisungsformulars als zusätzlicher Parameter.
- Kein impliziter Kontext
  - Alle Informationen werden explizit über Parameter übergeben

Implizite versus Explizite Kontexte

Explizite Kontexte

- Vorteil: alle Parameter-Informationen sind sichtbar
- Nachteile: lange Parameter-listen; mühsames manuelles „Durchschleifen" von Parametern

Implizite Kontexte

- Vorteil: wesentlich einfachere Nutzung der Schnittstelle
- Nachteile: Informationen werden implizit „unsichtbar" übergeben; erfordert entsprechende Infrastruktur

Beispiel: Transaktionskontext: explizit oder thread-bezogen

```
tx := new Transaction();
tx.begin();
a.doSomething(3, p2, tx);
b.remove(tx);
c.update(1, p4, tx);
tx.commit();
```

```
Transaction.begin();
a.doSomething(3, p2);
b.remove();
c.update(1, p4);
Transaction.commit();
```

Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

Frameworks: Definition

- Definition: Ein Framework ist ein „halbfertiges“ objektorientiertes 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

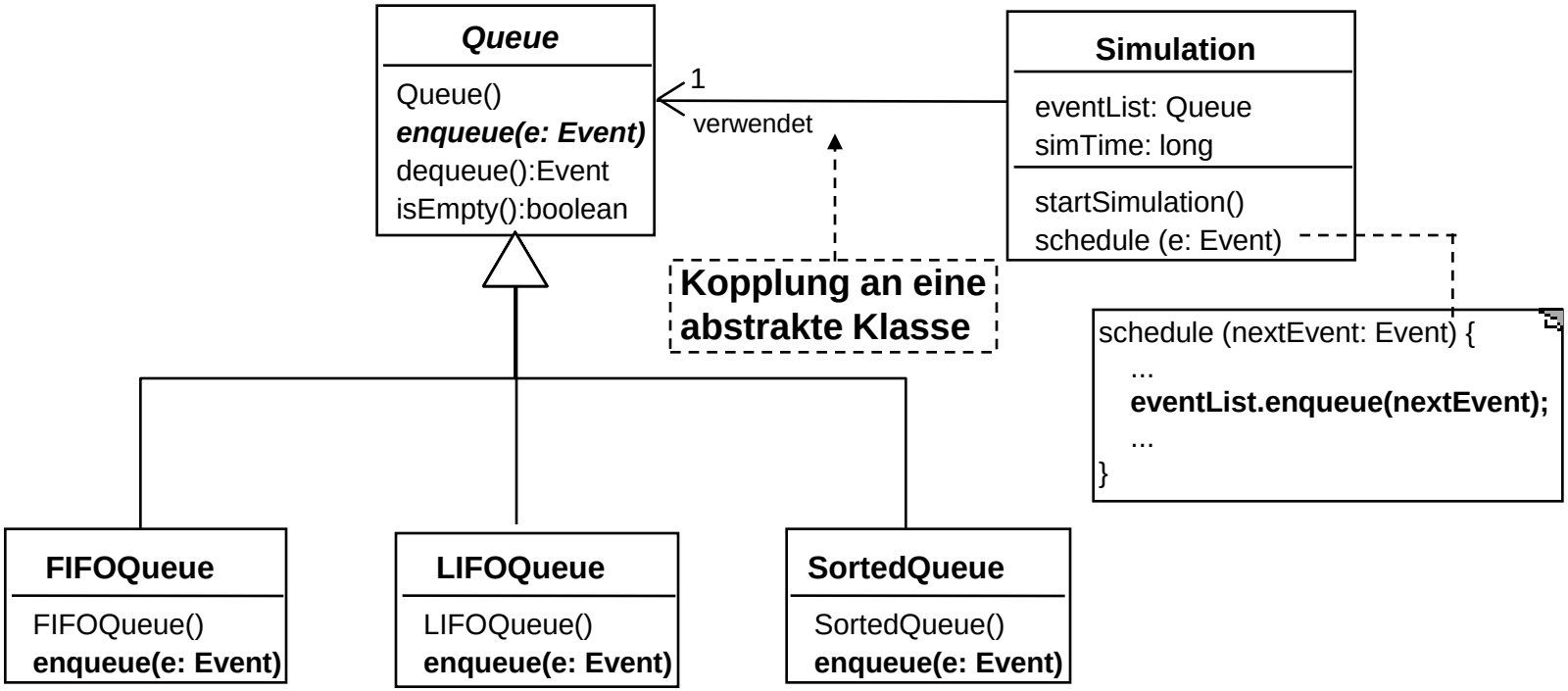
- Anpassung durch Vererbung oder Komposition
  - Whitebox-Frameworks erlauben Wiederverwendung durch Ableiten von abstrakten Klassen
    - Anwender muss Verhalten abstrakter Klassen implementieren
  - Blackbox-Frameworks ermöglichen Wiederverwendung durch Parametrisierung oder Komposition von Klassen
    - 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 (= Bibliotheken)

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.

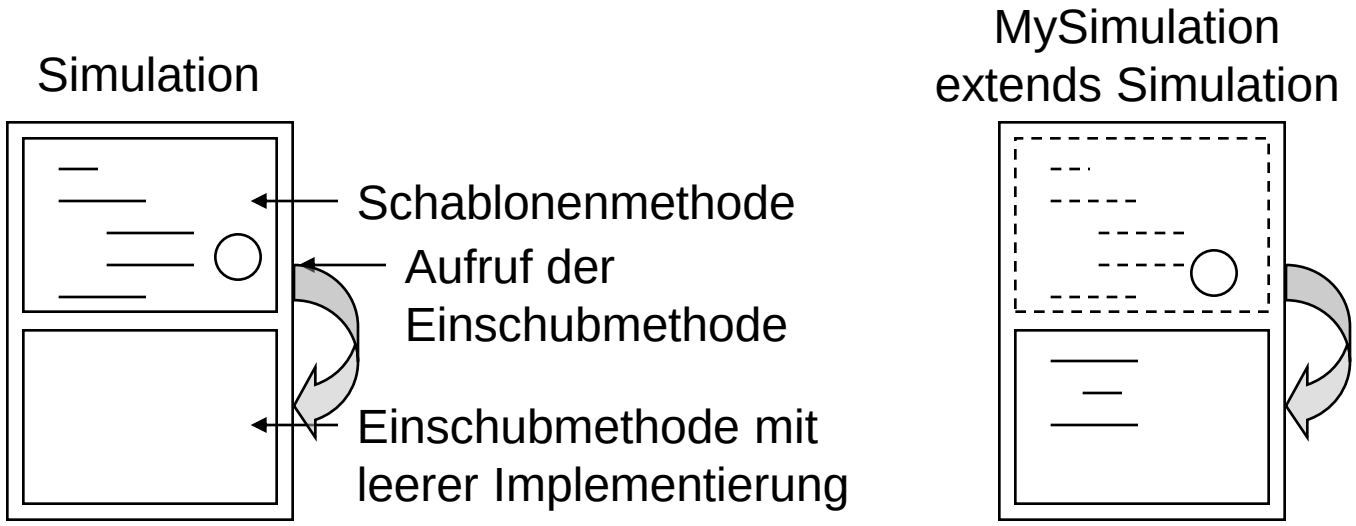
Abstrakte Kopplung [Pre97]

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



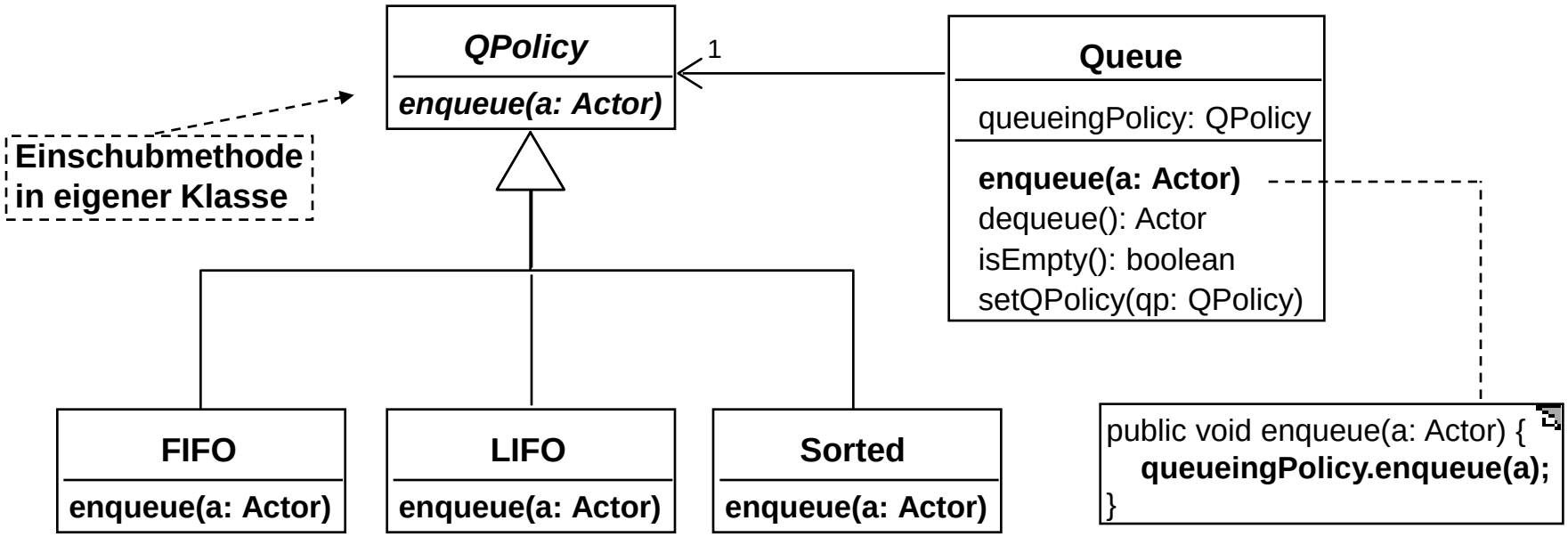
Einschubmethoden / Hot Spots [Pre97]

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



Einschubklassen [Pre97]

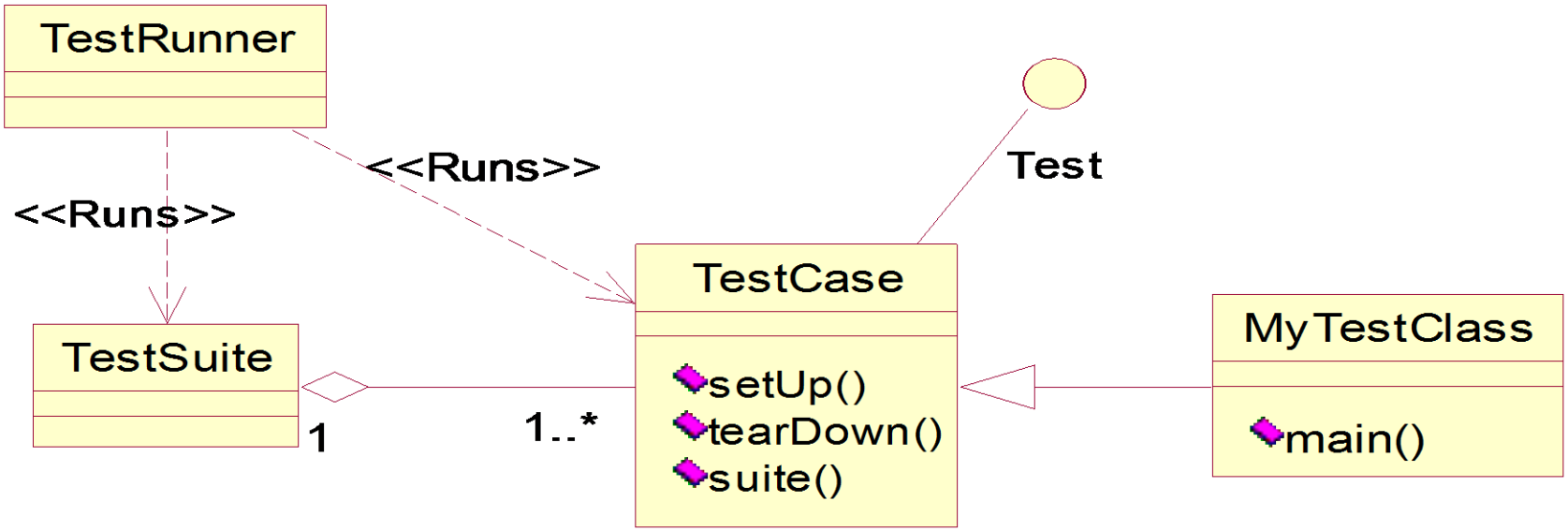
- Problem : Schablonen- und Einschubmethode in einer Klasse erlauben keine Anpassung zur Laufzeit!
- Lösung : Delegation statt Vererbung. Einschubmethode in eigener Klasse kapseln (Einschubklasse)



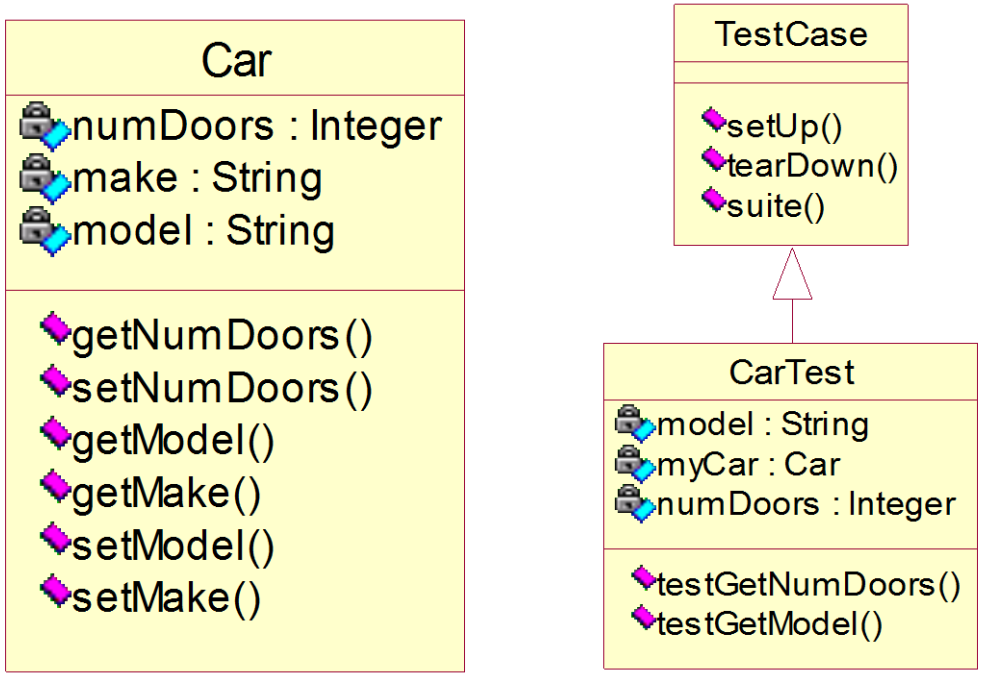
Beispiel: JUnit

- 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



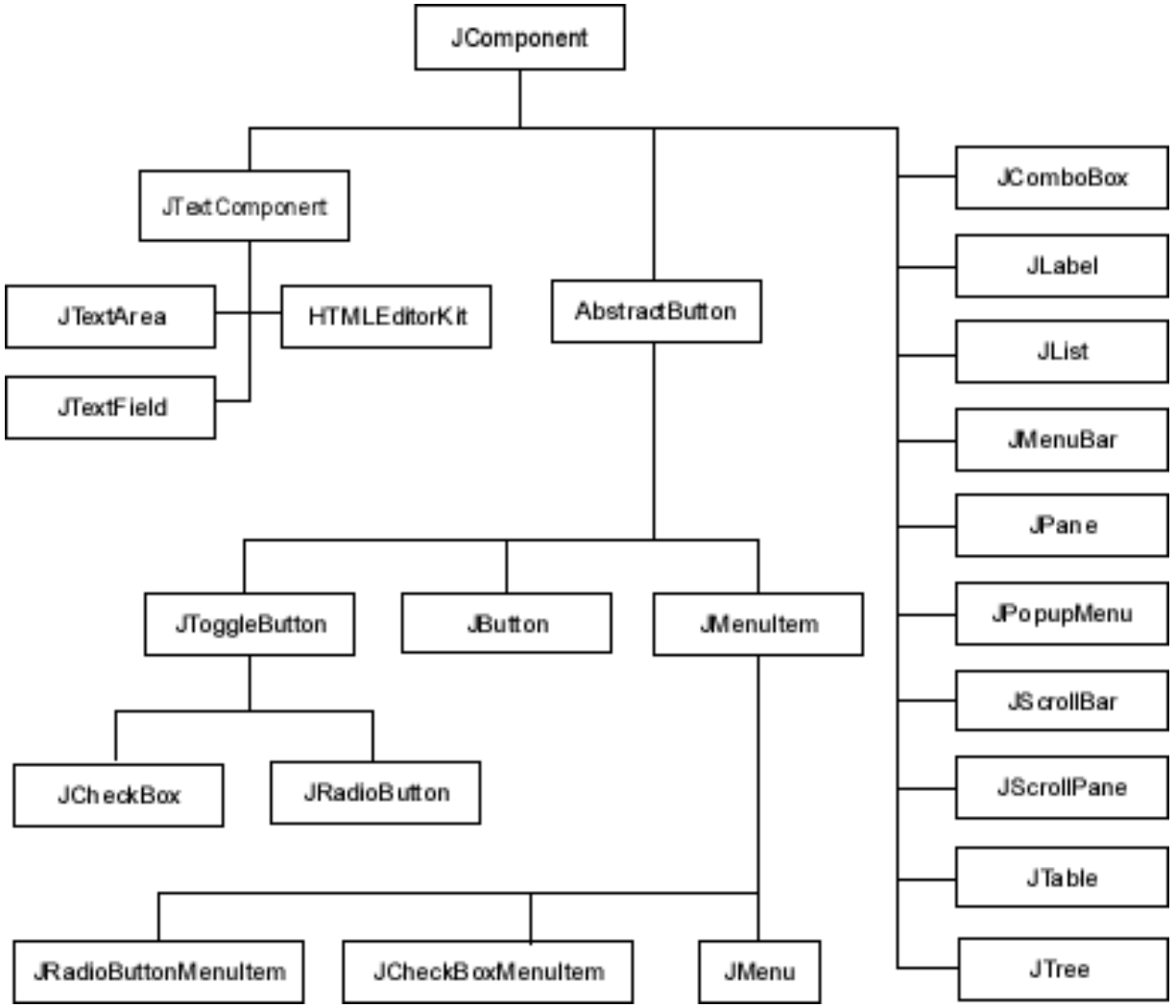
JUnit: Testklasse und Testfall



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(...){...}
}
```

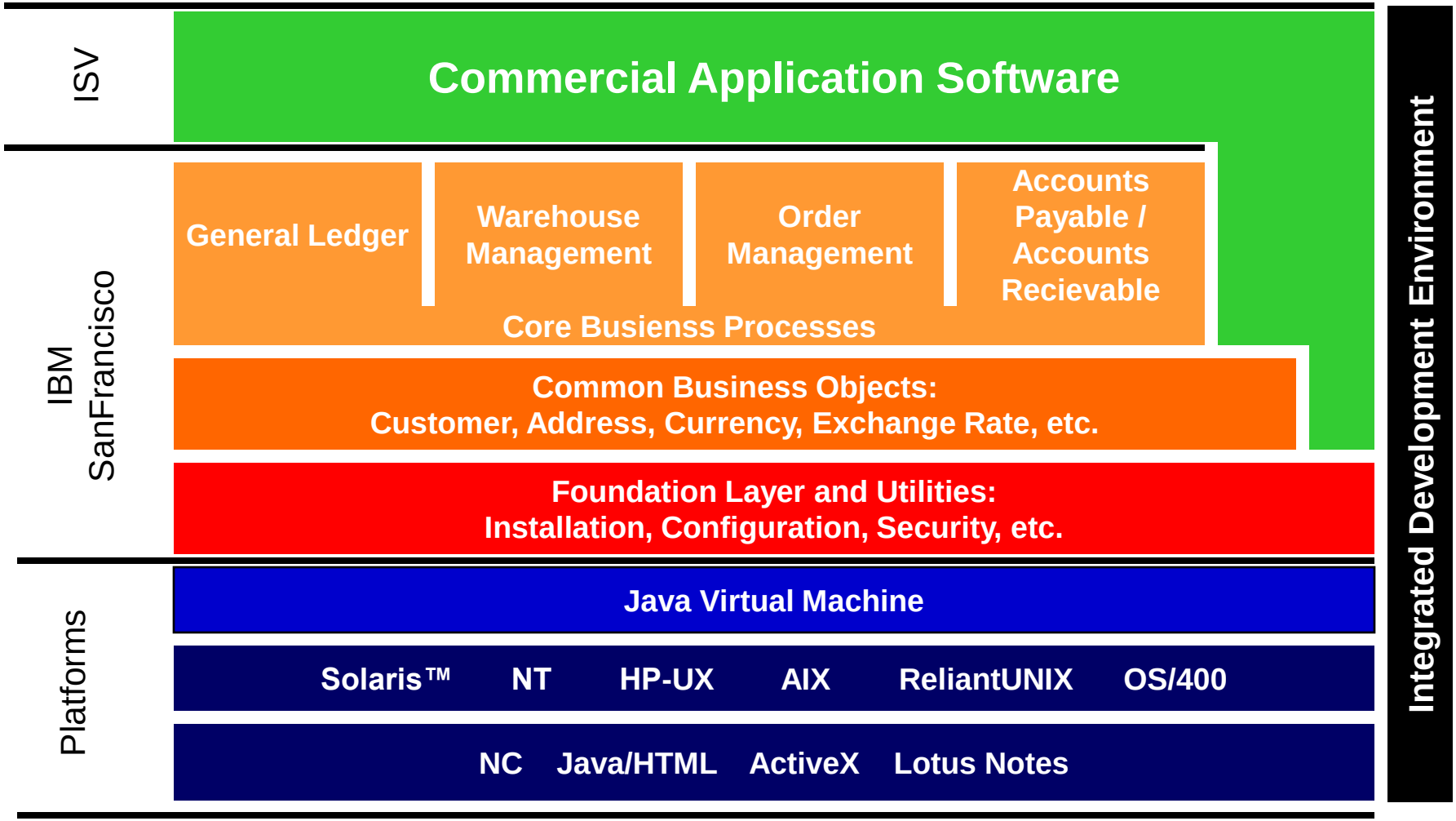
```
public interface TableModel
{
    // return number of rows
    getRowCount();

    ...
}
```

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

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

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

    ...
}
```

Grenzen von Frameworks: San Francisco von IBM

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

San Francisco: Architektur

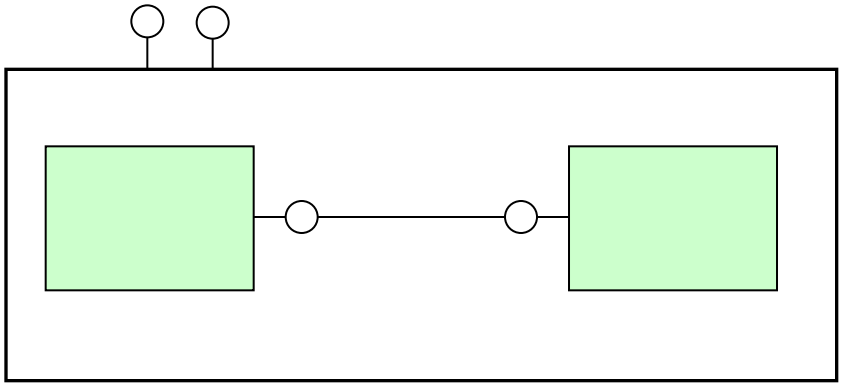


Gründe für das Scheitern

- Wie viele andere Frameworks strebt auch SF nach „alleiniger Herrschaft“ in der Anwendung.
- Die Komplexität des Frameworks war für nicht-spezialisierte Fach-Entwickler nicht mehr zu beherrschen
  - Bis zu 30-stufige Ableitungshierarchien – auf jeder Ebene kommen neue fachliche Konzepte und Mechanismen hinzu
  - Adressierung von technischen Mechanismen im Framework
- Wünschenswert wäre eine Möglichkeit, einfachere Frameworks leicht miteinander zu kombinieren.
  - Vorteil: Reduzierte Komplexität der Einzellösungen
  - Nachteil: Zusammenspiel und Aufteilung des Kontrollflusses kompliziert. Ansätze aus dem Bereich der Feature Interaction.

Ausblick: Komponentenframeworks

- Ein Komponentenframework ist eine besondere Komponente
- Ihre Realisierung sieht freie Stellen („plugs“) vor 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

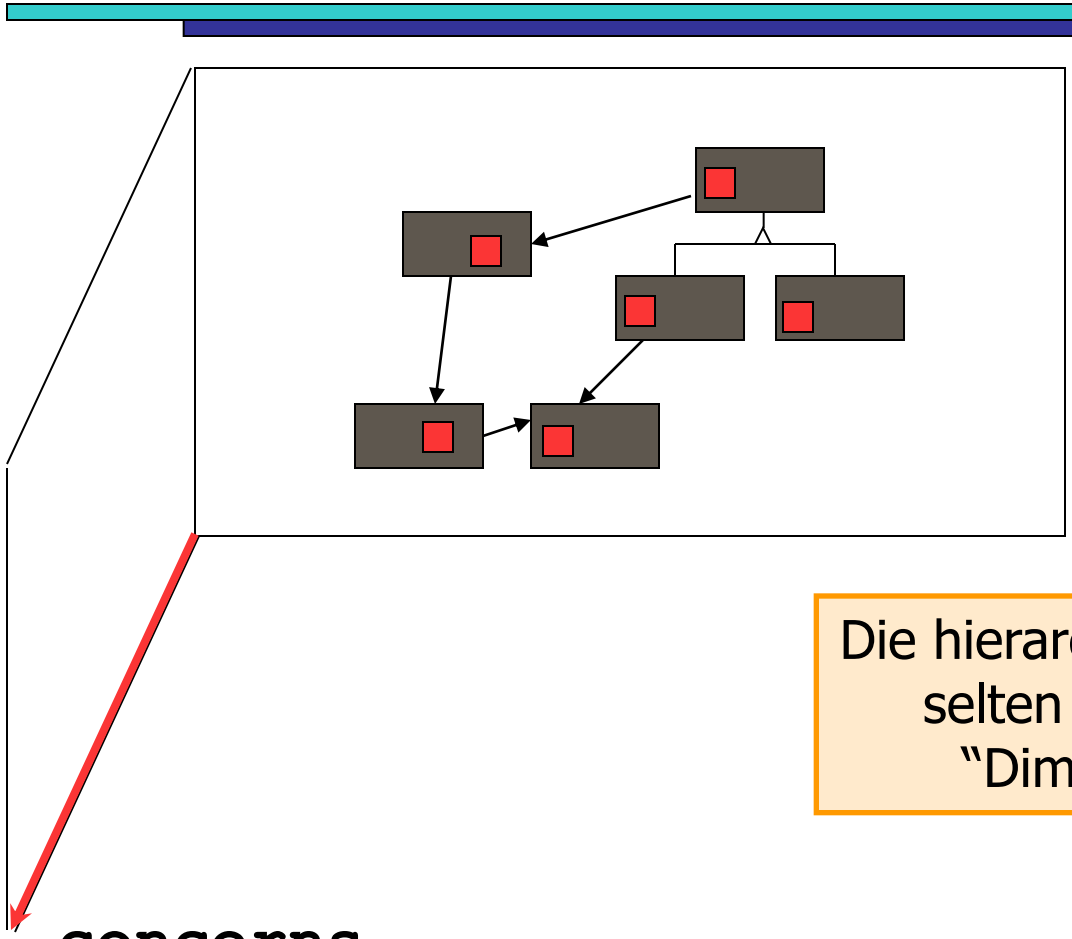
+ Hohe Wiederverwendung nicht nur von Design, sondern gleichfalls von Artefakten der Implementierung.
+ Verkürzung der Entwicklungsdauer für Anwendungen.
+ Weniger fehleranfällige Anwendungen durch Wiederverwendung bewährter Mechanismen.
+ Führen langfristig zu einer Standardisierung des jeweiligen Anwendungsbereichs.
+ Konzentration auf die wesentlichen Teile der Anwendung
- Hoher Einarbeitungsaufwand für den Nutzer des Frameworks.
- Frameworks geben meist Programmiersprache und Umgebung vor.
- Nur für einen bestimmten Problembereich anwendbar.
- Hoher Entwicklungsaufwand für das Framework.
- Frameworks „reißen die Kontrolle an sich“.

Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

AOP: Eine “neue Dimension” in der Softwareentwicklung



concerns

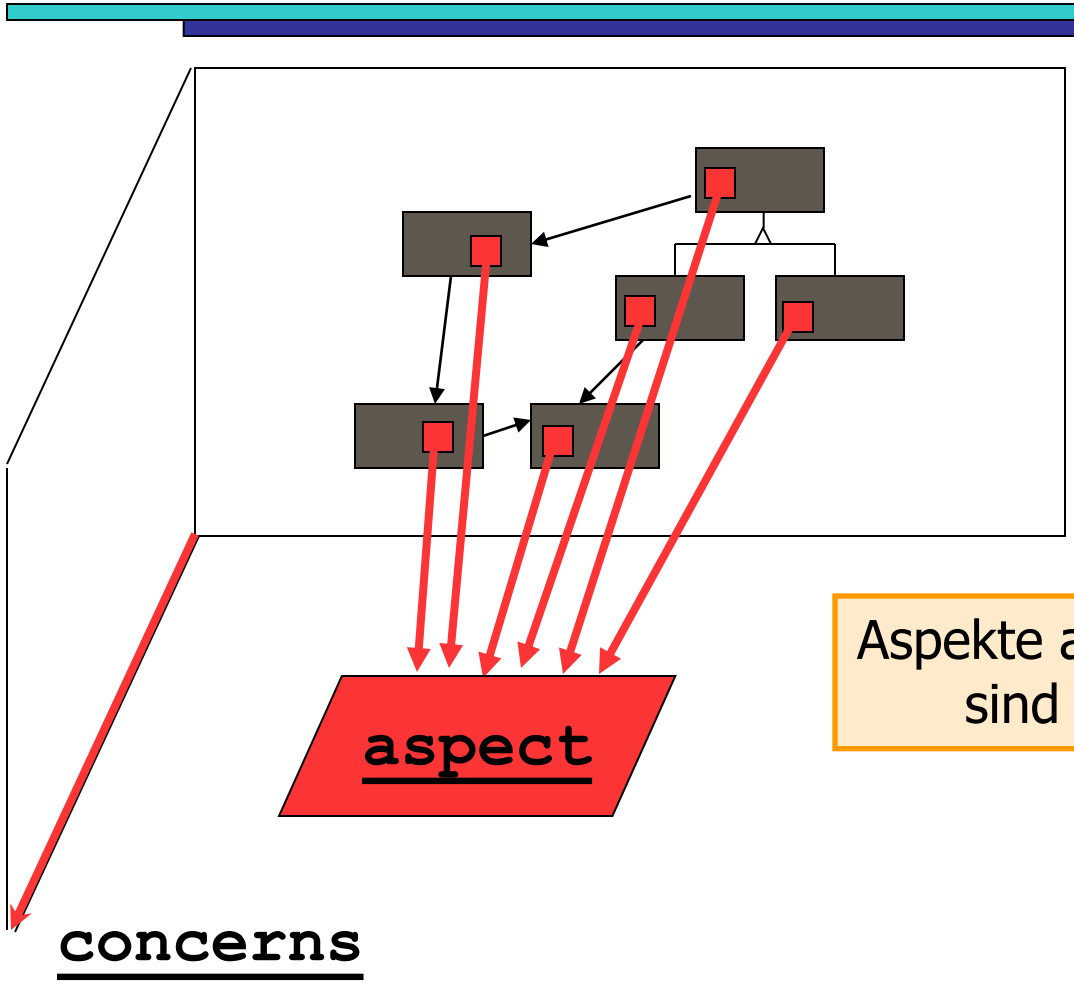
Die hierarchische Zerlegung ist selten für mehr als eine “Dimension” optimal.

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

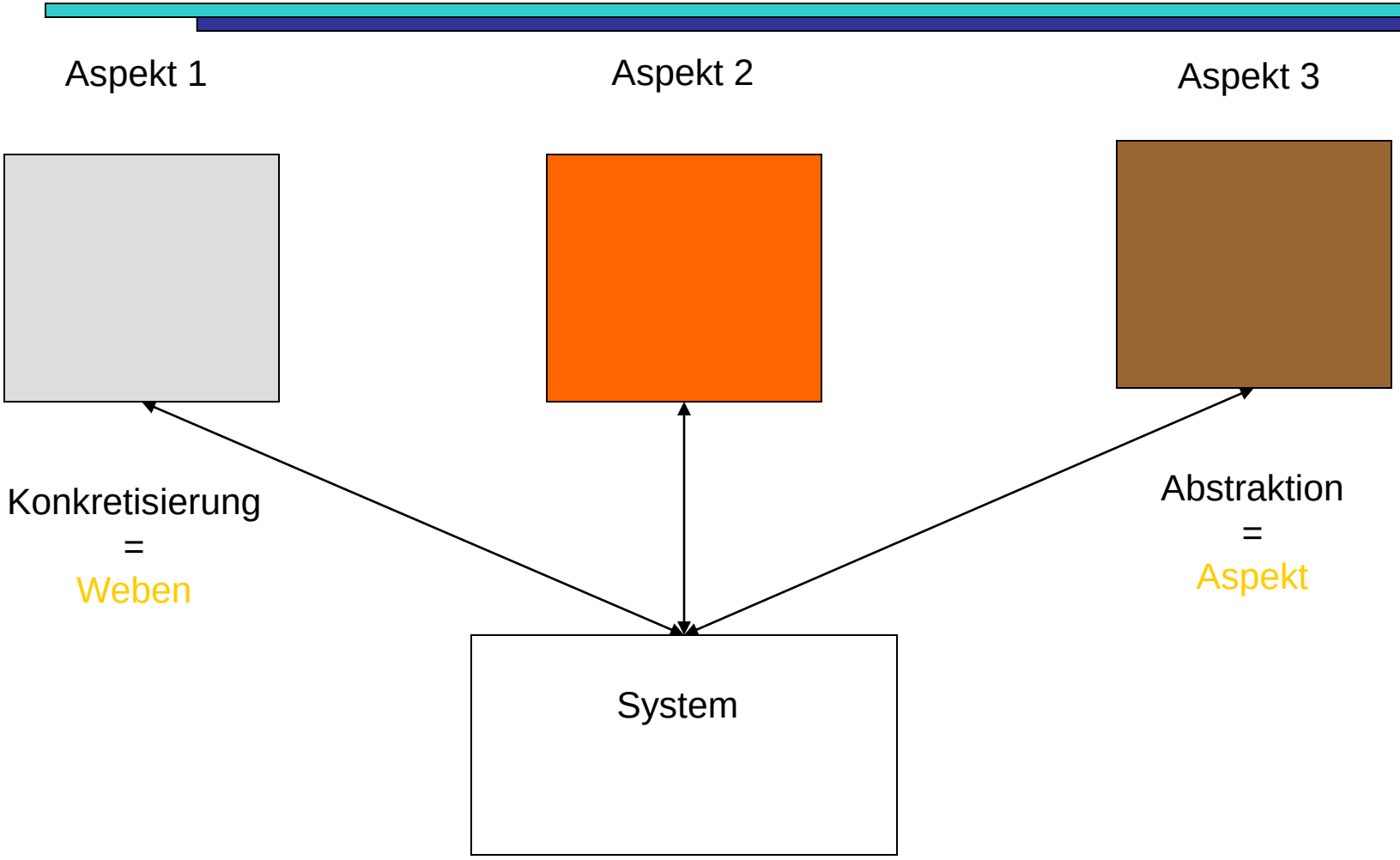


Aspekte anderer Dimensionen sind daher verstreut

Merkmale von Aspekten

- Die Anweisungen zu einem Aspect 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)

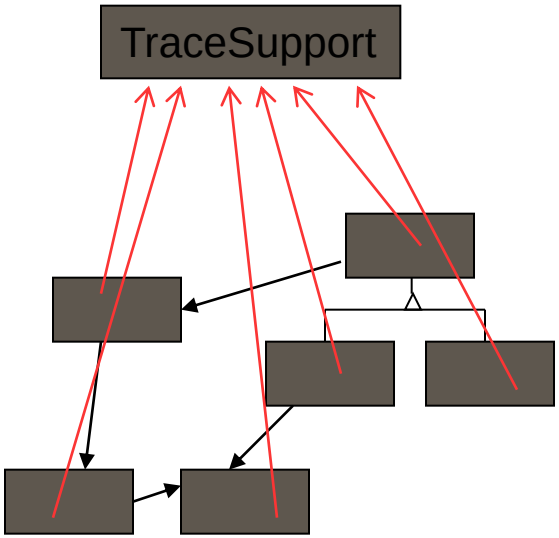
Zusammenführung von Aspekten in einem System



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
- 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");
  }
}
```

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

Inhalt

- Wiederverwendung
- Schnittstellen
- Frameworks
- Aspect-oriented Programming
- Zusammenfassung

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

Zusammenfassung

- Die pragmatische Wiederverwendung von Softwarearchitekturen in Form von Design, Implementierung und Erfahrung ist essentielle Voraussetzung für die effektive Softwareentwicklung
- Schnittstellen und Contracts sind die Basis für Software-Architekturen und Wiederverwendung.
- Frameworks stellen „halbfertige Anwendungen“ dar und ermöglichen die Wiederverwendung von Architekturen.
- Aspect-oriented Programming ermöglicht die Wiederverwendung orthogonaler Querschnittsaspekte.

Literaturhinweise

- [HNS99] Christine Hofmeister, Robert Nord, Dilip Soni: *Applied Software Architecture*, Addison Wesley – Object Technology Series, 1999.
- [Jos08] Nicolai Josuttis: *SOA in der Praxis* – dpunkt.verlag, 2008
- [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.