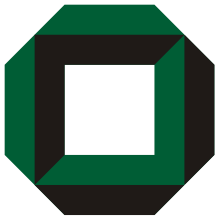


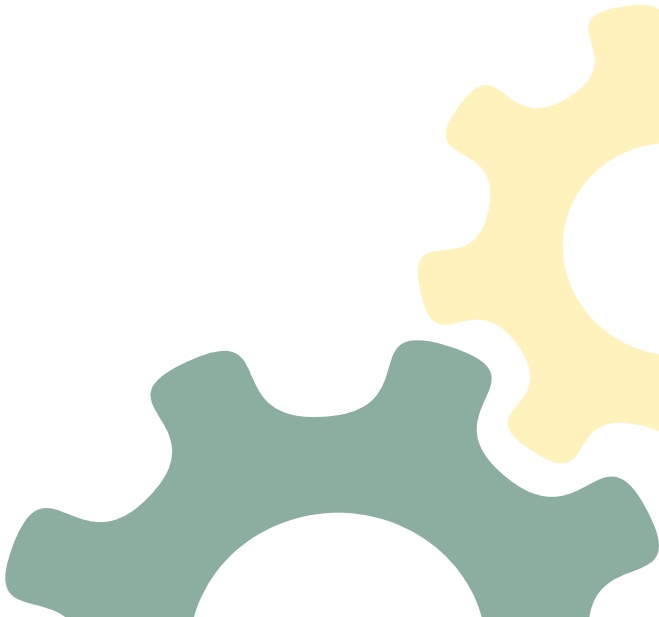
Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

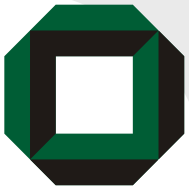
Kapitel 2.1
Vertiefung der Konzepte der Objektorientierung und UML Klassendiagramme

SWT I – Sommersemester 2009

Tom Gelhausen
Walter Tichy

Fakultät für **Informatik**
Lehrstuhl für Programmiersysteme



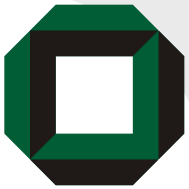


Definition von Objekt und Klasse

- Wikipedia (deutsch)
  - Ein Objekt bezeichnet […] ein Exemplar oder eine Instanz einer bestimmten Klasse. […] (http://de.wikipedia.org/wiki/Objekt_%28Programmierung%29)
  - Klasse ist […] ein abstrakter Oberbegriff für die Beschreibung der gemeinsamen Struktur und des gemeinsamen Verhaltens von Objekten […] (http://de.wikipedia.org/wiki/Klasse_%28objektorientierte_Programmierung%29)

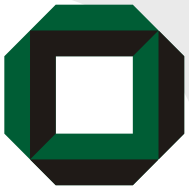
Definition einer Grundmenge $\mathcal{G}$

- Def. $\mathcal{G}$: Die Menge G ist die Vereinigung aus allem vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Substanziellem und Konzeptuellem.
  - Beispielsweise enthält $\mathcal{G}$:
    - Personen, Prof. Tichy, Andreas Höfer, Tom Gelhausen, … (substanziell)
    - Luft (substanziell)
    - Mein Lebensversicherungsvertrag (konzeptuell)
    - Demokratie (konzeptuell)
    - Fußball WM ´06 (Ereignis → konzeptuell)
    - Schwimmen (Tätigkeit → konzeptuell)
    - Schwimmen (Fähigkeit → konzeptuell)
    - Blau (Farbe/Eigenschaft → konzeptuell)
    - etc.



Objekt

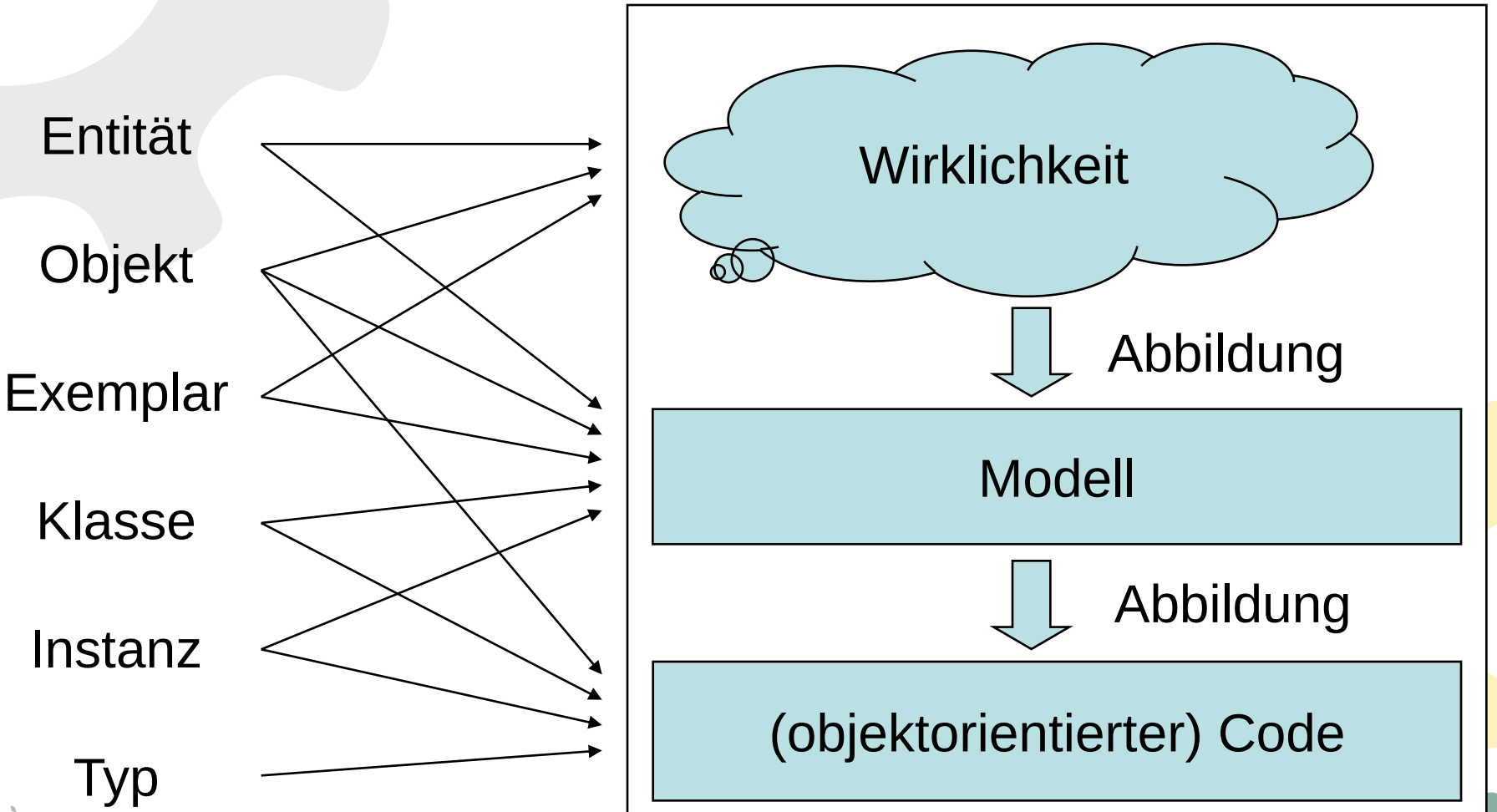
- Def. **Objekt (**engl. **object)**: Ein für min. ein Individuum erkennbares, eindeutig von anderen Objekten unterscheidbares, also *bestimmbares* Element aus der Menge $\mathcal{G}$.
- Def. Ω: Die Menge aller Objekte.
- Übung: Denken Sie über folgende alternative Definitionen nach:
  - Alles was man mit einem Nomen oder Namen bezeichnen kann.
  - Charles S. Peirce: „By an object, I mean anything that we can think, i.e. anything we can talk about.“

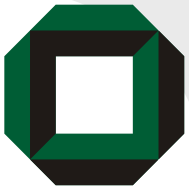


Klasse und Exemplar

- Def. **Klasse (**engl. **class)**: Eine (prinzipiell willkürliche) Kategorie über der Menge aller Objekte Ω.
  - Hinweise
    - In der Regel wird man der Kategorisierung irgend eine Art von „Gleichartigkeit“ der darin enthaltenen Objekte zugrunde legen.
    - Die Kategorie kann auch leer sein: „Klasse“ bezeichnet die grundsätzliche Idee/das Konzept der Dinge und existiert unabhängig davon, ob eine Ausprägung existiert, oder nicht.
- Def. **Exemplar (**engl. **exemplar)**: Ein konkretes Element aus einer bestimmten Klasse.
  - Hinweise
    - Ein Exemplar gehört zu (min.) einer bestimmten Klasse.
    - Man spricht auch oft von „Ausprägung“ oder „Instanz“.

Domänen in denen die Begriffe üblicherweise verwendet werden





Einordnung der Begriffe

- Hinweise
  - Der Begriff „Objekt“ wird vor allem in der Analysephase häufig für den Repräsentant einer Klasse (und damit als Stellvertreter für diese) verwendet; vergl. Moduloarithmetik: $\mathbb{Z}_4 = \{\tilde{0}, \tilde{1}, \tilde{2}, \tilde{3}\}$
  - Verwende Begriffe „Klasse“ und „Instanz“, wenn die Struktur der Klasse identifiziert und festgelegt ist und ein Element aus genau dieser Klasse gemeint ist – also auf der Realisierungsebene.

Attribute

- Def. **Attribut (**engl. **attribute)**: eine für alle Exemplare einer Klasse definiertes Vorhandensein einer Eigenschaft, die
  - für jedes einzelne Exemplar unabhängig von den anderen angegeben werden kann und
  - einen klar definierten Wert
  - aus einer bestimmten, für alle gleichen Domäne hat.
  - Notation: `Attributname: Typ [=Wert];`

Exemplar 1
Farbe: rot;
Angebissen: ja;

Exemplar 2
Farbe: grün;
Angebissen: nein;

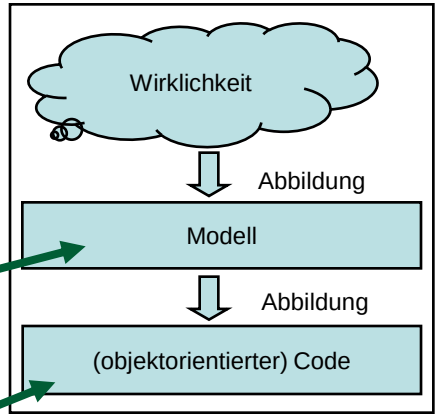
Exemplar 3
Farbe: rot;
Angebissen: nein;

Exemplar 4
Farbe: grün;
Angebissen: ja;

Domäne: Farben

Domäne: ja/nein

Hinweis für Java-Programmierer



- Unterscheide Attribut und Instanzvariable eines Objektes!
  - Häufig 1:1-Abbildung von Attributen auf eine Instanzvariable möglich.
  - Die Umkehrung gilt i. A. nicht, da auch Zustand und Assoziationen (siehe später) eines Objektes in den Instanzvariablen gespeichert werden müssen.
  - Attribute könnten zusätzliche Einschränkungen oder Zusicherungen enthalten (→ Object Constraint Language, siehe später), die sich nicht alleine durch eine Instanzvariable realisieren lassen, sondern noch zusätzlichen Code benötigen.

Objektidentität

- Def. **Objektidentität (**engl. **objectidentity)**: Die Existenz eines Objektes ist unabhängig von seinen Attributwerten. Zwei Objekte sind auch dann unterscheidbar, wenn sie die gleichen Attributwerte besitzen.
  - Hinweise
    - Die Objektidentität ist eigentlich schon durch unsere Definition von Objekt und Attribut gegeben
    - Zwei (oder mehr) Instanzen können gleich sein, ohne das selbe sein zu müssen → Gleichheit?

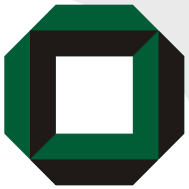
Farbe: rot
Angebissen: nein

≠ =

Farbe: rot
Angebissen: nein

≠ =

Farbe: rot
Angebissen: nein



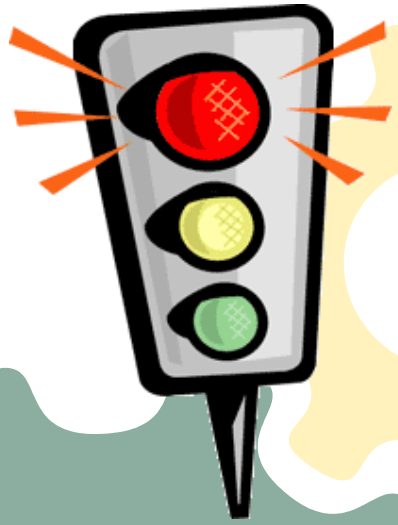
Vergleich zweier Objekte

- Def. **Gleichheit *X*. Stufe (**engl. **equality of order X)**
  - **Gleichheit 0. Stufe**: es handelt sich um das selbe Objekt, die Objekte sind identisch
  - **Gleichheit 1. Stufe**: es handelt sich entweder um das selbe Objekt oder zwei verschiedene Objekte, die aber *in allen Attributen* identische Werte* besitzen (Gleichheit 0. Stufe oder paarweise Gleichheit 0. Stufe in allen Attributen*)
  - **Gleichheit 2. Stufe**: es handelt sich entweder um das selbe Objekt oder es handelt sich um zwei verschiedene Objekte, die aber *in allen Attributen* gleiche oder identische Werte* besitzen (Gleichheit 1. Stufe oder paarweise Gleichheit 0. oder 1. Stufe in allen Attributen*)
  - **Gleichheit 3. Stufe**: Gleichheit 2. Stufe oder paarweise Gleichheit 0., 1. oder 2. Stufe in allen Attributen*
  - etc.

* natürlich müssen auch Assoziationen und Zustand (siehe später) Berücksichtigung finden

Definition des Zustands eines Objektes

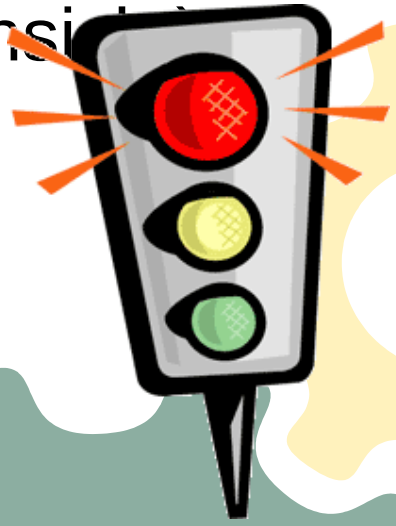
- Häufig wird der Zustand als „Verkettung der Werte aller Attribute“ definiert, oder einfach die Folge aller Bits, die das Objekt speichert.
- Diese Definition ist jedoch problematisch: Ist z.B. der Wert eines Attributes „Betriebsstunden“ wirklich wichtig für den Zustand eines Ampel-Objektes?



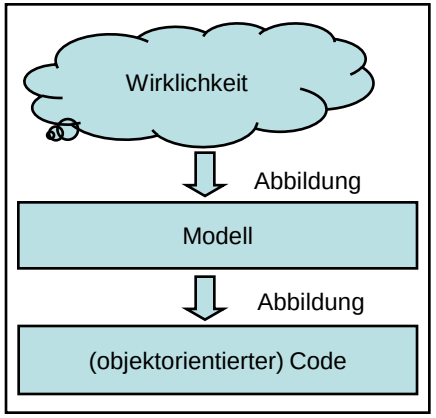
Zustand eines Objektes

- Def. **Zustand (**engl. **state)**: Solange sich ein Objekt in einem Zustand befindet, reagiert es im gleichen (Aufruf-/Verwendungs-) Kontext immer gleich auf seine Umwelt. Ändert sich der Zustand, reagiert das Objekt in mindestens einem Kontext anders als zuvor. (Außensicht)

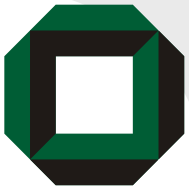
Übung: Vergleiche diese Definition mit:
„**state** - A condition or situation during the life of an object during which it satisfies some condition, performs some activity, or waits for some event.“
OMG, UML 2.0 Infrastructure Specification, Ch. 4, Terms and Definitions



Hinweis für Java-Programmierer



- Der Zustand eines Objektes muss (so wie die Werte der Attribute) in dessen Instanzvariablen gespeichert werden.
- Hierfür können entweder
  - dedizierte Variablen verwendet werden (expliziter Zustand) oder
  - (Wenn er sich ableiten lässt:) der Zustand kann aus dem Inhalt anderer Instanzvariablen *abgeleitet* werden (impliziter Zustand). Beispiel: Wahlberechtigung aus Geburtsdatum

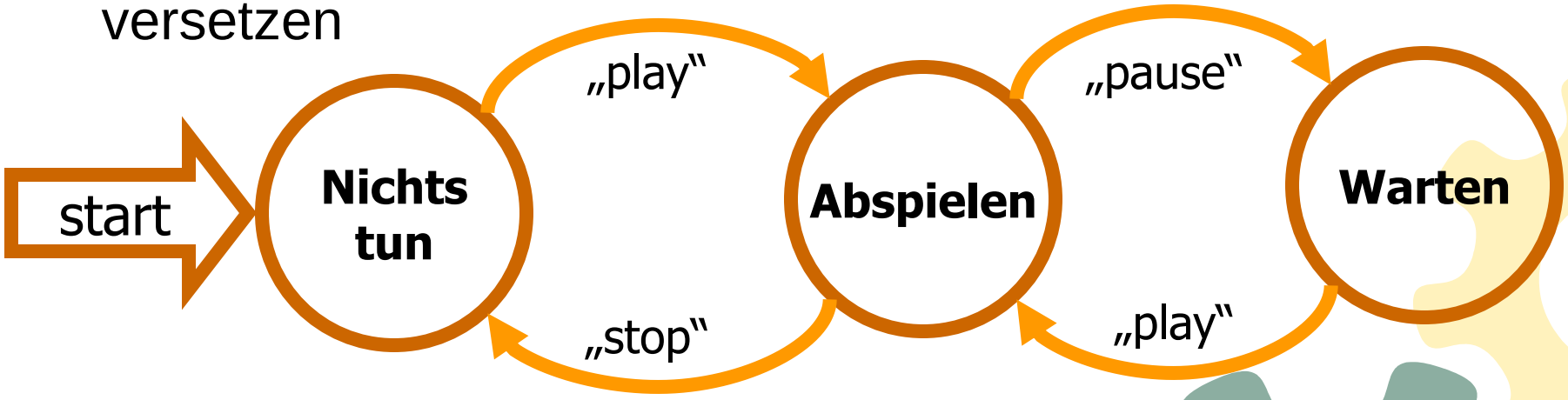


Kapselungsprinzip

- Def. **Kapselungsprinzip (**engl. **encapsulation)**: Der Zustand ist zwar nach außen sichtbar, er wird aber im Inneren des Objektes verwaltet (also kontrolliert geändert).
  - Hinweis: Die Änderung eines Attributwertes könnte die Änderung des Zustands bedingen.
    - Beispiel: Wenn sich der Wert des Attributes „Restzeit“ eines Objektes „Eieruhr“ auf 0 ändert, wechselt die „Eieruhr“ in den Zustand „Klingeln“.

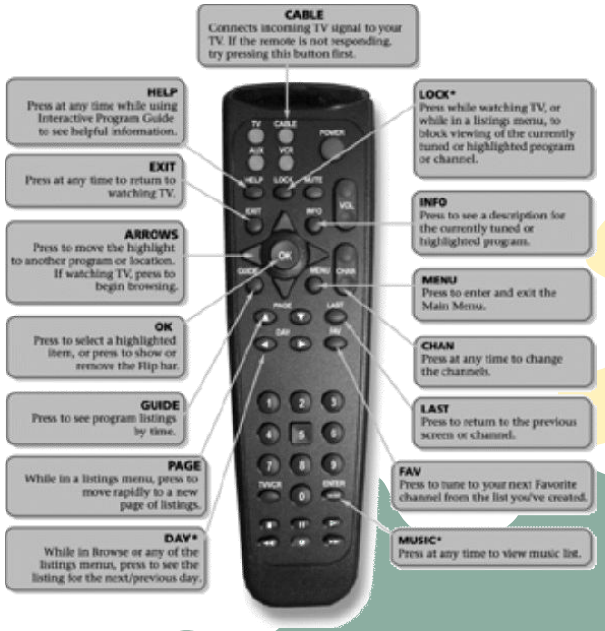
Zustandsänderung

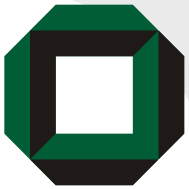
- **Beispiel Kapselungsprinzip:** Niemand käme auf die Idee, im Inneren eines Videorekorders rumzufummeln, um ihn in den Zustand „Abspielen“ zu versetzen



Nachricht an ein Objekt

- „Nachrichtenaustausch“ – man möchte betonen, dass ein bestimmtes Objekt (=Nachrichtenempfänger) aufgefordert wird, einen Zustandsübergang vorzunehmen
- Daher: **Nachrichtenaustausch = Methodenaufruf *bei* einem bestimmten Objekt**
- Beispiel: Mit dem Play-Knopf sendet man die Nachricht *„Wechsle in den Zustand ‚Wiedergabe‘“* an das Gerät, zu dem der Knopf gehört

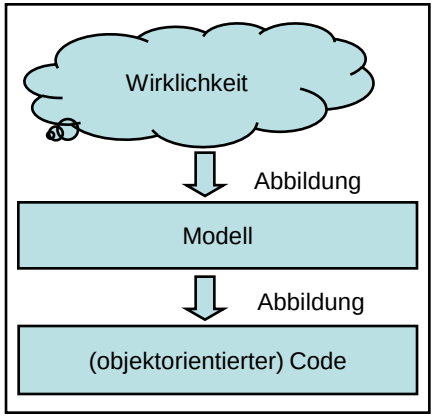




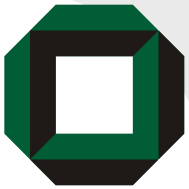
Methoden

- Methoden können den Zustand eines Objektes verändern
  - Die verfügbaren Methoden definieren die zulässigen Botschaften, die man einem Objekt senden kann (Außenansicht)
  - Problem: Wann darf ich welche Botschaft an ein Objekt senden?
    - Antwort: Das spezifiziert man mit einem Zustandsübergangsdiagramm (siehe später)

Hinweis für Java-Programmierer

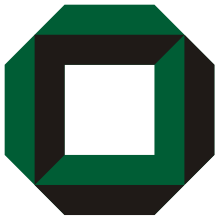


- Das Zustandsübergangsdiagramm definiert einen endlichen Automaten.
- Ist der Automat *vollständig*?
  - Was passiert, wenn ich im Zustand X die Nachricht Y sende, die da eigentlich gar nicht vorgesehen ist?
  - Möglichkeiten:
    - Ausnahmeobjekt erzeugen
    - Java.lang.Error-Instanz erzeugen
    - „garbage in – garbage out“
    - Nichts tun
    - etc.



Methodensignatur

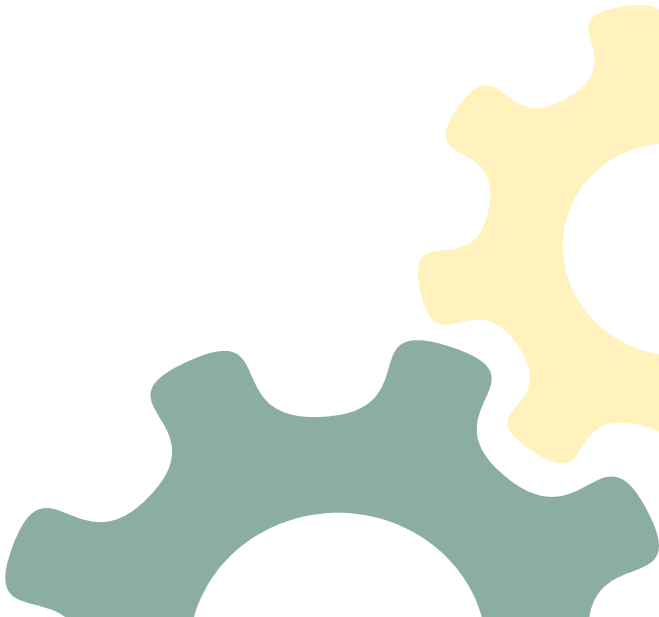
- Def. **Methodensignatur**: Besteht aus
  - der *Methodenname* und
  - dem *Rückgabetyp* und
  - der *Parameterliste*
    - Die Parameter sind die „Nutzdaten“ der Nachricht
    - Das Empfängerobjekt kann auch als „nullter Parameter“ angesehen werden, als „Adresse“ der Nachricht
- Notation:
  ```
  Methodenname(Parameterliste) : Rückgabetyp;
  ```
- Notation (Parameterliste):
  ```
  Attributname : Typ [, Attributname : Typ]*
  ```



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

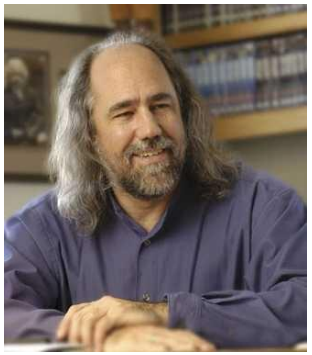
UML Klassendiagramme

Fakultät für **Informatik**
Lehrstuhl für Programmiersysteme



Was ist UML?

- UML ist die Vereinigung dreier Notation aus der objektorientierten Modellierung:
  - Booch (GradyBooch)
  - OOSE (Ivar Jacobson)
  - OMT (James Rumbaugh)

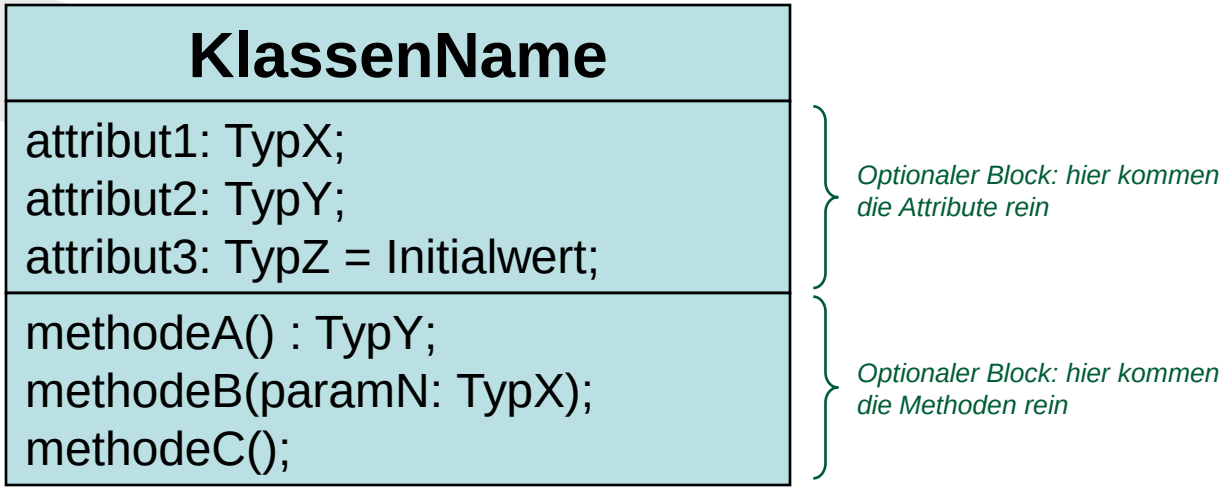


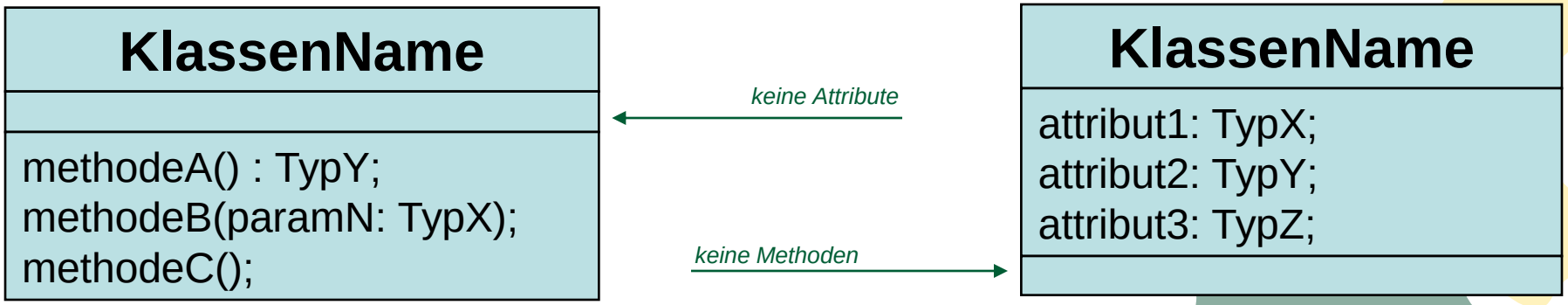
GradyBooch

Ivar Jacobson

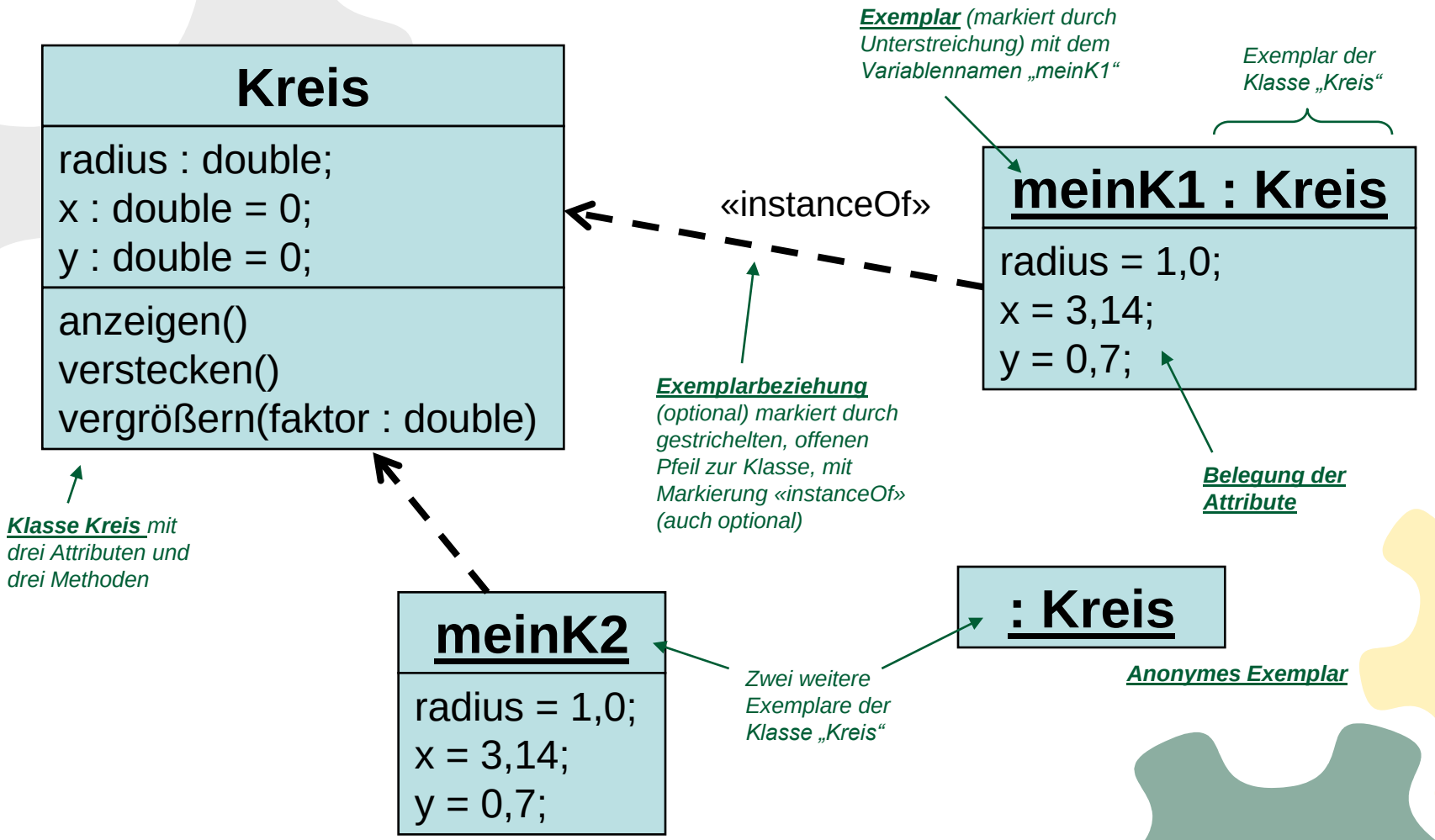
James Rumbaugh

Notation einer Klasse in UML



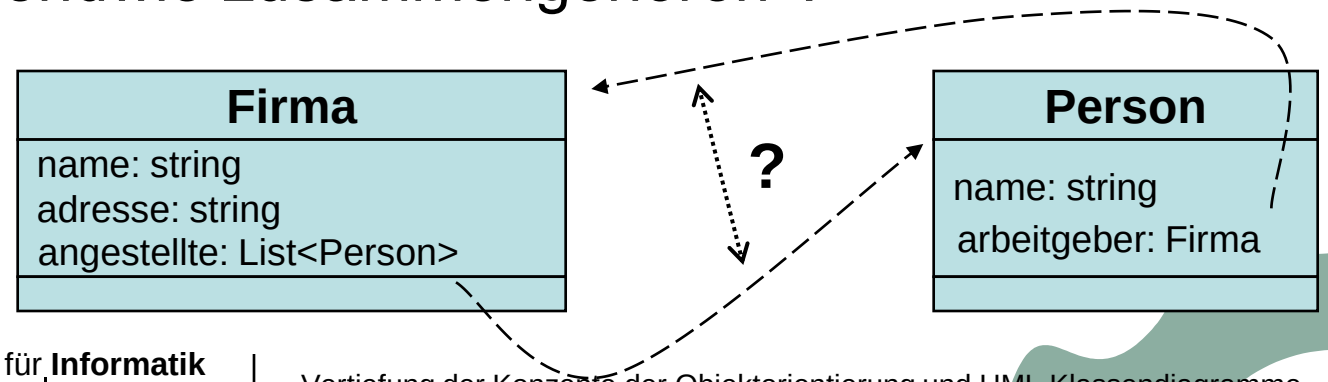


Objekt-/Instanzdiagramm

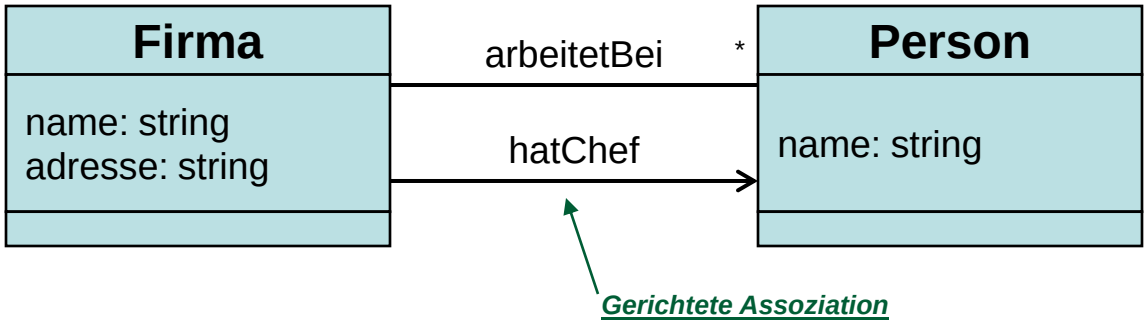


Beziehungen zwischen Objekten

- Motivierendes Beispiel:
  - Wenn wir ausdrücken wollen, dass eine Person bei einer bestimmten Firma arbeitet, dann können wir bei der Klasse „Person“ ein Attribut „Firma“ anlegen
  - Wenn wir aber auch wissen wollen, welche Personen bei einer Firma arbeiten, brauchen wir dort eine Liste von Personen (`List<Person>`)
- Problem: Wie drückt man aus, dass diese Referenzen „irgendwie zusammengehören“?

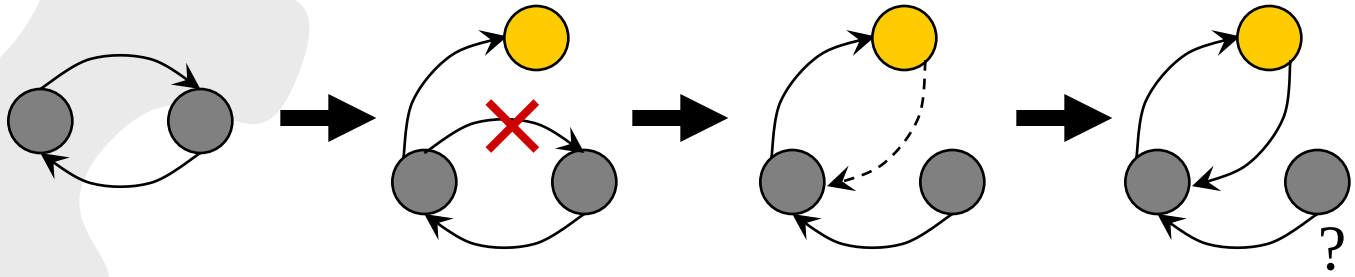


Beispiel: Assoziationen



Hinweis: Klassendiagramme sind Multigraphen, d.h. mehrere Kanten können zw. den gleichen Knoten bestehen.

Semantischer Mehrwert der Assoziationen



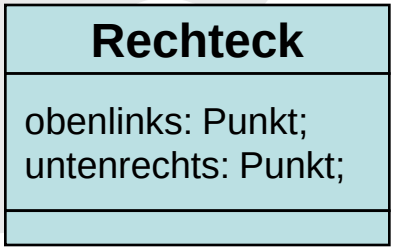
Forderung: **Transaktionalität**, ACID-Prinzip(ISO/IEC 10026-1:1992)

- **A**tomicity – Unteilbarkeit der Änderung, „Ganz oder gar nicht“
- **C**onsistency – Änderungsvorgänge hinterlassen einen konsistenten Zustand (Zielzustand oder im Problemfall auch den Ausgangszustand)
- **I**solation – Änderungen in nebenläufigen Programmen laufen ohne Beeinflussung durch andere Ausführungsfäden ab
- **D**urability – Änderung nach Abschluss für alle Programmteile und Ausführungsfäden dauerhaft zu sehen

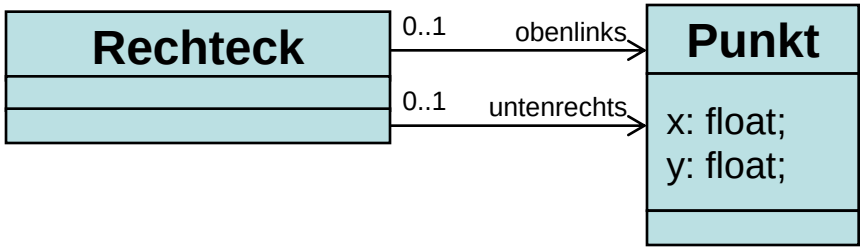
Wann soll ich ein Attribut, wann eine Assoziation nehmen?

- Zwei Alternativen:

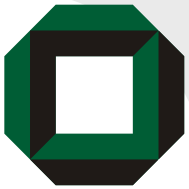
a)



b)



- Brauche ich die Transaktionalität? → Assoziation
- Brauche ich mehrere Gegenüber? → Assoziation
- Muss ich vom Gegenüber zurück navigieren können? → Assoziation
- Sonst: freie Wahl
  - Guter Stil: nur Attribute primitiver Typen (int, float, string, bool, …)



Assoziationen und Relationen

- Zur Erinnerung: Eine binäre Relation ist eine Teilmenge des kartesischen Produkts (oder Kreuzprodukts) zweier (nicht notwendigerweise unterschiedlicher) Mengen.
- Ternäre, quaternäre, n-äre Relationen sind Untermengen des Kreuzproduktes von drei, vier, n Mengen.
- Relationen lassen sich als n-dimensionale Felder, Tupelmengen oder Graphen darstellen.

Beispiel einer binären Relation

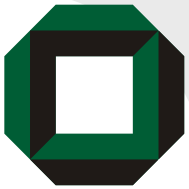
Es sei Firma={f1, f2, f3} und Personen={p1, p2, p3, p4, p5}.
Eine mögliche Relation über diese beiden Mengen ist:

Person

p5		✔	✔
p4		✔	
p3	✔		
p2	✔		
p1	✔		✔
beschäftigt	f1	f2	f3

Firma

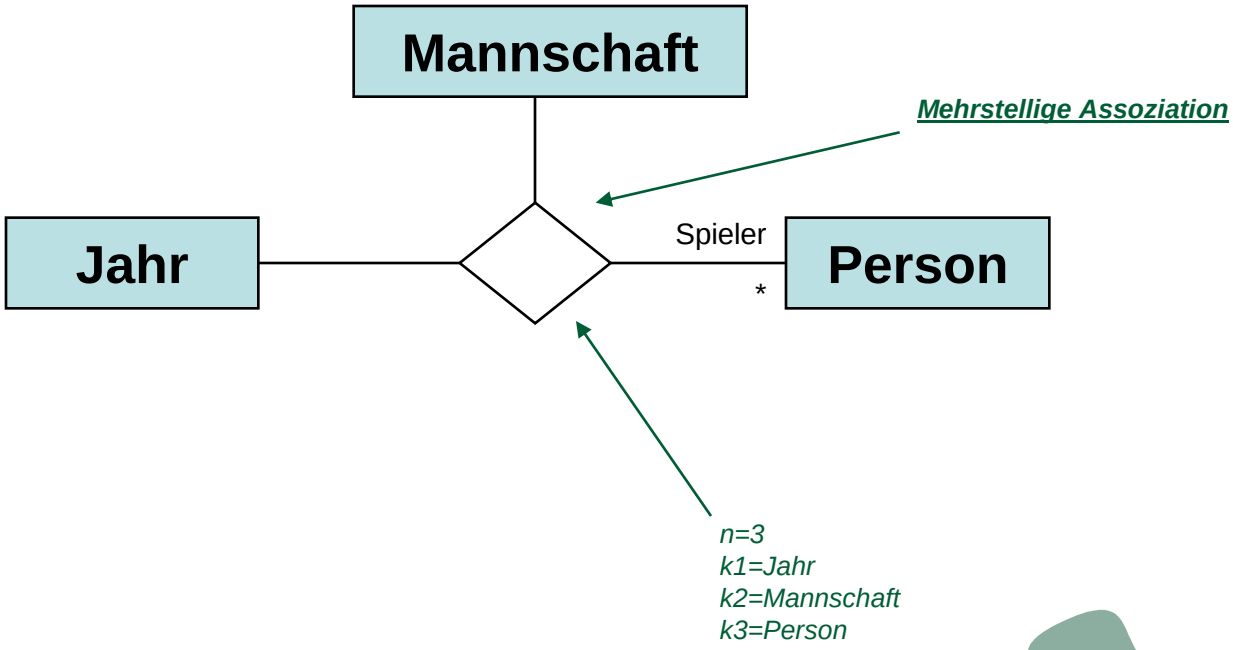
Diese Relation könnte auch als Tupelmenge angegeben werden:
{(f1,p1), (f1,p2), (f1,p3), (f2,p4), (f2,p5), (f3,p1), (f3,p5)}, oder als Graph.
Diese Relation ist linkstotal, rechtstotal (surjektiv), weder rechts- noch linkseindeutig, nicht injektiv, nicht bijektiv, nicht funktional.



Assoziation

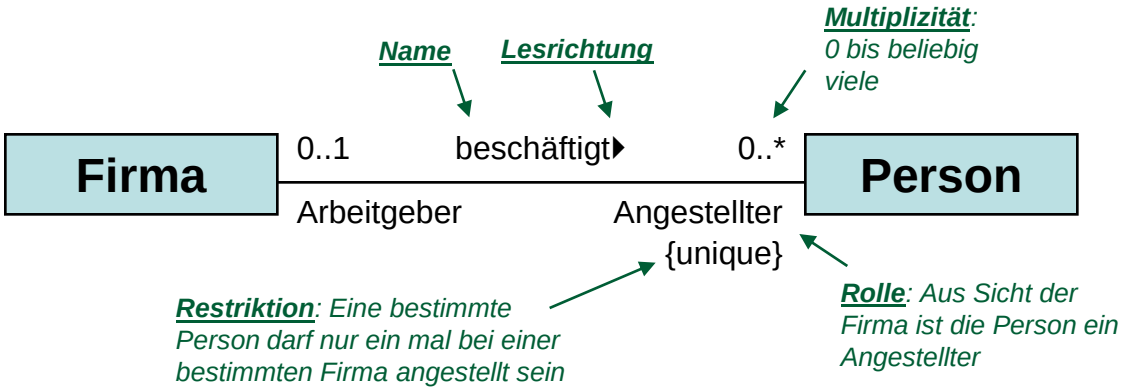
- Def. Eine **Assoziation (**engl. **association)** definiert Eigenschaften von n-ären Relationen:
  - Die Mengen werden als Klassen angegeben.
  - Multiplizitäten oder Vielfachheiten geben an, in wievielenTupeln der Relation Elemente einer geg. Klasse erscheinen dürfen (z.B. eindeutig 1:1, mehrdeutig: 1:n, m:n, sowie Totalität)
  - Die Klassen brauchen nicht disjunkt zu sein (Selbstreferenz ist erlaubt).
  - Ein Tupel einer Relation heißt Verknüpfung.
  - Duplikate von Tupeln sind erlaubt, d.h. die Relationen sind eigentlich Mehrfachmengen oder auch Multigraphen.

Beispiel für mehrstellige Assoziation (Hypergraph)



Standardattribute von Assoziationen und Assoziationsenden

- Die durch eine Assoziation charakterisierte Relation kann genauer beschrieben werden:

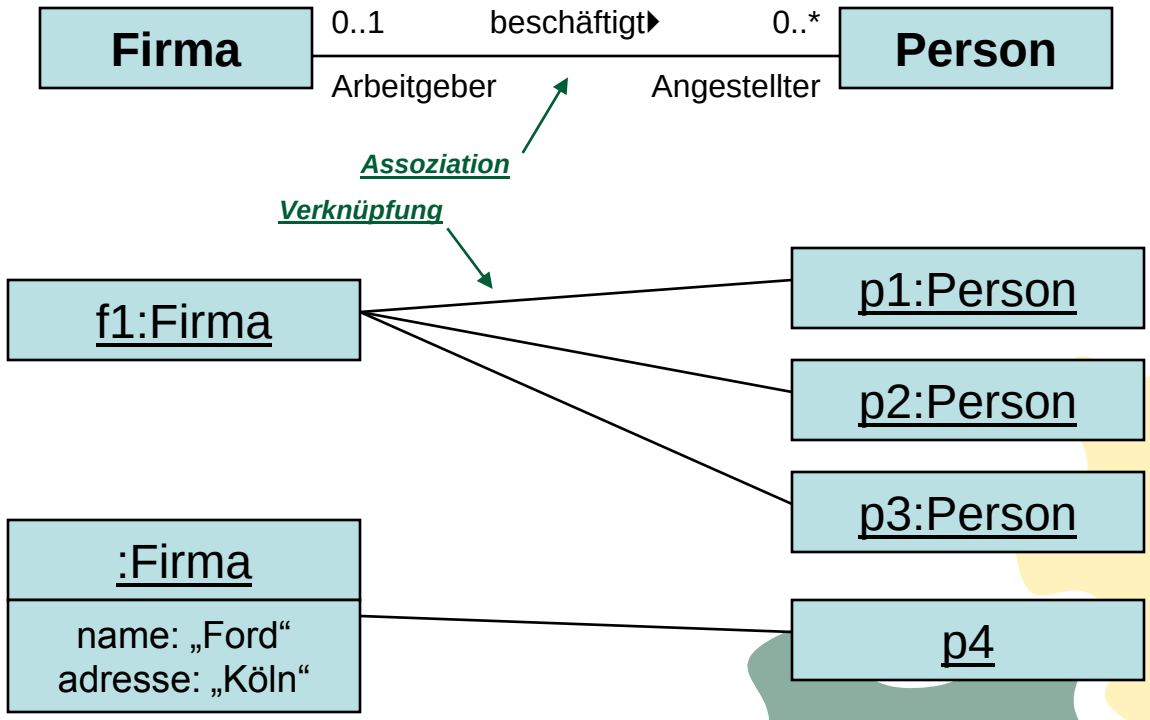


- Name, Leserichtung und Rolle sind „nur“ Etikette, die der Interpretation dienen. Sie haben aber keine genauer definierte Semantik.

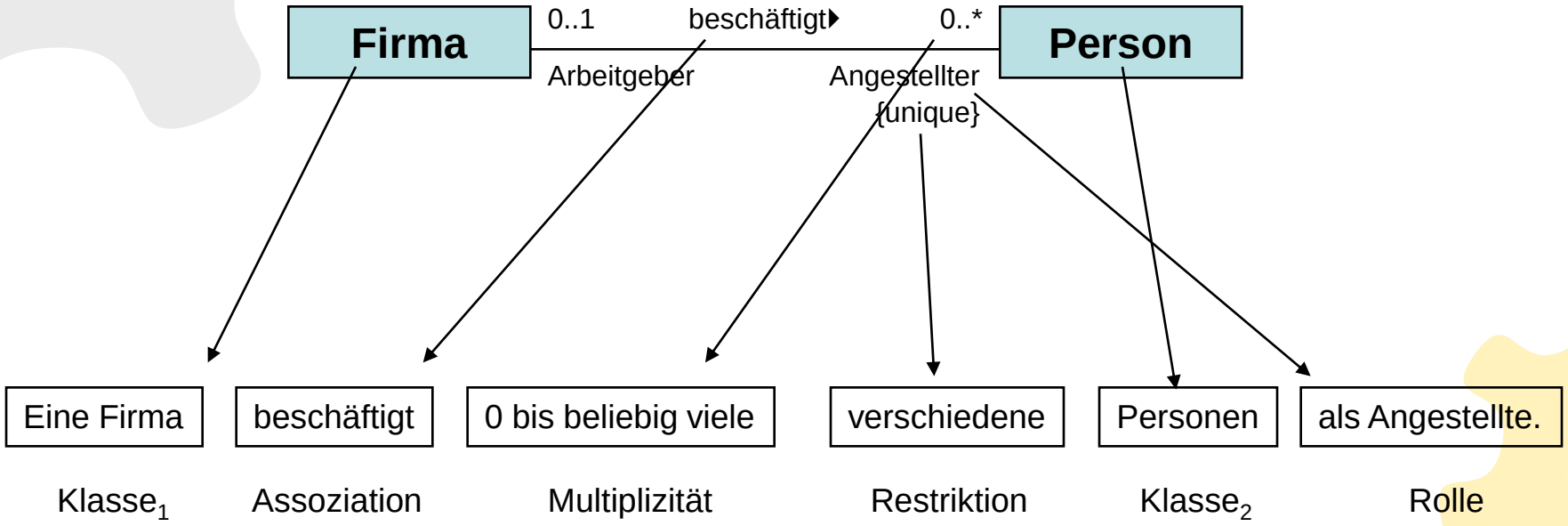
Assoziation vs. Verknüpfung

Assoziation
wird zwischen Klassen angegeben und beschreibt **mögliche Beziehungen** zwischen Exemplaren

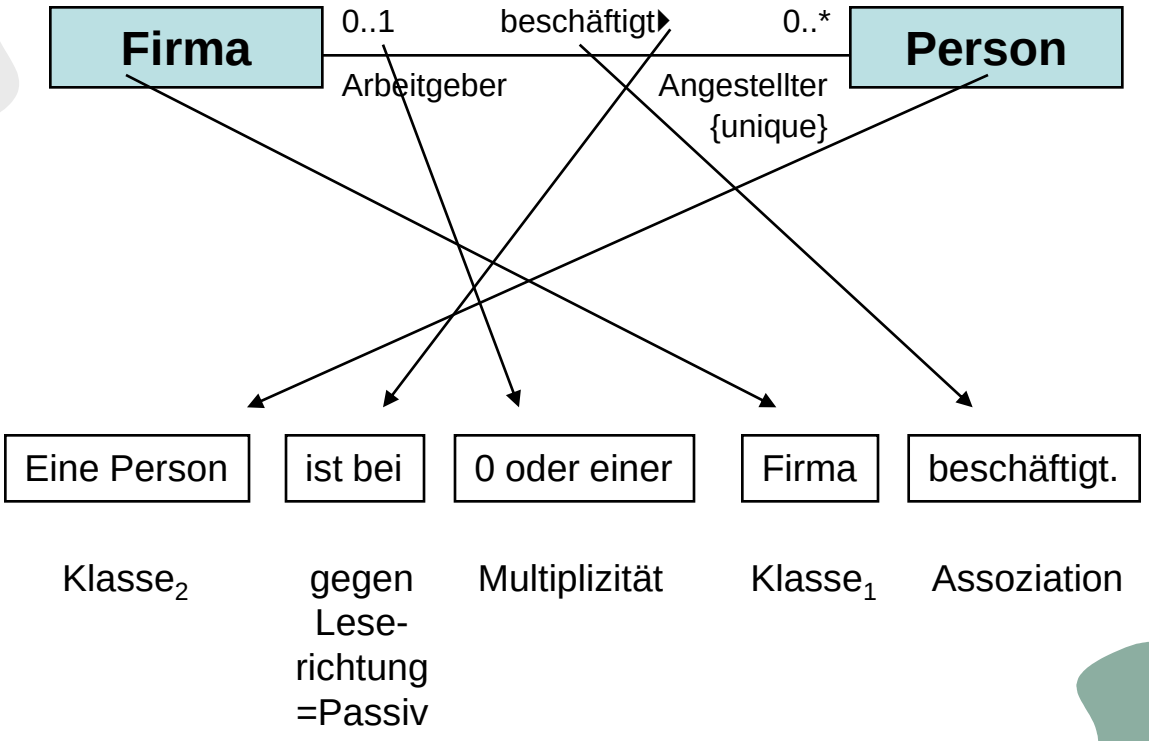
Verknüpfung
wird zwischen Exemplaren angegeben, drücken eine **tatsächliche Beziehung** zwischen Exemplaren aus

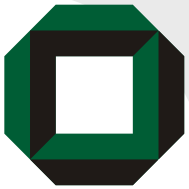


Standardattribute von Assoziationen und Assoziationsenden



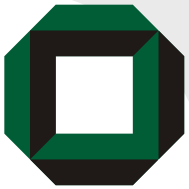
Standardattribute von Assoziationen und Assoziationsenden





Standardattribute von Assoziationsenden: Multiplizität

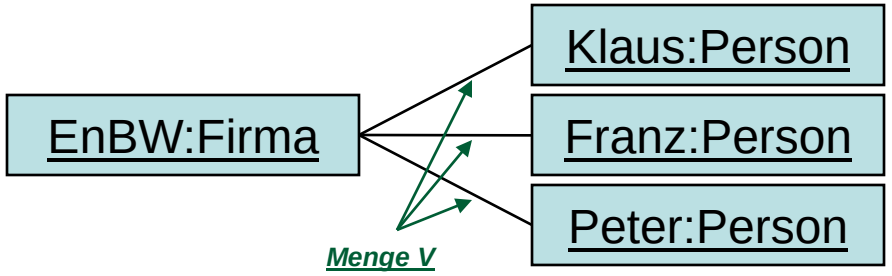
- Def. **Kardinalität**: die Anzahl der Elemente einer Menge (→ Ganzzahl ≥ 0)
- Def. **Multiplizität**: ein geschlossenes Intervall der zulässigen Kardinalitäten
  - „0..1“ heißt „0 oder 1“
  - „0..*“ = „*“ heißt „beliebig viele, auch 0“
  - „1“ heißt „immer genau 1“
  - „1..*“ heißt „beliebig viele, aber mindestens 1“
  - „17“ heißt „immer genau 17“
  - Achtung: keine Angabe heißt „nicht spezifiziert“ und das ist spezifikationsgemäß „1“, also „immer genau 1“



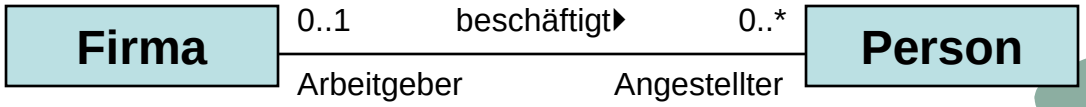
Interpretation der Multiplizität

- Gegeben: eine bel. a. f. n-äre Assoziation
  - Sei E ein bel. a. f. Ende der geg. Assoziation und K die Klasse, die am Ende E hängt
  - Wähle für die anderen n-1 Enden bel. a. f. Instanzen ihrer entsprechenden Klassen (mehr als n-1 mögl.!)
  - Sei V die Menge der Verknüpfungen (aus der geg. Assoziation), die von dem gewählten Satz von Instanzen zu Instanzen der Klasse K gehen
  - Sei M diese Menge der Instanzen der Klasse K
  - Dann beschränkt die *bei E* hingeschriebene Multiplizität die zulässige Kardinalität von M.

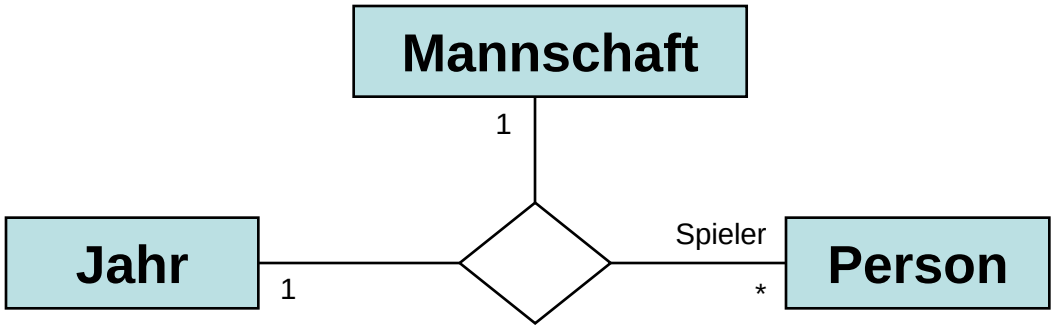
Beispiel



- Gegeben: Assoziation „beschäftigt“, wobei n=2
  - Wähle E=Angestellter, dann ist K=Person
  - Wähle für das andere Ende EnBW:Firma
  - Sei V die Menge der Verknüpfungen, die von EnBW:Firma zu Instanzen der Klasse Person gehen
  - M={Klaus:Person, Franz:Person, Peter:Person}
  - Dann beschränkt die bei Angestellter hingeschriebene Multiplizität (0..*) die zulässige Kardinalität von M.



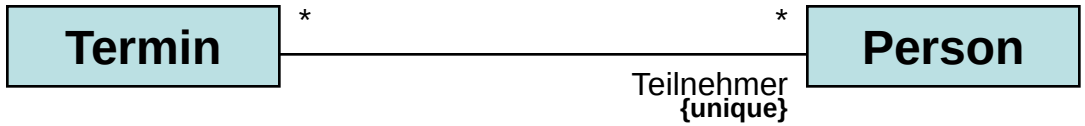
Wofür?
Mehrstelligen Assoziationen!



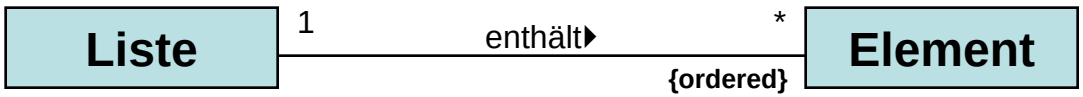
Übung: Wie ist das zu interpretieren?

Beispiele für Restriktionen

- Eine Person kann zwar an beliebig vielen Terminen teilnehmen, aber an einem Termin nur ein mal:

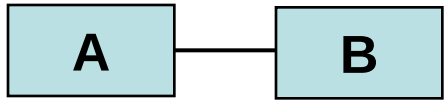


- Die Elemente einer Liste haben eine bestimmte Reihenfolge:

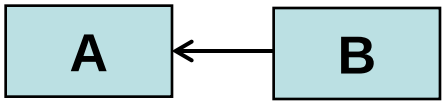


Standardattribute von Assoziationsenden: Navigation

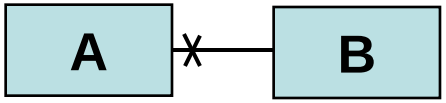
- Exemplare können nur Nachrichten an Exemplare senden, die sie kennen. Eine Verknüpfung kann zwei (oder mehr) Exemplare einander bekannt machen. D.h. Assoziationen modellieren Nachrichtenkanäle
- Navigation spezifiziert die Richtung des Kanals



Nicht spezifiziert $\stackrel{def}{=}$ „navigierbar“, d.h. Exemplare von A und B können sich Botschaften über die Assoziation senden.



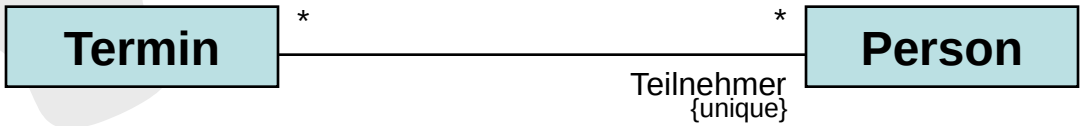
Ebenso in beiden Richtungen navigierbar.
Pfeil hat keine Bedeutung.



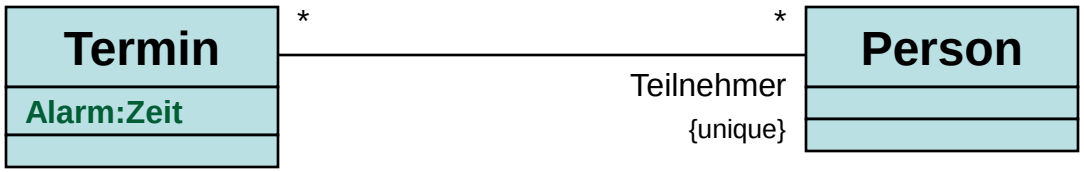
Nur von A nach B navigierbar, d.h. Instanzen von A können über die Assoziation Botschaften an Bs senden, aber nicht empfangen.

Zusätzliche Attribute für Assoziationen

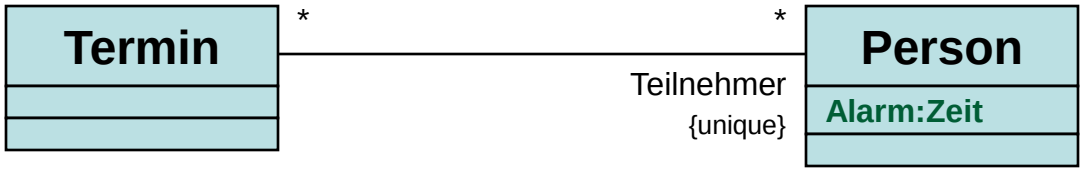
- Manchmal möchte man weitere Eigenschaften für eine Verknüpfung notieren:



- Ein Teilnehmer soll sich für einen Termin einen Alarmzeitpunkt eintragen können:



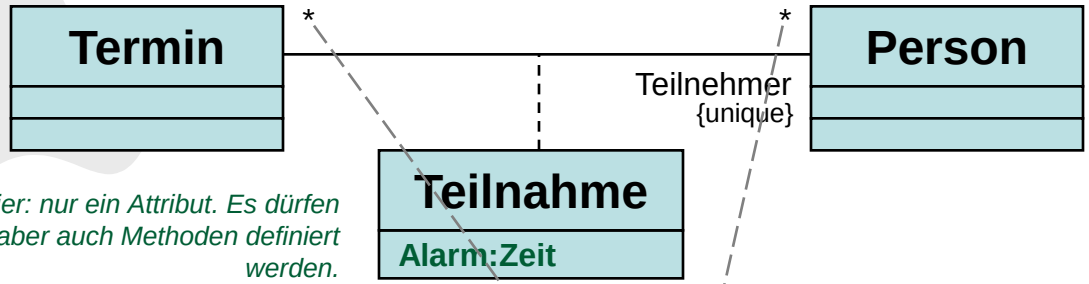
Falsch: Nur ein Alarm pro Termin für alle Personen



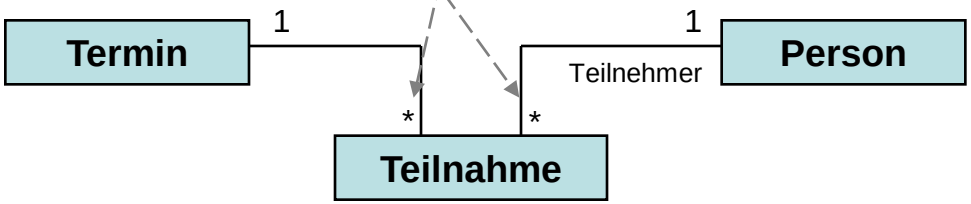
Falsch: Nur ein Alarm pro Person für alle Termine

Assoziationsklassen

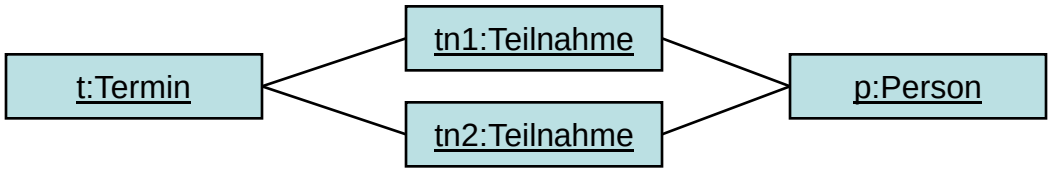
Hinweis:
Klassendiagramme sind also Multi-Hyper-Graphen mit attributierten Knoten und attributierten Kanten!



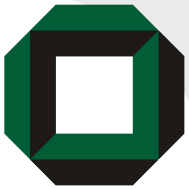
- Es gilt: Klassenname=Assoziationsname
- Simulation durch „normale“ Klasse:



- **Aber:**



Wäre eine legale Verknüpfung in diesem Modell → Zusicherungen!

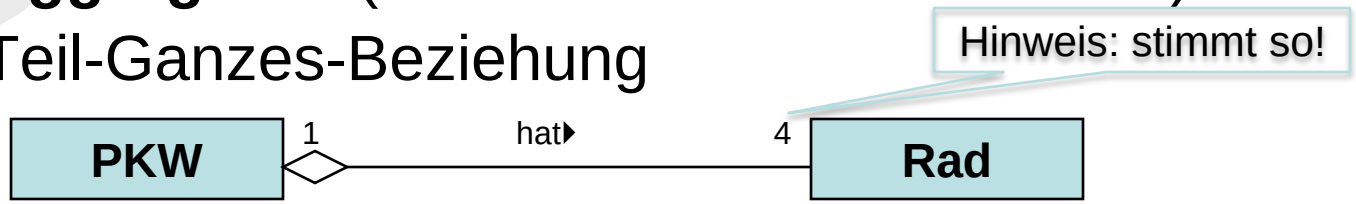


Assoziationsklassen

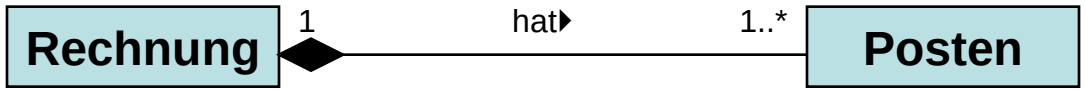
- Hinweis:
  - Die Existenz einer Instanz der Assoziationsklasse hängt an der Existenz der zugehörigen Verknüpfung!!!
  - Folge: Wenn die Verknüpfung gelöscht wird, ist auch die Instanz der Assoziationsklasse weg
  - Außerdem: Wenn ein Verknüpfungspartner gelöscht wird, wird die Verknüpfung gelöscht und dann auch die Instanz der Assoziationsklasse
- Folgerung: Nicht wie eine normale Klasse im UML-Modell verwenden!

Spezialformen von Assoziationen

- Es gibt Spezialformen von Assoziationen, also solche mit speziellen *Interpretationsvorschriften*
  - **Aggregation**(Sonderform der Assoziation): Teil-Ganzes-Beziehung

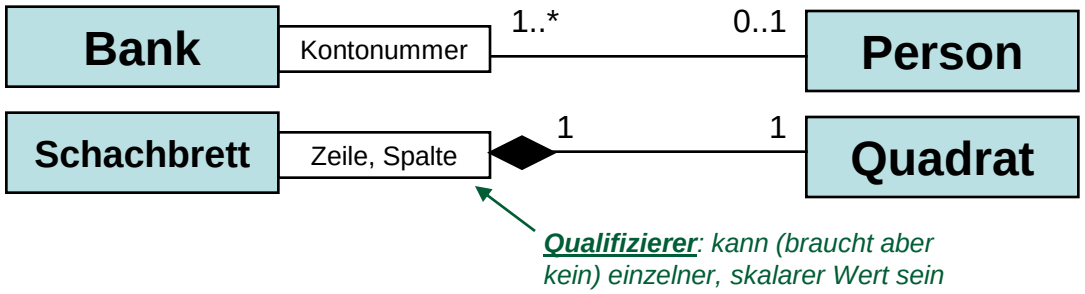


  - **Komposition**(Sonderform der Aggregation): strenger, Teile haben keine Daseinsberechtigung ohne das Ganze, Semantik wichtig z.B. bei Löschoperationen



Spezialformen von Assoziationen

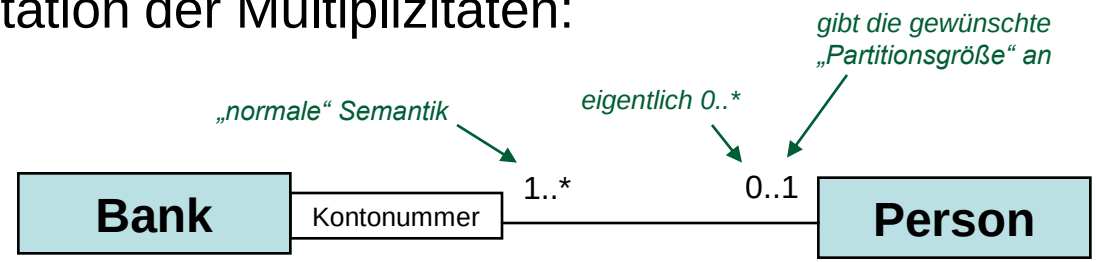
- Es gibt Spezialformen… (Forts.)
  - Def. **Qualifizierer**: Ein(e) Attribut(kombination), die eine Partitionierung auf der Menge der assoziierten Exemplaren definiert.
  - Def. **Qualifizierte Assoziation**: Eine Assoziation, bei der die Menge der referenzierten Objekte durch einen Qualifizierer partitioniert ist.
  - Beispiele:



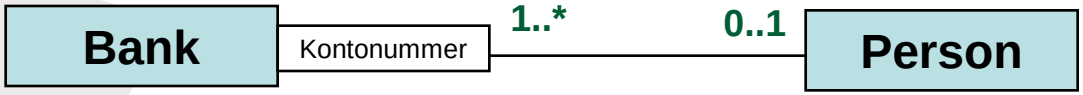
Multiplizität bei qualifizierten Assoziationen

- Aus der Definition folgt: Qualifizierte Assoziationen codieren implizit **immer 1:n-Beziehungen**
  - Die (häufige!) Partitionsgröße „1“ erfordert eine eindeutige Qualifizierer-Instanz.

Interpretation der Multiplizitäten:

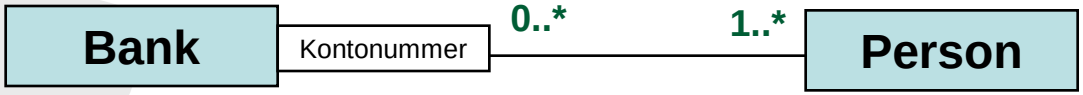


Multiplizität bei qualifizierten Assoziationen – Beispiel

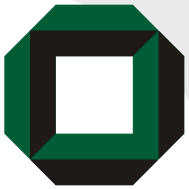


- Bei der Bank X sind keine oder maximal eine Person der Kontonummer Y zugeordnet.
- Niemand oder maximal 1 Person besitzt das Konto mit der Nummer Y bei der Bank X.
- Eine Person muss mindestens einer Kontonummer bei mindestens einer Bank zugeordnet sein.
- Eine Person darf beliebig viele Kontonummern bei einer Bank, eine Kontonummer bei beliebig vielen Banken oder beliebig viele Kontonummern bei beliebig vielen Banken haben.

Multiplizität bei qualifizierten Assoziationen – Beispiel



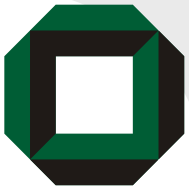
- Bei der Bank X ist jeder Kontonummer Y mindestens eine Person zugeordnet.
- Mehrere Personen können gemeinsam eine Kontonummer bei einer Bank haben.
- Eine Person braucht kein Konto haben (also keiner Kontonummer bei irgend einer Bank zugewiesen zu sein).
- Eine Person kann beliebig viele Konten bei beliebig vielen Banken haben.



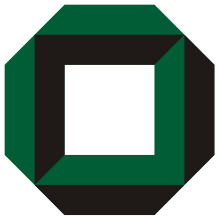
Übung

- Wozu könnte man qualifizierte Assoziationen benutzen?

Klassenattribute und -methoden



- Die Klasse als Menge der Exemplare e
  selbst auch als Objekt aufgefasst. Dahe
  eigene Attribute und Methoden (unabhä
  Attributen und Methoden der Exemplare) definieren.
  Diese Attribute und Methoden bezeichnet man als **Klassenattribute** und **Klassenmethoden**.
- Markierung durch Unterstreichen der Zeile im Kästchen.
- Klassenattribute und -methoden existieren unabhängig von der Existenz von Exemplaren der Klasse → globale Verfügbarkeit.
- Die Klassenattribute und -methoden werden üblicherweise zur Laufzeit in jede Instanz „eingeblendet“, können dort also wie die eigenen verwendet werden.



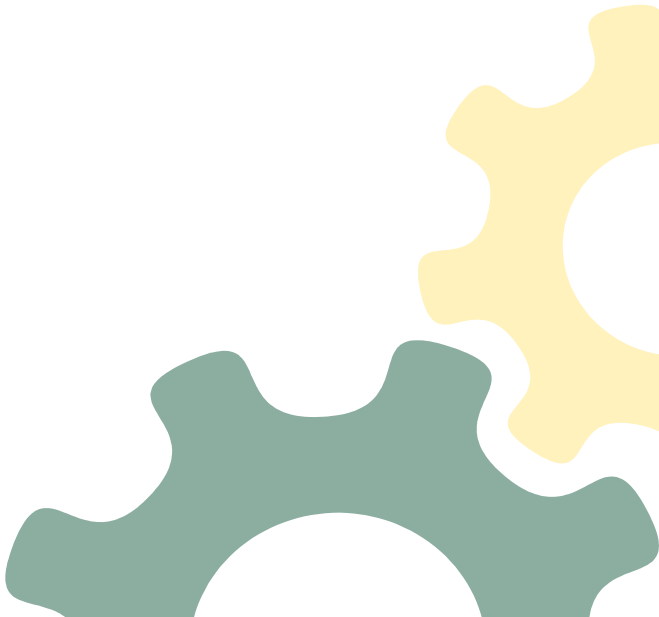
Universität Karlsruhe (TH)

Forschungsuniversität · gegründet 1825

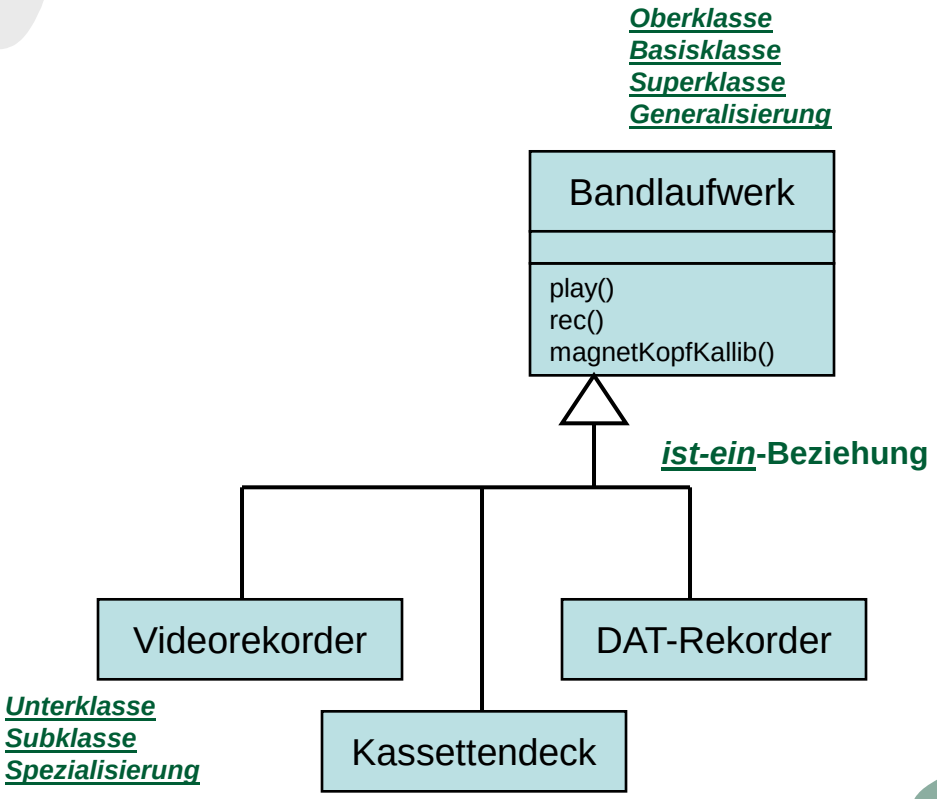
Vererbung (engl. Inhertiance)

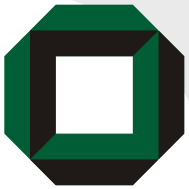
Fakultät für **Informatik**

Lehrstuhl für Programmiersysteme



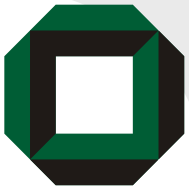
Vererbung – Begriffe und Synonyme





Redundanz

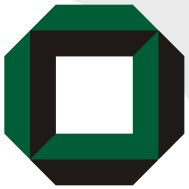
- Manchmal
  - … lassen sich für verschiedene Klassen gleiche Teilmengen von Attributen, Zustanden und Assoziationen identifizieren.
  - … sind nur die Elemente dieser Teilmengen von Bedeutung, dafür sollen aber Exemplare von verschiedenen Klassen verwendet werden.
- In diesem Fall bietet das Konzept „Vererbung“ Vorteile
  - Vermeidung von Entwurfs- und Implementierungsredundanz
  - Theoretisch gut fundiertes Typisierungskonzept



Substitutionsprinzip

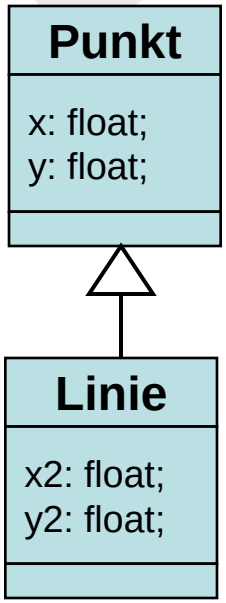
- Def. Ist-ein-Semantik/**Substitutionsprinzip**: Jedes Exemplar einer Unterklasse hat die gleichen Eigenschaften*, die ein Exemplar seiner Oberklasse hätte; es lässt sich genau so verwenden.
  - Alle Eigenschaften der Oberklasse müssen in der Unterklasse vorhanden sein.
  - Alle Eigenschaften der Unterklasse müssen in allen Situationen so verwendbar sein, wie es Eigenschaften der Oberklasse wären und „kompatible“ Ergebnisse zurückgeben.

* Attribute, Assoziationen, Zusicherungen, Zustände, Methoden

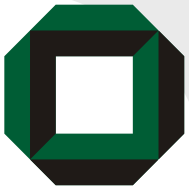


Substitutionsprinzip

- Zu modellieren sei eine Linie. Dazu könnte man die Klasse Punkt benutzen. Ist die Vererbung hier eine gute Idee?



Eine Linie ist kein Sonderfall eines Punktes.
Diese Modellierung ist faul!



Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (I)

Hinzufügen/Weglassen von Eigenschaften

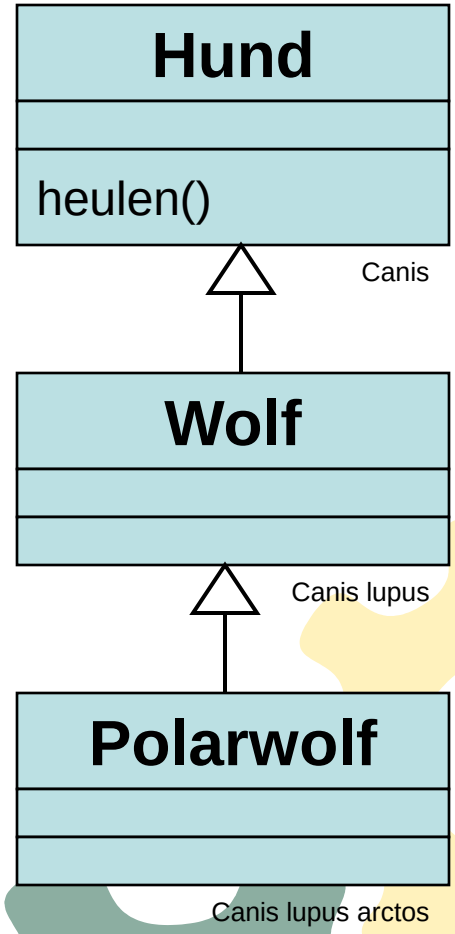
- Vererbte Eigenschaften* stehen in der Unterklasse genau so zur Verfügung, wie sie in der Oberklasse definiert sind.
- Die Unterklasse darf noch *zusätzliche* Eigenschaften* definieren, die sie spezieller machen.
- Die Unterklasse kann keine Eigenschaften* der Oberklasse weglassen.
  - Wäre dies nötig, handelt es sich nicht um eine Vererbungsbeziehung.
  - In diesem Falle zur Vermeidung von Implementierungsredundanz statt Vererbung von einer Klasse die „Delegation“ an diese Klasse einsetzen!

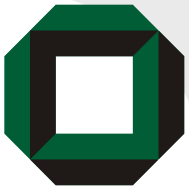
* Attribute, Assoziationen, Zusicherungen und Zustände

Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (II)
Transitivität

- Die Vererbungsbeziehung ist **transitiv**.
  - Ein Hund kann heulen().
  - Ein Wolf ist ein Hund.
  - Der Wolf erbt die Methode heulen() vom Hund
    ⇨ der Wolf kann ebenfalls heulen().
  - Ein Polarwolf ist ein Wolf.
  - Der Polarwolf erbt alle Methoden vom Wolf inkl. heulen()
    ⇨ der Polarwolf kann ebenfalls heulen().

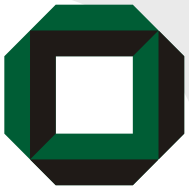
⇒ Man kann einer Polarwolfinstanz die Nachricht *heulen()* schicken





Unterscheide!

- Def. **Signaturvererbung**: Eine in der Oberklasse definierte und (evtl.) implementierte Methode überträgt nur ihre Signatur auf die Unterklasse.
- Def. **Implementierungsvererbung**: Eine in der Oberklasse definierte und implementierte Methode überträgt ihre Signatur und ihre Implementierung auf die Unterklasse.
- Implementierungsvererbung geht nicht ohne Signaturvererbung, aber umgekehrt geht es schon.
- *„Signaturvererbung reicht für ‚alles' in der OOA/OOD/OOP aus, Implementierungsvererbung ist nicht notwendig (aber bequem).“*
- Beispiel: Java und C# bieten sowohl Implementierungsvererbung als auch reine Signaturvererbung an.



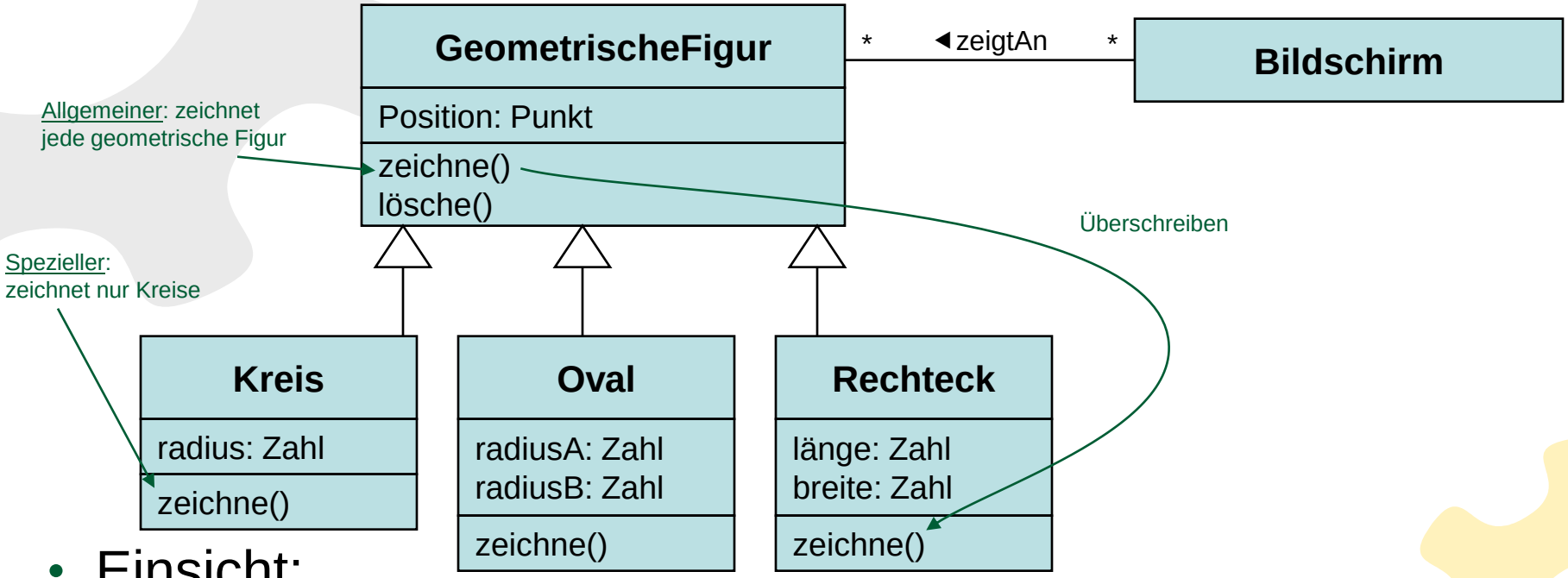
Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (III)
Anpassung ererbter Eigenschaften

- Eigenschaften der Basisklasse können an die Bedürfnisse der Spezialisierung angepasst werden (z.B. Methoden verändert werden).
- Def. **Überschreiben**: eine geerbte Methode unter Beibehaltung der Signatur wird neu implementiert.

Im Gegensatz zum „**Überladen**“:
Dabei wird eine **neue Methode**
mit **gleichem Namen**
aber **anderer Signatur** definiert.

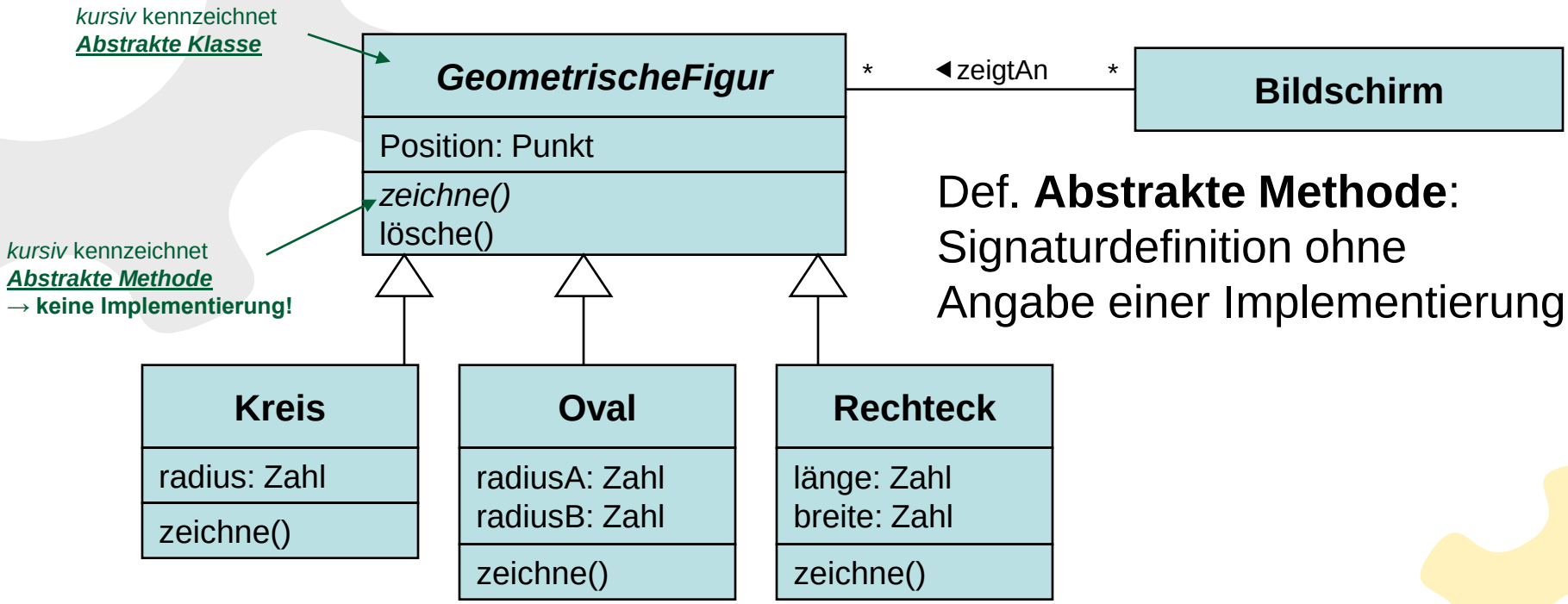
Hat nichts mit Vererbung zu tun!

Überschreiben – Beispiel



- Einsicht:
  - Jede der drei Spezialisierungen muss ihre eigene `zeichne`-Methode implementieren
  - Kann es überhaupt eine sinnvolle Implementierung für `zeichne` in `GeometrischeFigur` geben?

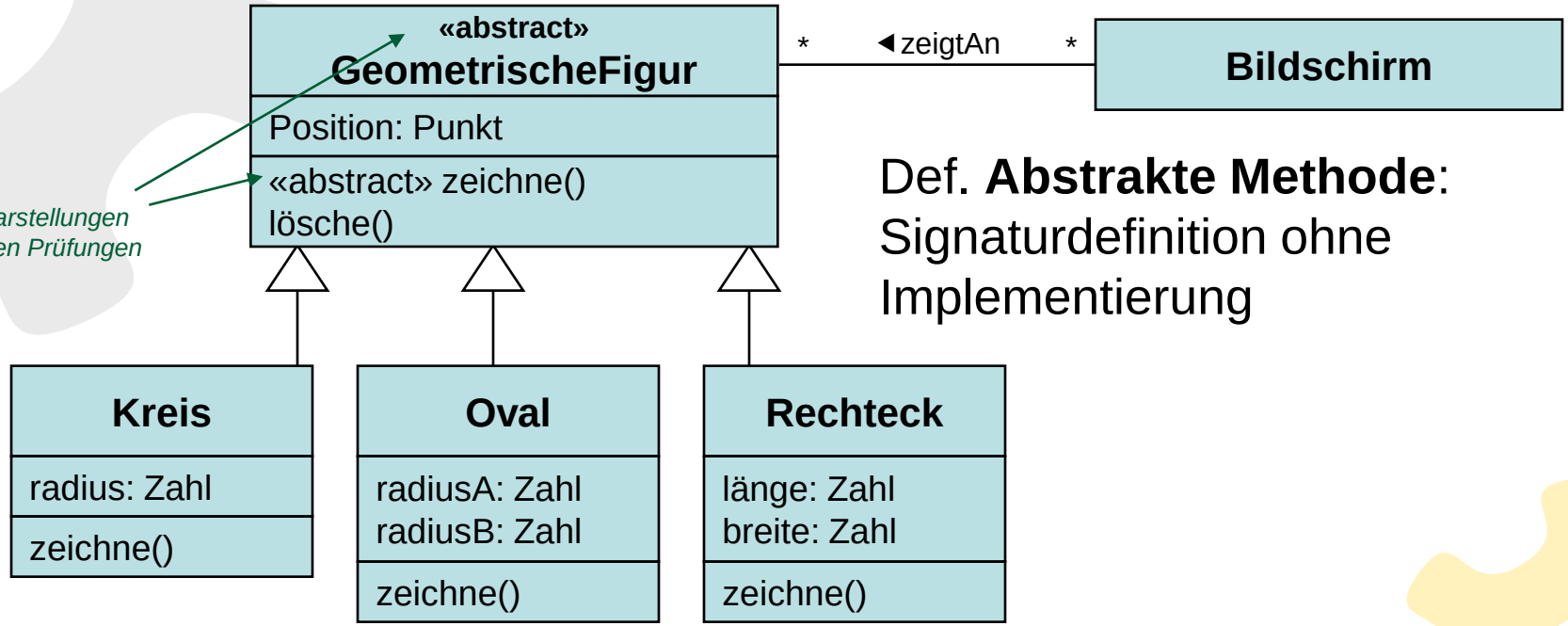
Lösung: Abstrakte Methoden



Def. **Abstrakte Methode**:
Signaturdefinition ohne Angabe einer Implementierung

- Wenn es eine abstrakte Methode gibt, dann ist auch die sie enthaltende Klasse abstrakt.
- Von abstrakten Klassen selbst gibt es keine Exemplare. Warum?
- Abstrakte Klassen „vererben die Verpflichtung“, eine Methode zu implementieren. Warum?

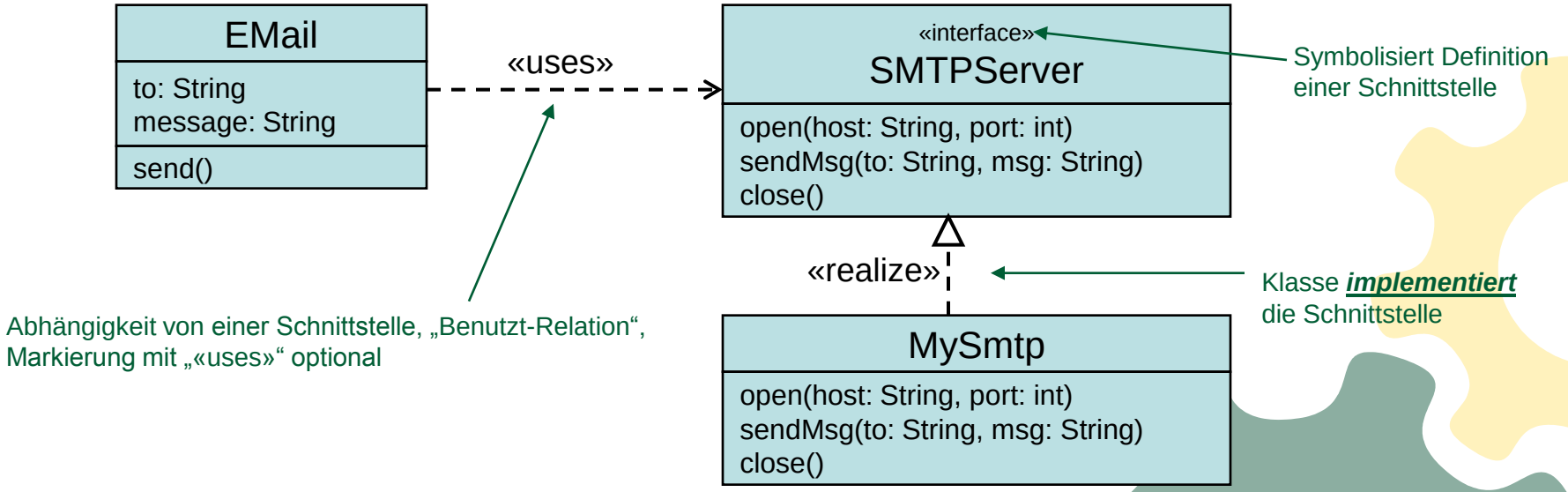
Abstrakte Methoden (alternative Darstellung)

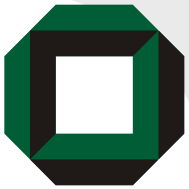


Def. **Abstrakte Methode**: Signaturdefinition ohne Implementierung

Schnittstelle

- Def. **Schnittstelle**: Definition einer Menge abstrakter Methoden, die von den Klassen, die sie **implementieren**, anbieten müssen.
  - Schnittstelle nicht direkt instanziierbar
  - Nutzende Klasse darf bel. implementierende Klassen instanziieren.





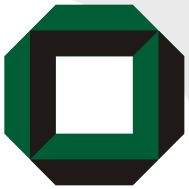
Verwendung von Schnittstellen

- Schnittstellen übertragen die Verpflichtung, bestimmte Methoden zu implementieren.
  - Damit geben Schnittstellen aber auch die Garantie, dass bestimmte Methoden vorhanden sind.
  - Exemplare einer Klasse, die eine bestimmte Schnittstelle implementiert, können genauso verwendet werden, als wären sie ein „Exemplar der Schnittstelle“ (*ist-ein*-Semantik)
- Idee: mit einer Schnittstelle gibt man an, **wie** ein Objekt zu verwenden ist, **nicht was** es darstellt.

Schnittstelle – Beispiel

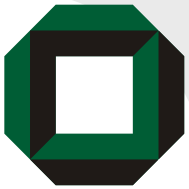
- Sie bekommen einen „schwarzen“ Kasten.
- Sie sehen, dass man die Nachrichten
  - play()
  - stop()
  - ff()
  - rwd()
  - skip()

  an das Gerät senden kann.
- Obwohl Sie nicht wissen, was für ein Gerät das ist, können Sie es benutzen, da Sie die Schnittstelle kennen.



„Vererbung“ bei Schnittstellen

- Bei Schnittstellen gibt es **keine Vererbung**!
  - Def: Wenn eine Schnittstelle A eine Schnittstelle B **erweitert**, dann ist die Menge der abstrakten Methoden von A eine Teilmenge der Menge der abstrakten Methoden von B (oder kürzer: $A \subseteq B$).
  - Def: Wenn eine Klasse X eine Schnittstelle A **implementiert**, dann ist die Menge der abstrakten Methoden von A eine Teilmenge der Methodendefinitionen von X, wobei X zusätzlich jeweils eine Implementierung angeben darf.
- Da es sich nur um Mengeninklusion handelt, ist „Mehrfachvererbung“ von Schnittstellen unproblematisch.
- Übung: welche Probleme können bei Mehrfachvererbung von Klassen auftreten?

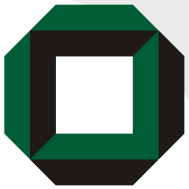


Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (IV)

Signaturanpassung

- Das Substitutionsprinzip fordert nur, dass man ein Exemplar der Unterklasse so verwenden kann, als wäre es ein Exemplar der Oberklasse. Es wird nicht gefordert, dass die Signatur gleich bleibt!

⇒Änderungen der Signatur sollten eingeschränkt möglich sein – aber welche?

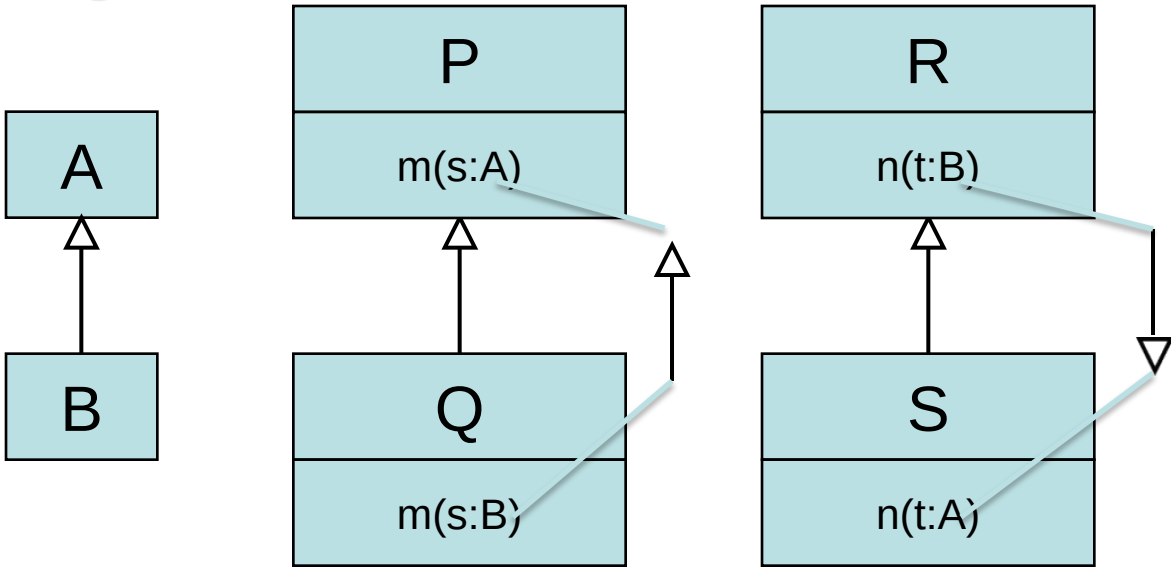


Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (IV)

Parameter-Varianz

- Def. **Varianz**: Modifikation der Typen der Parameter einer überschriebenen Methode
- Def. **Kovarianz**: Verwendung einer Spezialisierung des Parametertyps in der überschreibenden Methode
- Def. **Kontravarianz**: Verwendung einer Verallgemeinerung des Parametertyps in der überschreibenden Methode
- Def. **Invarianz**: keine Modifikation des Typs

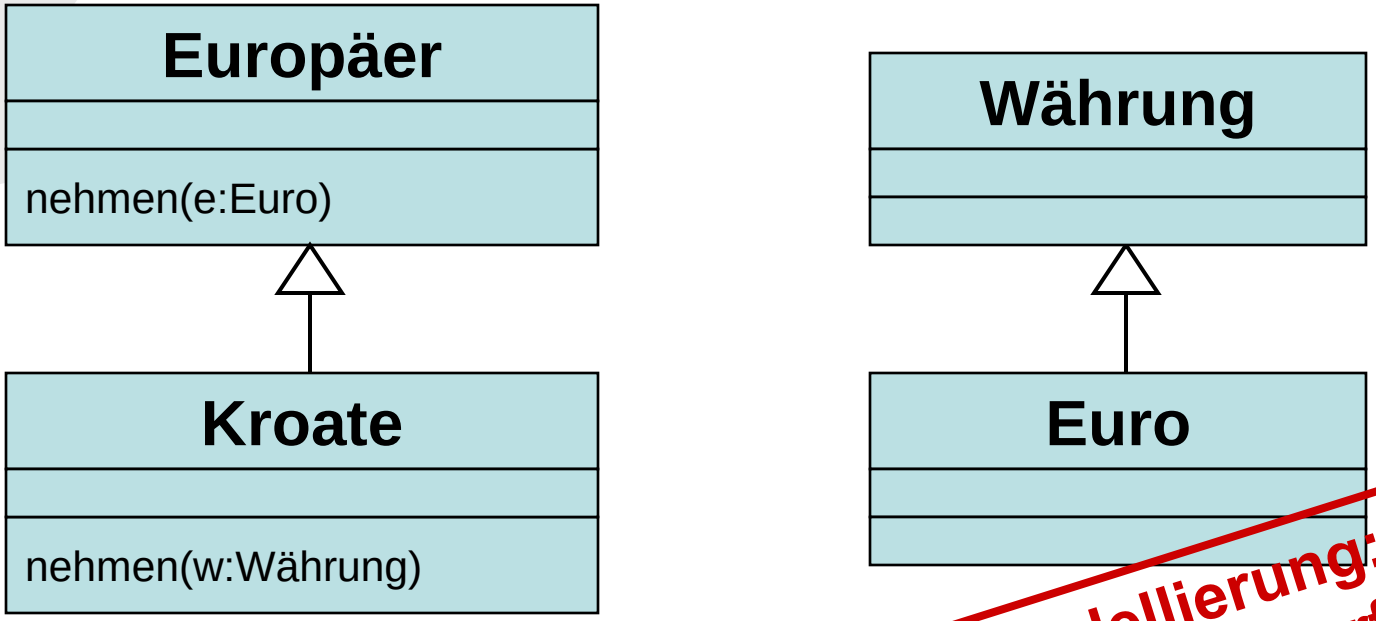
Beispiel Ko-/Kontravarianz



Kovarianz
des Parameters s

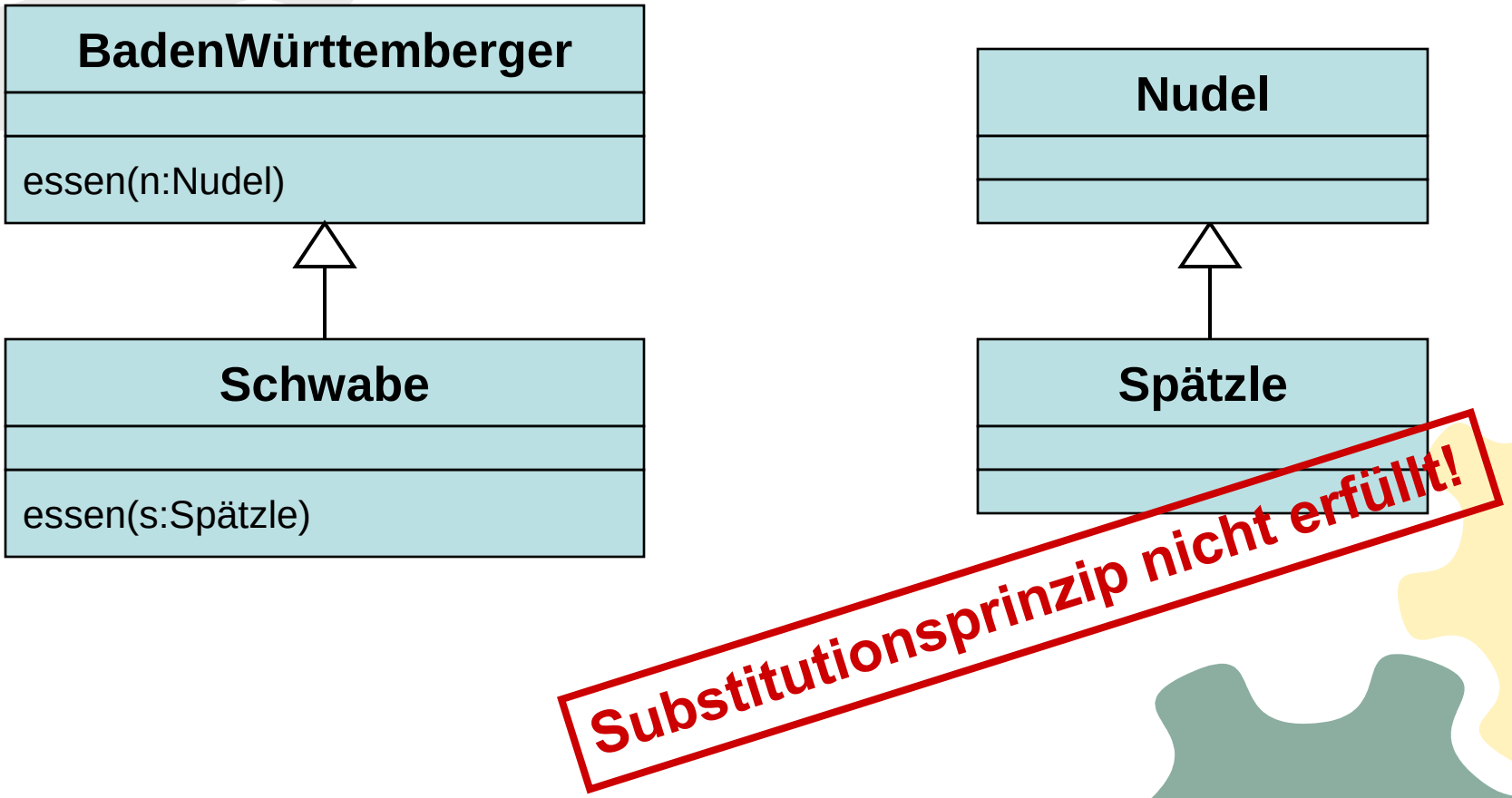
Kontravarianz
des Parameters t

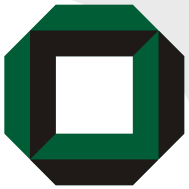
Kontravarianz und Substitutionsprinzip – Beispiel



Zulässige Modellierung: Substitutionsprinzip erfüllt

Kovarianz und Substitutionsprinzip – Beispiel





Folgerungen aus dem Substitutionsprinzip (IV)

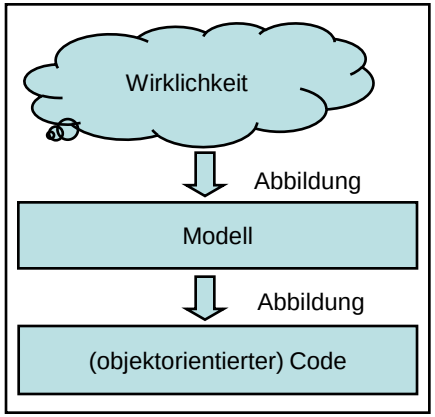
Zulässige Varianz

- Um das Substitutionsprinzip zu erfüllen sind folgende Modifikationen der Parametertypen bei überschreibenden Methoden zulässig:

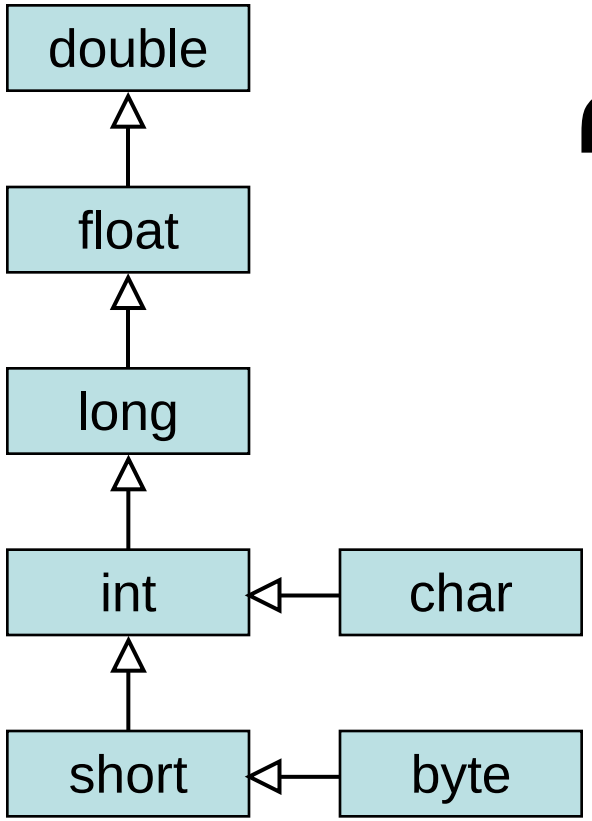
Eingabeparameter	Kontravarianz
Ausgabeparameter (auch Rückgabewert und Ausnahmen)	Kovarianz
Parameter, die gleichzeitig Ein- und Ausgabeparameter sind	Invarianz

- Hinweis: In Java oder C# sind nicht all diese Variationen zulässig!

Hinweis für Java-Programmierer



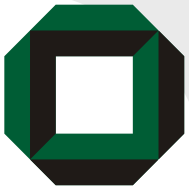
Bezüglich Varianz lässt sich folgender „Vererbungsbaum“ der primitiven Typen angeben:



“

”

siehe: The Java Language Specification 2.0, §5.1.2, Widening Primitive Conversion



Polymorphie

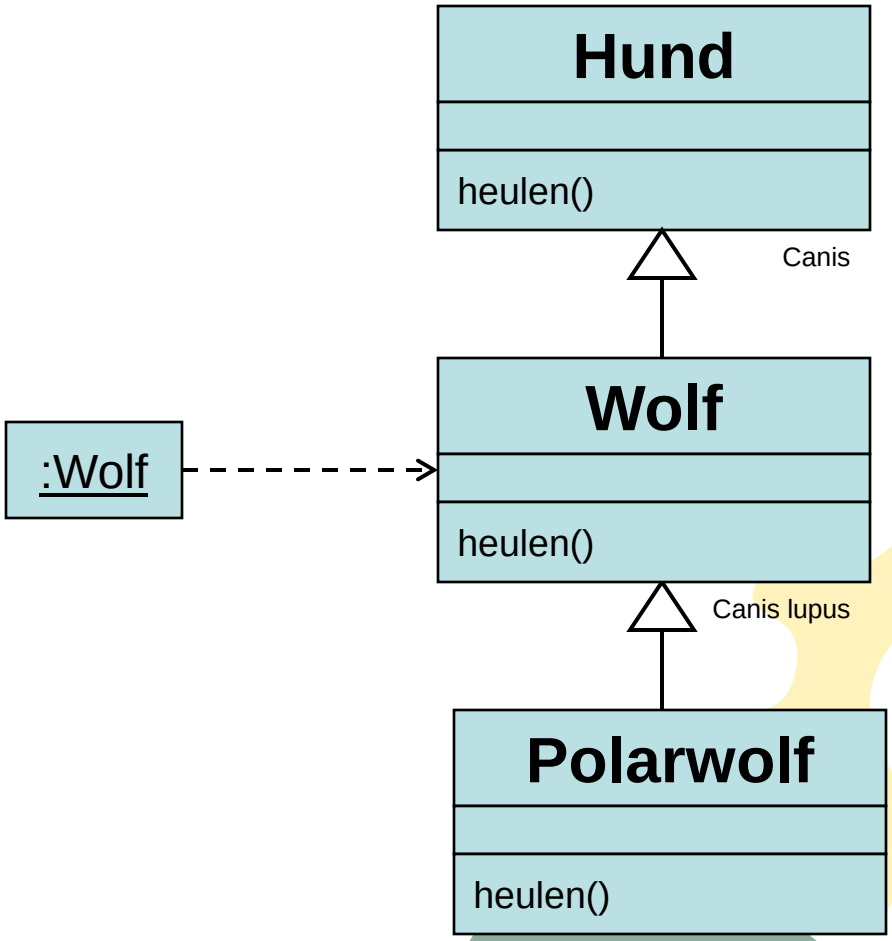
- Vielgestaltigkeit
- „statisch“ (Überladen)
  - Es kann mehrere Methoden mit dem gleichen Namen geben (Signatur* muss unterschiedlich sein, damit der Compiler weiß, welche er gerade zu verwenden hat)
- „dynamisch“ („Verwendung der Vererbung“)
  - Es wird diejenige Methode mit der angegebenen Signatur aufgerufen, die in der Vererbungshierarchie (von der Klasse der aktuellen Instanz aus gesehen) am speziellsten ist

Hat nichts mit OO oder Vererbung zu tun!

* im Falle von Java muss die Parameterliste unterschiedlich sein, im Falle von Haskell der Rückgabetyp

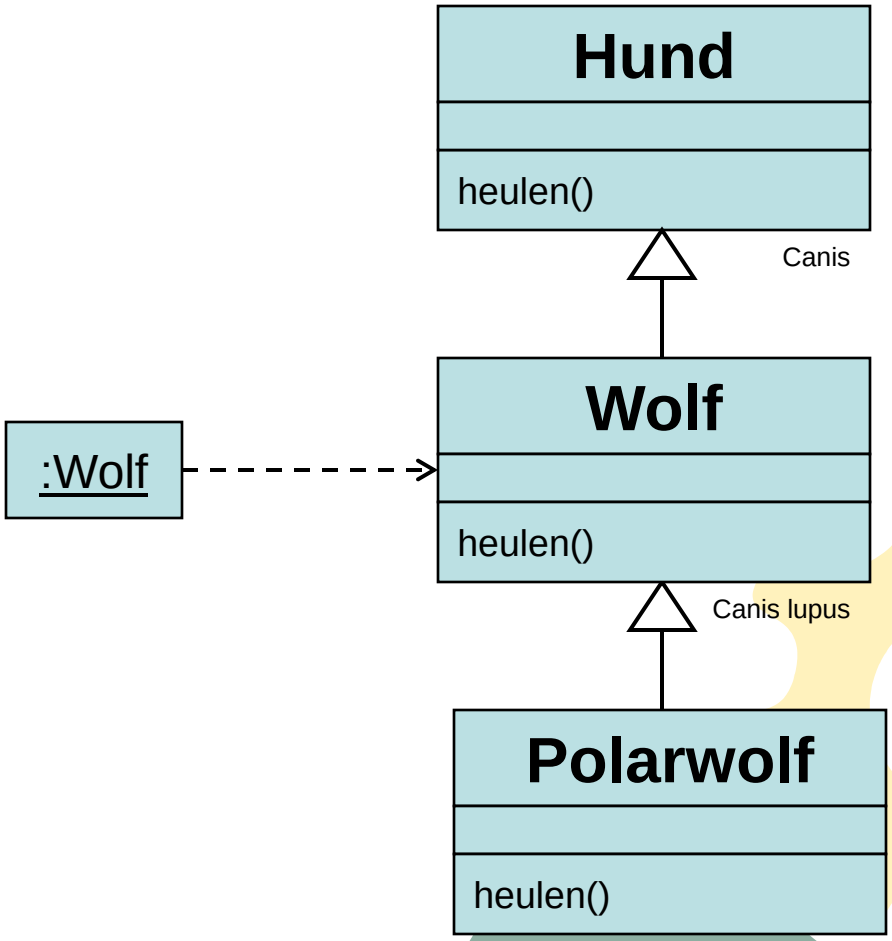
Beispiel „Dynamische Polymorphie“

```
Hund h;
Wolf w = new Wolf();

h = w;
h.heulen();
```

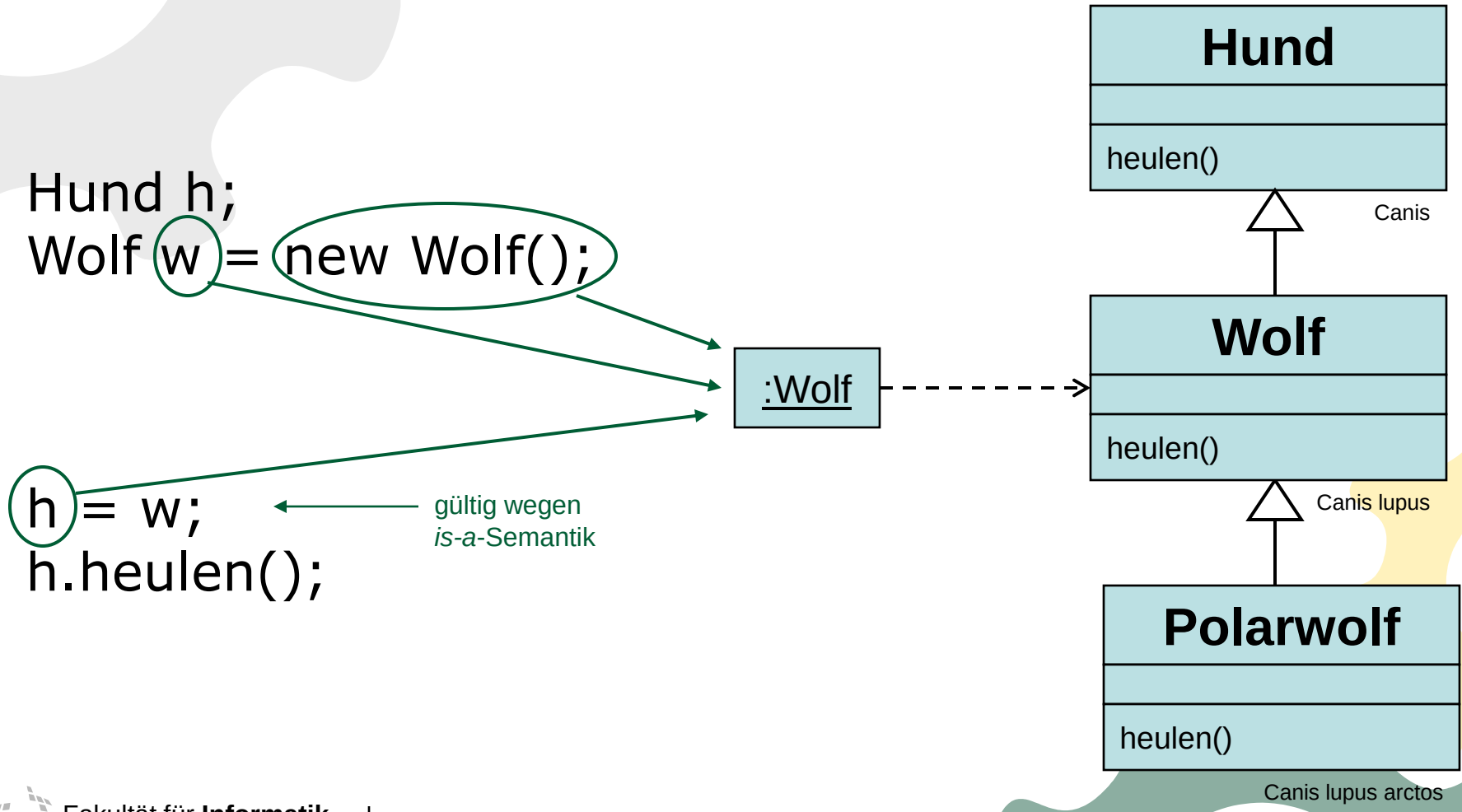


Beispiel „Dynamische Polymorphie“

```
Hund h;
Wolf w = new Wolf();

h = w;
h.heulen();
```

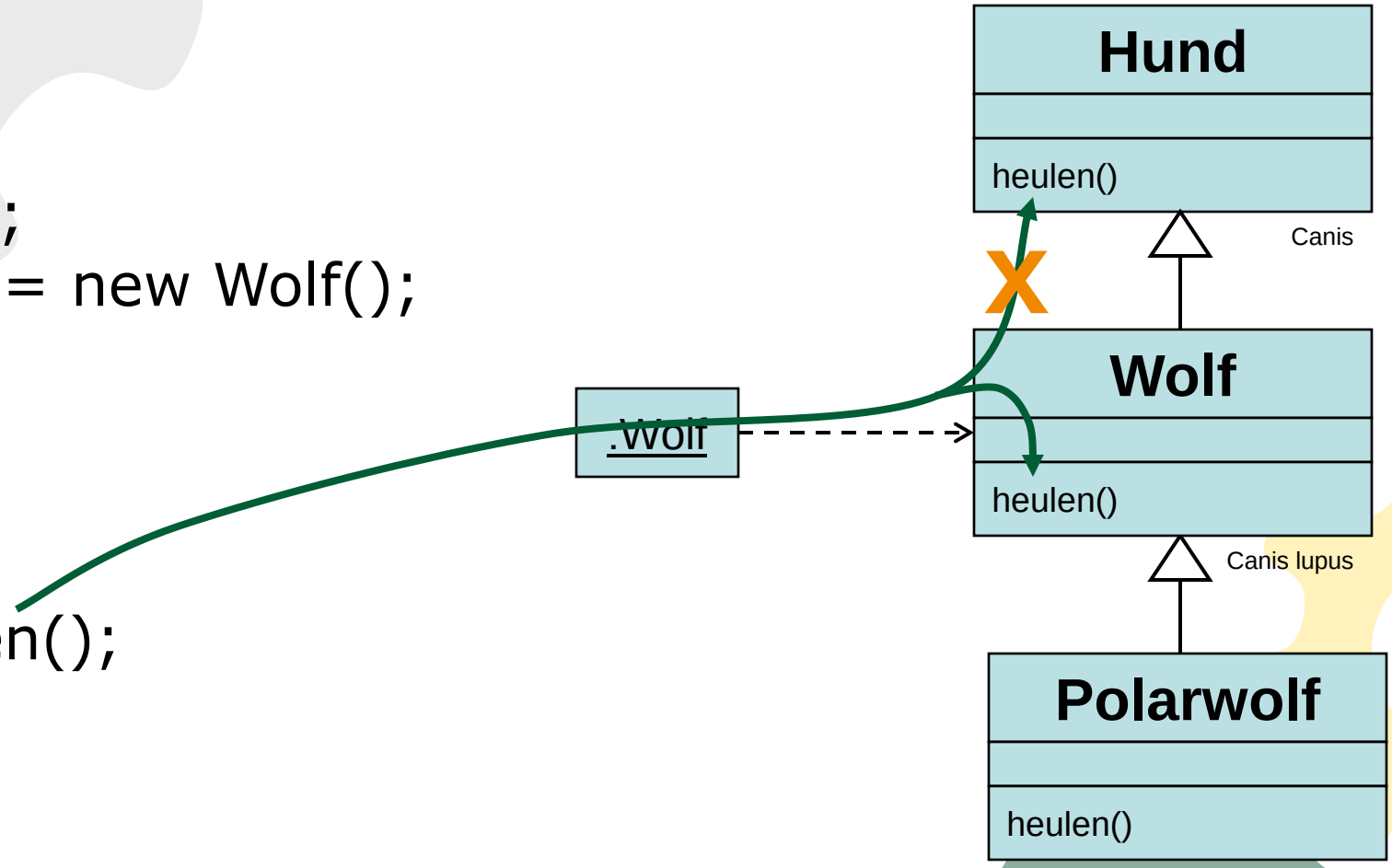


Beispiel „Dynamische Polymorphie“

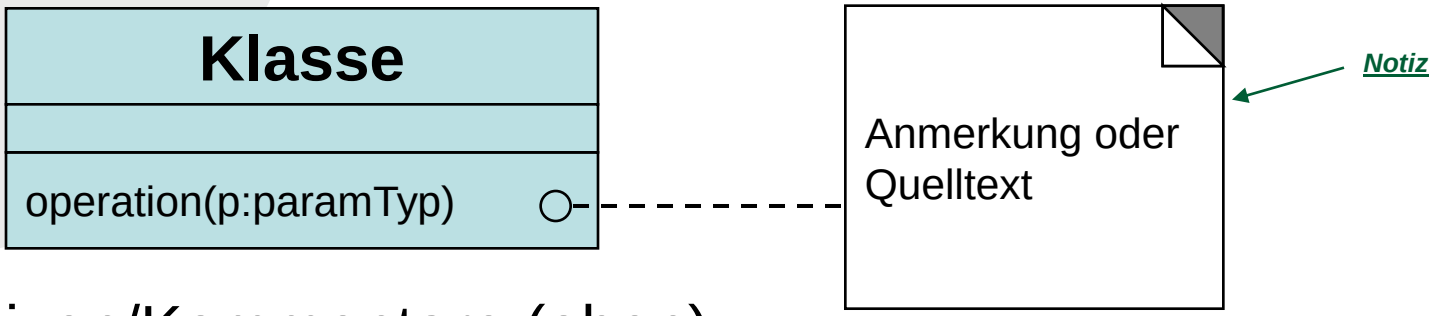


Beispiel „Dynamische Polymorphie“

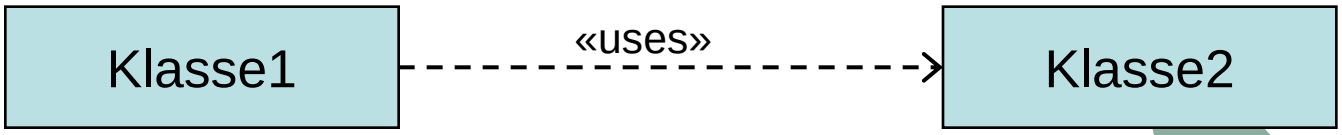
```
Hund h;
Wolf w = new Wolf();


h = w;
h.heulen();
```

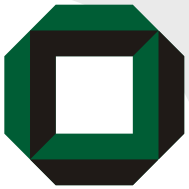


Was es beim Klassendiagramm noch gibt…



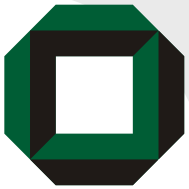
- Notizen/Kommentare (oben)
- Abhängigkeit (unten, hier: Klasse1 hängt von Klasse2 ab, z.B. weil sie Klasse2 als Parameter, lokale Variable oder Rückgabewert verwendet)





Sichtbarkeit/„Zugriffsschutz“

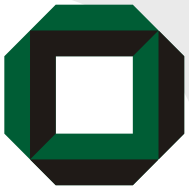
- Die Attribute und Methoden eines Objektes lassen sich vor dem Zugriff durch andere Objekte schützen. Zugriff erlaubt bei:
  - **privat**(„**-**“): nur (aber alle!) Exemplare der selben Klasse
  - **geschützt**(„#“): Exemplare der selben Klasse und aller abgeleiteten Klassen, sowie Exemplare aus dem gleichen Packet (Subsystem/Bibliothek)
  - **öffentlich**(„**+**“): jedes Exemplar
  - Das entsprechende Symbol wird einfach dem Attribut- bzw. Methodenamen vorangestellt.
- Beachte: „privat“ heißt nicht „nur das Exemplar selbst“!
- Der „Schutz“ beschränkt sich auf den Zeitpunkt des Übersetzens
  - Sämtliche Zugriffsrechte können über Code-Manipulation (z.B. mit BCEL für Java) geändert werden



Beispiel zu Sichtbarkeit

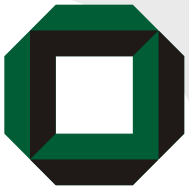
Kreis
-radius : double; #x: double = 0; #y : double = 0;
+setzeRadius(r: double) +setzeZentrum(p:Punkt) +anzeigen() +verstecken() +vergrößern(faktor : double)

Keine Angabe der Sichtbarkeit würde bedeuten: öffentlich



Literatur

- Bernd Oestereich, „Analyse und Design mit UML 2.x – Objektorientierte Softwareentwicklung“
- UML-Spezifikation unter http://www.uml.org/#UML2.0
  - Speziell „UML 2.0 SuperstructureSpecification“
  - und „UML 2.0 InfrastructureSpecification“, insbes. Ch. 4 Terms and Definitions



Übung

1. Wie heißen Klassenattribute und -methoden in Java? Gibt es einen Unterschied zu UML?
2. Wie kann Multiplizität die folgenden Eigenschaften von Relationen definieren: linkstotal, rechtstotal (surjektiv), rechtseindeutig, linkseindeutig, injektiv, bijektiv, funktional?
3. Wie unterscheiden sich Assoziation und Vererbung? (Hinweis: über welche UML-Elemente sagen Assoziation bzw. Vererbung primär etwas aus?)
4. Was darf in Java Schnittstellen (interfaces) vorkommen? Gibt es einen Unterschied zu UML Schnittstellen?
5. Angenommen es gäbe Schnittstellen, aber in normalen Klassen keine abstrakten Methoden. Wäre das ein Nachteil?
6. Welche Art von Parameter-Varianz ist in Java erlaubt? (Achtung: Rückgabetyp nicht vergessen)