Martin Glinz Harald Gall

Software Engineering

Wintersemester 2005/06

Kapitel 5

Entwurf von Software

Universität Zürich
Institut für Informatik

5.1 Grundlagen und Prinzipien

5.2 Architekturentwurf

5.3 Architekturstile

5.4 Entwurfsmuster (design patterns)

5.5 Modulkonzepte und Schnittstellen

5.6 Vertragsorientierter Entwurf

5.7 Zusammenarbeit

Motivation

- Kleinsoftware – kein systematischer Entwurf notwendig
- «Richtige» Software – braucht systematischen, strukturierten Aufbau
- ➪ Lösungskonzept zwingend
  - Lösung verstehen
  - Entwicklungsaufwand verteilen auf mehrere Personen
  - Lösung einbetten
  - Lösung geographisch verteilen
- Lösungskonzept legt Grundstein für leicht pflegbares System
- Konzeptfehler sind teuer

Definitionen und Begriffe

Konzipieren einer Lösung (architectural design) – Erstellung und Dokumentation des Architekturentwurfs oder Grobentwurfs eines Systems.

Dabei werden die wesentlichen Komponenten der Lösung und die Interaktionen zwischen diesen Komponenten festgelegt.

Architektur (architecture) – Die Organisationsstruktur eines Systems oder einer Komponente.

Entwurf (design) – 1. Der Prozess des Definierens von Architektur, Komponenten, Schnittstellen und anderen Charakteristika eines Systems oder einer Komponente. 2. Das Ergebnis des Prozesses gemäß 1.

Lösungskonzept (Software-Architektur, Systemarchitektur, software architecture, system architecture) – das Dokument, welches das Konzept der Lösung, d.h. die Architektur der zu erstellenden Software dokumentiert.

Entwurfsprinzipien – 1: Strukturen und Abstraktionen

Struktur: Gliedern der Lösung in Komponenten und Interaktionen

Abstraktion: Verstehen durch systematisches Vergröbern/Verfeinern

- Gewinnung von Übersicht; Weglassung der Details
- die Darstellung eines Details; Weglassung/Vergröberung des Rests
- Herstellung eines systematischen Zusammenhangs zwischen Übersichten und Detailsichten.
- Hauptsächlich vier Arten:
  - Komposition
  - Benutzung
  - Spezialisierung

  } vgl. Vorlesung Informatik II, Teil Modellierung

  - Aspektbildung — vgl. Prinzip 7

Kapselnde Dekomposition

Ein System so in Teile zerlegen, dass

- jeder Teil mit möglichst wenig Kenntnissen des Ganzen und der übrigen Teile verstanden werden kann
- das Ganze ohne Detailkenntnisse über die Teile verstanden werden kann

DAS Abstraktionsmittel für das Verstehen komplexer Systeme

Entwurfsprinzipien – 2: Modularität

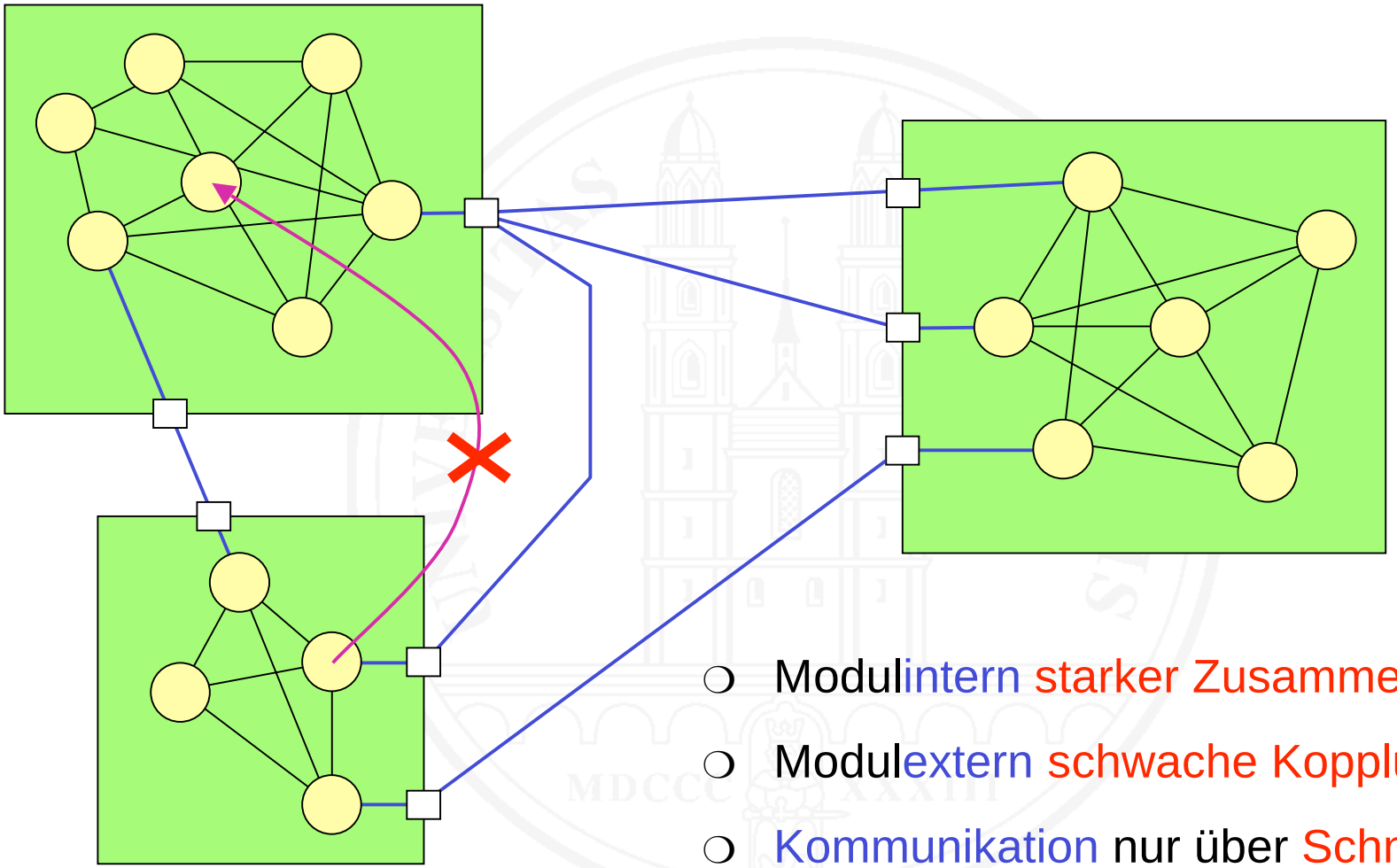
Modularisierung ist eine Hauptaufgabe der Konzipierung von Software

Modul (module) – Ein benannter, klar abgegrenzter Teil eines Systems.

Gute Module haben folgende Eigenschaften:

- In sich geschlossene Einheit
- Ohne Kenntnisse über inneren Aufbau verwendbar
- Kommunikation mit Umgebung ausschließlich über Schnittstellen
- Im Inneren rückwirkungsfrei änderbar
- Korrektheit ohne Kenntnis der Einbettung ins Gesamtsystem prüfbar
- Erlaubt Komposition und Dekomposition

Das Prinzip einer modularen Struktur



- Modulintern starker Zusammenhang
- Modulextern schwache Kopplung
- Kommunikation nur über Schnittstellen
- Modulinneres von außen nicht sichtbar

Messung der Güte einer Modularisierung

Zwei charakteristische Maße: Kohäsion und Kopplung

Kohäsion (cohesion) – Ein Maß für die Stärke des inneren Zusammenhangs eines Moduls.

- Je höher die Kohäsion, desto besser die Modularisierung
  - schlecht: zufällig, zeitlich
  - gut: funktional, objektbezogen

Kopplung (coupling) – Ein Maß für die Abhängigkeit zwischen zwei Modulen.

- Je geringer die wechselseitige Kopplung zwischen den Modulen, desto besser die Modularisierung
  - schlecht: Inhaltskopplung, globale Kopplung
  - akzeptabel: Datenbereichskopplung
  - gut: Datenkopplung

Mini-Übung 5.1

Eine Anlage füllt eine Flüssigkeit in Flaschen ab. Sie besteht aus einem Tank, zwei Förderbändern für das Zuführen und Wegführen der Flaschen und einer Abfüllstation mit Waage.

Die Software für die Steuerung dieser Anlage sei wie folgt modularisiert:

- Tank (Steuerung des Tank-Einlassventils, Feststellen des Füllstands)
- Abfüllung (Steuerung des Tank-Abfüllventils, Ablesen der Waage, Zuführen/Wegführen von Flaschen zur Abfüllstation)
- Band (Steuerung der Förderbänder)
- Init (Initialisierung der gesamten Steuerung)

Beurteilen Sie die Qualität dieser Modularisierung. Wo sehen Sie Probleme?

Entwurfsprinzipien – 3: Geheimnisprinzip

Geheimnisprinzip (information hiding) – Kriterium zur Gliederung eines Gebildes in Komponenten, so dass

- jede Komponente eine Leistung (oder eine Gruppe logisch eng zusammenhängender Leistungen) vollständig erbringt,
- außerhalb der Komponente nur bekannt ist, was die Komponente leistet,
- nach außen verborgen wird, wie sie ihre Leistungen erbringt.

[Parnas 1972]

- ➪ Fundamentales Prinzip zur Beherrschung komplexer Systeme
- ➪ Auch im täglichen Leben fortwährend benutzt
- ➪ Liefert gute Modularisierungen

Modularität und Geheimnisprinzip im Alltag – 1

Modulare Bauweise ermöglicht Produktvielfalt bei geringen Kosten

Modularität und Geheimnisprinzip im Alltag – 2

Die Bahn benutzen können,

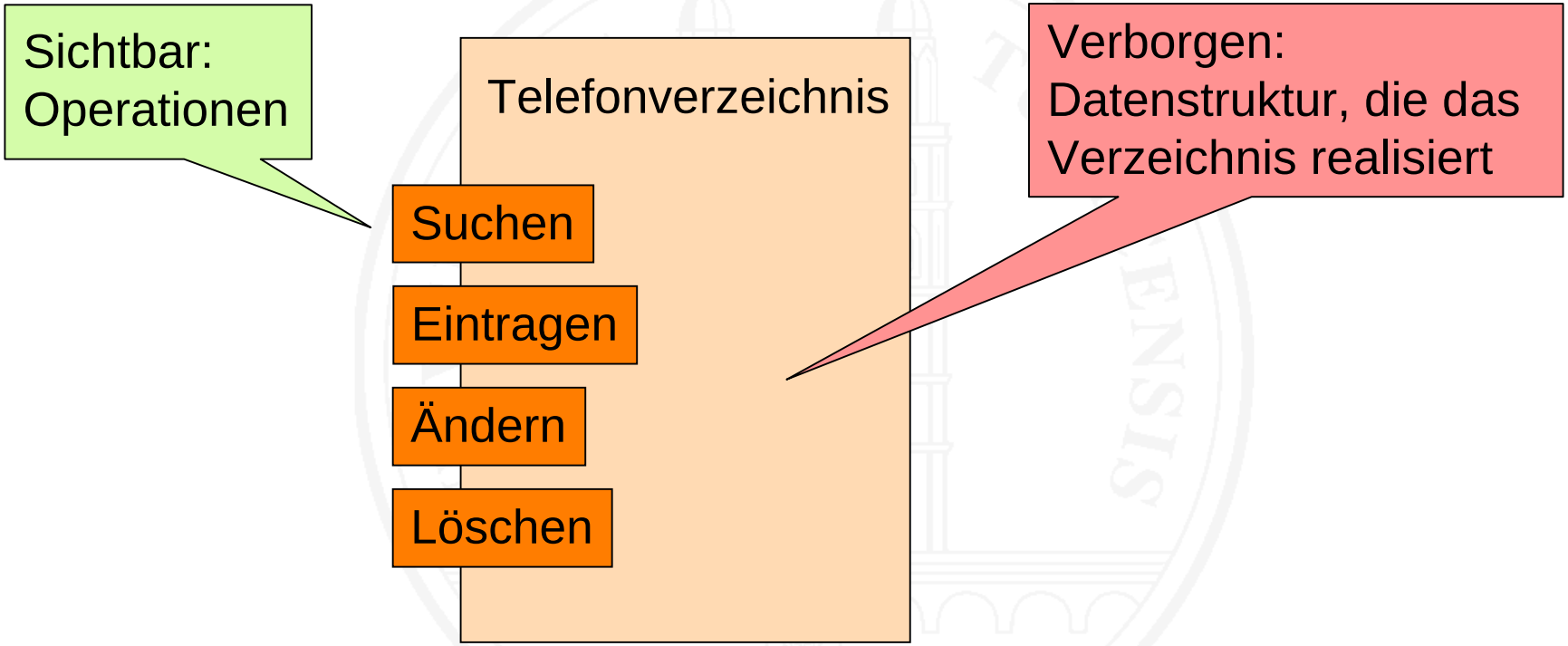
ohne wissen zu müssen, wie eine Bahn betrieben wird

Das Geheimnisprinzip im Software-Entwurf

- Komponente – Modul
- Leistung – Funktionalität des Moduls
- WAS – Modulschnittstelle
- WIE – Entwurfsentscheidungen und deren Realisierung

- Vier typische Arten von Entwurfsentscheidungen bei Software:
  - Wie eine Funktion realisiert ist
  - Wie ein Objekt aus dem Anwendungsbereich repräsentiert/realisiert ist
  - Wie eine Datenstruktur aufgebaut ist / bearbeitet werden kann
  - Wie Leistungen Dritter realisiert sind

Beispiel



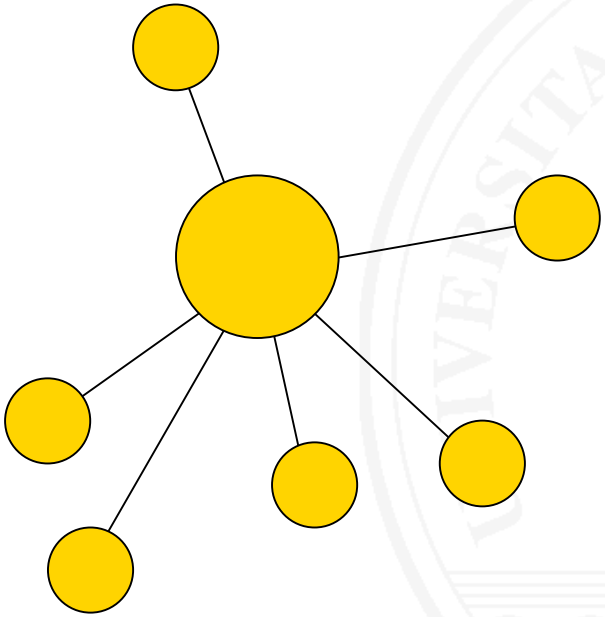
Entwurfsprinzipien – 4: Schnittstellen und Verträge

Schnittstelle (interface) – Verbindungsglied zwischen einem Modul und der Außenwelt zwecks Austausch von Information

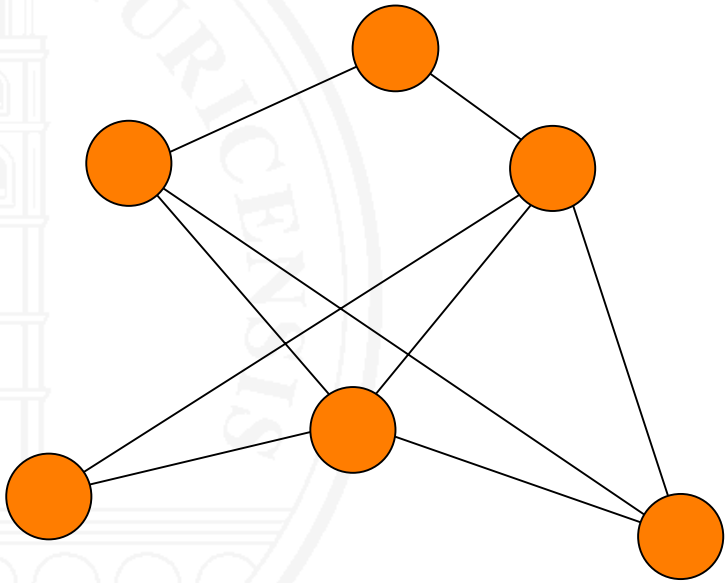
- Leistungen, die ein Modul zur Nutzung anbietet
- Bedarf eines Moduls an Leistungen Dritter
- Beschreibung in Form eines Vertrags (contract) zwischen Anbieter und Verwender: Rechte und Pflichten
- Details siehe Abschnitt 5.6: Vertragsorientierter Entwurf

Entwurfsprinzipien – 5: Nebenläufigkeit (1)

Problem: Gleichzeitige, koordinierte Bearbeitung mehrerer Aufgaben



Mehrere Verwender nutzen parallel oder zeitlich verzahnt gemeinsame Dienstleistungen



Unabhängig arbeitende Agenten kooperieren zwecks Erbringung von Leistungen

Entwurfsprinzipien – 5: Nebenläufigkeit (2)

- Nebenläufigkeit wird durch Prozesse realisiert

Prozess (process) – Eine durch ein Programm gegebene Folge von Aktionen, die sich in Bearbeitung befindet.

Nebenläufigkeit (concurrency) – Die parallele oder zeitlich verzahnte Bearbeitung mehrerer Aufgaben.

- Entwurfsprobleme
  - Welcher Prozess bearbeitet welche Aufgaben?
  - Wann und wie tauschen Prozesse welche Information aus?
  - Wann und wie synchronisieren Prozesse ihren Arbeitsfortschritt?

Entwurfsprinzipien – 6: Berücksichtigung der Ressourcen

- Zuordnung der Komponenten zu Ressourcen ist notwendig:
  - Abschätzung der technischen Machbarkeit
  - Erfüllbarkeit der gestellten Anforderungen (vor allem Leistungen)

- Zuzuordnen sind
  - Module zu Prozessen
  - Prozesse zu Prozessoren
  - Daten zu Speichern bzw. Medien
  - Prozesskommunikation zu Kommunikationstechnologien und -medien.

Entwurfsprinzipien – 7: Aspektbildung

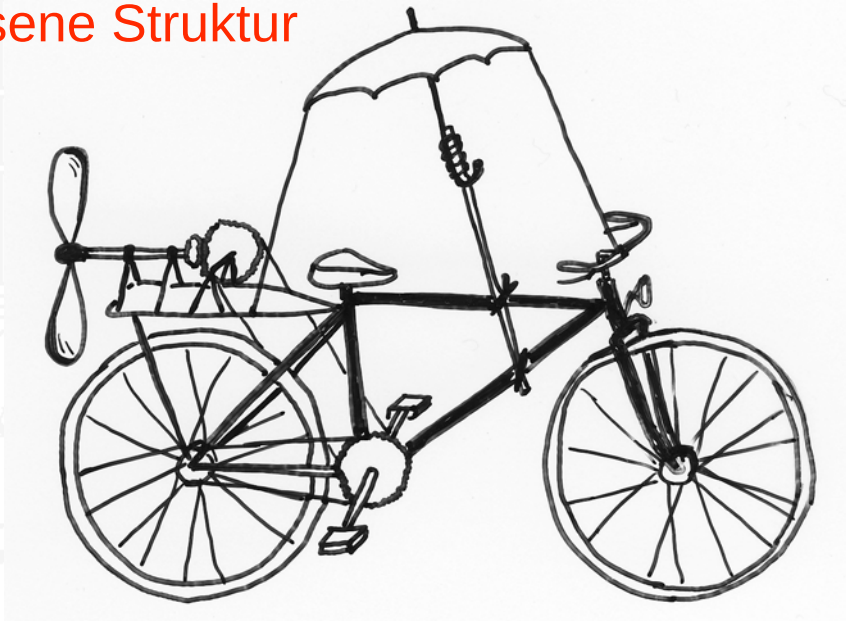
- Beschreibung von Querschnittsaufgaben
- Muss systemweit, dafür aspektspezifisch geschehen
- Typische Aspekte:
  - Datenhaltungskonzept, insbesondere das konzeptionelle Datenbankschema bei Verwendung einer Datenbank
  - Mensch-Maschine-Kommunikationskonzept für die Gestaltung der Benutzerschnittstelle
  - Fehlerbehandlungs-, Fehlertoleranz-, Sicherheitskonzepte

Entwurfsprinzipien – 8: Nutzung von Vorhandenem

- Wo möglich: nicht neu entwickeln
  - ➪ Wiederverwenden, Beschaffen
- Zu untersuchen:
  - Vollständige Beschaffung (Standardsoftwa Bausteine)
  - Beschaffung abgeschlossener Teilsysteme (zum Beispiel Datenbanksystem)
  - Realisierung durch Einbettung in einen existierenden Software-Rahmen (framework)
  - Nutzung einzelner Komponenten (Programm- /Klassenbibliotheken)
  - Wiederverwendung von Architektur- und Entwurfsideen (Architekturmetaphern, Entwurfsmuster)
  - Modifikation des Lösungskonzepts zwecks Verwendung von Standardkomponenten

Entwurfsprinzipien – 9: Ästhetik

- Wahl und konsequente Verwendung eines Architekturstils
- Klar erkennbaren, gestalteten Strukturen
- Wenig Gewordenes
- Kein Gewursteltes
- Der Struktur des Problems angemessene Struktur der Architektur
- Wahl der einfachsten und klarsten Lösung aus der Menge der möglichen Lösungen.



Entwurfsprinzipien – 10: Qualität

Merkmale guter Entwürfe:

- Effektivität: Erfüllt die Vorgaben und löst das Problem des Auftraggebers
- Wirtschaftlichkeit: Gebrauchstauglich, kostengünstig und mehrfachverwendbar bzw. mehrfachverwendet
- Softwaretechnische Güte: Leicht verständlich, robust, zuverlässig änderungsfreundlich

➪ Erfordert kontinuierliche Prüfmaßnahmen im Entwurfsprozess

5.1 Grundlagen und Prinzipien

5.2 Architekturentwurf

5.3 Architekturstile

5.4 Entwurfsmuster (design patterns)

5.5 Modulkonzepte und Schnittstellen

5.6 Vertragsorientierter Entwurf

5.7 Zusammenarbeit

Das Lösungskonzept – 1

Dokumentiert das Ergebnis des Architekturentwurfs

Mögliche Gliederung:

1. **Einleitung**
   - 1.1 Überblick
   - 1.2 Ziele und Vorgaben
   - 1.3 Einbettung und Abgrenzung
   - 1.4 Lösungsalternativen
2. **Struktur der Lösung**
   - 2.1 Übersicht
   - 2.2 Prozessstruktur
   - 2.3 Modulare Struktur
   - 2.4 Entwurf der Module
   - 2.5 Physische Struktur

Das Lösungskonzept – 2

3. Aspektbezogene Teilkonzepte

Ein Unterkapitel je interessierendem Aspekt, zum Beispiel Datenhaltungskonzept, Mensch-Maschine-Kommunikationskonzept, Fehlerbehandlungskonzept, Fehlertoleranzkonzept, Sicherheitskonzept, etc.

4. Voraussetzungen und benötigte Hilfsmittel

4.1 Benötigte Software

4.2 Benötigte Hardware

4.3 Benötigtes Umfeld

Quellennachweis

Der Entwurfsprozess

- Erster Schritt der Lösung
- Anforderungsspezifikation als Vorgabe notwendig
- Zeitliche und hierarchische Verzahnung von Anforderungsspezifikation und Architekturentwurf möglich
- Ergebnisse immer in separaten Dokumenten

- Architekturentwurf: Komponenten, Schnittstellen, Interaktionen

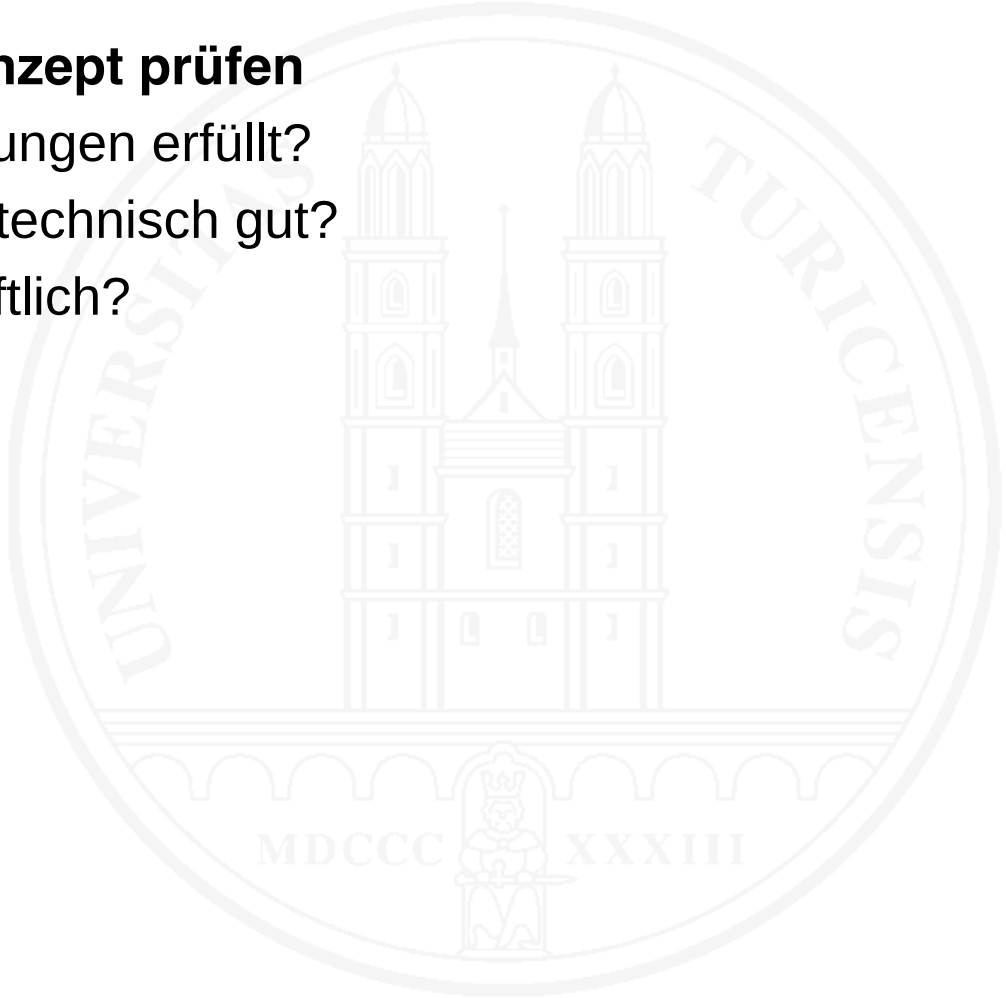
- Detailentwurf: Algorithmen und interne Datenstrukturen

Aufgaben des Architekturentwurfs – 1

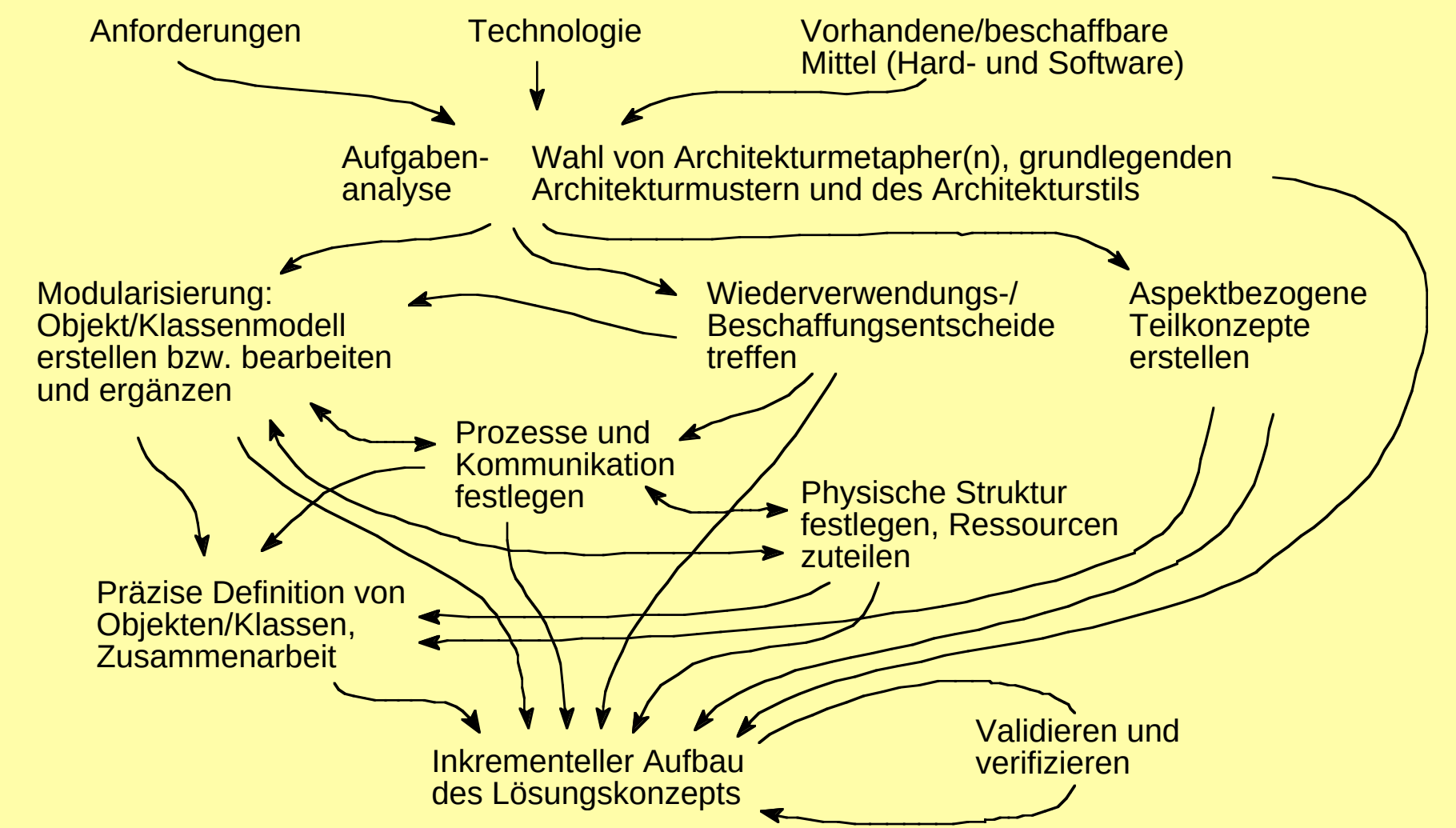
- **Aufgabe analysieren**
  - Anforderungen verstehen
  - Vorhandene bzw. beschaffbare Technologien und Mittel analysieren
- **Architektur modellieren und dokumentieren**
  - Grundlegende Systemarchitektur festlegen: Muster, Metaphern ➪ Stil
  - Modularisieren
  - Nebenläufige Lösungen in Prozesse gliedern
  - Wiederverwendungs- und Beschaffungsentscheide treffen
  - Ressourcen zuordnen
  - Aspektbezogene Teilkonzepte für Querschnittsaufgaben erstellen
  - Lösungskonzept (als Dokument) erstellen

Aufgaben des Architekturentwurfs – 2

- **Lösungskonzept prüfen**
  - Anforderungen erfüllt?
  - Softwaretechnisch gut?
  - Wirtschaftlich?



Vorgehen und Zusammenhänge



Variantenbehandlung

- Ganzen Lösungsraum betrachten
- Lösungsvarianten
  - erkennen
  - verfolgen
  - abwägen
    - was kostet es, das Optimum zu verfehlen?
    - was kostet die Untersuchung?
  - entscheiden
  - dokumentieren
- Kosten
  - Nicht nur Entwicklungskosten der Variante!
  - auch Betriebskosten, Pflegekosten, Folgekosten anderswo
- Beschaffungsvariante immer betrachten

Beschaffung und Wiederverwendung

1. Anforderungen analysieren
2. Hauptkriterien definieren
3. Marktübersicht verschaffen, Grobauswahl treffen
4. Kandidatensysteme evaluieren
5. Entscheidung fällen und dokumentieren

- Zu treibender Aufwand abhängig von
  - Wichtigkeit
  - Preis
  - Nutzungsdauer

Architekturmetaphern

Metapher (metaphor) – sprachlicher Ausdruck, bei dem ein Wort aus seinem Bedeutungszusammenhang in einen anderen übertragen, als Bild verwendet wird.

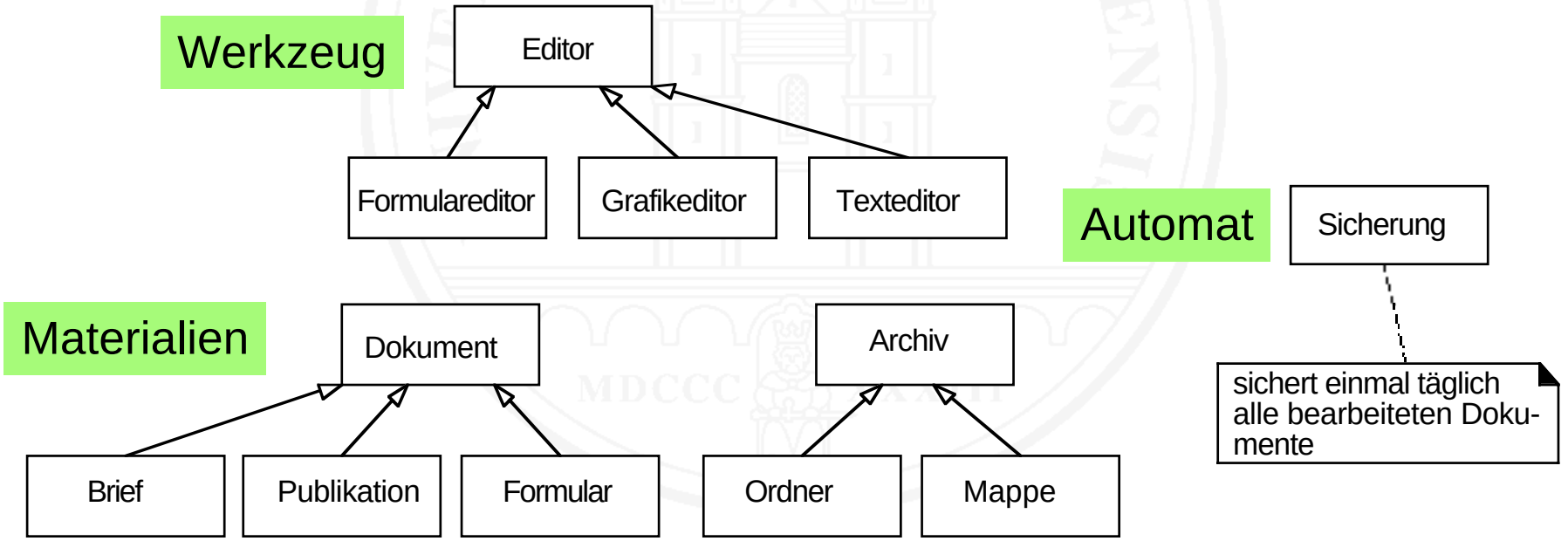
- Architekturmetapher – Leitbild für die Gestaltung einer Architektur
- erschließt das Verständnis über analoge, vertraute Bilder

- Beispiele:
  - WAM (Werkzeug-Automat-Material)
  - Organisationshierarchie
  - Virtuelle Maschinen
  - Steckersystem

siehe Vorlesung Informatik II, Teil Modellierung

Beispiel einer Architekturmetapher: WAM

- **W**erkzeug: – gegenüber Materialien aktiv: bearbeitet Materialien
  – gegenüber Menschen assistierend: Mensch bedient
- **M**aterial: passiv, ist Arbeitsgegenstand oder Arbeitsergebnis
- **A**utomat: aktiv, arbeitet vollautomatisch



5.1 Grundlagen und Prinzipien

5.2 Architekturentwurf

5.3 Architekturstile

5.4 Entwurfsmuster (design patterns)

5.5 Modulkonzepte und Schnittstellen

5.6 Vertragsorientierter Entwurf

5.7 Zusammenarbeit

Architekturstil

Architekturstil (architectural style) – Leitlinie für die Gestaltung einer Architektur

- Primär
  - Verwendete Modularten
  - Verwendete Arten von Kooperation zwischen den Modulen
- Sekundär
  - Benutzung passender Architekturmuster
  - Orientierung an einer Architekturmetapher

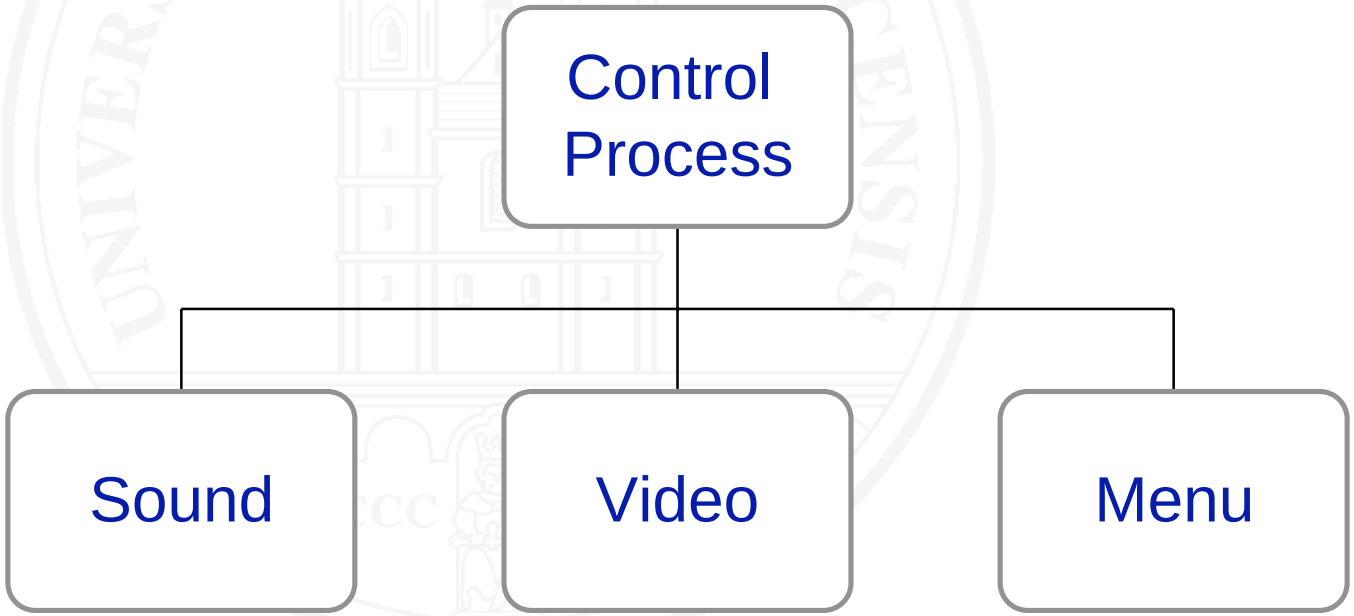
Im Folgenden: Vorstellen ausgewählter Stile

Das Problem der Stilvielfalt

Basic elements of a software architecture

- Components
- Connectors
- Constraints
- Rationale

Example:



Components

- Decomposition of a system (multi-version, multi-person)
- Criteria for component decomposition
  - Modularization, encapsulation, information hiding, abstraction
- Functional Decomposition
- Optimization of performance (e.g. distribution onto parallel processors)

Connectors

Component A ... Component B

- sends data to / communicates with
- calls / uses
- is performed before / after
- shares common knowledge with
- is an instance of (e.g. object and class)
- runs in parallel with
- must not run in parallel with

Constraints

- Components must be constrained to provide that
  - the required functionality is achieved
  - no functionality is duplicated
  - the required performance is achieved
  - the requirements are met
  - modularity is realized (e.g. which modules interact with the operating system)
- Assignment of functionality

Rationale (why?)

- Often disregarded
- For multi-version software its design rationales must be documented:
  - Decomposition into components
  - Connections between components
  - Constraints on components and connections
- Serves as plan for future enhancements
- Serves as support/aid for maintainers

Non-functional Requirements

- Software architectures must also fulfill the following requirements:
  - Adaptability
  - Flexibility
  - Portability
  - Interoperability
  - Reusability within “related” projects

Software Architektur Stile

Universität Zürich
Institut für Informatik

Was ist ein Architektureller Stil?

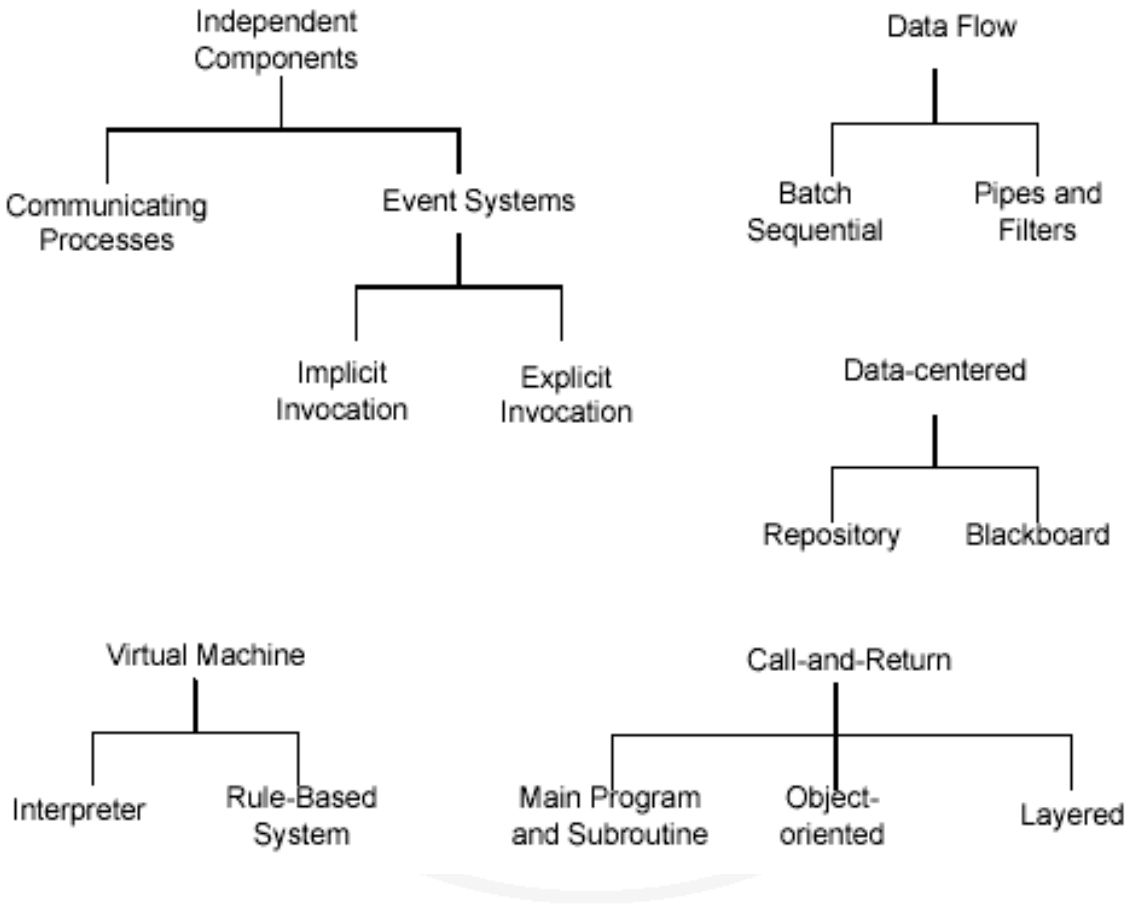
- Eine Design-Sprache für eine Klasse von Systemen
  - Vokabular für Design-Elemente, z.B. Pipes, Filter, Server, Parser, DBs etc.
  - Design-Regeln und Einschränkungen (constraints), z.B. C/S-Verhältnis n:1 etc.
  - Semantische Interpretation
  - Analysen zur Überprüfung der Entsprechung eines Entwurfs, z.B. Deadlock-Erkennung für C/S, Schedulability-Analyse etc.

Definition eines Architekturellen Stils

- Ein architektureller Stil definiert eine Familie von Software-Systemen bezüglich ihrer strukturellen Organisation.
- Ein architektureller Stil drückt die Komponenten und Relationen zwischen diesen gemeinsam mit den Einschränkungen ihrer Anwendung, der assoziierten Komposition und den Design-Regeln für deren Konstruktion aus.

[Perry u. Wolf 1992]

Katalog von Architekturellen Stilen

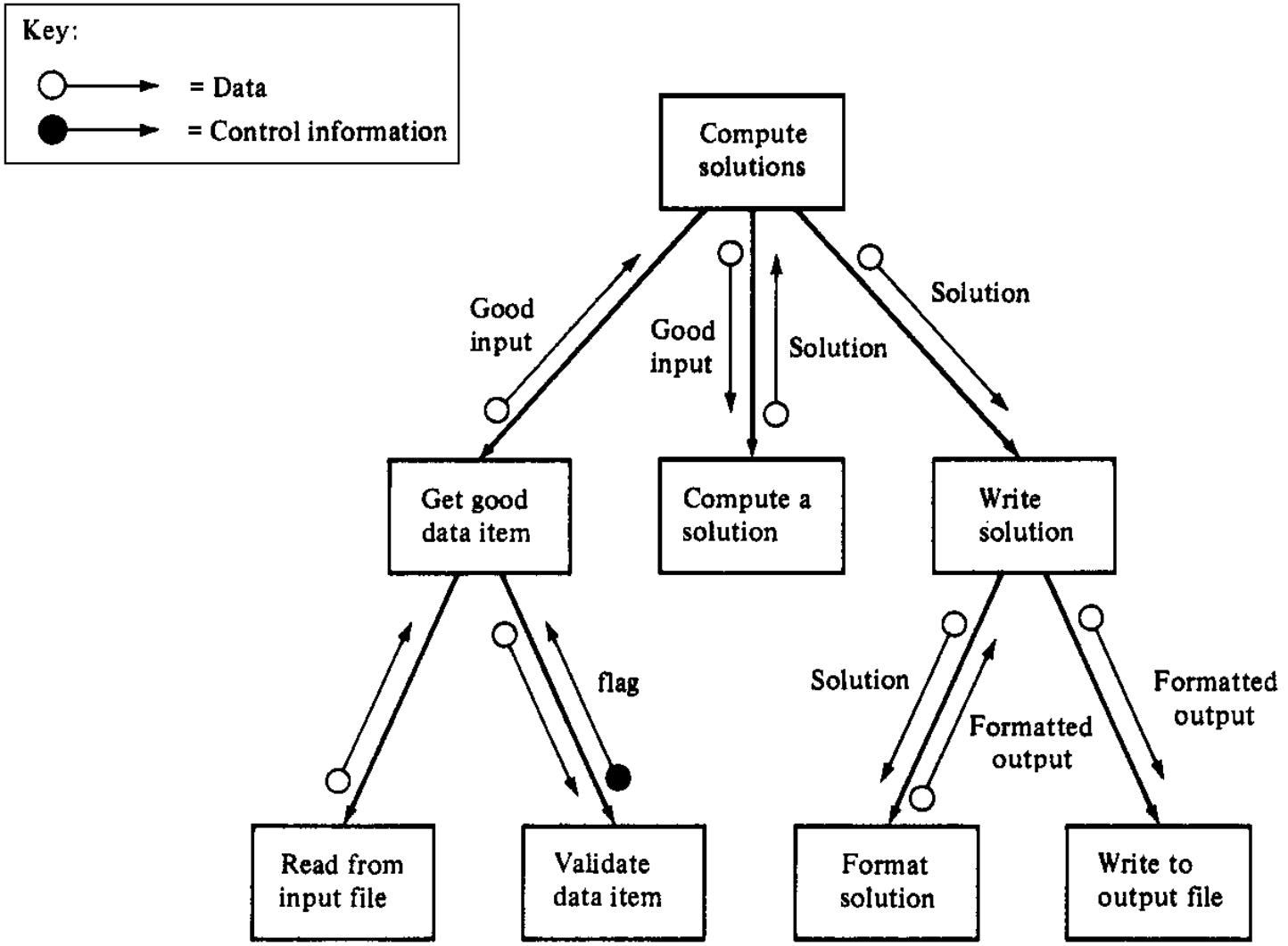


Funktionsorientierte Architektur (Structured Design)

- Jeder Modul berechnet eine Funktion
- Zur Realisierung einer Funktion können andere, einfachere Funktionen aufgerufen werden
- ➪ Entwurf = Hierarchie aufeinander aufbauender Funktionen

- Häufig nach Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe gegliedert
- Ungenügende Abstraktionsmöglichkeiten
- Liefert in vielen Fällen keine gute Modularisierung

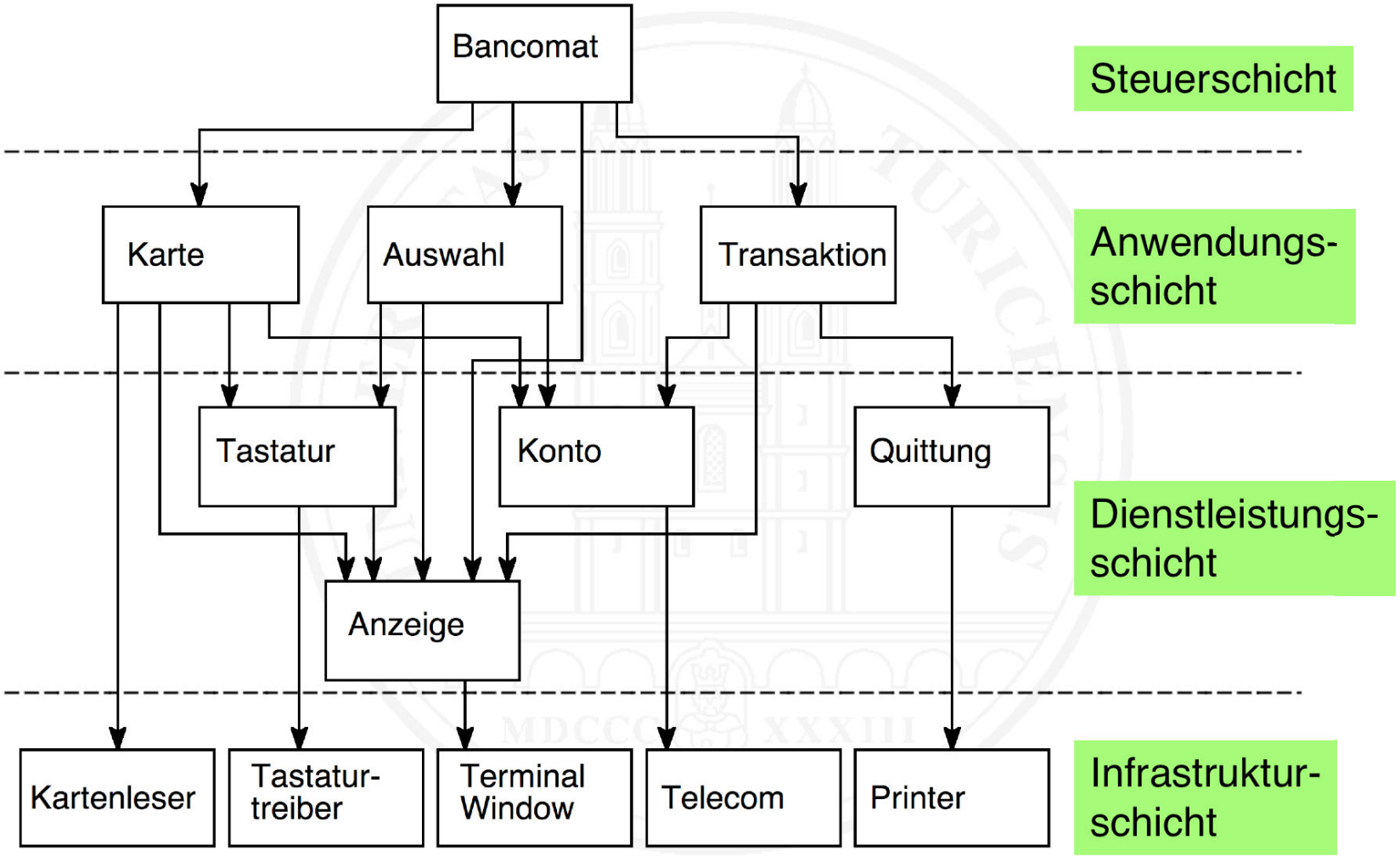
Beispiel einer funktionsorientierten Architektur



Datenorientierte Architektur (Entwurf mit Datenabstraktionen)

- Modularisierung nach dem Geheimnisprinzip
- Datenstruktur und alle darauf möglichen Operationen sind zusammengefasst: Datenabstraktion
  - notwendig zum Verbergen von Entwurfsentscheidungen
  - Realisierung durch Abstrakte Datentypen
- System besteht aus Menge aufeinander aufbauender Datenabstraktionen
  - Jeder Modul bietet Leistungen an
  - Module benutzen die Leistungen anderer Module zur Realisierung der eigenen Leistungen
  - ➪ Benutzungshierarchie
  - Zusammenarbeit durch Verträge (Design by Contract)
- Zusätzlich häufig Gliederung in Schichten

Beispiel einer datenorientierten Architektur

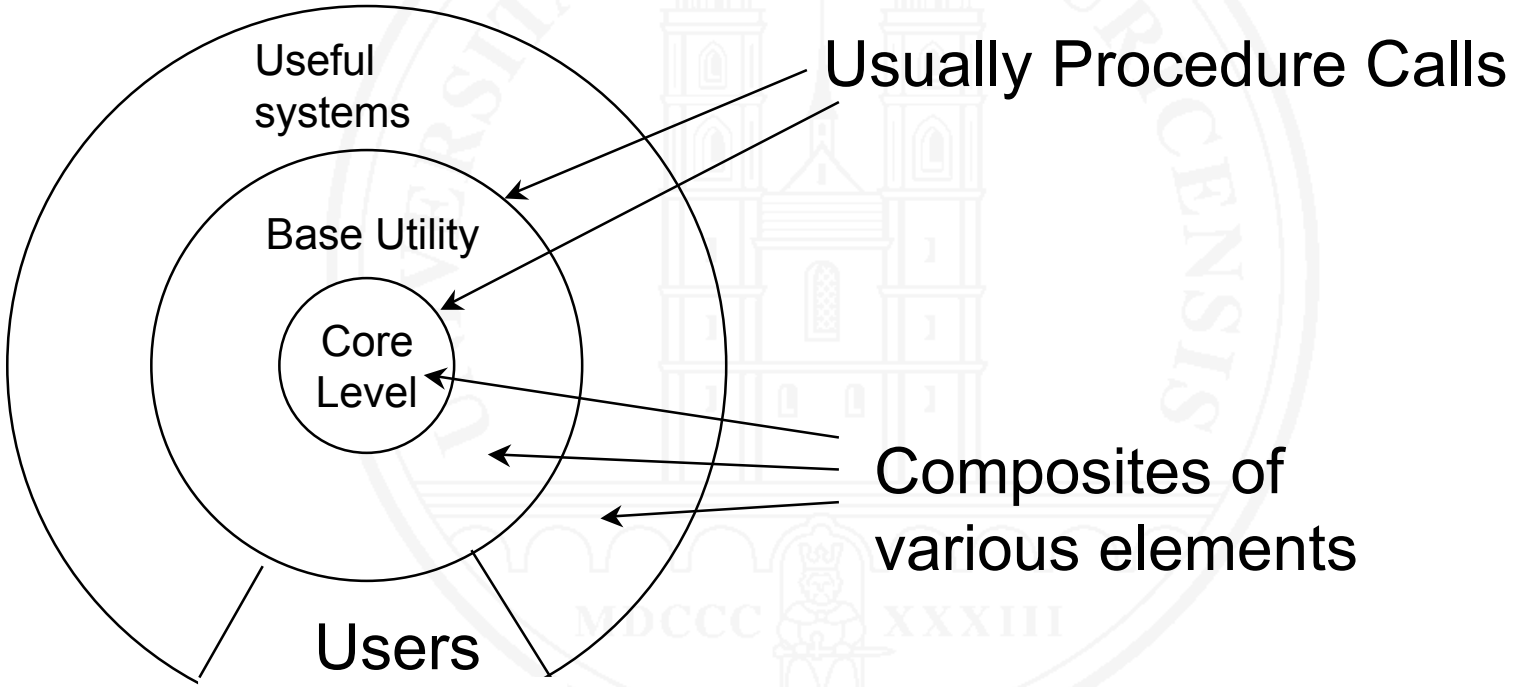


Layered Architecture

- Hierarchically organized system
- Each layer can only interact with the directly connected upper and lower layers
- Interfaces and protocols describe the communication between layers
- Each layer represents and implements an abstract virtual machine

Layered Systems Design

Layers



Advantages

- Support of abstraction levels by layering
  - A larger problem is decomposed into several smaller ones
- Changes in one layer affect at most the two neighboring layers (interface, protocol)
- Reusability
  - Standard interfaces can be reused often
  - Different implementations of the same layer and their substitution

Disadvantages

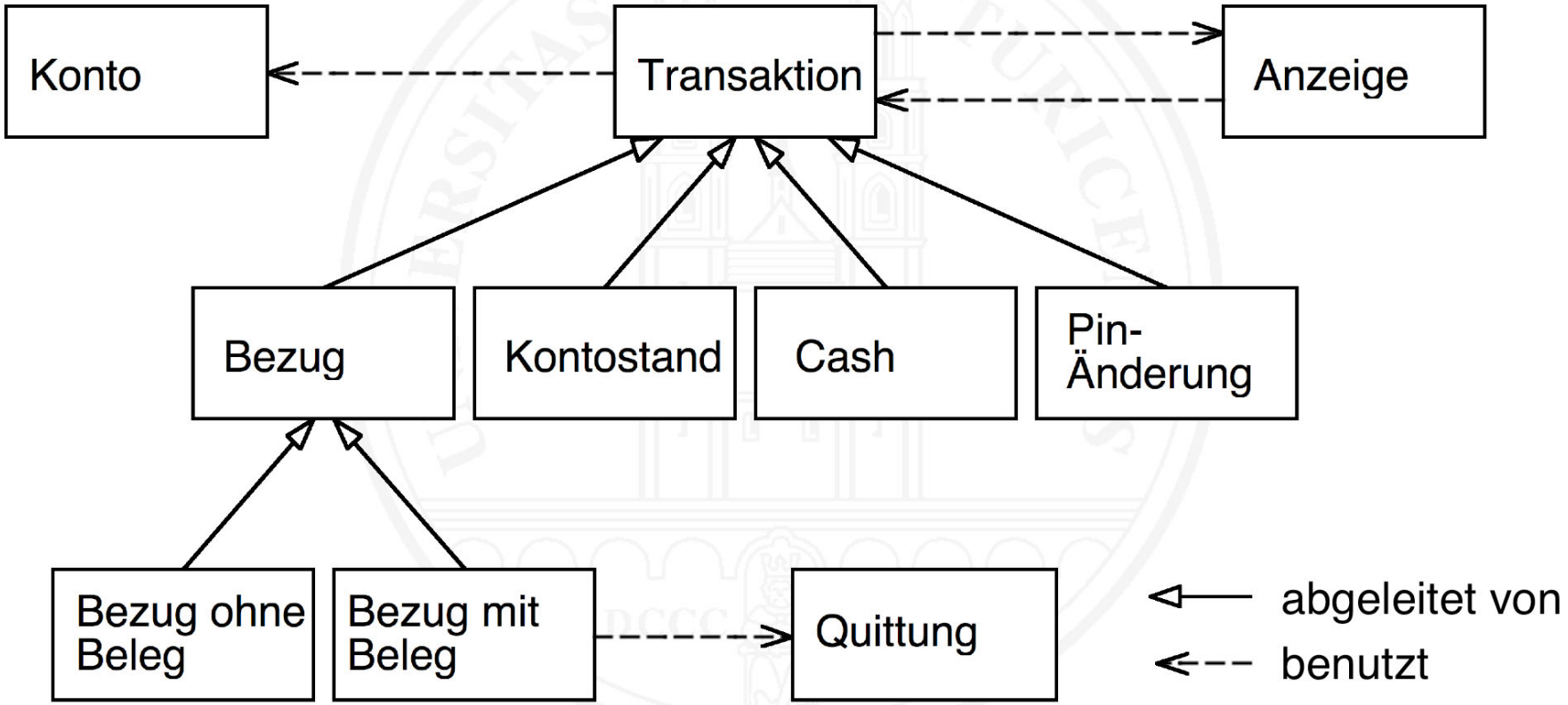
- Not all systems can be decomposed into layers
- Communication between non-neighboring layers can be necessary
- Abstractions of some layers can be difficult to comprehend
- Skipping of several layers can cause difficulties

Objektorientierte Architektur – 1

- System besteht aus Menge kooperierender Objekte
- Modul repräsentiert Objekt des Problembereichs oder benötigtes Informatik-Element
- Abstrakte Beschreibung gleichartiger Objekte ➔ Klasse
- Geeignet gebildete Klassen beachten das Geheimnisprinzip
  ➔ gute Modularisierung
- Systematischer Zusammenhang zwischen allgemeinen und speziellen Objekten: Objekte von Spezialklassen erben alle Strukturen und Operationen der übergeordneten allgemeinen Klassen
  ➔ Spezialisierungs- (Generalisierungs-) Hierarchie
  - ermöglicht problemnahe Modellierung
  - analog der Begriffshierarchie im menschlichen Denken
  - schränkt jedoch die Anwendbarkeit des Geheimnisprinzips ein

Beispiel einer objektorientierten Architektur

Ausschnitt aus einem Bankomat-System



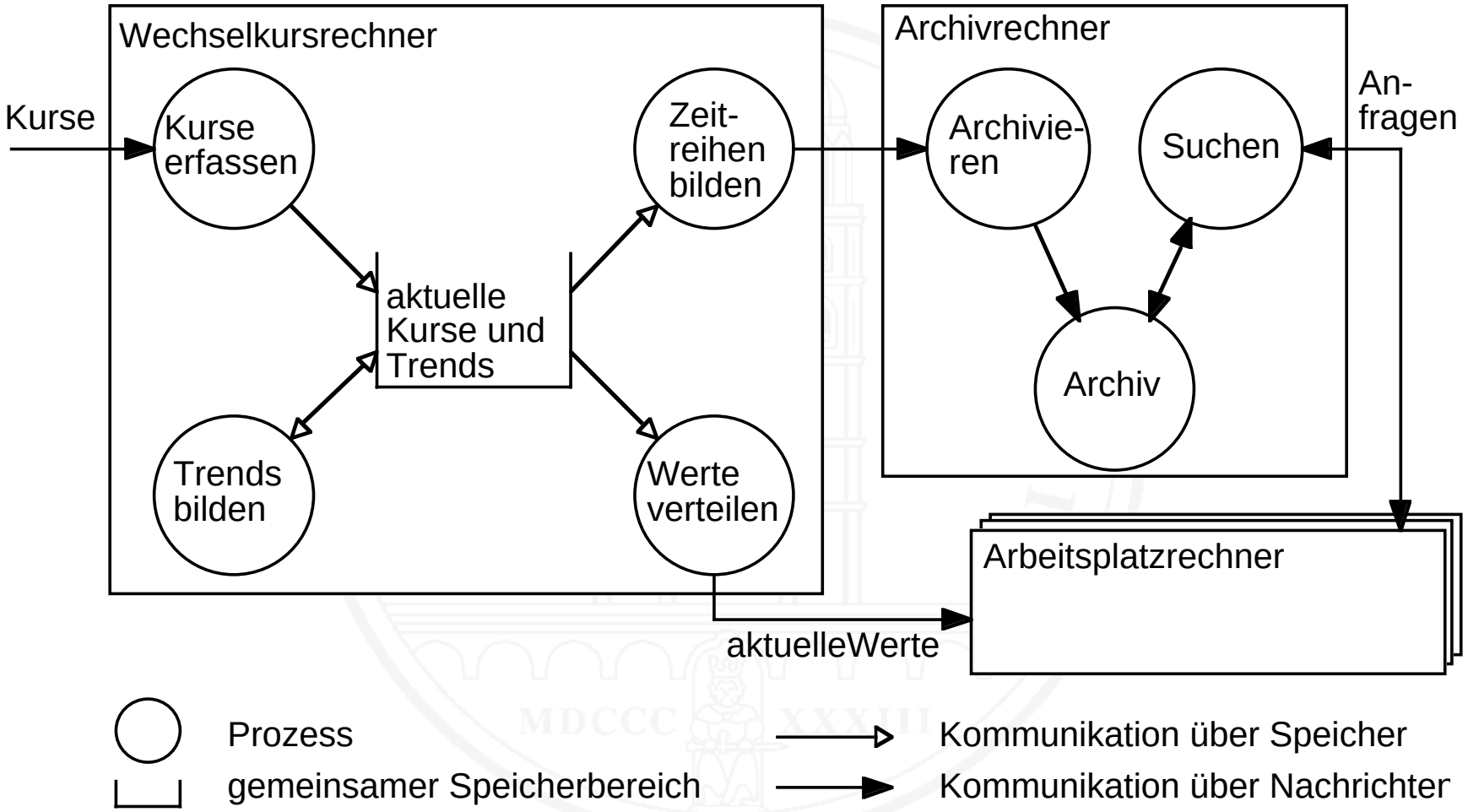
Objektorientierte Architektur – 2

- Zwei Kooperationsmechanismen:
  - Benutzung
  - Vererbung
  - ⇨ Objektorientierter Entwurf ist anspruchsvoll
- Bei richtiger Anwendung: Qualitativ hochwertige Modelle
- Bei falscher Anwendung: Der Alptraum der Wartungsprogrammierer

Prozessorientierte Architektur

- System besteht aus Menge unabhängig arbeitender, untereinander kooperierender (systeminterner) Akteure
- Akteure sind typisch als Prozesse realisiert
- Prozesse kooperieren durch Austausch von Nachrichten oder durch Zugriff auf gemeinsame Speicherbereiche
- Prozesse sind die Module der obersten Stufe
- Jeder Prozess ist typisch ein sequentiell ablaufender Systemteil
- Prozesse sind selbst wieder modularisiert, z.B. in objektorientiertem Stil
- Entwurfsaufgaben
  - Prozessstruktur
  - Kommunikationsarchitektur (meistens eingekauft)
  - Interne Architekturen der Prozesse

Beispiel einer prozessorientierten Architektur



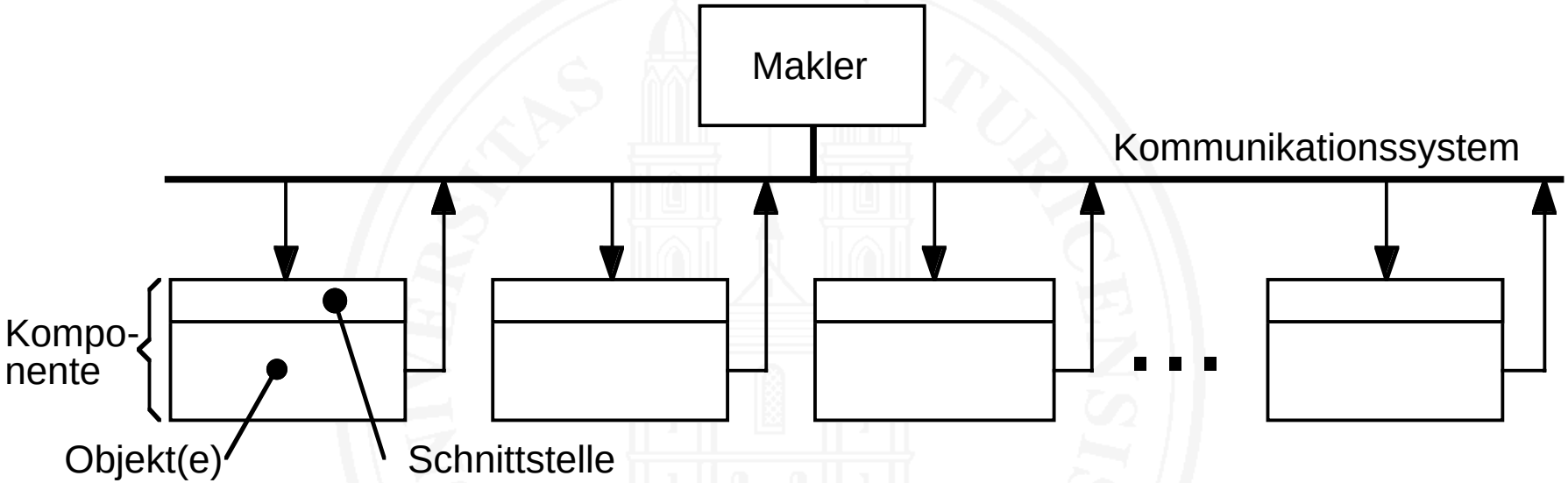
Komponentenorientierte Architektur (Verteilte Objekte)

- Weiterentwicklung objektorientierter Architekturen

Komponente (im engeren Sinn) – Stark gekapselte Menge zusammengehöriger Objekte / KIassen, die eine gemeinsame Aufgabe lösen

- System besteht aus einer Menge von (möglicherweise geographisch verteilten) Komponenten, die über einen Makler kommunizieren
- Komponenten kennen
  - ☆ Schnittstellen ihrer Partnerkomponenten
- ... kennen nicht
  - ☆ Art der Realisierung der Kommunikation
  - ☆ Geografische Lokalisierung
  - ☆ Implementierung der Partnerkomponenten
- Typische Vertreter
  - Client-Server-Architektur
  - Middleware-Architektur

Beispiel einer komponentenorientierten Architektur

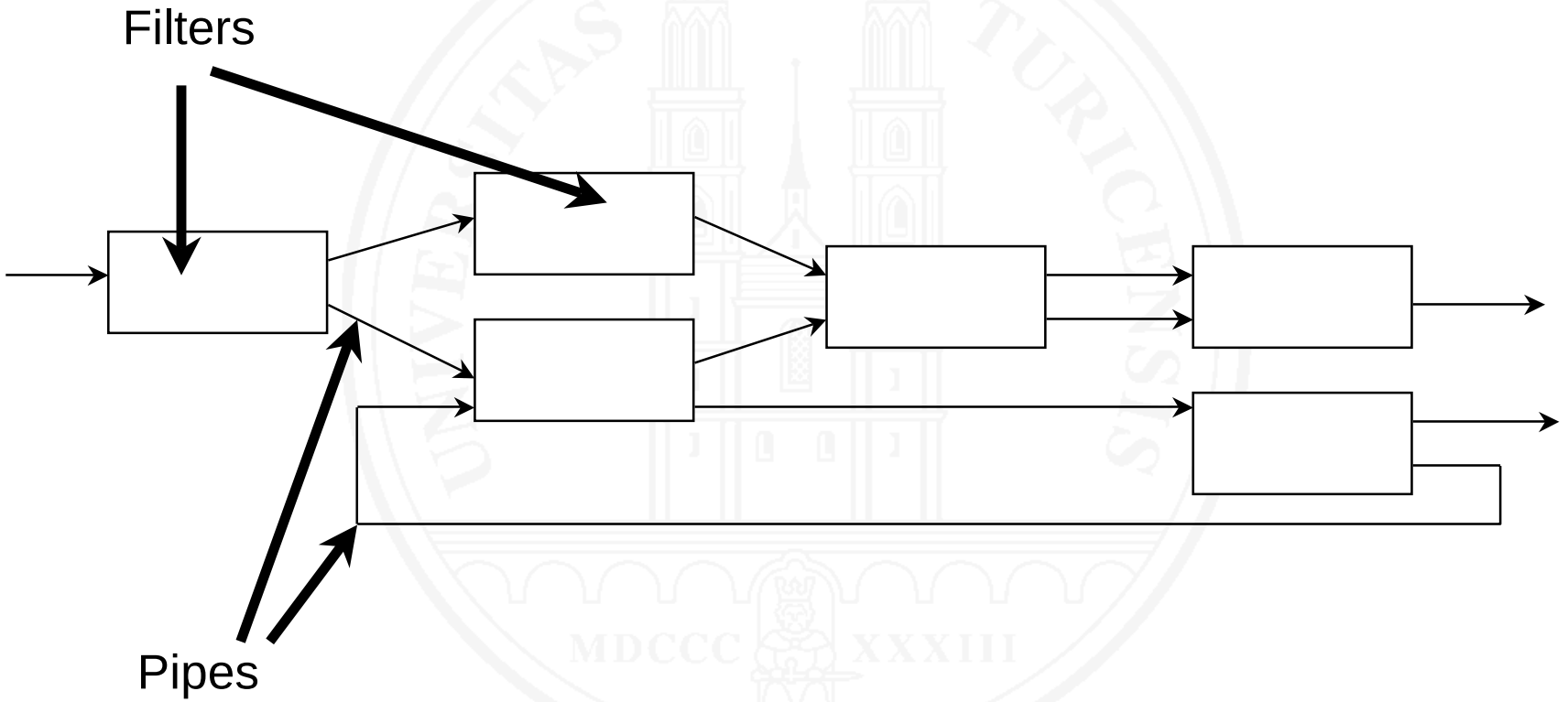


Komponenten-Architekturen: CORBA, .Net, J2EE
Kommunikationsmechanismen: RMI, RPC etc.

Pipes & Filters

- Pipes (= *connectors*)
  - Provide the output of a filter as input to another filter
- Filters (= *components*)
  - Read input data stream and transform it into an output data stream
- Simple example:
  - Unix shell: piping of components (commands) via "|“
    - cat {myfile} | grep “arch” | sort … | more
- Applications:
  - Signal processing
  - Parallel programming
  - Functional programming
- Specializations
  - pipelines
  - bounded pipes (limited memory)
  - typed pipes (for specific type of data)

Pipes & Filters Architecture



Pipes & Filters

- Filters are independent components that
  - do not share status with other components
  - do not know the identity of their neighbors (input/output)
- Pipelines
  - Constrain the topology to a linear configuration of filters
- Bounded Pipes
  - Constrain the amount of data that a pipe can store temporarily
- Typed Pipes
  - The data stream must have a specific type

Advantages

- A designer can define the input/output behavior of the whole system as combination of single filters
- simple; no complex component interactions
- filters as black-box and, therefore, substitutable
- Reusability and maintainability
  - Two filters can be arranged arbitrarily, as long as they support the same data format / stream
  - Integration of new filters
  - Substitution of existing/integrated filters
- Hierarchical structures easy to compose
- Analysis of
  - Throughput and potential deadlocks
- Concurrent execution
  - Filters are synchronized by the data transfer

Disadvantages

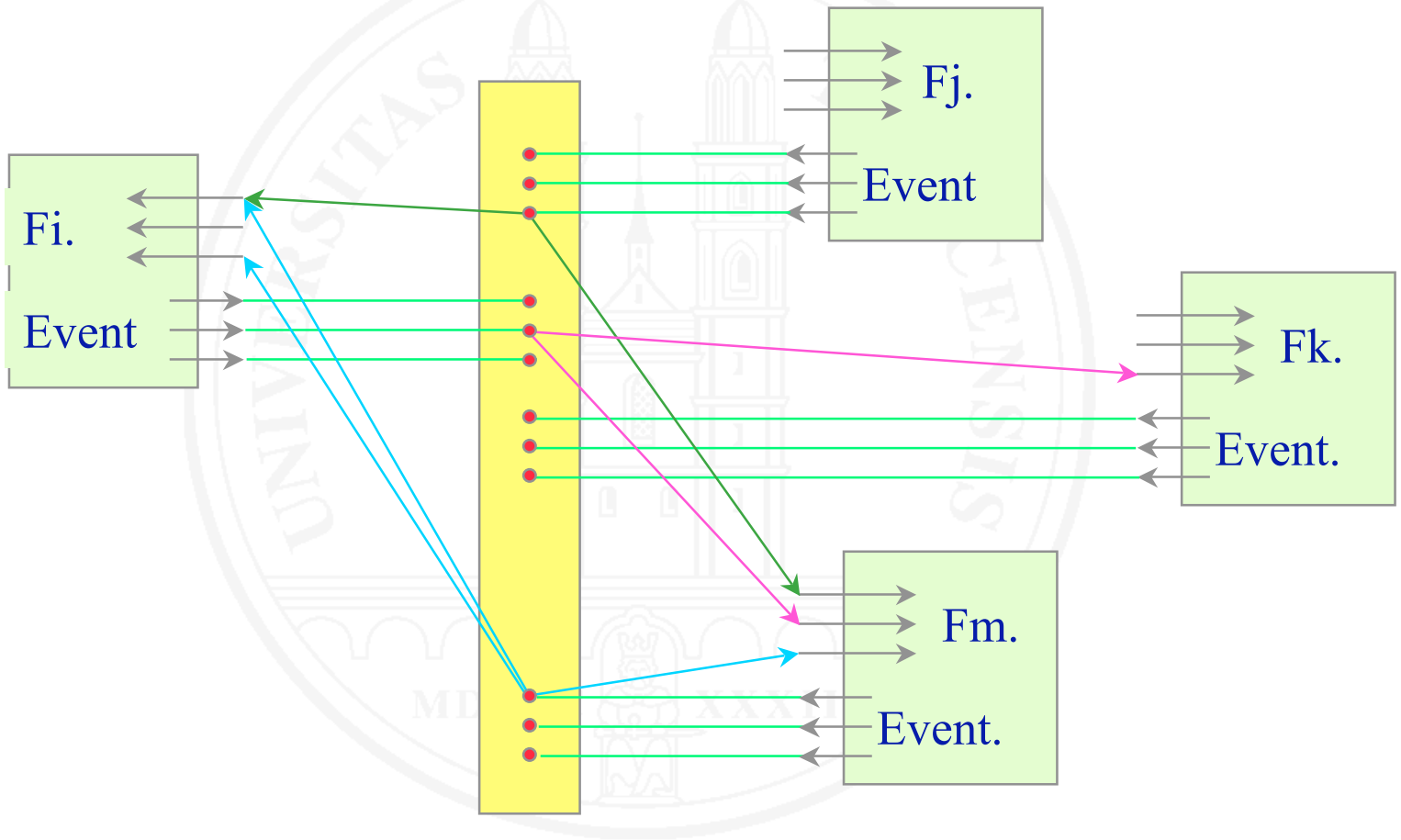
- Batch processing Charakteristik, aber ungeeignet für interaktive Applikationen
- Handling von unabhängigen Datenströmen
- Filter verlangen nach gemeinsamen Datenformat
- Wird der Datenstrom in Tokens analysiert, so hat jeder Filter das Parsen & Unparsen extra
- Kommt ein Filter nicht ohne vollständiges Einlesen des Datenstroms aus (z.B. Sortieren) → Puffer!
- Ist jeder Filter ein separater Prozess → Overhead

Event-based Systems

- Functions are not executed through a direct procedure/method call
- Components raise an event (publishers)
- Other “interested” components (subscribers) are notified and react accordingly
- Correlation of events and event handling is unknown to the components

EBS Architecture

event-based



Advantages

event-based

- Extensibility and Reusability
  - A new component can be easily integrated into the system
  - Subsequent registration for other events and announcement of its own events
- Exchangeability of components
  - Without influence on the interfaces of other components

Disadvantages

event-based

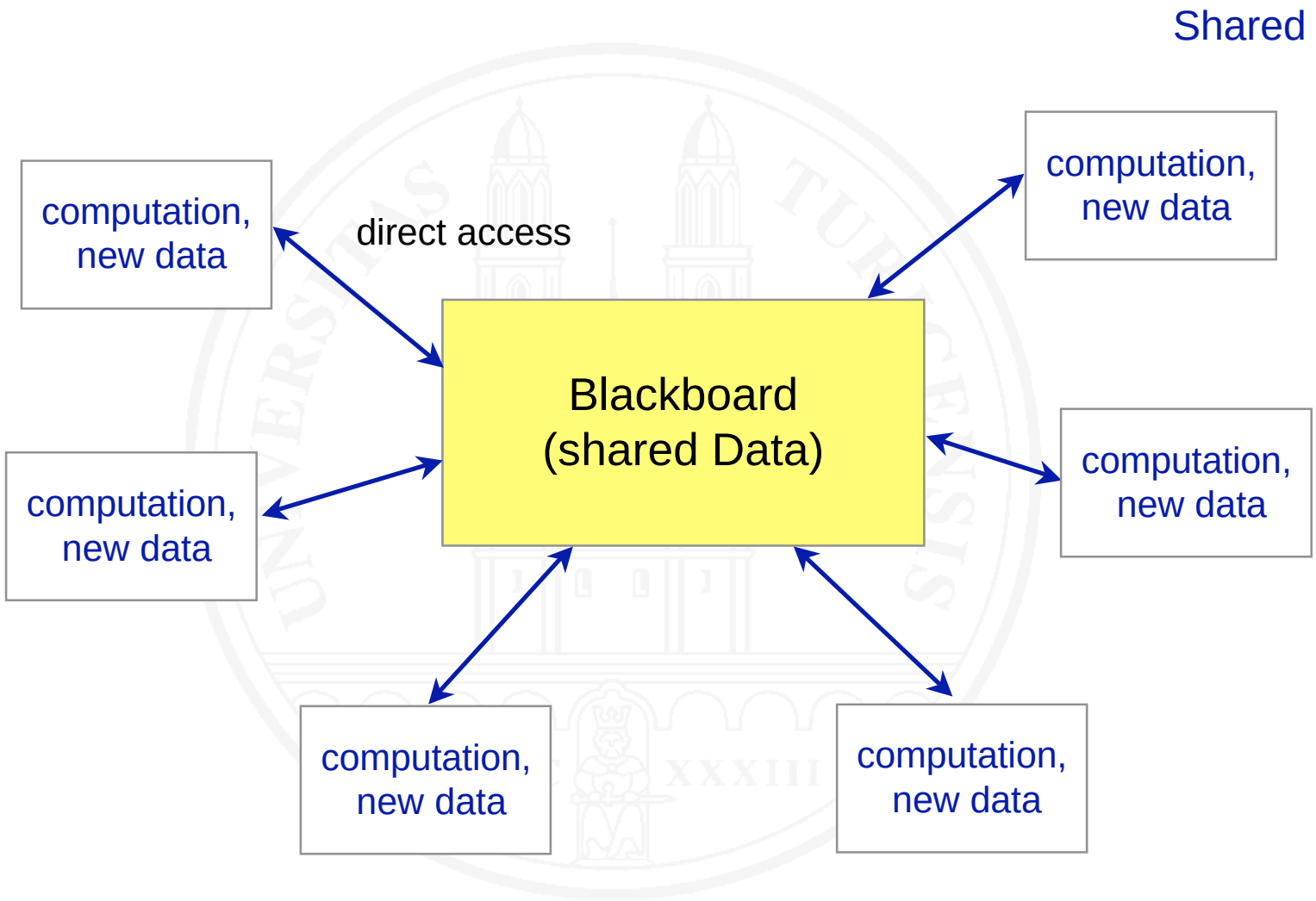
- If an event is published, it is not assured that it is being handled by others
  - processing sequence
- Data exchange other than with events is problematic
- Behavior of components is tightly coupled with the execution environment (e.g. event model)

Shared Data

- Two kinds of components:
  - Central data management
  - Independent components for computation

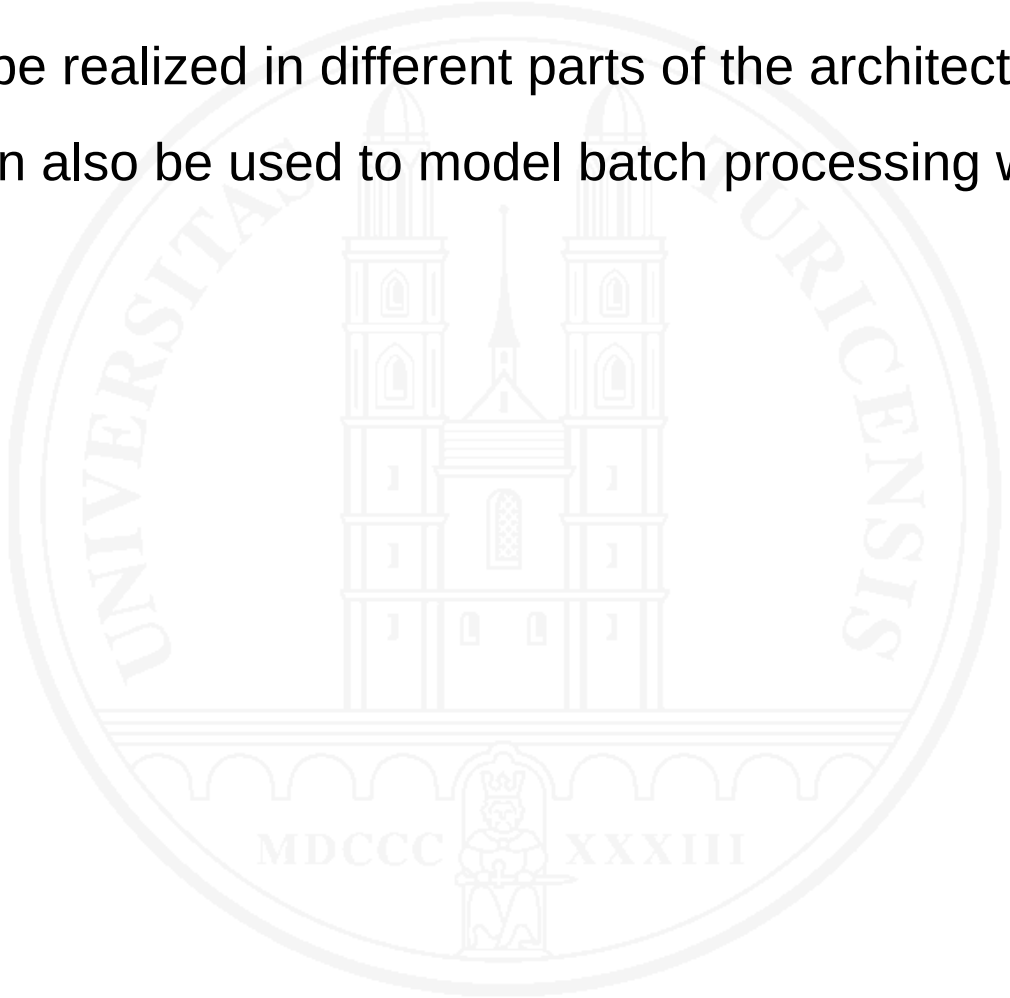
- Activation of computation
  - Indirect when inserting (storing) new data (database trigger)
  - Through the actual state

Blackboard



Rating

- Control can be realized in different parts of the architecture
- This style can also be used to model batch processing with a shared database



Faustregeln für Datenfluss-Architekturen

Architektureller Stil	anzuwenden, wenn …
Datenfluss	Das System produziert einen wohl definierten, einfach identifizierbaren Output, der das direkte Resultat von sequentiellen Transformationen aus wohl definierten Inputs in einer Zeit-unabhängigen Art und Weise ist. Die Integrierbarkeit (resultierend aus einfachen Schnittstellen der Komponenten) ist wesentlich.
• Batch sequential	• Eine singuläre Output-Operation ist das Resultat des Lesens einer Menge von Input-Daten und deren Transformationen sind sequenziell.
• Datenfluss	• Input und Output treten als wiederkehrende Serie auf, und es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen entsprechenden Teilen jeder Serie.
– azyklisch	– … und die Transformationen beinhalten keine Feedback Loops.
– nur Fan-out-Komponenten	– … und die Transformationen beinhalten keine Feedback Loops und ein Input führt jeweils zu mehr als einem Output.
– Pipeline, Pipe-and-Filter	– Die Berechnung besteht aus Transformationen von kontinuierlichen Datenströmen. Die Transformationen sind inkrementell; eine Transformation kann beginnen, bevor der vorangehende Schritt abgeschlossen ist.
• Closed Loop Control	Das System überwacht andauernde Aktivität, ist in einem physikalischen System eingebettet und ist unvorhersehbaren externen Störungen ausgesetzt, sodass vordefinierte Algorithmen fehlschlagen können.

Faustregeln für unabhängige Komponenten

Unabhängige Komponenten	Das System soll auf einer Multiprozessor-Plattform lauffähig sein. Das System kann als eine Menge von lose gekoppelten Komponenten strukturiert werden (i.e. eine Komponente kann weitgehend unabhängig vom Zustand anderer Komponenten weiterarbeiten). *Performance tuning* durch Arbeitsaufteilung (auf Prozesse oder Prozessoren) ist wesentlich.
• Kommunizierende Prozesse – *Lightweight-Prozesse* – *Verteilte Objekte* – *Client-Server Request-Reply* – *Broadcast* – *Token passing*	• *Message passing* (Nachrichtenaustausch) ist als Interaktionsmechanismus ausreichend. – Der Zugriff auf gemeinsame Daten ist kritisch für das Erreichen der Performanz-Ziele. – Die bekannten Gründe für Objektorientierung und interagierende Prozesse treffen zu. – Aufgaben können zwischen Produzenten und Konsumenten von Daten bzw. zwischen Aufrufern und Aufgerufenen geeignet aufgeteilt werden. – Alle Komponenten müssen von Zeit zu Zeit synchronisiert werden. – Verfügbarkeit ist eine wesentliche Anforderung. – Es ist für alle Aufgaben des Systems sinnvoll, zwischen den Komponenten in einem vollständig verbundenen Graphen zu kommunizieren. – Der Gesamtzustand des Systems muss gelegentlich zugreifbar sein (wie in einem fehlertoleranten System) und die Komponenten arbeiten asynchron.
• Dezentralisierte Server	• Verfügbarkeit und Fehlertoleranz sind die wesentlichen Anforderungen und die Daten und Dienste der Server sind kritisch für die Funktionalität des Systems.
• Replizierte Worker	• Die Berechnungen können im Teile-und-Herrsche(*divide et impera*)-Ansatz durch Parallelverarbeitung durchgeführt werden.
• Event-Systeme	• Die Konsumenten von Events (Informationen) sollen von deren Erzeugern entkoppelt werden. • Skalierbarkeit soll durch Hinzufügen von weitgehend eigenständigen Komponenten, die durch Events angestoßen werden, erreicht werden.

Faustregeln für Daten-zentrierte Architektur

Daten zentriert	Zentraler Punkt ist die Speicherung, die Repräsentation, das Management sowie der Zugriff auf große Mengen von langlebigen Daten im System.
• Transaktionale Datenbank / Repository	• Die Reihenfolge der Ausführung von Komponenten wird bestimmt durch die ankommenden Anfragen, um Daten zuzugreifen oder zu aktualisieren. Die Daten sind dabei tief strukturiert.
• Blackboard	• Skalierbarkeit soll durch Hinzufügen von Datenkonsumenten ohne Änderung der Produzenten erfolgen. • Modifizierbarkeit soll durch die Änderung, wer Daten produziert und wer konsumiert, erreicht werden.

5.1 Grundlagen und Prinzipien

5.2 Architekturentwurf

5.3 Architekturstile

5.4 Entwurfsmuster (design patterns)

5.5 Modulkonzepte und Schnittstellen

5.6 Vertragsorientierter Entwurf

5.7 Zusammenarbeit

Wiederverwendung von Entwurfswissen

Entwurfsmuster (design pattern) – Eine spezielle Komponente, die eine allgemeine, parametrierbare Lösung für ein typisches Entwurfsproblem bereitstellt.

In der Architektur von Softwaresystemen:

Architekturmuster – Eine vorgefertigte, parametrierbare Schablone für die Gestaltung der Architektur eines Systems oder einer Komponente.

Rahmen (framework). Eine Menge kooperierender Programm-Module, die das Grundgerüst für die Lösung einer bestimmten Klasse von Problemen bilden.

Architekturmuster

- Vorgefertigte Strukturen für typische Architekturprobleme
- Wiederverwendung von Wissen über Architekturen
- Begriffliche Basis für die Kommunikation unter den Beteiligten

- Beispiele:
  - Strukturmuster
    - ✧ Matrixmuster
  - Steuermuster
    - ✧ EVA (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe)
    - ✧ Hauptschleife
    - ✧ Hollywood
  - Modularisierungs-/ Entkopplungsmuster
    - ✧ MVC (Model-View-Controller)

Entwurfsmuster / Design Patterns

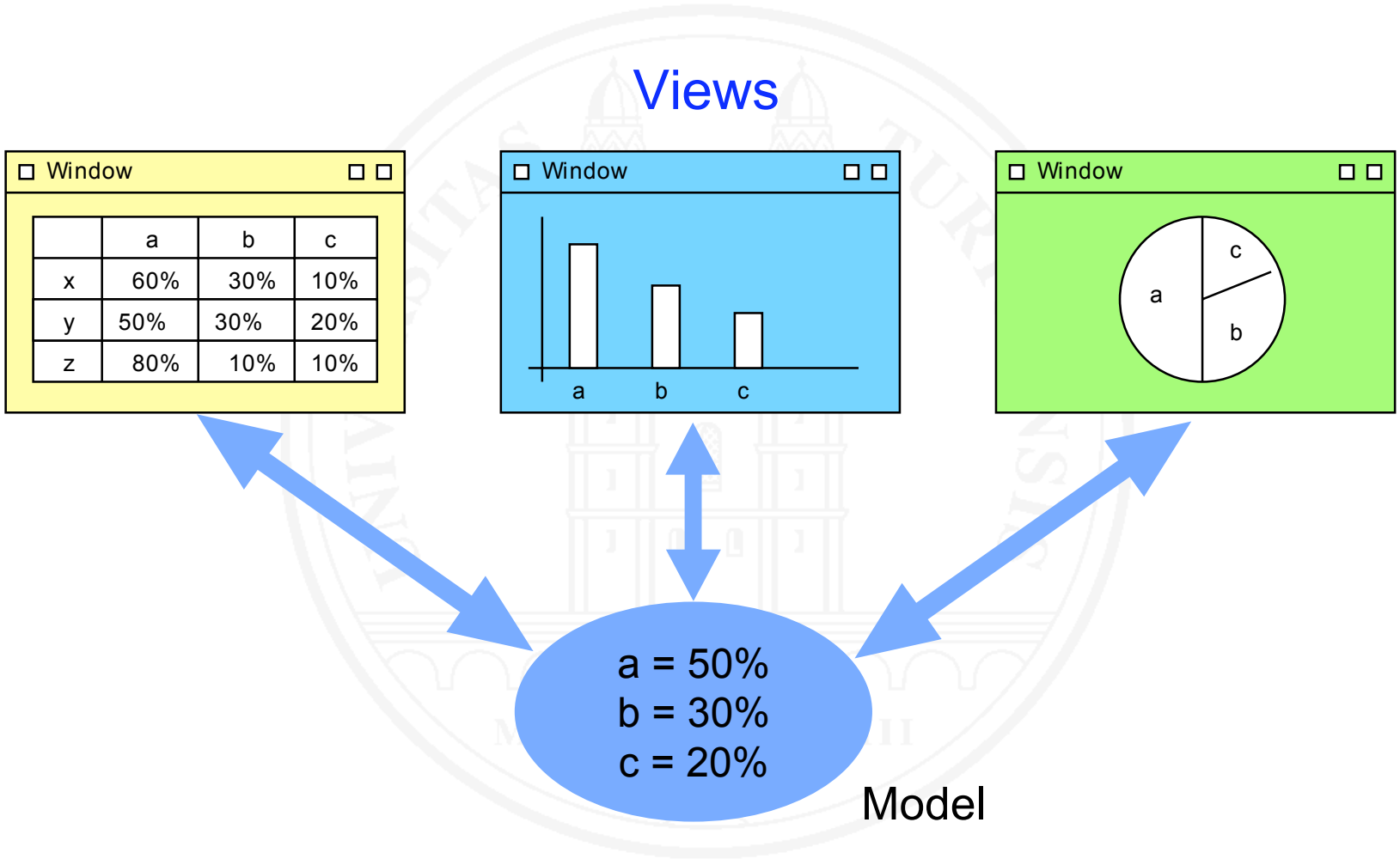
- Manche Entwurfsprobleme treten in sehr ähnlicher Form immer wieder auf ➪ Idee:
  - Problem nicht jedes Mal aufs Neue lösen,
  - ...sondern einmal eine vorgefertigte, parametrierbare Lösungs-schablone bereitstellen,
  - ...von der konkrete Lösungen rasch abgeleitet werden können

- Wiederverwendung von Entwurfswissen
- Begriffliche Basis für die Kommunikation unter den Beteiligten

Was ist ein Design Pattern?

- Christopher Alexander (Architekt):
  - “Jedes Pattern beschreibt ein Problem, das immer wieder vorkommt und zeigt weiters den wesentlichen Teil einer Lösung für dieses Problem auf, in einer Weise, sodaß man die Lösung sehr oft wiederverwenden kann.”
- Im objektorientierten Design gibt es ebensolche Patterns für immer wiederkehrende Probleme
- Design Patterns nach Gamma, Helm, Johnsson, Vlissides [GHJV94]

Beispiel: Model/View/Controller (MVC)



Elemente eines Design Patterns

- Pattern Name
  - Design Vokabular
- Problem
  - Wann soll das Pattern verwendet werden?
  - Liste von Bedingungen
- Lösung
  - kein spezifisches Design oder Implementierung
  - Abstrakte Beschreibung mit einem vorgeschlagenen Verwendung von Objekten und Klassen
- Anwendung und Trade-Offs
  - Einfluß auf System-Flexibilität, Erweiterbarkeit, Portabilität, etc.

Design Pattern Beschreibung

- Pattern Name und Klassifikation
- Ziel
- weiterer Name
- Motivation
- Anwendbarkeit
- Struktur
- Beteiligte
- Zusammenwirken
- Konsequenzen
- Implementation
- Beispiel Code
- Bekannte Verwendungen
- Verwandte Patterns

Design Patterns Klassifikation (1)

		Purpose		
		Creational	**Structural**	**Behavioral**
Scope	**Class**	Factory Method	Adapter (class)	Interpreter Template Method
	Object	Abstract Factory Builder Prototype Singleton	Adapter (object) Bridge Composite Decorator Facade Flyweight Proxy	Chain of Responsibility Command Iterator Mediator Memento Observer State Strategy Visitor

Design Patterns Klassifikation (2)

- Zweck
  - Creational: Objekt Erzeugung
  - Structural: Komposition von Klassen oder Objekten
  - Behavioral: Interaktion von Klassen oder Objekten
- Bereich
  - Klasse:
    - Relation zwischen Klassen und Subklassen
    - durch Vererbung, statisch, festgelegt zur Compile-Zeit
  - Objekt:
    - Objekt Relationen
    - dynamischer

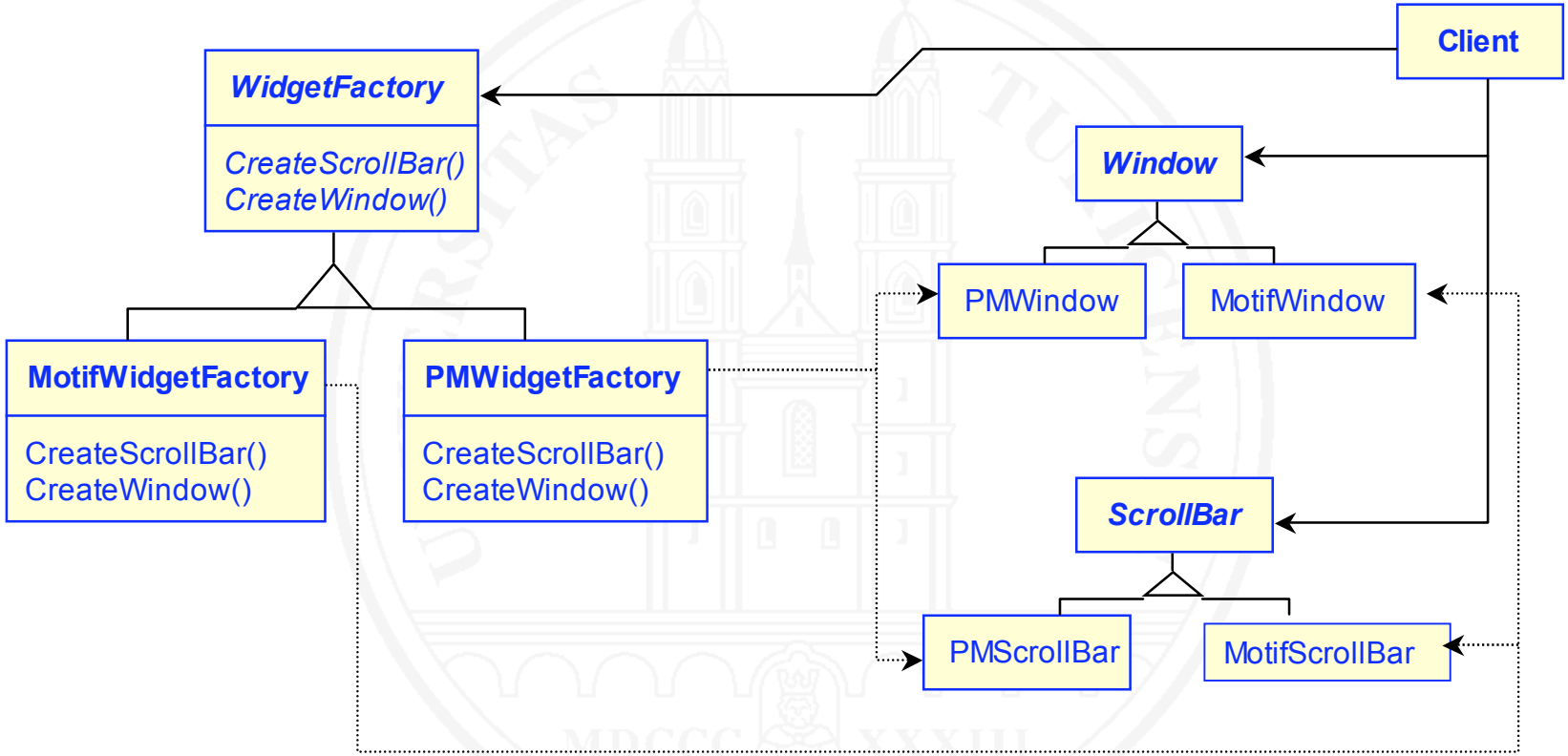
Design Patterns Klassifikation (3)

- Creational patterns
  - Klasse: aufschieben von Teilen der Objekt Erzeugung zu Subklassen
  - Objekt: aufschieben zu anderen Objekten
- Structural patterns
  - Klasse: verwenden von Vererbung zur Klassen-Komposition
  - Objekt: beschreiben Objekt-Komposition
- Behavioral patterns
  - Klasse: verwenden von Vererbung um Algorithmen und Kontrollfluss zu beschreiben
  - Objekt: beschreiben, wie eine Gruppen von Objekten kooperiert, um einen Task auszuführen, den kein einzelnes Objekt erbringen kann

Abstract Factory

- Intent
  - Provide an interface for creating families of related or dependent objects without specifying their concrete classes
- Applicability
  - a system should be independent of how its products are created, composed, and represented
  - a system should be configured with one of multiple families of products
  - provide a class library of products and reveal just their interfaces, not their implementations

Abstract Factory (2)



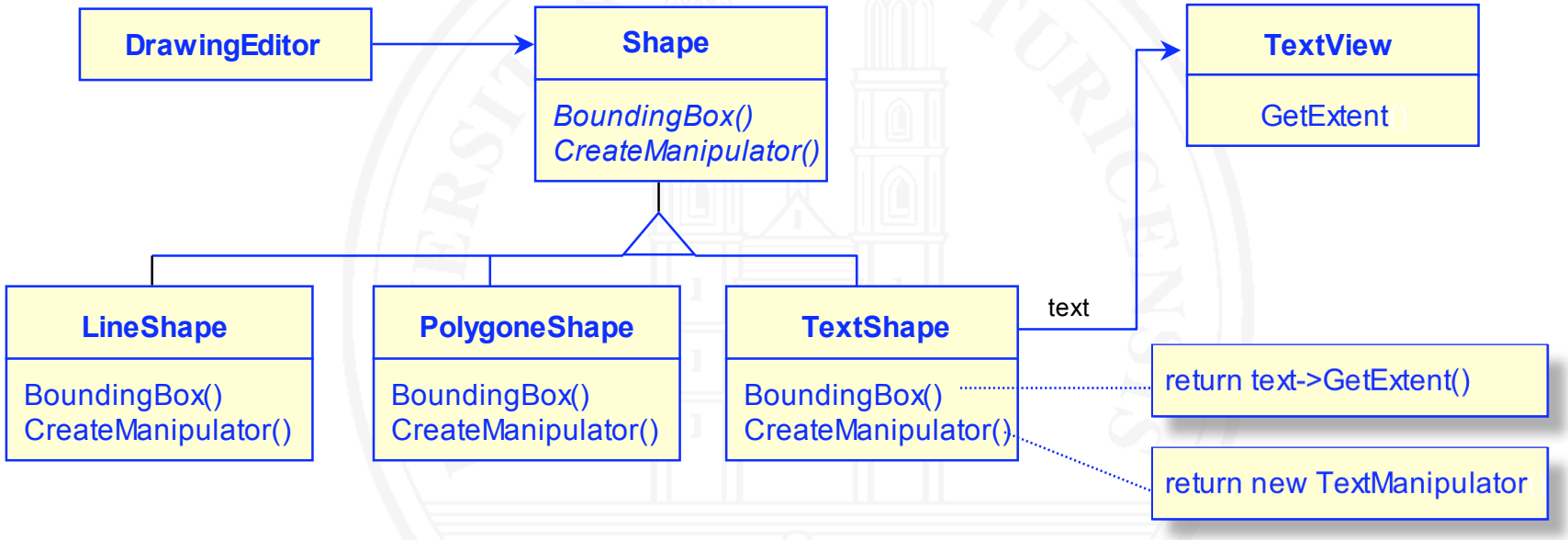
Abstract Factory (3)

- Consequences
  - It isolates concrete classes
  - It makes exchanging product families easy (different product configurations)
  - It promotes consistency among products
  - Supporting new kinds of products is difficult

Adapter

- Intent
  - Convert the interface of a class into another interface clients expect. Adapter lets classes work together that couldn't otherwise because of incompatible interfaces. (Wrapper)
- Applicability
  - use an existing class and its interface does not match
  - create a reusable class that cooperates with incompatible classes

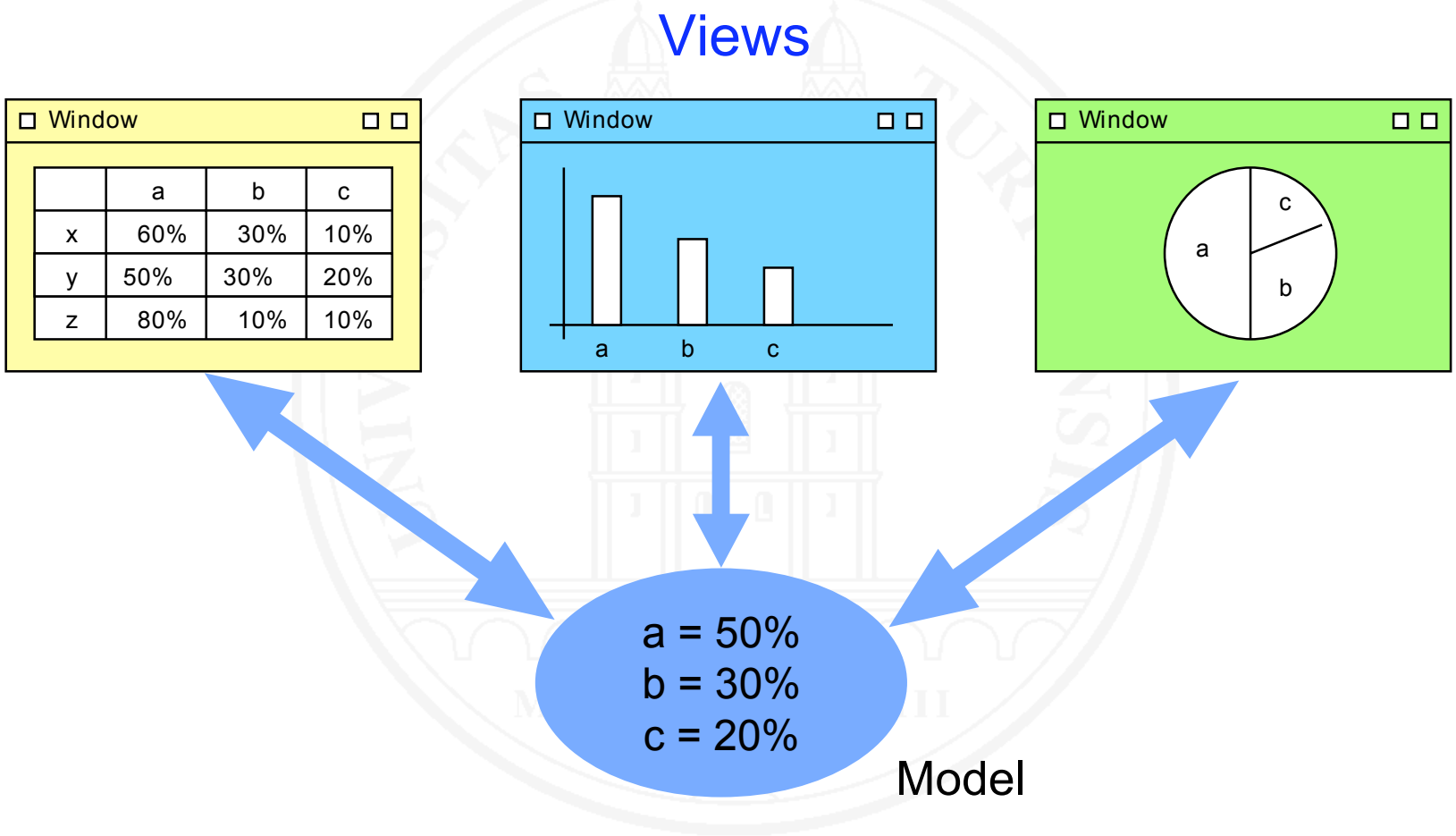
Adapter (2)



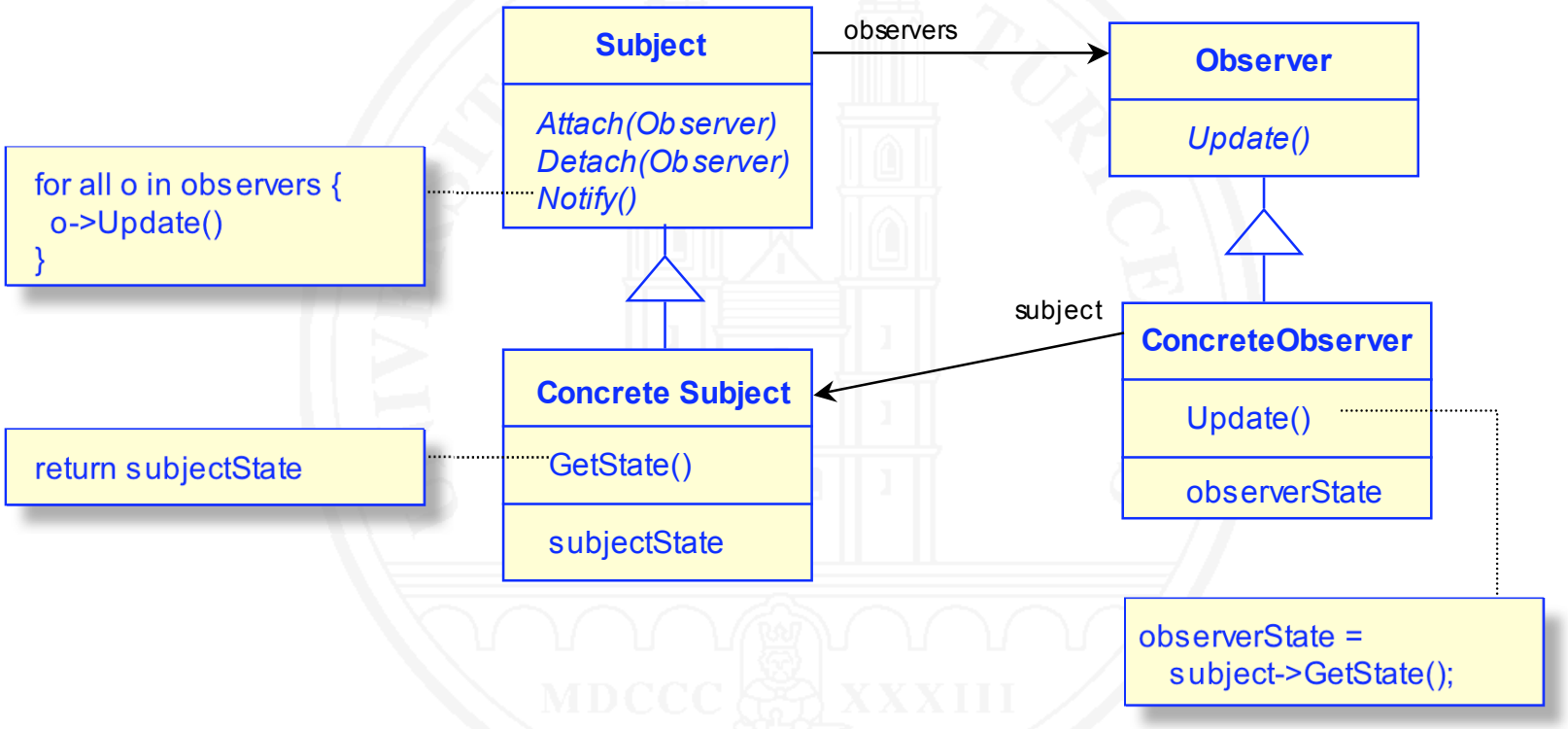
Observer

- Intent
  - Define a one-to-many dependency between objects so that when one object changes state, all its dependents are notified and updated automatically.
- Applicability
  - when an abstraction has two aspects, one dependent on the other. Encapsulating these in separate objects lets you vary and reuse them independently
  - when a change to one object requires changing some others
  - when an object should be able to notify other objects without tighly coupling

Beispiel: Model/View/Controller (MVC)



Observer (2)



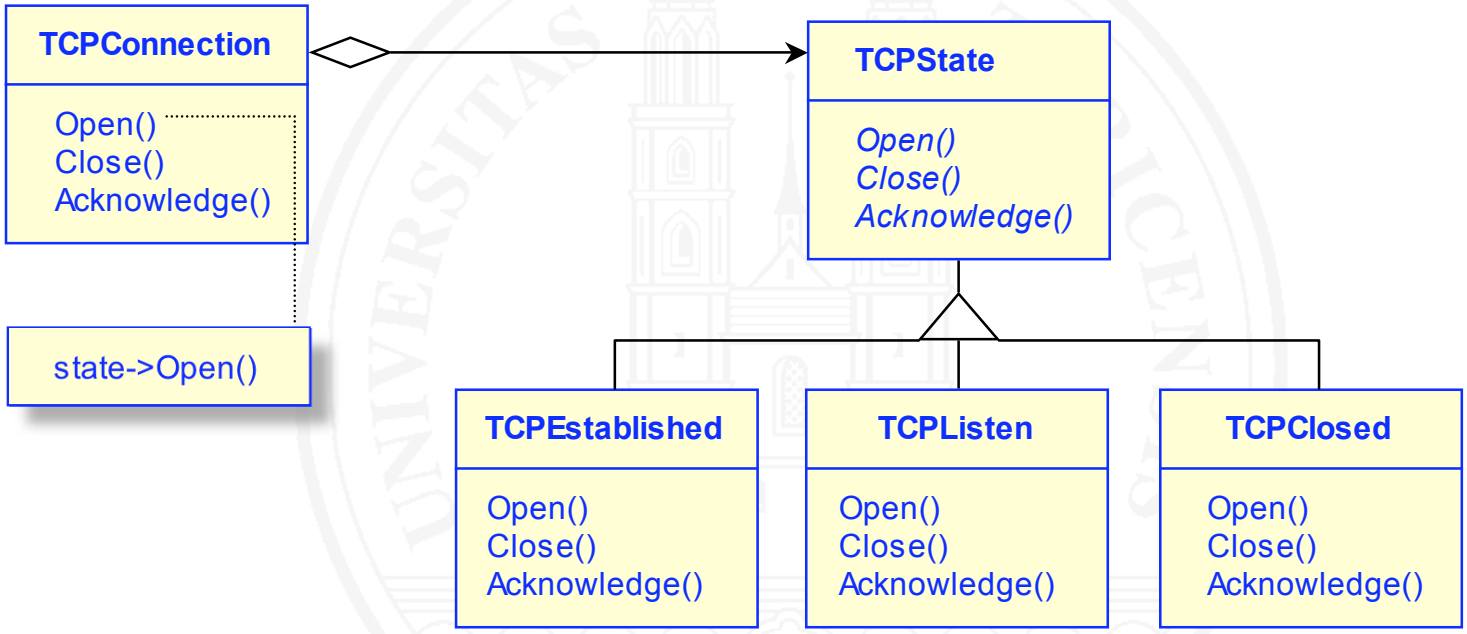
Observer (3)

- Consequences
  - Abstract coupling between Subject and Observer
  - Support for broadcast communication
  - Unexpected updates (observers have no knowledge about each others presence)

State

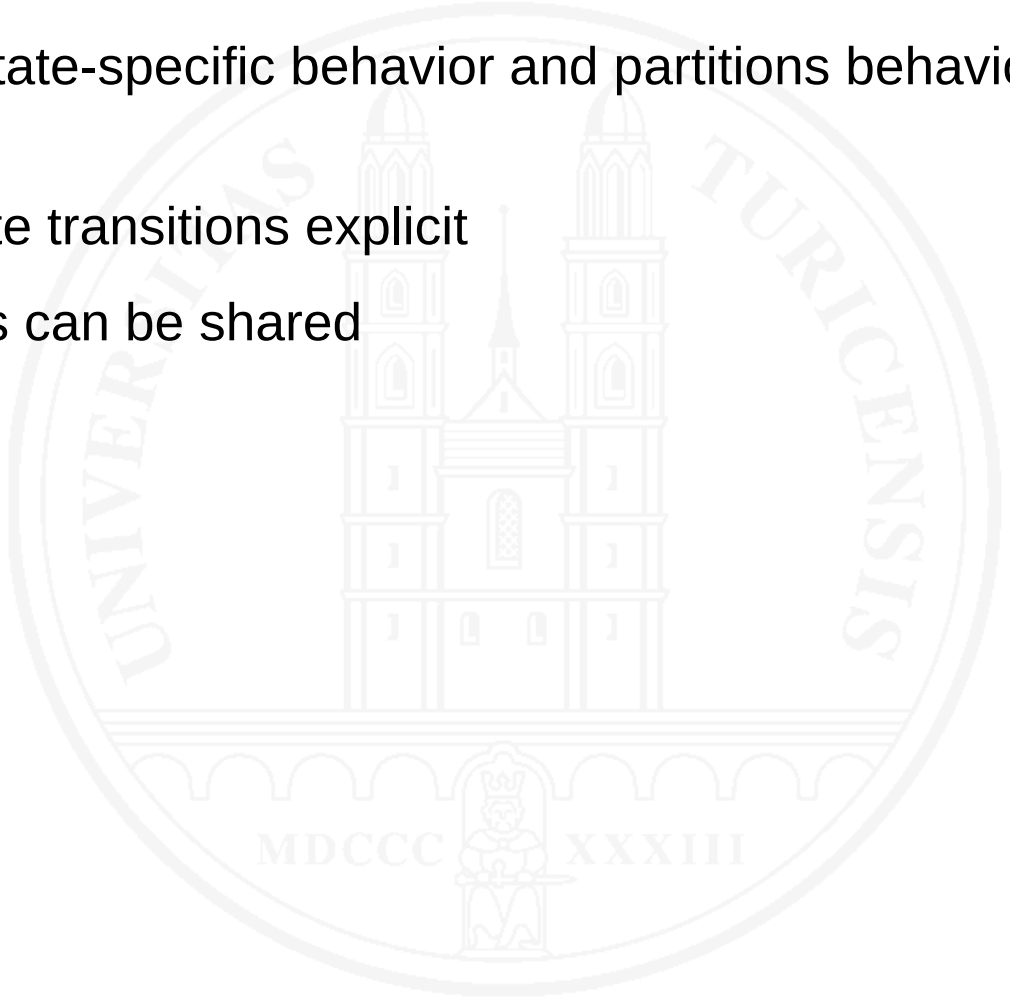
- Intent
  - Allow an object to alter its behavior when its internal state changes. The object will appear to change its class.
- Applicability
  - An object's behavior depends on its state, and it must change its behavior at run-time depending on that state
  - Operations have large, multipart conditional statements that depend on the object's state. Often, several operations will contain this same conditional structure. The state pattern puts each in a separate class.

State (2)



State (3)

- It localizes state-specific behavior and partitions behavior for different states
- It makes state transitions explicit
- State objects can be shared



Factory Method Pattern

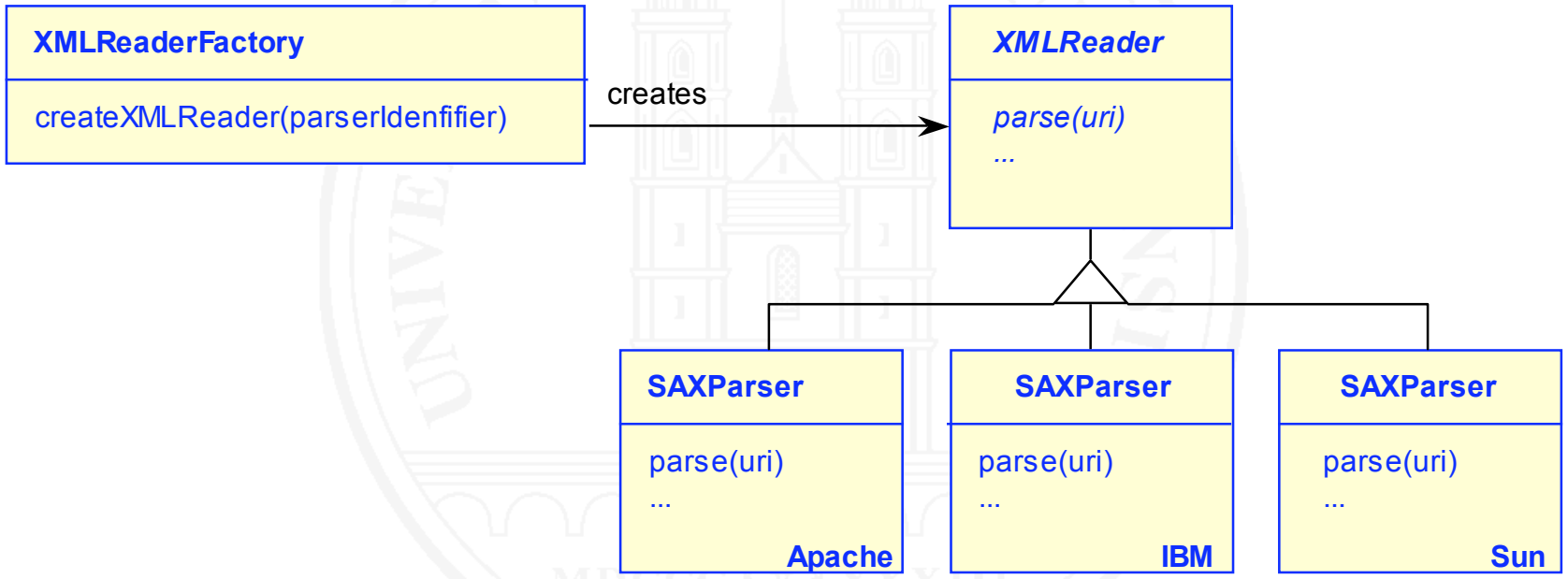
- Beispiel Programm: Parsen eines XML Dokuments

```
import org.xml.sax.XMLReader;
import org.apache.xerces.parsers.SAXParser;

public class Parser {
    public static void main (String[] args) {
            try {
            XMLReader parser = new SAXParser();
            parser.parse("test.xml");
            } catch (Exception e) {e.printStackTrace();}
    }
}
```

- Problem:
  - Verwendeter XML Parser hard-coded
  - Für Framework ungeeignet, da Code meist nicht zugänglich

Factory Method Pattern (2)



Factory Method Pattern (3)

```
import org.xml.sax.XMLReader;
import org.xml.sax.helpers.XMLReaderFactory;

public class ParserFact {
   public static void main (String[] args) {
     try {
        XMLReader parser =
        XMLReaderFactory.createXMLReader(
           "org.apache.xerces.parsers.SAXParser");
        parser.parse("test.xml");
     } catch (Exception e) {e.printStackTrace();}
   }
}
```

Design for Change & Patterns (1)

- Erzeuge Objekte indirekt
  - vermeide Erzeugung eines Objekts durch explizite Spezifizierung der Klasse
  - P: Abstract Factory
- Vermeide hart-codierte Operationsaufrufe
  - Vermeide Abhängigkeit von spezifischen Operationen
  - P: Chain of Responsibility
- Limitiere Plattform Abhängigkeiten
  - vermeide Abhängigkeit von Hardware oder Software Plattform
  - P: Abstract Factory, Bridge

Design for Change (2)

- Verbergen von Objekt Repräsentationen und/oder Implementierungen
  - P: Abstract Factory, Bridge, Proxy
- Isoliere Algorithmen die sich leicht ändern können
  - Vermeide algorithmische Abhängigkeiten
  - P: Builder, Iterator, Strategy
- Verwende abstraktes Coupling und Layering
  - Vermeide strenges Coupling
  - P: Bridge, Observer

Design for Change (3)

- Objekt Komposition oder Delegation
  - Vermeide Funktionalitätserweiterung durch subclassing
  - Detailverständnis der Elternklasse
  - Überschreiben einer kann Überschreiben weiterer Operationen erfordern
  - P: Bridge, Composite, Observer

- Ändern von Klassen
  - bedarf des Source Codes (kommerzielle Class Library)
  - modifizieren vieler existierender Subklassen
  - P: Adapter, Decorator

Design Patterns versus Frameworks

- Framework = eine Menge kooperierender Klassen, die ein wiederverwendbares Design für eine spezifische Klasse von Software darstellen
- z.B. Graphische Editoren, Compiler, DB-Access etc.
- Design Patterns sind
  - abstrakter,
  - kleinere architekturelle Elemente, und
  - weniger spezialisiert als Frameworks

Zusammenfassung

- Vorteile von Design Patterns
  - Gemeinsames Design Vokabular
  - Erleichtern Verständnis von existierenden Systemen sowie deren Beschreibung
  - Objektorientiertes Design wird ergänzt
  - Flexibilität und Wiederverwendbarkeit der entwickelten Systeme

Module

Modul (module). Ein benannter, klar abgegrenzter Teil eines Systems.

(vgl. 5.1; Prinzip 2)

Beispiele für Module (auf verschiedenen Stufen)

- Prozedur/Methode
- abstrakter Datentyp
- Klasse
- Komponente

Charakteristika

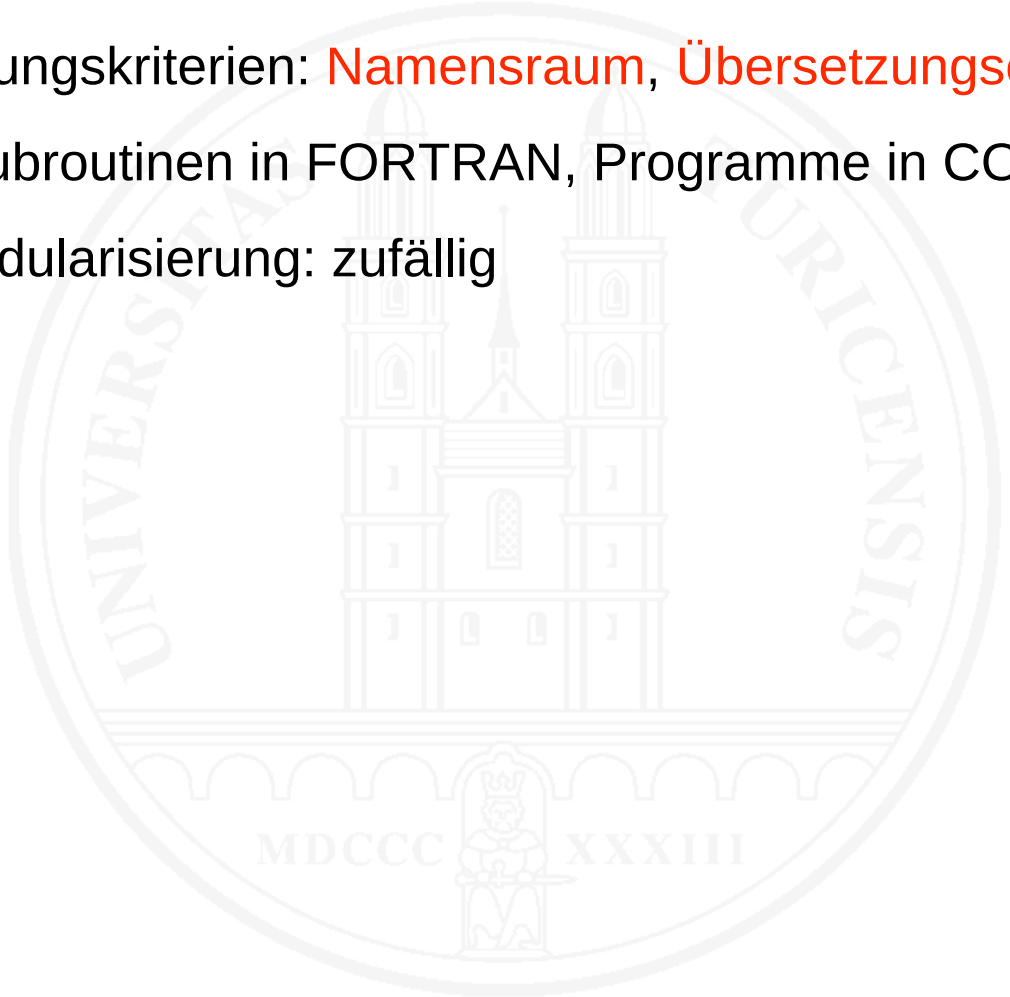
- Ein Modul bildet eine Einheit für
  - Verstehen
  - (Wieder-)Verwendung
  - Komposition / Dekomposition
- Die Verwendung eines Moduls erfordert keine Kenntnisse über seinen inneren Aufbau
- Ein Modul beschreibt sein Leistungsangebot für Dritte in Form einer Schnittstelle
- Ein Modul kann selbst Leistungen Dritter benötigen

Modularisierungsarten

- Strukturorientierte Modularisierung
- Funktionsorientierte Modularisierung
- Datenorientierte Modularisierung
- Objektorientierte Modularisierung
- Komponentenorientierte Modularisierung

Strukturorientierte Modularisierung

- Modularisierungskriterien: Namensraum, Übersetzungseinheit
- Beispiele: Subroutinen in FORTRAN, Programme in COBOL
- Güte der Modularisierung: zufällig



Funktionsorientierte Modularisierung

- Modularisierungskriterium: Jedes Modul berechnet eine Funktion
- Beispiele:
  - Im Kleinen:
    - Strukturierung von Code in Funktionen und Prozeduren in der klassischen Programmierung
    - Strukturierung einer Klasse in Methoden in der objektorientierten Programmierung
  - Im Großen (Modularisierung ganzer Systeme): Structured Design (Stevens, Myers, Constantine 1974, Page-Jones 1988)
- Güte der Modularisierung:
  - gut für rein funktionale, zustandsfreie Probleme
  - gut zur Submodularisierung von Klassen und abstrakten Datentypen
  - sonst zu schwach

Funktionsorientierte Modularisierung – 2: Vorgehen

- Lange Programme in inhaltlich zusammenhängende Einheiten untergliedern
- Funktionen, die an verschiedenen Stellen eines Programms benötigt werden,
  - herauslösen und zu einem separaten Funktionsmodul machen (z.B. einer Methode in objektorientierten Sprachen)
  - Vorgang wird auch Faktorisierung (factoring) genannt
- Auf hohe Kohäsion und geringe Kopplung achten
- Wird eine bestehende Modularisierung restrukturiert, so spricht man auch von Refactoring

Mini-Übung 5.2

Beurteilen Sie Kohäsion und Kopplung:

a) Das Modul berechnet das Alter eines Mitarbeiters aus seinem Geburtsdatum. Zu diesem Zweck wird dem Modul der Mitarbeiter-Stammdatensatz (mit insgesamt rund 50 Feldern) zur Verfügung gestellt.

b) Das Modul druckt wahlweise die Wochenumsatzstatistik, die Monatsumsatzstatistik oder die Jahresumsatzstatistik. Die Auswahl wird über ein Flag gesteuert. Die Daten befinden sich in Dateien; der jeweilige Dateiname wird als Parameter übergeben.

c) Das Modul saldiert den Monatsumsatz, die Überzeitguthaben der Mitarbeitenden und die Zahl der beratenen Kunden.

Datenorientierte Modularisierung

- Modularisierungskriterium: Modul fasst eine Datenstruktur und alle darauf möglichen Operationen zusammen
- Beispiel: Abstrakter Datentyp (ADT)
- Güte der Modularisierung: gut
- Problem: ADT sind streng disjunkt; Gemeinsamkeiten im Leistungsangebot verschiedener ADT können nicht zusammengefasst werden
- Vorgehen:
  - Zusammengehörige Entwurfsentscheidungen identifizieren
  - und deren Umsetzung in je einem Modul kapseln
  - ⇨ Anwendung des Geheimnisprinzips

Objektorientierte Modularisierung

- Modularisierungskriterium: Modul repräsentiert Objekt des Problembereichs oder benötigtes Informatik-Element
- Beispiel: Klassen im objektorientierten Entwurf
- Güte der Modularisierung:
  - gut, wenn Klassen als ADT konzipiert werden.
  - Mäßig bis schlecht, wenn Klassen offen konzipiert werden
- Vorteil: Extrem flexibel und ausdrucksmächtig
- Vorgehen:
  - Anwendungsorientierte Module: Gegenstände der Anwendung modellieren und kapseln
  - Lösungsorientierte Module: Entwurfsentscheidungen kapseln

Komponentenorientierte Modularisierung

- Modularisierungskriterium: Jeder Modul ist eine stark gekapselte Menge zusammengehöriger Elemente, die eine gemeinsame Aufgabe lösen und als Einheit von Dritten verwendet werden
- Beispiel: Werkzeugsatz zur Bearbeitung von Verbunddokumenten
- Güte der Modularisierung: sehr gut
- Vorteil: Als in sich geschlossene Einheit verwendbar
- Problem: Weniger flexibel als Klassen, Verwendung in unbekanntem Kontext stellt sehr hohe Ansprüche an die Qualität der Schnittstellen wie der Implementierung
- Vorgehen: Systemteile, die als Einheit durch Dritte wiederverwendet werden können, zusammenfassen

Schnittstelle und Implementierung

- Verwendbarkeit
  - Die Schnittstelle eines Moduls muss nach außen sichtbar und dokumentiert sein
- Geschlossenheit
  - Der Modul ist ausschließlich über die Schnittstelle zugänglich
  - Die Implementierung des Moduls ist nach außen verborgen
- ⇨ Idealerweise sind Schnittstelle und Implementierung getrennt
- Prozeduren/Methoden: keine oder schwache Trennung
- Klassen in objektorientierten Programmiersprachen: dito

Trennung von Schnittstelle und Implementierung

- Beispiel Modula-2:
- DEFINITON MODULE (Schnittstelle)
- IMPLEMENTATION MODULE (Implementierung)
  - Syntaktisch getrennt
  - Aber noch eng gekoppelt: Zu jeder Schnittstelle genau eine Implementierung gleichen Namens
- Beispiel Java:
- **interface** abc ... (Schnittstelle)
- **class** xyz **implements** abc ... (Implementierung)
  - Schwach gekoppelt: mehrere Implementierungen zu einer Schnittstelle möglich
  - Eine Klasse kann gleichzeitig mehrere Schnittstellen implementieren

Spezifikation der Leistungen eines Moduls

Notwendiges Minimum: Namen/Signaturen der verwendbaren Operationen, Typen, Konstanten und ggf. Variablen, zum Beispiel (Wirth 1985):

```
DEFINITION MODULE InOut;
 ...
 CONST EOL = 15C;
 VAR Done: BOOLEAN;
 ...
 PROCEDURE ReadString (VAR s: ARRAY OF CHAR);
 PROCEDURE ReadInt (VAR x: INTEGER);
 ...
```

Besser: Zusätzlicher, erläuternder Kommentar:

```
PROCEDURE ReadString (VAR s: ARRAY OF CHAR);
(* Reads a text that is being typed on the keyboard into s
*)
```


Spezifikation der Leistungen eines Moduls – 2

Noch besser: Rigorose, teilformale oder formale Spezifikation der Schnittstelle

```
PROCEDURE ReadString (VAR s: ARRAY OF CHAR);
(* PRE: -
   POST: Let str be the string typed on the keyboard,
         terminated by a character <= " " (blank)
        and l = HIGH(s) + 1
        IF length (str) <= l
          THEN s = str (excluding the terminating character)
          ELSE s contains the first l characters of str;
               The remaining characters are ignored: they
              are neither read nor displayed
        END IF.
*)
```

Algebraische Spezifikation einer Schnittstelle

Beispiel: Formale algebraische Spezifikation der Schnittstelle für ein einfaches Konto in Java

```
interface EinfachesKonto
{
    public void Einzahlen (int betrag);
    public void Abheben (int betrag);
    public int Kontostand ();

   //      Axiome:
   //      ∀ k ∈  EinfachesKonto, b ∈ int
   //      (1)       new().Kontostand() = 0
   //      (2)       b ≥ 0 → k.Einzahlen(b).Abheben(b) = k
   //      (3)       b ≥ 0 → k.Einzahlen(b).Kontostand() = k.Kontostand() + b
   //      (4)       b ≥ 0 → k.Abheben(b).Kontostand() = k.Kontostand() - b
}
```

Signaturen: Syntax

Axiome: Semantik

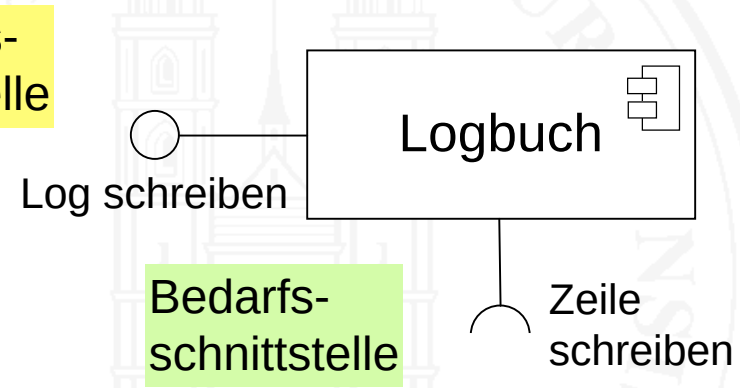
Angebots- und Bedarfsschnittstellen

Zwei Arten von Modulen:

- Dienstleistungsmodul
  - Stellt Leistungen für Dritte bereit
  - Leistungen in einer Angebotsschnittstelle definiert
  - Jede Implementierung der Komponente erbringt die angebotenen Leistungen vollständig selbst
  - Ausnahme: nutzt gegebenenfalls Leistungen des Betriebssystems
- Agentenmodul
  - Stellt Leistungen für Dritte bereit
  - Benötigt zur Erbringung dieser Leistungen die Leistungen von Drittkomponenten
  - Angebots- und Bedarfsschnittstellen erforderlich

Angebots- und Bedarfsschnittstellen – 2

Beispiel eines Agentenmoduls (notiert in UML 2.0):



Schnittstellenvererbung

- Problem:
  - Schaffung eines systematischen Zusammenhangs zwischen ähnlichen Schnittstellen
  - Wiederverwendung bestehender Schnittstellen

- Mittel: Vererbung (wie bei Klassen)

Beispiele – 1

- Von der Schnittstelle EinfachesKonto wird eine Schnittstelle Spielkasino abgeleitet, weil die Definition der Ein- und Auszahloperationen teilweise wiederverwendet werden kann
  - Die Schnittstellen haben keinen systematischen Zusammenhang
  - Finger weg von dieser Art von Wiederverwendung
  - Zu Grunde liegendes Prinzip: Steinbruch[1)]
- Von der Schnittstelle EinfachesKonto wird eine Schnittstelle Sparkonto abgeleitet.
  - Sparkonto hat «Saldo ≥ 0» als zusätzliche Invariante
  - Sparkonto ist ein Spezialfall von EinfachesKonto
  - Zu Grunde liegendes Prinzip: Spezialisierung

1) Als Bild ist hier nicht der Natursteinbruch gemeint, sondern der Antikensteinbruch, d.h. die früher übliche Wiederverwendung von Steinen aus verfallenen Bauten der Antike

Beispiele – 2

- Aber: Korrekte Implementierungen von Sparkonto sind keine korrekten Implementierungen von EinfachesKonto

Warum ist das so?

- Die Implementierungen sind nicht substituierbar

- Von der Schnittstelle EinfachesKonto wird eine Schnittstelle KontoMitVerbuchung abgeleitet, welche bei jeder Mutation von Saldo zusätzlich die Verbuchung dieser Mutation zusichert
  - KontoMitVerbuchung ist eine echte Subschnittstelle von EinfachesKonto: Jede korrekte Implementierung von KontoMitVerbuchung ist gleichzeitig auch eine korrekte Implementierung von EinfachesKonto
  - Zu Grunde liegendes Prinzip: Substituierbarkeit

Arten der Vererbung

Das Prinzip der Vererbung kann in gleicher Weise wie auf Klassen auch auf Schnittstellen angewendet werden:

- **Steinbruch**: Die Vererbung dient nur dazu, Schreibaufwand zu sparen, indem Teile einer bestehenden Schnittstelle übernommen werden. Im übrigen wird beliebig ergänzt und abgeändert.
- **Spezialisierung**: Sei S' eine Subschnittstelle von S. Die von S' offerierten Leistungen sind ein Spezialfall der von S offerierten Leistungen.
- **Substituierbarkeit**: Sei S' eine Subschnittstelle von S. Jede korrekte Implementierung von S' ist gleichzeitig auch eine korrekte Implementierung von S. Dementsprechend ist jede Implementierung von S durch eine beliebige (korrekte) Implementierung von S' ersetzbar.

Schnittstellendefinition mit Verträgen

- Schnittstelle ist Vertrag zwischen Modul und Modulverwender
- Beschreibung des Vertrags mit Zusicherungen (assertions)
- Vier Arten von Zusicherungen
  - Voraussetzungen (preconditions, requirement, Schlüsselworte: pre, require)
  - Ergebniszusicherungen (postconditions, Schlüsselworte: post, ensure)
  - Invarianten (invariants)
  - Verpflichtungen (obligations)
- "Design by Contract" (Meyer 1988, 1992)

Vertragserfüllung

Vertragserfüllung bedeutet:

- Verwender muss
  - Voraussetzungen erfüllen
  - Übernommene Verpflichtungen einhalten
- Modul muss
  - Ergebniszusicherungen erfüllen
  - Invarianten garantieren
  - aber unter der Annahme der Vertragstreue des Modulverwenders!

Schnittstellendefinition mit Verträgen – Eigenschaften

- Leichter lesbar als algebraische Spezifikation
- Präziser und eindeutiger als einfacher Kommentartext
- Voraussetzungen und Resultate klar formulierbar
- Benötigt in der Regel Zustandsvariablen
  - Gefahr implementierungsabhängiger Spezifikationen
  - ➪ Nur solche Zustandsvariablen verwenden, welche eine Entsprechung im Problembereich / der Anwendungsdomäne haben

Sprache für die Formulierung von Verträgen

- Natürliche Sprache ist nur beschränkt geeignet
  - mehrdeutig
  - unpräzise
- Rein formale Sprache häufig zu wenig verständlich
- Besser: Teilformale, deklarative Sprache, basierend auf
  - Prädikaten – soweit möglich
  - Fallunterscheidungen
  - Natürlicher Sprache – wo nötig
  - (möglichst wenig) Zustandsvariablen

Beispiel: Ein einfaches Konto

```
interface EinfachesKonto
{
    // public EinfachesKonto ();
    // PRE –
    // POST int saldo = 0
    public void Einzahlen (int betrag);
    // PRE betrag ≥ 0
    // POST saldo = saldo@PRE + betrag
    public void Abheben (int betrag);
    // PRE betrag ≥ 0
    // POST saldo = saldo@PRE - betrag
    public int Kontostand ();
    // PRE –
    // POST result = saldo and saldo = saldo@PRE
}
```

Syntaktisch Kommentar, da es in Java-Schnittstellen keine Konstruktoren gibt

Erforderlich, damit der Anfangszustand von saldo spezifizierbar ist

Wert einer Zustands-variable bei Prüfung der Voraussetzung

Voraussetzungen und Ergebniszusicherungen

- Spezifizieren die Wirkung einer Operation / Methode einer Schnittstelle
- Voraussetzungen
  - Müssen zum Zeitpunkt des Aufrufs durch den Aufrufer erfüllt sein
  - Werden von der Implementierung der Schnittstelle nicht geprüft
- Ergebniszusicherungen
  - Beschreiben die Effekte der Operation
  - Müssen von jeder Implementierung der Schnittstelle erfüllt werden
  - Aber unter der Annahme, dass die Voraussetzungen erfüllt sind

Mini-Übung 5.3

Benötigt wird ein dreistelliger Dezimalzähler, der von 0 bis 999 hochzählt und dann wieder bei Null beginnt. Es werden drei Operationen benötigt: Reset, Increment und Display

Entwerfen Sie eine Schnittstelle Zähler mit diesen drei Operationen, und zwar

a) mit vertragsorientiertem Entwurf

b) mit algebraischer Spezifikation

Invarianten

- Objekte haben Eigenschaften, die nicht verändert werden dürfen
  - Beispiel: ein Quadrat hat vier gleiche Seiten und ist rechtwinklig
- Wenn eine Methode eine Zustandsvariable nicht verändert, so muss dies explizit zugesichert werden
  - Beispiel: POST result = saldo **and** saldo = saldo@PRE
- Operationen / Methoden hängen zusammen
  - Beispiel: (konto.Einzahlen(n)).Abheben(n) = konto
- Invarianten lösen diese Probleme
  - Beschreiben Eigenschaften der Schnittstelle, die unter allen Operationen invariant sind
  - Entlasten die Ergebniszusicherungen der Operationen
  - Spezifizieren Zusammenhänge zwischen Operationen

Beispiel einer Invariante

```
interface EinfachesKonto
{
// INVARIANT with e = Summe aller mit Einzahlen eingezahlten Beträge,
//                a = Summe    aller mit Abheben abgehobenen Beträge
//                holds saldo = e - a
...
```

- Garantiert, dass der Saldo nur durch Einzahlen und Abheben verändert wird
- Ermöglicht, die Bedingung saldo = saldo@PRE in der Ergebnis-zusicherung von Kontostand wegzulassen

➪ Eine Invariante bezieht sich immer auf die ganze Schnittstelle, nicht auf eine einzelne Operation / Methode

Verpflichtungen

- „Wer A sagt, muss auch B sagen“ (Volksweisheit)
- Mit dem Aufruf einer Operation / Methode übernimmt der Aufrufer häufig Pflichten, zum Beispiel
  - Aufräum- oder Terminierungsoperationen aufzurufen
  - Ein Protokoll von Aufrufen einzuhalten
- Verpflichtungen
  - Spezifizieren Pflichten, die der Aufrufer mit dem Aufruf einer Operationen übernimmt
  - Brauchen in der Darstellung oft temporale Logik

Beispiel: Einfaches Sperrprotokoll

```
// Wer eine Sperre setzt, muss sie später auch wieder freigeben
interface EinfacheSperre
{
  //public EinfacheSperre ();
  //PRE –
  //POST boolean gesperrt = false
  public boolean Sperren ();
  //PRE –
  //POST if gesperrt@PRE then result = false
  //              else gesperrt and result = true endif
  //OBLIGATION sometimes Freigeben()
  public void Freigeben ();
  //PRE –
  //POST gesperrt = false
}
```

Mini-Übung 5.4

Beurteilen Sie die Qualität der folgenden beiden Entwurfsfragmente:

double Sqrt (**double** x);
// PRE –
// POST **if** $x \geq 0$ **then for all** $\varepsilon < 10^{-12}$ **and** $\varepsilon < 10^{-6}x$ $|(Sqrt(x))^2 - x| < \varepsilon$
// **else** Fehlermeldung "x ist negativ" **endif**

double Kalibrieren (**double** a, **double** b);
// Die Korrekturfaktoren a und b werden vom Benutzer eingegeben
// PRE $a \neq 0$
// POST **result** = (this/a)*Fkorr(b)

Was, wann und wo prüfen?

- Vertragsorientierter Entwurf: Voraussetzungen werden nicht geprüft

  Metapher: Vertragstreue Partner
- Vorteil: klare Verantwortlichkeiten, schlanker Code
- Problem: Woher weiß ich, ob mein Partner vertragstreu ist?

  ➪ Gegebenenfalls Zusicherungen dynamisch prüfen
- Defensives Programmieren: Prüfe, was immer du kannst

  Metapher: “Designed for the unexpected”
- Vorteil: Mehr Sicherheit
- Problem: redundante Mehrfachprüfungen
  - blähen den Code auf
  - behindern die Lesbarkeit des Codes

Gefährlich: Implizite Voraussetzungen

- Eine Operation / Methode macht faktisch Voraussetzungen
- Die Voraussetzungen werden weder geprüft noch sind sie dokumentiert
- Der Aufrufer muss entweder die Implementierung kennen oder durch Experimente herausfinden
- Standardvorgehen bei C-Bibliotheken
- Bevorzugte Angriffsstelle für Hacker (Pufferüberlauf-Angriffe)

Prüfregeln für vertragsorientierten Entwurf

- Voraussetzen immer dann, wenn dem Aufrufer die Erfüllung der Voraussetzungen zugemutet werden kann
- Prüfen immer dann, wenn mit Falscheingaben gerechnet werden muss (zum Beispiel bei Benutzereingaben)
- Prüfen nur, wenn eine sinnvolle Behandlung von Fehlern möglich ist
- Bewusste Entwurfsentscheidungen treffen ➔ Nicht dem Geschmack der Programmierer überlassen

Prüfen der Ergebnisse

- Voraussetzungen werden nicht geprüft
- Leistungserbringer prüft Ergebnisse und erzeugt bei falschen oder unzulässigen Ergebnissen Fehlerbedingungen
- Leistungserbringer behandelt den Fehler nicht, sondern gibt nur Fehlerbedingungen an Aufrufer zurück
- Aufrufer interpretiert Fehlerbedingungen und handelt danach
- Nachteil: Umständlich, erschwert Lesbarkeit des Codes des Aufrufers
- Vorteil: Der Aufrufer kennt den Kontext besser: bessere Fehlermeldung möglich
- Aber: wenn schon, dann besser mit Ausnahmebehandlung lösen (siehe unten)

Beispiel für Ergebnisprüfung

```
public abstract class EinfachesKonto
{
    public boolean ok;   // Falsch nach Aufrufen mit ungültigem Ergebnis
    ...
    public abstract void Einzahlen (int betrag);
    // PRE –
    // POST   if betrag ≥ 0 then (saldo = saldo@PRE + betrag) and ok
    //             else (saldo = saldo@PRE) and not ok endif
    ...
}
```

Für den Aufrufer bedeutet das Konstruktionen der Art:

```
...
k.Einzahlen (betrag);
if (!k.ok) ...        // Fehler behandeln
```

Ausnahmebehandlung

- Voraussetzungen werden nicht geprüft
- Leistungserbringer prüft Ergebnisse und erzeugt bei falschen oder unzulässigen Ergebnissen Ausnahmen (exceptions)
- Laufzeitsystem übergibt Steuerung an Ausnahmebehandler des Aufrufers
- Falls kein Behandler vorhanden, wird Ausnahme in der Aufrufhierarchie hochgereicht
- Behandler behandelt Ausnahmen
  - Fehlermeldungen
  - Abbruch oder geordnete Rückkehr in den Programmablauf
- Nachteil: Nicht in allen Programmiersprachen verfügbar
- Vorteil: Code für Normal- und Ausnahmesituationen sauber trennbar
  Keine Variablen zur Weitergabe von Prüfergebnissen nötig

Ausnahmebehandlung, Beispiel

```
public void Einzahlen (int betrag) throws BetragNegativ;

    // PRE –
    // POST  if betrag ≥ 0 then (saldo = saldo@PRE + betrag)
    //       else (saldo = saldo@PRE) and exception BetragNegativ
    //       endif
```

Mini-Übung 5.5

Begründen Sie, warum die Verträge der folgenden beiden Methoden schlecht bzw. gefährlich sind. Entwerfen Sie gute Verträge.

double Sqrt (**double** x);
// PRE –
// POST **if** $x \geq 0$ **then for all** $\varepsilon < 10^{-12}$ **and** $\varepsilon < 10^{-6}x$ $|(Sqrt(x))^2 - x| < \varepsilon$
else Fehlermeldung "x ist negativ" **endif**

double Kalibrieren (**double** a, **double** b);
// Die Korrekturfaktoren a und b werden vom Benutzer eingegeben
// PRE $a \neq 0$
// POST **result** = (this/a)*Fkorr(b)

Dynamische Prüfung von Zusicherungen

- Geeignet formulierte Zusicherungen in Programmen sind maschinell prüfbar
- Mächtiges Mittel zur dynamischen Prüfung von Programmen
  - Als eigenständiges Prüfverfahren
  - Zur Lokalisierung von Defekten bei der Behebung von beim Testen festgestellten Fehlern (Debugging)
- In manchen Programmiersprachen (z. B. Eiffel) direkt programmierbar
- Sonst mit Hilfskonstrukten zu programmieren, z. B. in Java bis Version 1.3 mit Ausnahmen
- Java 1.4 bietet neu einen primitiven, auf Ausnahmebehandlung basierenden Zusicherungsmechanismus als Bestandteil der Sprache

Dynamische Prüfung in Eiffel

- Hochzähloperation für einen Zähler mit oberer Grenze

```
-- upper: Obere Grenze
-- count: aktueller Zählerwert

add(n: INTEGER) is
  require
    (n > 0) and (count + n <= upper)
  do
    count := count + n
  ensure
    count = old count + n
  end -- add
```

Dynamische Prüfung in Java 1.4 – 1

```
class BoundedCounter {
private int count, lower, upper;
…                                   // add constructor method here
public void add(int n) {
   // assert precondition
   assert (n > 0) && (count + n <= upper) :
       "precondition violated:  n: " + n + " count: " + count
       + " upper: " + upper;

   // Inner class that saves state to verify postcondition
   class DataCopy {
       private int countCopy;
       DataCopy(int value) {countCopy = value; }
       int countAtPRE() { return countCopy; }
   }
   DataCopy copy = new DataCopy(count);
   // Creates an object that saves the value of count@PRE
```

Dynamische Prüfung in Java 1.4 – 2

```
   // productive code
   count = count + n;

   // assert postcondition
   assert count == copy.countAtPRE() + n :
       "postcondition violated:  count: " + count +
       " count@PRE: "  + copy.countAtPRE() + " n: " + n;
 }
…

// assert invariant
assert count >= lower && count <= upper :
       "invariat violated:  count: " + count + " lower: " +
        lower + " upper: " + upper;
}
```

Dynamische Prüfung in Java 1.4 – 3

```
//Main program for testing
public static void main (String[] args) {
   BoundedCounter bc = new BoundedCounter(0, 0, 100);
   bc.add(25);
   bc.add(50);
   bc.add(33);
}
```

Ausführungsprotokoll:

```
$ javac -source 1.4 BounderCounter.java
$ java BoundedCounter
$ java -ea BoundedCounter
Exception in thread "main" java.lang.AssertionError: precondition violated:  n: 33 count:
    75 upper: 100
      at BoundedCounter.add(BounderCounter.java:20)
      at BoundedCounter.main(BounderCounter.java:53)
```

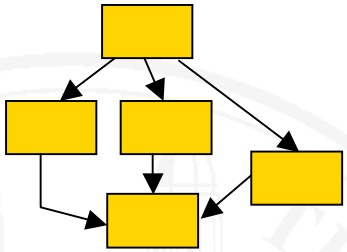
Verträge für Bedarfsschnittstellen

Vertrag ist invers zu Verträgen für Angebotsschnittstellen

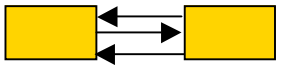
- Für jede benötigte Operation sind zu spezifizieren
  - Die Voraussetzungen, welche die benötigte externe Operation höchstens machen darf
  - Die Ergebniszusicherungen, welche die benötigte Operation mindestens machen muss
- Notwendige Invarianten: Eigenschaften, welche jede Implementierung der benötigten Komponente unverändert lassen muss

Formen der Zusammenarbeit

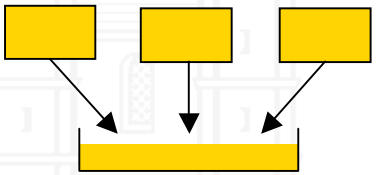
- Leistungserbringung



- Informationsaustausch



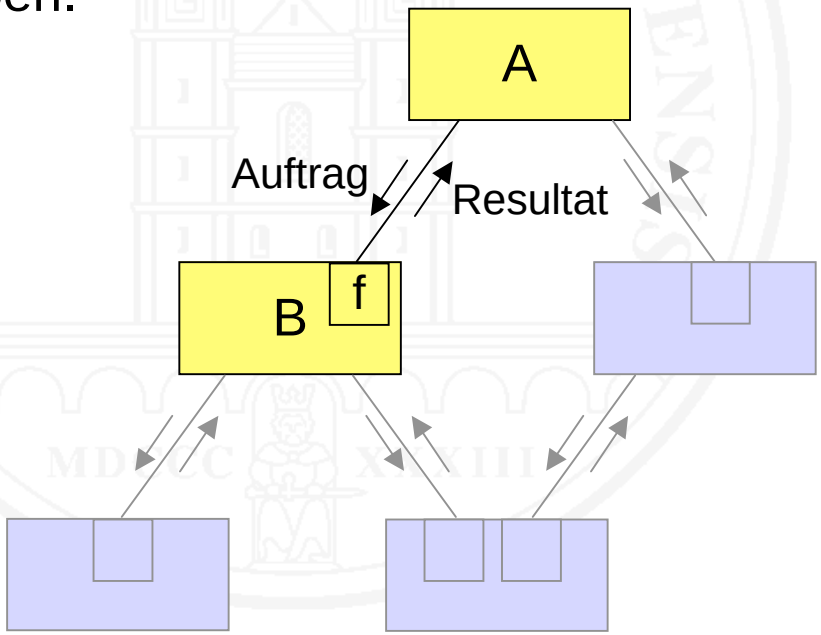
- Informationsteilhabe



- Die Art der Zusammenarbeit definiert wesentlich den Entwurfsstil
- Die Zusammenarbeit muss dokumentiert werden

Leistungserbringung – 1

- Motiv: Delegieren von Aufgaben
- Situation 1
  - A will eine benötigte Funktion f durch B ausführen lassen.
  - Mit Ausnahme des Funktionswerts soll der Systemzustand unverändert bleiben.

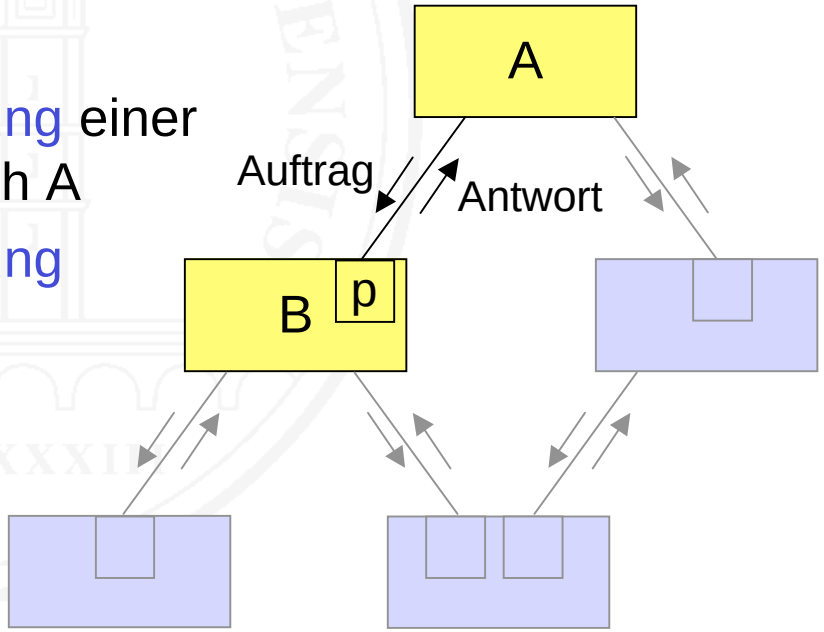


Leistungserbringung – 2

- Mittel
  - Statisch gebundener Aufruf einer Funktionsprozedur oder Methode f in B durch A
  - Dynamisch gebundene Anwendung einer Methode f (mit Rückgabewert) auf das Objekt B durch A
  - Dynamisch gebundene Anwendung einer Methode f aus einer Oberklasse von B auf das Objekt B durch A : super.f
- Bemerkungen
  - Ausführung von f darf den Systemzustand nicht verändern mit Ausnahme des Funktionswerts
    - ➪ Die Verwendung einer Funktion ist nebenwirkungsfrei
  - Als Parameter und Resultat werden in der Regel Daten oder Objekte übergeben

Leistungserbringung – 3

- Situation 2
  A will eine benötigte Operation durch B ausführen lassen. Die Ausführung kann (oder soll) den Systemzustand verändern.
- Mittel
  - Statisch gebundener Aufruf einer Prozedur oder Methode p in B durch A
  - Dynamisch gebundene Anwendung einer Methode p auf das Objekt B durch A
  - Dynamisch gebundene Anwendung einer Methode p aus einer Oberklasse von B auf das Objekt B durch A : super.f



Leistungserbringung – 4

- Bemerkungen
  - Direkt veränderbar sind:
    - Ausgabeparameter von p
    - Zustand des Moduls, der p enthält, bzw. des Objekts, auf das p angewendet wird.
  - Indirekt veränderbar sind
    - Alle Zustände von Elementen, die von Operationen veränderbar sind, an die p (direkt oder transitiv) Arbeit delegiert.
  - Beliebige Nebenwirkungen möglich
  - Als Parameter können Daten, Operationen und Objekte übergeben werden
  - Rückruf / Delegation durch Übergabe von Operationen und Objekten möglich

Informationsaustausch

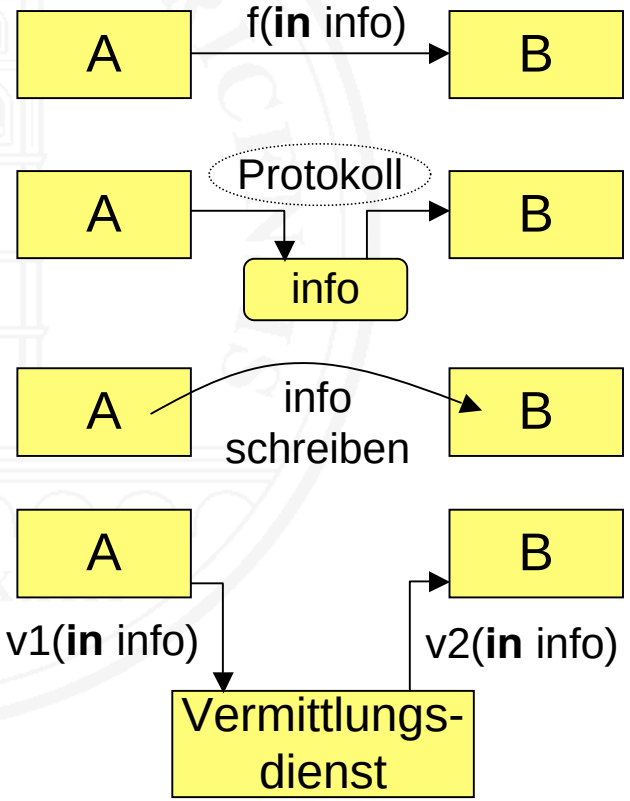
- Motiv: Organisation der Zusammenarbeit zwischen Komponenten nach dem Prinzip
  - der Wertschöpfungskette oder der Fließbandarbeit (Bringprinzip)
  - einer Kette von Einkäufern (Holprinzip)
  - von Lieferverträgen (Abonnementsprinzip)
- Information: Daten, Operationen oder Objekte

Mini-Übung 5.6

Nach welchem Prinzip arbeiten Pipes in UNIX?

Informationsaustausch: Bringprinzip – 1

- Situation 1
  A will Informationen an B weiterreichen (Bringprinzip)
- Mittel
  - Aufruf mit Parameterübergabe
  - Zugriff auf globale Variablen
  - Direktmanipulation von Attributen
  - Verwendung eines Vermittlungsdienstes

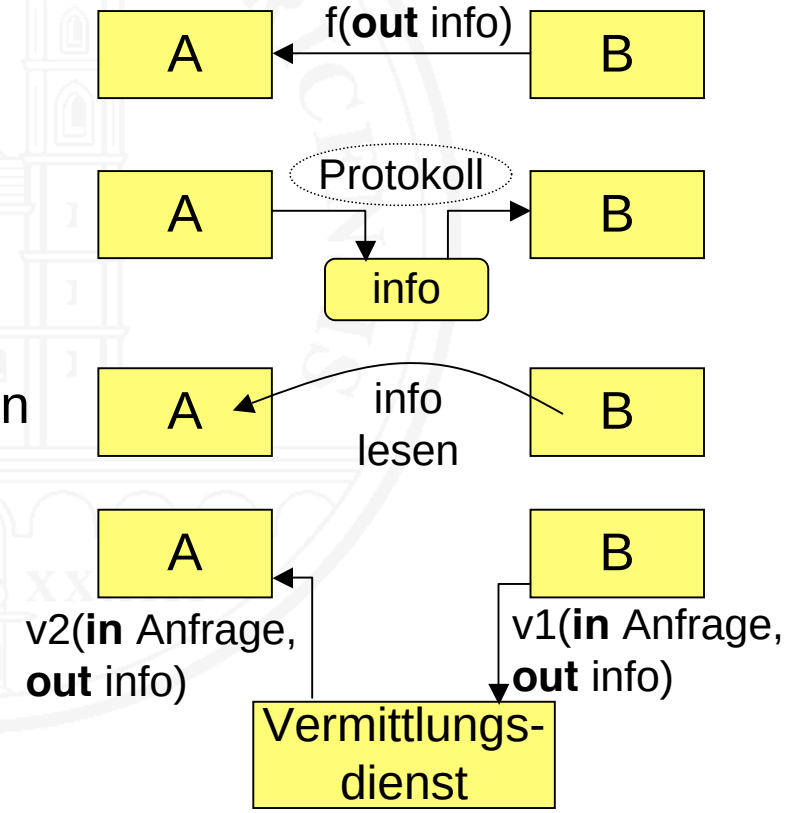


Informationsaustausch: Bringprinzip – 2

- Bemerkungen
  - Übergabe mit Wertparameter: nebenwirkungsfrei, schwache Kopplung
  - Übergabe von Operationen und Objekten: mächtiger und flexibler
    Aber: Nebenwirkungen und Rückwirkungen auf A möglich, stärkere Kopplung
  - Globale (oder teilglobale) Variablen: fast immer Nebenwirkungen, Synchronisation erforderlich, starke Kopplung
  - Direktmanipulation: sehr starke Kopplung ➪ vermeiden
  - Vermittlungsdienst: entkoppelt A und B, ermöglicht geografische Verteilung
    Aber: Funktionen und Objekte nur eingeschränkt übertragbar

Informationsaustausch: Holprinzip – 1

- Situation 2
  A will Informationen von B erhalten (Holprinzip)
- Mittel
  - Aufruf mit Parameterübergabe
  - Zugriff auf globale Variablen
  - Direktmanipulation von Attributen
  - Verwendung eines Vermittlungsdienstes

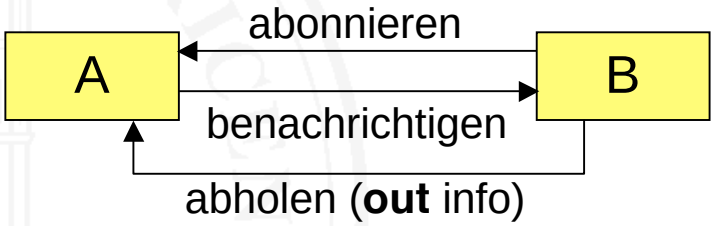


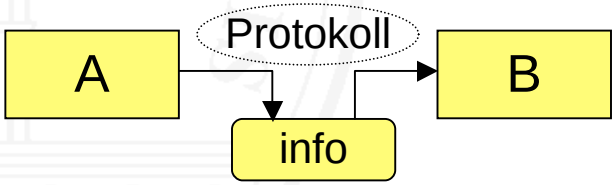
Informationsaustausch: Holprinzip – 2

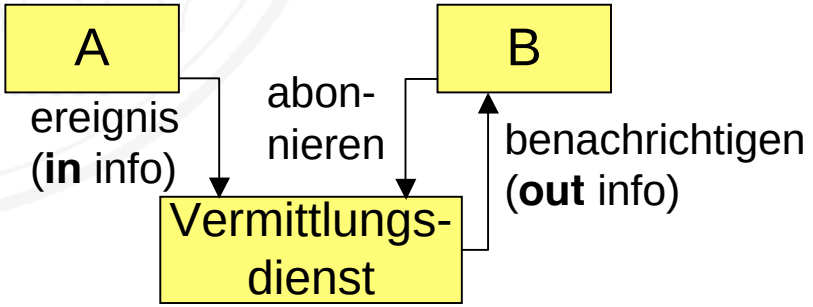
- Bemerkungen
  - Übernahme als Referenzparameter: nebenwirkungsfrei und schwach koppelnd, wenn Daten nicht verändert werden
    Sonst: massive Nebenwirkungen möglich
  - Übernahme von Operationen und Objekten: mächtiger und flexibler Aber: Nebenwirkungen und Rückwirkungen auf A möglich, stärkere Kopplung
  - Globale (oder teilglobale) Variablen: fast immer Nebenwirkungen, Synchronisation erforderlich, starke Kopplung
  - Direktmanipulation: starke Kopplung ➪ nur verwenden, wenn Änderungen in der Struktur der gelesenen Daten wenig wahrscheinlich
  - Vermittlungsdienst: entkoppelt A und B, ermöglicht geografische Verteilung
    Aber: Funktionen und Objekte nur eingeschränkt übertragbar

Informationsaustausch: Abonnementsprinzip – 1

- Situation 3
  - B abonniert Informationen bei A
  - A benachrichtigt B, worauf B abholt (Abonnementsprinzip)
- Mittel
  - Abonnieren-Benachrichtigen-Holen (Beobachtermuster)
  - Zugriff auf globale Variablen
  - Verwendung eines Vermittlungsdienstes







Informationsaustausch: Abonnementsprinzip – 2

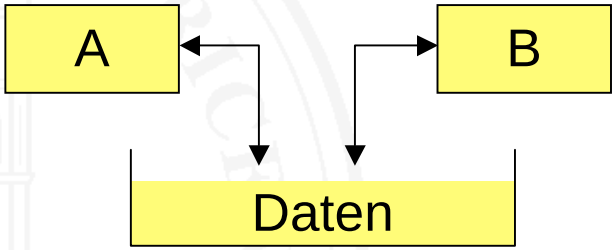
- Bemerkungen
  - Dient zur Trennung eng kooperierender Aufgaben in separate Module (Entkopplung)
  - Kopplung zwischen A und B wird von stark auf mittel reduziert.
  - Verwendung globaler oder teilglobaler Variablen zur Realisierung eines Abonnementsprinzips ist aufwendig und fehlerträchtig
    ➪ vermeiden
  - Verwendung eines Vermittlungsdienstes entkoppelt A und B, ermöglicht geografische Verteilung
    Aber: Funktionen und Objekte nur eingeschränkt übertragbar

Informationsteilhabe

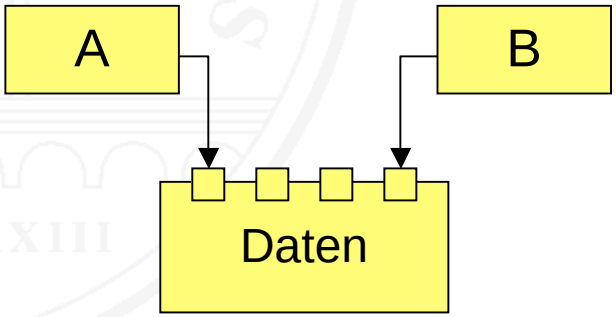
- Motiv: Komponenten sind gleichberechtigte Teilhaber an einer Menge von Information
  - Offene, direkte Teilhabe: gemeinsame Speicher
  - Gekapselte, direkte Teilhabe: Datenabstraktionen
  - Teilhabe über einen gemeinsamen Datenverwalter: Informationsdepot

Informationsteilhabe: gemeinsamer Speicher – 1

- Situation 1
  A und B nutzen einen gemeinsamen Speicherbereich
- Mittel:
  - Direktzugriff auf gemeinsamen Speicher



  - Gemeinsam genutzte Datenabstraktion

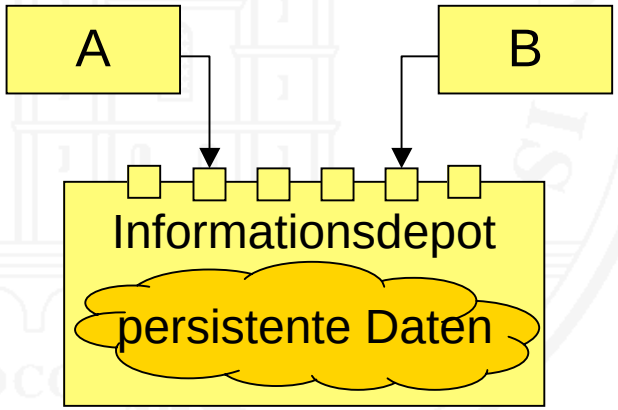


Informationsteilhabe: gemeinsamer Speicher – 2

- Bemerkungen
  - Direktzugriff ist einfach und schnell
    Aber: erfordert Sichtbarkeit der Datenstrukturen und explizite Synchronisation ➪ starke Kopplung
  - Gemeinsam genutzte Datenabstraktion verbirgt Datenstrukturen und Synchronisation

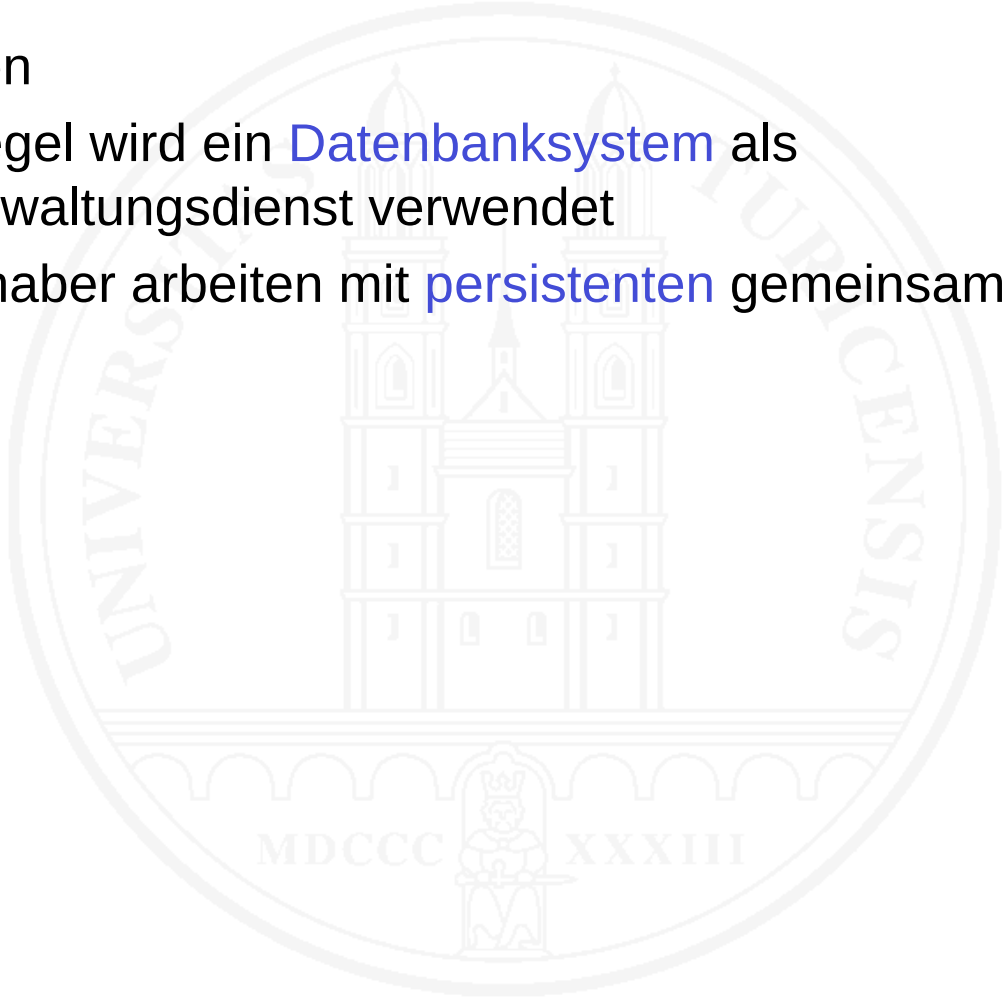
Informationsteilhabe: Informationsdepot – 1

- Situation 2
  Mehrere Teilhaber betreiben ein gemeinsames Informationsdepot (Repository)
- Mittel:
  - Verwaltung und Zugriff durch einen Datenverwaltungsdienst



Informationsteilhabe: Informationsdepot – 2

- Bemerkungen
  - In der Regel wird ein Datenbanksystem als Datenverwaltungsdienst verwendet
  - Die Teilhaber arbeiten mit persistenten gemeinsamen Objekten



Mini-Übung 5.7

Die Authentifizierung eines Benutzers soll über eine persönliche Benutzerkarte mit PIN-Code erfolgen

Entwerfen Sie eine Modularisierung dieser Authentifizierung

a) nach dem Prinzip des Delegierens von Aufgaben

b) nach dem Prinzip der Wertschöpfungskette (Bringprinzip)

Zusammenarbeit und Entwurfsstil

- Die meisten Entwurfs- bzw. Architekturstile verwenden eine charakteristische Form der Zusammenarbeit

- Zusammenarbeit bei funktionsorientiertem Stil
  - Leistungserbringung mit statisch gebundenen Funktionen und Prozeduren
  - Azyklische Aufrufhierarchie
  - Übergabe von Daten als Parameter
  - Sekundär: Zusammenarbeit durch Informationsteilhabe mit direktem Lesen/Schreiben gemeinsamer Speicherbereiche

Zusammenarbeit und Entwurfsstil – 2

- Zusammenarbeit bei datenorientiertem Stil
  - Leistungserbringung mit statisch gebundenen Funktionen und Prozeduren
  - Azyklische Aufrufhierarchie
  - Übergabe von Daten als Parameter
  - Informationsteilhabe über gemeinsame Speicher (gekapselt in abstrakten Datentypen) oder über gemeinsames Informationsdepot

Zusammenarbeit und Entwurfsstil – 3

- Zusammenarbeit bei objektorientiertem Stil
  - Alle Zusammenarbeitsformen möglich
  - Leistungserbringung mit statisch oder dynamisch gebundenen Methoden
  - Übergabe von Daten und Objekten
  - Meistens nicht azyklisch
  - Informationsaustausch in allen Formen; häufig nach dem Abonnementsprinzip
  - Informationsteilhabe über gemeinsame Speicher (gekapselt in Klassen) oder über gemeinsames Informationsdepot
  - Bestimmte Entwurfsmuster (Gamma et al. 1995) verwenden spezifische Arten der Zusammenarbeit, z.B. Abonnementsprinzip im Beobachtermuster

Zusammenarbeit und Entwurfsstil – 4

- Zusammenarbeit bei prozessorientiertem Stil
  - Informationsaustausch nach Bring- oder Holprinzip; in der Regel über einen Vermittler (Kommunikationssystem)
  - Informationsteilhabe mit direktem Lesen/Schreiben gemeinsamer Speicherbereiche

Dokumentation der Zusammenarbeit

- Durch Zusammenarbeit werden aus Modulen bzw. Komponenten Systeme
- Die Festlegung und Dokumentation der Zusammenarbeit ist eine zentrale Entwurfsaufgabe
- Dokumentation der einzelnen Komponenten
  - Leistungsangebot: Angebotsschnittstelle(n)
  - Leistungsbedarf: Bedarfsschnittstelle(n)
- Dokumentation der Komposition
  - Statische Struktur typisch durch Diagramme
  - Dynamischer Ablauf wo nötig durch Zusammenarbeitsprotokolle (meistens mit Automaten / Statecharts
- Der Dokumentationsbedarf hängt vom Grad der Unabhängigkeit der Komponenten ab

Gemeinsam erstellte Komponenten

Bei gemeinsam erstellten und vertriebenen Komponenten

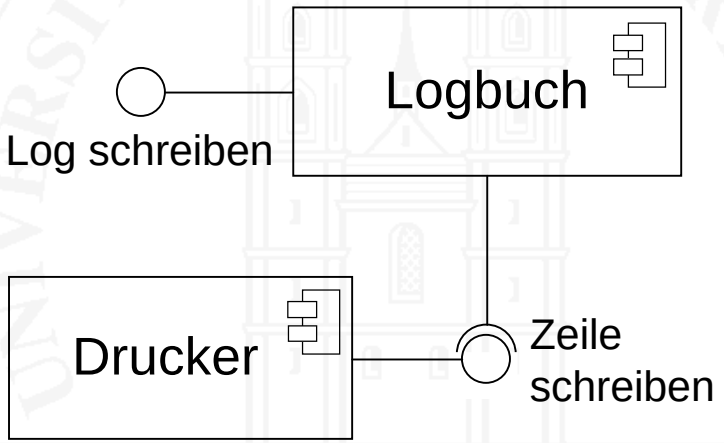
- Komponenten und Zusammenarbeit werden miteinander verzahnt entworfen
- Der Verwendungskontext jeder Komponente ist bekannt
- Entwerfende stimmen Schnittstellen und Zusammenarbeitsbedürfnisse aufeinander ab
  - Angebotsschnittstellen häufig nur syntaktisch definiert
  - Bedarfsschnittstellen in der Regel nicht explizit definiert, ggf. Namen der benötigten Komponenten aufgelistet
  - Dokumentation der Zusammenarbeit durch Kompositions-diagramm(e)

Separat erstellte Komponenten

- Bei separat erstellten und vertriebenen Komponenten
- Jede Komponente steht für sich und kennt bei Erstellung ihren Verwendungskontext nicht
- Präzise Definition der Angebotsschnittstelle(n) notwendig, damit die Komponente verwendbar ist
- Präzise Definition der Bedarfsschnittstelle(n) notwendig, damit die Komposition von Komponenten möglich ist
- Dokumentation der Komposition durch Kompositionsdiagramme

Kompositionsdiagramm

Beispiel eines Kompositionsdiagramms (in UML 2.0)



Literatur

Siehe Literaturverweise im Kapitel 6 des Skripts. Weitere Literatur:

Szyperski, C. (1998). *Component Software – Beyond Object-Oriented Programming*. Harlow, England etc.: Addison-Wesley.

Wirth, N. (1985). *Programming in Modula-2*. 3rd edition. Berlin, etc.: Springer.

Im Skript [M. Glinz (2005). *Software Engineering*. Vorlesungsskript, Universität Zürich] lesen Sie Kapitel 6.

Im Begleittext zur Vorlesung [S.L. Pfleeger, J. Atlee (2006). *Software Engineering: Theory and Practice*, 3rd edition. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education International] lesen Sie Kapitel 5 und Kapitel 6.5-6.7.

Hinweis: Die Terminologie in Pfleeger/Atlee (conceptual design / system design einerseits und technical design / program design andererseits) ist unglücklich und in ihrer Verwendung nicht konsistent. Das, was sie als conceptual design definieren, gehört nach unserer Meinung weitgehend noch zu den Anforderungen. Auf der anderen Seite unterscheiden sie beim technical design nicht hinreichend zwischen Architektur- und Detailüberlegungen. Wir empfehlen daher, sich an unsere Terminologie (Architekturentwurf /Konzipierung einerseits und Detailentwurf andererseits) zu halten.