
Ersetzbarkeit und Verhalten

U ist Untertyp von T, wenn eine Instanz von U überall verwendbar ist, wo eine Instanz von T erwartet wird

- Struktur der Typen für Ersetzbarkeit nicht ausreichend

Beispiel: `void draw() // zeichne Bild`
 `≠ void draw() // ziehe Revolver`

- Ersetzbarkeit muss Verhalten berücksichtigen

→ *Design by Contract*

Client-Server-Beziehungen

- Server bietet Dienste an, Client nutzt Dienste
- Objekt ist gleichzeitig Client und Server
- Vertrag zwischen Client und Server:
 - Client erfüllt *Vorbedingungen* eines Dienstes
 - Server erfüllt *Nachbedingungen* eines Dienstes
 - Server sichert *Invarianten* des Objekts zu
- Dienst entspricht der Ausführung einer Methode
- Vor-, Nachbedingungen, Invarianten sind *Zusicherungen*

Vorbedingung (Precondition)

Verantwortlich: Client

Wann: vor Methodenaufruf

Was: hauptsächlich Eigenschaften von Argumenten

Beispiel: Argument ist Array aufsteigend sortierter Zahlen

manchmal auch (sichtbarer) Zustand des Servers

Beispiel: `abheben` nicht aufrufen, wenn Konto überzogen

Nachbedingung (Postcondition)

Verantwortlich: Server

Wann: vor Rückkehr aus Methodenaufruf

Was: Eigenschaften von Methodenergebnissen sowie Änderungen und Eigenschaften des Objektzustands

Beispiel: „Methode fügt Element (falls noch nicht vorhanden) in Menge ein. Ergebnis ist 'true' falls Element bereits vorher in Menge war.“

Nachbedingung klingt oft wie Methodenbeschreibung

Invariante

Verantwortlich: Server

Wann: vor und nach Ausführung von Methoden

Was: unveränderliche Eigenschaften von Objekten

Beispiel: Guthaben am Sparbuch ist immer positive Zahl

Gültigkeit der Invariante kann von Bedingungen abhängen

Beispiel: „'zuverlaessig == false' wenn Konto überzogen“

Invarianten implizieren Nachbedingungen

Ausnahme: Schreiben externer Variablen

— Client und Server verantwortlich

Beispiel zu Zusicherungen

```
class Konto {
    public int guthaben;
    public int ueberziehungsrahmen;
    // guthaben >= -ueberziehungsrahmen
    // einzahlen addiert summe zu guthaben; summe >= 0
    public void einzahlen (int summe) {
        guthaben = guthaben + summe;
    }
    // abheben zieht summe von guthaben ab;
    // summe >= 0; guthaben+ueberziehungsrahmen >= summe
    public void abheben (int summe) {
        guthaben = guthaben - summe;
    }
}
```

Typen und Zusicherungen

- Zusicherungen gehören zu Typen
- Objekttyp besteht aus
 - Name von Klasse / Interface
 - Schnittstelle (= Signatur)
 - Zusicherungen
- Zusicherungen informal als Kommentare (in Java)
- Überprüfung der Zusicherungen durch Programmierer
- Änderung von Zusicherung = Typänderung
(Auswirkungen auf andere Programmteile)

Genauigkeit von Zusicherungen

- Clients dürfen sich nur auf das verlassen, was in Schnittstellen und Zusicherungen vom Server zugesagt wird.
- Server dürfen sich nur auf das verlassen, was in Schnittstellen und Zusicherungen vom Client zugesagt wird.
- Genauigkeit durch ProgrammiererInnen bestimmbar:
 - genau: große Abhängigkeit zw. Client und Server
 - ungenau: kleine Abhängigkeit zw. Client und Server
- Tipp: keine versteckten Zusicherungen !!
- Tipp: schwache Abhängigkeiten (= wenige Zusicherungen)

Ersetzbarkeit und Verhalten

S ist nur dann Untertyp von T wenn gilt:

- Vorbedingungen in T implizieren Vorbedingungen in S
 - Vorbedingungen in Untertypen sind schwächer / gleich
 - bei Vererbung: Verknüpfung mit ODER
- Nachbedingungen in S implizieren Nachbedingungen in T
 - Nachbedingungen in Untertypen sind stärker / gleich
 - bei Vererbung: Verknüpfung mit UND
- Invarianten in S implizieren Invarianten in T
 - Invarianten in Untertypen sind stärker / gleich
 - bei Vererbung: Verknüpfung mit UND
 - extern geschriebene Variablen: Invarianten unverändert

Zusicherungen und Ersetzbarkeit (1)

```
class Set {
    public void insert (int x) {
        // inserts x into set iff not already there
        // x is in set immediately after invocation
        ...;
    }
    public boolean inSet (int x) {
        // returns true if x is in set, otherwise false
        ...;
    }
}
class SetWithoutDelete extends Set {
    // elements in the set always remain in the set
}
```

Zusicherungen und Ersetzbarkeit (2)

```
Set s = ...;  
s.insert(41);  
doSomething(s);  
if (s.inSet(41)) { doSomeOtherThing(s); }  
else { doSomethingElse(); }
```

```
SetWithoutDelete s = ...;  
s.insert(41);  
doSomething(s);  
doSomeOtherThing(s); // s.inSet(41) always returns true
```

Zusicherungen und Ersetzbarkeit (3)

Tipp: nicht `SetWithoutDelete` verwenden, wo `Set` ausreicht (um andere künftige Erweiterungen zu ermöglichen)

```
class SetWithDelete extends Set {
    public void delete (int x) {
        // deletes x from the set if it is there
        ...;
    }
}
```

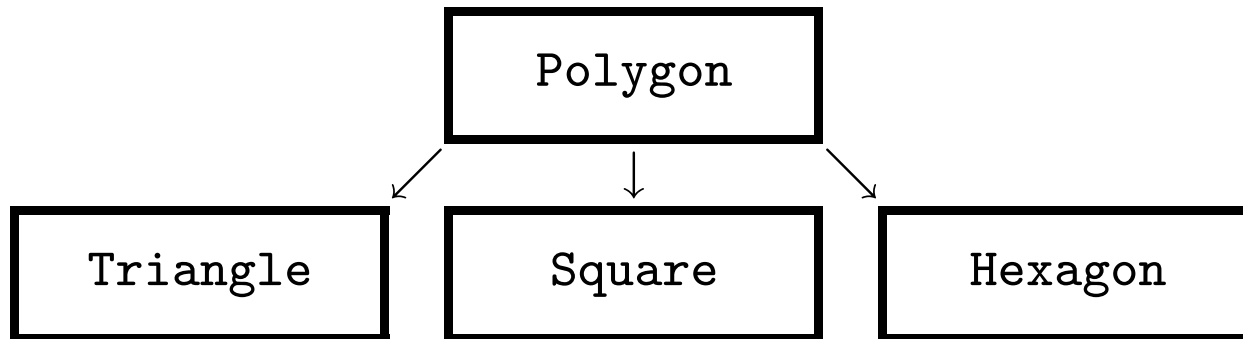
Beispiele für Zusicherungen: Java API Dokumentation
(siehe <http://java.sun.com/javase/6/docs/api/>)

Faustregeln zu Zusicherungen

Zusicherungen sollen

- stabil sein (vor allem an Wurzel der Typhierarchie)
- keine unnötigen Details festlegen
- explizit im Programm stehen
- unmissverständlich formuliert sein
- während Programmentwicklung ständig überprüft werden

Abstrakte Klassen



```
abstract class Polygon {
    public abstract void draw(); // draw polygon on screen
}
```

```
class Triangle extends Polygon {
    public void draw() { // draw a triangle on the screen
        ...;
    }
}
```

Verwendung abstrakter Klassen

- Implementierungen oft in Klassen ohne Unterklassen
- abstrakte Klassen (und Interfaces) eher stabil
- Parametertypen sollen stabil sein
 - ⇒ sie sollen nicht mehr ausdrücken, als nötig
(keine unnötigen Abhängigkeiten)
- abstrakte Klassen leicht hinzuzufügen
(z.B. verwendbar als Parametertypen für jeden Bedarf)

Interfaces

```
interface X {  
    static final double PI = 3.14159d;  
    double fooX();  
}
```

```
interface Y {  
    double fooY();  
}
```

```
interface Z extends X, Y {  
    double fooZ();  
}
```

Unterschiede zu abstrakten Klassen

- Schlüsselwort `interface` statt `abstract class`
- alles implizit `public` — daher `public` nicht nötig
- alle Methoden abstrakt — daher `abstract` nicht nötig
- keine Variablen, nur Konstanten (`static final ...`)
- `static` und `final` in Methodendeklarationen verboten
- nach `extends` können mehrere Namen von Interfaces stehen — Mehrfachvererbung

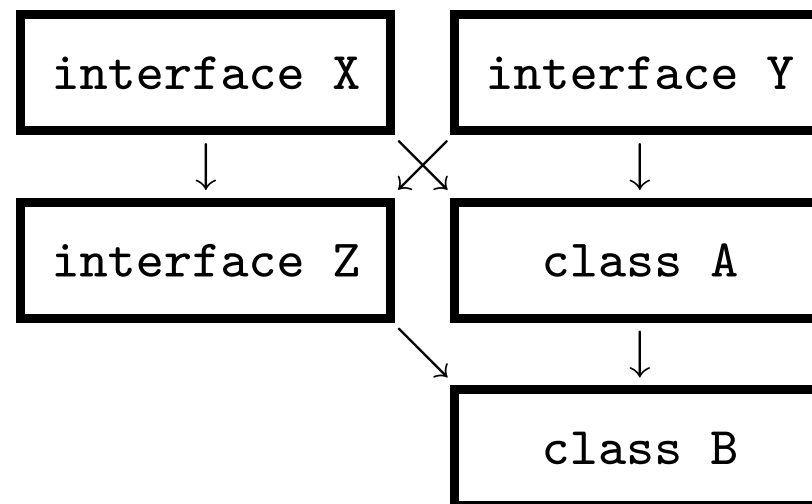
Klassen implementieren Interfaces

```
class A implements X, Y {  
    public double foo() { return PI; }  
    public double fooX() { return factor * PI; }  
    public double fooY() { return factor * fooX(); }  
    protected double factor = 2.0d;  
}
```

```
class B extends A implements Z {  
    public double fooY() { return 3.3d * foo(); }  
    public double fooZ() { return factor / fooX(); }  
}
```

Interfaces und Untertyprelationen

Interfaces für Untertyprelationen gut geeignet



Abstrakte Klassen gegenüber Interfaces nur dann zu bevorzugen, wenn Code vererbt werden soll

Zusicherungen auf abstrakten Methoden (Interfaces) wichtig!