Teil IV: Objektorientierter Entwurf
41 Grundlegende Architekturprinzipien

Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Aßmann
Institut für Software- und Multimediatechnik
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
TU Dresden
Version 13-1.0, 08.07.13

1) Architekturprinzipien
2) Flexible Evolution mit Modularität und Geheimnisprinzip
3) Geschichtete Architekturen

Obligatorische Literatur

- Zuser Kap 10.
- Ghezzi 4.1-4.2
- Pfleeger 5.1-5.3
- ST für Einsteiger 5.3, 8

Sekundäre Literatur

- David J. Parnas. On a buzzword: hierarchical structure. Proceedings IFIP Congress 1974, North-Holland, Amsterdam.
- Johannes Siedersleben. Moderne Softwarearchitektur. Umsichtig planen, robust bauen mit Quasar. dpunkt-Verlag, 2004.

Teil IV - Objektorientierter Entwurf (Object-Oriented Design, OOD)

1) 41: Einführung in die objektorientierte Softwarearchitektur
   1) Modularität und Geheimnisprinzip
   2) Entwurfsmuster für Modularität
   3) BCD-Architekturstil (3-tier architectures)
2) 42: Verfeinerung des Entwurfsmodells zum Implementierungsmodell (Anreicherung von Klassendiagrammen)
3) 43: Verfeinerung von Lebenszyklen
   1) Verfeinerung von verschiedenen Steuerungsmaschinen
4) 44: Verfeinerung mit querschneidender Objektanreicherung
5) 45 Wiederverwendung
   1) Objektorientierte Rahmenwerke (frameworks)
   2) Softwarearchitektur mit dem Quasar-Architekturstil

41.1. Herstellung Großer Softwaresysteme

software: computer programs, procedures, rules, and possibly associated documentation and data pertaining to the operation of a computer system.

(IEEE Standard Glossary of Software Engineering)

Was heißt hier "groß"?

- Klassifikation nach W. Hesse:

Klasse	Anzahl Code-Zeilen	Personenjahre zur Entwicklung
sehr klein	bis 1.000	bis 0,2
klein	1.000 - 10.000	0,2 - 2
mittel	10.000 - 100.000	2 - 20
groß	100.000 - 1 Mio.	20 - 200
sehr groß	über 1 Mio.	über 200

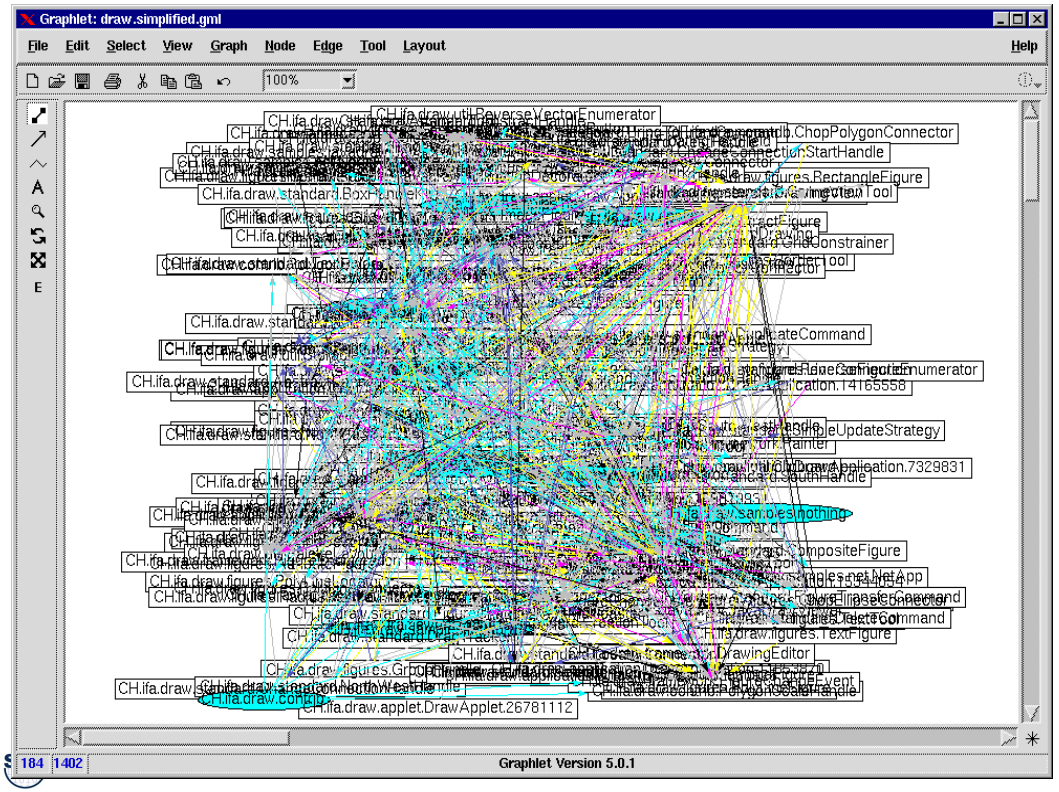
Riesige Systeme

- Telefonvermittlungssoftware EWSD (Version 8.1):
  - 12,5 Mio. Code-Zeilen
  - ca. 6000 Personenjahre
- ERP-Software SAP R/3 (Version 4.0)
  - ca. 50 Mio. Code-Zeilen
- Umfang der verwendeten Software (Anfang 2000):
  - Credit Suisse 25 Mio. Code-Zeilen
  - Chase Manhattan Bank: 200 Mio. Code-Zeilen
  - Citicorp Bank: 400 Mio. Code-Zeilen
  - AT&T: 500 Mio. Code-Zeilen
  - General Motors: 2 Mrd. Code-Zeilen

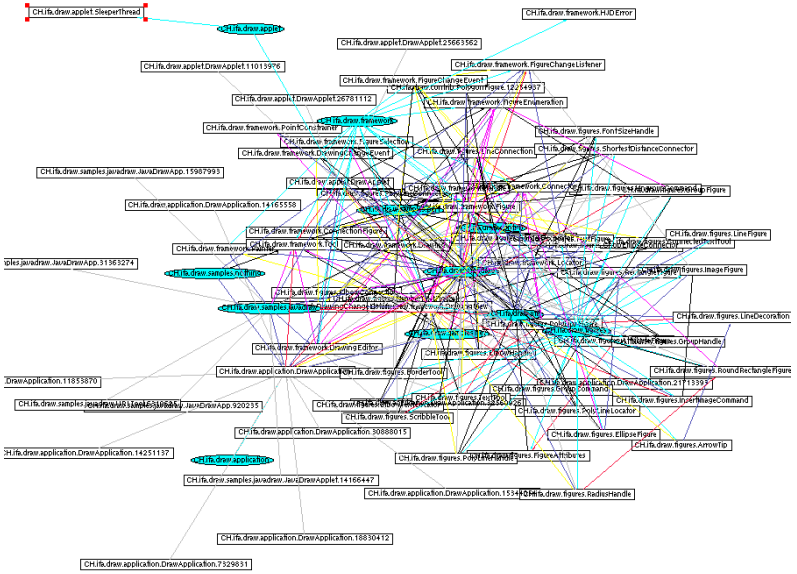
Abkürzungen:
EWSD = Elektronisches Wählsystem Digital (Siemens-Pro
ERP = Enterprise Resource Planning
SAP: Deutscher Software-Konzern

Strukturprobleme

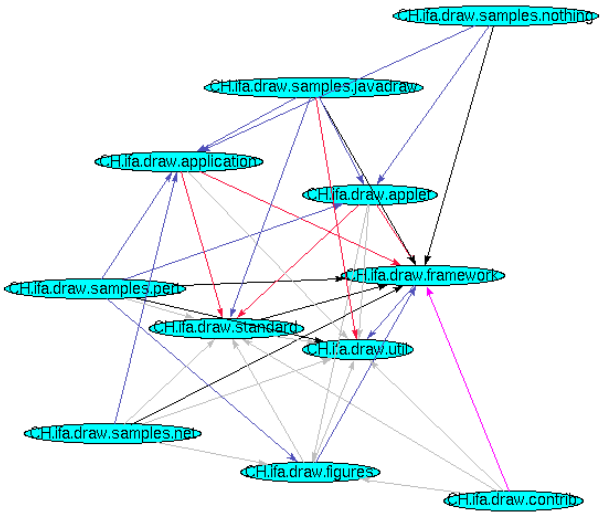
- The following figures are taken from the Goose Reengineering Tool, analysing a Java class system [Goose, FZI Karlsruhe, http://www.fzi.de]



Teilweise gefaltet



Gefaltet



Softwarearchitektur

- Softwarearchitektur ist der Schlüssel zum Erfolg des Softwareingenieurs und seiner Firma.

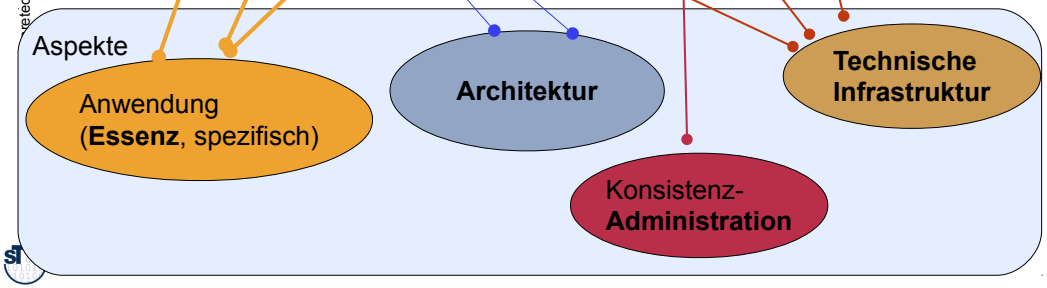
Ohne gute Softwarearchitektur keine Wiederverwendung, Evolution, Variabilität, Erweiterbarkeit

Mit guter Softwarearchitektur Softwareproduktlinien, schnell erstellte neue Produkte, vertikale Portierung auf andere Domänen, einfaches Dienstleistungsgeschäft.

41.2 Grundlegende Architekturprinzipien

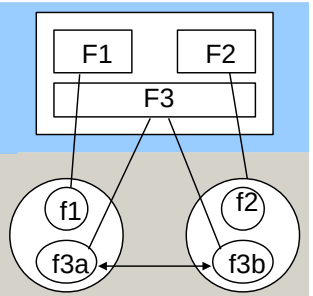
Wesentliche Aspekte und Bestandteile eines Softwaresystems

- Anwendungsspezifische Funktionen
- Benutzungsoberfläche
- Ablaufsteuerung
- Datenhaltung
- Infrastrukturdienste
  - Objektverwaltung
  - Interne Objekt- und Prozeßkommunikation
  - Verteilungsunterstützung
- Kommunikationsdienste
- Sicherheitsfunktionen
- Zuverlässigkeitsfunktionen
- Systemadministration
  - Installation, Anpassung
  - Systembeobachtung
- Vertragsprüfung
- Etc.



Aspekte des Architekturentwurfs

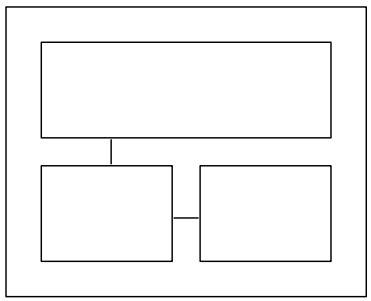
- Strukturelle Zerlegung:
  - Blockdiagramme, Montagediagramme (UML-Komponentendiagramme)
  - Architekturstil: Schichten, Sichten, Dimensionen
- Struktur der physikalischen Verteilung:
  - Zentral oder verteilt?
  - Topologie



- Ablaufsicht
- Logischer Detail-Entwurf
- Einhaltung nichtfunktionaler Anforderungen:
  - Architekturbestimmende Eigenschaften (z.B. Realzeitsystem, eingebettetes System)
  - Effizienzanforderungen und Optimierung
  - Standardarchitekturen

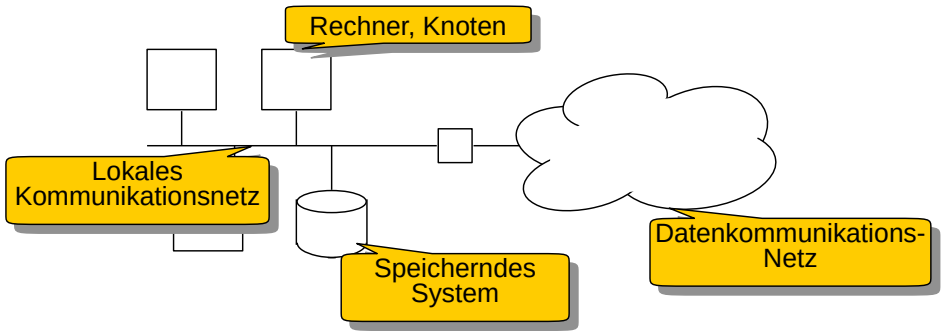
Blockdiagramme

- **Blockdiagramme** sind das meistverbreitete, informelle Hilfsmittel zum Skizzieren der logischen **Struktur** einer Systemarchitektur.
  - Blockdiagramme sind kein Bestandteil von UML
  - **Blöcke** stellen UML-Komponenten *ohne* Anschlüsse dar

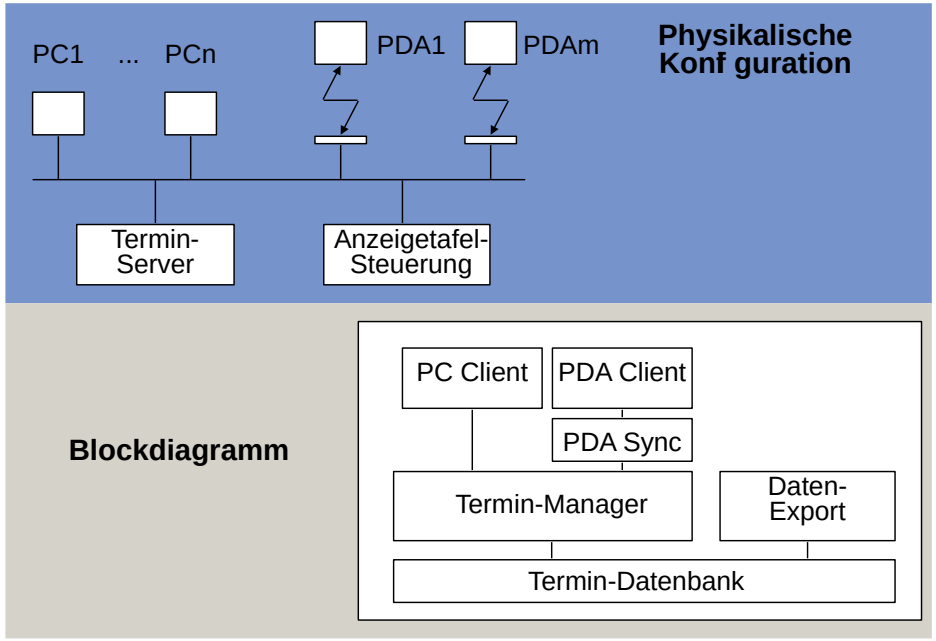


Konfigurationsdiagramme

- Konfigurationsdiagramme sind Blockdiagramme mit “Bussen”
  - Konfigurationsdiagramme sind nicht Bestandteil von UML
  - ein verbreitetes Hilfsmittel zur Beschreibung der physikalischen Verteilung

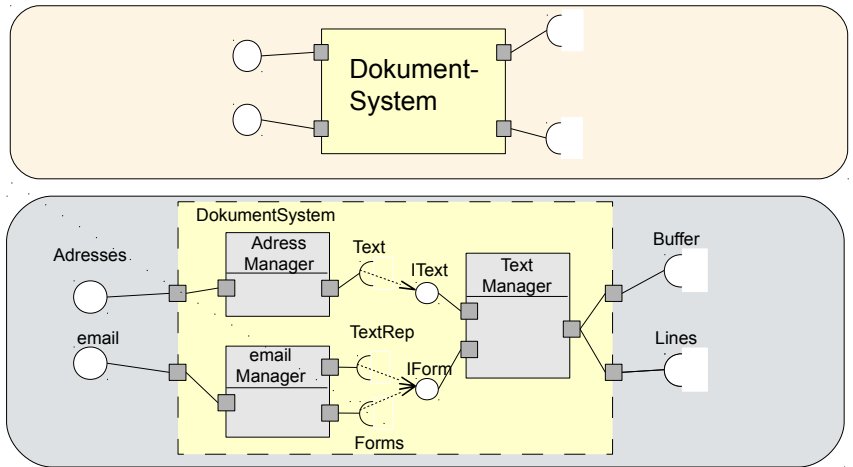


Beispiel: Konfigurationsdiagramm für Terminverwaltung



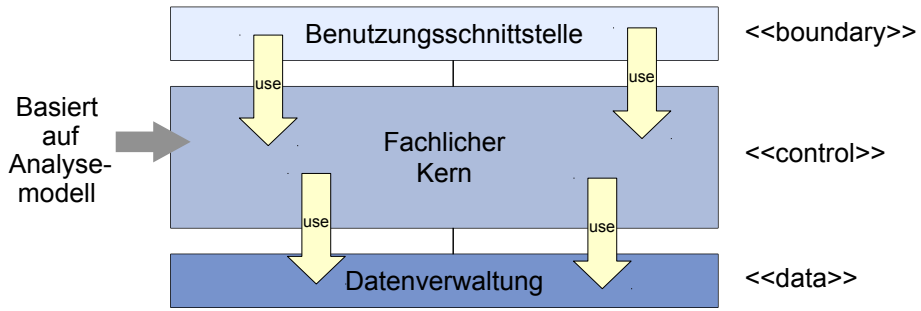
Architekturstil für nicht-Interaktive Anwendungen: Hierarchische Organisation der obersten Ebenen

- Oberste Ebene des Systems ist meist hierarchisch und/oder geschichtet organisiert
  - Vermeide “wilde” objekt-orientierte Netzstrukturen
  - Damit die letzte Integration zum Gesamtsystem einfach verläuft: Integrationstests können dann bottom-up absolviert werden
- Hierarchien bilden Spezialfälle, denn sie können geschichtet werden

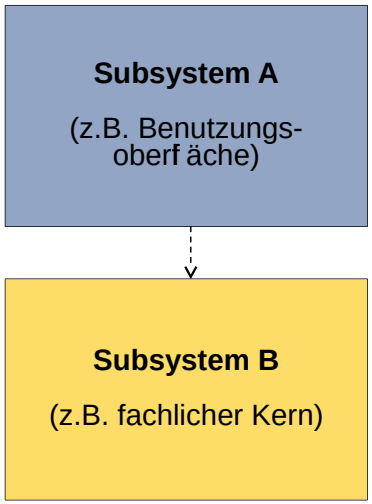


Architekturstil für Interaktive Anwendungen: Drei-Schichten-Architektur (BCD)

- Klassische Struktur eines interaktiven Anwendungssystems
- Integrationstest verläuft wegen azyklischer Benutzungsrelation (use) bottom-up: erst D, dann CD, dann BCD
- Fachlicher Kern (Anwendungslogik) kann weitere Schichten enthalten
  - Oft kapselt eine Facade eine Schicht nach oben ab, dann existieren bereits zwei Teil-Schichten



Architekturprinzip: Hohe Kohäsion + Niedrige Kopplung

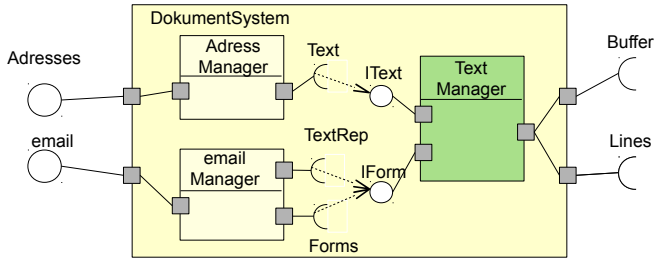


- **Hohe Kohäsion:**
  Subsystem B darf keine Information und Funktionalität enthalten, die zum Zuständigkeitsbereich von A gehört und umgekehrt.
- **Niedrige Kopplung:**
  Es muß möglich sein, Subsystem A weitgehend auszutauschen oder zu verändern, ohne Subsystem B zu verändern.

  Änderungen von Subsystem B sollten nur möglichst einfache Änderungen in Subsystem A nach sich ziehen.

Architekturprinzip Quasar: Trennung von Technik- und Anwendungskomponenten

- Jede Komponente wird klassifiziert in Blutgruppen (0 – technologieunabhängige Algorithmen, T – technologieabh. Komponenten, A-Anwendungskomponenten)



[Siedersleben] Quasar-Wiederverwendungsgesetz: 0- und T-Komponenten sind besser wiederverwendbar als Anwendungskomponenten.

41.2 Architekturprinzip: Veränderungsorientierter Entwurf mit dem Modul-Geheimnis

Architekturprinzip: Einteilung in Komponenten (Module)

- Nach dem Teile-und-Herrsche-Prinzip sollte Software in *Komponenten (Module)* eingeteilt werden
- Eine **Komponente** im allgemeinden Sinne ist eine Wiederverwendungseinheit:
  - gruppiert Funktionalität und erzeugt Kohäsion
  - unterstützt lose Kopplung:
    - hat keine impliziten, nur explizit in der Schnittstelle angegebene Abhängigkeiten zu anderen Komponenten
    - kann unabhängig von anderen entwickelt werden
    - Komponenten können einzeln getestet werden (Einheitstest, unit test)
    - Fehler können zu individuellen Komponenten verfolgt werden
  - kann ausgetauscht werden, ohne dass das System zusammenbricht (Ersetzbarkeit)
  - kann wiederverwendet werden, weil angebotene und benötigte Schnittstellen unterschieden werden
- **Module** werden hier als Komponenten bezeichnet, die in binäre Form übersetzt werden können

Bemerk.: Komponentenmodelle und Kompositionssysteme

- Es gibt nicht nur die UML-Komponente....
- sondern viele verschiedene *Komponentenmodelle:*
  - Module einer modularen Programmiersprache (Modula, Ada)
  - Klassen, Kollaborationen und Konnektoren in objektorientierten Sprachen
  - UML-Komponenten
  - Fragmentkomponenten, Schablonen (templates)
  - Dokumentkomponenten
  - Serverseitige Webkomponenten
- Ein *Kompositionssystem* definiert:
  - **Komponentenmodell:** Eigenschaften der Schnittstelle einer Komponente
  - **Kompositionstechnik:** Wie werden Komponenten komponiert?
  - **Kompositionssprache:** Wie wird die Architektur eines großen Systems beschrieben?
- --> Vorlesung CBSE (SS)

Architekturprinzip: Flexible Evolution mit dem Geheimnisprinzip

Parnas' Prinzip des Entwurfs mit dem **Geheimnisprinzip** (veränderungsorientierter Entwurf, *change-oriented modularization with information hiding)* [Parnas, CACM 1972]:

1) Bestimme alle Entwurfsfragen (-alternativen), die sich *ändern können*

2) Entwickle für jede Entwurfsfrage eine Komponente, die die Entscheidung bezüglich der Frage verbirgt
   - Die Entscheidung nennt man das **Komponenten**- oder **Modulgeheimnis (module secret)**

3) Entwerfe eine stabile Schnittstelle für die Komponente, die unverändert bleibt, wenn sich die Entwurfsentscheidung und somit die Implementierung des Modulgeheimnisses ändert

Das Geheimnisprinzip ermöglicht Austausch von Implementierungen hinter Schnittstellen und somit flexible Evolution

Das Geheimnisprinzip erniedrigt die externe Kopplung und erhöht die innere Kohäsion von Komponenten und Modulen

Typische Geheimnisse von Modulen/Komponenten

- Arbeitsweise von Algorithmen
- Datenformate
  - Texte, Dokumente, Bilder
- Datentypen
  - Abstrakte Datentypen und ihre konkrete Implementierung
- Benutzerschnittstellenbibliotheken
- Bearbeitungsreihenfolgen
- Verteilung
- Persistenz
- Parallelität

Verschiedene Arten von Komponenten/Modulen

- Funktionale Module ohne Zustand
  - sin, cos, BCD arithmetic, gnu mp,...
- Daten-Repositorien
  - Verbergen Repräsentation, Zugriff und Zustand der Daten
  - Symboltabellen, Materialcontainer, ...
- Abstrakte Datentypen
- Singletons (Konfigurationskomponenten)
  - Klassen mit einer einzigen Instanz
- Prozesse (aktive Objekte)
- Klassen
  - Module, die ausgeprägt werden können
- Generische Klassen (Klassenschablonen)
- Komplexe Klassen (UML-Komponenten)
- Fragmentkomponenten

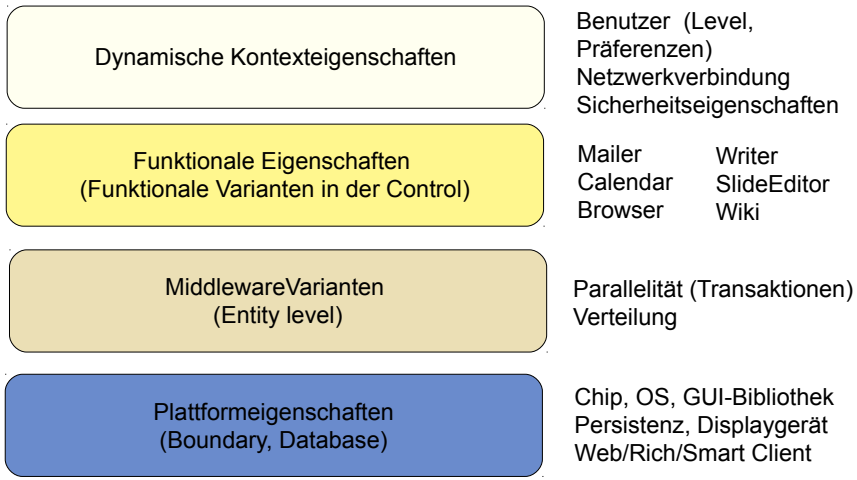
... für alle gilt das Geheimnisprinzip

Variabilitätsmuster nutzen das Geheimnisprinzip

- Viele Entwurfsmuster (z.B. TemplateMethod) sind *Variabilitätsmuster*, d.h., sie lassen einem bestimmte Geheimnisse verbergen und dann die Implementierungen austauschen (variieren)
  - Fassade verbirgt ein ganzes Subsystem
  - Fabrikmethode verbirgt die Allokation von Produkten
  - TemplateMethod und Strategie verbergen einen Anteil eines Algorithmus
  - Singleton kapselt globale Konfigurationsdaten
- In UML kann man Entwurfsmuster als Komponenten (Wiederverwendungeinheiten) kapseln, indem man sie als Kollaborationen spezifiziert

Was wollen wir eigentlich variieren?

- **Software-Produktlinien** entstehen durch systematische Variation von Geheimnissen

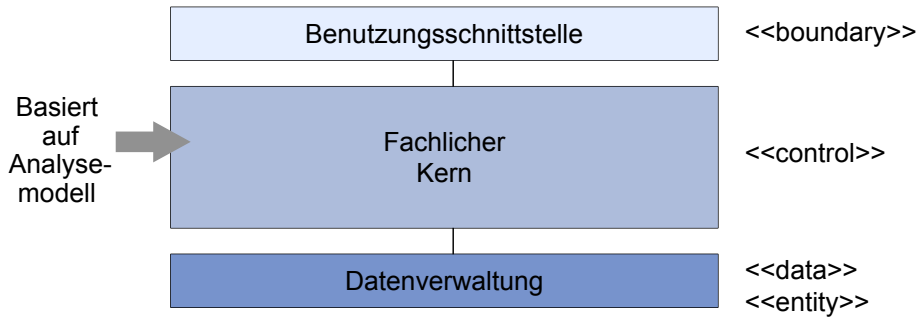


41.3 Architekturprinzip Schichtung (Layered Architectural Styles)

und die "benutzt"-Relation

Drei-Schichten-Architekturstil (BCD) für interaktive Anwendungen

- Klassische Struktur eines interaktiven Anwendungssystems
- Schichten sind jeweils stark kohäsiv, und lose gekoppelt – warum?
- Oft kapselt eine Fassade eine Schicht, ein Einzelstück konfiguriert jede Schicht, Fabriken schneiden die Produkte der unteren Schichten zu, TemplateMethod/Class variieren Algorithmen der Produkte



Verschiedene Relationen zwischen Komponenten

- Es gibt verschiedene Beziehungen zwischen den Komponenten eines Systems
- Ähnlichkeit
  - Vererbungsrelationen: is-a (set inheritance), behaves-like (Verhaltenskonformität), ...
- Zugriff
  - accesses-a (access relation)
  - Zugriffsrecht: is-privileged-to, owns-a (security)
  - Aufrufe: calls
    - is-called-by
    - delegates-to (delegation)
  - Senden und Empfangen von Nachrichten
- Die “Relies-On” Relation fasst alle diese zusammen

Vertraut-auf-Relation (Relies-On, USES, Sees-A)

Komponente A **vertraut auf (relies-on,** USES) Komponente B gdw.
A benötigt eine korrekte Implementierung von B für seine eigene korrekte Ausführung [Parnas]

- *benötigt eine korrekte Implementierung* beinhaltet:
  - A greift zu auf öffentliche Variable oder Objekt von B
  - A nutzt eine Ressource von B
  - A alloziert ein Objekt von B
  - A delegiert Arbeit auf B (A ruft auf B) or B delegiert Arbeit zurück auf A
  - A initiiert B durch Auslösen einer Ausnahme oder Ereignis

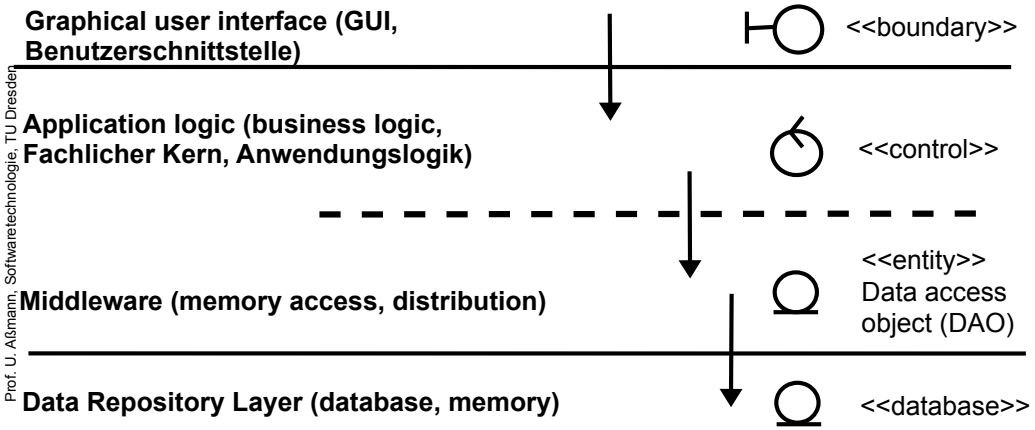
Ein Softwaresystem heißt **hierarchisch**, falls seine Komponenten eine hierarchische „vertraut-auf“-Relation besitzen
Ein Softwaresystem heißt **geschichtet**, falls seine Komponenten eine geschichtete „vertraut-auf“-Relation besitzen

Testen von hierarchischen und geschichteten Systemen

In einem hierarchischen oder geschichteten System erfolgt der Test bottom-up, d.h. aufwärts entlang der USES-Relation.

Example: USES Relation in 3- and 4-Tier Architectures (BCED)

- 3- and 4-tier architectures have an acyclic USES relation, divided into 3 (resp. 4) layers that use each other in an acyclic relationship
  - Upper layers *see* lower layers, but not vice versa

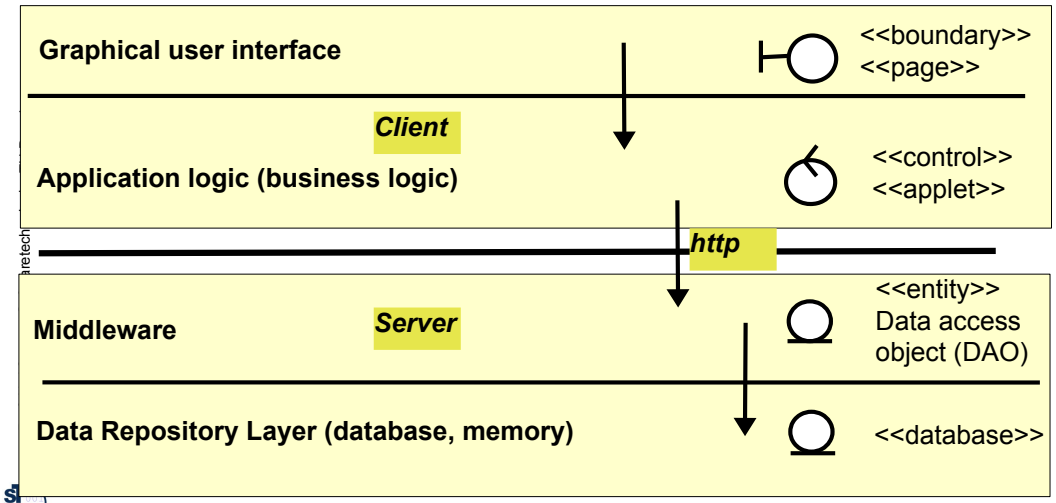


Example: 3- and 4-Tier Architectures (BCD/BCED)

- Good encapsulation of cohesive knowledge in a layer
- Low coupling due to acyclic USES relationship
- Better exchange of subsystems of the application
  - GUI encapsulates user interactions and look
  - Data repository layer encapsulates how data is stored (database, transient, persistent component platforms such as Enterprise JavaBeans)
  - Middleware mediates between both
    - The middleware hides distribution
    - and deals with security
- The BCD/BCED architecture is *the* architecture for business-oriented software
- ... and for projects in the projects ...

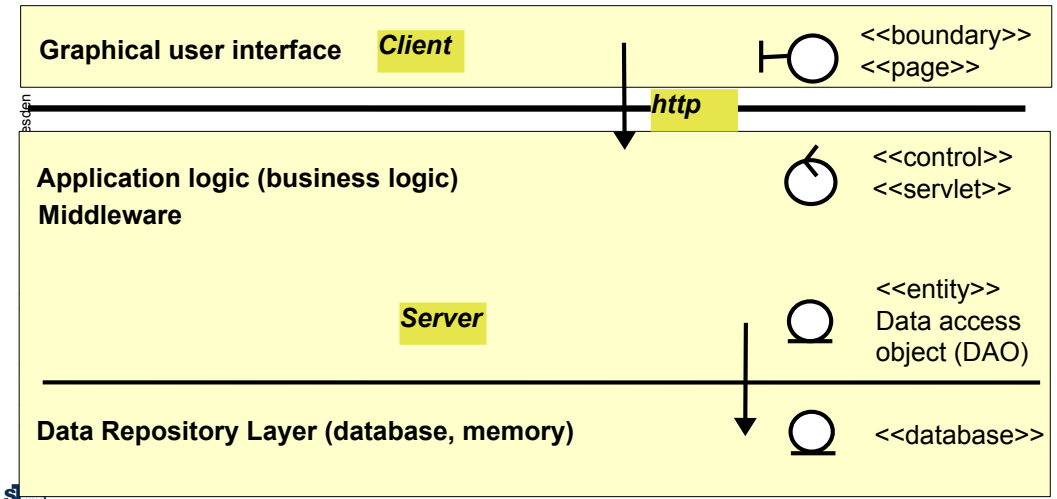
Example: 4-Tier Web System (Thick Client)

- Thick client Web Systems have a http-based middleware, in which GUI and application logic reside on the client, data is managed on the server



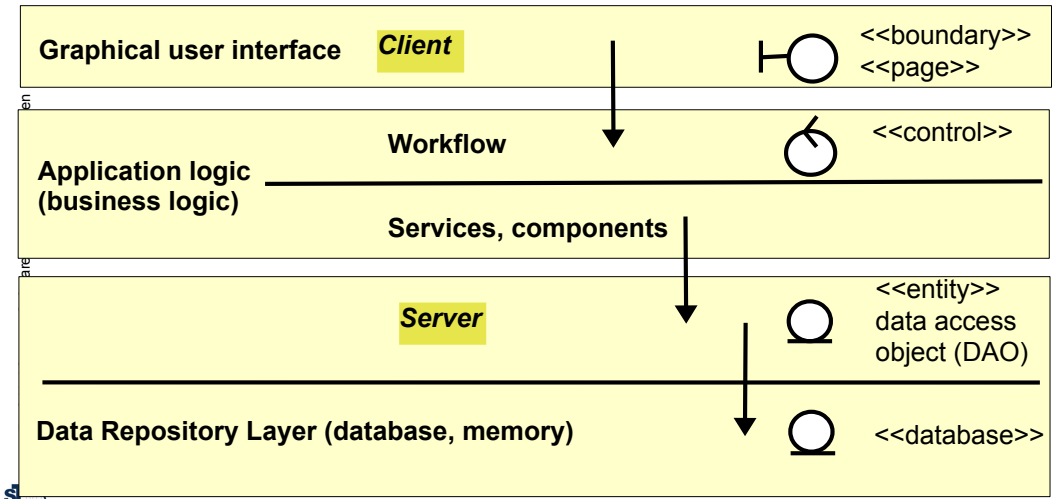
Example: 4-Tier Web System (Thin Client)

- Thin client Web Systems have a http-based middleware, in which GUI resides on the client, application logic and data is managed on the server



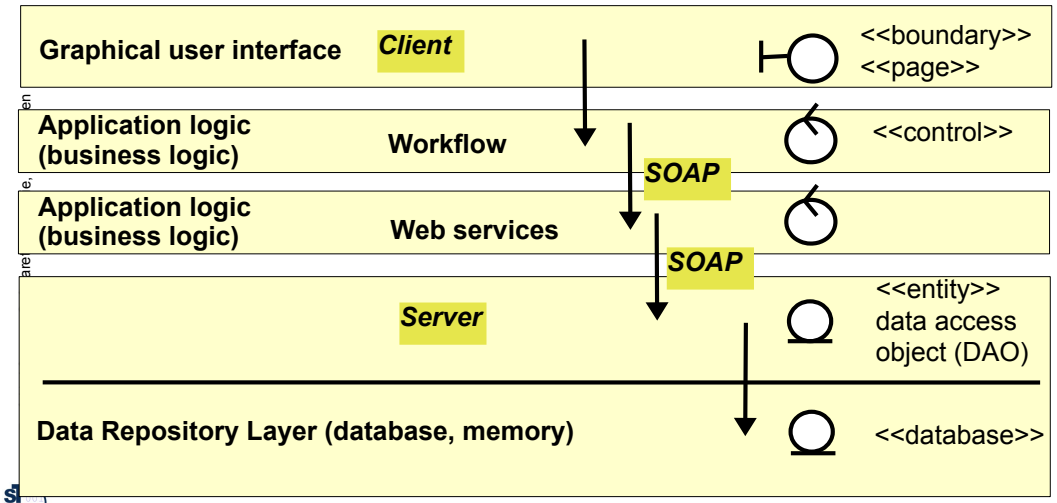
Example: 5-Tier with Workflow Language

- Workflow languages (BPMN, BPEL) describe the top-level of the application architecture
  - Services and components are called by the workflow



Example: 5-Tier with Workflow Language and Web Services

- Workflow languages (BPMN, BPEL) describe the top-level of the application architecture
  - Services and components are called by the workflow via SOAP protocol



Why are Layered Architectures Successful?

- Layered architectures require an acyclic USES relationship
- They are successful,
  - Because the dependencies within the system are structured as a dag
  - System is structured
  - Internals of layers can be abstracted away

What Have We Learned

- Designing the global *architectural style* of your application is important (Architekturentwurf)
- Layers play an important role
- The USES (relies-on) relation is different from is-a (inheritance) and part-of (aggregation)
  - It deals with prerequisites for correct execution
  - Can be used to layer systems, if it is acyclic
- Examples of architectural styles with acyclic USES relation:
  - The BCED 4-tier architecture
  - Layered abstract machines for interactive applications
  - Layered behavioral state machines
  - Both styles can be combined

Conway's Law on Software Structure

Software is always structured in the same way as the organisation which built it.

The End

Anhang 41.A Entwurfsmuster Fassade zur Reduktion von Kopplung

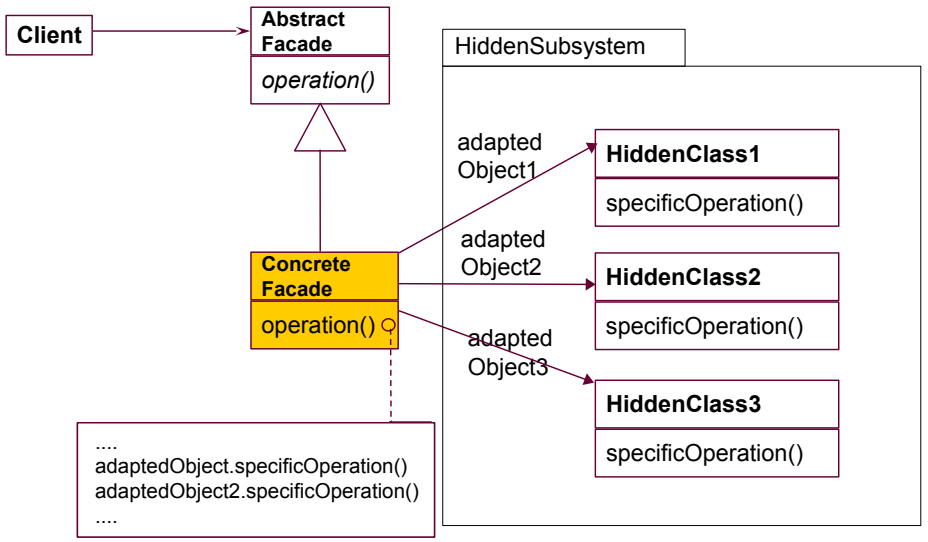
... Ein Entwurfsmuster im Geiste Parnas (Wdh.)

Entwurfsmuster Fassade (Facade)

- Eine *Fassade (Facade)* ist ein Objektadapter, der ein komplettes Subsystem verbirgt
  - Die Fassade bildet die eigene Schnittstelle auf die Schnittstellen der verkapselten Objekte ab
  - Eine UML-Komponente ist gleichzeitig eine (einfache) Fassade. Die Delegationskonnektoren werden 1:1 an innere Komponenten delegiert; interne Adapter können adaptieren

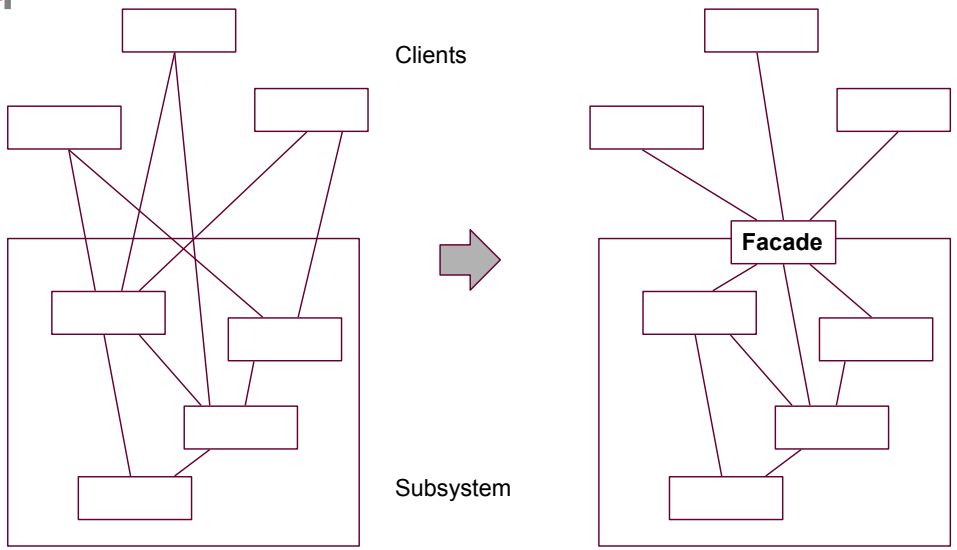
Fassaden verbergen Subsysteme

- Eine Fassade bietet eine *Sicht* auf ein Subsystem an. Es darf mehrere Sichten geben, nur keinen direkten Zugriff auf die inneren Objekte



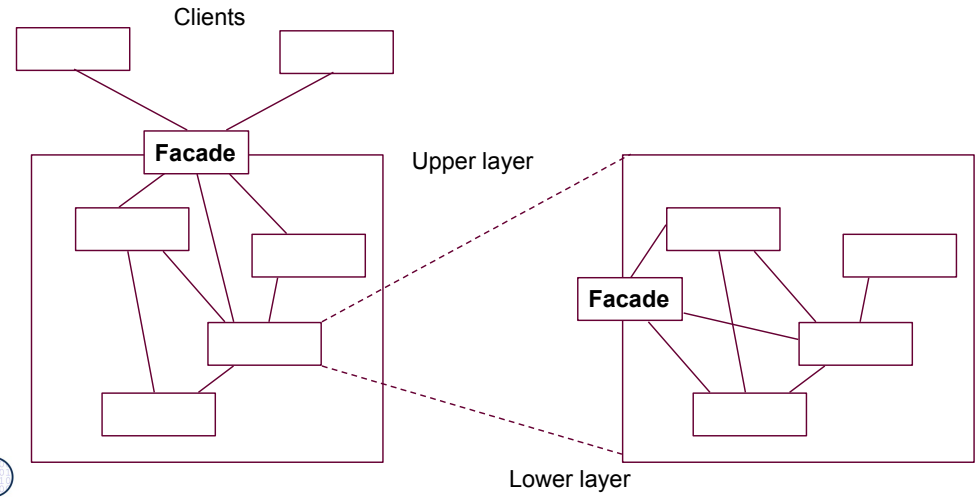
Restrukturierung hin zur Fassade

- Fassaden entkoppeln; Subsysteme können leichter ausgetauscht werden (Variabilitätsmuster)



Fassaden und Schichten

- Falls einzelne Klassen eines Subsystems wieder Fassaden sind, entstehen *fassadengeschützte Schichten*



41.B Entwurfsmuster Fabrikmethode (FactoryMethod)

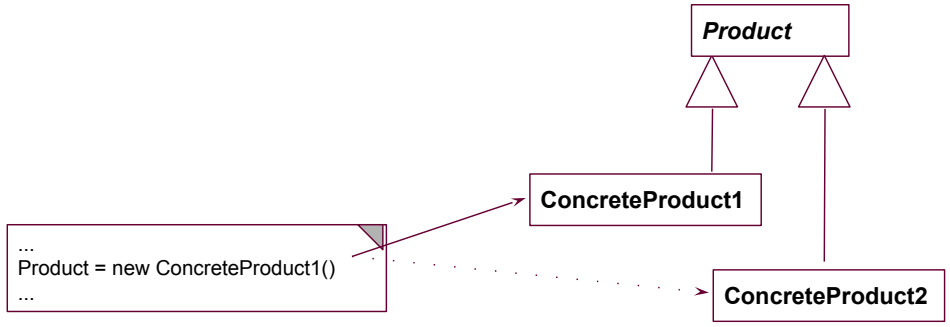
(Wdh.)

zur polymorphen Variation von Komponenten (Produkte)

und zum Verbergen von Produkt-Arten

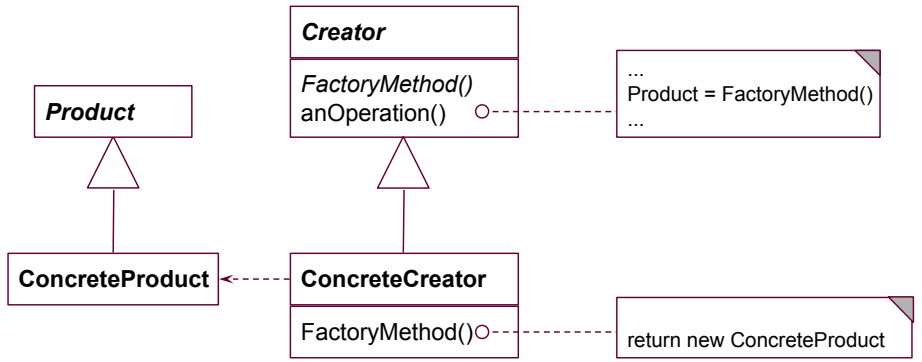
Problem der Fabrikmethode

- Wie variiert man die Erzeugung für eine polymorphe Hierarchie von Produkten?
- Problem: Konstruktoren sind nicht polymorph!



Struktur Fabrikmethode

- FactoryMethod ist eine Variante von TemplateMethod, zur Produkterzeugung



Factory Method (Polymorphic Constructor)

- Abstract creator classes offer abstract constructors (polymorphic constructors)
  - Concrete subclasses can specialize the constructor
  - Constructor implementation is changed with allocation of concrete Creator

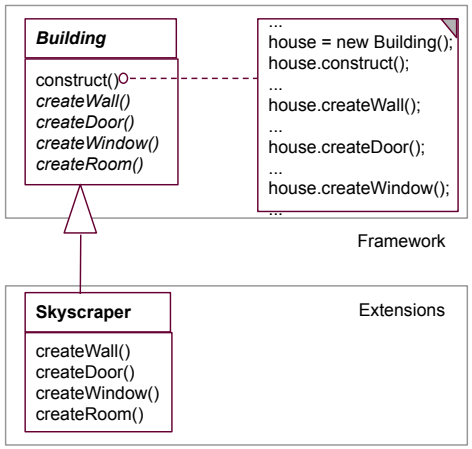
```
// Abstract creator class
public abstract class Creator  {
   // factory method
   public abstract Set createSet(int n);
}
```

```
public class Client {
... Creator cr = [.. subclass ]..
  public void collect() {
    Set mySet = Creator.createSet(10);
    ....
  }
}
```

```
// Concrete creator class
public class ConcreteCreator extends Creator {
   public Set createSet(int n) {
      return new ListBasedSet(n);
  }
 ...
}
```


Beispiel FactoryMethod

- Rahmenwerk für Gebäudeautomation
  - Klasse Building hat eine Schablonenmethode zur Planung von Gebäuden
  - Abstrakte Methoden: createWall, createRoom, createDoor, createWindow
- Benutzer können Art des Gebäudes verfeinern
- Wie kann das Rahmenwerk neue Arten von Gebäuden behandeln?



Lösung mit FactoryMethod

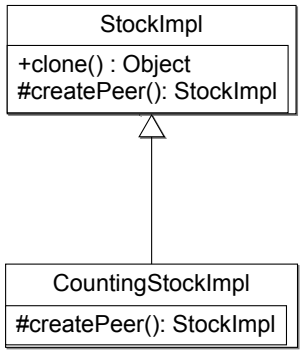
- Bilde createBuilding() als Fabrikmethode aus

```
// abstract creator class
public abstract class Building  {
   public abstract
       Building createBuilding();
   ...
}
```

```
// concrete creator class
public class Skyscraper extends Building  {
   Skyscraper() {
       ...
   }
   public Building createBuilding() {
      ... fill in more info ...
      return new Skyscraper();
  }
   ...
}
```

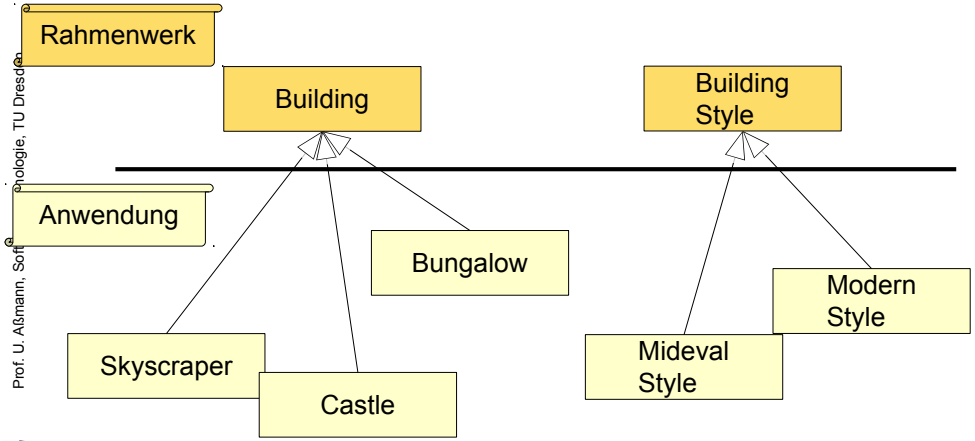
Factory Method im SalesPoint-Rahmenwerk

- Anwender von SalesPoint verfeinern die StockImpl-Klasse, die ein Produkt des Warenhauses im Lager repräsentiert
  - z.B. mit einem CountingStockImpl, der weiß, wieviele Produkte noch da sind



Einsatz in Komponentenarchitekturen

- In Rahmenwerk-Architekturen wird die Fabrikmethode eingesetzt, um von oberen Schichten (Anwendungsschichten) aus die Rahmenwerkschicht zu konfigurieren:

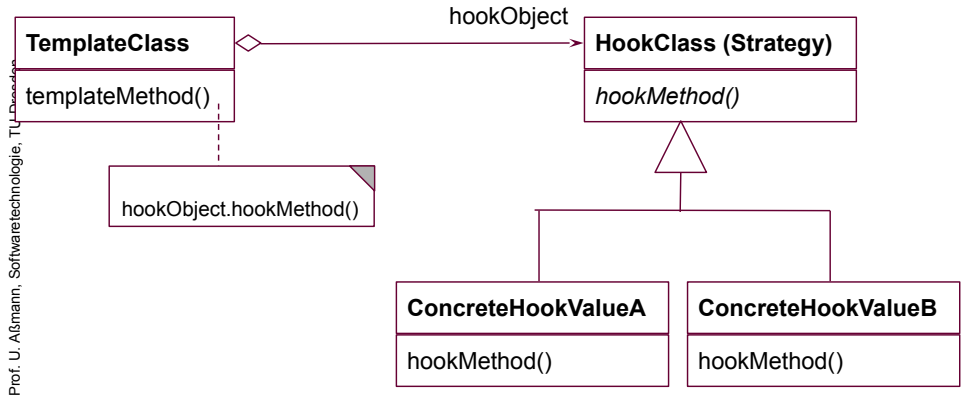


41.C Strategie (Strategy, Template Class)

(Wdh.)

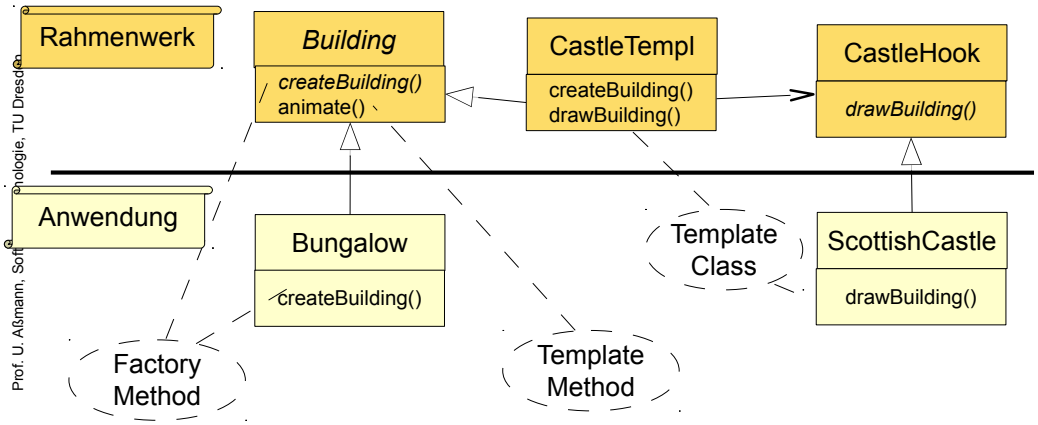
Strategy (also called Template Class)

- Strategy wirkt wie TemplateMethod, nur wird die Hakenmethode in eine separate Klasse ausgelagert
- Zur Variation der Hakenklasse (und -methode)



Kombinierter Einsatz in Rahmenwerken

- FactoryMethod variiert den Konstruktor
- TemplateMethod oder Strategy (TemplateClass) variiert die Hookmethode
- Bridge (s. später) variiert die TemplateMethode



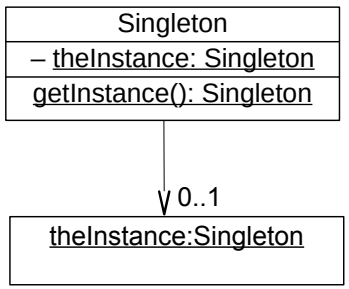
41.D Entwurfsmuster Einzelstück (Singleton)

zur globalen Konfiguration einer Komponente oder Schicht

(Wdh)

Entwurfsmuster Einzelstück (Singleton)

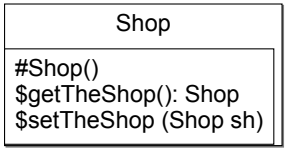
- Gesucht: globales Objekt, das global oder innerhalb einer Laufzeitkomponente (z.B. Schicht) Daten, z.B. Konfigurationsdaten, vorhält
- Idee:
  - Erstelle eine Klasse, von der genau ein Objekt existiert (Invariante)
  - Erstelle einen artifiziellen Konstruktor (Fabrikmethode), der oft aufgerufen werden kann, aber die Invariante sicherstellt
  - Eigentlicher Konstruktor wird *verborgen (private)*
  - Austausch der Konfiguration durch Unterklassenbildung (Variabilität)




```
class Singleton {
  private static Singleton theInstance =
null;
  private Singleton () {}
  public static Singleton getInstance() {
    if (theInstance == null)
      theInstance = new Singleton();
    return theInstance;
  }
}
```

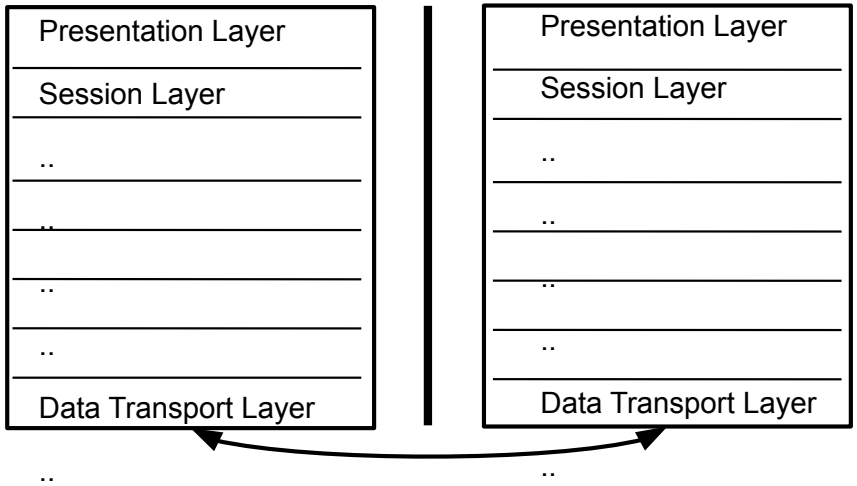

Singleton im SalesPoint – the Shop

- Der Shop im SalesPoint-Rahmenwerk ist ein Einzelstück (die Firma). Dagegen gibt es viele Verkaufsstellen (sales points)
- Austausch der Eigenschaften des Shops durch Unterklassenbildung

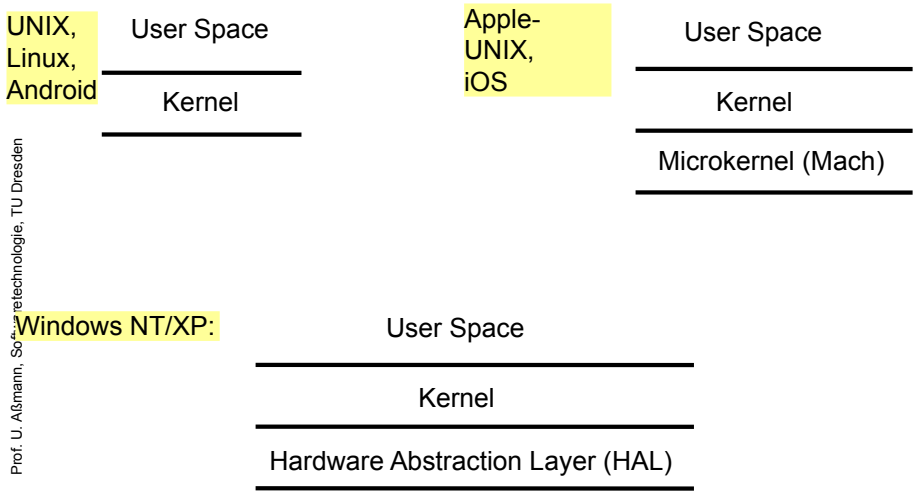


Example: ISO-OSI 7 Layers Network Architecture

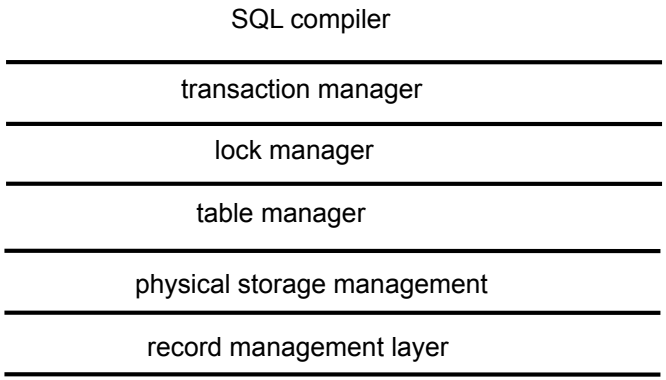
- Every layer contains an abstract machine (set of operations)



Example: Operating Systems



Example: Database Systems



Repet.: BCD/BCED Classification

- Boundary classes: <<boundary>>
  - Represent an interface item that talks with the user
  - May persist beyond a run
- Control class: <<control>>
  - Controls the execution of a process, workflow, or business rules
  - Does not persist
- Entity class: <<entity>>
  - Describes persistent knowledge. Caches a persistent object from a database (data access object, DAO)
- Database class <<database>>
  - Adapter class for the database
  - Often, Entity and Database classes are unified
- **BCD/BCED is linked with the 3-tier architecture**

Teil IV: Objektorientierter Entwurf
41 Grundlegende Architekturprinzipien

Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Aßmann
Institut für Software- und Multimediatechnik
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
TU Dresden
Version 13-1.0, 08.07.13

- Parallelen zum Fachgebiet der Architektur:
  - •Architekten sind an der Nahtstelle zwischen Kunde und Baufirma.
  - •Schlechter Architekturentwurf kann nicht durch gute Bauqualität kompensiert werden.
  - •Es gibt Architektur-Spezialisten für bestimmte Anwendungsgebiete.
  - •Es gibt "Schulen", die bestimmte Grundprinzipien vertreten.
  - •Es gibt bestimmte Standard-Muster und Grundregeln, die immer wieder angewendet werden.

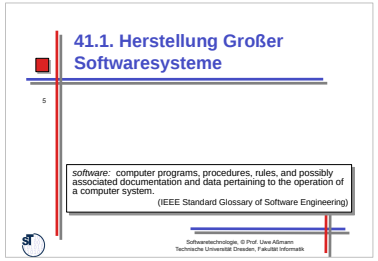
Obligatorische Literatur

- Zuser Kap 10.
- Ghezzi 4.1-4.2
- Pfleeger 5.1-5.3
- ST für Einsteiger 5.3, 8

Sekundäre Literatur

- David J. Parnas. On a buzzword: hierarchical structure. Proceedings IFIP Congress 1974, North-Holland, Amsterdam.
- Johannes Siedersleben. Moderne Softwarearchitektur. Umsichtig planen, robust bauen mit Quasar. dpunkt-Verlag, 2004.

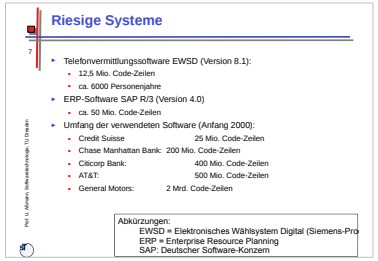
Teil IV - Objektorientierter Entwurf (Object-Oriented Design, OOD)



Softwaresystem: Ein System (oder Teilsystem), dessen Komponenten aus Software bestehen

Klassifikation von Software:

- •Generisches Produkt oder Einzelanfertigung (vereinbartes Produkt)?
- •Systemsoftware oder Anwendungssoftware?
- •eingebettete (produktintegriert) oder eigenständig?
- •Realzeitanforderungen oder



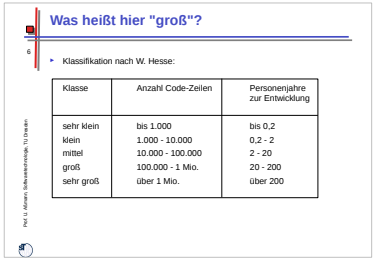
Quellen für die Zahlen:

EWSD: Siemens-interne Information

SAP: www.ct-software.com

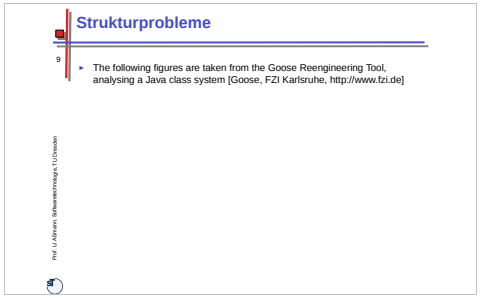
Jahr 2000: Gary North's Y2K Links and Forums, basierend auf Presseberichten zwischen 1996 und 1999

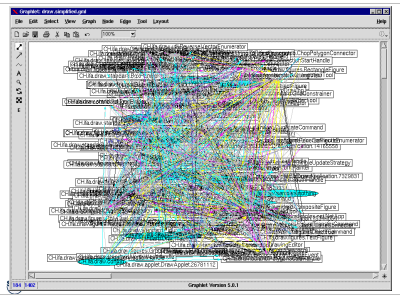
Quellcode von Windows 2000 (gerüchteweise): ca.



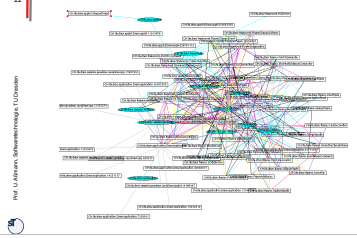
Quelle: Gumm/Sommer, Einführung in die Informatik, 4. Auflage, 2000, S. 639

Annahme: eine Person produziert pro Tag ca. 10 bis 100 Zeilen Programmcode, d.h. ca. 5000 Zeilen im Jahr.

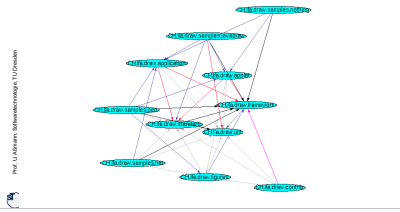




Teilweise gefaltet



Gefaltet



Softwarearchitektur

- Softwarearchitektur ist der Schlüssel zum Erfolg des Softwareingenieurs und seiner Firma.

Ohne gute Softwarearchitektur keine Wiederverwendung, Evolution, Variabilität, Erweiterbarkeit

Mit guter Softwarearchitektur Softwareproduktlinien, schnell erstellte neue Produkte, vertikale Portierung auf andere Domänen, einfaches Dienstleistungsgeschäft.

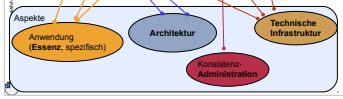
41.2 Grundlegende Architekturprinzipien

15

Wesentliche Aspekte und Bestandteile eines Softwaresystems

16

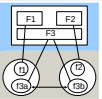
- Anwendungsspezifische Funktionen
- Benutzungsoberfläche
- Ablaufsteuerung
- Datenhaltung
- Infrastrukturdienste
  - Objektverwaltung
  - Interne Objekt- und Prozeßkommunikation
  - Verteilungsunterstützung
- Kommunikationsdienste
- Sicherheitsfunktionen
- Zuverlässigkeitsfunktionen
- Systemadministration
  - Installation, Anpassung
  - Systembeobachtung
- Vertragsprüfung
- Etc.



Aspekte des Architekturentwurfs

17

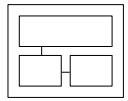
- Strukturelle Zerlegung:
  - Blockdiagramme, Montagediagramme (UML-Komponentendiagramme)
  - Architekturstil: Schichten, Sichten, Dimensionen
- Struktur der physikalischen Verteilung:
  - Zentral oder verteilt?
  - Topologie
- Ablaufsicht
- Logischer Detail-Entwurf
- Einhaltung nichtfunktionaler Anforderungen:
  - Architekturbestimmende Eigenschaften (z.B. Realzeitsystem, eingebettetes System)
  - Effizienzanforderungen und Optimierung
  - Standardarchitekturen



Blockdiagramme

18

- **Blockdiagramme** sind das meistverbreitete, informelle Hilfsmittel zum Skizzieren der logischen **Struktur** einer Systemarchitektur.
  - Blockdiagramme sind kein Bestandteil von UML
  - **Blöcke** stellen UML-Komponenten *ohne* Anschlüsse dar



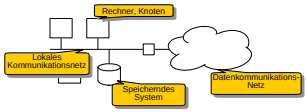
Die Aufteilung eines Systems in Teilsysteme sollte grundsätzlich immer zum Ziel haben:

- Hohe Kohäsion, d.h. hoher Zusammenhalt innerhalb der Teilsysteme
- Niedirge Kopplung, d.h. relativ einfache ("schlanke") Schnittstellen zwischen den Teilsystemen

Konfigurationsdiagramme

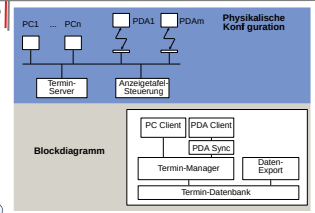
19

- Konfigurationsdiagramme sind Blockdiagramme mit "Bussen"
  - Konfigurationsdiagramme sind nicht Bestandteil von UML
  - ein verbreitetes Hilfsmittel zur Beschreibung der physikalischen Verteilung



Beispiel: Konfigurationsdiagramm für Terminverwaltung

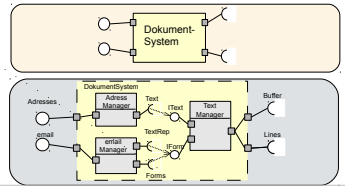
20



Architekturstil für nicht-Interaktive Anwendungen: Hierarchische Organisation der obersten Ebenen

21

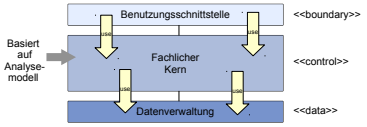
- Oberste Ebene des Systems ist meist hierarchisch und/oder geschichtet organisiert
  - Vermeide "wilde" objekt-orientierte Netzstrukturen
  - Damit die letzte Integration zum Gesamtsystem einfach verläuft: Integrationstests können dann bottom-up absolviert werden
- Hierarchien bilden Spezialfälle, denn sie können geschichtet werden



Architekturstil für Interaktive Anwendungen: Drei-Schichten-Architektur (BCD)

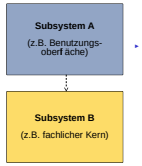
22

- Klassische Struktur eines interaktiven Anwendungssystems
- Integrationstest verläuft wegen azyklischer Benutzungsrelation (use) bottom-up: erst D, dann CD, dann BCD
- Fachlicher Kern (Anwendungslogik) kann weitere Schichten enthalten
  - Oft kapselt eine Facade eine Schicht nach oben ab, dann existieren bereits zwei Teil-Schichten



Architekturprinzip: Hohe Kohäsion + Niedrige Kopplung

23



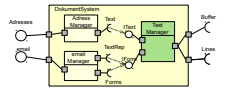
- **Hohe Kohäsion:**
  Subsystem B darf keine Information und Funktionalität enthalten, die zum Zuständigkeitsbereich von A gehört und umgekehrt.
- **Niedrige Kopplung:**
  Es muß möglich sein, Subsystem A weitgehend auszutauschen oder zu verändern, ohne Subsystem B zu verändern.

  Änderungen von Subsystem B sollten nur möglichst einfache Änderungen in Subsystem A nach sich ziehen.

Architekturprinzip Quasar: Trennung von Technik- und Anwendungskomponenten

24

- Jede Komponente wird klassifiziert in Blutgruppen (0 – technologieunabhängige Algorithmen, T – technologieabh. Komponenten, A-Anwendungskomponenten)



[Siedersleben] Quasar-Wiederverwendungsgesetz: 0- und T-Komponenten sind besser wiederverwendbar als Anwendungskomponenten.

41.2 Architekturprinzip: Veränderungsorientierter Entwurf mit dem Modul-Geheimnis

25

inteilung in
le)

inzip sollte Software in *Komponenten*

den Sinne ist eine

ugt Kohäsion

izit in der Schnittstelle angegebene
Komponenten
en entwickelt werden
n getestet werden (Einheitstest, unit test)
en Komponenten verfolgt werden
e dass das System zusammenbricht

weil angebotene und benötigte Schnittsteller

enten bezeichnet, die in binäre Form

Bemerk.: Komponentenmodelle und Kompositionssysteme

- Es gibt nicht nur die UML-Komponente....
- sondern viele verschiedene *Komponentenmodelle:*
  - Module einer modularen Programmiersprache (Modula, Ada)
  - Klassen, Kollaborationen und Konnektoren in objektorientierten Sprachen
  - UML-Komponenten
  - Fragmentkomponenten, Schablonen (templates)
  - Dokumentkomponenten
  - Serverseitige Webkomponenten
- Ein *Kompositionssystem* definiert:
  - **Komponentenmodell:** Eigenschaften der Schnittstelle einer Komponente
  - **Kompositionstechnik:** Wie werden Komponenten komponiert?
  - **Kompositionssprache:** Wie wird die Architektur eines großen Systems beschrieben?
- --> Vorlesung CBSE (SS)

exible Evolution mit p

n **Geheimnisprinzip**
f, *change-oriented modularization with*
M 1972]:

ternativen), die sich *ändern können*

eine Komponente, die die Entscheidung

das **Komponenten**- oder
e secret)

für die Komponente, die unverändert
eidung und somit die Implementierung

ustausch von Implementierungen
somit flexible Evolution

Verschiedene Arten von Komponenten/Modulen

- Funktionale Module ohne Zustand
  - sin, cos, BCD arithmetic, gnu mp,...
- Daten-Repositorien
  - Verbergen Repräsentation, Zugriff und Zustand der Daten
  - Symboltabellen, Materialcontainer, ...
- Abstrakte Datentypen
- Singletons (Konfigurationskomponenten)
  - Klassen mit einer einzigen Instanz
- Prozesse (aktive Objekte)
- Klassen
  - Module, die ausgeprägt werden können
- Generische Klassen (Klassenschablonen)
- Komplexe Klassen (UML-Komponenten)
- Fragmentkomponenten

für alle gilt das Geheimnisprinzip

se von en

onkrete Implementierung

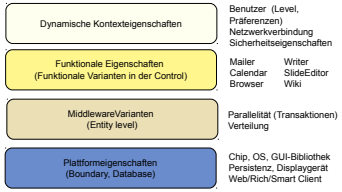
n

Variabilitätsmuster nutzen das Geheimnisprinzip

- Viele Entwurfsmuster (z.B. TemplateMethod) sind *Variabilitätsmuster*, d.h., sie lassen einem bestimmte Geheimnisse verbergen und dann die Implementierungen austauschen (variieren)
  - Fassade verbirgt ein ganzes Subsystem
  - Fabrikmethode verbirgt die Allokation von Produkten
  - TemplateMethod und Strategie verbergen einen Anteil eines Algorithmus
  - Singleton kapselt globale Konfigurationsdaten
- In UML kann man Entwurfsmuster als Komponenten (Wiederverwendungseinheiten) kapseln, indem man sie als Kollaborationen spezifiziert

Was wollen wir eigentlich variieren?

- **Software-Produktlinien** entstehen durch systematische Variation von Geheimnissen

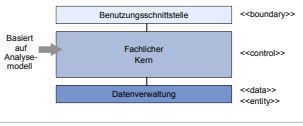


41.3 Architekturprinzip Schichtung (Layered Architectural Styles)

und die "benutzt"-Relation

Drei-Schichten-Architekturstil (BCD) für interaktive Anwendungen

- Klassische Struktur eines interaktiven Anwendungssystems
- Schichten sind jeweils stark kohäsiv, und lose gekoppelt – warum?
- Oft kapselt eine Fassade eine Schicht, ein Einzelstück konfiguriert jede Schicht, Fabriken schneiden die Produkte der unteren Schichten zu, TemplateMethod/Class variieren Algorithmen der Produkte



Split off from 3-design-intro March 2003, t
better to PUM-I.

onen zwischen

en zwischen den Komponenten eines

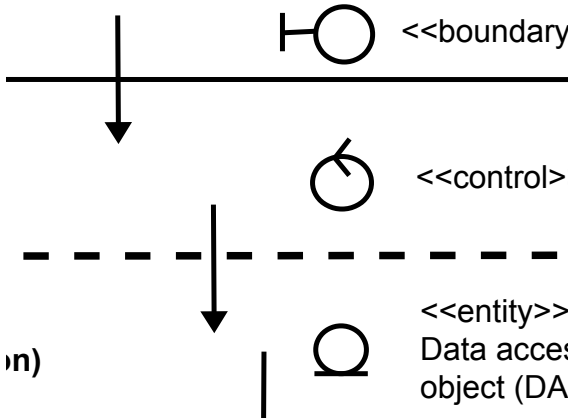
nheritance), behaves-like

ns-a (security)

chrichten
e diese zusammen

tion in 3- and 4-Tier

n acyclic USES relation, divided into 3
er in an acyclic relationship
t not vice versa



er Architectures

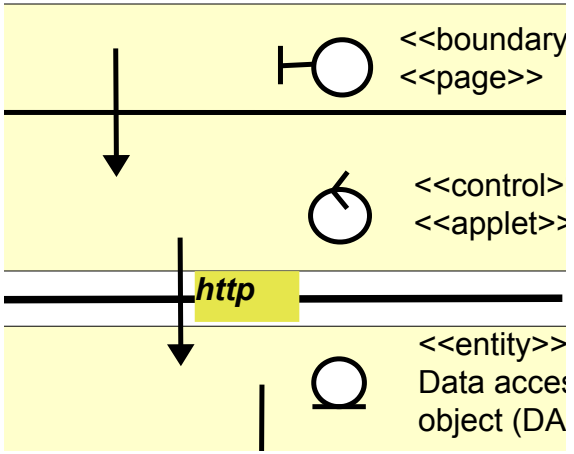
nowledge in a layer
s relationship
the application
ns and look
es how data is stored (database, transient,
uch as Enterprise JavaBeans)
oth
ition

e architecture for business-oriented

..

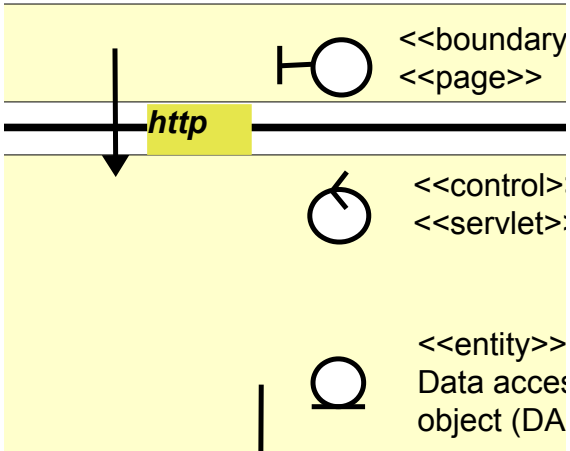
System (Thick Client)

http-based middleware, in which GUI ar
nt, data is managed on the server



System (Thin Client)

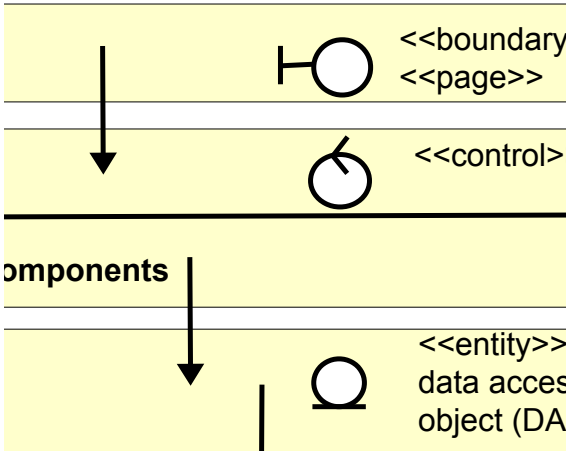
ttp-based middleware, in which GUI
ogic and data is managed on the server



Workflow Language

L) describe the top-level of the applicati

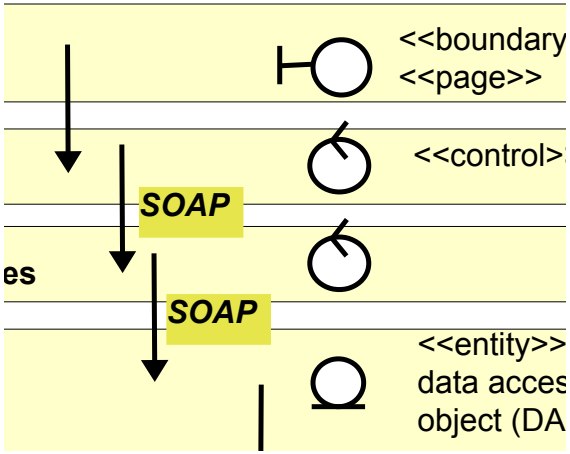
led by the workflow

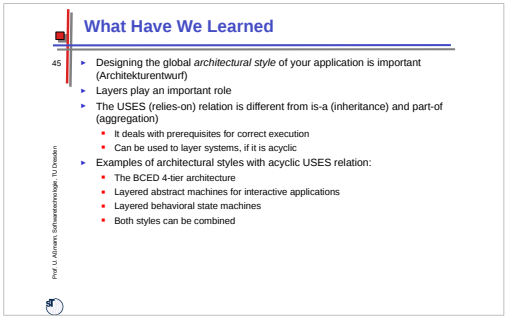


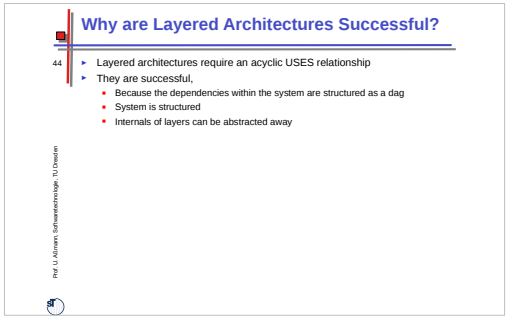
Workflow Language

L) describe the top-level of the applicati

led by the workflow via SOAP protocol







Software is always
way as the orga

The End

Anhang 41.A Entwurfsmuster Fassade zur Reduktion von Kopplung

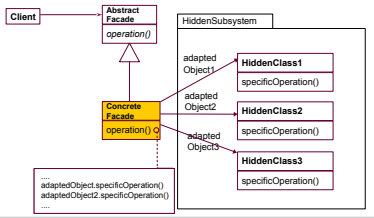
... Ein Entwurfsmuster im Geiste Parnas (Wdh.)

Entwurfsmuster Fassade (Facade)

- Eine *Fassade (Facade)* ist ein Objektadapter, der ein komplettes Subsystem verbirgt
  - Die Fassade bildet die eigene Schnittstelle auf die Schnittstellen der verkapselten Objekte ab
  - Eine UML-Komponente ist gleichzeitig eine (einfache) Fassade. Die Delegationskonnektoren werden 1:1 an innere Komponenten delegiert; interne Adapter können adaptieren

Fassaden verbergen Subsysteme

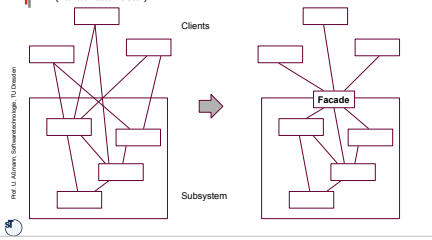
- Eine Fassade bietet eine *Sicht* auf ein Subsystem an. Es darf mehrere Sichten geben, nur keinen direkten Zugriff auf die inneren Objekte



Restrukturierung hin zur Fassade

51

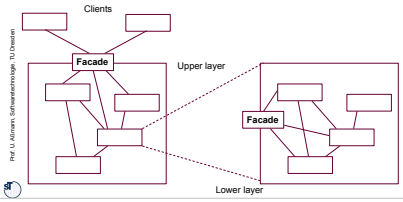
- Fassaden entkoppeln; Subsysteme können leichter ausgetauscht werden (Variabilitätsmuster)



Fassaden und Schichten

52

- Falls einzelne Klassen eines Subsystems wieder Fassaden sind, entstehen *fassadengeschützte Schichten*



41.B Entwurfsmuster Fabrikmethode (FactoryMethod)

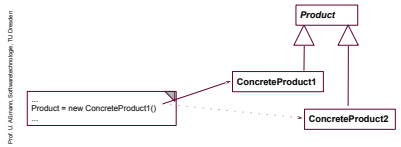
53

(Wdh.)
zur polymorphen Variation von Komponenten (Produkte)
und zum Verbergen von Produkt-Arten

Problem der Fabrikmethode

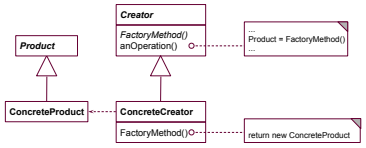
54

- Wie variiert man die Erzeugung für eine polymorphe Hierarchie von Produkten?
- Problem: Konstruktoren sind nicht polymorph!



Struktur Fabrikmethode

- FactoryMethod ist eine Variante von TemplateMethod, zur Produkterzeugung



Factory Method (Polymorphic Constructor)

- Abstract creator classes offer abstract constructors (polymorphic constructors)
  - Concrete subclasses can specialize the constructor
  - Constructor implementation is changed with allocation of concrete Creator

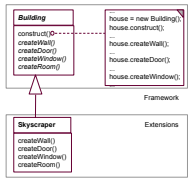
```
// Abstract creator class
public abstract class Creator  {
   // factory method
   public abstract Set createSet(int n);
}
```

```
public class Client {
... Creator cr = [.. subclass ]..
 public void collect() {
   Set mySet = Creator.createSet(10);
   ....
 }
}
```

```
// Concrete creator class
public class ConcreteCreator extends Creator {
   public Set createSet(int n) {
      return new ListBasedSet(n);
   }
...
}
```


Beispiel FactoryMethod

- Rahmenwerk für Gebäudeautomation
  - Klasse Building hat eine Schablonenmethode zur Planung von Gebäuden
  - Abstrakte Methoden: createWall, createRoom, createDoor, createWindow
- Benutzer können Art des Gebäudes verfeinern
- Wie kann das Rahmenwerk neue Arten von Gebäuden behandeln?

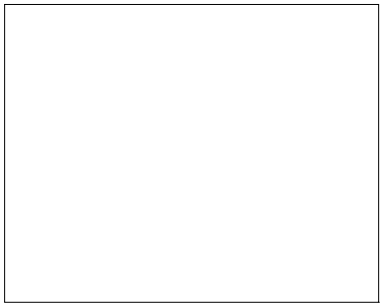


Lösung mit FactoryMethod

- Bilde createBuilding() als Fabrikmethode aus

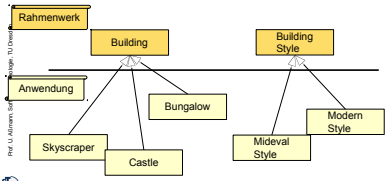
```
// abstract creator class
public abstract class Building  {
   public abstract
         Building createBuilding();
   ...
}
```

```
// concrete creator class
public class Skyscraper extends Building  {
   Skyscraper() {
      ...
   }
   public Building createBuilding() {
      ... fill in more info ...
      return new Skyscraper();
  }
   ...
}
```



Einsatz in Komponentenarchitekturen

- In Rahmenwerk-Architekturen wird die Fabrikmethode eingesetzt, um von oberen Schichten (Anwendungsschichten) aus die Rahmenwerkschicht zu konfigurieren:

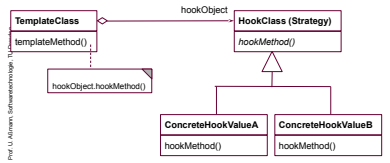


41.C Strategie (Strategy, Template Class)

(Wdh.)

Strategy (also called Template Class)

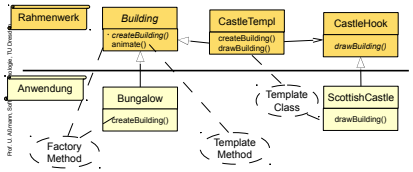
- Strategy wirkt wie TemplateMethod, nur wird die Hakenmethode in eine separate Klasse ausgelagert
- Zur Variation der Hakenklasse (und -methode)



Kombinierter Einsatz in Rahmenwerken

63

- FactoryMethod variiert den Konstruktor
- TemplateMethod oder Strategy (TemplateClass) variiert die Hookmethode
- Bridge (s. später) variiert die TemplateMethode



41.D Entwurfsmuster Einzelstück (Singleton)

64

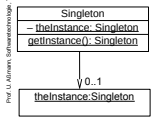
zur globalen Konfiguration einer Komponente oder Schicht
(Wdh)

Split off from 3-design-intro March 2003, to fit to PUM-I.

Entwurfsmuster Einzelstück (Singleton)

65

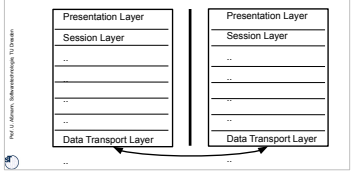
- Gesucht: globales Objekt, das global oder innerhalb einer Laufzeitkomponente (z.B. Schicht) Daten, z.B. Konfigurationsdaten, vorhält
- Idee:
  - Erstelle eine Klasse, von der genau ein Objekt existiert (Invariante)
  - Erstelle einen artifiziellen Konstruktor (Fabrikmethode), der oft aufgerufen werden kann, aber die Invariante sicherstellt
  - Eigentlicher Konstruktor wird *verborgen (private)*
  - Austausch der Konfiguration durch Unterklassenbildung (Variabilität)



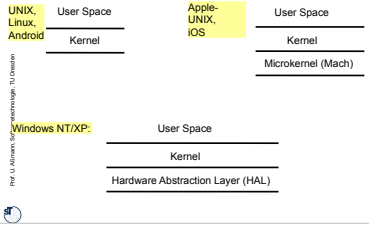

```
class Singleton {
  private static Singleton theInstance =
null;
  private Singleton () {}
  public static Singleton getInstance() {
    if (theInstance == null)
      theInstance = new Singleton();
    return theInstance;
  }
}
```

Example: ISO-OSI 7 Layers Network Architecture

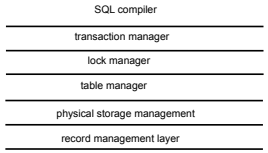
- Every layer contains an abstract machine (set of operations)



Example: Operating Systems



Example: Database Systems



Repet.: BCD/BCED Classification

- Boundary classes: <<boundary>>
  - Represent an interface item that talks with the user
  - May persist beyond a run
- Control class: <<control>>
  - Controls the execution of a process, workflow, or business rules
  - Does not persist
- Entity class: <<entity>>
  - Describes persistent knowledge: caches a persistent object from a database (data access object, DAO)
- Database class <<database>>
  - Adapter class for the database
  - Often, Entity and Database classes are unified
- **BCD/BCED is linked with the 3-tier architecture**