14. Programmieren mit Löchern
Die Basismittel für objektorientierte Frameworks

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
TU Dresden
Version 22-0.1, 30.04.22

1) Abstrakte Klassen und Schnittstellen
2) Generische Klassen
3) Kern- und Mixinklassen

Obligatorische Literatur

- ST für Einsteiger Kap. 4
  - 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
  - Generics tutorial https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/index.html
  - Balzert LE 9-10
  - Boles Kap. 7, 9, 11, 12

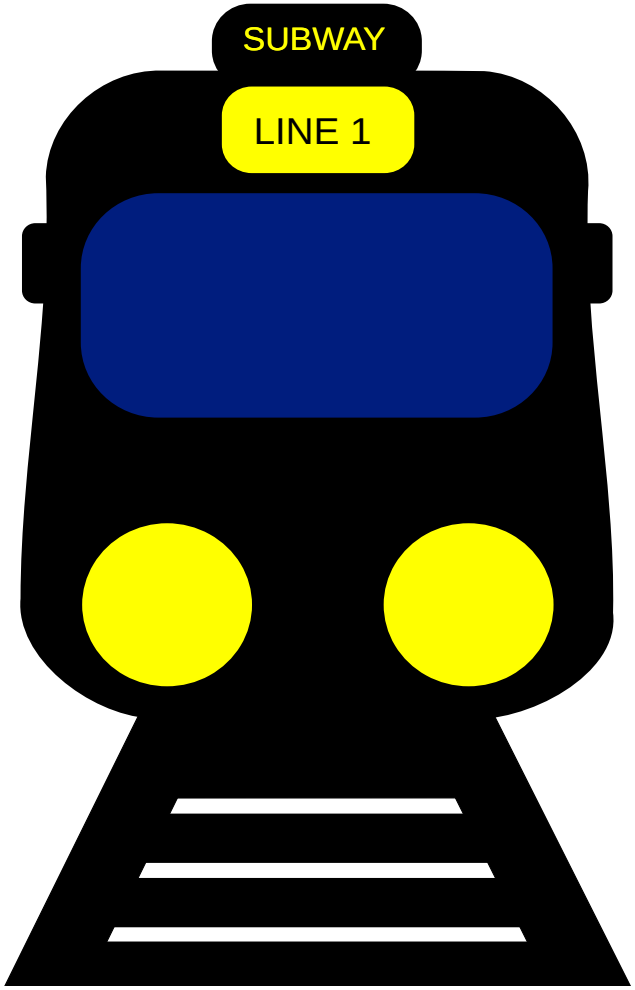
Vorlesungssprechstunde Mo 11:10
https://bbb.tu-dresden.de/b/uwe-7dz-bps-p4q

Ziele

- “Programmieren mit Löchern” nutzt Abstrakte Klassen, Generische Parameter, und Mixins zum Erstellen von Code, der wiederverwendet werden kann
- Abstrakte Klassen und Schnittstellen verstehen
- Generische Typen zur Vermeidung von Fehlern (Nachbartypschranken)

Q0.1 Java Herunterladen

- Das Java Development Kit (JDK)
- http://adaptopenjdk.java.net/



Frameworks – Komponenten mit Löchern

*Def.: Ein **Framework bildet eine** besondere Art von wiederverwendbarer Komponente, denn es ist mit Löchern programmiert, an denen man es erweitern kann.*

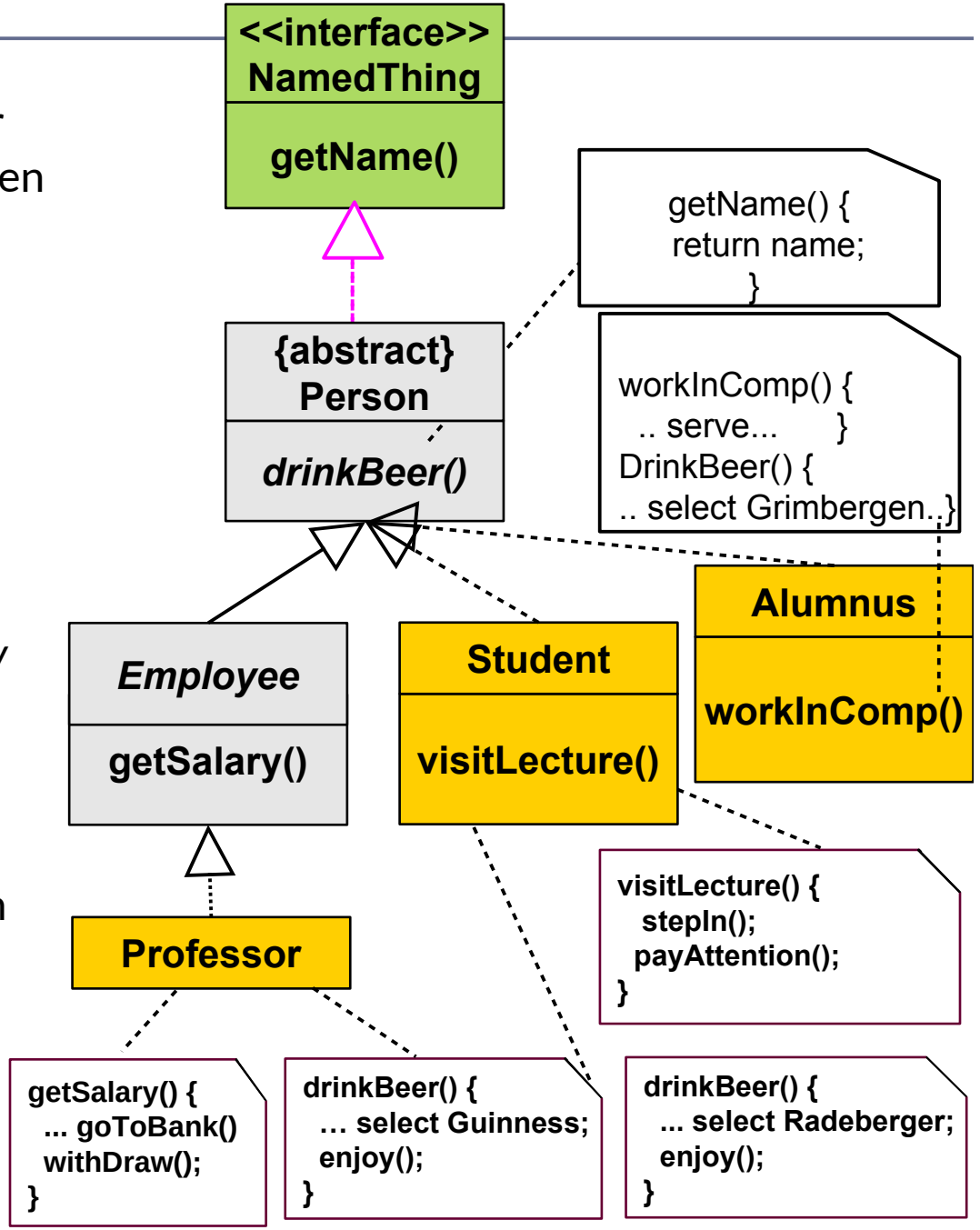
- Ein Framework hat immer einen essentiellen Kern-Ring und einen Erweiterungs-Ring (die Löcher). Es gibt 3 Sorten von Löchern, die wir betrachten werden:
  - fehlende Implementierungen ("Methodenlöcher") ("method hooks")
  - fehlende Typen ("Typlöcher") in generischen Klassen ("type hooks")
  - fehlende oder optionale Mixins ("Mixin-Löcher") in Großobjekten ("mixin hooks")
- Die Löcher machen Vorgaben für Erweiterungen, z.B. geben sie Typen oder Typschranken für Erweiterungen vor
  - Damit kann der Framework-Konstrukteur dem Anwendungs-Konstrukteur (Plugin-Konstrukteur) Vorgaben machen, um die Funktionsfähigkeit des Frameworks in der Anwendung zu garantieren
- Komponenten und Frameworks bilden die Basis aller objekt-orientierter Wiederverwendung in Firmen.

14.1 Schnittstellen und Abstrakte Klassen für das Programmieren von Löchern

Typen können verschiedene Formen annehmen. Eine partiell spezifizierte Klasse (Schnittstelle, abstrakte Klasse, generische Klasse) macht Vorgaben für Anwendungsentwickler

Schnittstellen und Abstrakte Klassen bilden “Haken”, an die man Klassenimplementierungen anhängen kann

- Beim Entwurf von Bibliotheken soll für Anwendungen eine Struktur vorgegeben werden, an die sich alle Anwendungsprogrammierer halten müssen
- **Vorsehen von “Haken” (hooks)** in der Vererbungshierarchie:
- **Abstrakte Klassen** werden mit einem speziellen Markierer (tagged value) gekennzeichnet ({abstract}) oder *kursiv* gemalt
- **Schnittstellen** beschreiben einen Teil der Funktionalität eines Objekts
  - In UML werden sog. Stereotypen vergeben, um Schnittstellen zu kennzeichnen (<<interface>>)
  - Sie dienen dazu, Verhalten eines Objektes in einem bestimmten Kontext festzulegen



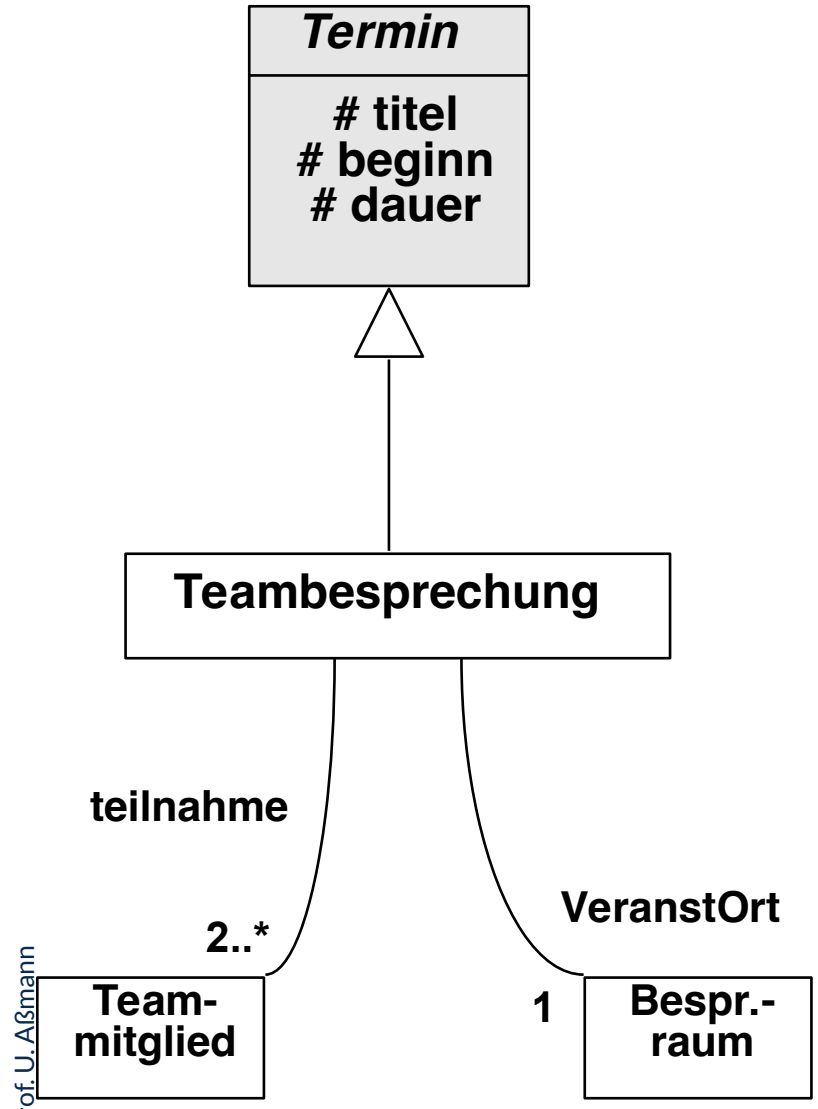
Schnittstellen und Klassen in Java geben “Hooks” vor (“abstract”)


```
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 Guinness(); enjoy(); }
}
class Student extends Person {      // concrete class
  void visitLecture() { stepIn(); payAttention(); }
  void drinkBeer() { .. select Radeberger(); enjoy(); }
}
```

Schnittstellen und Klassen in Java geben “Hooks” (Löcher, Haken) vor


```
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 Guinness(); enjoy(); }
}
class Student extends Person {      // concrete class
  void visitLecture() { stepIn(); payAttention(); }
  void drinkBeer() { .. select Radeberger(); enjoy(); }
}
class Alumnus extends Person {
   // new concrete class must fit to Person and NamedThing
   void workInComp() { .. serve... }
   void drinkBeer() { ...select Wine... }
}
```

Laufendes Beispiel Terminverwaltung




```
abstract class Termin {
   ...
   protected String titel;
   protected Hour beginn;
   protected int dauer;
   ...
};
```

```
class Teambesprechung
  extends Termin {

  private Teammitglied[] teilnahme;
  private BesprRaum veranstOrt;
  ...
};
```

Beispiel (2): Abstrakte Klassen und Abstrakte Operationen

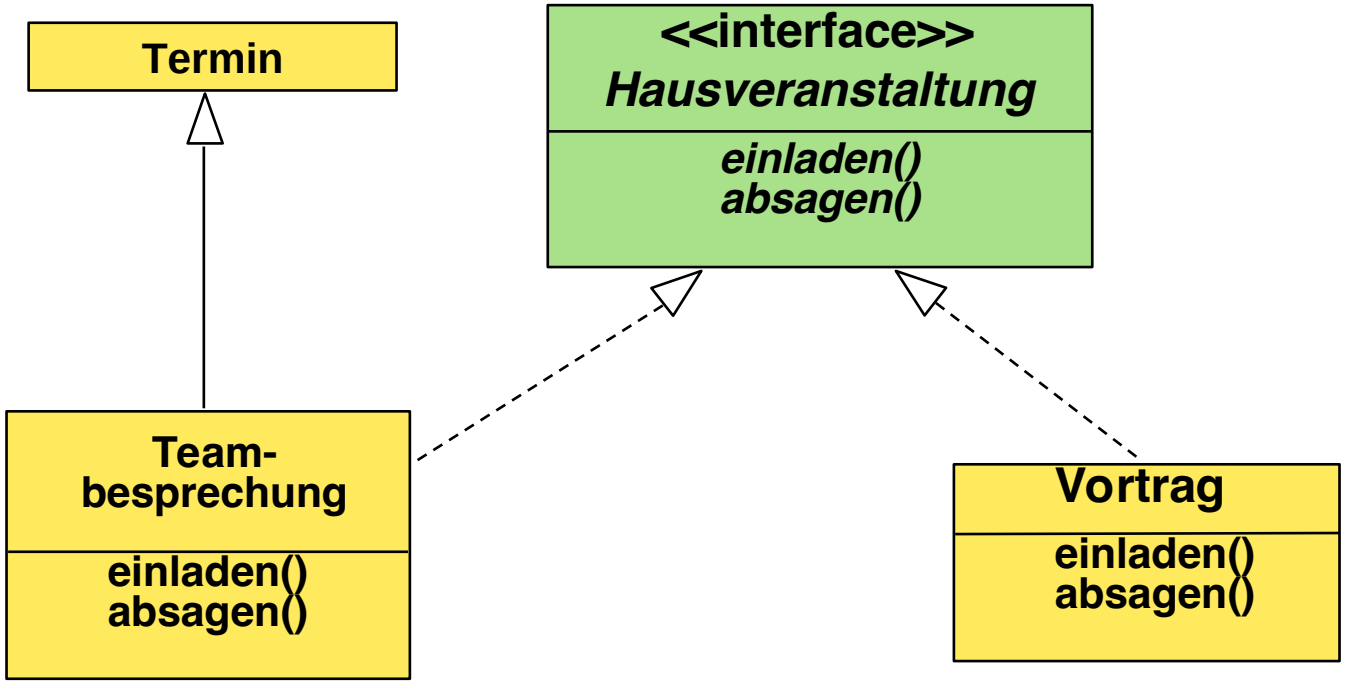

```
abstract class Termin {
   ...
   protected String titel;
   protected Hour beginn;
   protected int dauer;
   ...
   abstract boolean verschieben (Hour neu);
};
```

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

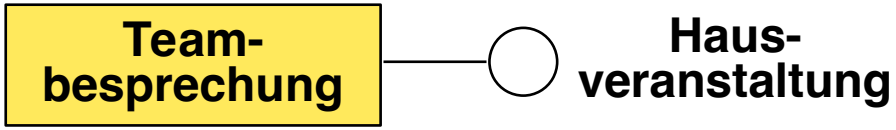
```
class Teambesprechung
   extends Termin {
   ...
   boolean verschieben (Hour neu) {
      boolean ok =
         abstimmen(neu, dauer);
      if (ok) {
         beginn = neu;
         raumFestlegen();
      };
      return ok;
   };
};
```

```
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“:

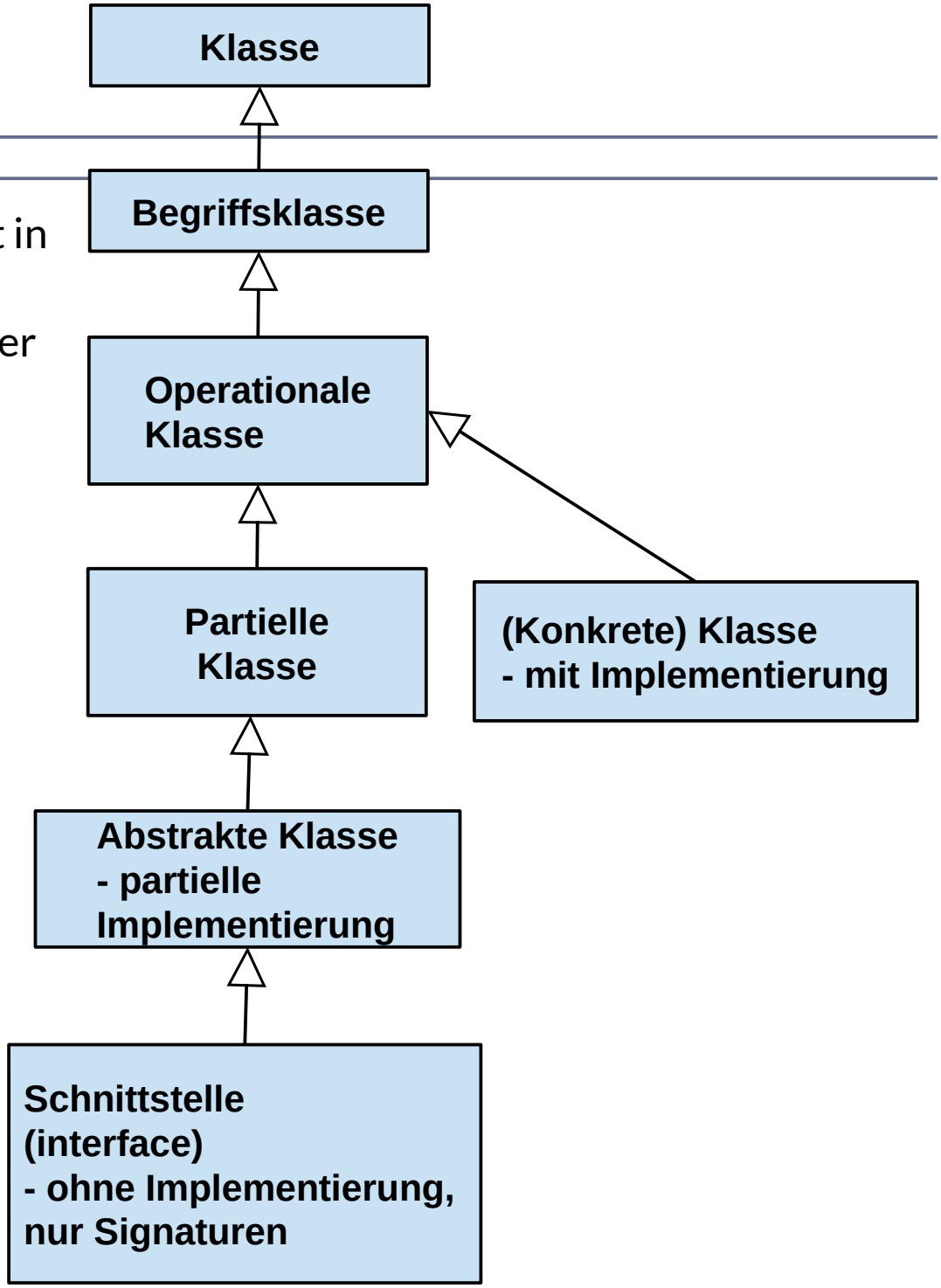


Vergleich von Schnittstellen und abstrakte Klassen

Abstrakte Klasse	Schnittstelle (voll abstrakt)
Enthält Attribute und Operationen	Enthält nur Operationen (und ggf. Konstante)
Kann Default-Verhalten festlegen	Kann kein Default-Verhalten festlegen
Wiederverwendung von Schnittstellen und Code, aber keine Instanzbildung	Redefinition unsinnig
Default-Verhalten kann in Unterklassen überdefiniert werden	Java und UML: Eine Klasse kann mehrere Schnittstellen implementieren
Java: Unterklasse kann nur von einer Klasse erben	Schnittstelle ist eine spezielle Sicht auf eine Klasse

Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erw.)

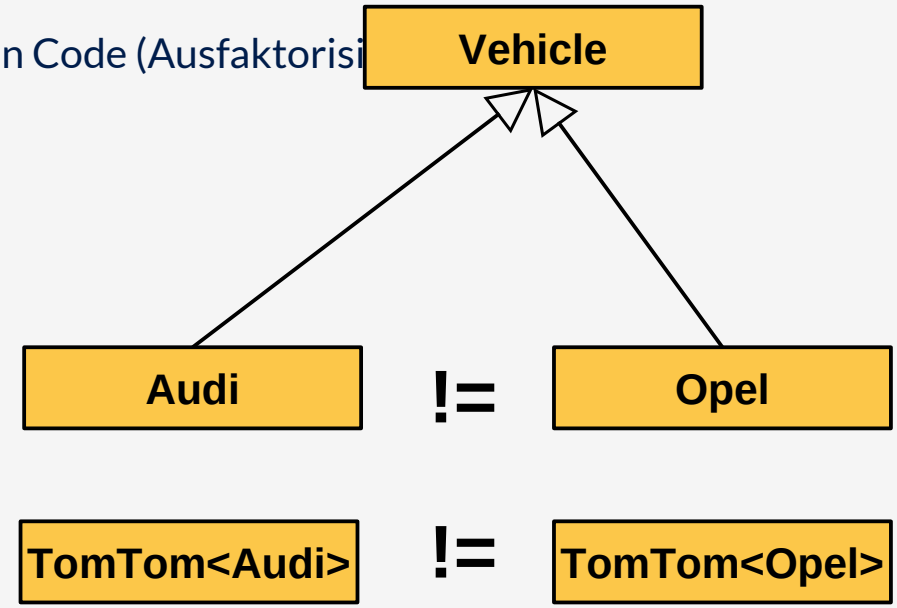
- *Operationale Klassen* werden unterteilt in Klassen mit, ohne, und mit Implementierung einer Untermenge der Operationen
- *Schnittstellen* und *Abstrakte Klassen* dienen dem Teilen von Typen und partiellem Klassen-Code



14.2. Generische Klassen (Klassenschablonen, Template-Klassen, Parametrische Klassen)

… bieten eine weitere Art, mit Löchern zu programmieren, um Vorgaben zu machen

- Generische Klassen lassen den Typ von einigen Attributen und Referenzen offen (“generisch”)
- Sie ermöglichen typisierte Wiederverwendung von Code (Ausfaktorisi von Gemeinsamkeiten)
- Sie helfen, Nachbarn zu spezialisieren

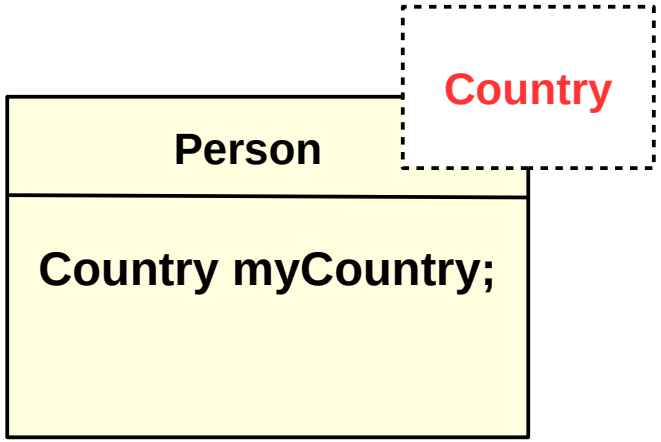


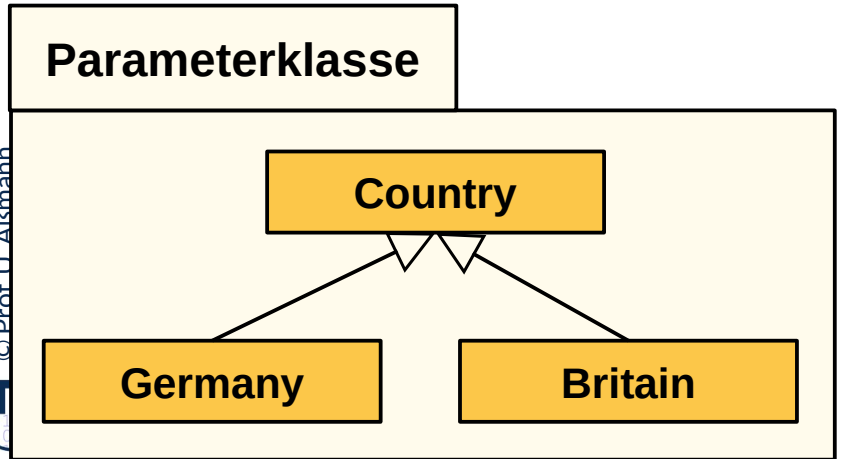
https://www.uml-diagrams.org/template.html

Generische Klassen

Def.: Eine ***generische (parametrische, Template-) Klasse*** ist eine Klassenschablone, die mit einem oder mehreren Typparametern (für Attribute, Referenzen, Methodenparameter) versehen ist.

- In UML





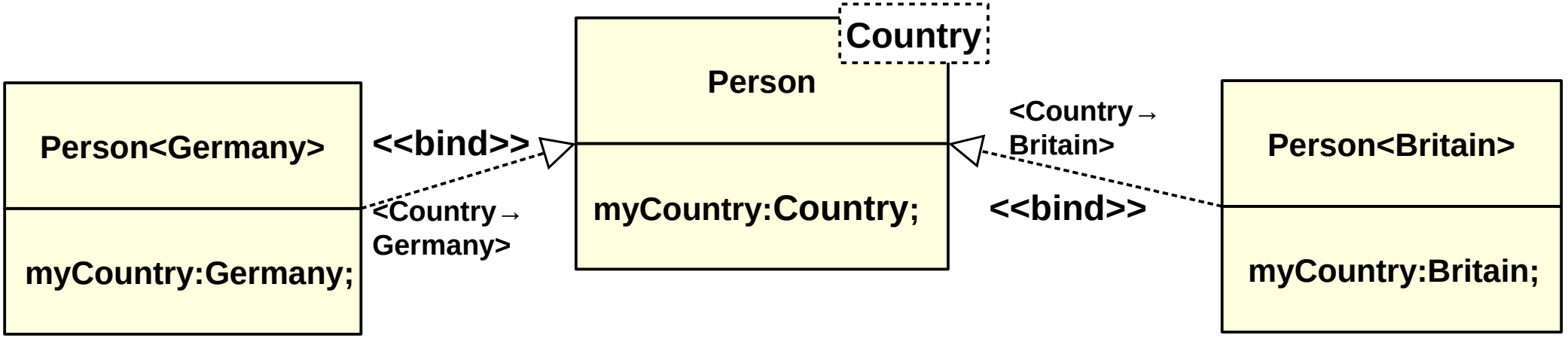
- In Java
  - Sprachregelung: “Person of Country”

```
// Definition of a generic class
class Person<Country> {
  Country myCountry;
}
```

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

Feinere statische Typüberprüfung für Attribute

- Zwei Attributtypen, die durch Parameterisierung aus einer generischen Klassenschablone entstanden sind, sind nicht miteinander kompatibel
- Der Übersetzer entdeckt den Fehler (**statische Typprüfung**)
- Die generische Klasse beschreibt das Gemeinsame (Generalisierung); der Parameter die Verschiedenheiten; die ausgeprägte Klasse die Spezialisierung

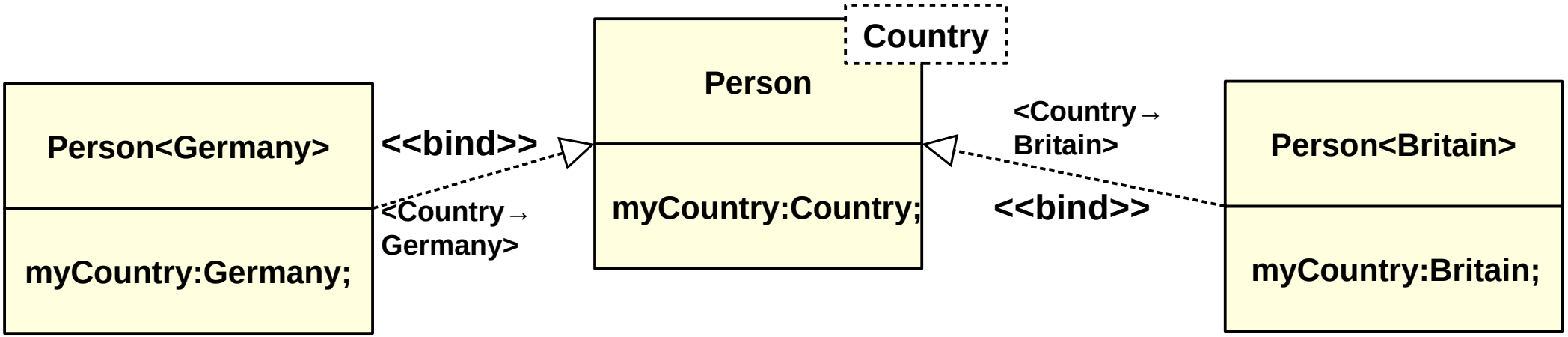



```
/* Type definition and initialization with object */
Person<Germany> egon = new Person<Germany>;
Person<Britain> john = new Person<Britain>;

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

Einsatzzweck: Typen von Nachbarn vorgeben

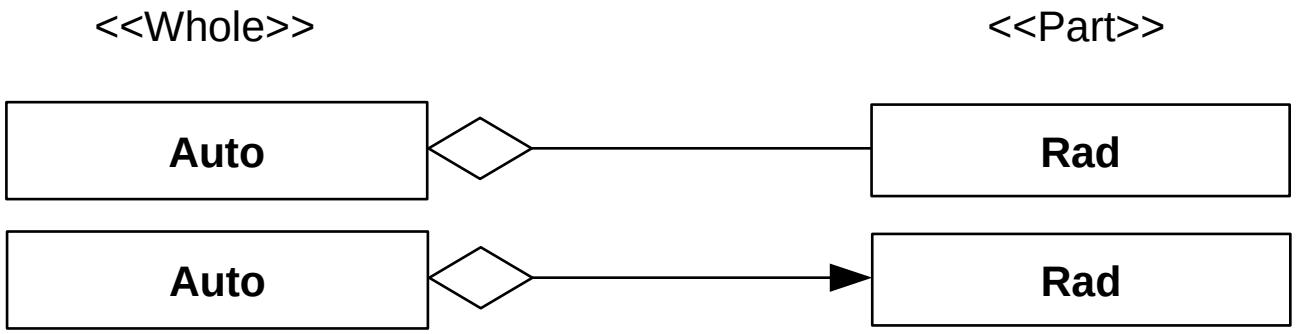
- **Def.:** Wenn ein formaler Typparameter einer generischen Klasse einen Nachbarn beschreibt, nennen wir ihn **Nachbartypschranke**



- **Bsp.:**
  - C gibt für die generische Klasse den Typ des Landes `Country` vor (Nachbar)
  - C ist eine Nachbartypschranke

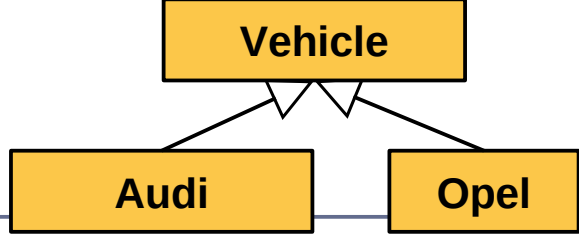
Einsatzzweck: Typen von Nachbarn vorgeben, Typsichere Aggregation (has-a)

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

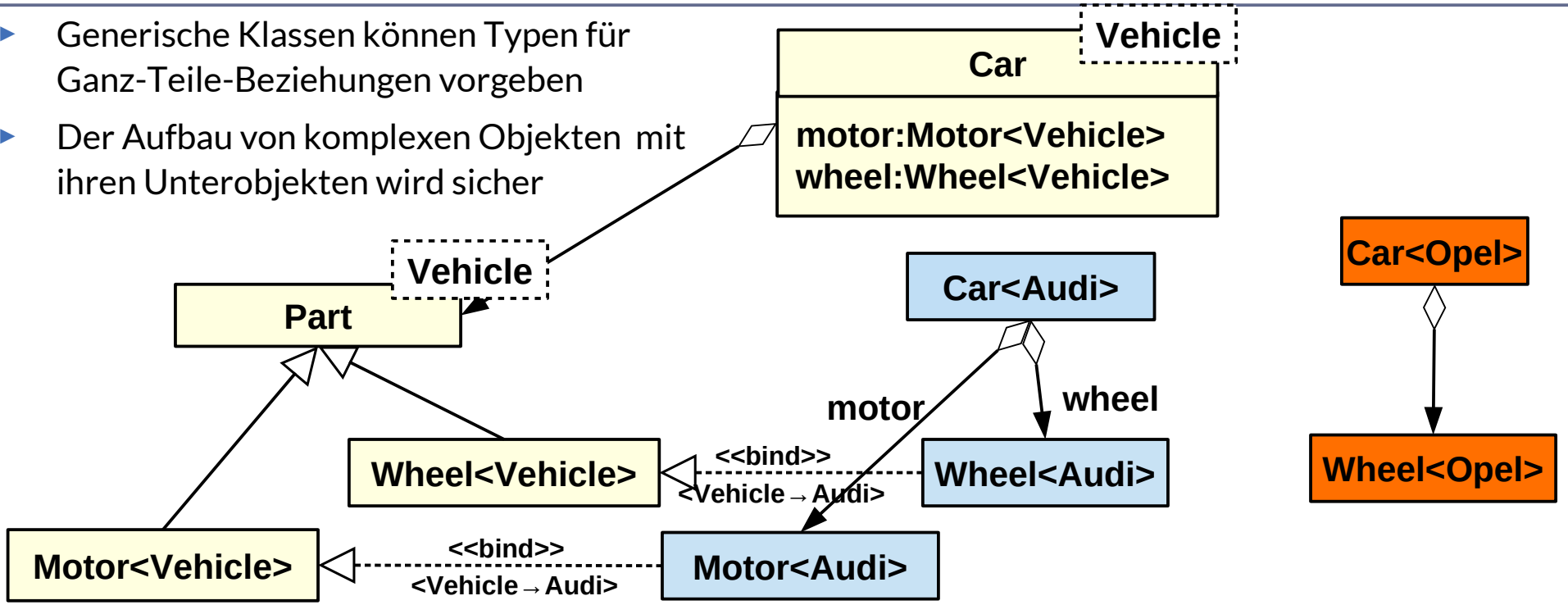


Lies: „Auto *hat ein* Rad“

Einsatzzweck: Typen von Nachbarn vorgeben, Typsichere Aggregation (has-a)



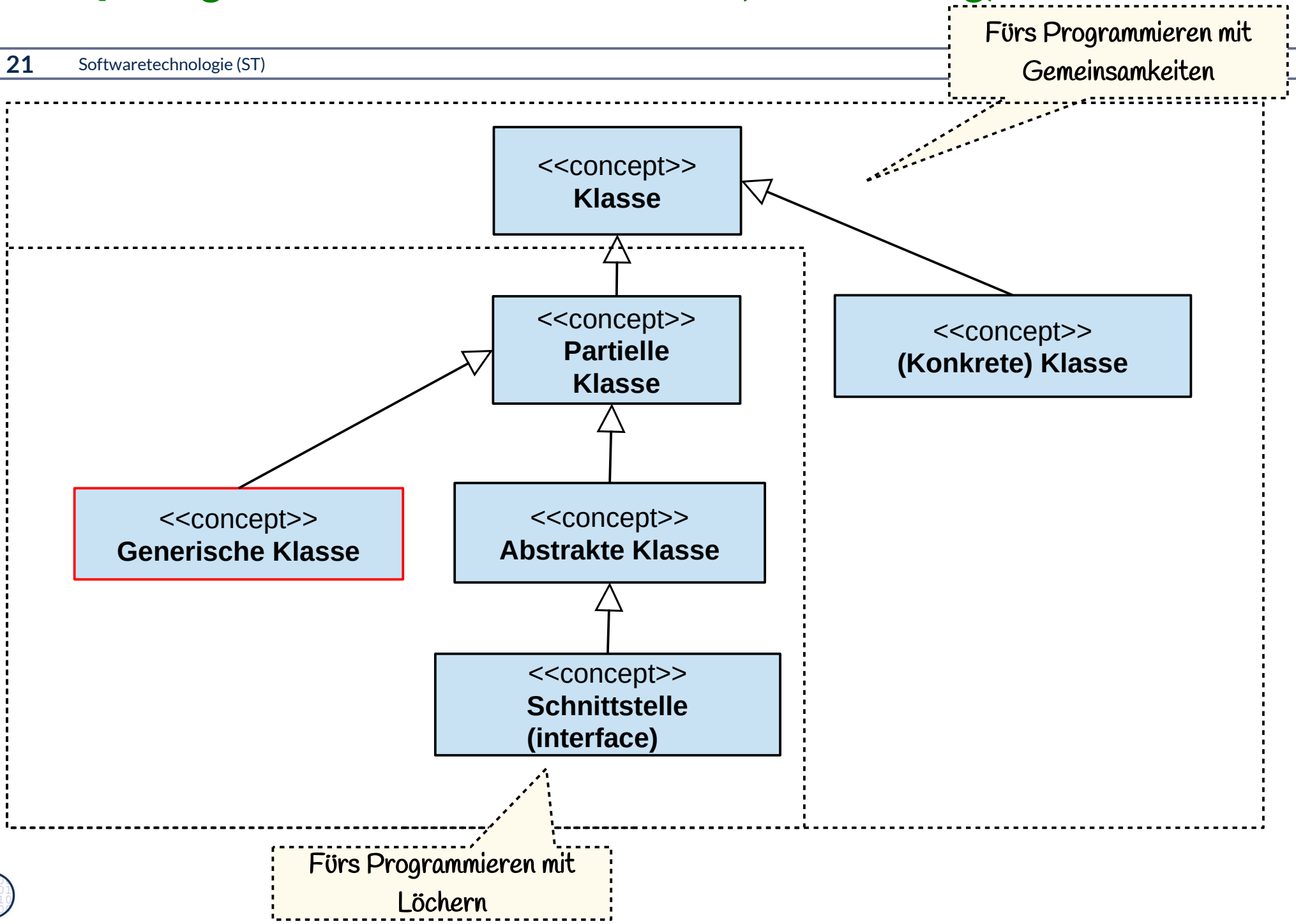
- Generische Klassen können Typen für Ganz-Teile-Beziehungen vorgeben
- Der Aufbau von komplexen Objekten mit ihren Unterobjekten wird sicher




```
/* Type definition and initialization with object */
Motor<Audi> motorOfAudi = new Motor<Audi>;
Wheel<Audi> wheelOfAudi = new Wheel<Audi>;
Wheel<Opel> wheelOfOpel = new Wheel<Opel>;

/* Checks of assignments can use the improved typing */
Car<Audi> audi = new Car<Audi>();
audi.motor = motorOfAudi;
audi.wheel = wheelOfOpel;
```

Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



14.3. Kern-Klassen (Mixinhalter-Klassen) und ihre austauschbaren Mixins

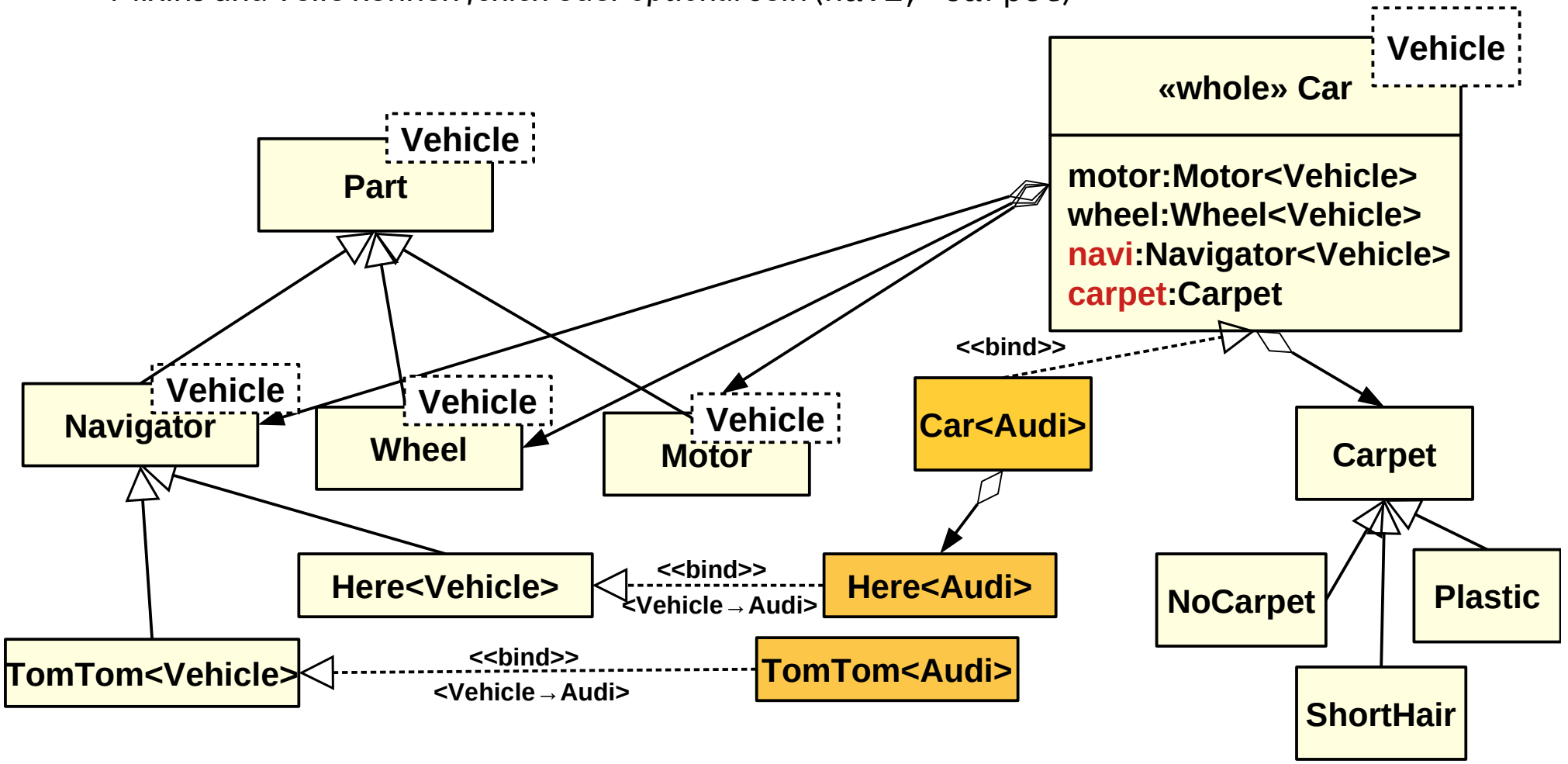
… Programmieren mit Löchern für Ganzes und Teile

- Kernobjekte haben Unterobjekte (Mixins), abhängige Unterobjekte
- Mixins können *fehlen*, d.h. optional sein oder nur temporär vorhanden (temporäre “Löcher”)

https://www.uml-diagrams.org/template.html

Fehlende oder optionale Teile werden durch Mixins dargestellt

- Def.: Ein ***Mixin* ist** ein Unterobjekt, das semantisch von einem Hauptobjekt (***Kern-Objekt***) abhängig ist. Die Klasse des Kerns heißt ***Kernklasse.***
- Def.: Ein ***Teil*** ist ein Mixin, das ein Teil eines Ganzen darstellt, das durch der Kern repräsentiert wird.
- Mixins und Teile können *fehlen* oder *optional* sein (`navi, carpet`)



Polymorphie mit Mixins

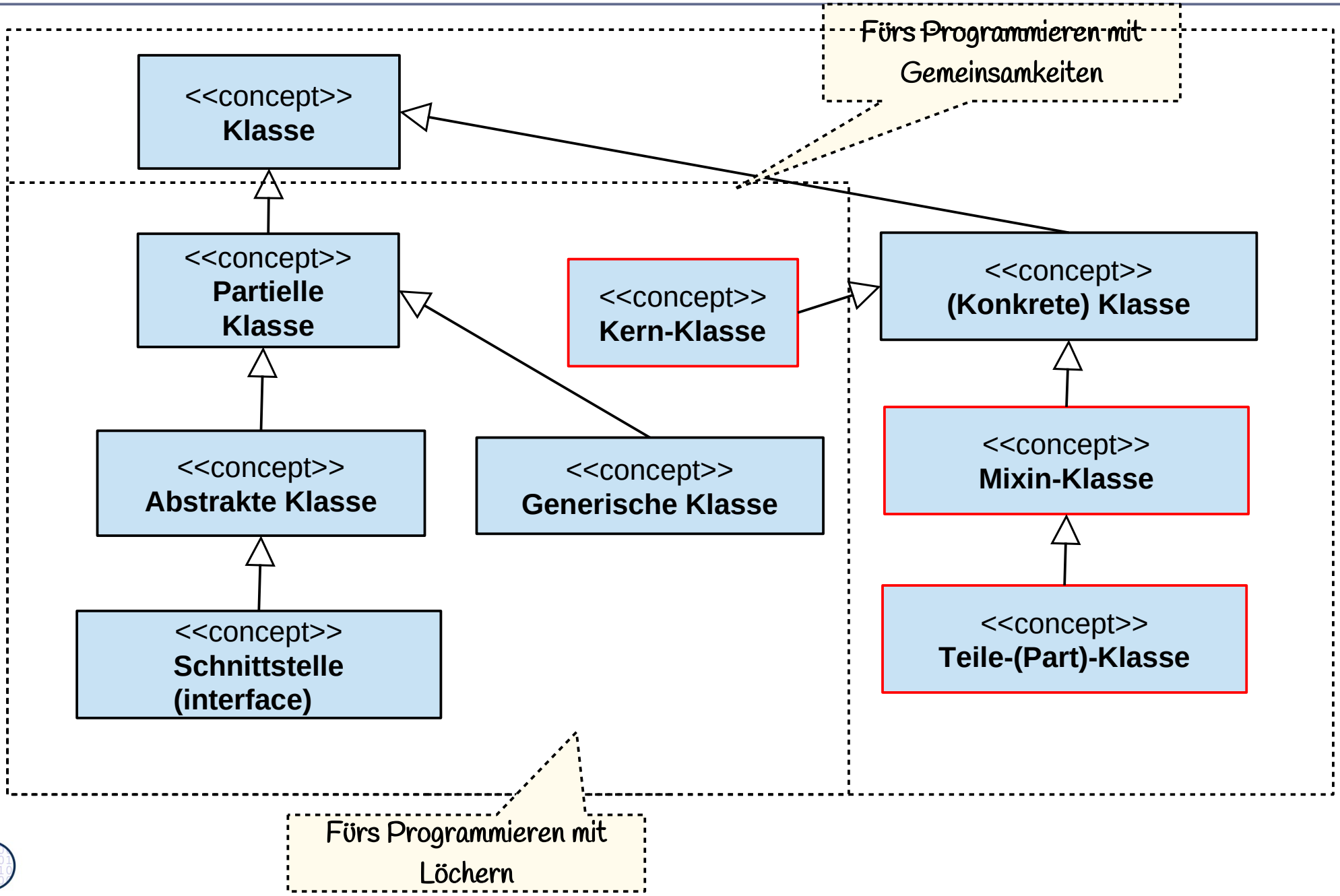
- Def.: ***Mixin-Polymorphie*** entsteht, wenn ein Mixin seine Klasse gegen alternative Klassen austauscht (Wandel der Gestalt des Mixins)
- Mixins können optional sein, also oft fehlen (temporäre Löcher)

```
/* Type definition and initialization with object */
.. similar to before..
Carpet nocarp = new NoCarpet;
Carpet shairc = new ShortHair();
Carpet plastc = new Plastic();

Navigator<Audi> navi1 = new Here<Audi>;
Navigator<Audi> navi2 = new TomTom<Audi>;

/* mixin polymorphy over navi and carpet */
Car<Audi> audi = new Car<Audi>();
audi.carpet = new NoCarpet();
audi.navi = navi1;      // now we enjoy Here
.... later in the life of the car ...
audi.carpet = plastc;   // now we have a short hair carpet
.... later in the life of the car ...
audi.carpet = shairc;   // now we have a short hair carpet
audi.navi = navi2;      // now we have a new navi, the TomTom
```

Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



Was haben wir gelernt?

- Schnittstellen als auch abstrakte Klassen erlauben es, Anwendungsprogrammierern Struktur vorzugeben
  - Sie definieren “Haken”, in die Unterklassen konkrete Implementierungen schieben
  - Schnittstellen sind vollständig abstrakte Klassen
- Generische Klassen ermöglichen typsichere Wiederverwendung von Code über Typ-Parameter → der Compiler meldet mehr Fehler
- Kernobjekte haben Mixins für optionale oder fehlende Teile
- Mixinklassen können durch generische Parameter oder normale Klassen getypt sein

Warum ist das wichtig?

- **Bau von Frameworks (Rahmenwerken)** ist eines der Hauptprobleme des Software Engineering, weil es Wiederverwendung organisiert
  - Von Projekt zu Projekt
  - Von Produkt zu Produkt (Produktfamilien, Produktlinien)
- Abstrakte Klassen, Schnittstellen und generische Klassen können Code-Replikate und Code-Explosion weitgehend vermeiden und **gleichzeitig Vorgaben für Erweiterungen machen**
- Wiederverwendung **mit Frameworks** ist das Hauptmittel der Softwarefirmen, um **profitabel** arbeiten zu können

Verständnisfragen

- Geben Sie eine Begriffshierarchie des Klassenbegriffs an. Welche Klassenarten kennen Sie? Wie spezialisieren sie sich?
- Erklären Sie den Unterschied der “Löcher” in abstrakten Klassen und in generischen Klassen.
- Gibt es einen Unterschied zwischen `{abstract}Employee` und *`Employee`* ?
- Warum wird die Wiederverwendung von Software durch Frameworks vereinfacht? Wozu gibt der Framework-Konstrukteur Vorgaben für die Löcher vor?
- Java hat kein Mixin-Sprachkonstrukt. Wie könnte man dennoch aufzeichnen, dass das Mixin semantisch von seinem Hauptobjekt abhängig ist?
  - Viele moderne Sprachen wie C# und Scala kennen Mixin-Vererbung
- Sollte ein Mixin privat oder öffentlich sein? Ist es gut, auf Attribute des Mixins direkt zugreifen zu können? Was passiert bei Polymorphie des Mixins?