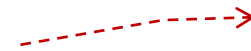


## Kapitel 5 „Objektorientierte Modellierung“

Stand: 05.12.2016



Hoffentlich klarer  
(S. 53 bis 56)

Identifikation und Spezifikation von Schnittstellen  
Modellierungsprinzipien

# Schnittstellen

<u>Schnittstellenidentifikation:</u>	CRC-Karten
<u>Schnittstellenfestlegung:</u>	Signaturen
<u>Schnittstellenverfeinerung:</u>	Design by Contract

# Schnittstellen-Identifikation: CRC-Cards

# OO Modellierung: Class-Responsibility-Collaboration (CRC) Karten

Class (Klassen-Name)

- Class
  - ◆ Welche Klasse betrachten wir?
- Responsibility
  - ◆ Beschreibt die Aufgaben der Klasse
- Collaboration
  - ◆ Welche anderen Klassen werden für die Aufgabe gebraucht?
- Nutzen
  - ◆ regt Diskussionen an
  - ◆ lenkt den Blick auf das Wesentliche
  - ◆ Hilft auf Schnittstelle statt Daten zu fokussieren
  - ◆ beugt Konzentration von zu vielen Verantwortlichkeiten an einer Stelle vor
- “Schreib nie mehr auf, als auf eine Karte paßt!”
  - ◆ eher die Klasse in zwei Klassen / Karten aufteilen!
  - ◆ 1 Karte = höchstens DIN A5 groß (halbes DIN A4 Blatt)

Bestellung	
Prüfe ob Artikel auf Lager	Artikel, Lager
Bestimme Preis	Artikel
Prüfe Zahlungseingang	Kunde, Kasse
Ausliefern	Logistik

Responsibility  
(Aufgaben)

Collaboration  
(Zusammenarbeit)

# Einsatz von CRC-Cards

- Wann
  - ◆ in Analyse und früher Design-Phase
- Wozu
  - ◆ Identifikation von Klassen, Operationen und „Kollaborations“-Beziehung
  - ◆ Einzig relevante Beziehung ist „Kollaboration“ mit anderen Klassen
  - ◆ Instanzvariablen werden weitgehend ignoriert
  - ◆ Fokus liegt auf Operationen und evtl. den Parametern und Ergebnissen, die sie im Rahmen einer Kollaboration brauchen

CRC-Cards sind sehr hilfreiche für Anfänger in der OO Modellierung, da **verhaltenszentriertes Denken gefördert** wird!

**Fokus auf Schnittstellen**  
statt auf Instanzvariablen, Aggregationen, Kardinalitäten, ...

# Was kommt nach CRC-Cards?

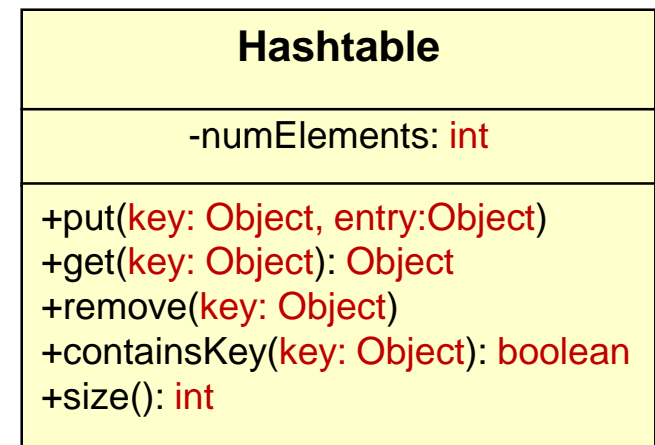
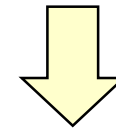
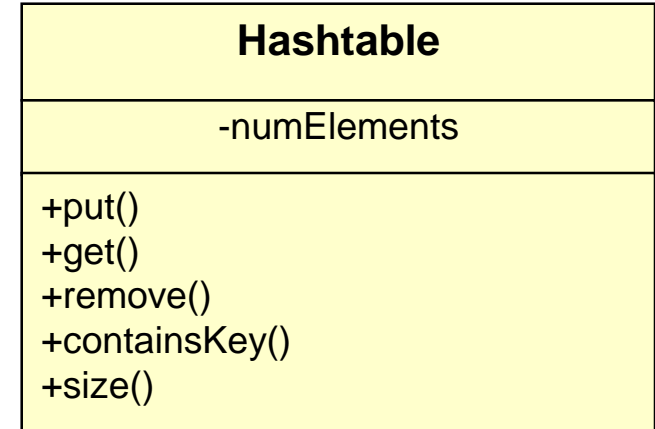
---

- Ausarbeitung der Beziehungen, Kardinalitäten, ...
  - ◆ → Herkömmliche Datenmodellierung (IS-Vorlesung)
- Verfeinerung des Verhaltens
  - ◆ → Design by Contract
- (Re)Strukturierung des Objektmodells
  - ◆ → Objekt-Orientierte Modellierungs-Prinzipien

# **Schnittstellen-Spezifikation: Signaturen = Schnittstellen-Syntax**

# Spezifikation der Schnittstellen

- In Anforderungsanalyse: Identifikation von
  - ◆ Attributen - ohne ihren Typ anzugeben
  - ◆ Operationen - ohne ihre Parameter(typen) anzugeben
- Später: Hinzufügen von Typangaben
- Typ
  - ◆ Klasse
  - ◆ Interface
  - ◆ primitiver Typ
- Signatur
  - ◆ Methodename
  - ◆ Parametertypen
  - ◆ Ergebnistyp(en)





# Warum reichen Signaturen nicht aus?

```
put(key: Object, entry:Object)
```

- Sie sagen nur etwas darüber, wie man eine Operation aufruft.
- Sie unterscheiden nicht verschiedene Aufrufende
  - **Zugriffsrechte** (≠/≠ Sichtbarkeiten!)
- Sie sagen nicht, was der spezifizierte Typ selber von seiner Umgebung braucht, um die angebotenen Operationen realisieren zu können.
  - **Benutzte Schnittstellen** (*Required Interfaces*)
- Sie sagen nicht, in welcher Reihenfolge verschiedene Operationen des gleichen Objektes aufgerufen werden müssen.
  - **Interaktionsspezifikation** (*Behaviour Protocols*)
- Sie sagen nicht, was die aufgerufene Operation macht.
  - **Verhaltenszusicherungen** (*Contracts*)

# **Schnittstellen-Spezifikation: Verhaltensspezifikation durch „Design by Contract“**

# Design by Contract (DBC)

---

- **Behauptung (Assertion)**
  - ◆ Logische Aussage, die wahr sein muss
  - ◆ Macht die Annahmen explizit, unter denen ein Design funktioniert
  - ◆ Lässt sich automatisch überprüfen
- **Vertrag (Contract)**
  - ◆ Menge aller Assertions, die festlegen, wie zwei Partner interagieren
  - ◆ Auftraggeber = aufrufende Operation / Klasse
  - ◆ Auftragnehmer = aufgerufene Operation / benutzte Klasse

# Design by Contract: Vorbedingungen („Preconditions“)

---

- Definition
  - ◆ Eine Precondition ist eine Voraussetzungen dafür, dass eine Operation korrekt ausgeführt werden kann
- Technische Realisierung
  - ◆ Assertion die wahr sein muss, bevor eine Operation ausgeführt wird.
- Beispiel: Operation “Ziehe die Wurzel einer Zahl”
  - ◆ Signatur: `squareRoot(input int)`
  - ◆ Pre-condition: `input >= 0`
- Verantwortlichkeiten
  - ◆ Der aufgerufene Code formuliert die Vorbedingung
  - ◆ Der aufrufende Code muss die Einhaltung der Vorbedingung sicherstellen

# Design by Contract: Nachbedingung (Postcondition)

---

- Definition
  - ◆ Postcondition beschreibt **deklarativ** das Ergebnis eines korrekten Aufrufs
  - ◆ Sagt aus, **was** getan wird, nicht **wie** es getan wird
- Technische Realisierung
  - ◆ Assertion die wahr sein muss, *nachdem* eine Operation ausgeführt wird.
- Beispiel: Operation “Ziehe die Wurzel einer Zahl”
  - ◆ Signatur: **squareRoot(input i)**
  - ◆ Post-condition: **input = result \* result**
- Verantwortlichkeiten
  - ◆ Der aufgerufene Code formuliert die Nachbedingung
  - ◆ Der aufgerufene Code garantiert die Einhaltung der Nachbedingung ...  
aber nur wenn die Vorbedingung wahr ist!

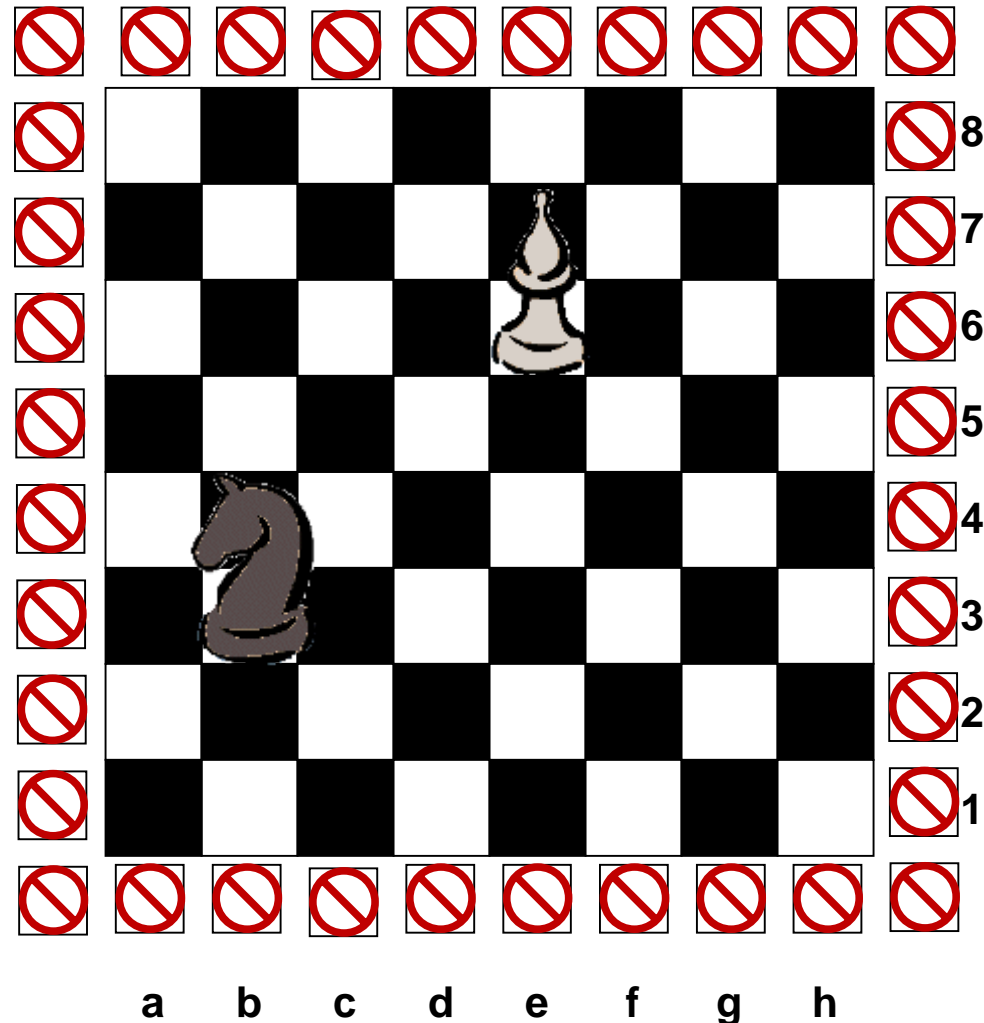
# Design by Contract: Klasseninvariante (Class Invariant)

---

- Definition
  - ◆ Invariante beschreibt deklarativ legale Zustände von Instanzen einer Klasse
- Technische Realisierung
  - ◆ Assertion die für alle Instanzen einer Klasse immer wahr ist.
- Beispiel: Klasse eines Benutzerkontos
  - ◆ Invariante: Der Kontostand ist immer die Summe aller Buchungen
  - ◆ `kontostand == summe(buchungen.betrag ())`
- Verwendung
  - ◆ Invarianten werden verwendet, um Konsistenzbedingungen zwischen Attributen zu formulieren.
- Verantwortlichkeiten
  - ◆ Diese Bedingungen einzuhalten liegt in der gemeinsamen Verantwortlichkeit aller Operationen einer Klasse.

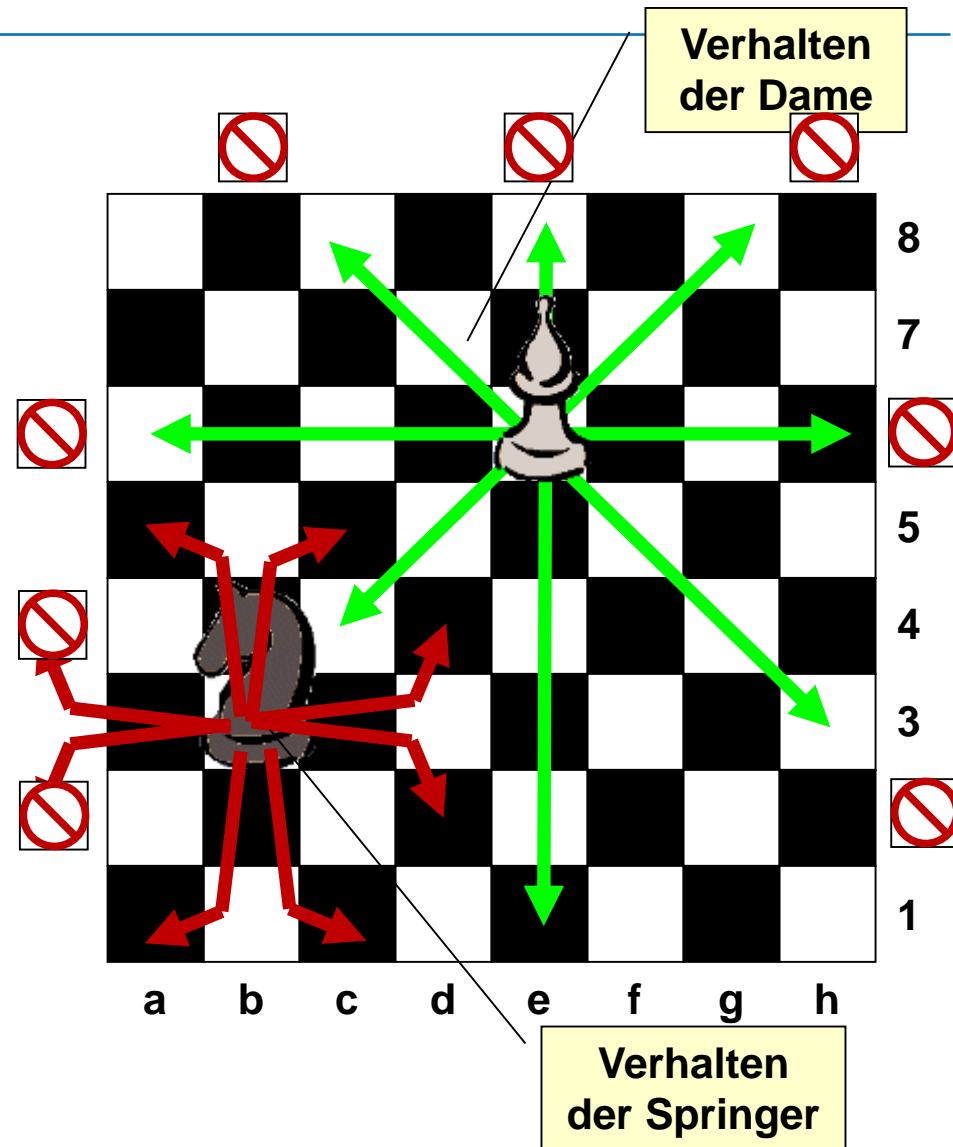
# DBC spezifiziert legale Zustände

- **Zustand** zu einem Zeitpunkt = Die Werte aller Instanzvariablen
  - ◆ Mindestens der eigenen Var.
  - ◆ Konzeptionell ist auch der Zustand aller aggregierten Teil-Objekte eigener Zustand
- **legale Zustände** werden durch **Klasseninvarianten** definiert
  - ◆ **Dame** und **Springer** haben gleichen Zustandsraum (jedes Schachbrett-Feld)
  - ◆ Figuren dürfen Spielfeld nicht verlassen
  - ◆ Legale **Schachbrett**-Zustände: pro Feld max. eine Figur



# DBC spezifiziert legales Verhalten

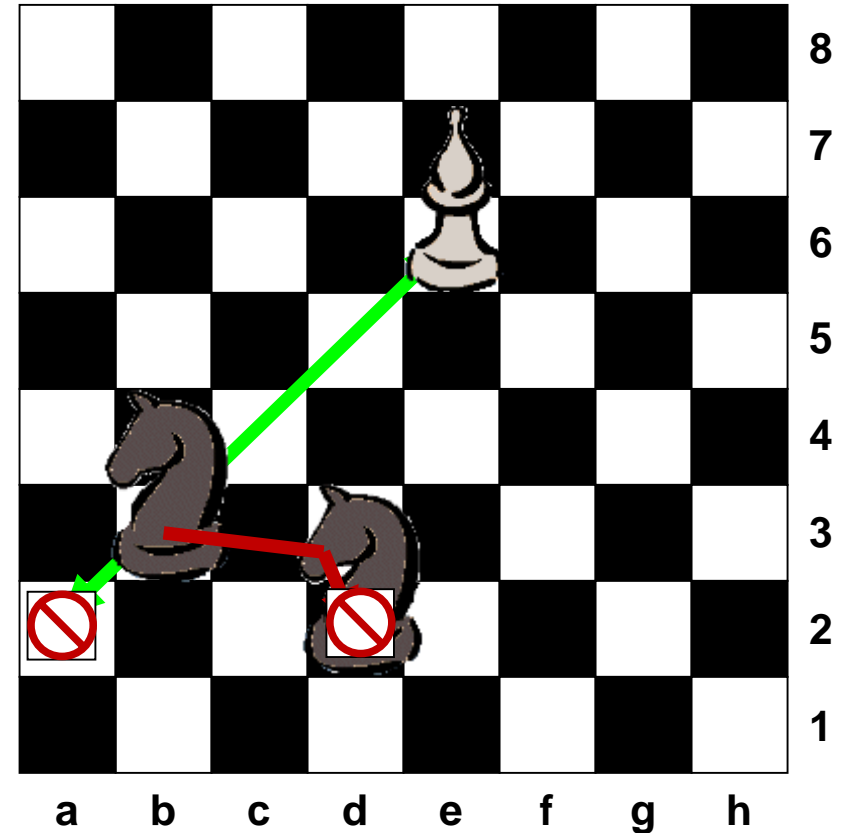
- **Verhalten** = Zustandsübergänge und daran gekoppelte Aktionen
  - ◆ **Dame** bewegt sich horizontal und diagonal beliebig weit
  - ◆ **Springer** bewegt sich L-förmig
- **Legales Verhalten**
  - ◆ Mindestens: Zustandsübergänge die nicht in illegale Zustände führen
  - ◆ Meist gibt es zusätzliche applikationsspezifische Bedingungen („Constraints“) → s. nächste Folie





# DBC spezifiziert legales Verhalten

- DDBC definiert legale Zustandsübergänge durch Vor- und Nachbedingungen
- Beispiel: Eigene Figuren schlagen ist verboten
  - ◆ Vorbedingung der Operation “zieheNach(Feld)”:  
Feld nicht von eigener Figur belegt
- Beispiel: Keine Figur ausser dem Springer kann über andere hinüberspringen
  - ◆ Weitere Vorbedingung der Operation “zieheNach(Feld)”



# Formulierung von Kontrakten in UML: → OCL (Object Constraint Language)

- Spezifikation von Bedingungen für Werte von Modellelementen
  - ◆ „Constraint“ in OCL = „Assertion“ in DBC
  - ◆ Noch keine Bedingungen an den Kontrollfluss möglich.

- Beispiel: OCL Constraints für Hashtabellen

- ◆ Invariante:

⇒ `context Hashtable inv: numElements >= 0`

⇒ Bedeutet: „Für den Typ ‚Hashtable‘ gilt die Invariante ‚numElements >= 0‘.“

Dargestellte Art von Assertion

OCL Ausdruck:

Namen beziehen sich auf Elemente des Modells

- ◆ Vorbedingung:

⇒ `context Hashtable::put(key, entry) pre: !containsKey(key)`

- ◆ Nachbedingung:

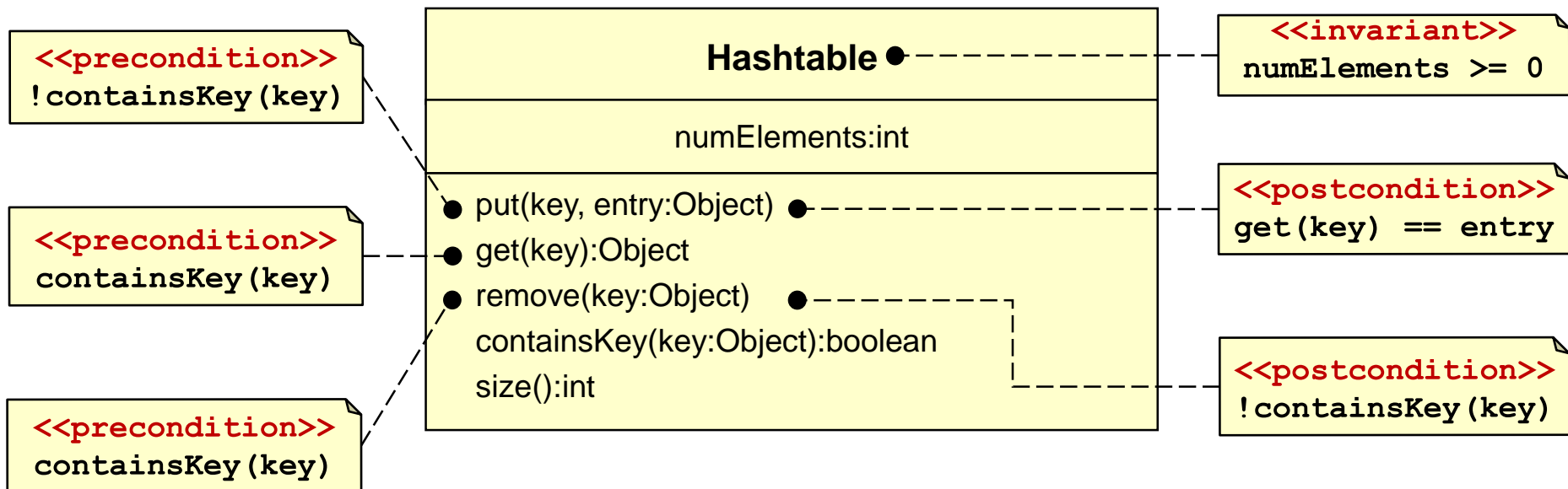
⇒ `context Hashtable::put(key, entry) post: containsKey(key) and get(key) = entry`

Notation für „Methode ‚put‘ aus Typ ‚Hashtable‘ ”

Gültigkeitsbereich

# Formulierung von Kontrakten in UML

- Jede Assertion kann auch als Notiz dargestellt und an des jeweilige UML Element "angehängt" werden.
  - ◆ Die Art der Assertion wird als Stereotyp angegeben



# Besondere Schlüsselworte in Nachbedingungen („postconditions“)

- Problem
  - ◆ In Nachbedingungen muss manchmal der **Zustand vor und nach** der Ausführung der Operation unterscheiden werden.
- Syntax
  - ◆ **expr@pre** = Der Wert des Ausdrucks **expr** **vor** Ausführung der **Operation** auf die sich die Nachbedingung bezieht.
  - ◆ **expr@post** = Der Wert des Ausdrucks **expr** **nach** Ausführung der **Operation** auf die sich die Nachbedingung bezieht.
- Beispiele
  - ◆ **context** **Person::birthdayHappens()** **post:**  $\text{age} = \text{age@pre} + 1$
  - ◆ **age@pre** bezieht sich hier auf den Wert des Feldes **age** vor Beginn der Ausführung der Operation **birthdayHappens()** → „Alter Wert“
  - ◆ **a.b@pre.c** – Alter Wert des Feldes **b** von **a**. Darin der neue Wert des Feldes **c**.
  - ◆ **a.b@pre.c@pre** – Alter Wert des Feldes **b** von **a**. Darin der alte Wert des Feldes **c**.

# Weitere OCL-Schlüsselworte

---

- result
  - ◆ Bezug auf den Ergebniswert einer Operation (in Nachbedingungen).
- self
  - ◆ Bezug auf das ausführende Objekt (wie „this“ in Java).
- Literatur
  - ◆ OCL 2.0 Specification, Version 2.0, Date: 06/06/2005,  
<http://www.omg.org/docs/ptc/05-06-06.pdf>

# DBC-Unterstützung in Java

---

- Assertions
  - ◆ Seit Java 1.4. Zur Ausführung des Java-Bytecodes mit Assertions wird eine JVM 1.4 oder höher vorausgesetzt.
  - ◆ Werden auch in den API-Klassen eingesetzt
  - ◆ Können per Option des java-Aufrufs eingeschaltet (enabled)...
  - ◆ ...und abgeschaltet (disabled: Default) werden
- Vorbedingungen, Nachbedingung und Invarianten
  - ◆ ...werden als boolesche Ausdrücke in den Quelltext geschrieben.
- Vorteile von Assertions
  - ◆ Schnelle, effektive Möglichkeit Programmierfehler zu finden.
  - ◆ Bieten die Möglichkeit, Annahmen knapp und lesbar im Programm zu beschreiben.
  - ◆ Die Nutzung von Assertions zur Entwicklungszeit erlaubt es zu zeigen, dass alle Annahmen richtig sind. Die Qualität des Codes erhöht sich somit.

# DBC-Unterstützung in Java

## ❓ Anwendung

- ❓ Man kann Assertions an beliebigen Stellen des Quellcodes verwenden um logische Ausdrücke zu überprüfen.
  - ❓ Liefert ein solcher Ausdruck `false` zurück, wird ein `AssertionError` ausgelöst und die Ausführung des Programms stoppt.
  - ❓ Die ausgelösten Fehler sind vom Typ `Error` und nicht vom Typ `Exception`
  - ❓ Sie müssen daher nicht abgefangen werden!

## ❓ Syntax

```
assert <boolean expression>;
```

```
assert (c != null);
```

**oder:**

```
assert <boolean expression> : <String>;
```

```
assert (c != null) : "Customer is null";
```

# Warum DBC-Unterstützung in Java?

---

- ❑ Der Effekt des `assert` Statements könnte auch mit einer `if`-Anweisung und explizitem Werfen von ungeprüften Ausnahmen realisiert werden.
  
- ❑ Die Vorteile von sprachunterstützten Assertions sind
  - ❑ Lesbarkeit
    - ❑ Der Quellcode wird klarer und kürzer
    - ❑ Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass es sich um eine Korrektheitsüberprüfung handelt und nicht um eine Verzweigung im Programmablauf
  - ❑ Effizienz
    - ❑ Sie lassen sich für die Laufzeit wahlweise an- oder ausschalten
    - ❑ Somit verursachen sie praktisch keine Verschlechterung des Laufzeitverhaltens.



# Design by Contract: Sprachunterstützung

- Java
  - ◆ Assertions werden ab JDK 1.4 unterstützt
  - ◆ Formulierung von pre -und, postconditions und invariants ist damit möglich
- Contract4J
  - ◆ Contracts als assertions für JDK 1.5 (Java 5) formuliert
  - ◆ <http://www.contract4j.org>
- Eiffel
  - ◆ Kontrakte voll unterstützt (preconditions, postconditions und invariants)
  - ◆ [http://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel\\_\(programming\\_language\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_(programming_language))
- Spec#
  - ◆ C# mit voller Kontraktunterstützung und vielen anderen Erweiterungen
  - ◆ <http://research.microsoft.com/specsharp/>
- Andere Sprachen
  - ◆ Kontrakte zumindestens in der Dokumentation explizit machen
- In allen Sprachen
  - ◆ Kontrakte als wichtiges Kriterium beim Entwurf mit beachten → Ersetzbarkeit

# Subtyping / Ersetzbarkeit und Kontrakte

**B** ist ein Subtyp von **A**



Instanzen von **B** sind immer für Instanzen von **A** einsetzbar



Instanzen von **B** bieten mindestens und fordern höchstens  
das gleiche wie Instanzen von **A**



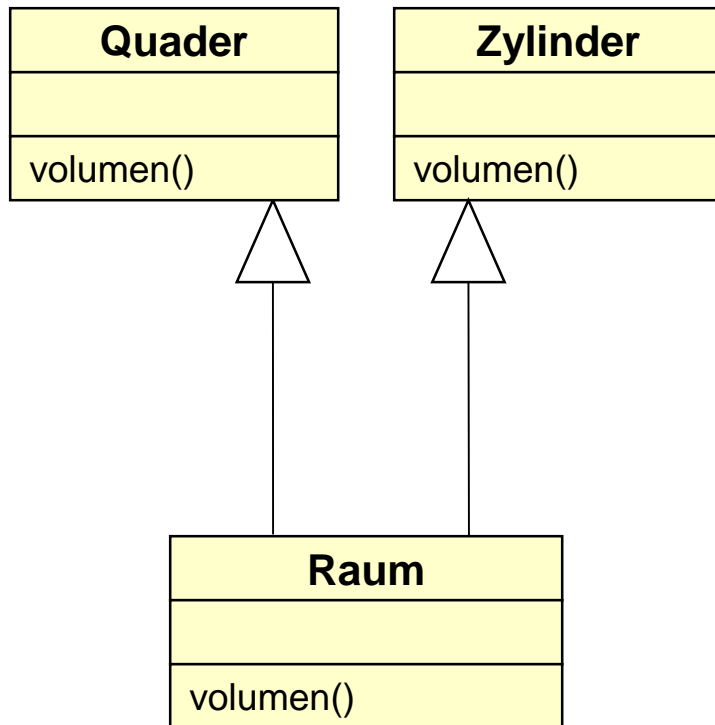
Instanzen von **B** haben mindestens alle Methoden von **A**,  
und zwar mit (gleichen oder) stärkeren Nachbedingungen  
und (gleichen oder) schwächeren Vorbedingungen

# OO Modellierungs-Prinzipien

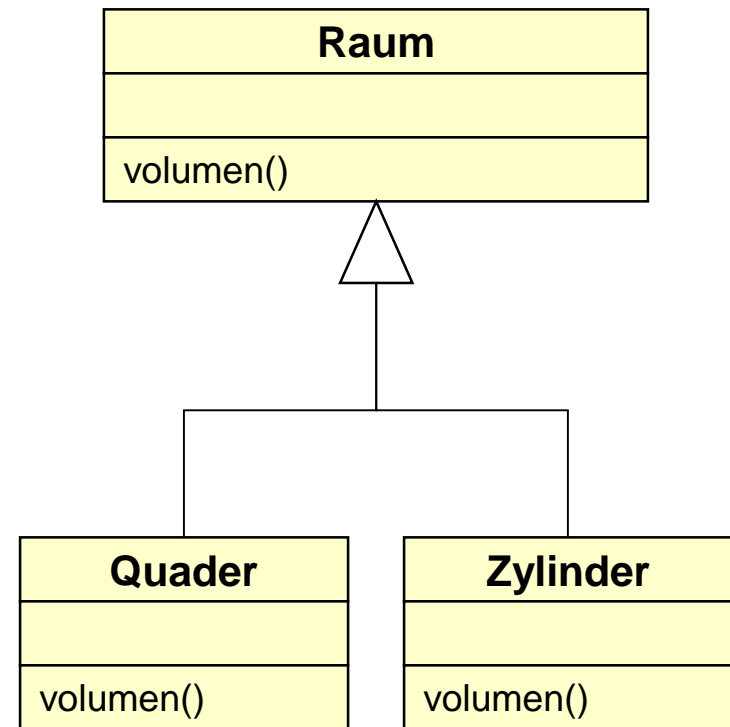
Ein Quiz

# OOM-Quiz: „Büroräume“

Was halten Sie hiervon?

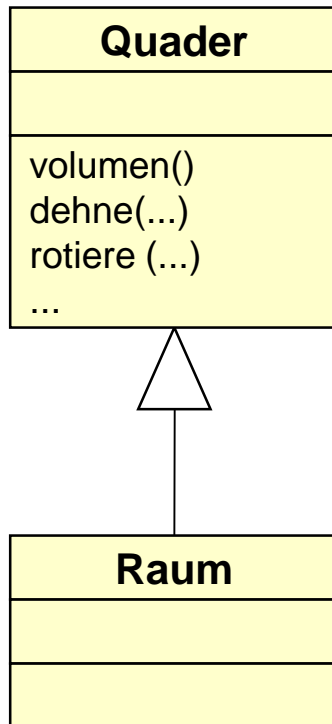


Und hiervon?

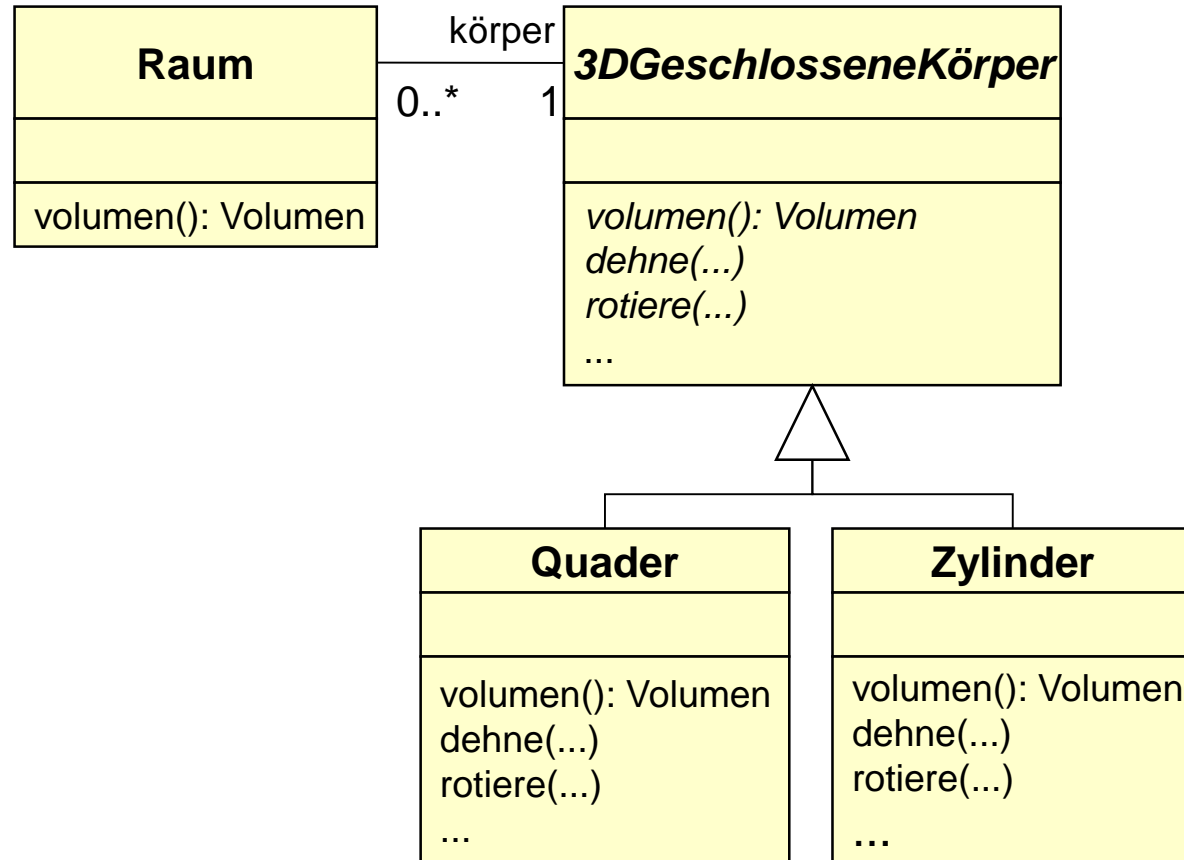


# OOM-Quiz: „Büroräume“

Was halten Sie hiervon?



Und hiervon?



# Problem: Fehlende Ersetzbarkeit

---

- Unterklasse hat eine stärkere Invariante als die Oberklasse
  - ◆ Dreidimensionale Körper dürfen rotiert werden
  - ◆ Büroräume dürfen nicht rotiert werden!
- Daraus resultiert fehlende Ersetzbarkeit
  - ◆ In einem Kontext wo man Rotierbarkeit erwartet darf kein nicht-rotierbares Objekt übergeben werden
- Wichtig: Frühzeitig auf Schnittstellen achten
  - ◆ Sie sind das Kriterium um über Ersetzbarkeit zu entscheiden
- Frage: Wie finden wir Schnittstellen?
  - ◆ CRC Cards → Signaturen
  - ◆ DBC als Verfeinerung → Verhaltensbeschreibung durch Assertions

# Subtyping / Ersetzbarkeit und Kontrakte

**B** ist ein Subtyp von **A**



Instanzen von **B** sind immer für Instanzen von **A** einsetzbar



Instanzen von **B** bieten mindestens und fordern höchstens  
das gleiche wie Instanzen von **A**



Instanzen von **B** haben mindestens alle Methoden von **A**,  
und zwar mit (gleichen oder) stärkeren Nachbedingungen  
und (gleichen oder) schwächeren Vorbedingungen

# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?



**Panda**

~~MiouMiou:GefährdeteSpezies~~

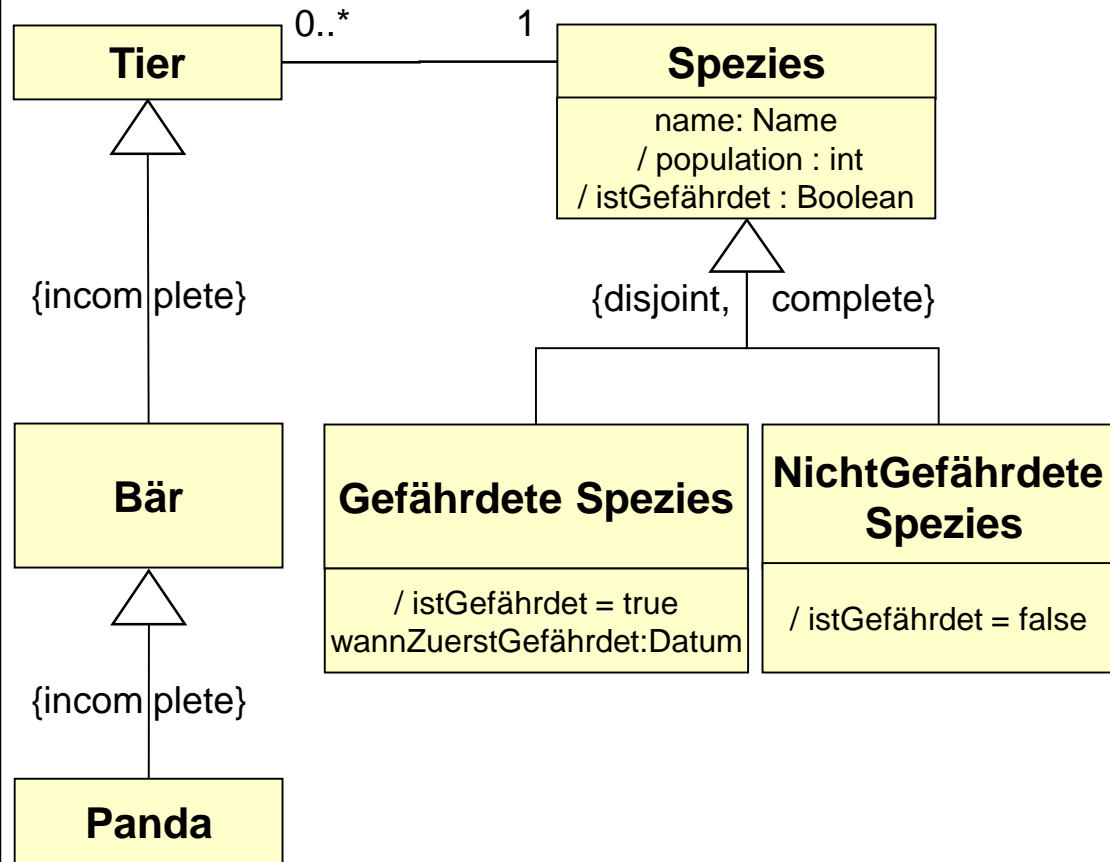
MiouMiou:Panda

Hallo, ich bin MiouMiou

Ich bin ein Panda! 😊

Wer hat behauptet ich sei eine Spezies? 😞

Und hiervon?





# Prinzip: Keine Verwirrung von Klassen und Instanzen!

---

- Falle: Natürliche Sprache unterscheidet oft nicht zwischen
  - ◆ Klasse: "Panda" als Name einer Spezies
  - ◆ Instanz: "Panda" als Bezeichnung für ein einzelnes Tier
- Ähnlich im technischen Bereich
  - ◆ "Produkt" → Produktline (z.B. Mobiltelefone allgemein, „Nokia 6678“, ...)
  - ◆ "Produkt" → einzelnes Produkt (z.B. mein Mobiltelefon)
- Frage: „Wer/was ist Instanz wovon?“
  - ◆ "Miou-Mio ist ein Bär": OK
  - ◆ "Miou-Mio ist ein Panda": OK
  - ◆ "Miou-Mio ist eine Spezies": FALSCH!
- Alternatives Kriterium
  - ◆ Ersetzbarkeit
  - ◆ Bsp.: Kann ich "Miou-Miou" überall da einsetzen, wo ich eine Spezies erwarte?

# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?

<b>Real</b>
...
arcTan() : Winkel

Und hiervon?

<<utility>> <b>Trigonometrie</b>
...
arcTan(Real):Winkel

<b>Real</b>
...

# Prinzip: Kein Bezug auf nicht-inhärente Klassen!

---

- Inhärente Klasse

- ◆ Eine Klasse A ist für eine Klasse B inhärent, wenn sie Charakteristika von B definiert

Anders ausgedrückt:

- ◆ Eine Klasse A ist für eine Klasse B inhärent, wenn B nicht ohne A definiert werden kann

- Problem

- ◆ Bezug auf **nicht**-inhärente Klassen führt unnötige Abhängigkeiten ein

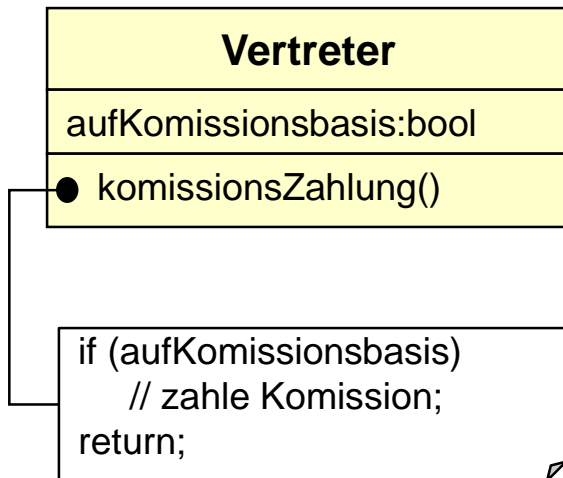
- Behandlung

- ◆ Bezug auf nicht-inhärente Klasse entfernen
- ◆ Eventuell Teile der Klasse in andere Klassen auslagern

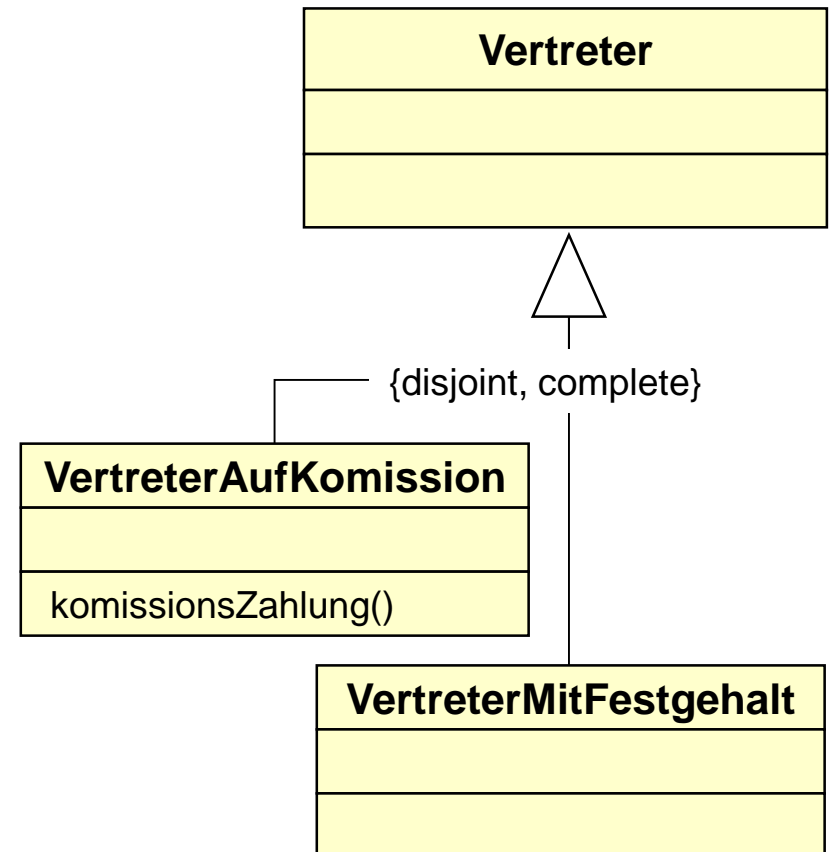
⇒ siehe Refactorings (z.B. „Move Method“, „Move Field“, „Split Class“)

# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?

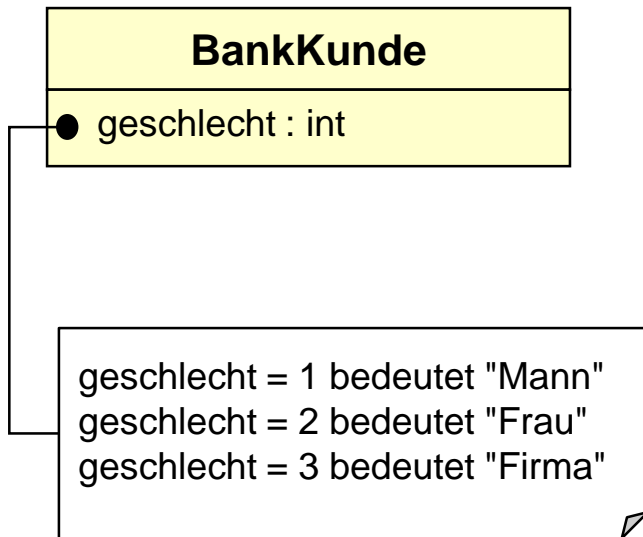


Und hiervon?

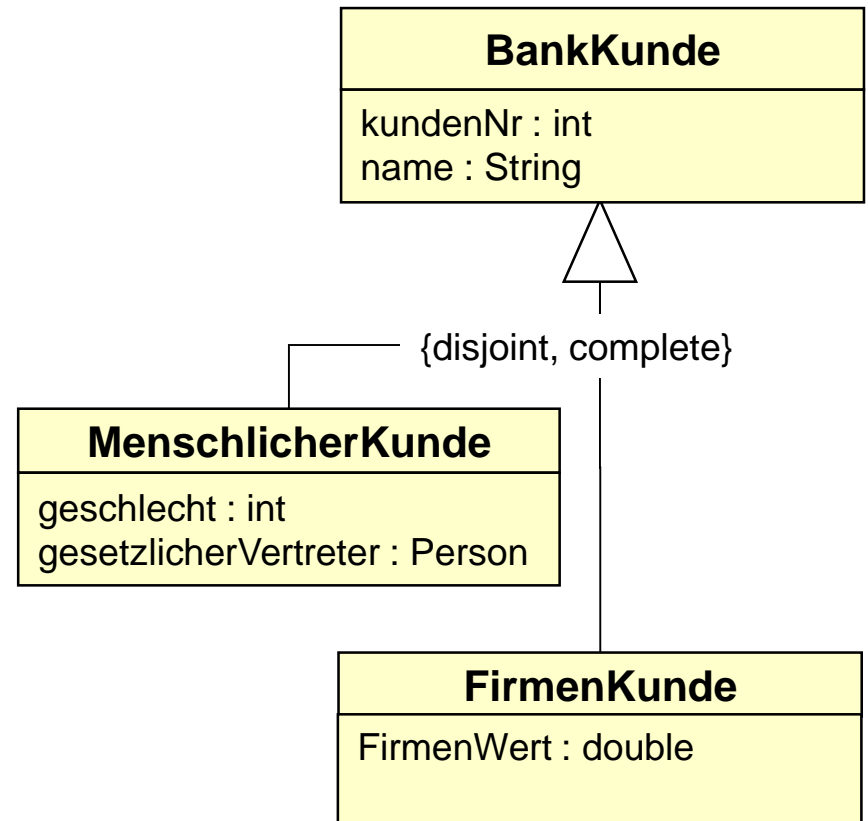


# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?



Und hiervon?



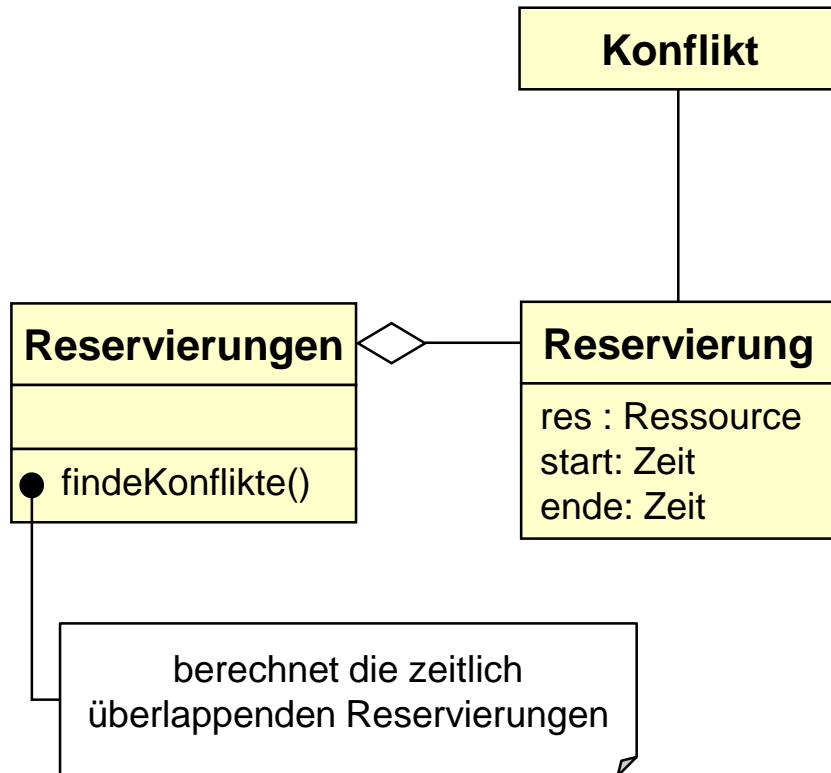
# Prinzip: Nicht einheitliche Eigenschaften vermeiden!

---

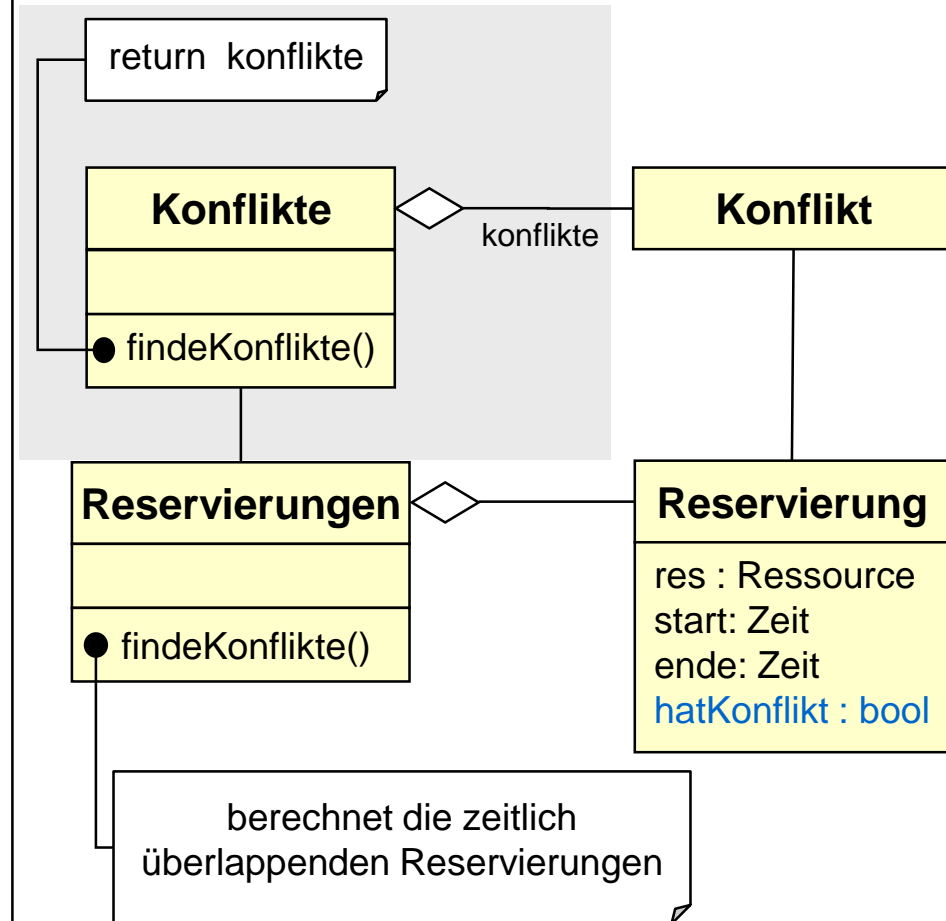
- Symptom
  - ◆ bestimmte Eigenschaften (Methoden oder Variablen) einer Klasse sind nur für manche Instanzen gültig
- Konsequenzen
  - ◆ Abhängigkeit von bestimmten Fallunterscheidungen
  - ◆ Unklare Funktionalität
  - ◆ Wartung erschwert
- Behandlung
  - ◆ Klasse aufsplitten
  - ◆ Evtl. Klasse einführen die „alle anderen Fälle“ darstellt
    - ⇒ Beispiel: „VertreterMitFestgehalt“
    - ⇒ Dadurch komplette Partition möglich
    - ⇒ Klarere Bedeutung der Klassen
      - Walter Hürsch: „Should superclasses be abstract?“, p. 12-31, ECOOP 1994 Proceedings, LNCS 821, Springer Verlag.

# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?



Und hiervon?



# Prinzip: Keine Redundanzen im Modell!

---

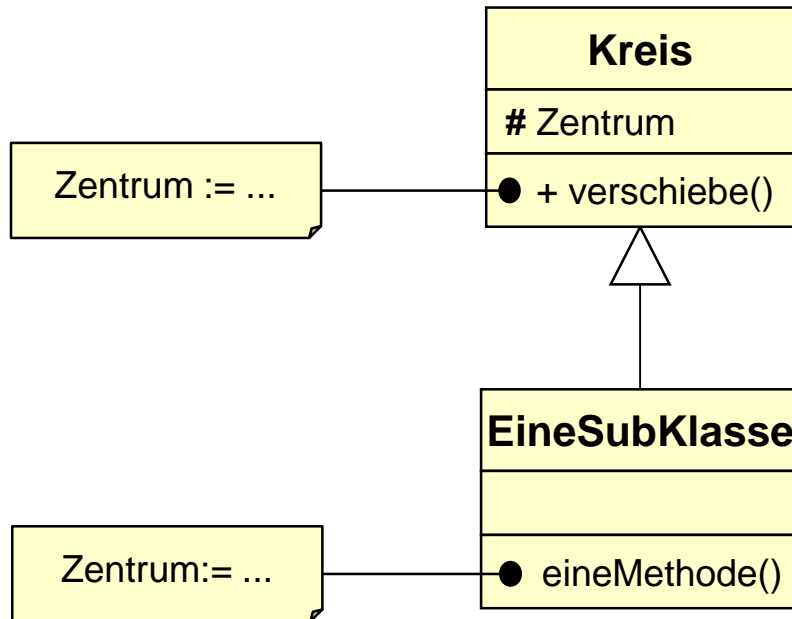
- Redundantes Modell
  - ◆ Mehrfache Wege um die gleiche Information zu erhalten
  - ◆ Speicherung abgeleiteter Informationen
- Problem
  - ◆ Bei Änderungen zur Laufzeit, müssen die Abgeleiteten Informationen / Objekte konsistent gehalten werden
  - ◆ Zusatzaufwand bei Implementierung und zur Laufzeit (Benachrichtigung über Änderung und Aktualisierung abgeleiteter Infos → „Observer“)
  - ◆ Änderungen im Design müssen evtl. an vielen Stellen nachgezogen werden
- Behandlung
  - ◆ Redundanz entfernen
  - ◆ ... falls sie nicht als Laufzeitoptimierung unverzichtbar ist, da die Berechnung der abgeleiteten Informationen zu lange dauert



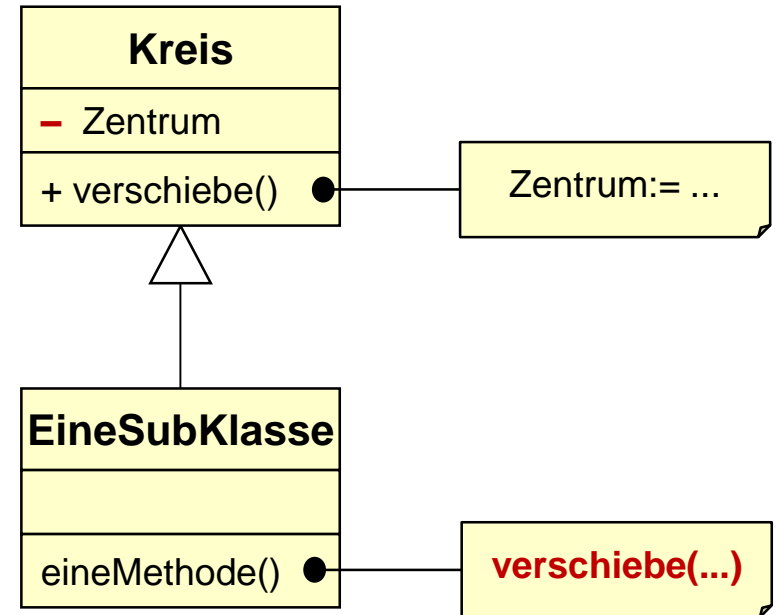


# OOM-Quiz

Was halten Sie hiervon?



Und hiervon?



# Prinzip: Abhängigkeiten vermeiden!

---

- Eine **Abhängigkeit** zwischen A und B besteht wenn
  - ◆ Änderungen von A Änderungen von B erfordern (oder zumindestens erneute Verifikation von B)
  - ◆ ... um Korrektheit zu garantieren
- Eine **Kapselungseinheit** ist
  - ◆ eine **Methode**: kapselt Algorithmus
  - ◆ eine **Klasse**: kapselt alles was zu einem Objekt gehört
- Prinzip
  - ◆ Abhängigkeiten zwischen Kapselungseinheiten reduzieren
  - ◆ Abhängigkeiten innerhalb der Kapselungseinheiten maximieren
- Nutzen
  - ◆ Wartungsfreundlichkeit

# Beispiele: Abhängigkeiten von ...

---

- **Konvention**

- ◆ `if order.accountNumber > 0` // was bedeutet das?

- **Wert**

- ◆ Problem: Konsistent-Haltung von redundant gespeicherten Daten

- **Algorithmus**

- ◆ a) implizite Speicherung in der Reihenfolge des Einfügens wird beim Auslesen vorausgesetzt

- ◆ b) Einfügen in Hashtable und Suche in Hashtable müssen gleichen hash-Algorithmus benutzen

- **Impliziten Annahmen**

- ◆ Werte die Hash-Schlüssel müssen unveränderlich sein

- ⇒ Achtung bei Aliasing

# Es gibt Abhängigkeit von ...

---

- **Namen (Existenz)**

- ◆ `int i;`
- ◆ `i := 7` // abhängig von Deklaration von i

- **Namen (Nicht-Existenz)**

- ◆ `int i;`
- ◆ `int j;` // abhängig davon, dass i nicht in j umbenannt wird – j darf nicht zwei mal deklariert werden!

- **Typ**

- ◆ `int i;`
- ◆ `i := j;` // Typ von j muss mit Typ von i zuweisungskompatibel sein

- **Relative Position**

- ◆ op1 muss unbedingt vor op2 stattfinden

# Reduktion von Abhängigkeiten durch „Verbergen von Informationen“ („information hiding“)

---

- “Need to know” Prinzip → „Schlanke Schnittstelle“
  - ◆ Zugriff auf eine bestimmte Information nur dann allgemein zulassen, wenn dieser wirklich gebraucht wird.
  - ◆ Zugriff nur über wohldefinierte Kanäle zulassen, so dass er immer bemerkt wird.
- Je weniger eine Operation weiß...
  - ◆ ... desto seltener muss sie angepasst werden
  - ◆ ... um so einfacher kann die Klasse geändert werden.
- Zielkonflikt
  - ◆ Verbergen von Informationen vs. Effizienz

# Information Hiding (2)

- Verberge Interna eines Subsystems
  - ◆ Definiere Schnittstellen zum Subsystem (→ Facade)
- Verberge Interna einer Klasse
  - ◆ Nur Methoden der selben Klasse dürfen auf deren Attribute zugreifen
- Vermeide transitive Abhängigkeiten
  - ◆ Führe eine Operation nicht auf dem Ergebnis einer anderen aus.
    - ⇒ Schreibe eine neue Operation, die die Navigation zur Zielinformation kapselt.

## **Law of Demeter („Talk only to your friends!“)**

- Klasse sollte nur von „Freunden“ (= Typen der eigenen Felder, Methoden- und Ergebnisparameter) abhängig sein.
- Insbesondere sollte sie nicht Zugriffsketten nutzen, die Abhängigkeiten von den Ergebnistypen von Methoden der Freunde erzeugen. Beispiel:
  - Nicht: `param.m().mx().my()....`;
  - Sondern: `param.mxy()`; wobei die Methode `mxy()` den transitiven Zugriff kapselt.

## ◆ Zielkonflikt

- ⇒ Vermeidung transitiver Abhängigkeiten vs. „schlanke“ Schnittstellen.

# Gibt es „gute“ Abhängigkeiten?

Stabilität

Abstraktheit

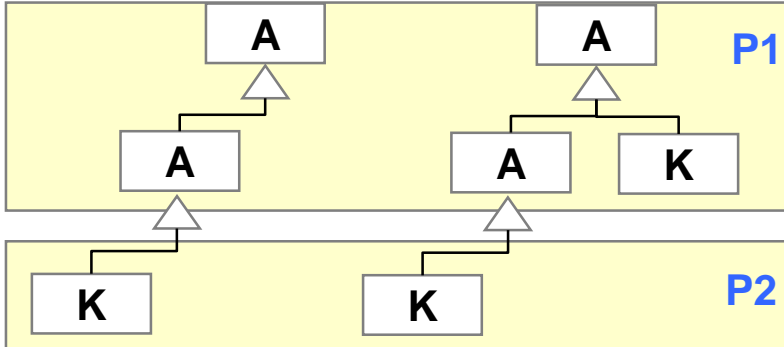
Robert C. Martins Abhängigkeits-Prinzipien



# Abstraktheit eines Paketes

## Abstrakte und konkrete Typen

- A = abstrakter Typ
  - ◆ enthält abstrakte Methode(n)
- K = Konkreter Typ
  - ◆ enthält keine abstrakte Methode



## Abstraktheit eines Pakets p

### Definition

- $a_p$  = Anzahl abstrakter Typen in p
- $k_p$  = Anzahl konkreter Typen in p
- $abs_p = \frac{a_p}{a_p + k_p}$

### Anwendung auf P1 und P2:

- $a_{P1} = 4 / 4+1 = 4/5 = 80\%$
- $a_{P2} = 0 / 0+2 = 0/2 = 0\%$

Idee der Abstraktheit-Metrik: Je abstrakter ein Paket ist um so

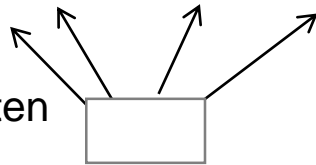
- leichter ist es wiederverwendbar
- häufiger wird es wiederverwendet

# (In)Stabilität eines Typs oder Pakets

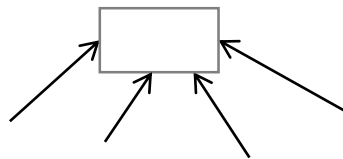
## Abhängigkeiten

Es werden alle Assoziationen und Vererbungs-Beziehungen gezählt:

- efferente ( $e$ )  
= Eigene Abhängigkeiten von Anderen



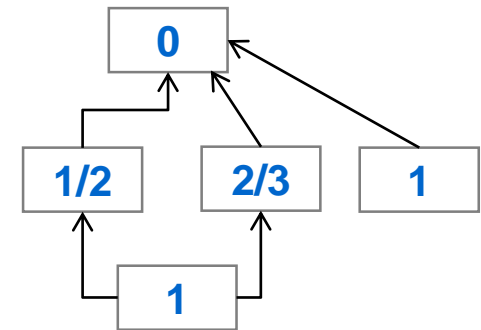
- afferente ( $a$ )  
= Abhängigkeiten anderer von mir



## Instabilität

$$I = \frac{e}{e+a}$$

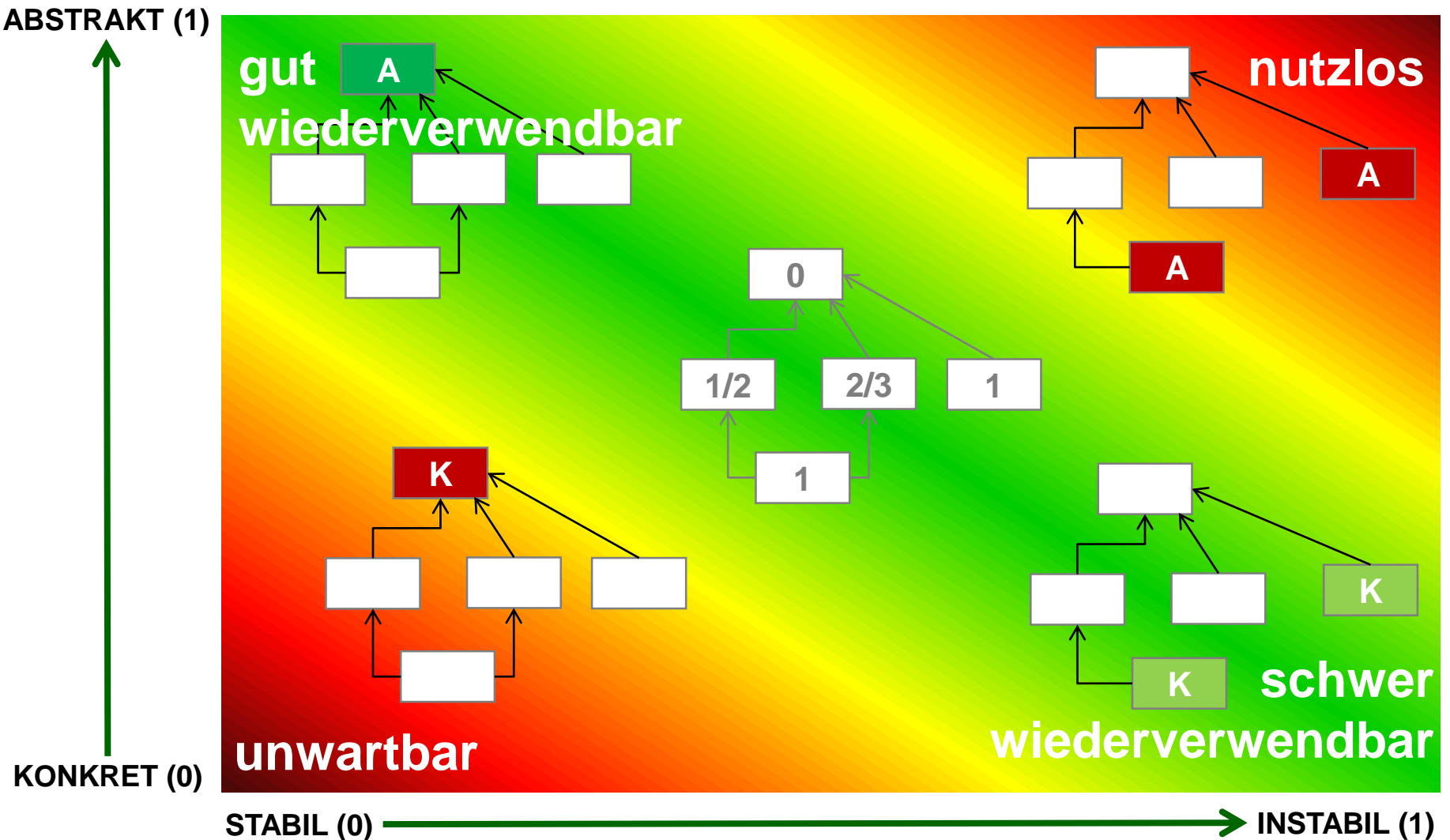
0 = maximal stabil



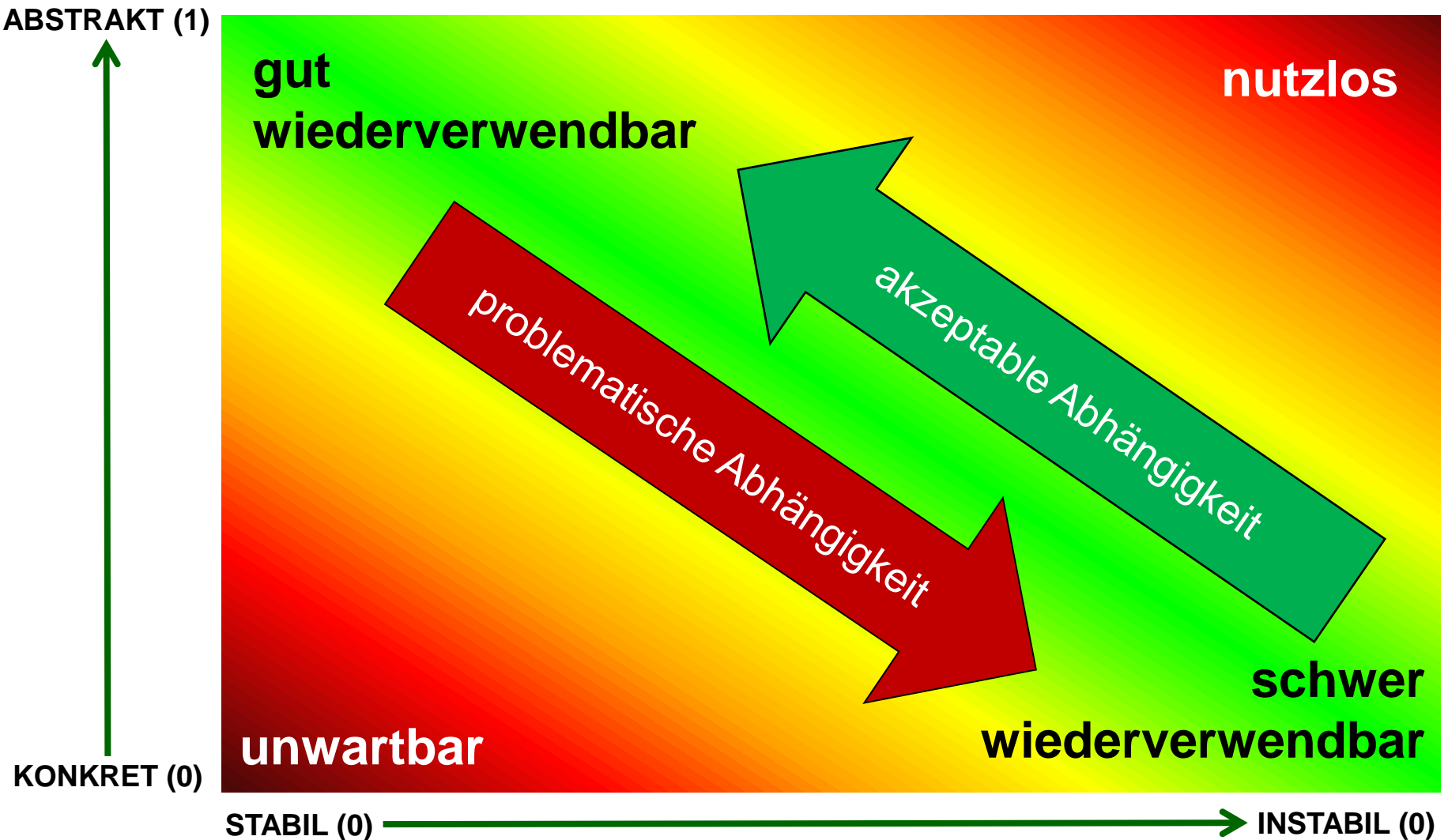
1 = maximal instabil

Idee der Instabilitäts-Metrik: Instabilität ist ein Maß dafür, wie leicht ein Typ zu ändern ist. Ein instabiler Typ ist leicht zu ändern, weil die Konsequenzen von Änderungen (für Andere) null sind.

# Klassifikation nach Stabilität und Abstraktheit



# Gute uns schlechte Abhängigkeiten



# Entwurfs-Prinzipien

## („Design Principles“, Robert C. Martin, 1996)

- Dependency Inversion Principle (DIP)

- ◆ Abhängigkeiten nur zu Abstrakterem!

- Stable Dependencies Principle (SDP)

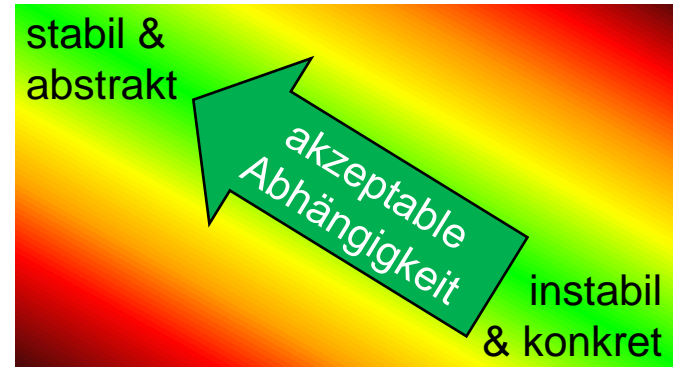
- ◆ Abhängigkeiten nur zu Stabilerem!

- Stable Abstractions Principle (SAP)

- ◆ Abstraktion und Stabilität sollten zueinander proportional sein.
- ◆ Maximal stabile Pakete sollten maximal abstrakt sein.
- ◆ Instabile Pakete sollten konkret sein.

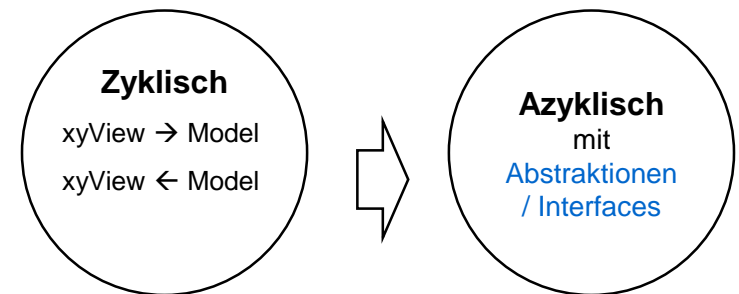
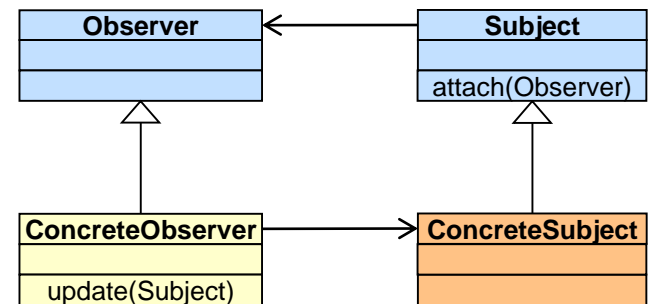
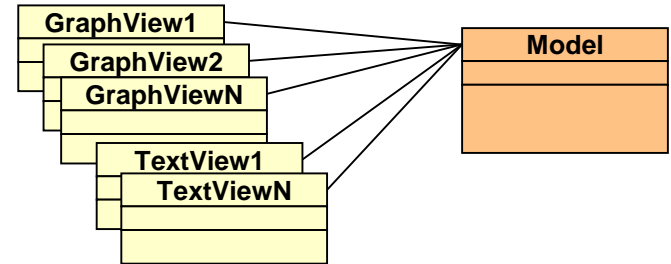
- Acyclic Dependencies Principle (ADP)

- ◆ Der Abhängigkeitsgraph veröffentlichter Komponenten muss azyklisch sein!



# Aufbrechen zyklischer Abhängigkeiten am Beispiel „Observer“

- Design ohne Observer → zyklisch
  - ◆ Gegenseitige Abhängigkeiten der konkreten Typen.
- Design mit Observer → azyklisch
  - ◆ ConcreteObserver ist von Concrete Subject abhängig.
  - ◆ Concrete Subject ist nur von abstraktem Subject abhängig.
- Modellierungsprinzip
  - ◆ Aufbrechen zyklischer Abhängigkeiten durch Einführung von **Abstraktionen** von denen beide Partner azyklisch abhängig sind.



# Zusammenfassung & Ausblick

---

# OO Modellierung: Rückblick

---

- CRC-Cards → Identifikation
  - ◆ Klassen
  - ◆ Operationen
  - ◆ Kollaborationen
- Design by Contract → Verfeinerung des Verhaltens
  - ◆ Vorbedingungen
  - ◆ Nachbedingungen
  - ◆ Invarianten
  - ◆ Ersetzbarkeit
- Prinzipien → Strukturierung von OO-Modellen: Vermeiden von
  - ◆ Redundanzen
  - ◆ Nicht-einheitlichem Verhalten
  - ◆ Fehlender Ersetzbarkeit
  - ◆ Verwirrung von Klasse und Instanz
  - ◆ Abhängigkeiten von nicht-inhärenten Typen
  - ◆ Abhängigkeiten von spezielleren oder instabileren Typen



# OO Modellierung: Literatur

---

- Modellierungs-Prinzipien („Quiz“)
  - ◆ Page-Jones, „Fundamentals of Object-Oriented Design in UML“, Addison Wesley, 1999
  - ◆ Sehr empfehlenswert!
- CRC-Cards
  - ◆ Konzentriert: Fowler & Scott, „UML distilled“ (2te Ausgabe), Addison Wesley
  - ◆ Original-Artikel: <http://c2.com/doc/oopsla89/paper.html>
- Design by Contract
  - ◆ Konzentriert: Fowler & Scott, „UML distilled“ (2te Ausgabe), Addison Wesley
  - ◆ Original-Buch: Bertrand Meyer, „Object-oriented Software Construction“, Prentice Hall, 1997.
    - ⇒ Ein Klassiker!

# OO Modellierung: Literatur

---

- Design by Contract (ff)
  - ◆ Bertrand Meyer: “Applying Design by Contract”  
Erschienen in “Computer”, Vol. 25 Issue 10, October 1992, page 40-51,  
IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA,  
<http://dx.doi.org/0.1109/2.161279>
- Abhängigkeiten (Stable dependency principle, ...)
  - ◆ Robert C. Martin: Design Principles and Design Patterns  
[http://www.objectmentor.com/resources/articles/Principles\\_and\\_Patterns.PDF](http://www.objectmentor.com/resources/articles/Principles_and_Patterns.PDF)
- Aufbrechen von ungünstigen Abhängigkeiten mit aspektorientierter Programmierung
  - ◆ Martin E. Nordberg: Aspect-Oriented Dependency Inversion.  
OOPSLA 2001 Workshop on Advanced Separation of Concerns in Object-Oriented Systems, October 2001  
<http://www.cs.ubc.ca/~kdvolder/Workshops/OOPSLA2001/submissions/12-nordberg.pdf>