

11. Vererbung und Polymorphie

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
TU Dresden
Version 16-1.3, 16.04.16

- 1) Vererbung zwischen Klassen
- 2) Abstrakte Klassen und Schnittstellen
- 3) Polymorphie
- 4) Generische Klassen



Begleitende Literatur

2 Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Das **Vorlesungsbuch** von Pearson: **Softwaretechnologie für Einsteiger**. Vorlesungsunterlage für die Veranstaltungen an der TU Dresden. Pearson Studium, 2014. Enthält ausgewählte Kapitel aus:
 - UML: Harald Störrle. UML für Studenten. Pearson 2005. Kompakte Einführung in UML 2.0.
 - Softwaretechnologie allgemein: W. Zuser, T. Grechenig, M. Köhle. Software Engineering mit UML und dem Unified Process. Pearson.
 - Bernd Brügge, Alan H. Dutoit. Objektorientierte Softwaretechnik mit UML, Entwurfsmustern und Java. Pearson Studium/Prentice Hall.
 - Erhältlich bei Thalia (Nürnberger Platz), Thalia (Haus des Buches)
- Noch ein sehr gutes, umfassend mit Beispielen ausgestattetes Java-Buch:
 - C. Heinisch, F. Müller, J. Goll. Java als erste Programmiersprache. Vom Einsteiger zum Profi. Teubner.
- ▶ Für alle, die sich nicht durch Englisch abschrecken lassen:
- ▶ Safari Books, von unserer Bibliothek SLUB gemietet:
 - <http://proquest.tech.safaribooksonline.de/>
- ▶ Free Books: <http://it-ebooks.info/>
 - Kathy Sierra, Bert Bates: Head-First Java <http://it-ebooks.info/book/255/>



Obligatorische Literatur

3 Softwaretechnologie (ST)

- ▶ ST für Einsteiger Kap. 9, Teil II (Störrle, Kap. 5.2.6, 5.6)
- ▶ Zuser Kap 7, Anhang A
- ▶ Java
 - <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/index.html> is the official Oracle tutorial on Java classes
 - Balzert LE 9-10
 - Boles Kap. 7, 9, 11, 12

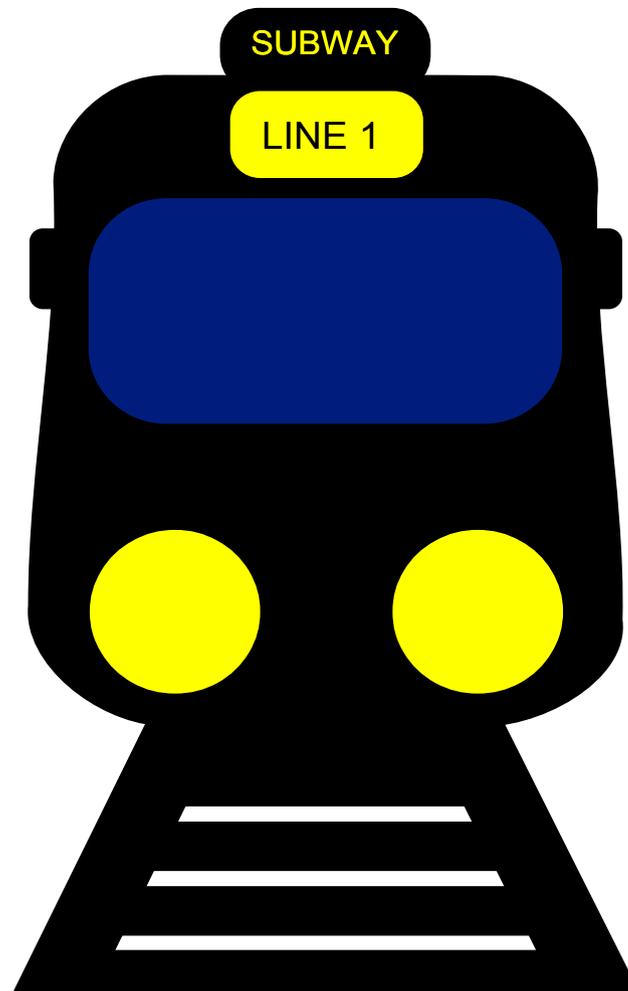
"Objektorientierte Softwareentwicklung"
Hörsaalübung
Fr, 13:00 HSZ 03, Dr. Demuth

- ▶ Elementare Techniken der Wiederverwendung von objektorientierten Programmen kennen
 - Einfache Vererbung zwischen Klassen, konzeptuell und im Speicher
 - Abstrakte Klassen und Schnittstellen verstehen
 - Merkmalsuche in einer Klasse und in der Vererbungshierarchie aufwärts nachvollziehen können
 - Überschreiben von Merkmalen verstehen
 - Generische Typen zur Vermeidung von Fehlern
- ▶ Dynamische Architektur eines objektorientierten Programms verstehen
 - Polymorphie im Speicher verstehen
 - Objekte vs. Rollen verstehen

Java Herunterladen

5 Softwaretechnologie (ST)

- ▶ Das Java Development Kit (JDK) 8
- ▶ www.javasoft.com
- ▶ <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>



Problem: Was tut man gegen Code-Explosion bzw. Copy-And-Paste-Programming (CAPP)?

- ▶ <http://c2.com/cgi/wiki?CopyAndPasteProgramming>
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Copy_and_paste_programming
- ▶ Codeverschmutzung durch CAPP: Nach einer Weile entdeckt man in einem gewachsenen System, das jede Menge Code repliziert wurde
 - Große Software kann 10-20% an *Replikaten (code clones)* enthalten (*Code-Explosion, code bloat*)
- ▶ Gründe:
 - **Plagiat:** Code-Diebstahl ☐ führt oft zu Prozessen
 - **Ignoranz:** Code wird nicht verstanden, sondern aus einem funktionierenden Modul eines Dritten kopiert ☐ wie stabil ist der Code wirklich?
 - **Aufwandsreduktion** für den einzelnen Programmierer, um den Unterschied Programm-Software zu nutzen:
 - *Getesteter Code (Software)* wird wiederverwendet, weil es zu aufwändig wäre, neue Tests für eigengeschriebenen Code zu entwickeln
 - Problem: man vergisst, was Replikate waren und muss sie alle separat testen
 - **Mangelnde Anforderungsanalyse** der Anwendungsdomäne: Die gemeinsamen Eigenschaften von Domänenklassen wurden nicht herausgefunden
 - und nicht in gemeinsam genutzte Klassen ausfaktoriert

Linking Replicates

- ▶ Interessante Technik, Code-Replikate zu finden und dauerhaft zu verlinken:
 - Michael Toomim, Andrew Begel, and Susan L. Graham. Managing duplicated code with linked editing. In VL/HCC, pages 173-180. IEEE Computer Society, 2004.
 - <http://harmonia.cs.berkeley.edu/papers/toomim-linked-editing.pdf>
- ▶ Optional, mit vielen schönen Visualisierungen von Code Clones:
 - Matthias Rieger, Stéphane Ducasse, and Michele Lanza. Insights into system-wide code duplication. In WCRE, pages 100-109. IEEE Computer Society, 2004.
 - <http://rmod.lille.inria.fr/archives/papers/Rieg04b-WCRE2004-ClonesVisualizationSCG.pdf>

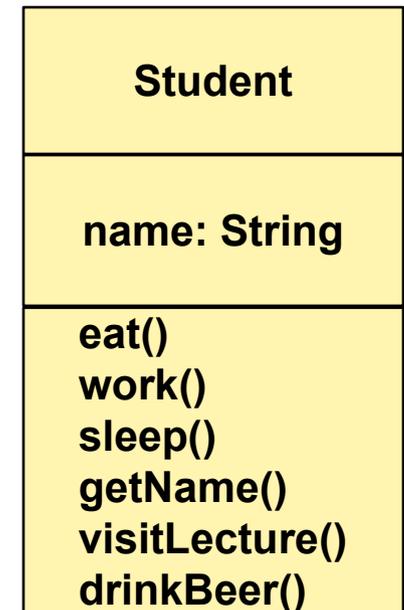
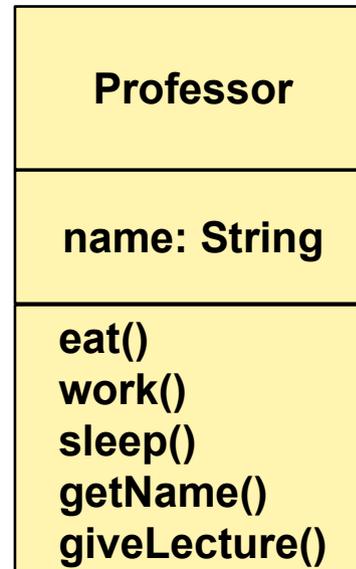
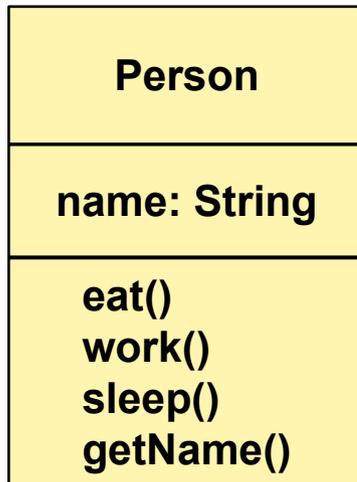
11.1 Vererbung zwischen Klassen

Ähnlichkeit von Klassen sollten in Oberklassen
ausfaktoriert werden



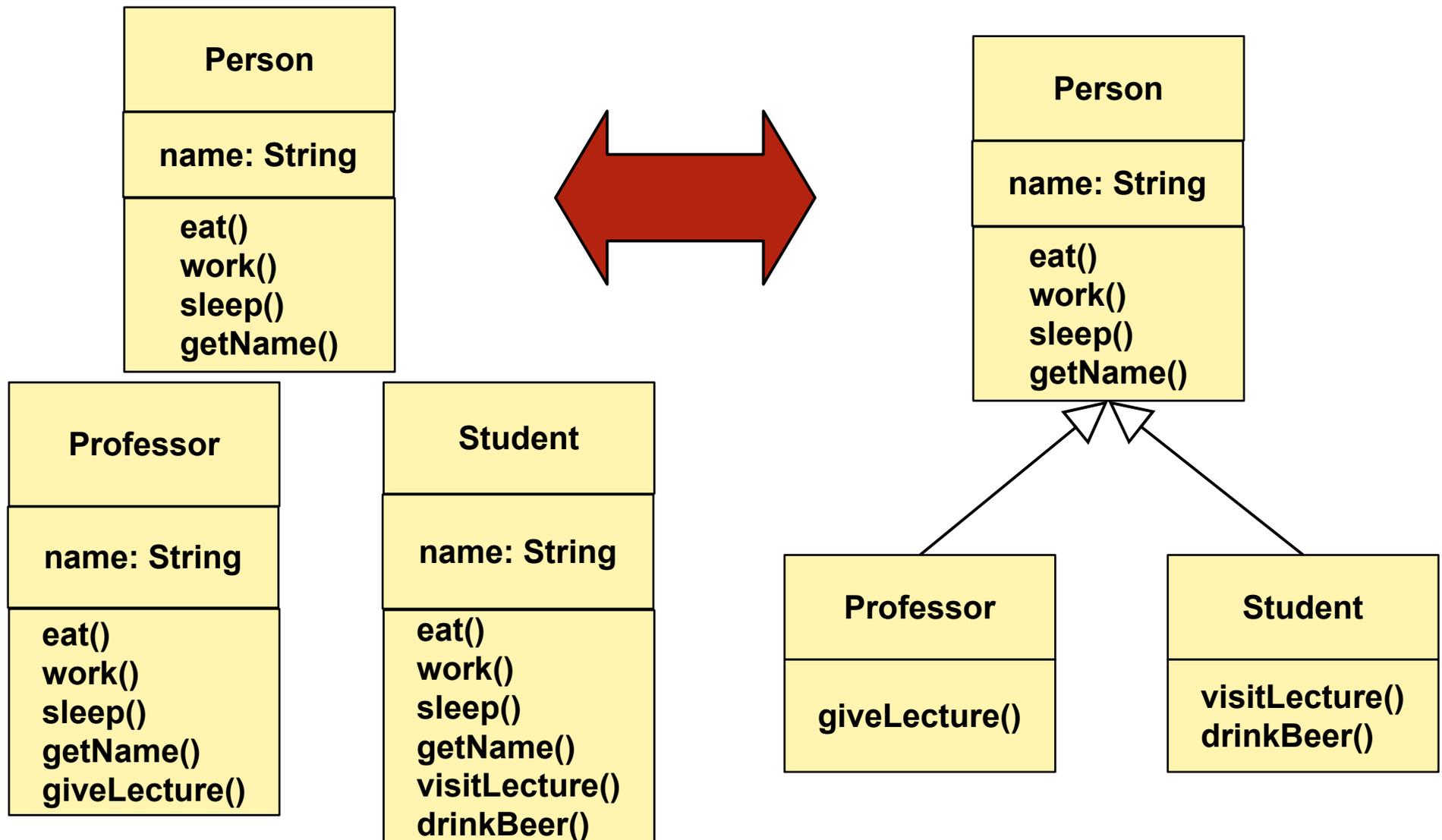
CAPP-Beispiel

- ▶ **Hier:** Person wurde zu Professor und Student kopiert und danach erweitert



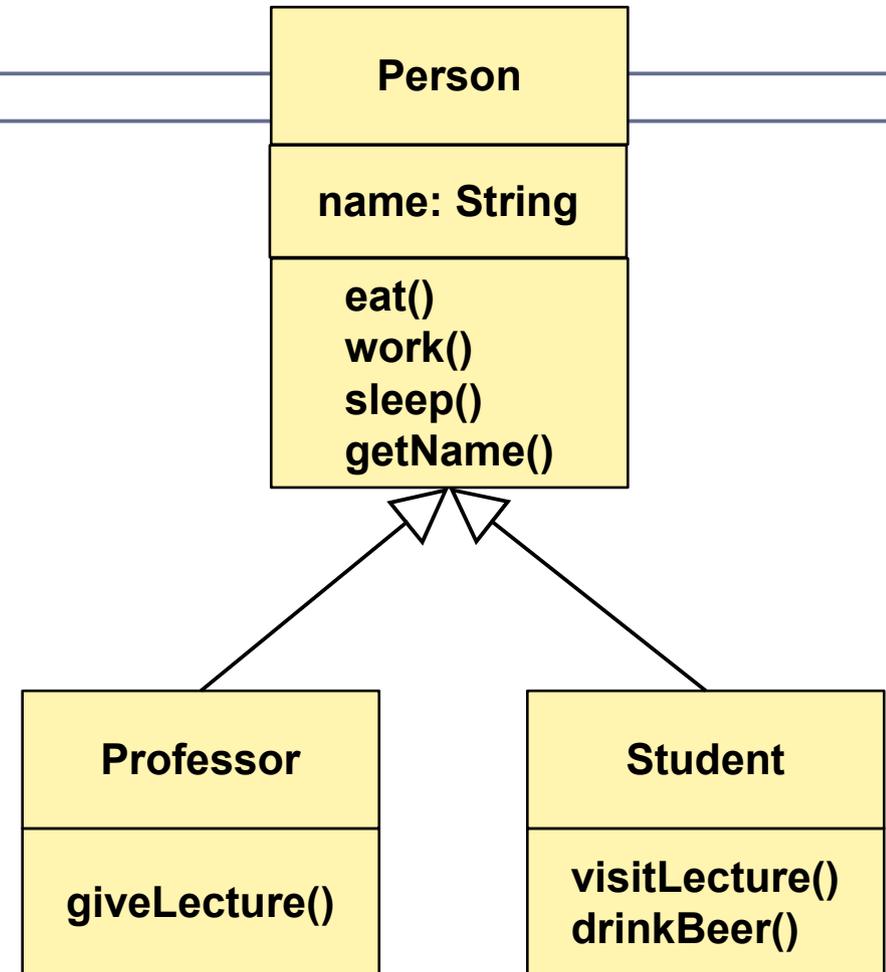
Einfache Vererbung

- ▶ **Vererbung:** Eine Klasse kann Merkmale von einer Oberklasse **erben**
- ▶ **Hier:** Oberklasse Person enthält alle gemeinsamen Merkmale der Unterklasse



Einfache Vererbung

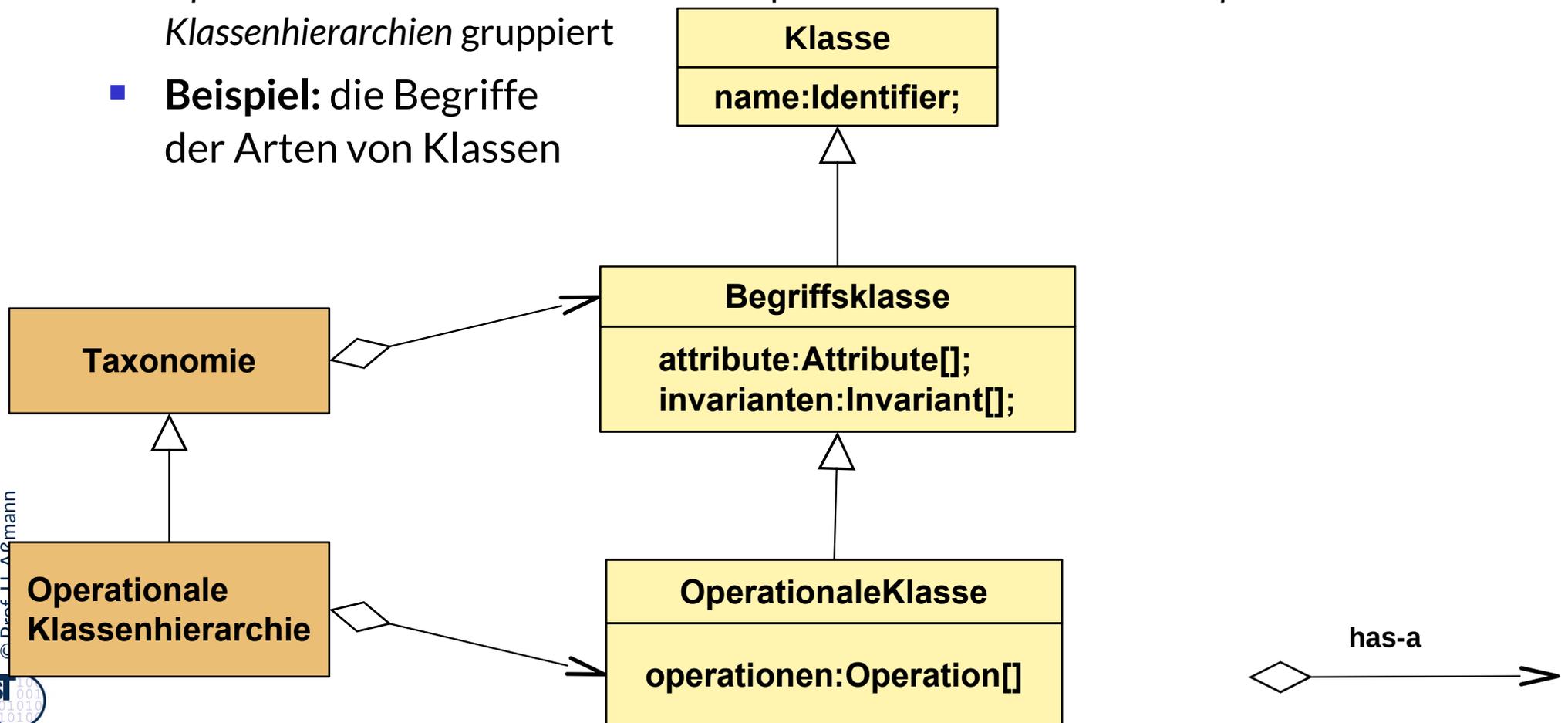
- ▶ **Vorteil:** Vererbung drückt Gemeinsamkeiten aus
 - Die Unterklasse ist damit ähnlich zu dem Elter und den Geschwistern
 - Vererbung stellt *is-a*-Beziehung her (<)
- ▶ **Hier:** Oberklasse Person enthält alle gemeinsamen Merkmale der Unterklasse
- ▶ Bei **einfacher Vererbung** hat jede Klasse nur *eine* Oberklasse
 - Dann ist die Vererbungsrelation ein Baum



```
// Java
Professor extends Person {}; Student extends Person{};
// F-Prolog
Professor < Person. Student < Person.
// OWL
Professor is-a Person. Student is-a Person.
```

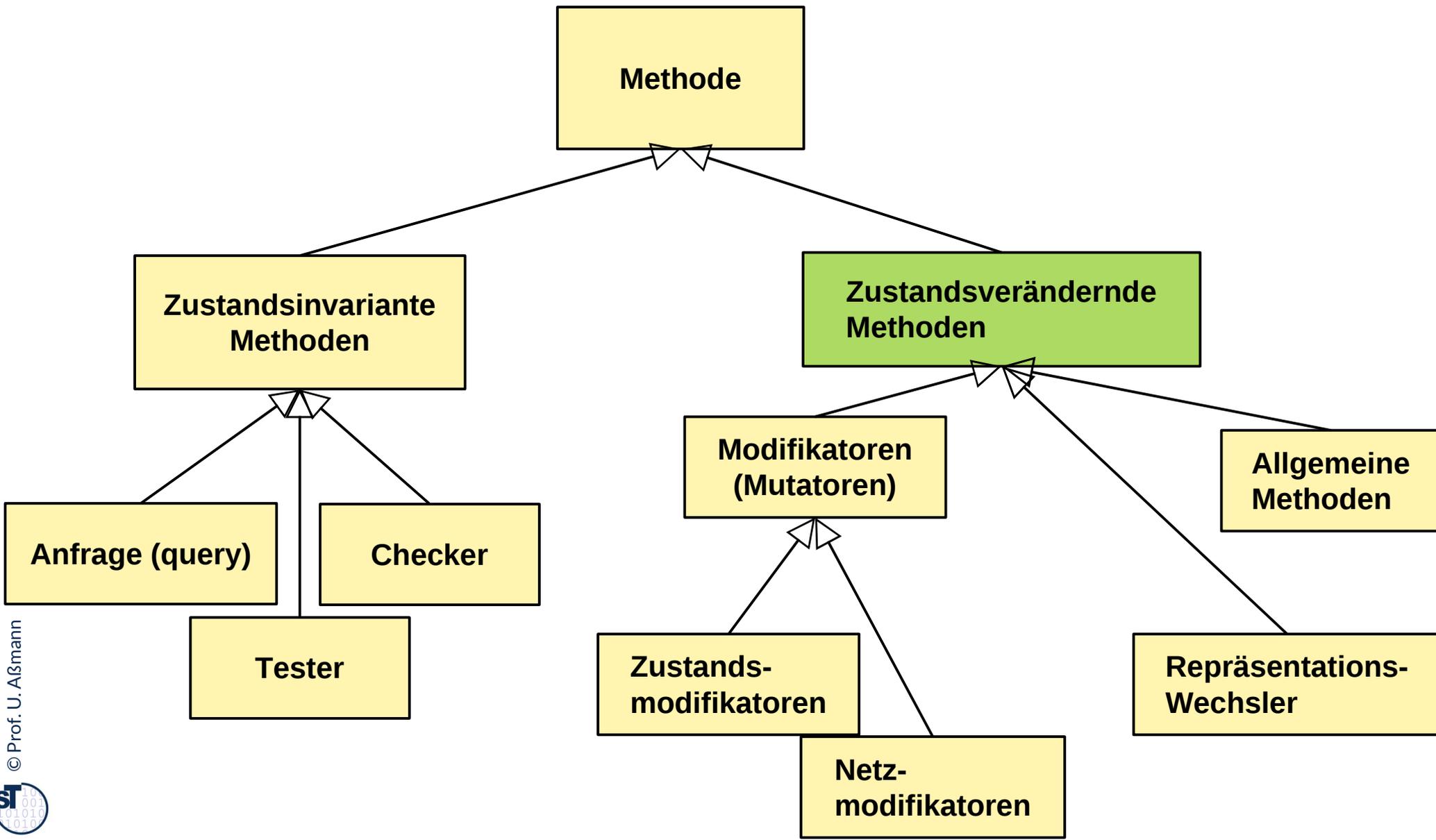
Q1: Begriffshierarchien (Taxonomien) nutzen einfache Vererbung

- ▶ Domänenmodelle werden durch *Klassifikation* der Domänenobjekte und Domänenkonzepte ermittelt
- ▶ Klassifikationen führen zu **Begriffshierarchien (Taxonomien)**
 - *Begriffsklassen* besitzen nur Attribute und Invarianten
- *Operationale Klassen* benutzen auch Operationen und werden zu *operationalen Klassenhierarchien* gruppiert
- **Beispiel:** die Begriffe der Arten von Klassen



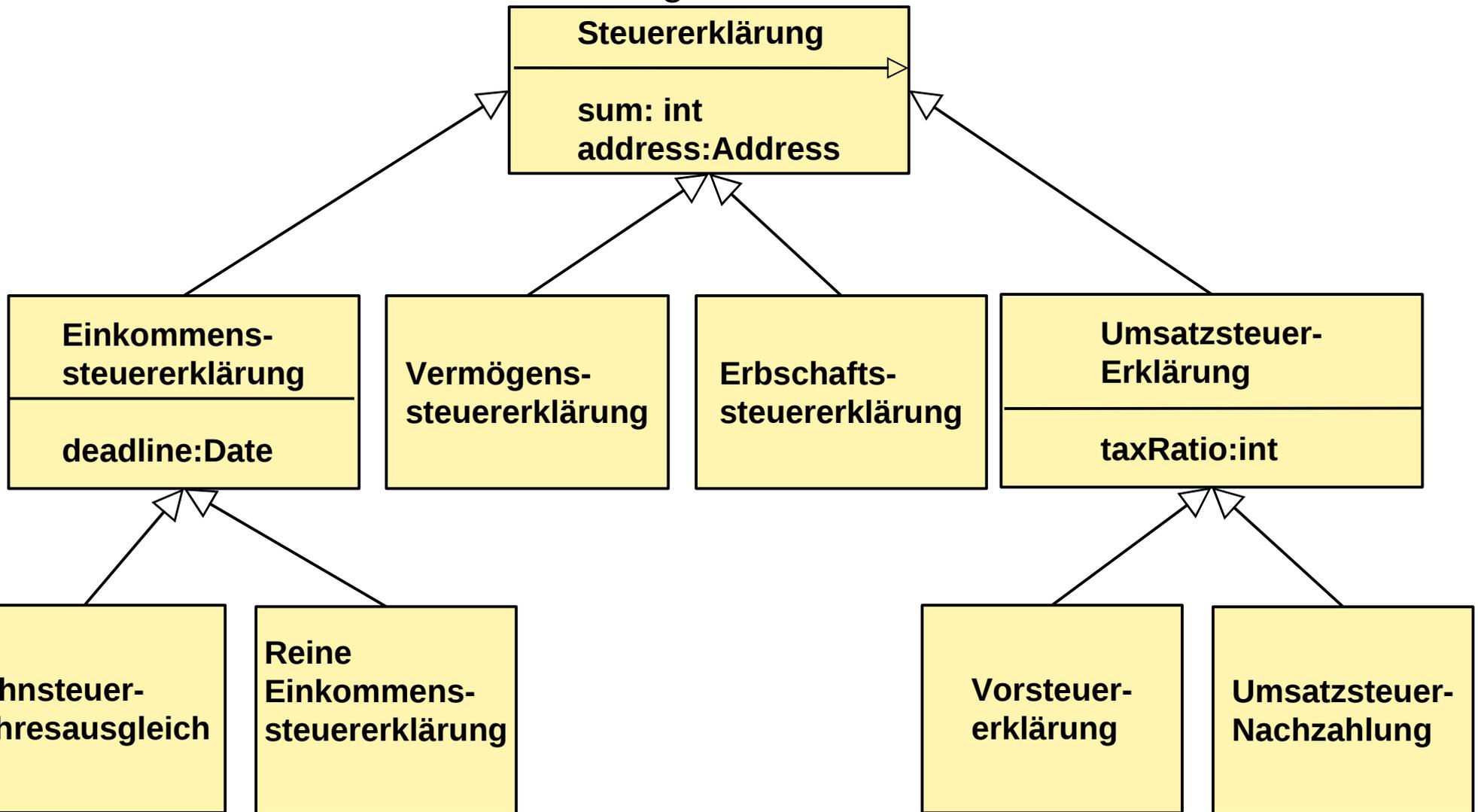
Bsp: Begriffshierarchie (Taxonomie) der Methodenarten

- ▶ **Wiederholung:** Welche Arten von Methoden gibt es in einer Klasse?



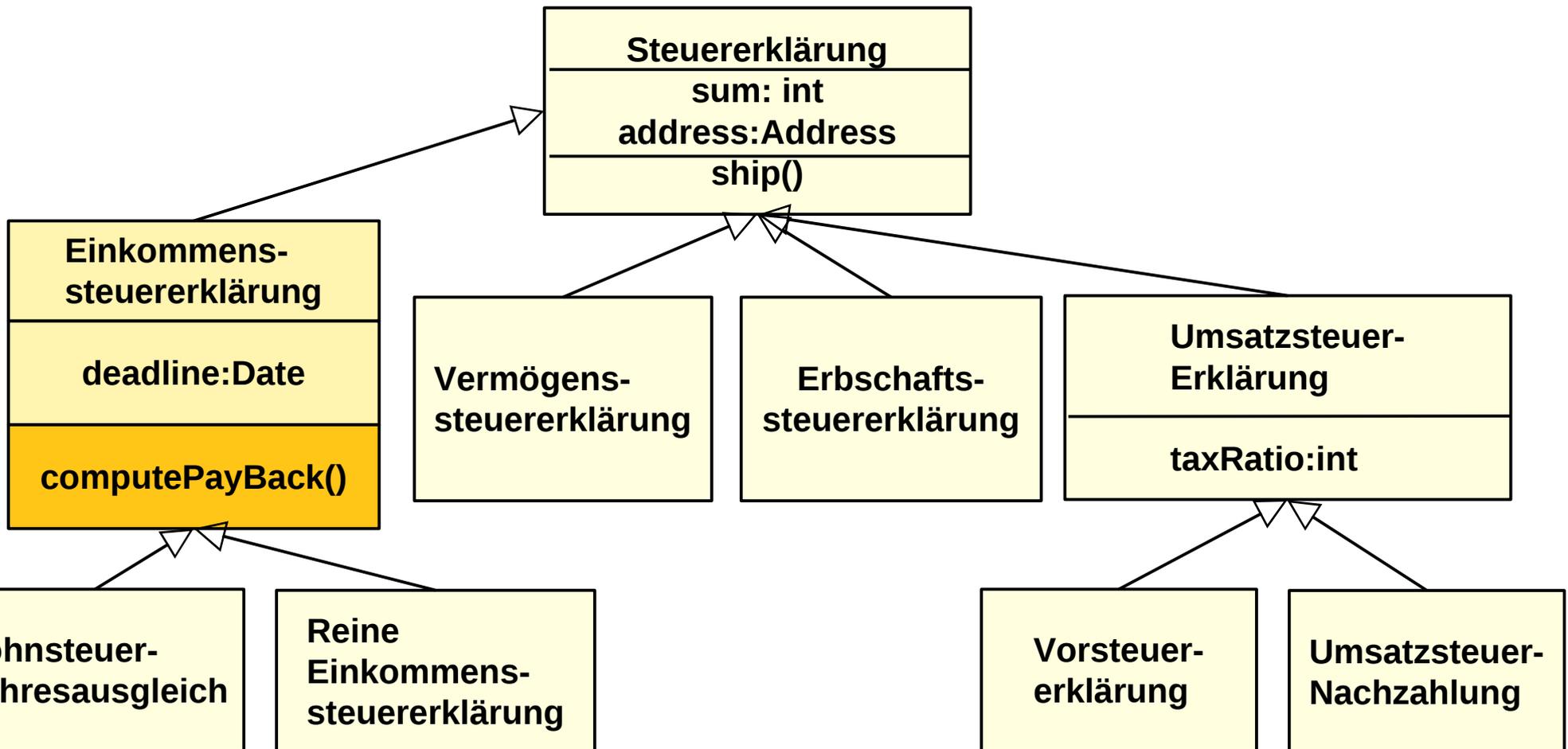
Bsp. Taxonomie der Steuererklärungen

- ▶ Domäne: Finanzbuchhaltung
- ▶ Das deutsche Steuerrecht kennt viele Arten von Steuererklärungen
- ▶ Eine Klassifikation führt zu einer Begriffshierarchie



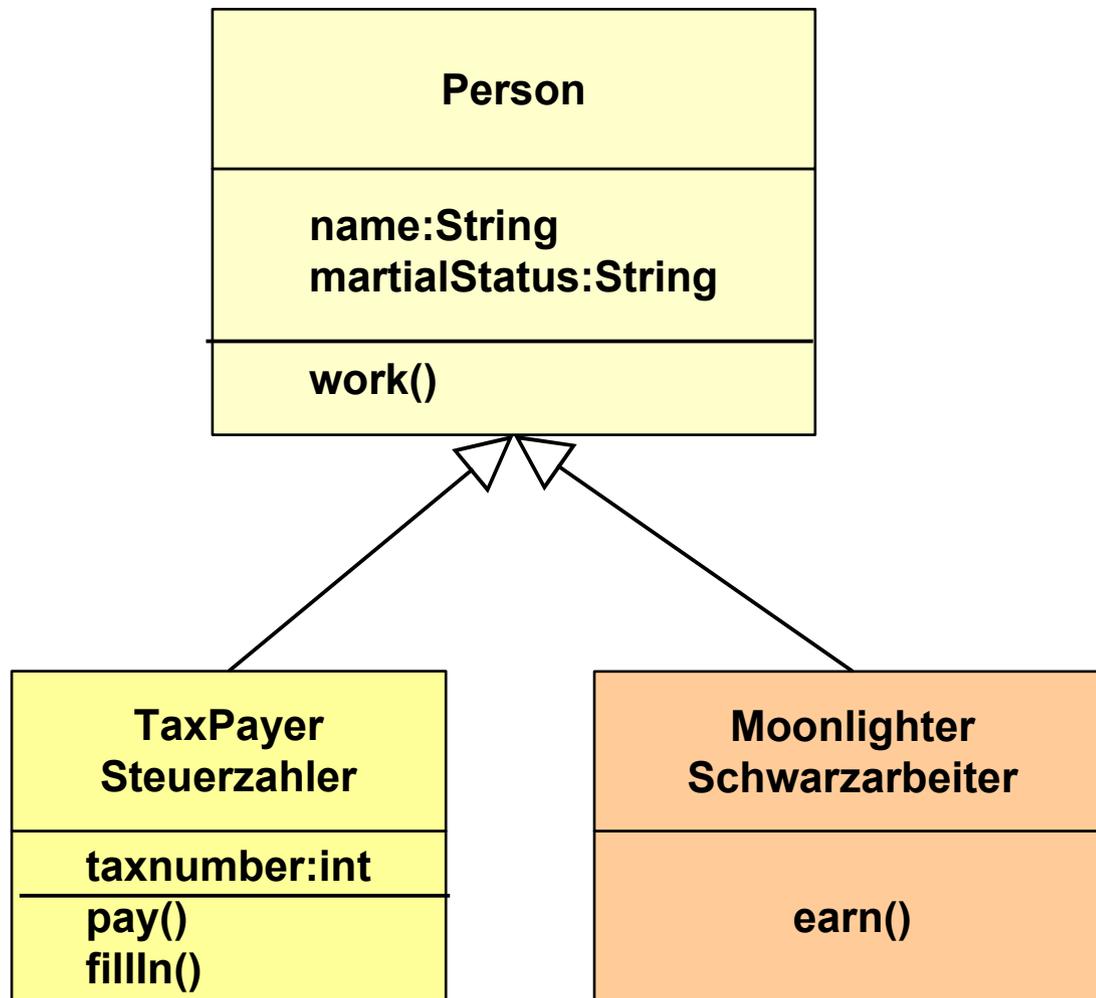
Bsp. Erweiterung einer Begriffshierarchie hin zu operationalen Klassenhierarchie

- ▶ Programmiert man eine Steuerberater-Software, muss man die Begriffshierarchie der Steuererklärungen als Klassen einsetzen.
- ▶ Daneben sind aber die Klassen um eine neue **Abteilung (compartment)** mit **Operationen** zu erweitern, denn innerhalb der Software müssen sie ja etwas tun.



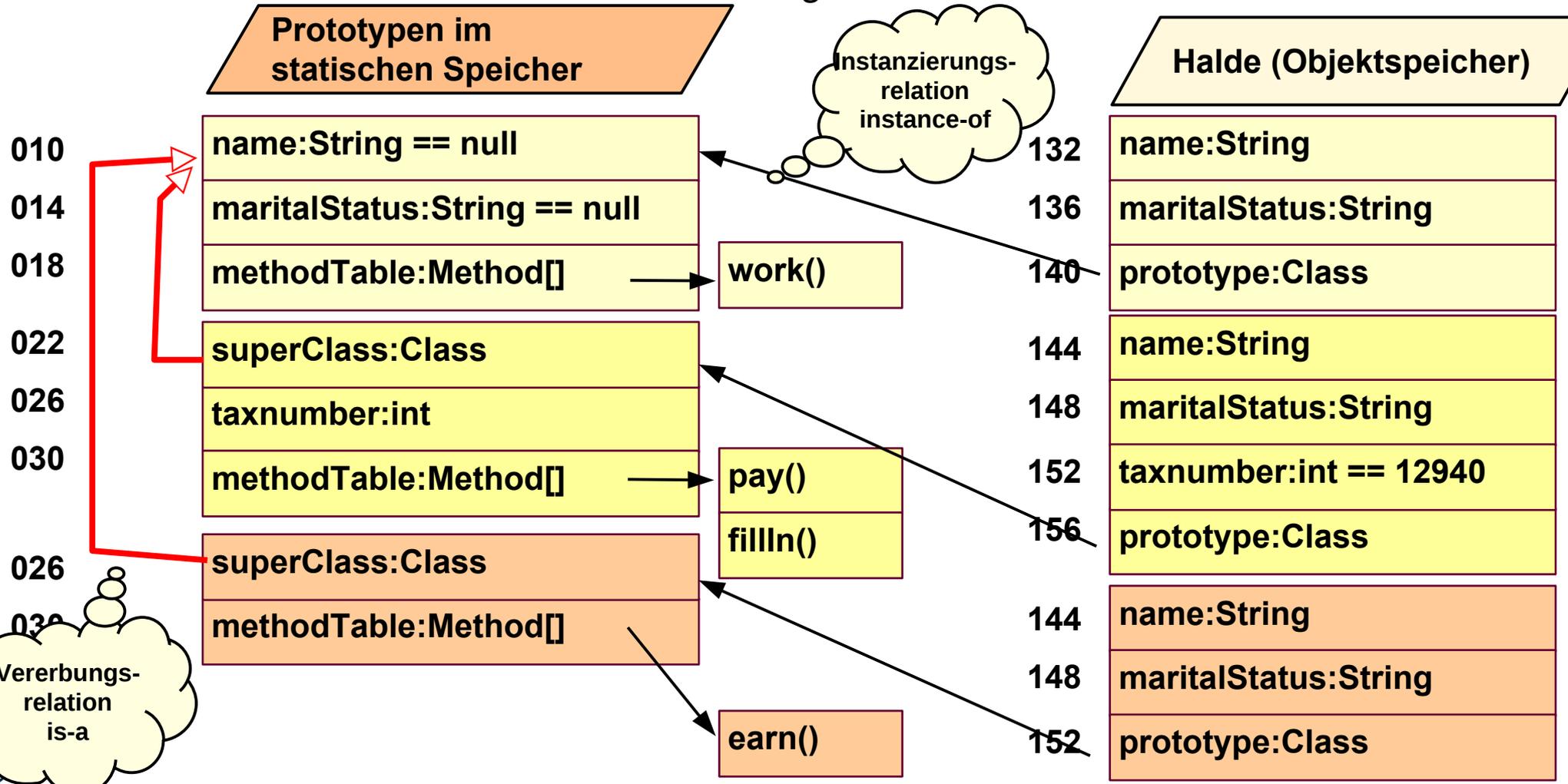
11.1.2 Vererbung im Speicher

- ▶ ... am Beispiel Steuerzahler



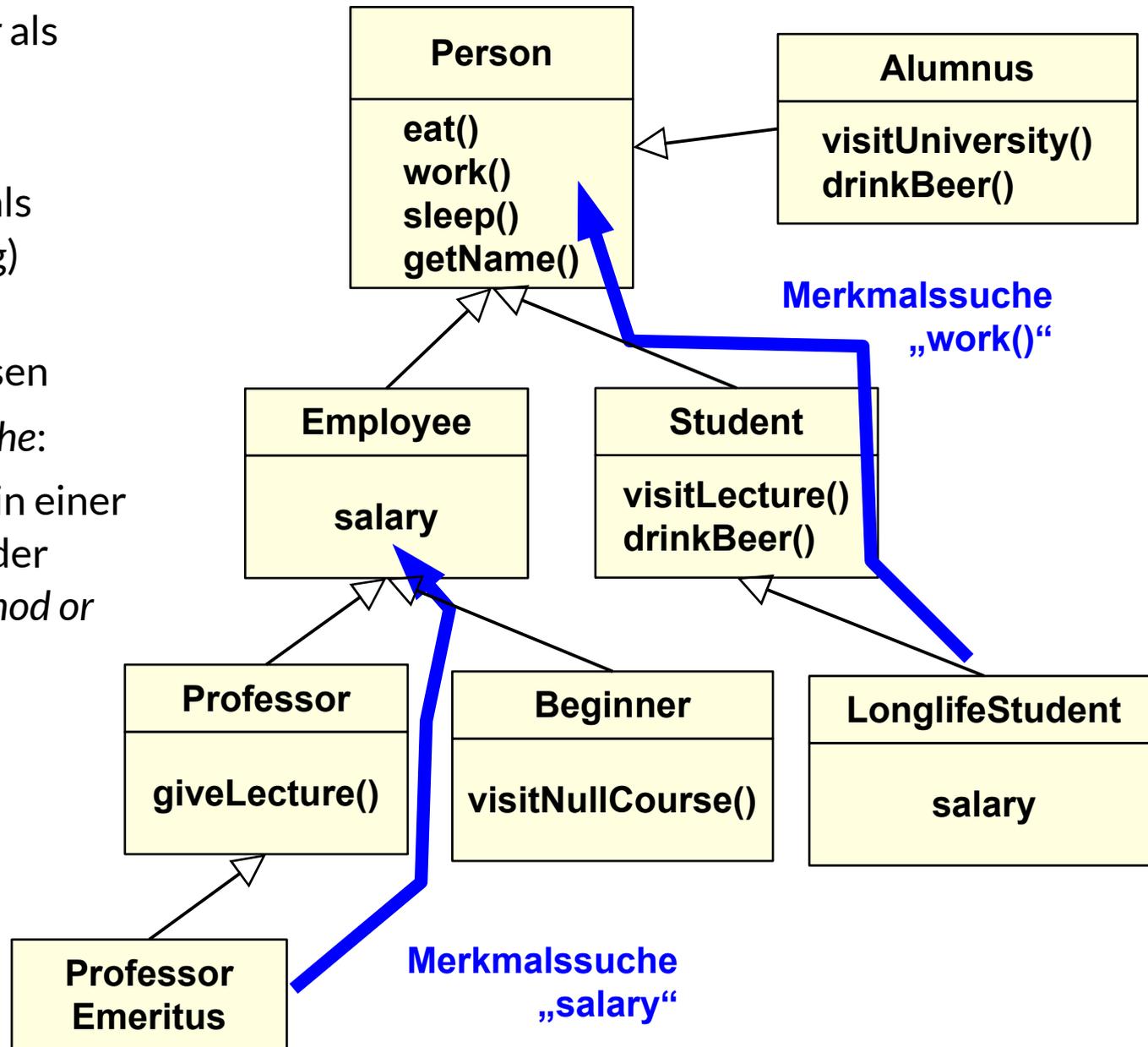
Vererbung im Speicher

- ▶ Die Vererbungsrelation wird im Speicher als *Baum* zwischen den Prototypen der Ober- und Unterklassen dargestellt (Verzeigerung von unten nach oben)
 - Unterscheide davon die Objekt-Prototyp-Relation instance-of!
- ▶ Methoden werden zwischen den Klassen *geteilt*



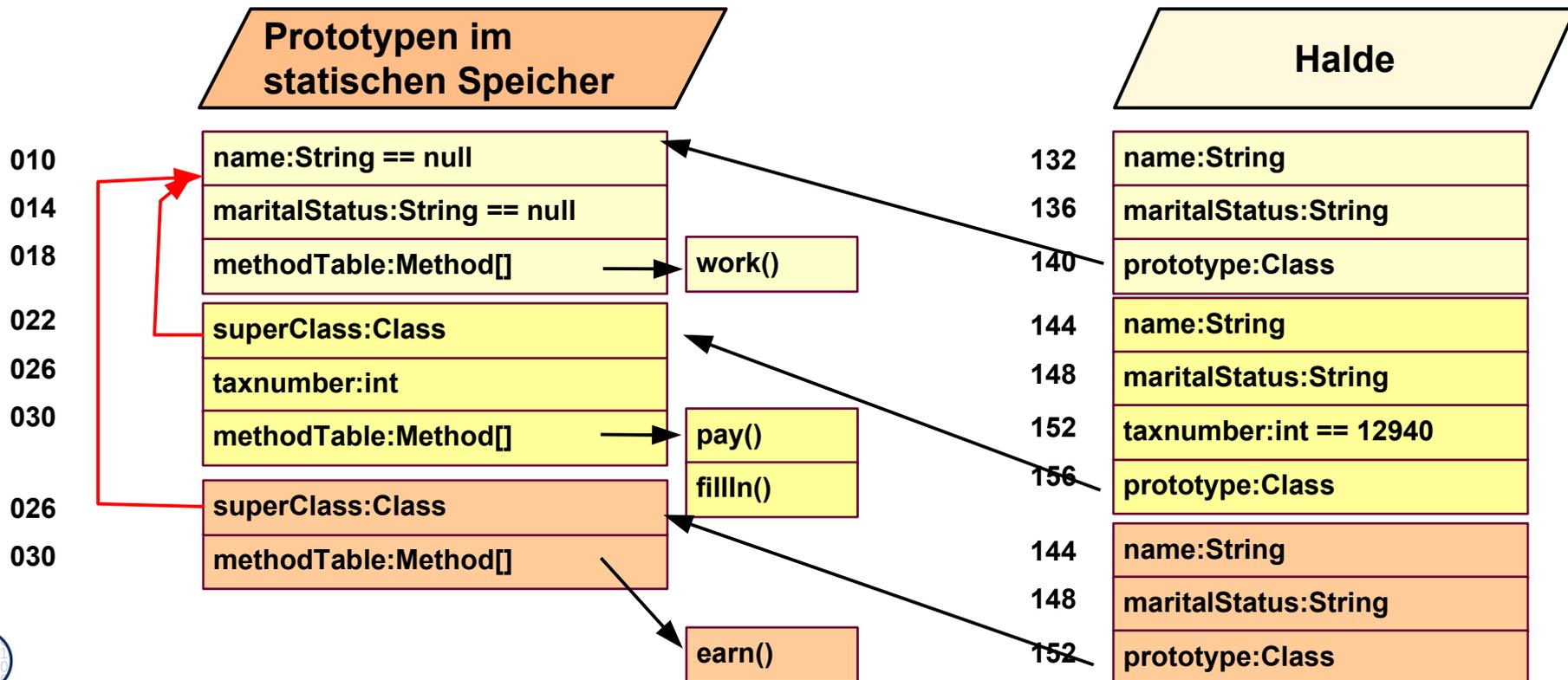
Merkmalsuche im Vererbungsbaum

- ▶ Oberklassen sind *allgemeiner* als Unterklassen (Prinzip der Generalisierung)
- ▶ Unterklassen sind *spezieller* als Oberklassen (Spezialisierung)
 - Unterklassen *erben* alle Merkmale der Oberklassen
- ▶ *Methoden- bzw. Merkmalsuche:*
 - Wird ein Merkmal nicht in einer Klasse definiert, wird in der Oberklasse *gesucht* (*method or feature resolution*)



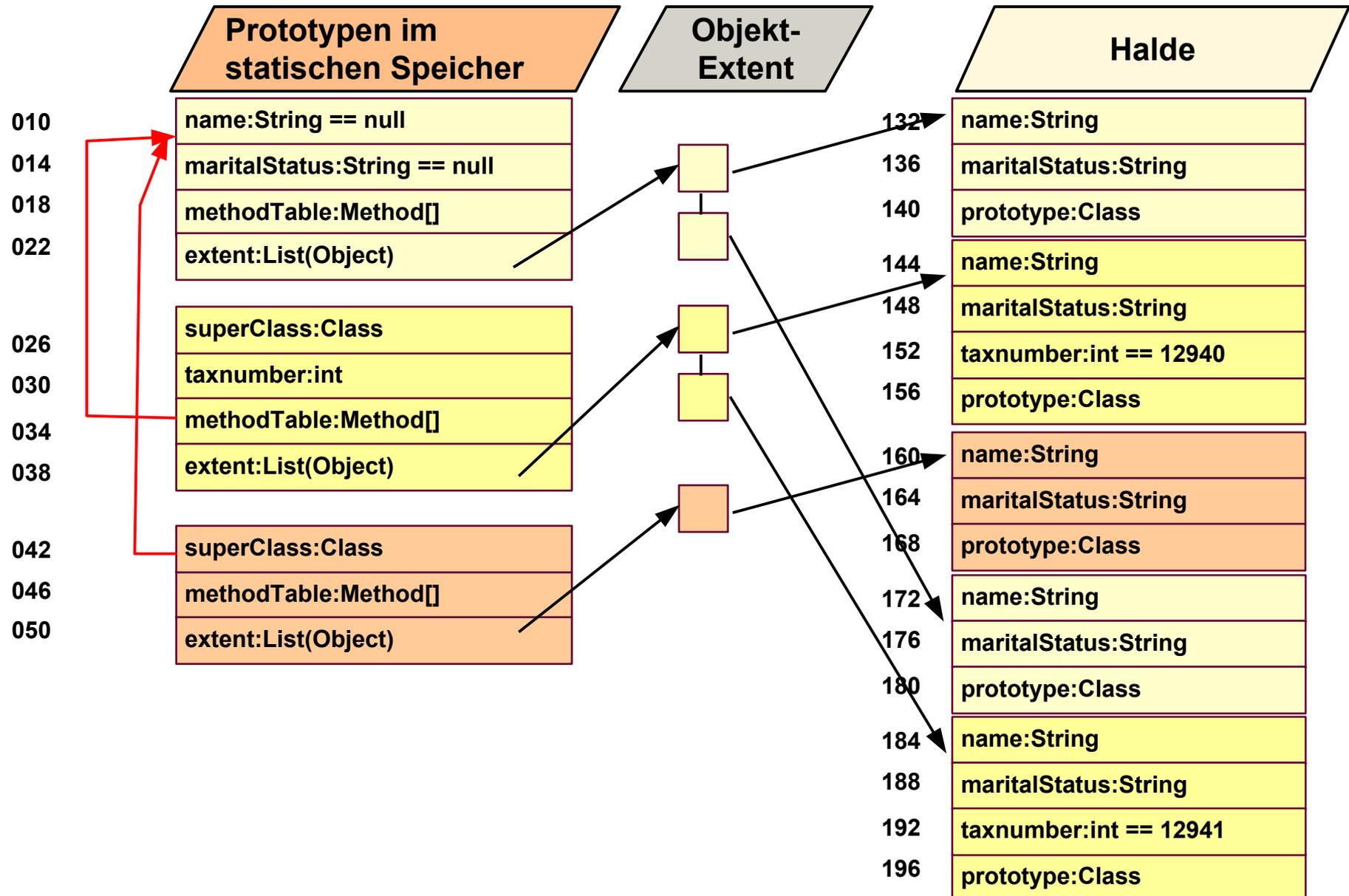
Merkmalsuche im Speicher - Beispiele

- 1) Suche Attribut *name* in Steuerzahler: direkt vorhanden
- 2) Suche Methode *pay()* in Steuerzahler: Schlage Prototyp nach, finde in Methodentabelle des Prototyps
- 3) Suche Methode *work()* in Steuerzahler: Schlage Prototyp nach, Schlage Oberklasse nach (Person), finde in Methodentabelle von Person
- 4) Suche Methode *payback()* in Steuerzahler: Schlage Prototyp nach, Schlage Oberklasse nach (Person); existiert nicht in Methodentabelle von Person. Da keine weitere Oberklasse existiert, wird ein Fehler ausgelöst "method not found" "message not understood"



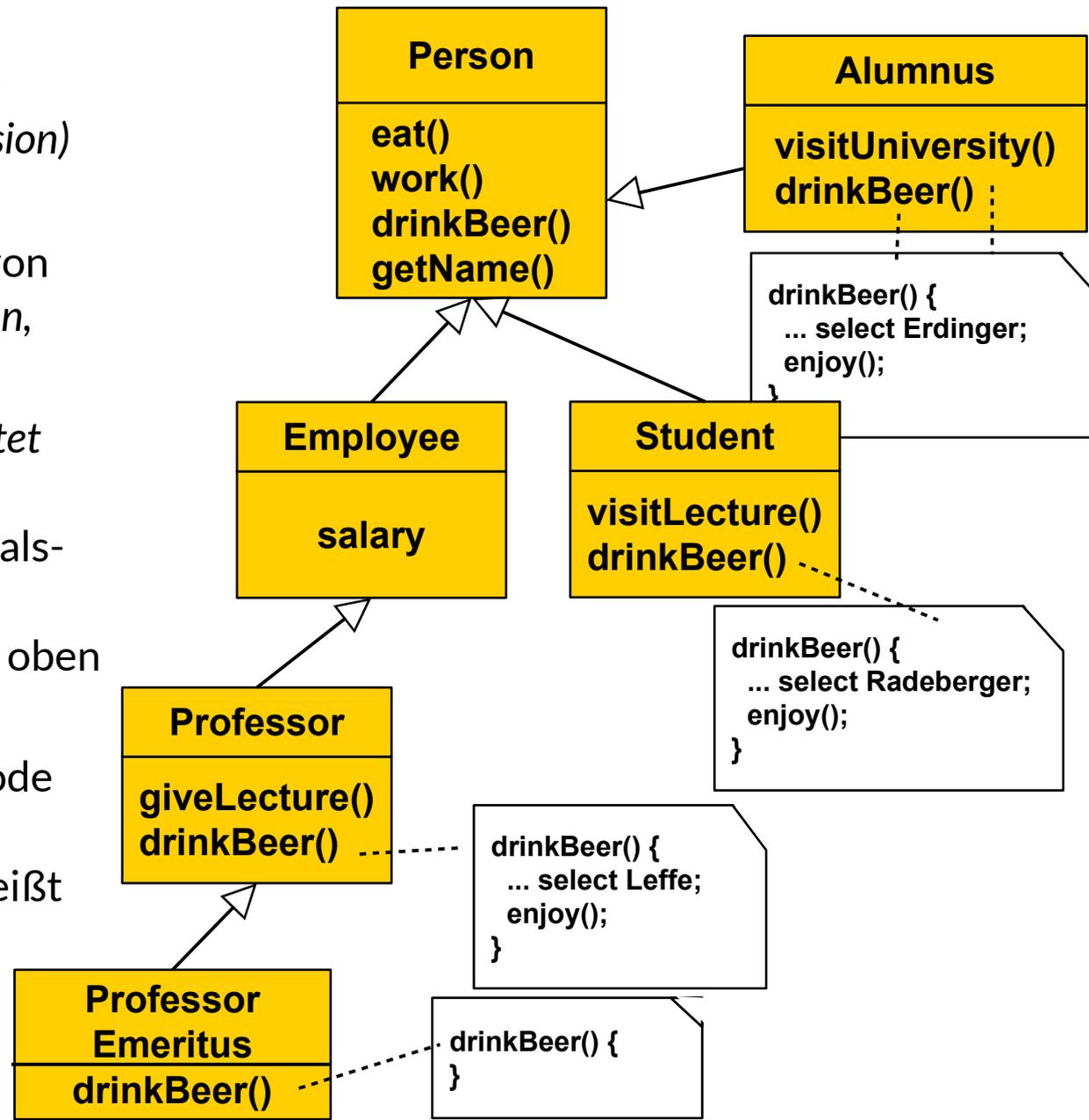
Objekt-Extent im Speicher, mit Vererbung

- ▶ Zu einer Klasse vereinige man alle Extents aller Unterklassen



Erweitern und Überschreiben von Merkmalen

- ▶ Eine Unterklasse kann neue Merkmale zu einer Oberklasse hinzufügen (*Erweiterung, extension*)
- ▶ Definiert eine Unterklasse ein Merkmal erneut, spricht man von einer *Redefinition* (*Überschreiben, overriding*)
 - Dieses Merkmal *überschattet* (*verbirgt*) das Merkmal der Oberklasse, da der Merkmals-suchalgorithmus in der Hierarchie von unten nach oben sucht.
 - Die überschriebene Methode hat mehrere Implementierungen und heißt *polymorph* oder *virtual*

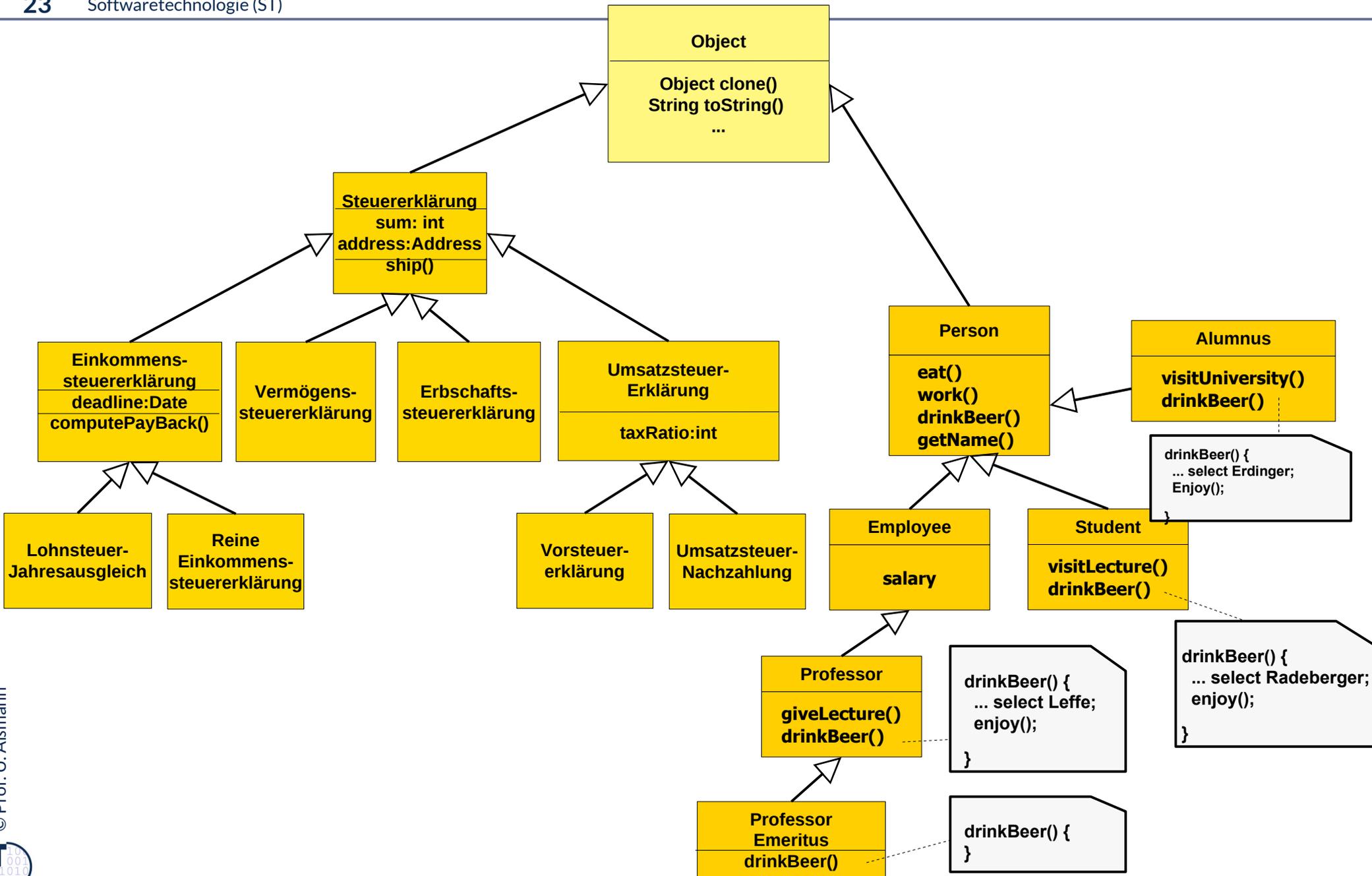


11.1.3. Die oberste Klasse von Java: "Object"

- ▶ **java.lang.Object:** allgemeine Eigenschaften aller Objekte und Klassen
 - Jede Klasse ist Unterklasse von Object ("extends Object").
 - Diese Vererbung ist *implizit* (d.h. man kann "extends Object" weglassen).
- ▶ Jede Klasse kann die Standard-Operationen überdefinieren:
 - equals: Objektgleichheit (Standard: Referenzgleichheit)
 - hashCode: Zahlcodierung
 - toString: Textdarstellung, z.B. für println()

```
class Object {
    protected Object clone (); // kopiert das Objekt
    public boolean equals (Object obj);
        // prüft auf Gleichheit zweier Objekte
    public int hashCode();      // produce a unique identifier
    public String toString();   // produce string representation
    protected void finalize(); // lets GC run
    Class getClass();          // gets prototype object
}
```

Vererbung von Object auf Anwendungsklassen



11.E1 Exkurs: Lernen mit Begriffshierarchien

Begriffshierarchien können zum Lernen eingesetzt werden



DRESDEN
concept
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

Blooms Taxonomie des Lernens

25

Softwaretechnologie (ST)

- ▶ [Wikipedia, Lernziele] Die 6 Stufen im kognitiven Bereich lauten:
- ▶ **Lehrlingschaft**
 - **Stufe 1) Kenntnisse / Wissen:** Kenntnisse konkreter Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, Daten, Regeln, Gesetzmäßigkeiten, Theorien, Merkmalen, Kriterien, Abläufen; Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben.
 - **Stufe 2) Verstehen:** *Lernende können Sachverhalt mit eigenen Worten erklären oder zusammenfassen; können Beispiele anführen, Zusammenhänge verstehen; können Aufgabenstellungen interpretieren.*
- ▶ **Gesellschaft**
 - **Stufe 3) Anwenden:** Transfer des Wissens, problemlösend; Lernende können das Gelernte in neuen Situationen anwenden und unaufgefordert Abstraktionen verwenden oder abstrahieren.
 - **Stufe 4) Analyse:** Lernende können ein Problem in einzelne Teile zerlegen und so die Struktur des Problems verstehen; sie können Widersprüche aufdecken, Zusammenhänge erkennen und Folgerungen ableiten, und zwischen Fakten und Interpretationen unterscheiden.
 - **Stufe 5) Synthese:** Lernende können aus mehreren Elementen eine neue Struktur aufbauen oder eine neue Bedeutung erschaffen, können neue Lösungswege vorschlagen, neue Schemata entwerfen oder begründete Hypothesen entwerfen.
- ▶ **Meisterschaft**
 - **Stufe 6) Beurteilung:** Lernende können den Wert von Ideen und Materialien beurteilen und können damit Alternativen gegeneinander abwägen, auswählen, Entschlüsse fassen und begründen, und bewusst Wissen zu anderen transferieren, z. B. durch Arbeitspläne.

Lernkarten und Lernmatrizen als Hilfsmittel

- ▶ Erstellen Sie eine Strukturkarte (concept map) der Vorlesung zur Vorbereitung für die Klausur
- ▶ **Vorlesungskarte:** Quasi-hierarchische Darstellung der Inhalte der Vorlesung
 - gegliedert wie die Vorlesung
 - gefüllt mit Begriffen, die Sie erklären können (Bloom-Stufe 1+2)
 - gefüllt mit Fragen
- ▶ **Vorlesungsmatrix:** Matrixartige Darstellung der Inhalte
 - auf die Vorlesungskarte aufbauend
 - Kreuzen mit zweiter Dimension: Querschneidende Aspekte wie Analyse, Design, Entwurfsmuster in die zweite Dimension eintragen
 - Damit die Vorlesungskarte in einen zweiten Zusammenhang bringen (Bloom-Stufe 3+4)
- ▶ **Übung:** Erstellen Sie eine Vorlesungskarte von Vorlesung 10, "Objekte und Klassen"
 - Erstellen Sie eine Vorlesungskarte von Vorlesung 20, "Vererbung und Polymorphie"
 - Ermitteln sie querscheidende Aspekte wie Objektallokation, Speicherrepräsentation
 - Entwickeln Sie eine Vorlesungsmatrix

Exkursion: Safari Books Online

- ▶ Die SLUB hat für sie eine Menge von Büchern online
- ▶ Von innerhalb der TU Dresden **kostenlos lesbar**
- ▶ <http://proquest.tech.safaribooksonline.de/>

Sehr empfohlen für die Technik des Lernens und wiss. Arbeitens:

- ▶ Stickel-Wolf, Wolf. Wissenschaftliches Arbeiten und Lerntechniken. Gabler. Blau. Sehr gutes Überblicksbuch für Anfänger.
- ▶ **Kurs “Academic Skills for Computer Scientists” (3/1/0)**
 - Wintersemester
 - <http://st.inf.tu-dresden.de/teaching/asics>

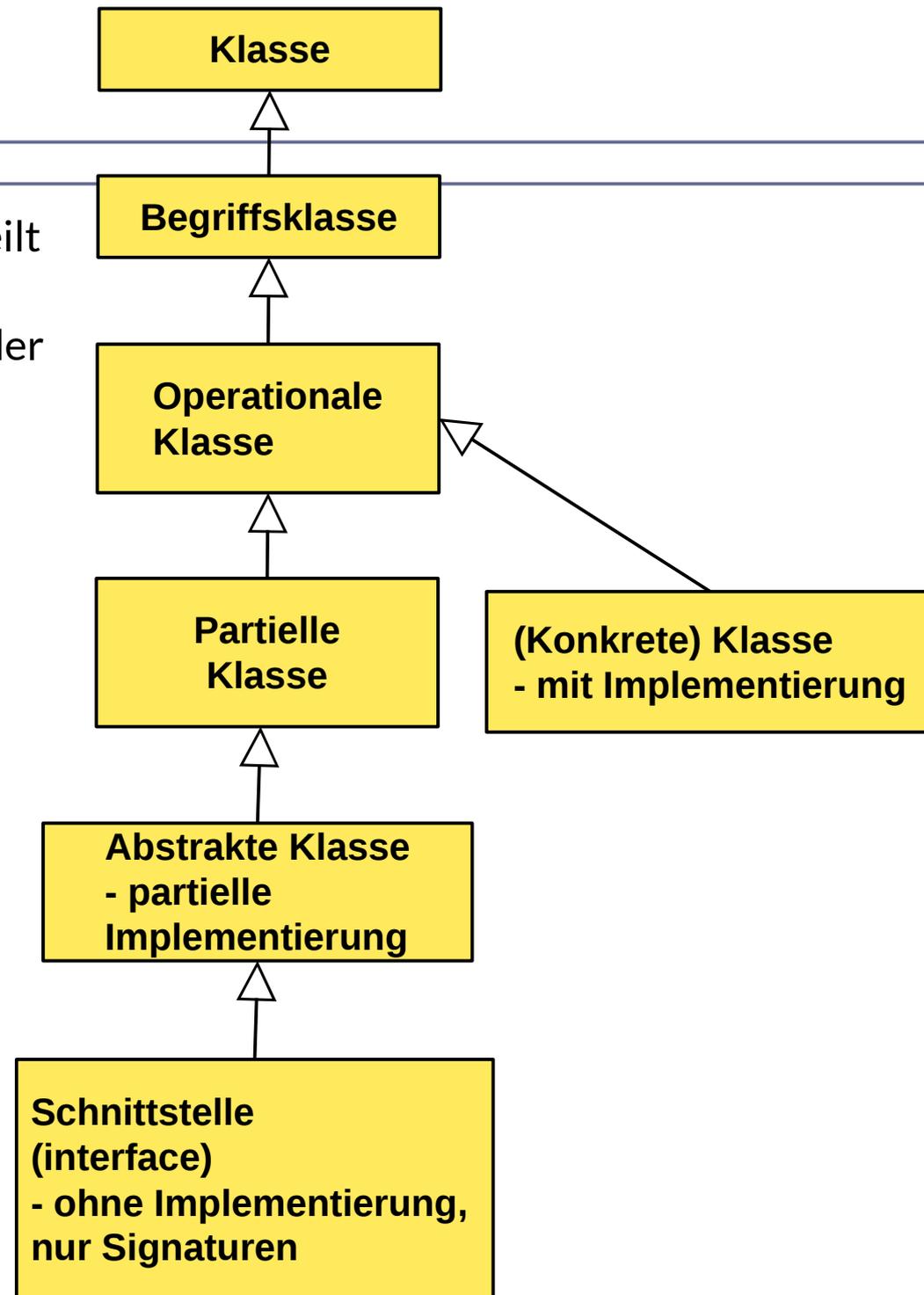
11.2 Schnittstellen und Abstrakte Klassen

Typen können verschiedene Formen annehmen



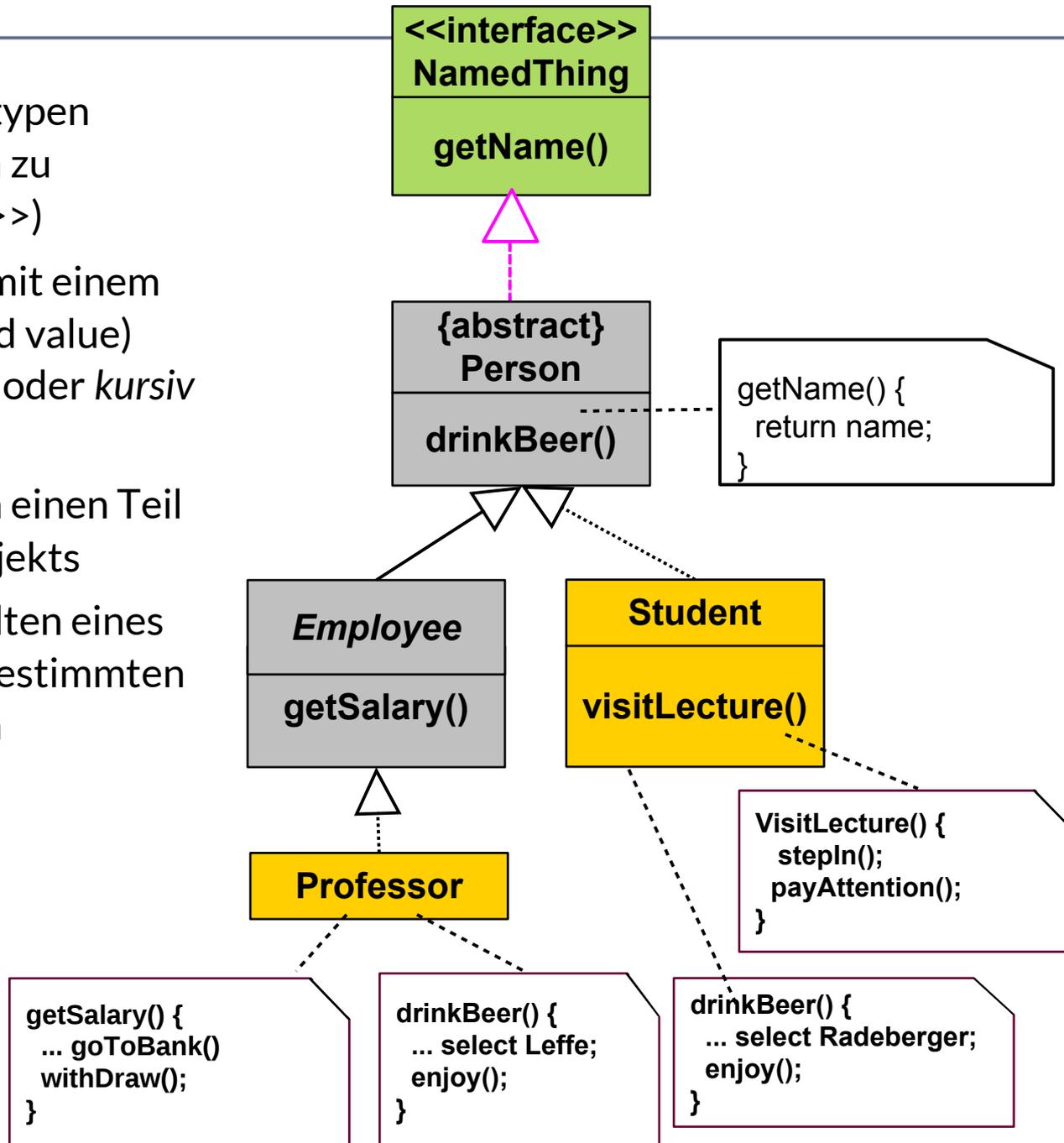
Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erw.)

- ▶ Operationale Klassen werden unterteilt in Klassen mit, ohne, und mit Implementierung einer Untermenge der Operationen
- ▶ Schnittstellen und Abstrakte Klassen dienen dem Teilen von Typen und partiellem Klassen-Code



Schnittstellen und Klassen in UML

- ▶ In UML werden sog. Stereotypen vergeben, um Schnittstellen zu kennzeichnen (<<interface>>)
- ▶ Abstrakte Klassen werden mit einem speziellen Markierer (tagged value) gekennzeichnet ({abstract}) oder *kursiv* gemalt
- ▶ Schnittstellen beschreiben einen Teil der Funktionalität eines Objekts
 - Sie dienen dazu, Verhalten eines Objektes in einem bestimmten Kontext festzulegen



Schnittstellen und Klassen in Java

```
interface NamedThing {
    String getName(); // no implementation
}
abstract class Person implements NamedThing {
    String name;
    String getName() { return name; } // implementation exists
    abstract void drinkBeer(); // no implementation
}
abstract class Employee extends Person {
    abstract void getSalary(); // no implementation
}
class Professor extends Employee { // concrete class
    void getSalary() { goToBank(); withdraw(); }
    void drinkBeer() { .. select Leffe(); enjoy(); }
}
class Student extends Person { // concrete class
    void visitLecture() { stepIn(); payAttention(); }
    void drinkBeer() { .. select Radeberger(); enjoy(); }
}
```

Abstrakte Klassen und Abstrakte Operationen

32 Softwaretechnologie (ST)

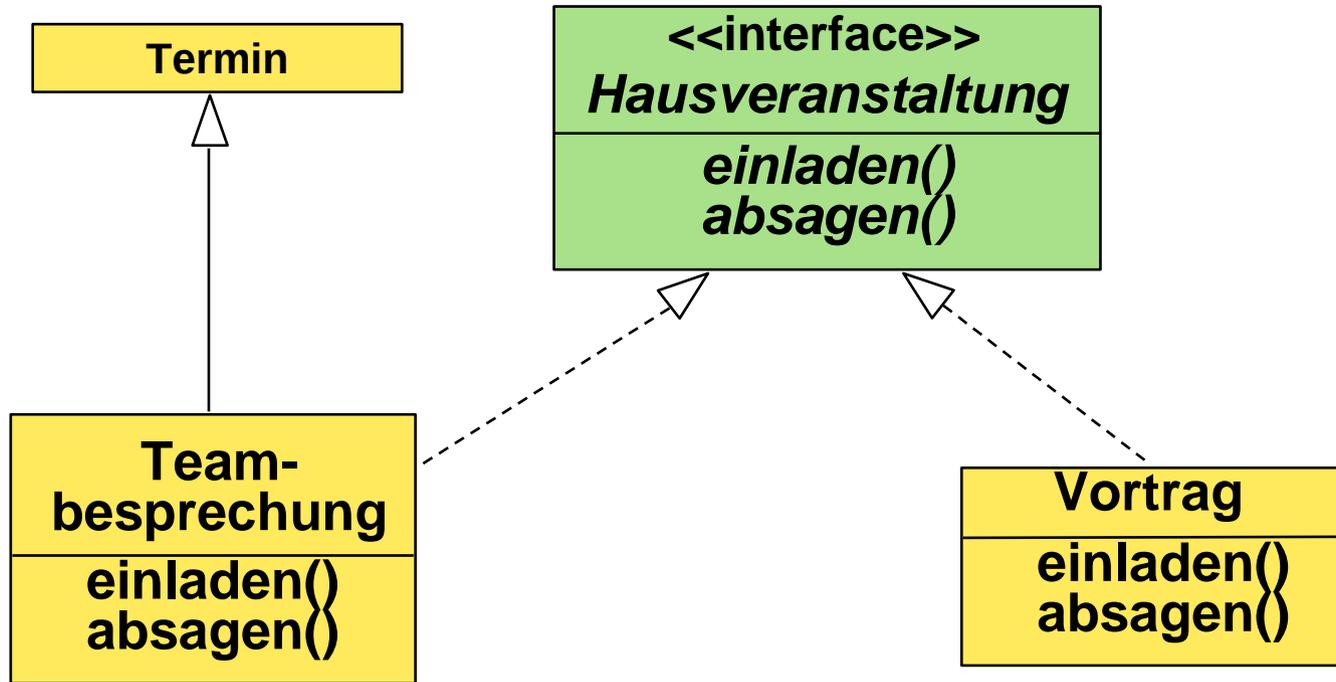
```
abstract class Termin {  
    ...  
    String titel;  
    Hour beginn;  
    int dauer;  
    ...  
    abstract boolean verschieben (Hour neu);  
};
```

Jede abstrakt deklarierte Methode muß in einer Unterklasse realisiert werden - sonst können keine Objekte der Unterklasse erzeugt werden!

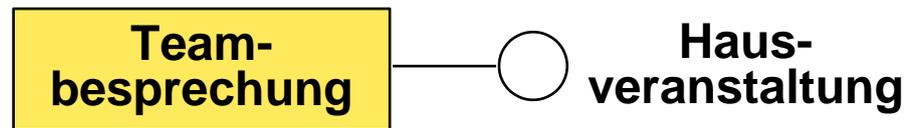
```
class Teambesprechung  
    extends Termin {  
    ...  
    boolean verschieben (Hour neu) {  
        boolean ok =  
            abstimmen(neu, dauer);  
        if (ok) {  
            beginn = neu;  
            raumFestlegen();  
        };  
        return ok;  
    };  
};
```

```
class Betriebsversammlung  
    extends Termin {  
    ...  
    boolean verschieben (Hour neu) {  
        beginn = neu;  
        raumFestlegen();  
        return ok;  
    };  
};
```

Einfache Vererbung von Typen durch Schnittstellen



Hinweis: „Lutscher“-Notation (*lollipop*) für Schnittstellen „Klasse bietet Schnittstelle an“:



Vergleich von Schnittstellen und abstrakte Klassen

Abstrakte Klasse

**Enthält Attribute
und Operationen**

**Kann Default-Verhalten
festlegen**

**Wiederverwendung von
Schnittstellen und Code,
aber keine Instanzbildung**

**Default-Verhalten kann in
Unterklassen überdefiniert
werden**

**Java: Unterklasse kann nur
von einer Klasse erben**

Schnittstelle

**Enthält nur Operationen
(und ggf. Konstante)**

**Kann kein Default-Verhalten
festlegen**

Redefinition unsinnig

**Java und UML: Eine Klasse kann
mehrere Schnittstellen
implementieren**

**Schnittstelle ist eine spezielle
Sicht auf eine Klasse**

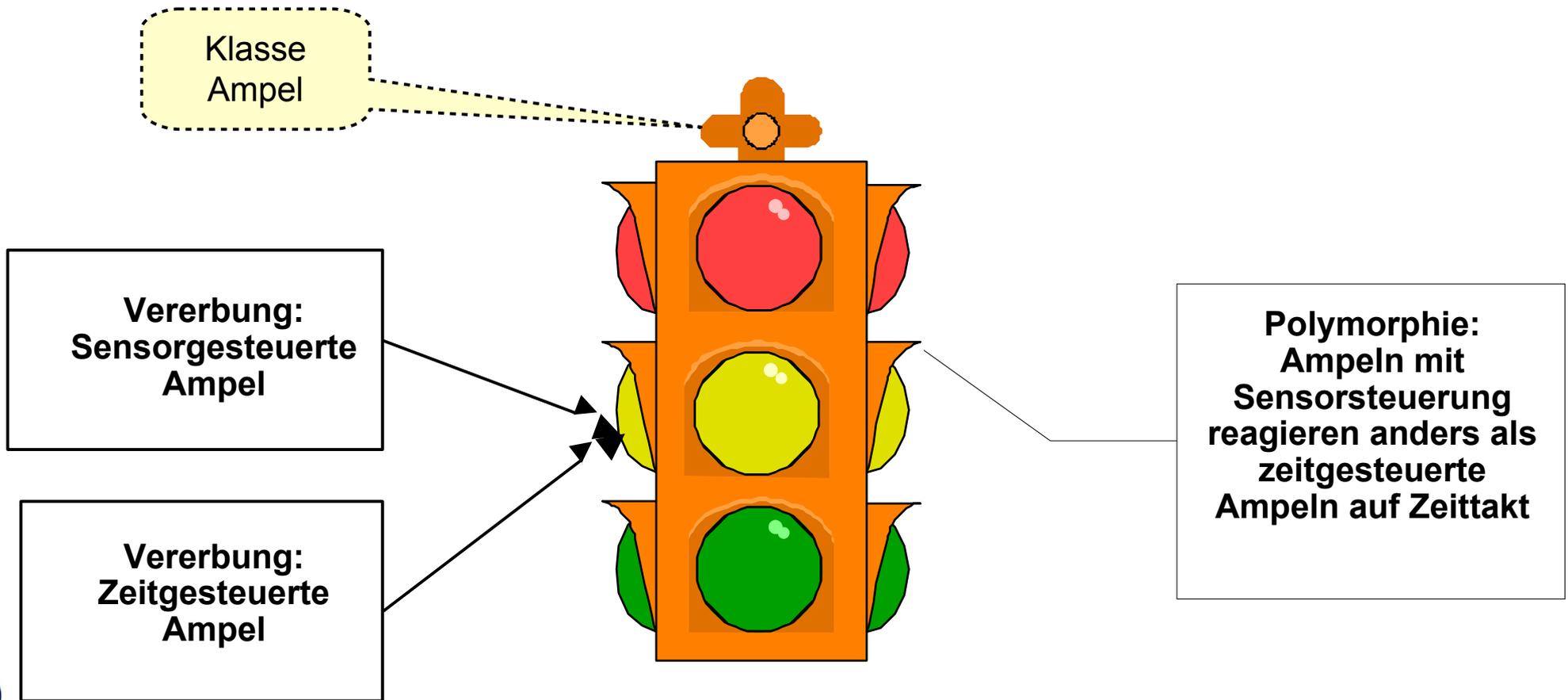
11.3. Polymorphie

- ▶ Polymorphie erlaubt *dynamische Architekturen*
 - Dynamisch wechselnd
 - Unbegrenzt viele Objekte
- ▶ Zentraler Fortschritt gegenüber einfachem imperativen Programmieren



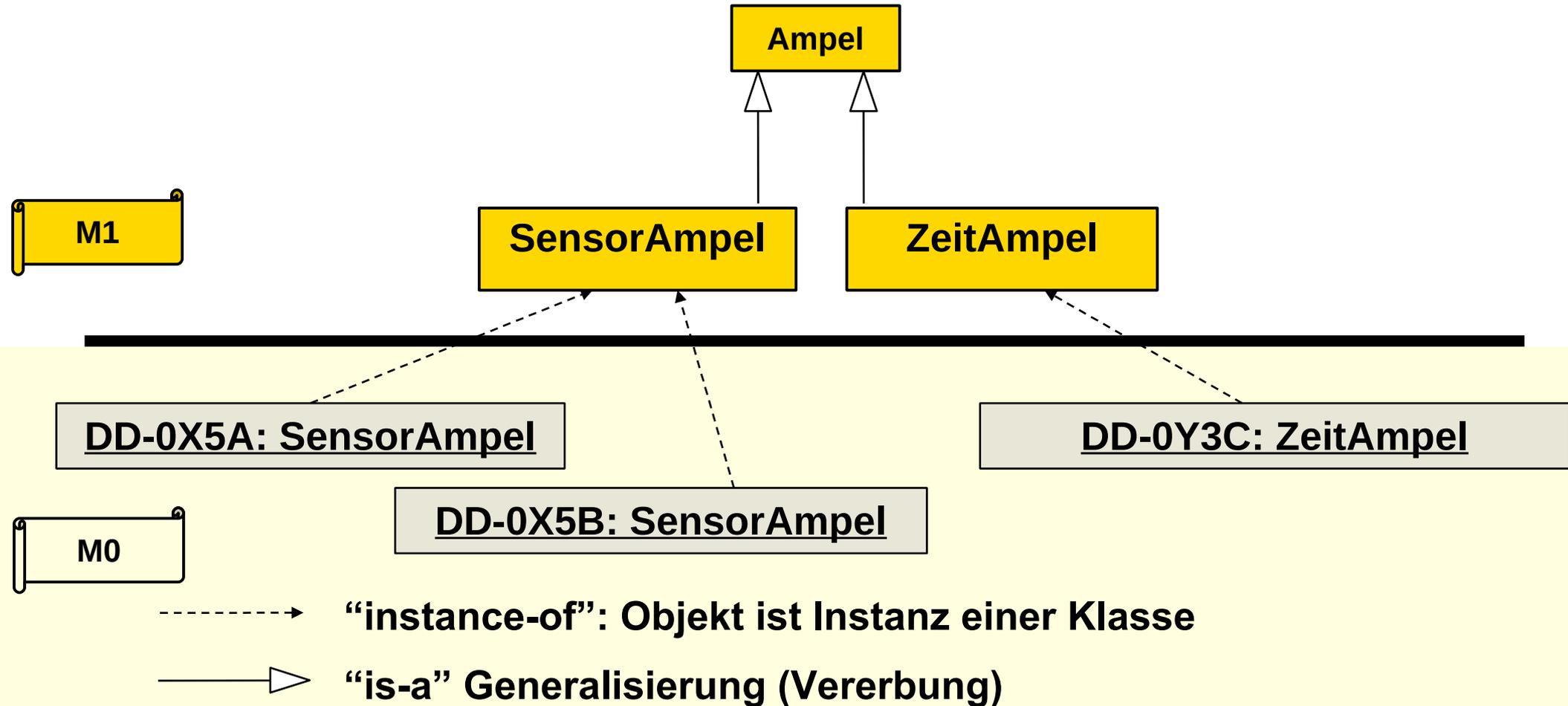
Vererbung und Polymorphie

- ▶ Welcher Begriff einer Begriffshierarchie wird verwendet (Oberklassen/ Unterklassen)?
- ▶ Wie hängt das Verhalten des Objektes von der Hierarchie ab (spezieller vs allgemeiner)?



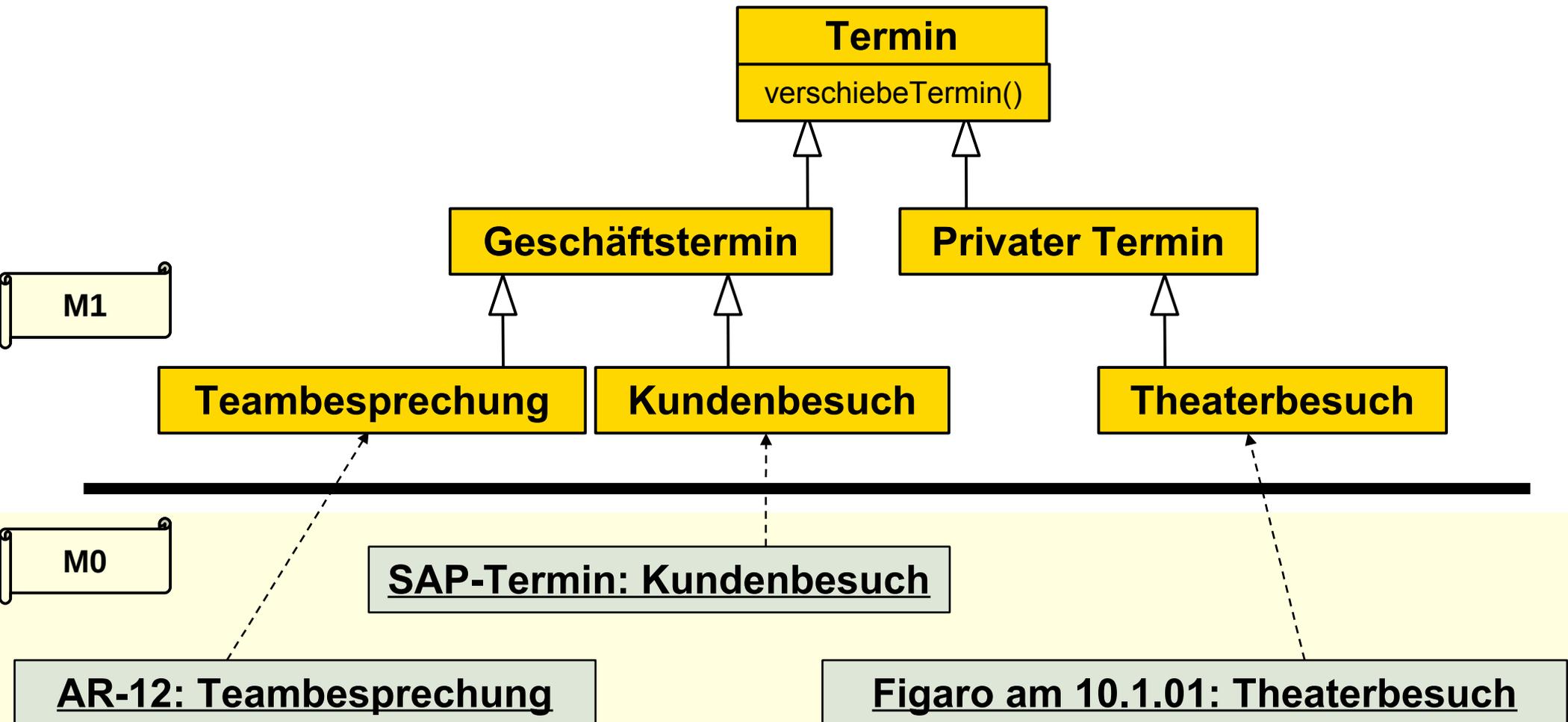
Beispiel: Ampel-Klasse und Ampel-Objekte

- ▶ Jede Ampel reagiert auf den Zeittakt.
 - Die Klasse **Ampel** schreibt vor, daß auf die Nachricht „Zeittakt“ reagiert werden muß.
 - Verschiedene Reaktionen der Unterklassen



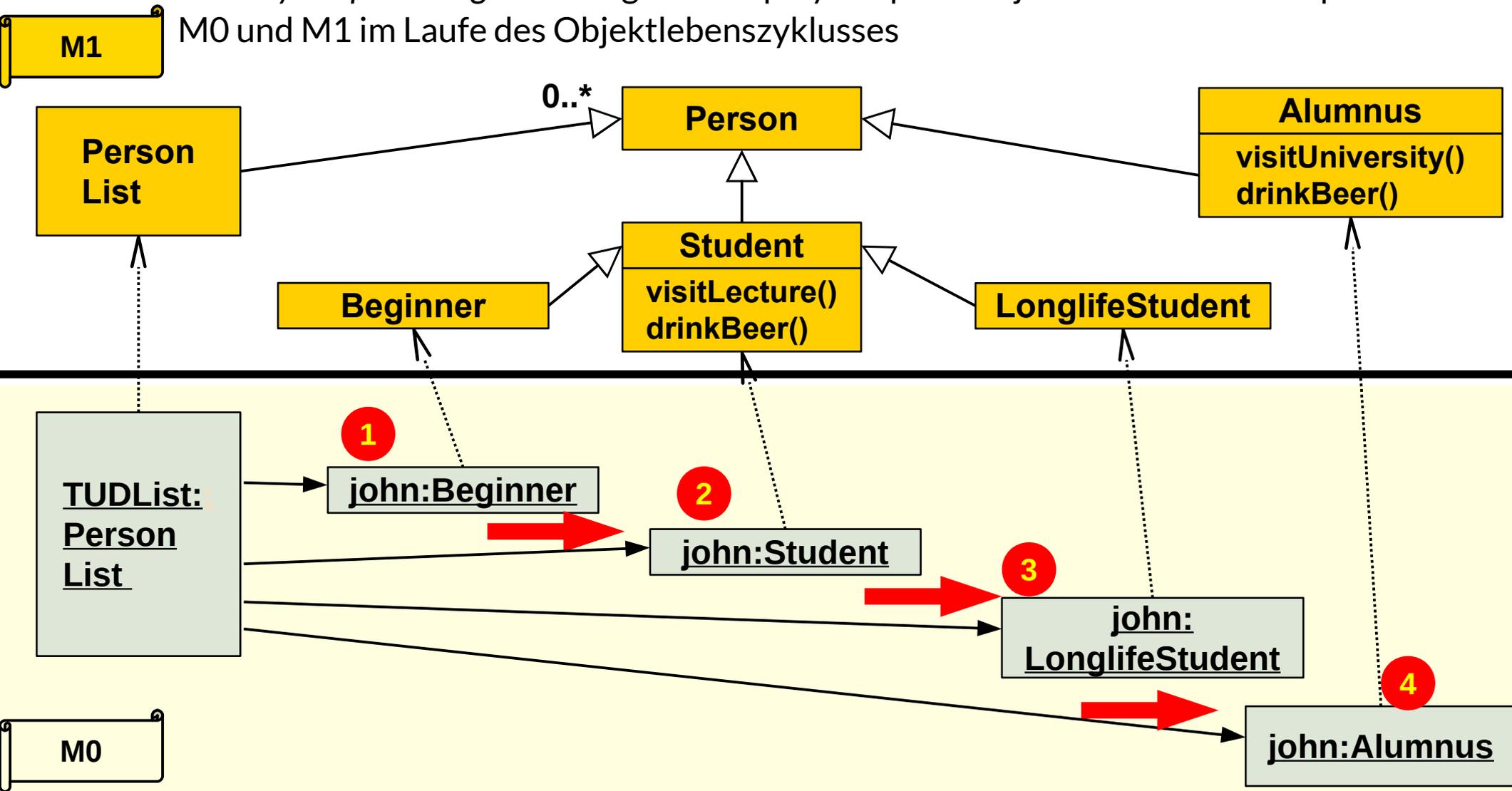
Beispiel: Termin-Klasse und Termin-Objekte

- ▶ Allgemeines Merkmal: Jeder Termin kann verschoben werden.
 - Daher schreibt die Klasse **Termin** vor, daß auf die Nachricht „verschiebeTermin“ reagiert werden muß.
- ▶ Unterklassen *spezialisieren* Oberklassen; Oberklassen *generalisieren* Unterklassen



Polymorphie (polymorphism) (im Polymorphie-Diagramm)

- ▶ Zur Laufzeit kann jedes Objekt einer Unterklasse ein Objekt einer Oberklasse vertreten. Das Objekt der Oberklasse ist damit *vielgestaltig* (*polymorphic*).
- ▶ Ein *Polymorphie-Diagramm* zeigt für ein polymorphes Objekt das Zusammenspiel von M0 und M1 im Laufe des Objektlebenszyklusses



Wechsel der Gestalt (Polymorphie)

- ▶ Die genaue Unterklasse einer Variablen wird festgestellt
 - Beim **Erzeugen** (der Allokation) des Objekts (Allokationszeit, oft in der Aufbauphase des Objektnetzes), oft in einem alternativen Zweig des Programms alternativ festgelegt
 - Bei einer **neuen Zuweisung** (oft in einer Umbauphase des Objektnetzes)

```
Person john;

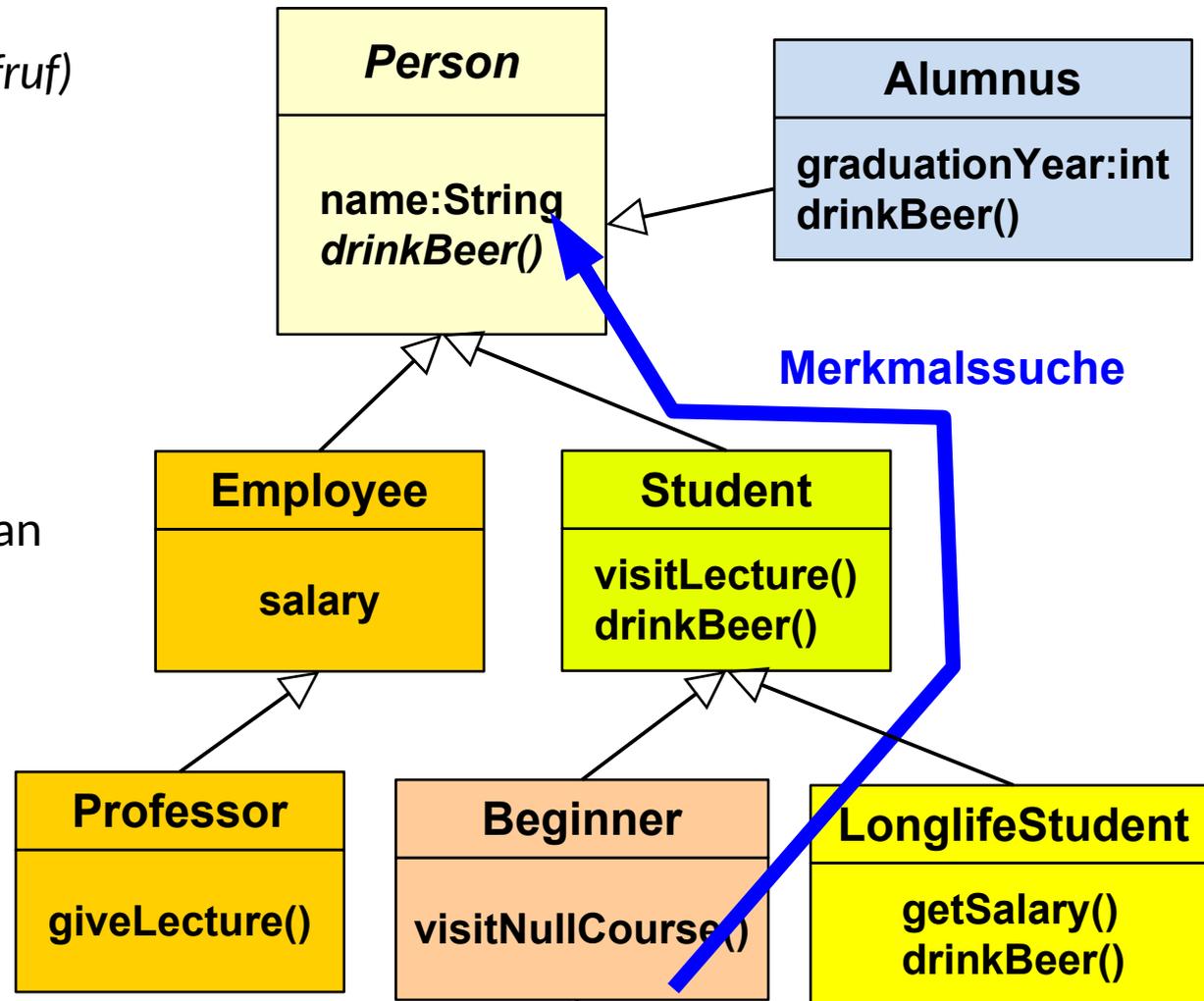
if (hasLeftUniversity)
    john = new Alumnus();
else
    john = new Student();

// which type has Person john here?
....

if (hasWorkedHardLongEnough)
    john = new Professor();
// which type has person here?
// how will the person act?
john.visitLecture();
john.drinkBeer();
```

Dynamischer Aufruf (Dynamic dispatch)

- ▶ *Dynamischer Aufruf (polymorpher Aufruf)* realisiert Polymorphie zur Laufzeit
 - Aufruf an Objekte aus Vererbungshierarchien unter Einsatz von Merkmals- (Methoden-)suche (method resolution)
- ▶ Dynamischer Aufruf ist also Aufruf an Objekt + Methodensuche
 - Suche wird oft mit Tabellen realisiert (*dispatch*)

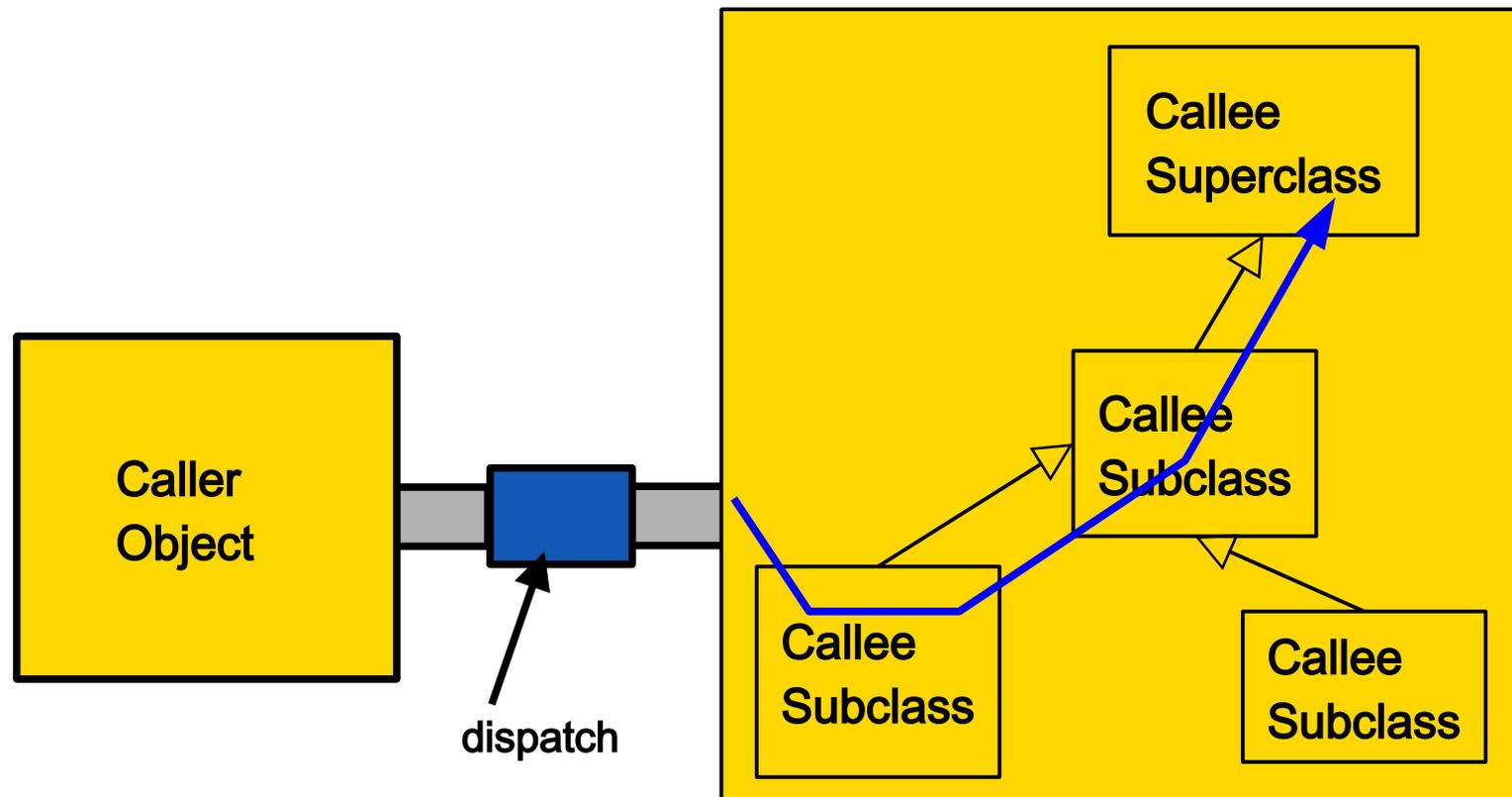


john:Beginner

drinkBeer()

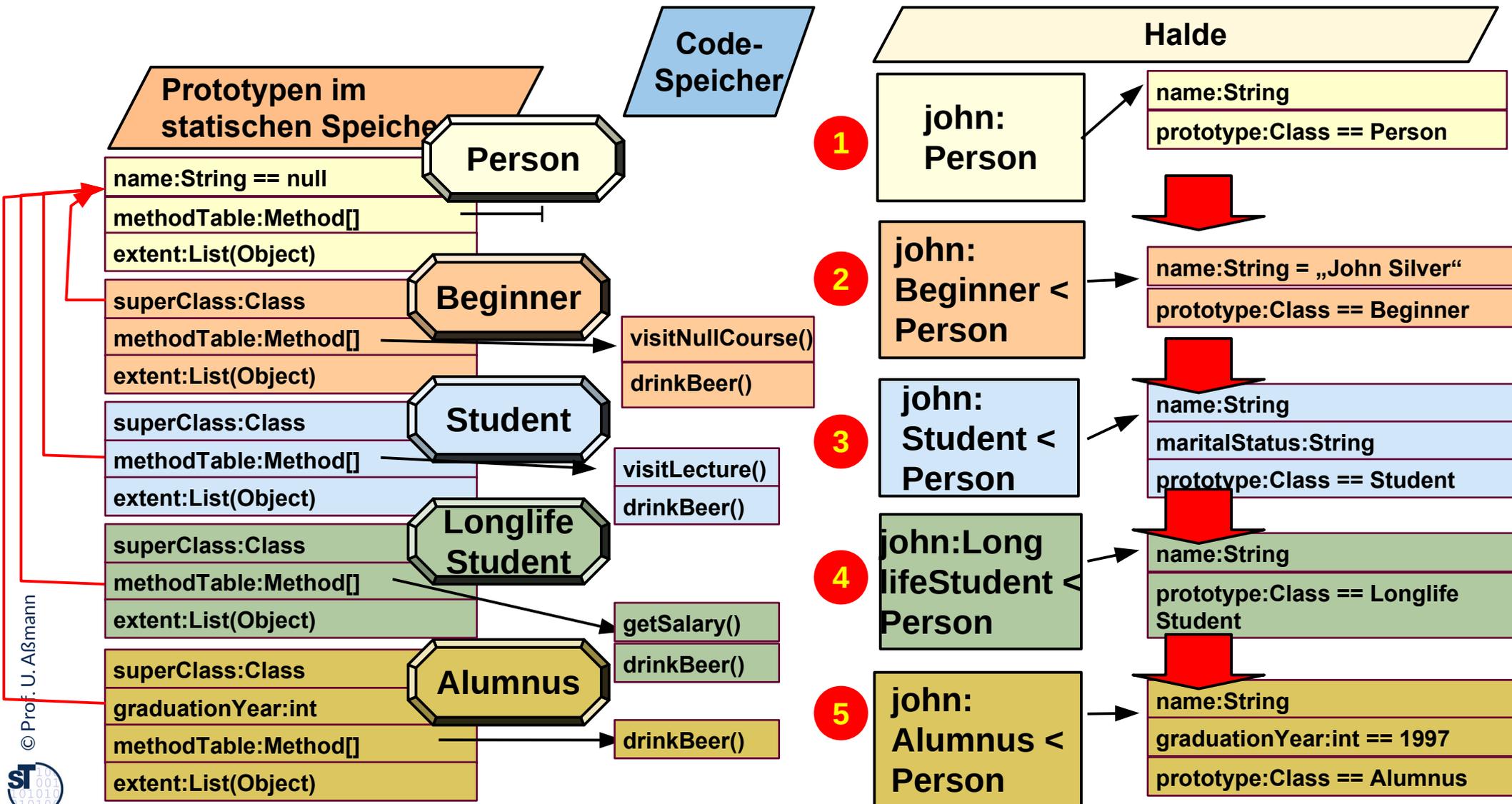
Dynamischer Aufruf (Dynamic Dispatch)

- ▶ Vom Aufrufer aus wird ein Suchalgorithmus gestartet, der die Vererbungshierarchie aufwärts läuft, um die rechte Methode zu finden
 - Die Suche läuft tatsächlich über die Klassenprototypen
 - Diese Suche kann teuer sein und muß vom Übersetzer optimiert werden (dispatch optimization)



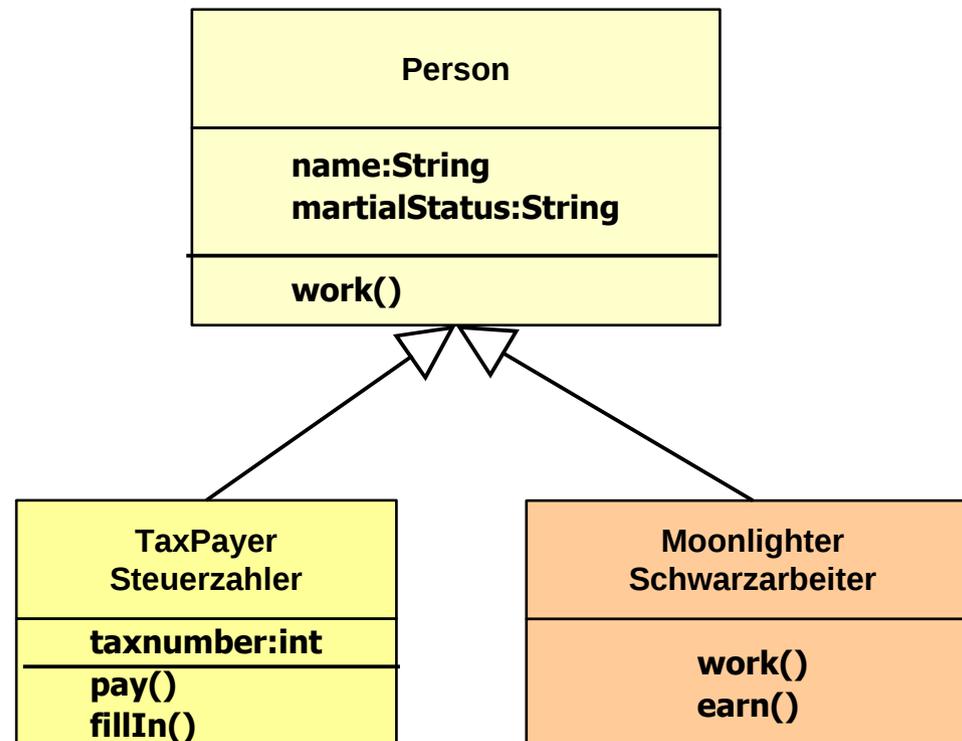
Was passiert beim polymorphen Aufruf im Speicher?

- Frage: Welche Inkarnation der Methode *drinkBeer()* wird zu den verschiedenen Zeitpunkten im Leben johns aufgerufen?



Polymorphe und monomorphe Methoden

- ▶ Methoden, die nicht mit einer Oberklasse geteilt werden, können nicht polymorph sein
- ▶ Die Adresse einer solchen *monomorphen* Methode im Speicher kann statisch, d.h., vom Übersetzer ermittelt werden. Eine Merkmalsuche ist dann zur Laufzeit nicht nötig
- ▶ Frage: Welche der folgenden Methoden sind poly-, welche monomorph?



11.4. Generische Klassen (Klassenschablonen)

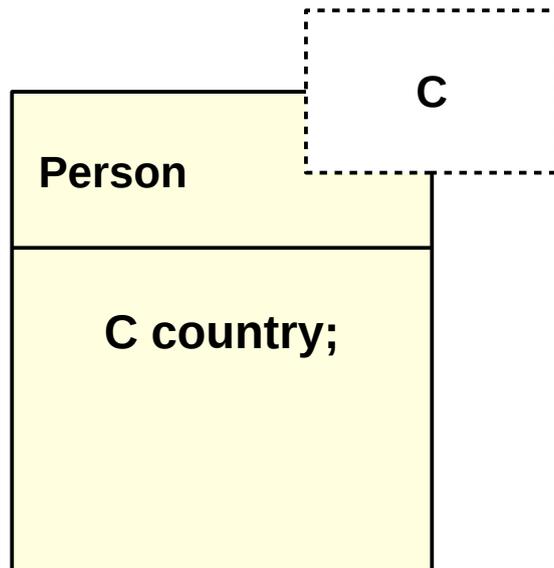
Parametrische Klassen ermöglichen typisierte
Wiederverwendung von Code



Generische Klassen

Eine generische (parametrische) Klasse ist eine Klassenschablone, die mit einem oder mehreren Typparametern versehen ist.

▶ In UML



▶ In Java

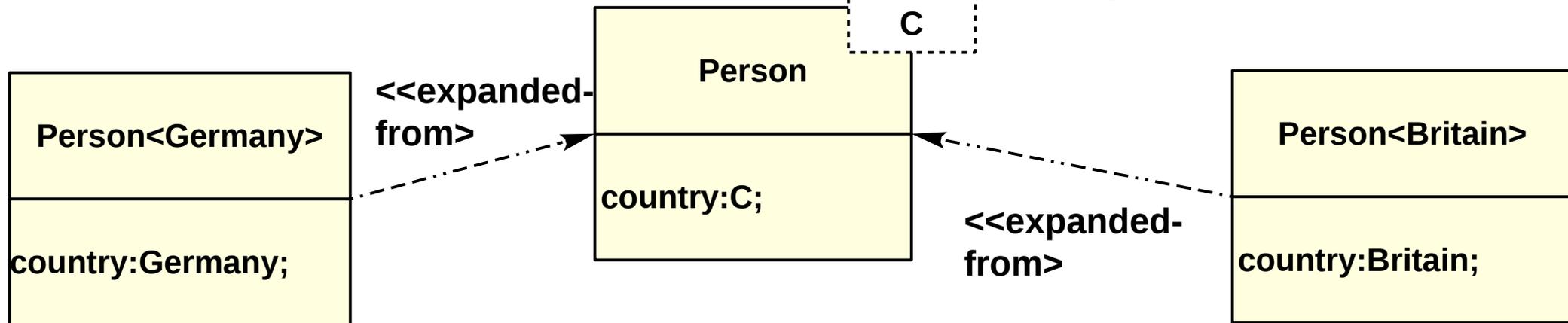
- Sprachregelung: "Person of C"

```
// Definition of a generic class
class Person<C> {
    C country;
}
```

```
/* Type definition using a generic type */
Person<Germany> egon;
Person<Britain> john;
```

Feinere statische Typüberprüfung

- ▶ Zwei Typen, die durch Parameterisierung aus einer generischen Klassenschablone entstanden sind, sind nicht miteinander kompatibel
- ▶ Der Übersetzer entdeckt den Fehler (**statische Typprüfung**)



```
/* Type definition and initialization with object */
Person<Germany> egon = new Person<Germany>;
Person<Britain> john = new Person<Britain>;

/* Checks of assignments can use the improved typing */
john = egon;
```



Einsatzzweck: Typsichere Aggregation (has-a)

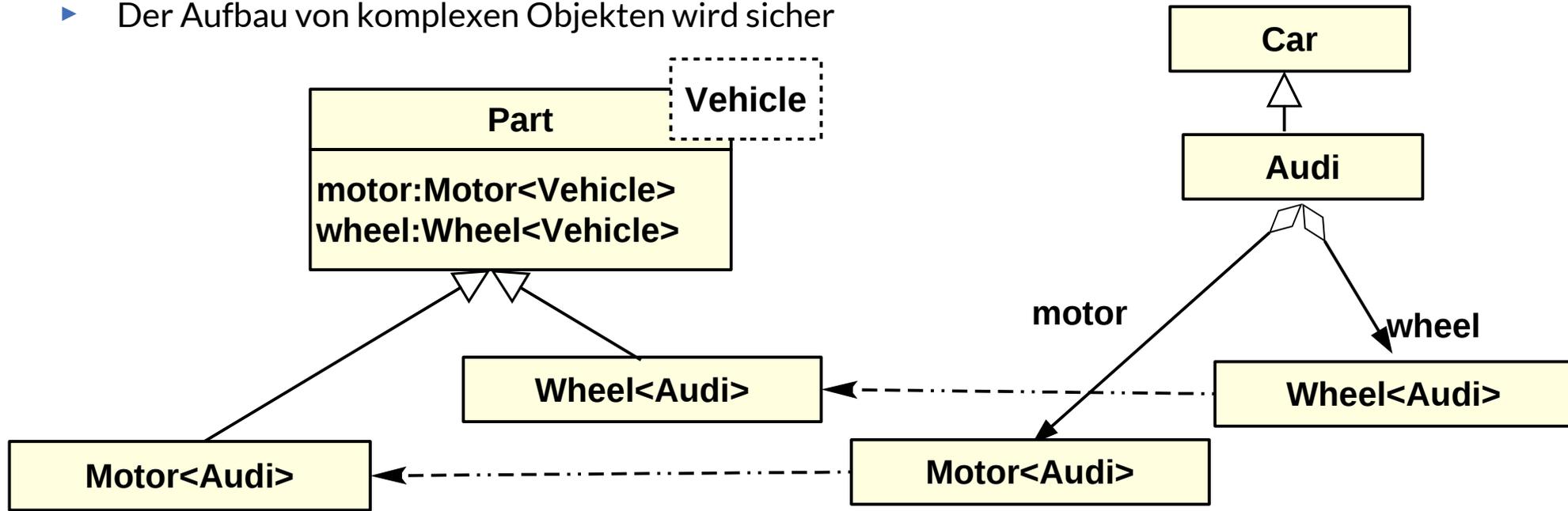
- ▶ **Definition:** Wenn eine Assoziation den Namen „hat-ein“ oder "besteht-aus" tragen könnte, handelt es sich um eine **Aggregation** (Ganzes/Teile-Relation).
 - Eine Aggregation besteht zwischen einem *Aggregat*, dem *Ganzen*, und seinen *Teilen*.
 - Die auftretenden Aggregationen bilden auf den Objekten immer eine transitive, antisymmetrische Relation (einen gerichteten zyklensfreien Graphen, *dag*).
 - Ein Teil kann zu mehreren Ganzen gehören (*shared*), zu einem Ganzen (*owns-a*) und exklusiv zu einem Ganzen (*exclusively-owns-a*)



Lies: „Auto *hat ein* Rad“

Einsatzzweck: Typsichere Aggregation (has-a)

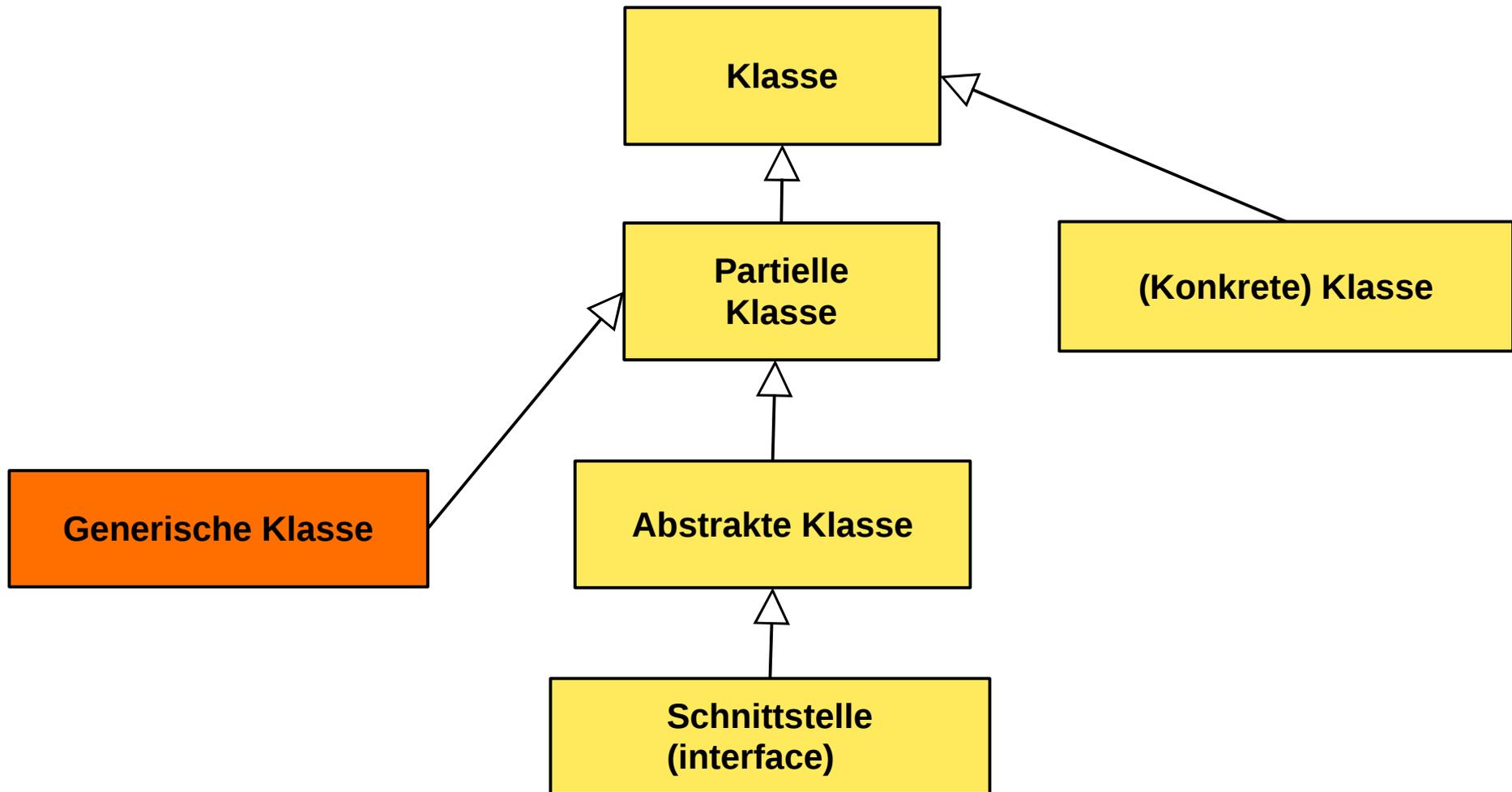
- ▶ Generische Klassen können Ganz-Teile-Beziehungen typisieren
- ▶ Der Aufbau von komplexen Objekten wird sicher



```
/* Type definition and initialization with object */  
Motor<Audi> motorOfAudi = new Motor<Audi>;  
Wheel<Audi> wheelOfAudi = new Wheel<Audi>;  
Wheel<VW> wheelOfVW = new Wheel<VW>;  
  
/* Checks of assignments can use the improved typing */  
audi = new Audi();  
audi.motor = motorOfAudi;  
audi.wheel = wheelOfVW;
```



Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



Was haben wir gelernt?

- ▶ CAPP (copy-and-paste programming) wird vermieden durch Vererbung und Polymorphie
- ▶ Vererbung zwischen Klassen erlaubt die *Wiederverwendung* von Merkmalen aus Oberklassen, sowohl Schnittstellen als auch Implementierungen
 - Einfache Vererbung führt zu Vererbungshierarchien
- ▶ Merkmalssuche (dynamic dispatch) löst die Bedeutung von Merkmalsnamen auf, in dem von den gegebenen Unterklassen aus aufwärts gesucht wird
 - Polymorphie benutzt Merkmalssuche, um die Mehrdeutigkeit von Namen in einer Vererbungshierarchie aufzulösen
 - Monomorphe Aufrufe sind schneller, weil die Merkmalssuche eingespart werden kann
- ▶ Die Klasse `Object` enthält als implizite Oberklasse der Java-Bibliothek gemeinsam nutzbare Funktionalität für alle Java-Klassen
- ▶ Schnittstellen sind vollständig abstrakte Klassen
- ▶ Generische Klassen ermöglichen typsichere Wiederverwendung von Code über Typ-Parameter `?` der Compiler meldet mehr Fehler

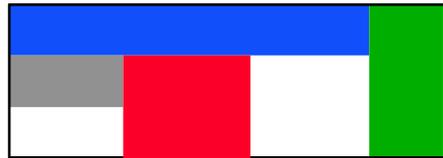
Warum ist das wichtig?

- ▶ Wiederverwendung ist eines der Hauptprobleme des Software Engineering
 - In einem Programm
 - Von Projekt zu Projekt
 - Von Produkt zu Produkt (Produktfamilien, Produktlinien)
- ▶ Vererbung, generische Klassen und Rollenklassen können Code-Replikate und Code-Explosion weitgehend vermeiden
 - Der Test von Software wird systematisiert
- ▶ Wiederverwendung ist das Hauptmittel der Softwarefirmen, um profitabel arbeiten zu können:
 - Schreibe und teste einmal und wiederverwende oft
 - Alle erfolgreichen Geschäftsmodelle von Softwarefirmen basieren auf Wiederverwendung
 - Ohne Wiederverwendung kein Verdienst und Überleben als Softwarefirma
- ▶ Firmen, die Wiederverwendung beherrschen, können neue Produkte sehr schnell erzeugen (reduction of time-to-market)
 - und sich an wechselnde Märkte gut anpassen
- ▶ Firmen mit guter Wiederverwendungstechnologie leben länger

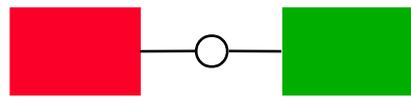
Verständnisfragen

- ▶ Geben Sie eine Begriffshierarchie der Methodenarten an. Welche könnten Sie sich noch denken?
- ▶ Geben Sie eine Begriffshierarchie des Klassenbegriffs an. Welche Klassenarten kennen Sie? Wie spezialisieren sie sich?
- ▶ Erweitern Sie die Vererbungshierarchie der Universitätsangehörigen um den Rektor und den Pedell (s. Wikipedia). Wo müssen sie eingeordnet werden?
- ▶ Stellen Sie ein Polymorphie-Diagramm über die Phasen Ihres Lebens auf.
- ▶ Welchen Polymorphie-Zyklus durchläuft der Steuerzahler unseres Beispiels?
- ▶ Kann eine Steuererklärung polymorph sein?
- ▶ Wie würden Sie ein Testprogramm für ein polymorphes Objekt aus einem Polymorphie-Diagramm heraus entwickeln?

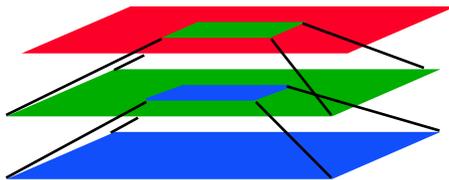
Prinzipielle Vorteile von Objektorientierung



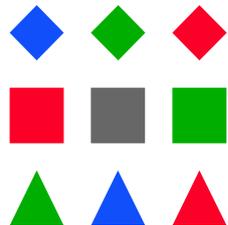
Zuständigkeitsbereiche



Klare Schnittstellen



Hierarchie



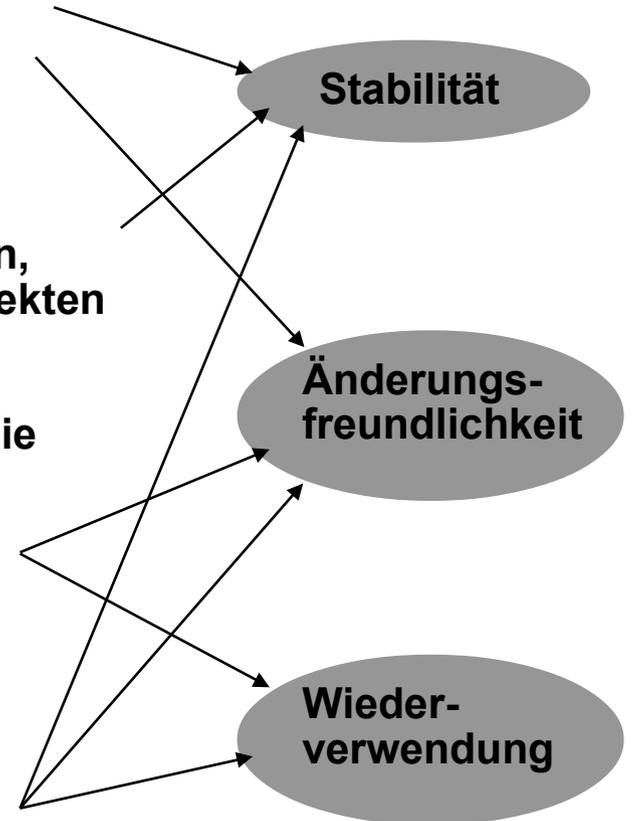
Baukastenprinzip

Lokalität: Lokale Kapselung von Daten und Operationen, gekapselter Zustand

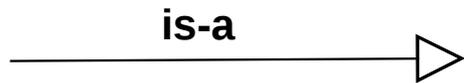
Typen und Typsicherheit
Definiertes Objektverhalten,
Nachrichten zwischen Objekten

Vererbung und Polymorphie
(Spezialisierung),
Wiederverwendung
Klassenschachtelung

Benutzung vorgefertigter Klassenbibliotheken
(Frameworks),
Anpassung durch Spezialisierung
(Vererbung)

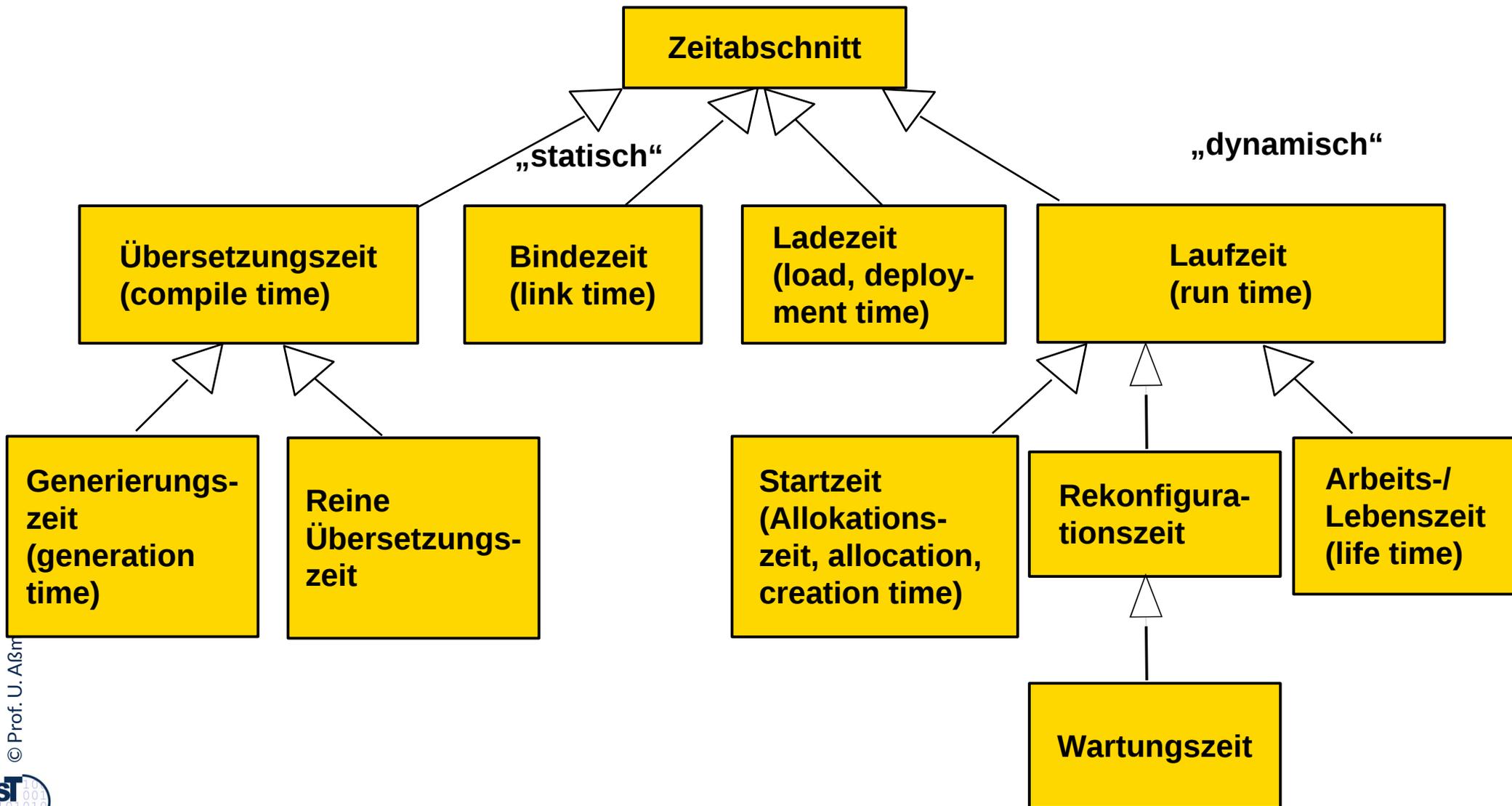


Q6: Relationen



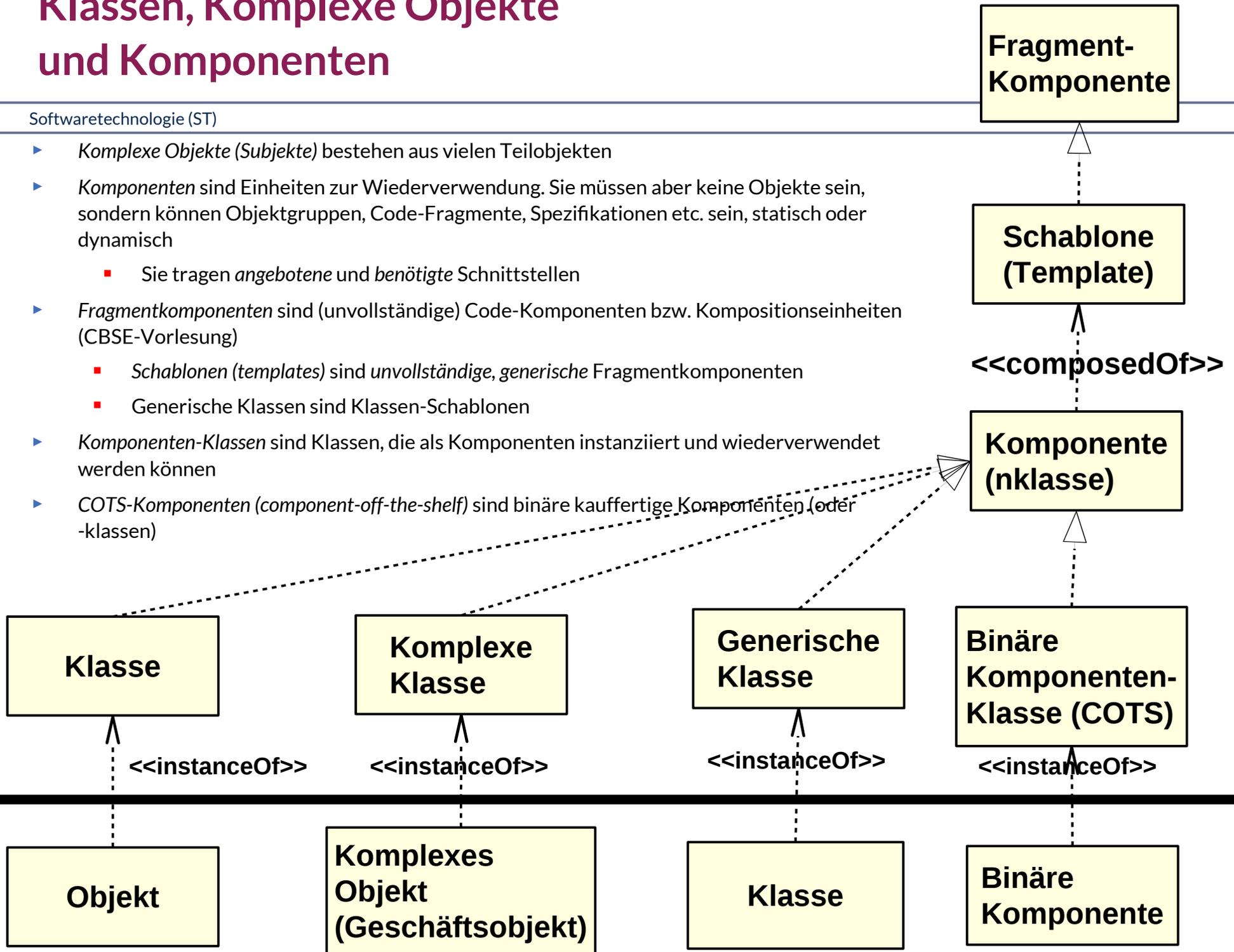
Bsp. Begriffshierarchie: Verschiedene Zeiten im Lebenszyklus einer Software

- Übersetzungszeit kennt hauptsächlich *Klassen*; Laufzeit kennt hauptsächlich *Objekte*



Klassen, Komplexe Objekte und Komponenten

- ▶ *Komplexe Objekte (Subjekte)* bestehen aus vielen Teilobjekten
- ▶ *Komponenten* sind Einheiten zur Wiederverwendung. Sie müssen aber keine Objekte sein, sondern können Objektgruppen, Code-Fragmente, Spezifikationen etc. sein, statisch oder dynamisch
 - Sie tragen *angebotene* und *benötigte* Schnittstellen
- ▶ *Fragmentkomponenten* sind (unvollständige) Code-Komponenten bzw. Kompositionseinheiten (CBSE-Vorlesung)
 - *Schablonen (templates)* sind *unvollständige, generische* Fragmentkomponenten
 - Generische Klassen sind Klassen-Schablonen
- ▶ *Komponenten-Klassen* sind Klassen, die als Komponenten instanziiert und wiederverwendet werden können
- ▶ *COTS-Komponenten (component-off-the-shelf)* sind binäre kauffertige Komponenten (oder -klassen)



- ▶ Wir benutzen i.A. mehrere Darstellungen für Klassen- und Objektdiagramme
 - UML-Strukturdiagramme
 - Tripel-Sätze: SPO mit infix-Prädikaten
 - Venn-Diagramme (mengenorientierte Sicht)
- ▶ Venn-Diagramme
 - Sie können sowohl die Zugehörigkeit eines Objekts zu einer Klasse als auch Vererbung zwischen Klassen mit einem *Einkapselung* einheitlich beschreiben (mengentheoretischer und Ähnlichkeitsaspekt)
 - Sie können sowohl die statischen Beziehungen von Klassen, als auch die dynamischen Beziehungen von Objekten und Klassen beschreiben
 - Sie werden oft für die Spezifikation von Begriffshierarchien (Taxonomien, Ontologien) verwendet

Beispiel als Venn-Diagramm

- ▶ Vererbung kann auch durch Enthaltensein von Rechtecken ausgedrückt werden
 - Einfach-Vererbung ergibt ein Diagramm ohne Überschneidungen
- ▶ Für Objekt-Extents einer Klassenhierarchie gilt, dass jede Klasse die eigenen Objekte verwaltet
 - Der Objekt-Extent einer Oberklasse ergibt sich aus der Vereinigung der Extents aller Unterklassen (Person aus Professor und Student). Genau das drückt das Venn-Diagramm aus

