33. Strukturelle Analyse für Kontextmodell und Top-Level-Architektur (Systemanalyse)

Wie man ein System auf grobkörniger Ebene strukturiert

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann
Institut für Software- und Multimediatechnik
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
TU Dresden
Version 19-0.1, 15.06.19

DRESDEN concept
Exzellenz aus Wissenschaft und Kultur

Literatur

- ST für Einsteiger, Kap. Klassendiagramme
- Zuser, Kap. 7-9
- Störrle Kap. 6 (!!)
- Balzert Kap. 6-7, 9-10

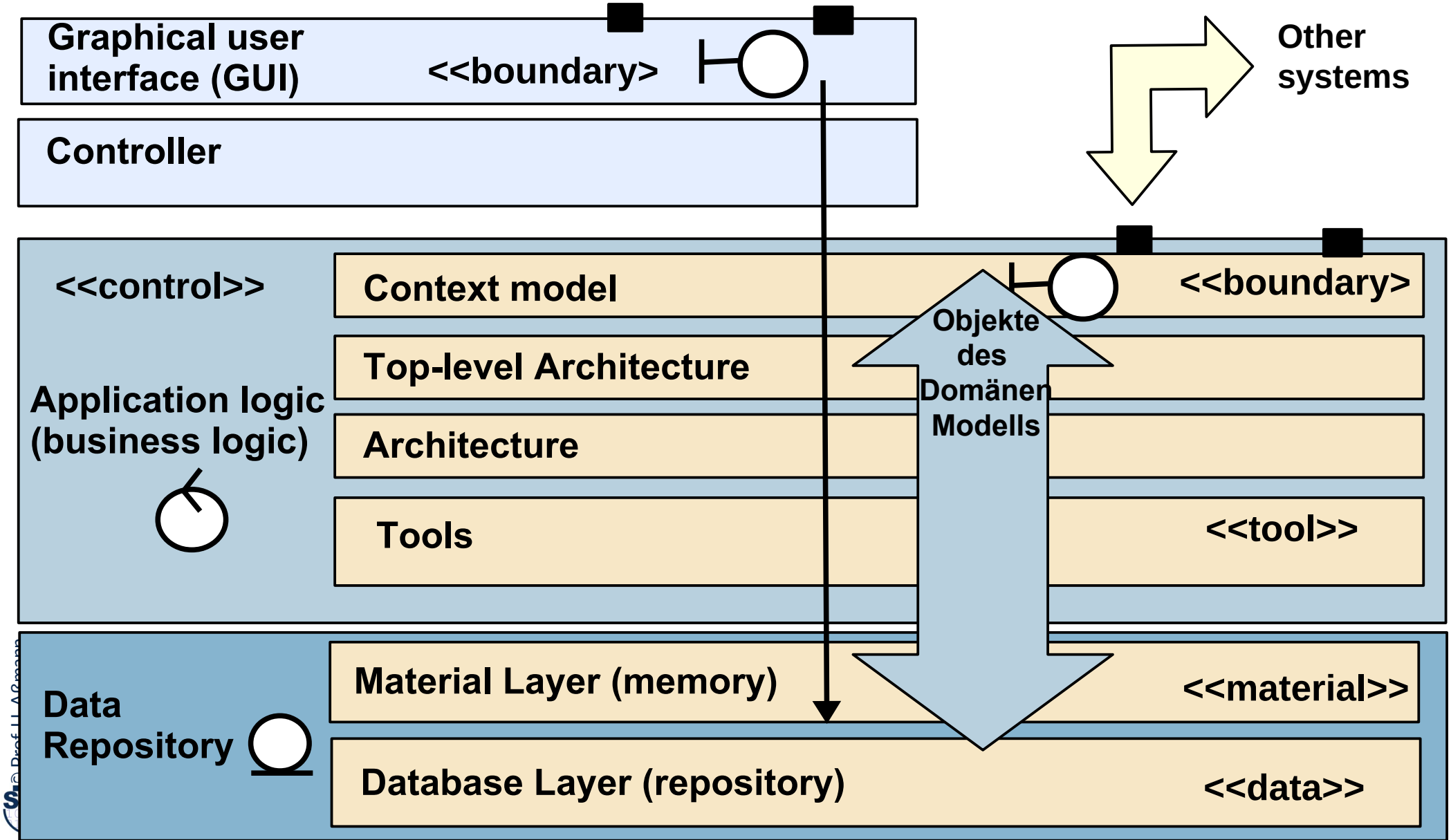
Überblick Teil III: Objektorientierte Analyse (OOA)

1. Überblick Objektorientierte Analyse
   1. (schon gehabt:) Strukturelle Modellierung mit CRC-Karten
2. Strukturelle metamodellgetriebene Modellierung mit UML
   1. Strukturelle metamodellgetriebene Modellierung für das Domänenmodell
   2. Strukturelle Modellierung von komplexen Objekten
   3. Strukturelle Modellierung für Kontextmodell und Top-Level-Architektur
3. Analyse von funktionalen Anforderungen (Verhaltensanalyse)
   1. Funktionale Verfeinerung: Dynamische Modellierung und Szenarienanalyse mit Aktionsdiagrammen
   2. Funktionale querschneidende Verfeinerung: Szenarienanalyse mit Anwendungsfällen, Kollaborationen und Interaktionsdiagrammen
   3. (Funktionale querschneidende Verfeinerung für komplexe Objekte)
4. Beispiel Fallstudie EU-Rent

Warum ist dieses Kapitel wichtig?

- Kontextmodelle gehören ins Pflichtenheft und bilden einen wesentlichen Teil des Vertrags zwischen Softwarefirma und Kunde.
- Ihre präzise Spezifikation ist essentiell für das Projekt.

Warum komplexe Objekte des Domänenmodells alle Schichten kreuzen, auch CM und TLA



Q5: Schritte der Modellierung in Bezug auf Schichten des Systems

Schichten	Analyse	Entwurf	Feinentwurf	Implementierung
		Verfeinerung		
Benutzungsschnittstelle (Boundary) GUI				
Benutzungsschnittstelle (Boundary) Controller				
Kontextmodell	Aufstellung aus Domänenmodell; Erarbeitung System-schnittstellen	stabil	Umsetzen auf jUML	stabil
Top-Level-Architektur	Verfeinerung des Kontextmodells	stabil	Umsetzen auf jUML	stabil
Anwendungslogik (Control) Architektur		Ausarbeitung Architektur (PSM)	Einziehen von Plattformabhängigkeiten (PSM); Umsetzen auf jUML; Serialisierung	Details ausfüllen, Methoden ausprogrammieren
Anwendungslogik (Control) Tools		Ausarbeitung Tools	Einziehen von Plattformabhängigkeiten (PSM); Umsetzen auf jUML; Serialisierung	Details ausfüllen, Methoden ausprogrammieren
Datenhaltung (Database) Material	Aufstellung aus Domänenmodell		Einziehen von Plattformabhängigkeiten (PSM); Umsetzen auf jUML;	Details ausfüllen, Methoden ausprogrammieren

Toll Collect

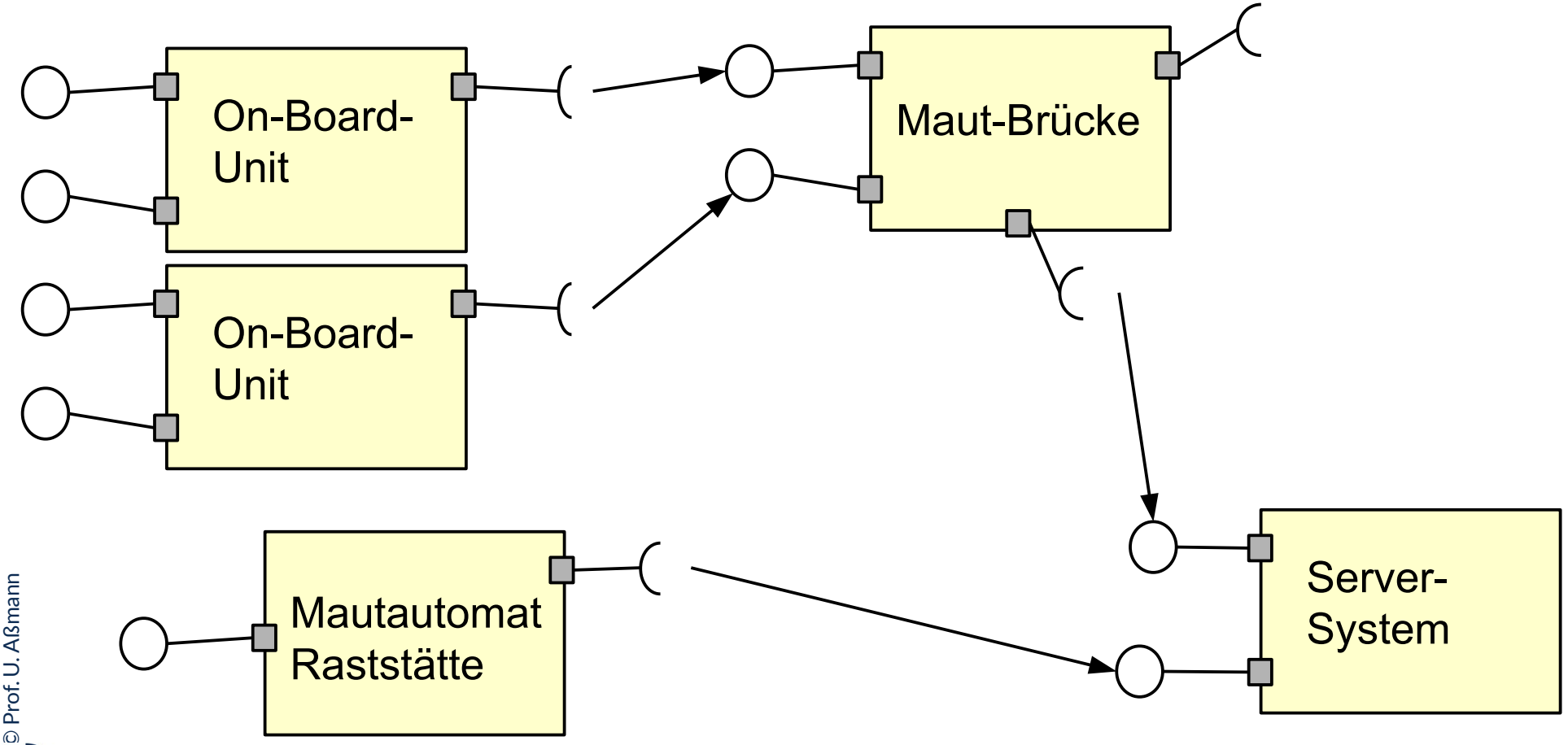
http://de.wikipedia.org/wiki/Lkw-Maut_in_Deutschland

- Auftragnehmer Telekom und Daimler Financial Services
- Schätzung der Einnahmen auf 3 Mrd jährlich
- Inbetriebnahme geplant 31.8.2003, dann 2.11. 2003
  - Tägliche Vertragsstrafe 250k€
- Realisiert 1.1. 2005, vollständig 1.1.2006

- Vertrag mit allen Anlagen und Nebenvereinbarungen aus 17.000 Seiten.
  - Der Kernvertrag, in dem Fragen der Haftung, Vertragsstrafen und Kündigungsfristen geregelt sind, umfasst 190 Seiten.

Warum war TollCollect verspätet? (Beobachtungen)

- Die Integrationsarbeiten auf oberster Ebene wurden unterschätzt
- Die Interaktionen zwischen den Systemen (ihren Kontextmodellen) wurden zu spät auf Skalierbarkeit getestet



Notation: UML Komponenten

Die Fragen der Systemanalyse im Kundengespräch

- Def.: Die **Systemanalyse** fragt nach den Schnittstellen und der Struktur der obersten Schichten eines Systems.

Die obersten Schichten eines Systems sind meist hierarchisch gestaltet. Typische Fragen der Systemanalyse:

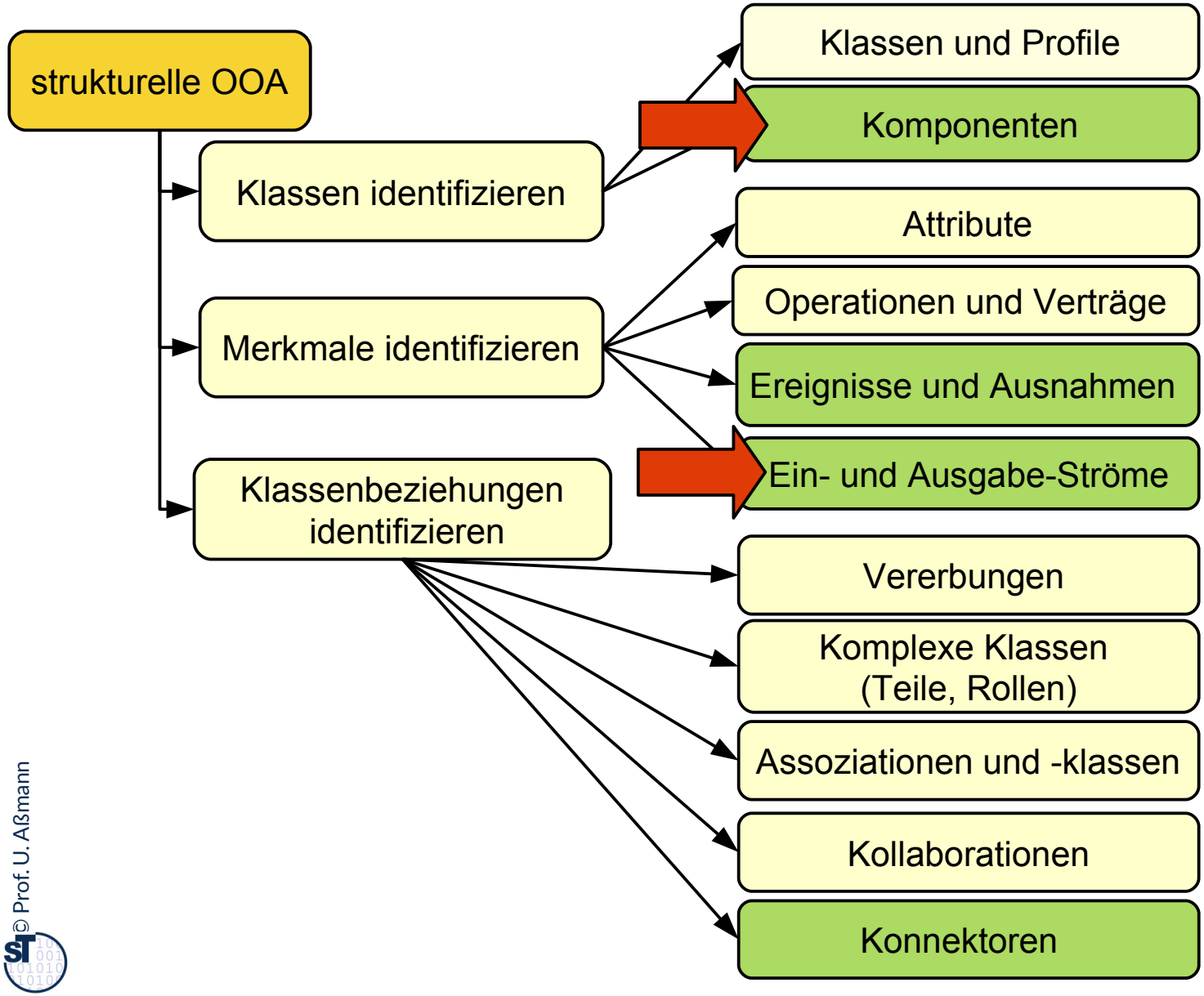
- *Welche **Komponenten** hat das System?*
- *Welche Dienste soll das System liefern? (**Schnittstellen**)*
- *Welche Daten sollen in das System fließen? (Streams, Senken)*
  - *Datentypen, die in und aus dem System fließen, gehören ins Domänenmodell*
- *Wie kommuniziert das System mit anderen Systemen? (**Kanäle, Konnektoren**)*
- *Welche Ereignisse treten außerhalb des Systems auf und wie fließen sie in das System? (**Ereigniskanäle**)*
- *Welche Ereignisse treten innerhalb des Systems auf und wie reagiert das System? (**Ausnahmen**, exceptions)*

33.1 UML-Komponentenklassen für Verbundobjekte (Hierarchische komplexe Klassen)

- In der objektorientierten Systemanalyse wird das System als Großobjekt (komplexes Objekt) betrachtet, das
  - an die Umgebung Dienste anbietet
  - von der Umgebung Dienste beansprucht
- UML-Komponenten sind hierarchisch aggregierte komplexe Klassen mit *angebotenen* und *benötigten* Schnittstellen

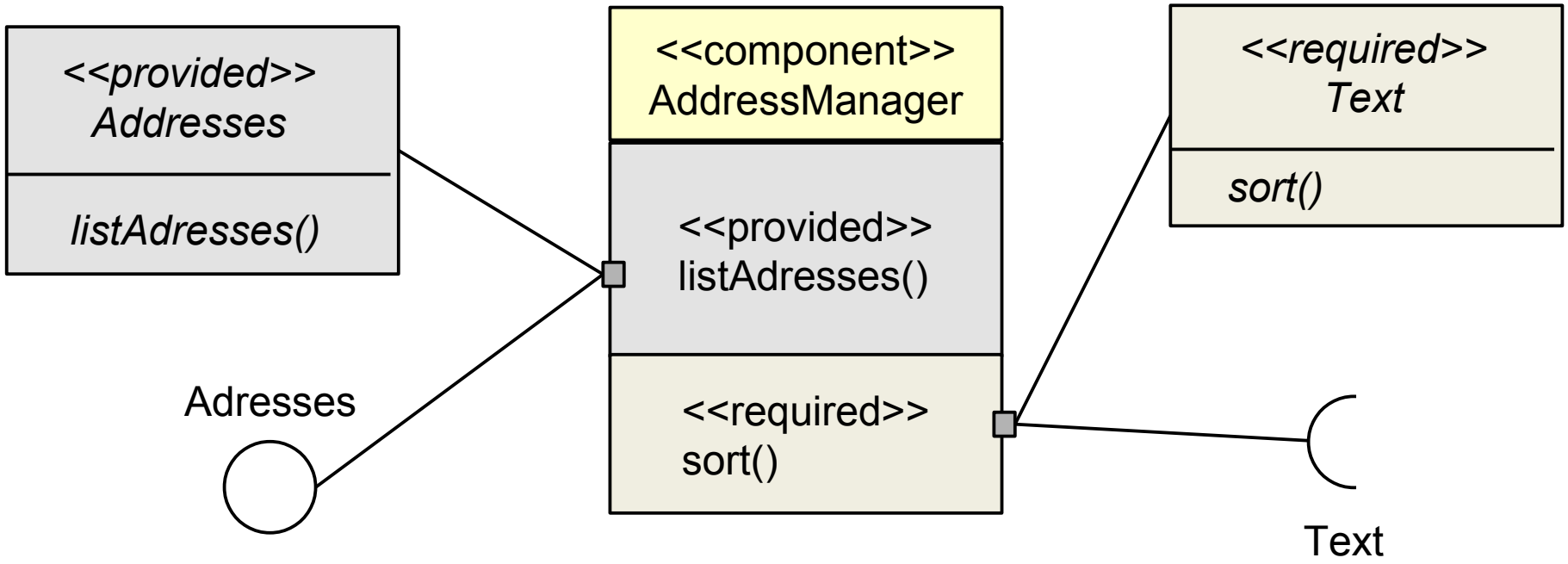
Q6: Schritte der strukturellen, metamodellgetriebenen Analyse

- gelb: Domänenmodell; grün: Kontextmodell, TopLevel-Architektur



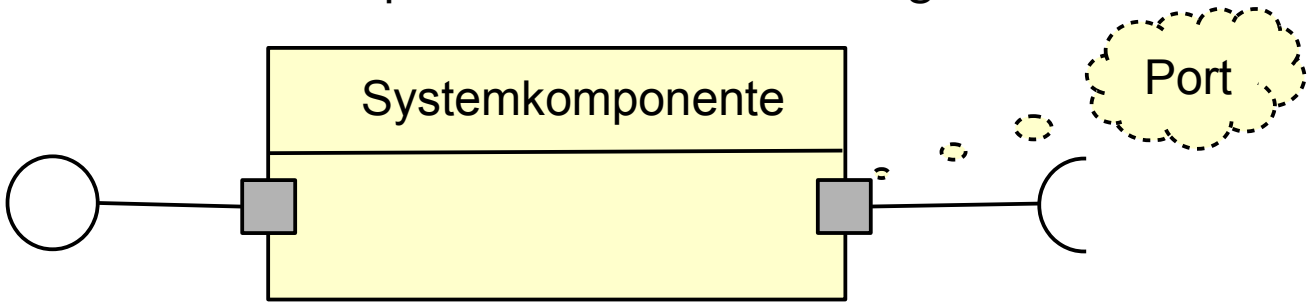
Komponenten mit Lollipops und Plugs (Balls and Sockets)

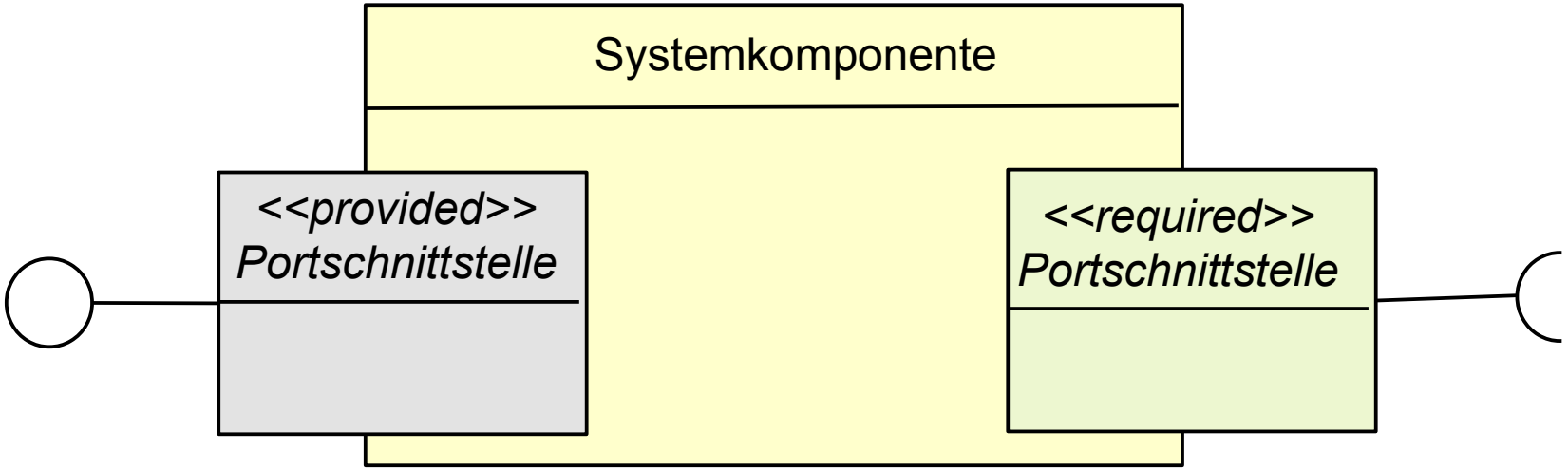
- Klassen, die *angebotene (provided)* von *benötigten (required)* Schnittstellen unterscheiden, heißen (Klassen-)**Komponenten**
  - Eine benötigte Schnittstelle spezifiziert, welche Partnerklasse die Klasse zum Ausführen benötigt (wird in separatem Compartment notiert)
    - Java: wird *nicht spezifiziert*, sondern vom Übersetzer herausgefunden
  - I.d.R. Sind UML-Komponenten komplexe Objekte mit vielen Unterobjekten
- Komponenten sind einfacher wiederzuverwenden, da alle Aufrufabhängigkeiten explizit sind
- Das ***Kontextmodell*** einer Komponente besteht aus der Menge ihrer angebotenen und benötigten Schnittstellen



Anschlüsse (Ports) gruppieren Schnittstellen

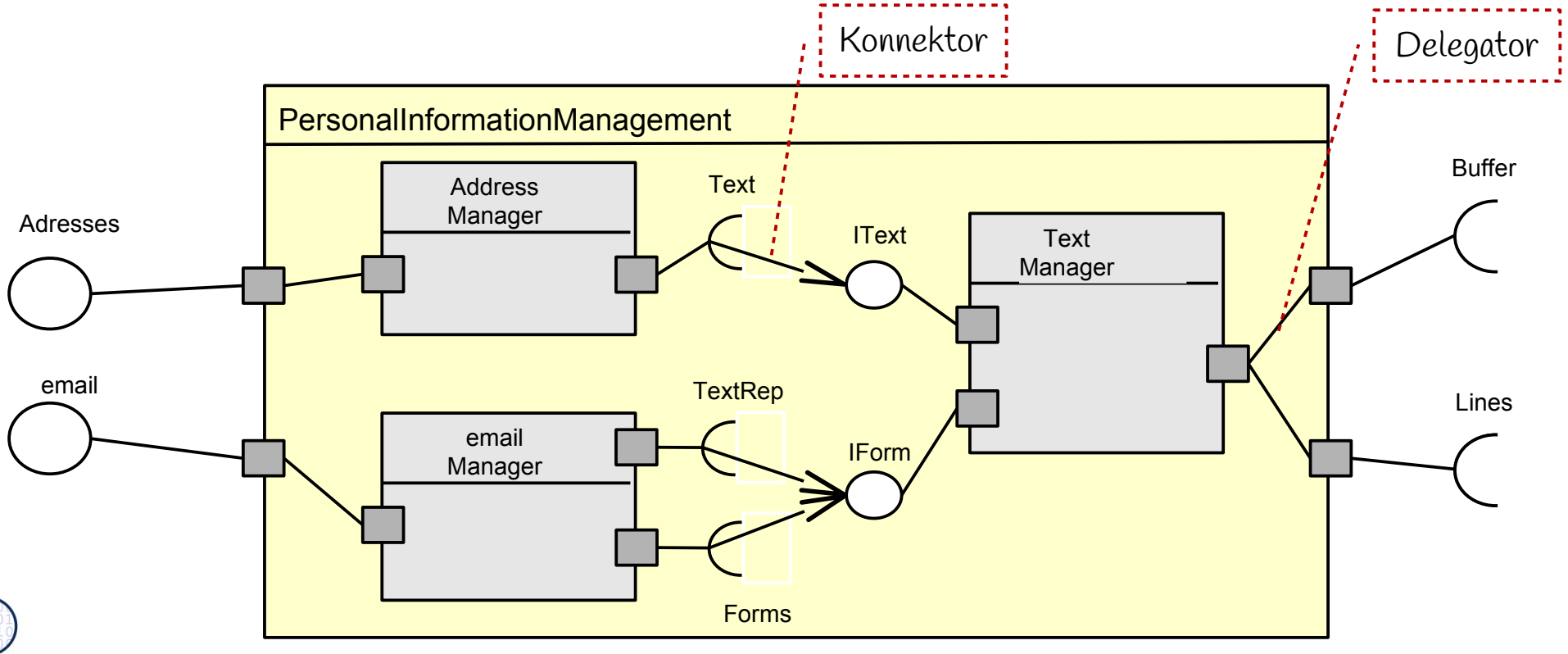
- **Anschlüsse (ports)** sind spezielle Compartments von Komponenten, bestehend aus verkapselten Port-Klassen mit (mehreren) Port-Schnittstellen
  - **provided**: normale, ***angebotene*** Schnittstelle
  - **required**: benutzte, ***benötigte*** Schnittstelle
- Ports können statt als Compartments auch als aufliegende Portklassen notiert werden





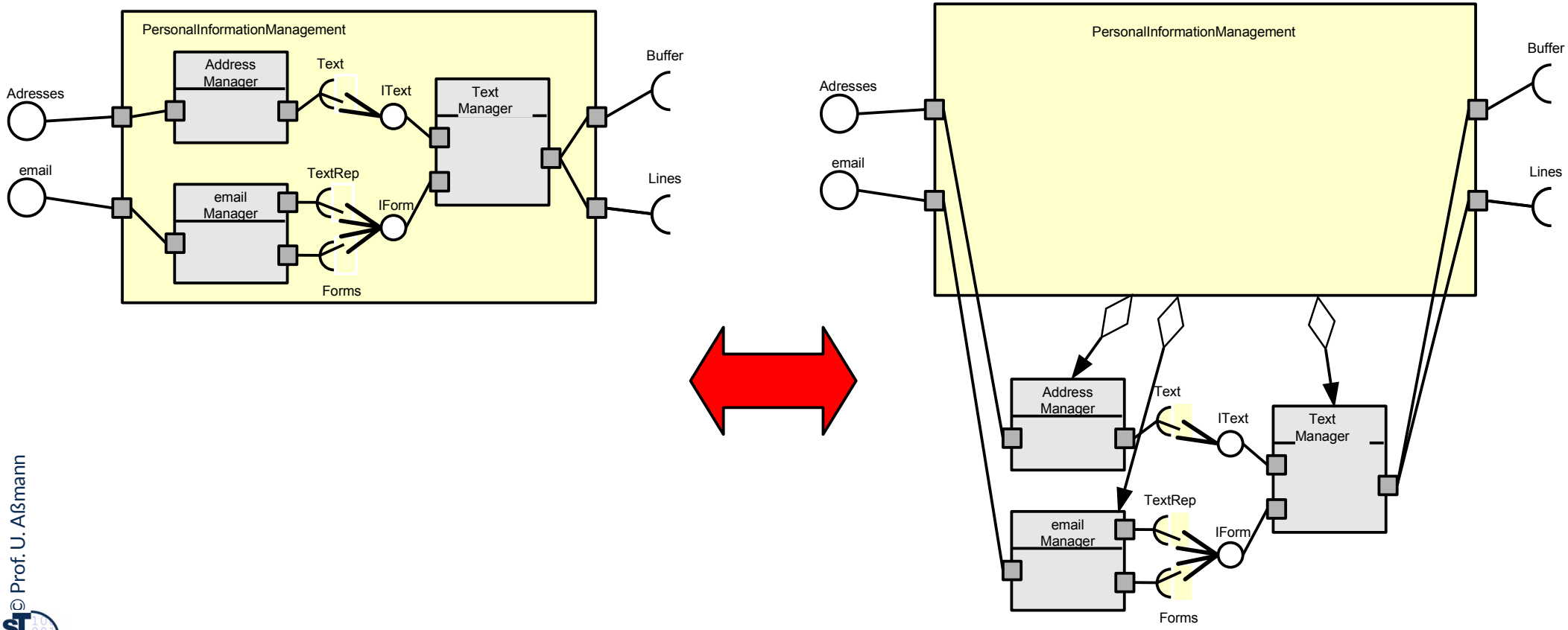
Schachtelung von Klassen zu UML-Komponenten

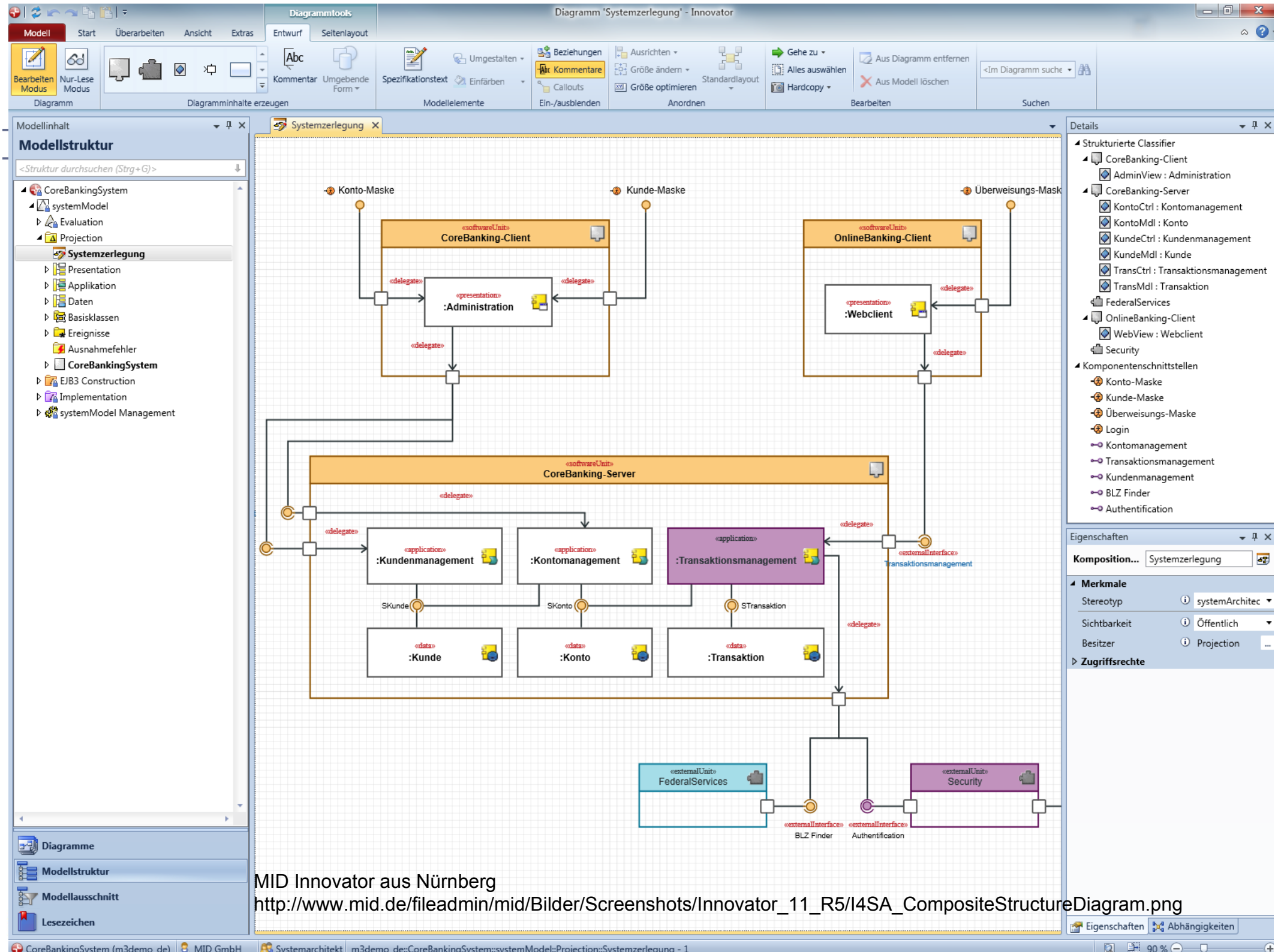
- Eine **UML-Komponente** ist eine Klasse mit angebotenen und benötigten Schnittstellen, mit Ports (Portklassen) und inneren Klassen
  - UML-Komponenten bilden hierarchische Klassen für hierarchische Objekte
  - Ports werden mit *Verbindern (Links, einfachen Konnektoren)* verbunden
  - *Delegator*: Link von äußerem zu innerem Port
  - Achtung: jeder Port kann eine Schnittstelle oder einer Klasse entsprechen
- Implementierung mit **Facade Pattern:** Komponente spielt eine Facade für die Unterkomponenten



Schachtelung bedeutet Aggregation

- *UML-Komponenten* sind komplexe Großobjekte, hierarchische Klassen, die ihre Unterkomponenten aggregieren und ihre Sichbarkeit begrenzen
  - Eine Komponente ist gleichzeitig ein *Paket* und eine *Facade* für alle Unterkomponenten
  - I.d.R. wird eine UML-Komponente mit einem Facade oder mehreren Bridge Pattern realisiert

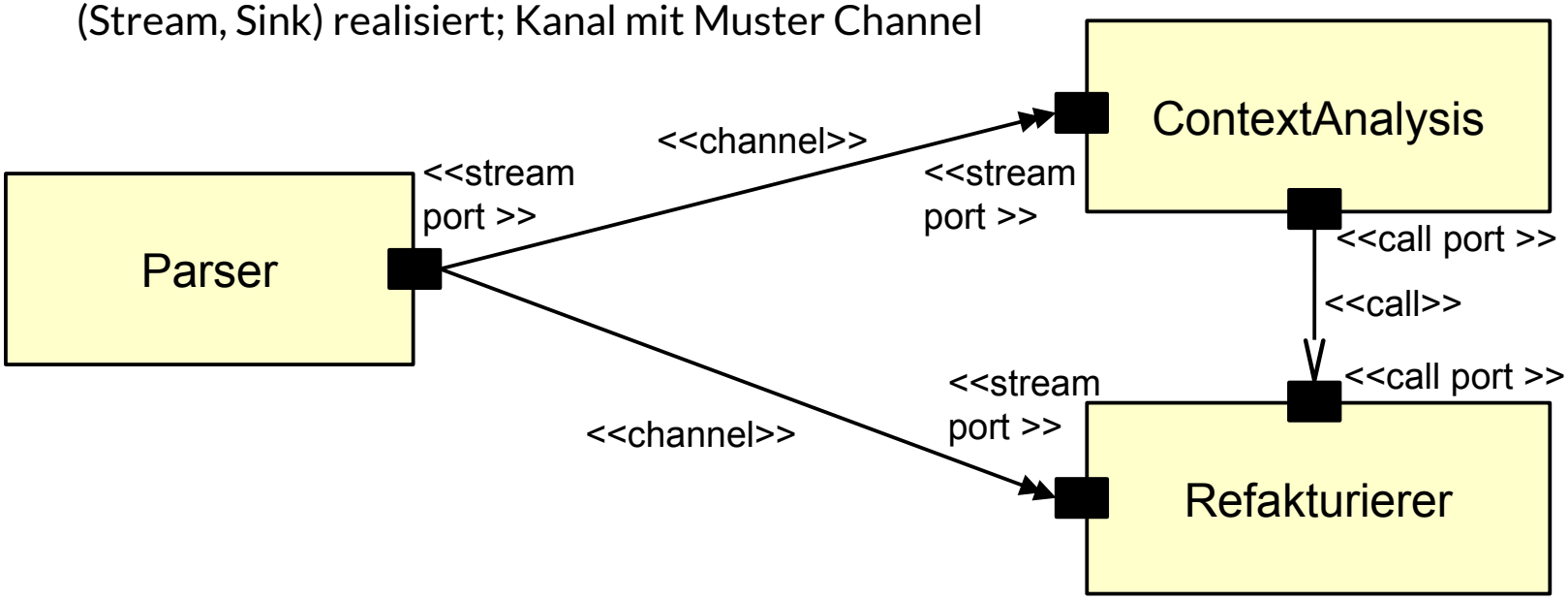




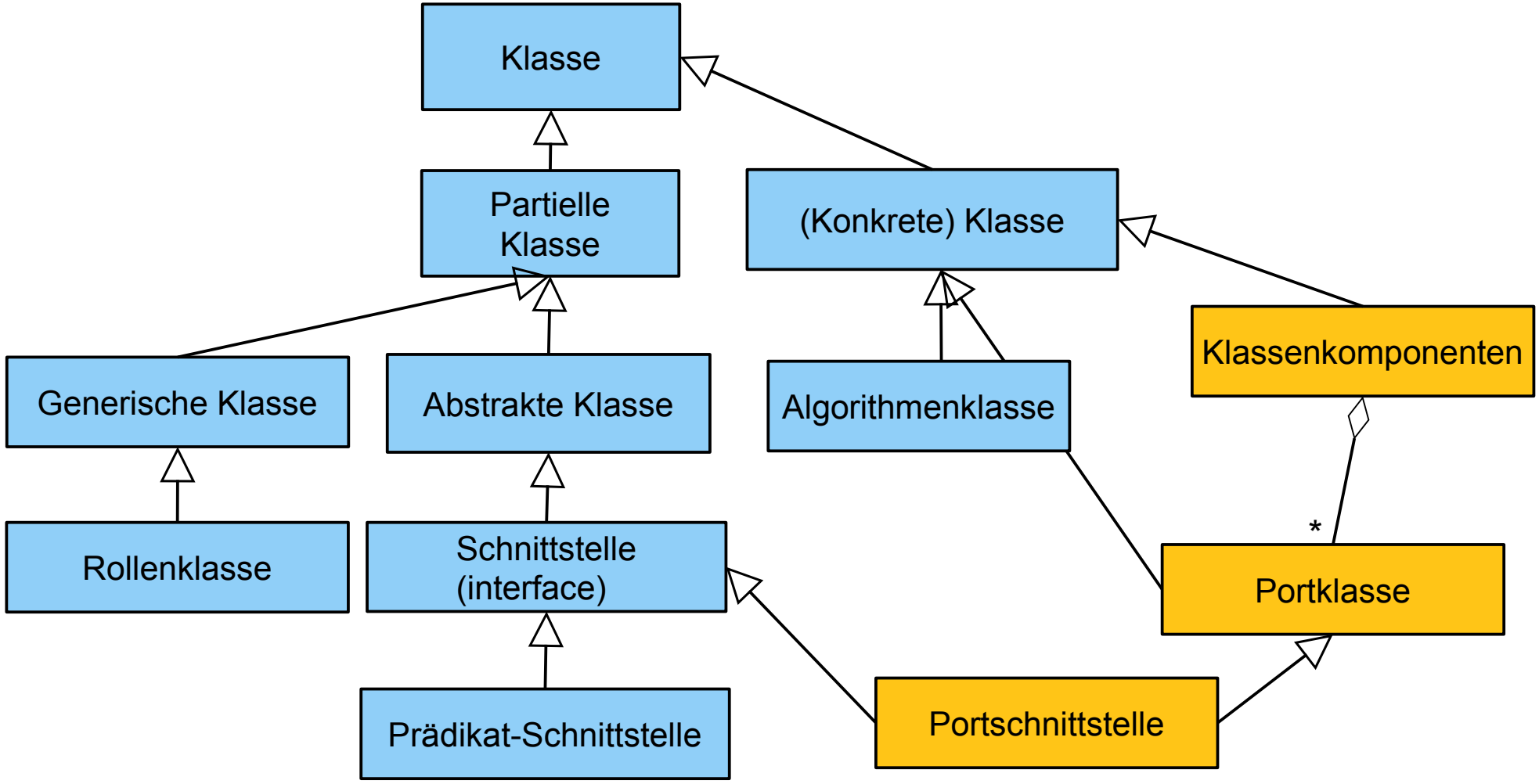
MID Innovator aus Nürnberg
http://www.mid.de/fileadmin/mid/Bilder/Screenshots/Innovator_11_R5/I4SA_CompositeStructureDiagram.png

Strom-Anschlüsse von Komponentenklassen und Kanal-Konnektoren

- Ein ***Aufrufsanschluß (call port)*** ist eine Portschnittstelle, die angebotene oder benötigte Operationen enthält, über die es synchron aufgerufen wird oder synchron aufruft
- Ein ***Stromanschluss (stream port)*** ist eine Portschnittstelle, die einen Ein- oder Ausgabestrom enthält, über den kontinuierlich Daten ein und aus fließen (Iterator-Muster)
  - Ein Stromanschluß läßt auf ein aktives Objekt (Prozess) schließen, das den Strom bedient.
  - Daten können einfach oder strukturiert sein (große Objekte, Werte, Formulare, Webseiten)
  - Datentypen, die über den Stromanschluss fließen, stammen aus dem Domänenmodell
- Strom-Ports werden durch ***Konnektoren*** (***Strom-Kanäle, channels, pipes)*** zu Strömen verbunden
  - Es entstehen Pipe-und-Filter-Architekturen (Datenflussarchitekturen)
- Entwurfs- und Implementierungsmodell: Portschnittstellenklasse wird mit Muster Iterator (Stream, Sink) realisiert; Kanal mit Muster Channel



Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



33.2 Das Kontextmodell

- Neben der GUI (graphischen Oberfläche, interaktive Schnittstelle) beinhaltet das Kontextmodell alle Schnittstellen eines Systems.

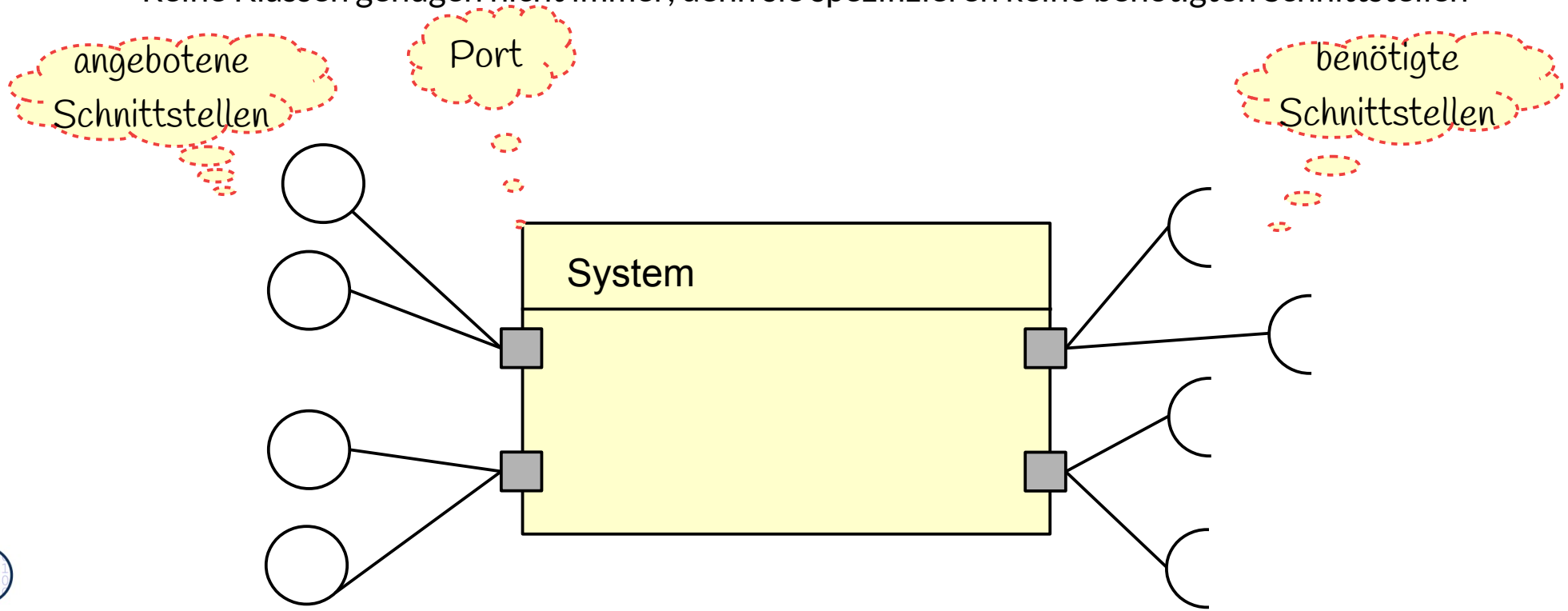
Kontextmodell (Schnittstellenmodell)

- Das System und seine obersten Schichten wird meist als *Klassenkomponente* verstanden
  - Mit angebotenen und benötigten Schnittstellen, mit ports
  - Hierarchisch durch die Ganz/Teile-Relation verfeinert
- Das ***Kontextmodell (Schnittstellenmodell) eines Systems*** enthält alle äusseren Schnittstellen des Systems (Portschnittstellen)
  - Funktionen für alle Anwendungsfälle (oberste Schicht der Anwendungslogik)
  - Ein- und Ausgabekanäle (ports, streams)
  - Benutzerschnittstelle (Eingabeformulare, GUI mit Masken und Abfragen)
- Sowie Daten, die in und aus dem System fliessen (Typen aus dem Domänenmodell),
  - Ereignisse, Ausnahmen

Das System wird oft als eine große komplexe Komponente gesehen,
dessen Schnittstellen vom Kontextmodell beschrieben werden.

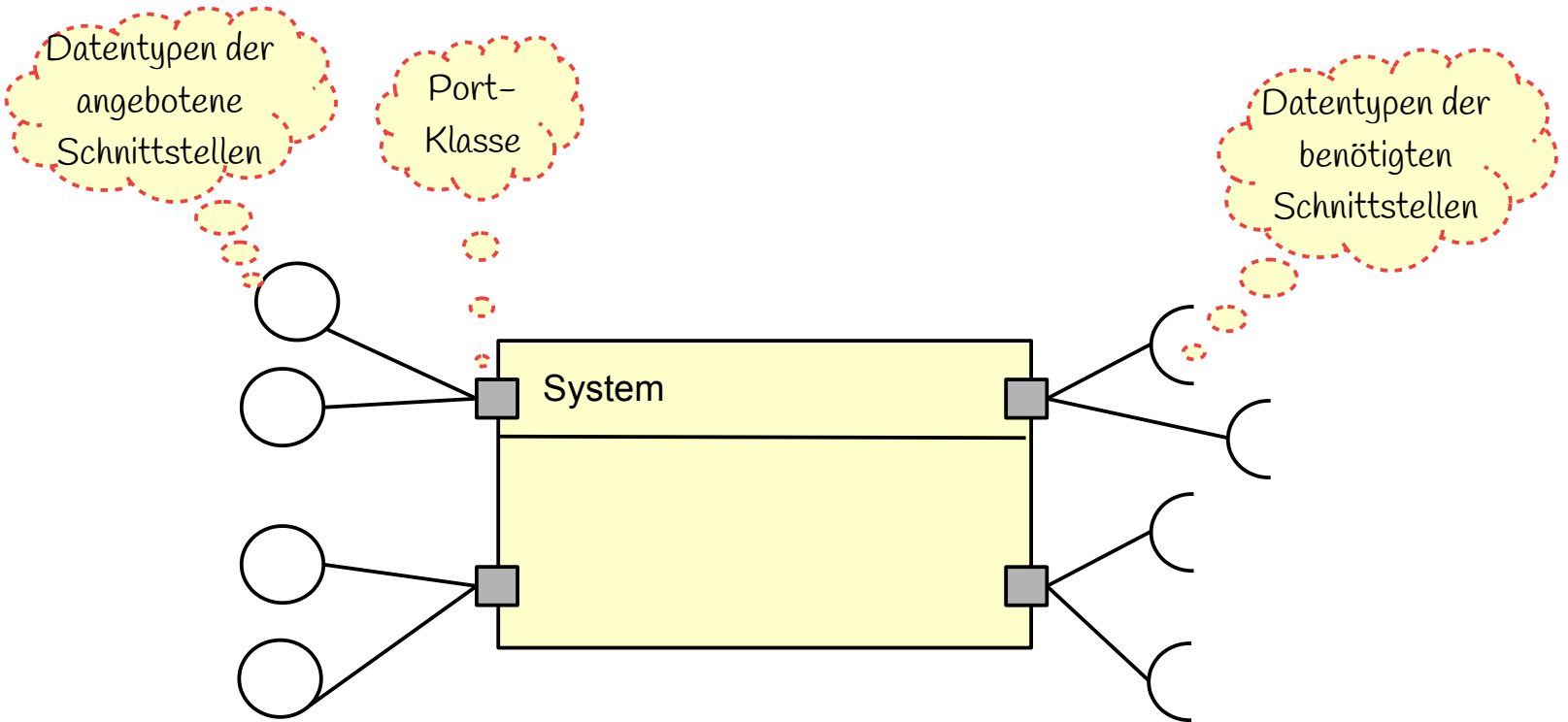
UML-Komponenten im Kontextmodell

- UML-Komponenten werden im **Kontextmodell** des Softwaresystems eingesetzt (Störrle: Montagediagramm)
  - Das System ist selbst eine Komponente
  - Die oberen (äußeren) Schichten stellen geschachtelte Komponenten dar
- Das Kontextmodells enthält *angebotene* und *benötigte* Schnittstellen:
  - Funktionale und Strom-Schnittstellen (call und stream ports), gerade zu anderen Systemen
  - GUI-Bildschirme, Masken, Formulare
- Reine Klassen genügen nicht immer, denn sie spezifizieren keine benötigten Schnittstellen



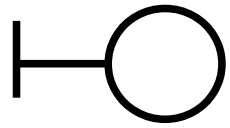
Datentypen des Kontextmodells stammen aus dem Domänenmodell

- Das Domänenmodell stellt die Typen für die technischen Objekte, Prozesse und Funktionalitäten des Kontextmodells zur Verfügung
  - Anschlüsse: Funktionale und strombasierte Schnittstellen (call und stream ports)
  - GUI-Bildschirme, Masken, Formulare
  - Port-Klassen und Schnittstellen sind Grenzklassen (boundary)

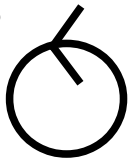


Unterscheidung von Systemschnittstellenklassen von anderen Klassen mit dem BCD-Profil

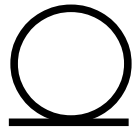
- **Schnittstellen-Klassen** (Portschnittstellen, Portklassen, GUI-Klassen, Grenzklassen, boundary classes)
  - Teil einer Schnittstelle oder Benutzerschnittstelle
- **Steuerungsklassen** (control classes)
  - Aktive Klasse der Anwendungslogik, die die Ausführung eines Prozesses steuert
  - Mit oder ohne Zustand
- **Material**: Passive Klasse, beschreibt Daten
  - Entitätsklassen (Entity): Beschreibt komposite, persistente Datenobjekte der Domäne
  - Datenklasse (Database): Adapterklasse für eine Entity in der Datenbank
    - Oft sind Entity and Database vereinigt
  - MaterialContainer: Container für Material
- BCD-Architektur: 3-Schichten-Architektur (3-tier architecture)
- BCED-Architektur: 4-Schichten-Architektur (4-tier architecture)



<<boundary>>



<<control>>
<<workflow>>
<<tool>>
<<process>>



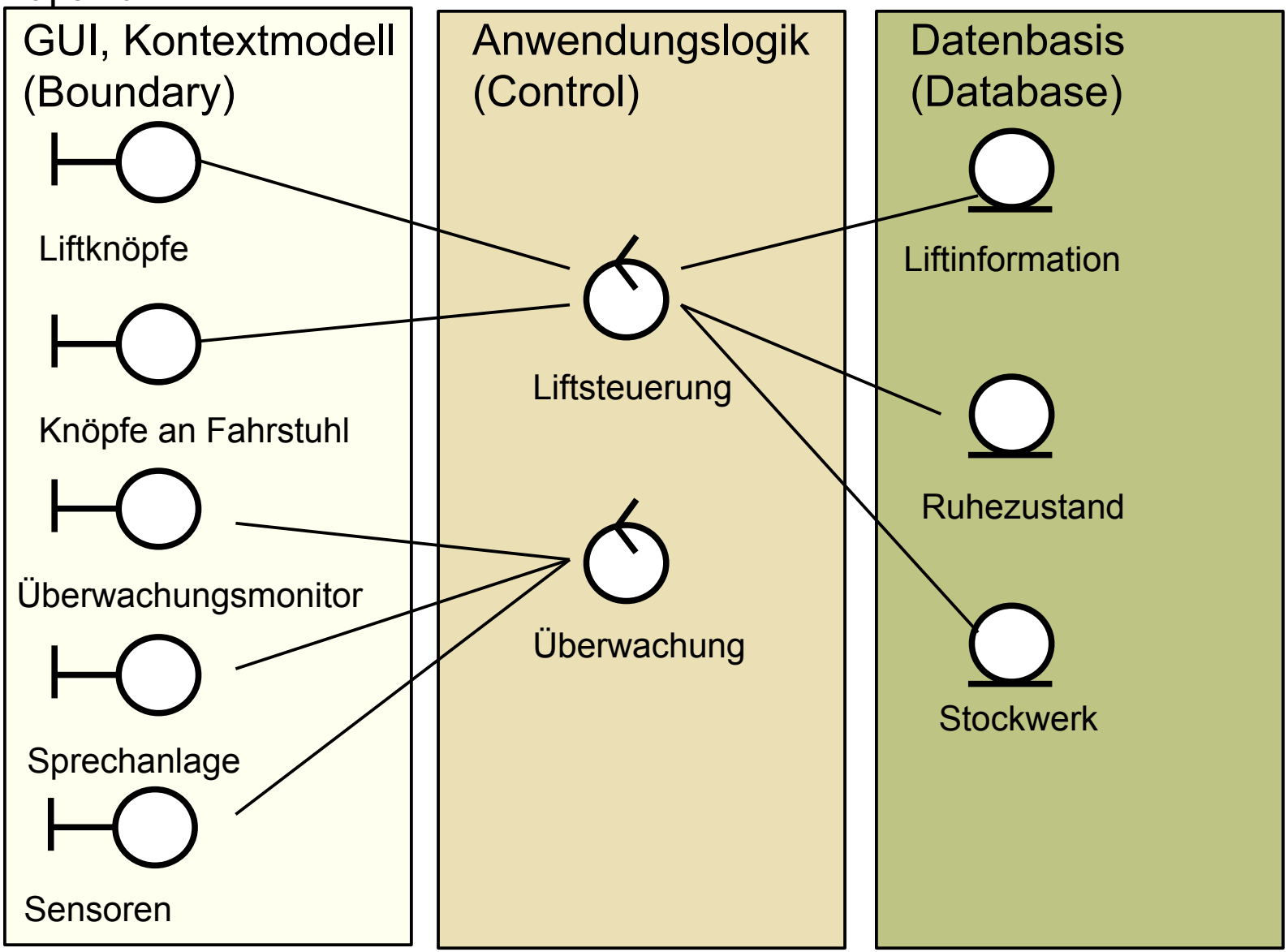
<<material>>
<<entity>>

<<database>>

<<container>>

Bsp: Analyse-Klassenmodell Liftsteuerung im BCD-Stil

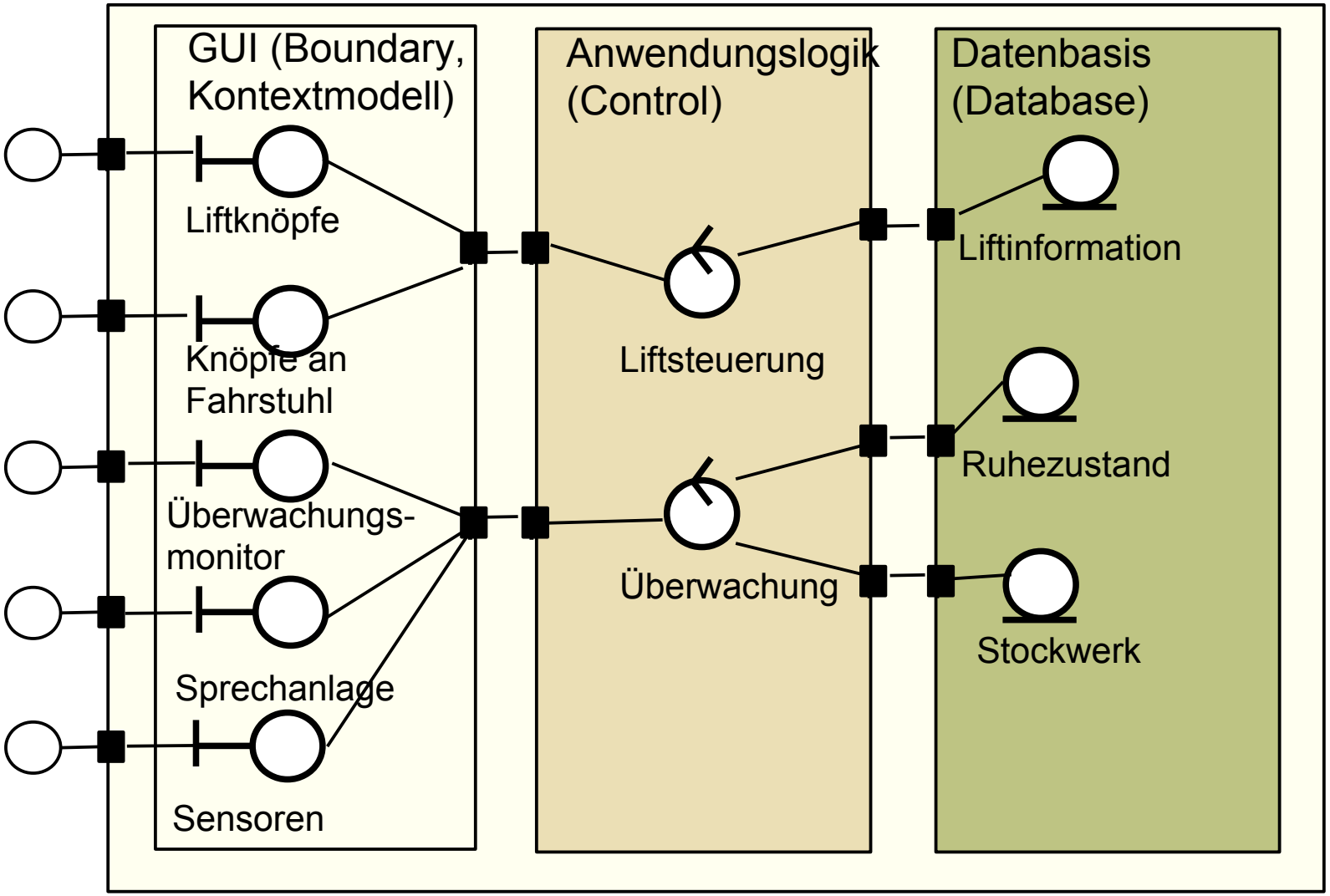
- als 3-Schichten-Architektur (3-tier architecture) von **Klassen.** Schichten sind nicht voll gekapselt



[Zuser]

Bsp: Analyse-Modell Liftsteuerung mit Kontextmodell als UML-Komponentenklasse

- Als 3-Schichtenarchitektur von **Komponenten** → Schichten sind voll gekapselt und besser vorbereitet auf Austausch von Komponenten und Verteilung



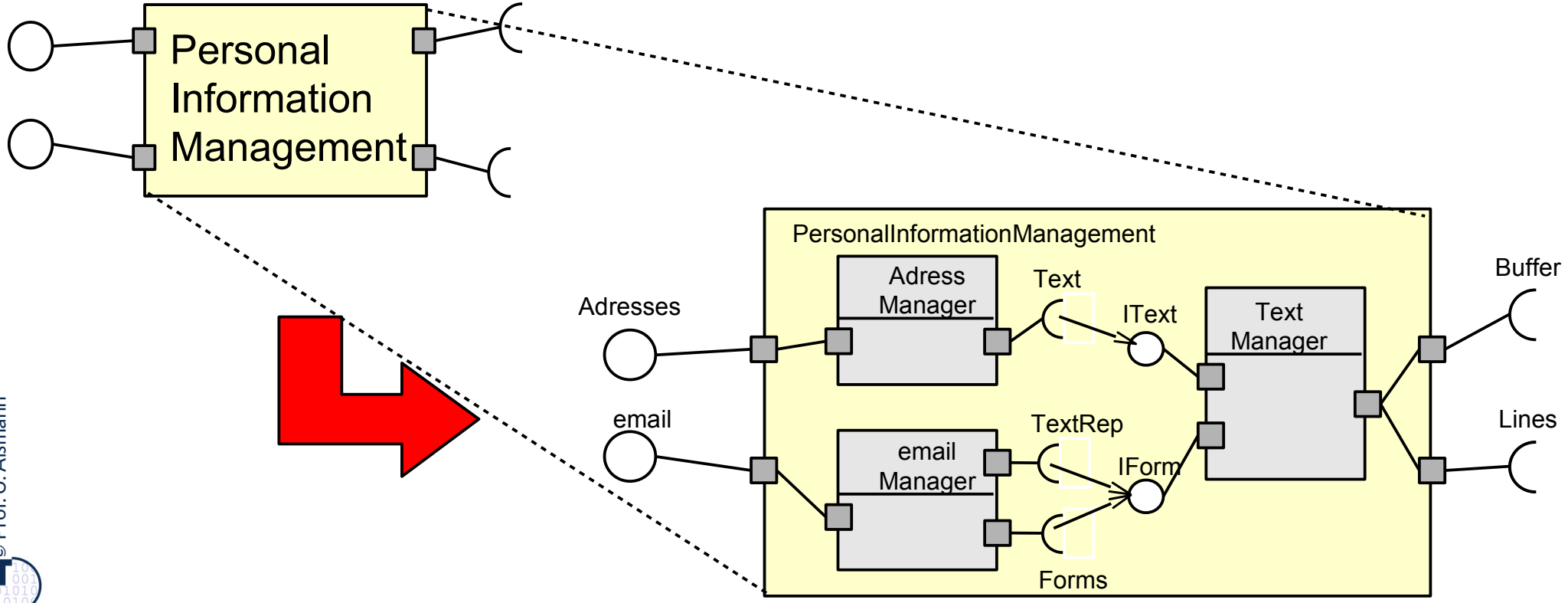
[nach Zuser]

33.3 Top-Level-Architektur

Das System ist eine große Komponente, ein komplexes Objekt, dessen Schnittstellen vom Kontextmodell beschrieben werden und das hierarchisch organisiert ist (Top-Level-Architektur).

Top-Level-Architektur

- Wird das System als Großobjekt mit angebotenen und benötigten Schnittstellen betrachtet, kann man es hierarchisch mit part-of verfeinern
  - Das Kontextmodell wird als UML-Komponente, d.h., hierarchische Klasse, spezifiziert
  - Die **Top-Level-Architektur** entsteht durch die erste Verfeinerung des Kontextmodells
  - Die inneren Komponentenklassen werden sichtbar



Warum wird die Top-Level-Architektur in der Anforderungsanalyse ermittelt?

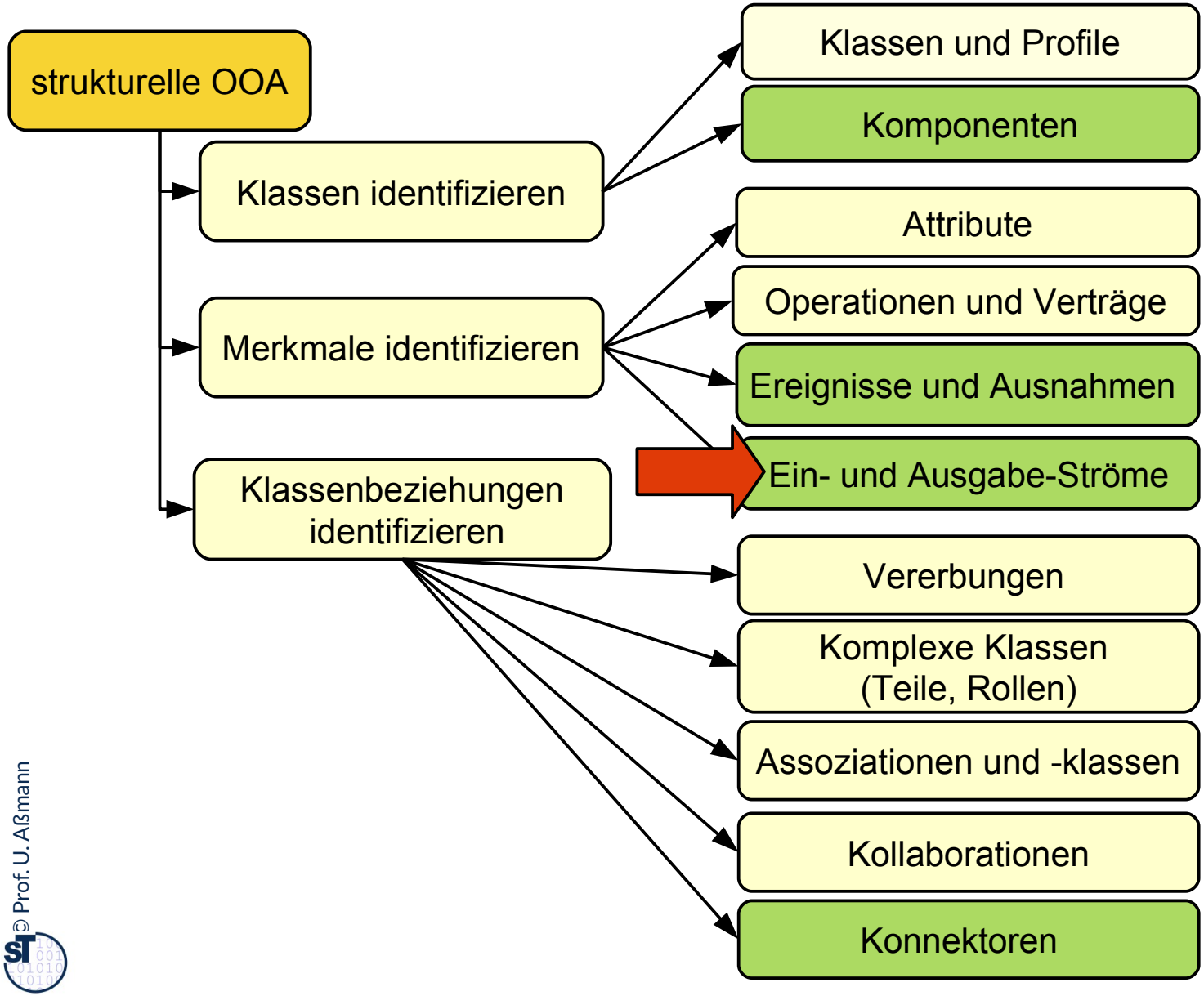
- Man sieht die Antwort an TollCollect: *Die Top-Level-Architektur der Anwendung gehört mit zur Anforderungsspezifikation*, weil
  - die Komponenten der ersten Schicht dem Benutzer sichtbar sind (was sind die Top-Level-Komponenten der TollCollect-Software?)
  - sie oft Aufgaben direkt zugeordnet werden können, die der Benutzer kennt (was sind die Aufgaben und Top-Level-Komponenten einer Groupware?)
  - sie zur Kostenplanung und Abrechnung für das Projekt verwendet werden (Produktstrukturplan, siehe Vorlesung Softwaremanagement)
  - sie dem Manager eine Einteilung von Projektmitarbeitern vereinfachen
- Wenn sie nicht zur Anforderungsspezifikation hinzukommt, ist sie als erstes Dokument im Entwurf auszuarbeiten
  - um die Planung zu vereinfachen

33.3 Asynchrone Systemmerkmale im Kontextmodell

Ereignisse und Ausnahmen (Exceptions)

Q6: Schritte der strukturellen, metamodellgetriebenen Analyse

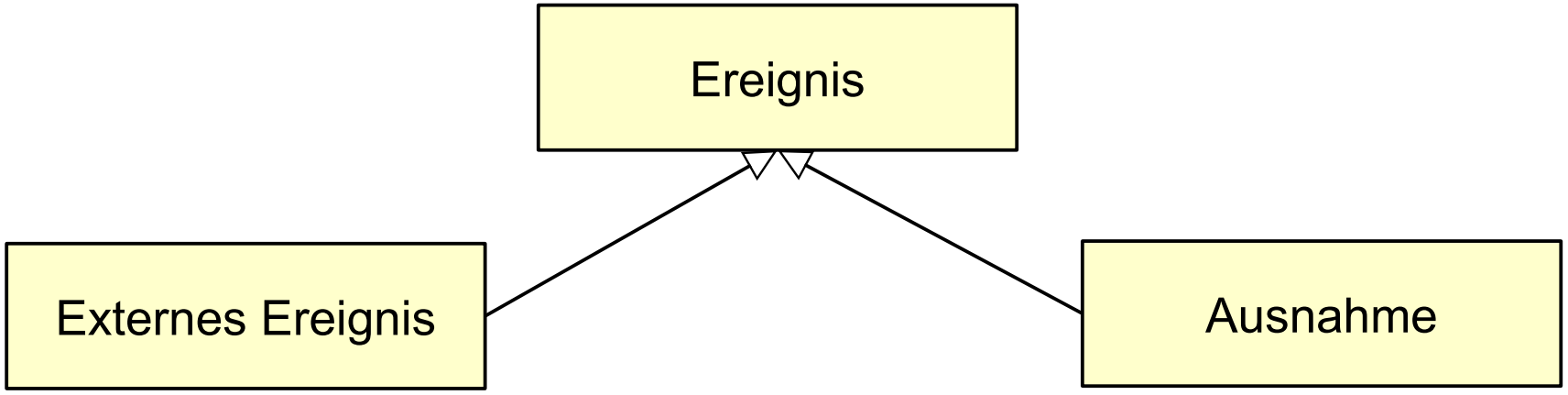
- gelb: Domänenmodell; grün: Kontextmodell, TopLevel-Architektur



Asynchrones Verhalten des Systems

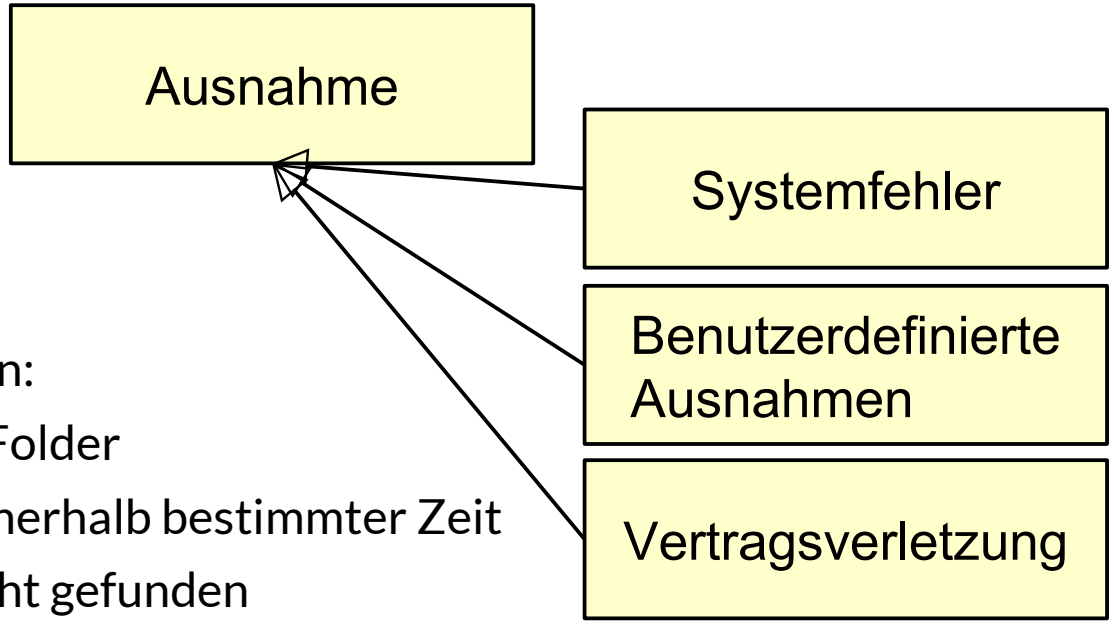
- Im Kontextmodell muß zusätzlich das *asynchrone Verhalten des Systems* spezifiziert werden

- **Externe Ereignisse** – und wie soll das System darauf reagieren?
  - Benutzererzeugte Ereignisse
  - Plattform-erzeugte Ereignisse (Platte voll, Power out, ...)
  - Sensorwerte
  - Externe Ereignisse können durch Ströme (stream ports) in das System fließen



Ausnahmen im Kontextmodell

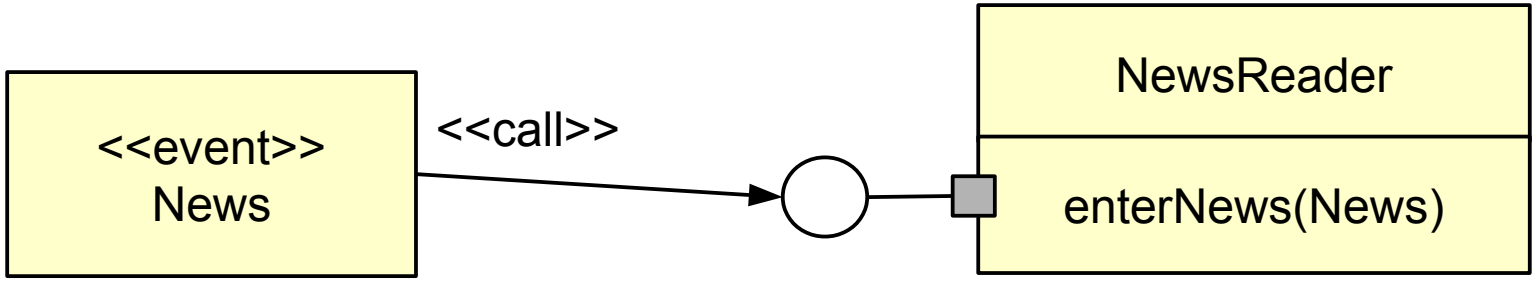
- Eine **Ausnahme (exception)** ist ein internes Ereignis, das vom System selbst ausgelöst wird
  - Systemfehler:
    - Division durch 0
    - Zugriff durch null-Zeiger
    - Platte voll
  - Benutzerdefinierte Ausnahmen:
    - Zuviele Dateien in einem Folder
    - Benutzer reagiert nicht innerhalb bestimmter Zeit
    - Material in Datenbank nicht gefunden
  - Vertragsverletzungen von Methoden:
    - Zeiger null
    - integer-Wert zu gross

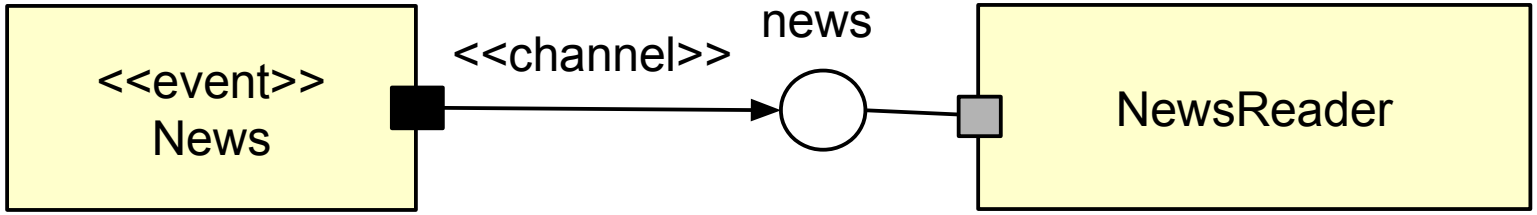


- Ausnahmen des Systems und die Reaktion des Kontextes auf diese gehören ins Kontextmodell!
- Implementierung: Ausnahmen sind als Konzept in Java vorhanden (exception)

Externe Ereignisse gelangen ins System über das Kontextmodell

- Ein Ereignis ist also ein asynchron auftretendes Geschehen, das als Ereignisobjekt repräsentiert und schliesslich mit einem Konnektor in eine Klasse, Komponente, oder das System hineingereicht wird
  - als Parameter einer Methode (call port)
  - als Objekt in einem *Stromanschluss* über einen *Konnektor*





Unterschied Domänen- vs. Kontextmodell

Domänen-Modell .- ***Das Abbild der realen Welt***	**Kontext-Modell -** ***Teile der Technik, die der Kunde sehen muss***
Notation: UML Objekte: Fachgegenstände Klassen: Fachbegriffe Attribute ohne Typen Operationen: ohne Typen, Parameter und Rückgabewerte Assoziationen: partiell, bidirektional i. Allg. ohne Datentypen Aggregationen, Kompositionen Leserichtung, partielle Multiplizitäten Vererbung: Begriffsstruktur Annahme perfekter Technologie Funktionale Essenz Grobe Strukturskizze	Notation: UML Objekte: Softwareeinheiten Klassen: Komponenten, Grenzklassen, Ports, Interface, Stereotypen aus Profilen Attribute: Klassenattribute, Ports, Ströme Unidirektionale Assoziationen mit voller Multiplizität, Navigation Vererbung: Programmableitung Asynchrones Verhalten: Ereignisse, Ausnahmen Genauere Strukturdefinition in der Top-Level-Architektur: Adapter, Konnektoren

The End – Anhang mit optionalem Material

- Einige Folien sind eine überarbeitete Version von Vorlesungsfolien zur Vorlesung Softwaretechnologie von © Prof. H. Hussmann. Used by permission.

Fragen:

- Was unterscheidet Komponenten und Klassen?
- Warum modelliert man auf den äußeren Schichten des Systems mit Komponenten statt mit Klassen?
- Welche Schnittstellen besitzt ein System neben einer graphischen Benutzerschnittstelle noch?
- Welches “required interface” hat eine Anwendung gegenüber dem Betriebssystem?
- Warum ist ein System ein komplexes Großobjekt? Wie gliedert es sich?
- Erkläre den Zusammenhang zwischen Anschlüssen, Konnektoren und Ereignissen.

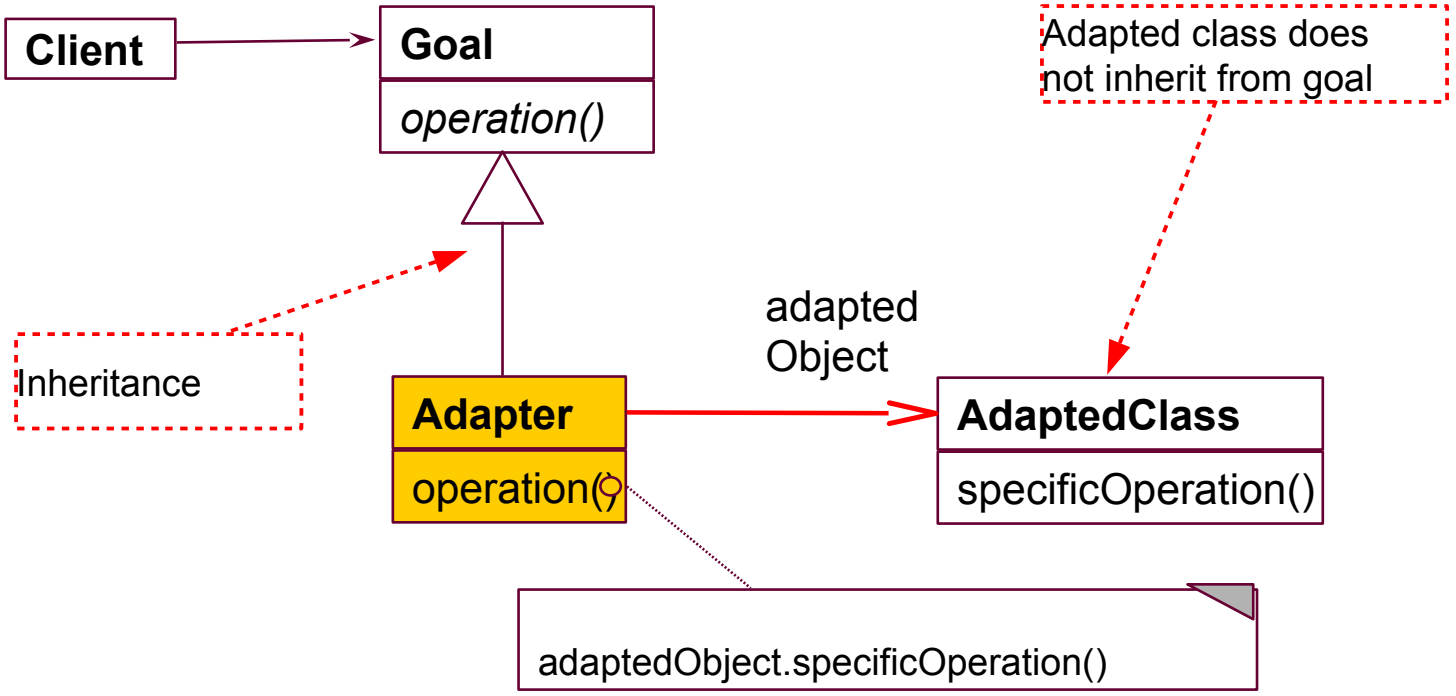
33.A.1 Einsatz von Adapter zum Brücken von Schnittstellen in der Top-Level-Architektur

Aufgabe des Kontextmodells: Verbindung nach außen

- Eine wesentliche Aufgabe des Kontextmodells ist die Verbindung des Systems mit dem Kontext, d.h. der restlichen Welt
- Die Top-Level-Architektur detailliert die Verantwortlichkeiten für die Verbindungen
- Jede neue Verbindung erzeugt eine neue Rolle des Systems (neuer Kontext)
- Da die Schnittstellen der externen Systeme mit denen der internen Komponenten oft nicht zusammenpassen *(architectural mismatch)*, werden Adapter konzipiert, die die Rollen implementieren
  - Dazu kann man das Entwurfsmuster *Adapter* verwenden

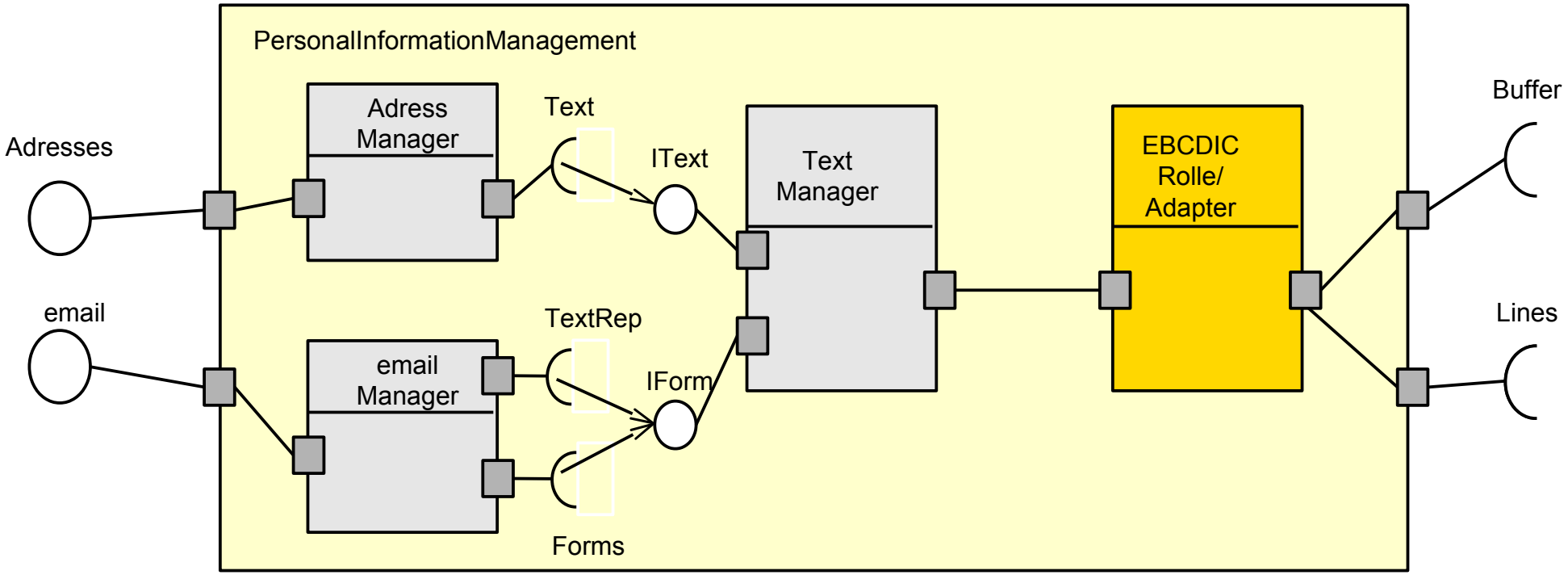
Entwurfsmuster Adapter (Objektadapter) (Wdh.)

- Ein Adapter (Objektadapter) ist ein Objekt, das
  - eine Schnittstelle auf eine andere abbildet
  - ein Protokoll auf ein anderes abbildet
  - Datenformate auf einander abbildet
  - Delegation verwendet



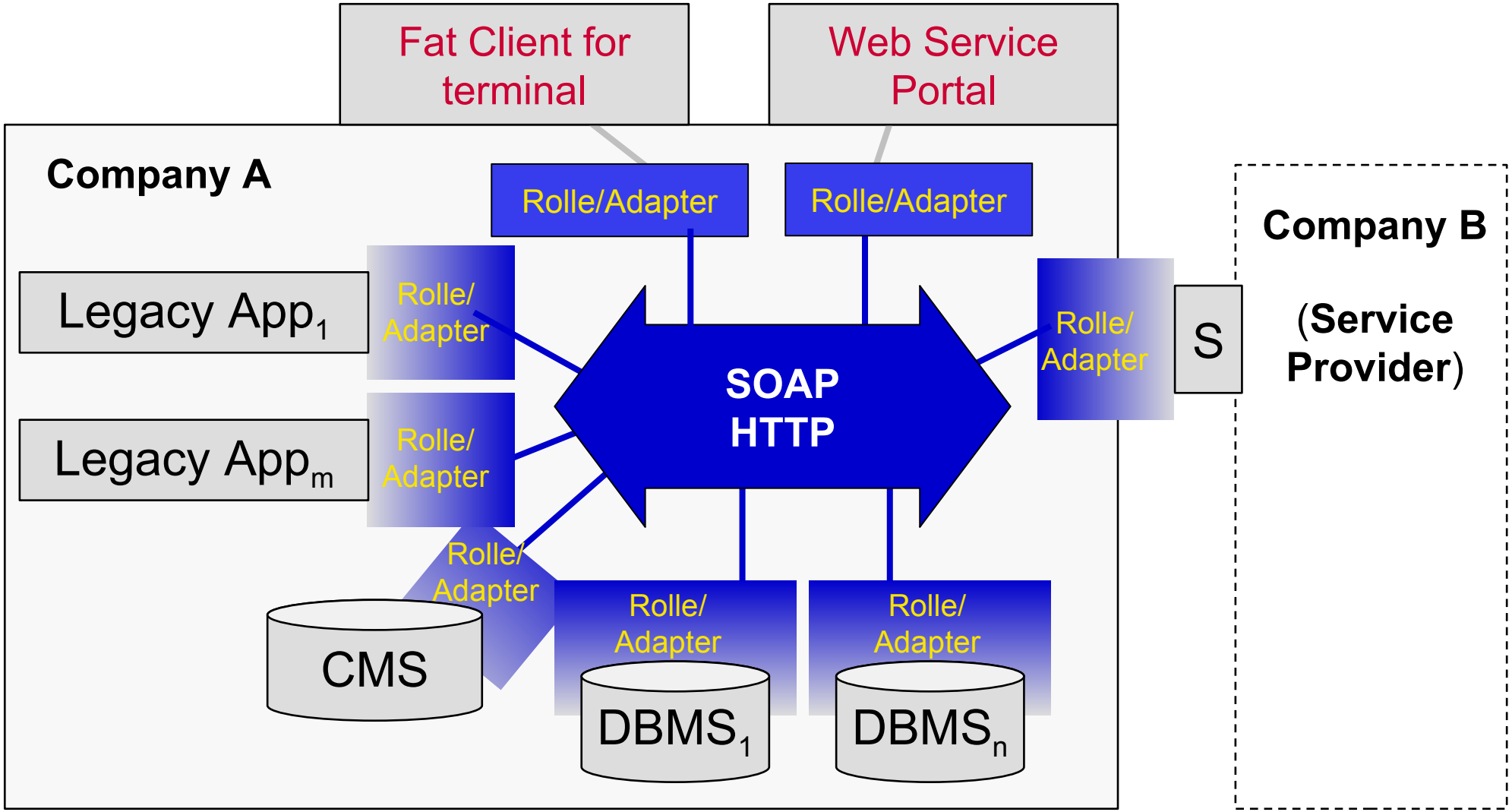
Top-Level-Architektur mit Adaptern

- Die Rollen bzw. Adapter werden nun zwischen den Top-Level-Komponenten und Komponenten der Umgebung eingesetzt
  - z.B. als Daten-Adapter für die unterschiedlichen Character-Codes der unterschiedlichen Maschinen



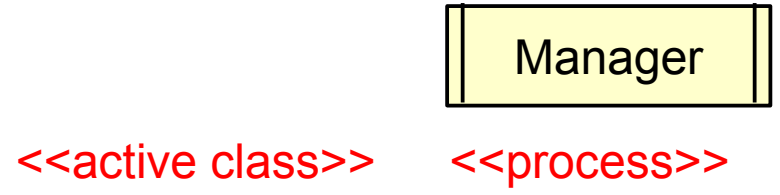
Beispiel: Web Services mit Entwurfsmuster Konnektor (SOAP/HTTP)

- **Enterprise Application Integration (EAI)** steckt Systeme aus Komponenten mit Hilfe von Rollen bzw. Adaptern zusammen

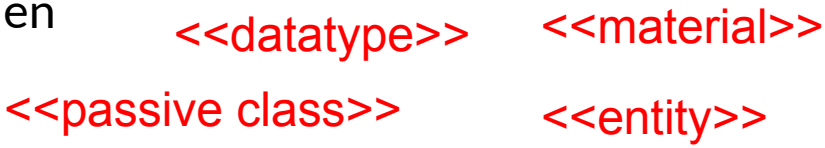


Profil “Aktive und Passive Klassen”

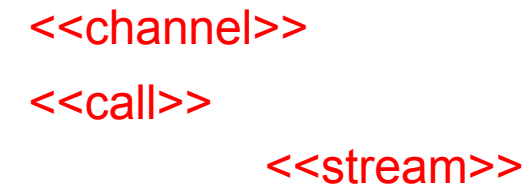
- Zum Kontextmodell gehört die Unterscheidung von *aktiven Klassen (Prozessen)* und *passiven Klassen*
  - Im einfachsten Fall existiert *eine* aktive Klasse
- Aktive Objekte
  - Aktoren
  - Prozesse
  - Workflow (interaktiver Prozess)
  - Werkzeuge (Tools)



- Passive Objekte (Materials, entities, data objects)
  - Aktive Objekte arbeiten auf Materialien



- Kanäle (channels, pipes): Beschreiben, wie aktive Objekte miteinander kommunizieren
  - Über Kanäle fliessen Daten, sie werden mit Senken geschrieben und mit Streams gelesen



Beispiel: Bahrami-Profil für Domänenmodell

- Das Bahrami Profil wird hauptsächlich im Domänenmodell eingesetzt
  - Und damit als Typen für die Schnittstellen im Kontextmodell

- Konzept, Begriff (concept) <<concept>>
  - Etwas, worauf sich viele Leute eines Anwendungsbereiches geeinigt haben. Oft angeordnet in Taxonomien oder Ontologien
  - Benutzt im Domänenmodell
- Ereignisklasse (Event) <<event>>
  - Ereignis in der Zeit, extern zum Objekt
- Organisation <<organization>>
  - Verkörpert Wissen über eine Organisationseinheit
- Menschen (People) <<people>>

- Plätze (Places class) <<place>>

Beispiel: Rumbaugh-Profil

- Domänenmodell:
  - Physical class (e.g., Boat) <<physical>>
  - Business class (e.g., Bill) <<business>>
- Anwendungslogik in Kontextmodell und Toplevel-Architektur:
  - Logical class (e.g., Timetable) <<logical>>
  - Application class (e.g., BillingTransaction) <<application>>
  - Behavioral class (e.g., Cancellation) <<behavior>>
- Plattform im Implementierungsmodell:
  - Computer class (e.g., Network) <<computer>>

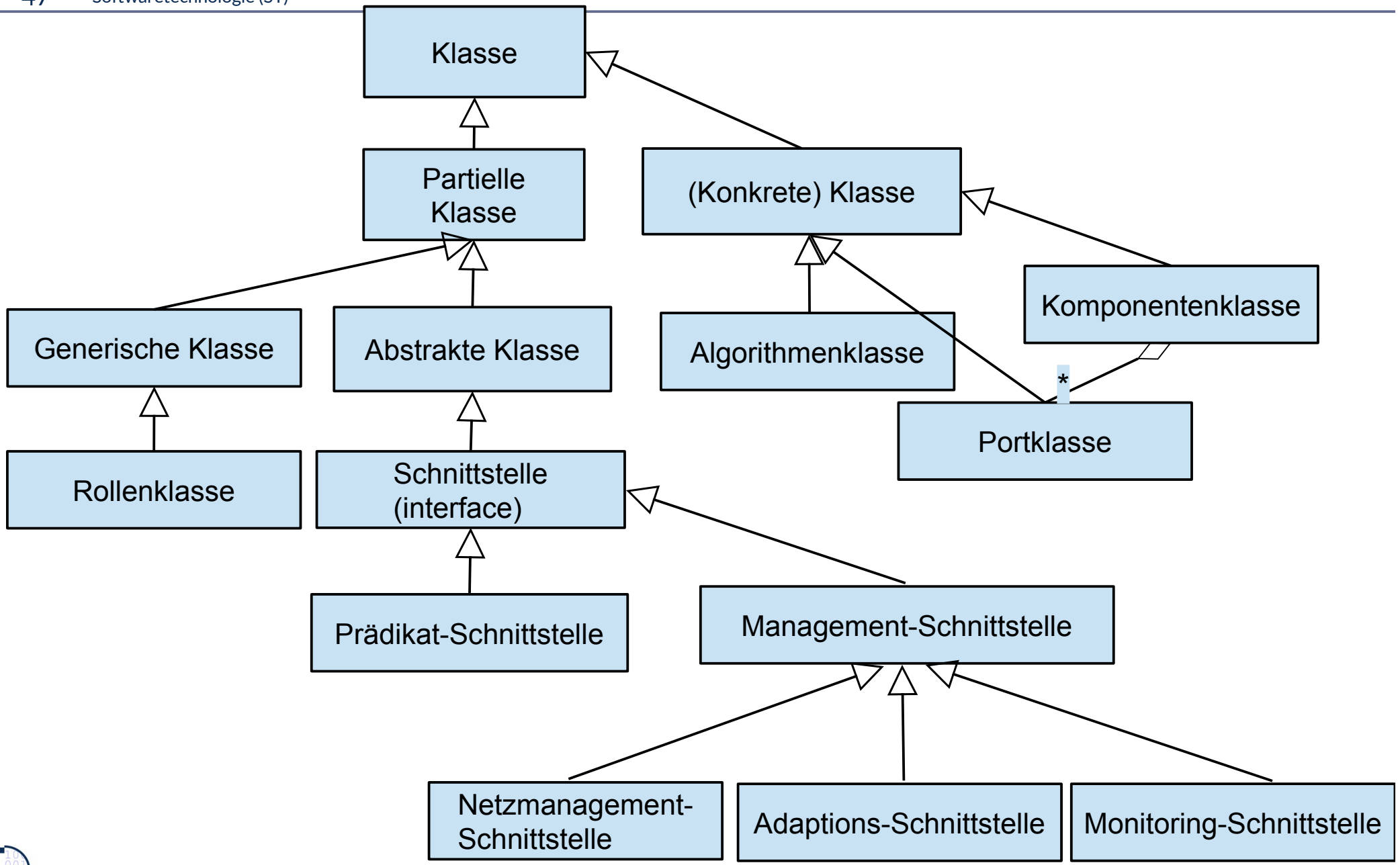
33.A.2 Weitere Arten von Schnittstellen und Klassen

(zur Information)

Weitere Arten von Schnittstellen in komplexen Objekten

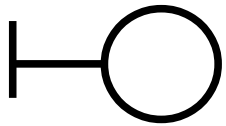
- **Funktionale Schnittstellen** enthalten Funktionen, die direkt auf den Zustand des Objekts zugreifen
  - **Prädikat-Schnittstellen**, die Prädikate auswerten
- **Managementschnittstellen** enthalten Funktionen, die das Objekt und seine Nachbarn verwalten:
  - **Netzmanagement-Funktionen** verändern das Netz
  - **Adaptions-Funktionen** verändern Parameter des Objekts, passen das Objektverhalten auf den Kontext an, optimieren das Objekt, verändern seinen Lebenszyklus
  - **Monitoring-Funktionen** messen bestimmte Parameter des Objekts

Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



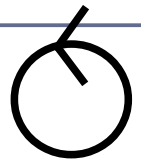
Identifikation von Systemschnittstellenklassen für das Kontextmodell

- **Schnittstellenklassen (boundary, Grenzklassen)** bestehen oft aus
  - Formularen, die dem Benutzer präsentiert werden
  - html-Seiten
  - Abfragen, Meldungen, Sichten auf Daten
  - Schnittstellenklassen zu anderen Systemen, inklusive Adaptern für andere Systeme
  - Strom-Anschlüsse für Datenströme, die ein und aus fließen



- Oft können Grenzklassen als Portklassen der System-Komponentenklasse dargestellt werden
- Bsp: Terminanwendung:
  - Tabelle der gebuchten Besprechungen
  - Formular, um eine neue Buchung eines Raumes einzutragen
  - Tabelle der Besprechungen pro Mitarbeiter
  - Report über die Auslastung der Besprechungsräume

Identifikation von Steuerungs- und Entitätsklassen



- **Steuerungsklassen (control)** enthalten *Anwendungslogik*, d.h. die anwendungsspezifische Funktionalität
  - Steuerungsklassen treten oft in der Top-Level-Architektur auf, wo sie aus Schnittstellenklassen im Kontextmodell entwickelt werden
  - Im Entwurf werden die Steuerungsklassen der Top-Level-Architektur weiter verfeinert

- **Entitätsklassen (data, Datenklassen, Materialien)** werden aus den passiven Klassen eines Domänenmodells bestimmt
  - Entitätsobjekte können physikalisch aus sehr vielen einzelnen Objekten bestehen (physikalische Splitterung)
  - --> Aggregations- und Kompositionsoperation in UML