

---

# Das Ersetzbarkeitsprinzip

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

Dieses Ersetzbarkeitsprinzip benötigt man für

- den Aufruf einer Routine mit einem Argument, dessen Typ Untertyp des formalen Parametertyps ist;
- die Zuweisung eines Objekts an eine Variable, wobei der Objekttyp Untertyp des deklarierten Variablentyps ist.

---

# Untertypen und Schnittstellen

Objektyp U ist Untertyp von Objektyp T wenn

- für jede Konstante in T (vom Typ A) existiert Konstante in U (vom Typ B), wobei B Untertyp von A
- für jede Variable in T existiert eine in U vom selben Typ
- für jede Methode in T existiert Methode in U, wobei
  - Parameteranzahlen und Parameterarten gleich
  - Eingangstypen in T Untertypen der in U
  - entsprechende Durchgangstypen gleich
  - Ausgangstypen in U Untertypen der in T
  - Ergebnistyp in U Untertyp von Ergebnistyp in T

---

# Ko- und Kontravarianz

**Kovarianz:** Typ eines Elements im Untertyp ist Untertyp des Elementtyps im Obertyp

- Konstantentypen, Ergebnistypen, Ausgangsparametertypen

**Kontravarianz:** Typ eines Elements im Untertyp ist Obertyp des Elementtyps im Obertyp

- Eingangsparametertypen

**Invarianz:** Typ eines Elements im Untertyp ist gleich dem Elementtyp im Obertyp

- Variablentypen, Durchgangsparametertypen

---

## Beispiel für Ko- und Kontravarianz

- Annahme: B ist Untertyp von A

```
class T {  
    public A meth (B par) { ... }  
}  
class U extends T { // U ist Untertyp von T  
    public B meth (A par) { ... }  
} // in Java ueberladen, nicht ueberschrieben
```

- entspricht Bedingungen für Untertypbeziehungen
- Achtung: Kein Überschreiben in Java !!!

---

# Wann und warum Kovarianz?

- Ersetzbarkeit nur bei lesendem Zugriff auf Konstante, Ergebnis oder Ausgangsparameter (bei Routinenaufruf)
- nur Elementtyp A im Obertyp T statisch bekannt
- Lesezugriff kann tatsächlich auf entsprechendes Element vom Typ B im Untertyp U erfolgen
- gelesener Wert soll trotzdem vom erwarteten Typ A sein
  - ⇒ jede Instanz von B soll auch Instanz von A sein
  - ⇒ B soll Untertyp von A sein
- Initialisierung Konstante, Ergebnis, Ausgangsparameter (in Routine): genauer Typ bekannt — keine Ersetzbarkeit

---

# Wann und warum Kontravarianz?

- Ersetzbarkeit nur bei Schreibzugriff auf Eingangsparameter (bei Routinenaufruf)
- nur Parametertyp B im Obertyp T statisch bekannt
- Schreibzugriff kann tatsächlich auf entsprechenden Parameter vom Typ A im Untertyp U erfolgen
- tatsächlich geschriebener Wert soll vom Typ A sein, obwohl Werte vom Typ B geschrieben werden können
  - ⇒ jede Instanz von B soll auch Instanz von A sein
  - ⇒ B soll Untertyp von A sein
- Lesezugriff auf Eingangsparameter (in Routine):  
deklarierter Typ bekannt

---

## Wann und warum Invarianz?

- Ersetzbarkeit sowohl bei schreibendem als auch lesendem Zugriff benötigt (Variable, Durchgangsparmeter)
- daher sowohl Kovarianz als auch Kontravarianz benötigt
- nur Invarianz erfüllt beide Forderungen

---

# Einschränkungen in der Praxis

- Theorie vollständig und widerspruchsfrei  
keine expliziten Untertypdeklarationen nötig
- Einschränkung in vielen praktisch verwendeten Sprachen:
  - explizite Vererbungsbeziehung vorausgesetzt
  - Vererbung entsprechend eingeschränktGrund: einfach, keine zufälligen Untertypbeziehungen
- weitere Einschränkung in Java:  
Ergebnistypen kovariant, alle anderen Typen invariant  
Grund: intuitiv, unterscheidbar von Überladen



---

# Grenzen von Untertypbeziehungen

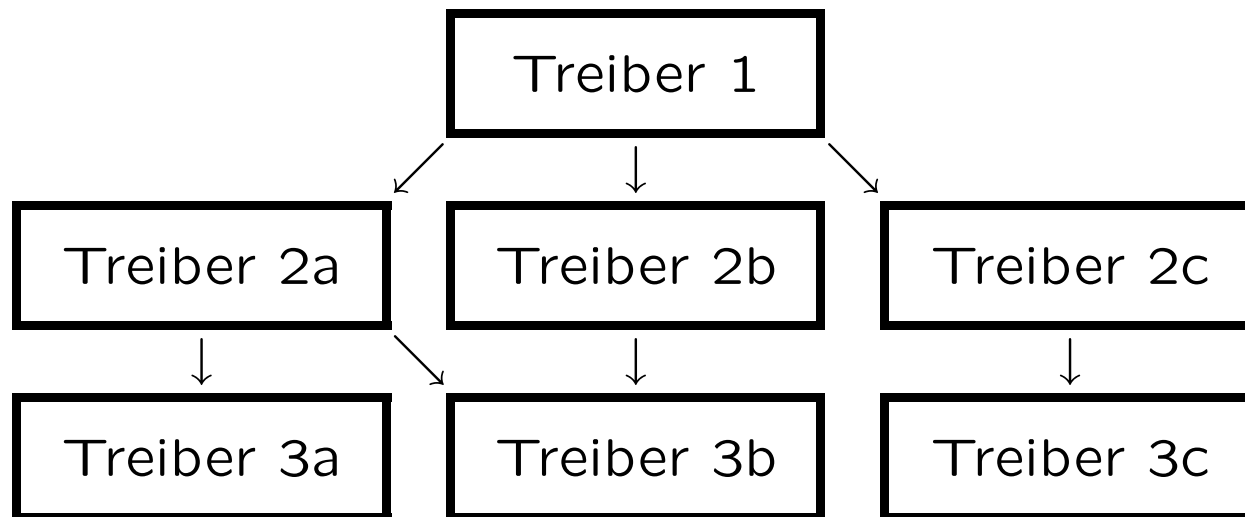
```
class Point2D {
    protected int x, y;
    public boolean equal (Point2D p) {
        return x == p.x && y == p.y;
    }
}

class Point3D extends Point2D { // Achtung: FALSCH
    protected int z;
    public boolean equal (Point3D p) {
        return x == p.x && y == p.y && z == p.z;
    } // equal ueberladen, nicht ueberschrieben
}
```

---

# Untertypen — Codewiederverwendung

Software-Generationen und -Versionen

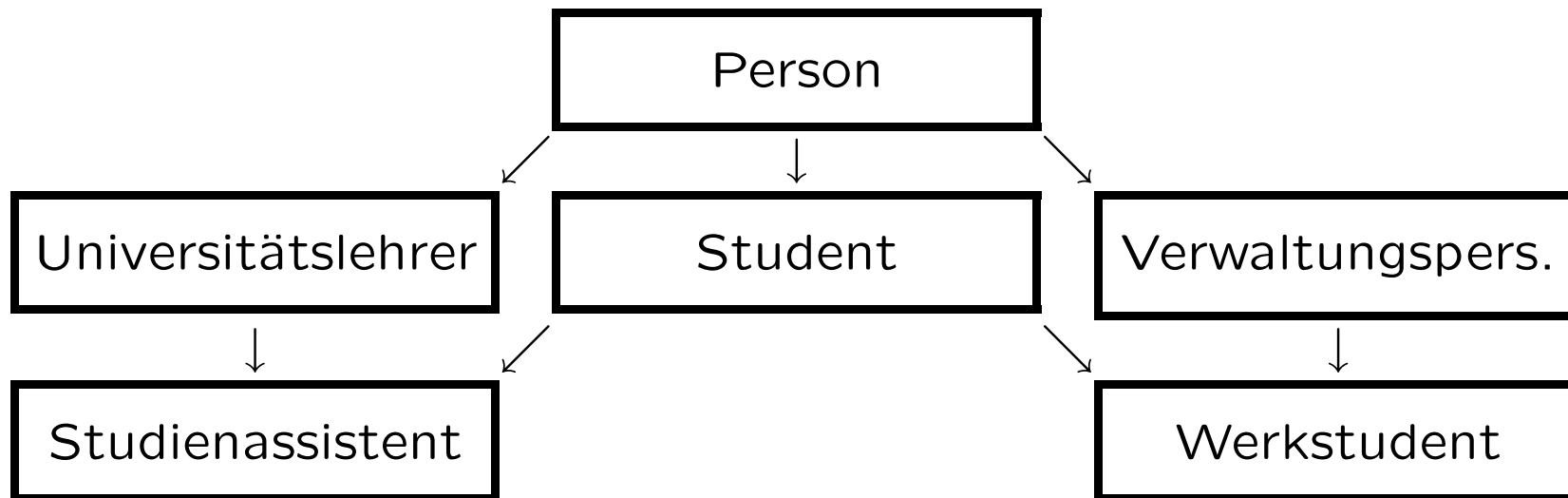


Typen sollen unverändert bleiben, Erweiterungen möglich

---

# Untertypen — Codewiederverwendung

Wiederverwendung innerhalb eines Programms



Typen sollen stabil sein — vor allem weiter oben

---

# Dynamisches Binden (1)

```
class A {
    public String foo1() { return "foo1A"; }
    public String foo2() { return fooX(); }
    protected String fooX() { return "foo2A"; } }
class B extends A {
    public String foo1() { return "foo1B"; }
    protected String fooX() { return "foo2B"; } }
class DynamicBindingTest {
    public static void test(A x) {
        System.out.println(x.foo1());
        System.out.println(x.foo2()); }
    public static void main(String[] args) {
        test(new A); test(new B); }
}
```

---

## Dynamisches Binden (2)

Aufruf:

```
java DynamicBindingTest
```

BildschirmAusgabe:

```
foo1A
```

```
foo2A
```

```
foo1B
```

```
foo2B
```

---

## Beispiel mit Switch

```
public void gibAnredeAus (int anredeArt, String name) {
    switch(anredeArt) {
        case 1:    // weiblich
            System.out.print ("S.g. Frau " + name);
            break;
        case 2:    // maennlich
            System.out.print ("S.g. Herr " + name);
            break;
        default:   // unbekannt
            System.out.print ("S.g. " + name);
    }
}
```

---

## Beispiel ohne Switch

```
class Adressat {
    protected String name;
    public void gibAnredeAus()
        { System.out.print("S.g. " + name); }
}
class WeiblicherAdressat extends Adressat {
    public void gibAnredeAus()
        { System.out.print ("S.g.Frau " + name); }
}
class MaennlicherAdressat extends Adressat {
    public void gibAnredeAus()
        { System.out.print ("S.g. Herr " + name); }
}
```