

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

- Wie wir gesehen haben, ermöglicht Vererbung Polymorphie.
- Eine Klasse `Stall` ist in diesem Beispiel für Objekte vom Typ `Tier` designed.

```
public class Tier
{
}
public class Stall
{
    private Tier bewohner;

    public void setBewohner(Tier tier)
    {
        this.bewohner = tier;
    }

    public Tier getBewohner()
    {
        return this.bewohner;
    }
}
```

Der `Stall` kann also jedes beliebige Objekt, das vom Typ `Tier` oder vom Typ einer Unterklasse von `Tier` ist, aufnehmen:

```
public class Schaf extends Tier
{
}
public static void main(String[] args)
{
    Stall schafstall = new Stall();
    schafstall.setBewohner(new Schaf());
}
```

Problem

Wenn man das Tier wieder aus dem Stall führt, “weiß” der Stall nicht mehr, was für ein Tier es ist:

```
public static void main(String[] args)
{
    Stall schafstall = new Stall();
    schafstall.setBewohner(new Schaf());

    Tier bewohner = schafstall.getBewohner();
}
```

Lösung ohne generische Typen

Der Programmierer merkt es sich und führt einen expliziten Typecast durch:

```
public static void main(String[] args)
{
    Stall schafstall = new Stall();
    schafstall.setBewohner(new Schaf());

    Tier bewohner = schafstall.getBewohner();
    Schaf schaf = (Schaf) schafstall.getBewohner();
}
```

- Die oben skizzierte “klassische” Lösung ist bestenfalls lästig für den Programmierer (da häufig explizite Typecasts nötig sind).
- In größeren Anwendungen (mit vielen Programmierern, die am gleichen Projekt arbeiten) ist diese Lösung auch überaus fehleranfällig und daher gefährlich (und bestenfalls teuer), da die Typüberprüfung erst zur *Laufzeit* stattfindet:

```
public class Kuh extends Tier
{
}
...
// Code Fragment
Stall stall = new Stall();
stall.setBewohner(new Schaf());

// Code an entfernter Stelle (anderer Programmierer)
stall.setBewohner(new Kuh());

// wiederum andere Stelle (gueltiger Code!)
Schaf schaf = (Schaf) stall.getBewohner(); // RuntimeException:
                                           // ClassCastException
```

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

- In diesem Kapitel lernen wir eine neuere Lösung kennen, die mit Version 5.0 in Java eingeführt wurde: Polymorphie wird nicht nur durch Vererbung, sondern auch durch generische Klassen ermöglicht (*generics*). Das ist nicht nur bequemer, sondern ermöglicht die Typüberprüfung normalerweise bereits zur *Übersetzungszeit*.
- Beide Konzepte können natürlich auch gleichzeitig verwendet werden.

Man kann eine Klasse durch Einführen einer Typvariablen generisch halten:

```
public class Stall<T> // Typvariable: T (formaler Typ-Parameter)
{
    private T bewohner;

    public void setBewohner(T tier)
    {
        this.bewohner = tier;
    }

    public T getBewohner()
    {
        return this.bewohner;
    }
}
```

Im Gebrauch wird die Klasse durch Belegen der Typvariable mit einem bestimmten Typ typisiert (man spricht dann von einem parametrisierten Typ):

```
// Code Fragment
Stall<Schaf> stall = new Stall<Schaf>(); // aktueller Typ-Parameter: Schaf
                                         // ermöglicht Typueberpruefung zur
                                         // Uebersetzungszeit

stall.setBewohner(new Schaf());

// dieses Fragment ist nicht mehr moeglich
// Kompilierfehler:
// The method setBewohner(Schaf) in the type Stall<Schaf>
// is not applicable for the arguments (Kuh)
stall.setBewohner(new Kuh());

// wiederum andere Stelle (gueltiger Code!)
Schaf schaf = stall.getBewohner();
// keine RuntimeException moeglich
```

- Deklaration einer generischen Klasse:
`class <Klassenname><<Typvariable(n)>>`
- Instantiierung eines generischen Typs (=Typisierung der Klasse, Parametrisierung des Typs):
`<Klassenname><<Typausdruck/Typausdruecke>>`
- Beispiele für Instantiierungen von `Stall<T>`:
 - `Stall<Tier>`
 - `Stall<Schaf>`
 - `Stall<Kuh>`
 - `Stall<Schaf,Kuh>` //ungueltig: zu viele Parameter
 - `Stall<String>` //gueltig, aber unerwuenscht
 - `Stall<int>` // ungueltig: primitive Typen
// sind nicht als Typ-Parameter erlaubt

Zur Übersetzung von generischen Typen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- **Heterogene Übersetzung:** Für jede Instantiierung (`Stall<Tier>`, `Stall<Schaf>`, `Stall<Kuh>` etc.) wird individueller Byte-Code erzeugt, also drei unterschiedliche (heterogene) Klassen.
- **Homogene Übersetzung:** Für jede parametrisierte Klasse (`Stall<T>`) wird genau eine Klasse erzeugt, die die generische Typinformation löscht (“type erasure”) und die Typ-Parameter durch die Klasse `Object` ersetzt. Für jeden konkreten Typ werden zusätzlich Typanpassungen in die Anweisungen eingebaut.

- Java nutzt die homogene Übersetzung (C++ die heterogene).
- Der Byte-Code für eine generische Klasse entspricht also in etwa dem Byte-Code einer Klasse, die nur Typ-Polymorphie durch Vererbung benutzt.
- Gewonnen hat man aber die Typ-Sicherheit zur Übersetzungszeit.
- Vorteil/Nachteil der homogenen Übersetzung:
 - + weniger erzeugter Byte-Code, Rückwärtskompatibilität.
 - geringere Ausdrucksmächtigkeit der Typüberprüfung zur Übersetzungszeit.

- Generische Klassen können auch ohne Typ-Parameter verwendet werden.
- Ein generischer Typ ohne Typangabe heißt *Raw-Type*.
- Raw-Types bieten die gleiche Funktionalität wie parametrisierte Typen, allerdings werden die Parametertypen nicht zur Übersetzungszeit überprüft.
- Beispiel: Raw-Type von `Stall<T>` ist `Stall`.

```
Stall<Schaf> schafstall = new Stall<Schaf>();
Stall stall = new Stall();
stall = schafstall;

stall.setBewohner(new Kuh()); // Warnung:
    // Type safety: The method setBewohner(Tier)
    // belongs to the raw type Stall.
    // References to generic type Stall<T>
    // should be parameterized
// Die Warnung ist gerechtfertigt, denn:
Schaf poldi = schafstall.getBewohner();
// ist gueltiger Code, der aber zu einer
// RuntimeException (ClassCastException) fuehrt
```

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

Von generischen Klassen lassen sich in gewohnter Weise Unterklassen ableiten:

```
public class SchafStall extends Stall<Schaf>
{
}
```

Dabei kann der Typ der Oberklasse weiter festgelegt werden.

- Die Unterklasse einer generischen Klasse kann auch selbst wieder generisch sein.

```
public class GrossviehStall<T> extends Stall<T>
{
}
```

- In diesem Beispiel wird sogar ein weiterer Typ eingeführt:

```
public class DoppelStall<T, S> extends Stall<T>
{
    private S zweiterBewohner;
    ...
}
```

- Natürlich kann eine generische Klasse auch von vornherein mit mehreren Typ-Parametern definiert werden:

```
public class TripelStall<S extends Tier, T extends Tier, U extends Tier>
{
    private S ersterBewohner;
    private T zweiterBewohner;
    private U dritterBewohner;
    ...
}
```

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

- Zur Typisierung kann man auch Wildcards verwenden:
`public class IrgendeinStall<?>`
- Das ist so zunächst nur sinnvoll, wenn der genaue Typ keine Rolle spielt.
- Sinnvolle Verwendung finden Platzhalter zusammen mit oberen und/oder unteren Schranken.

- Wie kann die unerwünschte Typisierung `Stall<String>` verhindert werden?
- Die Typvariable kann innerhalb einer Typ-Hierarchie verortet werden, indem eine obere Schranke angegeben wird:

```
public class Stall<T extends Tier>
{
    ...
}

// Code Fragment
Stall<String> // ungueltig:
              // String ist nicht Unterklasse von Tier
```

Analog zur oberen Schranke kann man auch eine untere Schranke definieren. Das ist jedoch nur für Wildcards möglich, und nicht in Klassen-Definitionen, sondern nur in Deklarationen von Variablen:

```
Stall<? super Schaf> stall;
...
// Code Fragment
stall.setBewohner(new Kuh()) // ungueltig:
// The method setBewohner(capture-of ? super Schaf)
// in the type Stall<capture-of ? super Schaf> is
// not applicable for the arguments (Kuh)
```

Die untere Schranke wird in der Praxis wesentlich seltener verwendet als die obere Schranke. Wir wollen aber den Sinn der unteren Schranke an einem einfachen Beispiel klar machen:

Bauer Moosgruber möchte einen Wettbewerb “Schönster Schafstall” veranstalten. Dazu bastelt er eine Klasse, die den Wettbewerb anhand eines übergebenen Vergleichsalgorithmus durchführt:

```
public interface Vergleichler<T>
{
    public int vergleiche(T t1, T t2);
}
public class SchoensterSchafstall
{
    public SchoensterSchafstall(Vergleichler<Stall<Schaf>> vergleichler)
    {
        // ...
    }
}
```

Die unnötige Spezialisierung in diesem Beispiel wird deutlich, wenn man bedenkt, dass Moosgruber nun noch den Vergleichsalgorithmus austüfteln muss.

Bauer Huber hatte nämlich im letzten Jahr einen Wettbewerb “Schönster Stall” durchgeführt und dafür einen Vergleichsalgorithmus entworfen:

```
public class StallVergleicher implements Vergleichler<Stall<Tier>>
{
    public int vergleiche(Stall<Tier> t1, Stall<Tier> t2)
    {
        ...
    }
}
```

Bauer Moosgruber würde nun für seinen Wettbewerb gerne Hubers Klasse `StallVergleicher` verwenden. Hubers `Vergleicher` passt aber nicht zur Parametrisierung von Moosgrubers Konstruktor:

```
public SchoensterSchafstall(Vergleichler<Stall<Schaf>> vergleichler)
```

Wie kann Moosgruber seinen Wettbewerb so definieren, dass er Hubers `StallVergleicher` verwenden kann?

Moosgruber muß die unnötige Restriktion von seinem Konstruktor aufweichen:

```
public class SchoensterSchafstall
{
    public SchoensterSchafstall(Vergleicher<Stall<? super Schaf>> vergleicher)
    {
        ...
    }
}
```

Ein Vergleicher, der Ställe aller möglichen Oberklassen von Schaf vergleichen kann, kann natürlich auch Schaf-Ställe vergleichen – aber nicht umgekehrt.

Wann ist eine obere, wann eine untere Schranke sinnvoll?

- Wenn der Typ-Parameter T nur als Argument verwendet wird, ist oft eine untere Schranke sinnvoll (`? super T`).
- Wenn der Typ-Parameter T nur bei Rückgabewerten eine Rolle spielt, kann man dem Benutzer oft mehr Freiheit geben, indem man eine obere Schranke benützt (`? extends T`).

- In der Unterklasse einer generischen Klasse können neue Schranken eingeführt werden.
- Mit dem Token & können dabei mehrere Schranken verbunden werden.

```
public interface Grossvieh
{
}
public class GrossviehStall<T extends Tier & Grossvieh> extends Stall<T>
{
}
```

- Ab der zweiten oberen Schranke kann es sich dabei natürlich nur noch um Interfaces handeln.

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

- Betrachten wir nun eine statische Methode, um ein Tier in den Stall zu treiben: Der Stall ist dabei zunächst scheinbar ein Stall für ein beliebiges Objekt.

```
public class Stall<T extends Tier>
{
    // statische Methode
    public static void treibeInDenStall(Tier tier, Stall<?> stall)
    {
        stall.setBewohner(tier);
    }
}
```

- Geht das?

- Der Wildcard bedeutet, wir haben einen Stall von unbekanntem Typ (“Stall of unknown”).
- Tier ist aber ein ganz bestimmter Typ.
- Der Compiler kann nicht entscheiden, ob Tier (oder irgendein anderer Typ) der gleiche Typ ist wie der mit dem Wildcard bezeichnete.
- Deshalb gibt es einen Fehler zur Übersetzungszeit:

```
// The method setBewohner(capture-of ?)
// in the type Stall<capture-of ?>
// is not applicable for the arguments (Tier)
```

- Wildcards sind also nur in Verbindung mit Schranken sinnvoll oder wenn der Typ tatsächlich irrelevant (oder unbekannt) ist.

- Die obige Methode lässt sich dennoch generisch typisieren:

```
public static <T extends Tier> void treibeInDenStall(T tier,
                                                    Stall<T> stall)
{
    stall.setBewohner(tier);
}
```

- Man definiert einen Typ-Parameter spezifisch für diese Methode. Die Definition wird vor dem Rückgabetyt der Methode eingeführt.
- Achtung: Auch falls diese Methode in der Klasse `class Stall<T extends Tier>` definiert wird, ist der Typ-Parameter `T` in der Methode nicht identisch mit dem Typ-Parameter der Klasse, da letzterer nicht-statisch, der Typ-Parameter der (statischen) Methode aber eine statische Eigenschaft ist.

- Wenn ein Parameter ein generischer Typ ist, der genaue Typ aber irrelevant ist, kann man anstelle einer generischen Methode auch einfach eine Methode mit Platzhalter definieren:

```
public static boolean stallBesetzt(Stall<?> stall)
{
    return stall.getBewohner() != null;
}
```

- Dies ist dann möglich, wenn:
 - der Typ-Parameter `T` nur einmal benutzt wird,
 - der Typ des Rückgabewertes nicht von `T` abhängt,
 - der Typ keines anderen Argumentes der Methode von `T` abhängt,
 - das entsprechende Argument für Typ-Polymorphie verwendet wird (d.h., es sind verschiedene Argumenttypen erlaubt).
- Generische Methoden hingegen werden verwendet, um Abhängigkeiten zwischen mehreren Argumenttypen oder Argumenttypen und Rückgabetyt einer Methode herzustellen.

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

Zuweisung von Werten spezielleren Typs an Werte allgemeineren Typs

- Wie wir aus dem Kapitel Vererbung wissen, ist folgende Zuweisung kein Problem:

```
Object objekt = new Object();
Integer integer = new Integer(1);
objekt = integer;
```

- Wie sieht es in folgendem Fall aus?

```
Stall<Schaf> schafstall = new Stall<Schaf>();
Stall<Tier> stall = new Stall<Tier>();
stall = schafstall;
```

- Dieser Versuch ist ungültiger Code. Er würde wieder zu folgendem altbekanntem Problem führen:

```
Stall<Schaf> schafstall = new Stall<Schaf>();
Stall<Tier> stall = new Stall<Tier>();
stall = schafstall; // ungueltig (Typfehler)
stall.setBewohner(new Tier());
Schaf poldi = schafstall.getBewohner(); // ClassCastException
```

- Der Grund dafür ist, dass zwar Schaf eine Unterklasse von Tier, aber Stall<Schaf> *nicht* Unterklasse von Stall<Tier> ist.

Mit der echten Unterklasse SchafStall **extends** Stall<Schaf> haben wir das Problem nicht. Hier kann eben auch nicht *irgendein* Tier angesiedelt werden, sondern nur ein Schaf.

```
SchafStall schafstall = new SchafStall();
Stall<Schaf> stall = new Stall<Schaf>();
stall = schafstall; // ok
stall.setBewohner(new Schaf());
// nicht moeglich:
// stall.setBewohner(new Tier());
Schaf poldi = schafstall.getBewohner();
```

10. Typisierte Klassen

10.1 Einführung: Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung

10.2 Grundlagen

10.3 Vererbung bei typisierten Klassen

10.4 Wildcards, obere und untere Typ-Schranken

10.5 Generische Methoden

10.6 Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen

10.7 Zusammenfassung

Sie kennen jetzt

- die Grenzen der Typ-Polymorphie durch Vererbung und die Lösung der damit verbundenen Probleme durch typisierte Klassen (*generics*),
- die Definition generischer Klassen,
- die Konzepte *heterogene* vs. *homogene* Übersetzung und das Phänomen des Verlustes von Typ-Information (*type erasure*) durch die homogene Übersetzung in Java,
- *raw types* als generische Typen ohne Typangabe (aktuellen Typ-Parameter),
- Vererbung bei typisierten Klassen,
- Wildcards, obere und untere Schranken,
- generische Methoden und Methoden mit Parametern von generischem Typ,
- Ober- und Unterklassen bei typisierten Klassen.