Einführung in die Informatik I
Objekt-orientierte Programmierung

Prof. Bernd Brügge, Ph.D
Technische Universität München

Wintersemester 2000/2001

29. und 30. Januar 2001

Verschiedenes

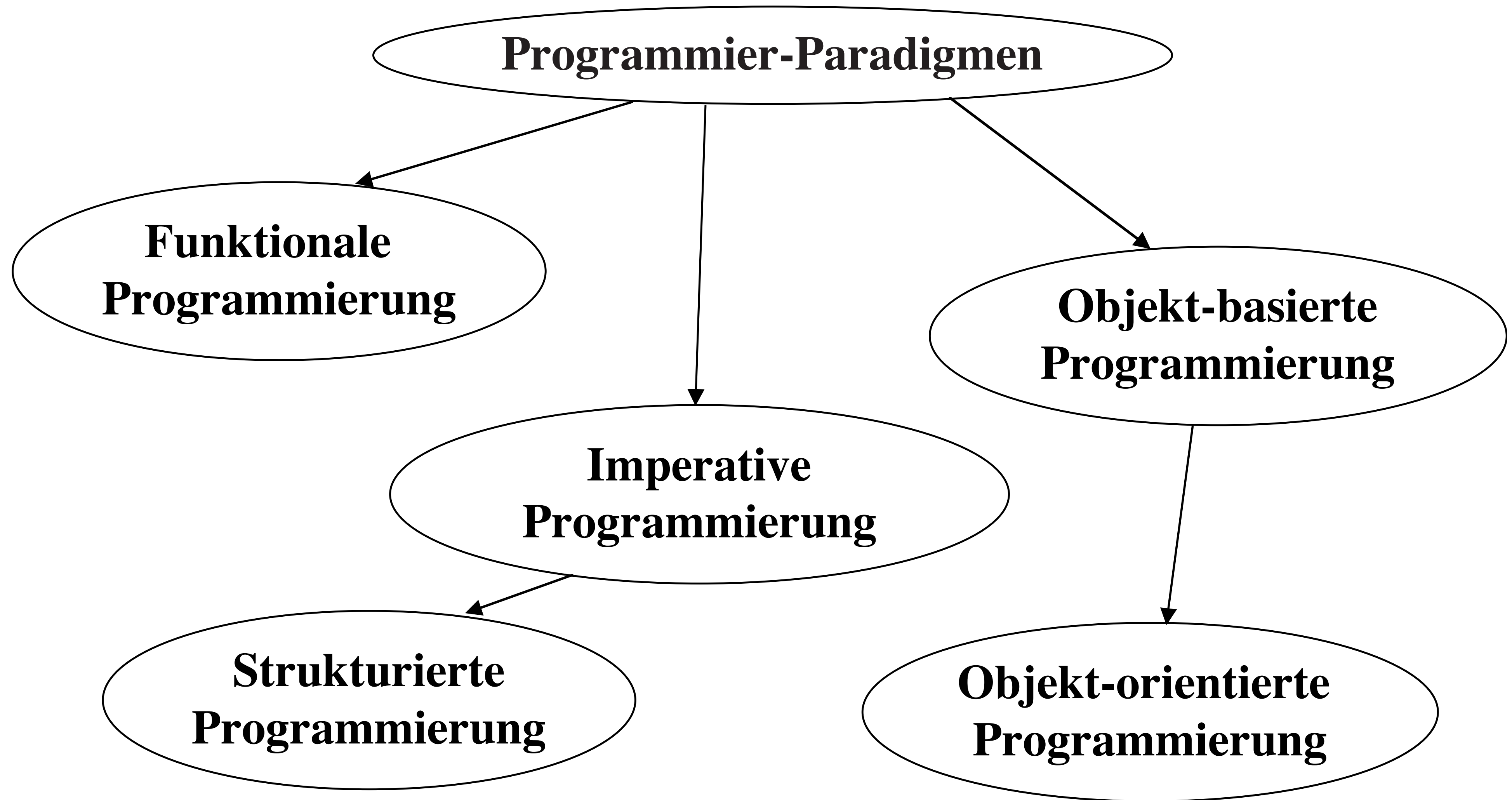
- Deutschsprachige Literatur:
  - Goos: Vorlesungen über Informatik, Band 2, Springer Verlag 2. Auflage, 1999, ISBN 3-540-64340-0.
  - Küchlin, Weber: Einführung in die Informatik, Springer Verlag, 2000, ISBN 3-540-67384-9.
- Englisch-sprachige Literatur:
  - Morelli: Java, Java, Java: Object-Oriented Problem Solving, Prentice Hall, 2000, ISBN 0-13-011332-8.
  - Brügge, Dutoit: Object-Oriented Software Engineering, Prentice Hall, Oct 1999, ISBN-0-13-489725-0.
  - David Flanagan: Java in a Nutshell, O'Reilly, 1997, ISBN 1-56592-304-9.

Copyright 2001 Bernd Brügge

Überblick: Wo stehen wir?

- Funktionale Programmierung: Ein Programm ist eine Menge von Funktionen. Die Ausführung des Programms besteht in der Berechnung eines Ausdrucks mit Hilfe der Funktionen und liefert Ergebniswerte
- Imperative Programmierung: Ein Programm besteht aus einer Menge von Daten und Routinen (Prozeduren, Funktionen). Die Ausführung des Programms verändert die Werte dieser Daten. Die Routinen sind nicht an die Daten gebunden.
  - Strukturierte Programmierung: Alle imperativen Programme können mit Zuweisungs-, **`if`**-, **`for`**-, **`while`**- und **`do-while`**-Anweisungen realisiert werden.
- ***Zwei neue Begriffe:***
- Objekt-basierte Programmierung: Ein Programm ist eine Menge von kooperierenden Klassen, die Daten und Routinen (Methoden genannt) enthalten. *Methoden können nicht außerhalb von Klassen existieren*.
- Objekt-orientierte Programmierung: Ein Programm ist eine Menge von kooperierenden und *wiederverwendbaren* Klassen. Klassen können ihre Eigenschaften *vererben*.

Überblick über die Programmier-Paradigmen



Überblick über diesen Vorlesungsblock

- Themen:
  - Weitere Konzepte der objekt-basierten Programmierung
    - Klassenvariablen und Klassenmethoden
    - Klasse String
  - Konzepte der objekt-orientierten Programmierung
    - Vererbung
    - Abstrakte Klassen und Schnittstellen (interfaces)
    - Generische Klassen
- Ziele:
  - Sie verstehen die Gründe der objekt-orientierten Programmierung
  - Sie können aktiv mit Vererbung umgehen, insbesondere mit Vererbung durch Spezifikation und Vererbung durch Implementation (extends).
  - Sie kennen den Unterschied in Java zwischen Klasse, abstrakter Klasse und Schnittstelle.

Systeme, Klassen und Objekte

- Ein System ist eine Menge von Objekten, die miteinander interagieren.
  – Durch die Interaktion wird der Zustand des Gesamtsystems verändert, der aus den Zuständen der einzelnen Objekte besteht. Der Zustand eines Objektes wiederum wird durch die Werte seiner Attribute bestimmt.

Objekt-Basierte Programmierung

- Jedes Objekt gehört zu einer Menge von Objekten mit gleichen Merkmalen. Wir nennen diese Menge auch Klasse.
- **Definition Klasse:**
  - Die Menge aller Objekte mit gleichen Merkmalen, d.h. mit gleichen Attributen und Operationen.
- **Definition Instanz:**
  - Ein Objekt ist eine Instanz einer Klasse K, wenn es Element der Menge aller Objekte der Klasse K ist.
- Die subtile Unterscheidung zwischen Klassen und Typen ist für uns dabei zunächst unwesentlich:
  - Für uns bedeuten Klassen und Typen dasselbe.

Copyright 2001 Bernd Brügge

Java unterstützt objekt-basierte Programmierung

- Zentrales Konstruktionsmittel bei der **Analyse** von Objekten ist der Klassenbegriff.
- Java unterstützt den Klassenbegriff auch während der **Implementierung**.
  - Eine Java Klassendeklaration spezifiziert die Mitglieder der Klasse, d.h. die Instanzvariablen (instance variables), die Konstruktoren (constructors) und die Methoden der Klasse.
  - Die Attribute der Klasse heißen in Java auch Felder (fields)
- Ein Objekt ist die Instanz einer Klasse.
  - Bei der Erzeugung eines Objektes (mit **`new`**), wird ein passendes Stück Speicher reserviert, auf dem neue Instanzen für die Felder eingerichtet werden.
  - Jedes Objekt hat also eigene Werte für die in der Klasse spezifizierten Attribute.

Beispiel einer Java-Klasse (class)

```
public class  Person {
   private String name = "no name";

   public void Person(String s)    {
     name = s;
   }
   public void setName(String s)    {
      name = s;
   }
   public String getName()     {
      return name;
   }
} // Person
```

Bisher: Instanzvariablen vs Lokale Variablen

- In Vorlesung 09, Folie 39 hatten wir gesagt:
  - Innerhalb einer Klasse unterscheidet Java
    - **Instanzvariablen** (instance variables), die auf Klassenebene als Attribute deklariert werden und in Objekten instantiiert werden.
    - **Lokale Variablen** (local variables), die innerhalb von Methoden, oder allgemeiner innerhalb einer Verbundanweisung, deklariert werden können.
  - Eine Instanzvariable kann einen Modifizierer (modifier) haben (`private`, `public`), eine lokale Variable nicht.
- Jetzt führen wir noch einen weiteren Typ von Variablen ein:
  - Klassenvariablen (class variables).

Klassenvariablen und Klassenmethoden

- In Java gibt es auch Klassenvariablen und Klassenmethoden, die nicht an Objekte, sondern an Klassen gebunden sind.
- Diese Variablen und Methoden werden mit dem Modifikator **`static`** bezeichnet.

Warum Klassenvariablen?

- Instanzvariablen werden bei jeder Instantiierung einer Klasse instantiiert, d.h. *jedes Objekt* vom Typ der Klasse hat *seine eigenen Instanzen der in der Klasse definierten Attribute*.
- Manchmal wollen wir allerdings von einem Attribut nur eine einzige Kopie haben.
- Beispiel:
  - Wir entwickeln eine Klasse Student, und wollen in der Testphase wissen, wie oft die Klasse instantiiert wird.
  - Eine Möglichkeit ist die Anzahl der Objekte vom Typ Student zu zählen. Dazu brauchen wir natürlich eine Variable, die mit der Klasse assoziiert ist, und nicht mit einer bestimmten Instanz.
  - Genau das macht eine Klassenvariable.
- Klassenvariablen werden also typischerweise für globale Buchhaltungsaufgaben für Klassen eingesetzt, z.B. um die Anzahl aller erzeugten Instanzen einer Klasse zu zählen.

Beispiel: Klassenvariable

Klassenvariable

Instanzvariable

```
public class Person {
    static int num_person = 0; // Zählt die Instan-
                               // zen von Person
    private String name;

    public void Person(String s)   {  //Konstruktor
      num_person++;
      name = s;
    }
    public void setName(String s)   {
       name = s;
    }
    public String getName()    {
       return name;
    }
} // Person
```

Klassenvariablen

- **Wichtig**: Ist ein Feld in einer Java Klasse statisch (`static`) deklariert, dann gibt es dieses Feld nur einmal, egal wieviele Objekte von dieser Klasse existieren.
  - Der Name statisch bezieht sich auf die Speicherallokation, die für Klassenvariablen statisch (zur Übersetzungszeit) geschehen kann, und nicht dynamisch (zur Laufzeit), wenn Objekte instantiert werden.
  - Statisch deklarierte Variablen haben nichts "statisches", ihre Werte können während der Laufzeit variieren, genauso wie die Werte anderer Variablen (Instanzvariablen, lokale Variablen).

Klassenmethoden

- Ist eine Methode in einer Java Klasse statisch (**`static`**) deklariert, dann gibt es diese Methode genau einmal, egal wieviele Objekte von dieser Klasse existieren.
  - Die Methode wird dann nicht auf einem Objekt aufgerufen, sondern der Aufruf ist von der Art:
    - **`Klassenname.Methodenname`**(...)
- Beispiel: Die Klassendefinition

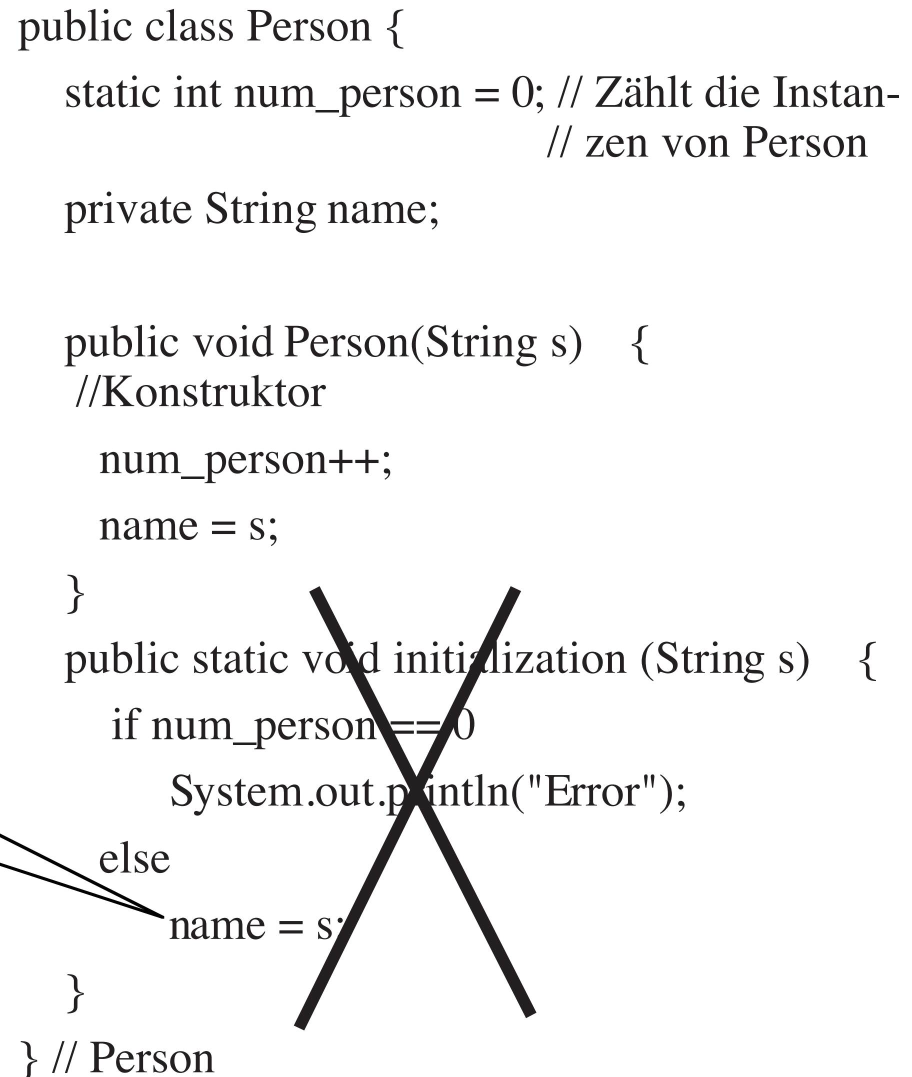
```
class Time {
  public static void stick (Time t) {
  }
}
```

  erlaubt den Aufruf `Time.stick(t)`
- Wir müssen also kein Objekt vom Typ `Time` instantiieren, um `stick` aufzurufen!

Implementation von Klassenmethoden

- Klassenmethoden dürfen bei der Implementation nur auf Klassenvariablen und andere Klassenmethoden direkt zugreifen; Zugriffe auf Instanzvariablen und -methoden sind nur über eine existierende Instanz möglich (Punkt-Notation)!

Geht nicht: Eine Klassenmethode darf keine Instanzvariablen benutzen!



`main` ist nichts anderes als eine Klassenmethode!

```
public class PersonenSystem
{
   public static void main (String[] argv)
   {
    Person person1;
    Person person2;
    person1= new  Person("Socrates");
    person2= new  Person("Plato");
   } // main()
} // PersonenSystem
```

String[] argv: **Eine Reihung von Objekten vom Typ `String` (Argumente der Kommandozeile)**

public static void main:
main ist eine öffentliche (`public`) Klassenmethode (`static`), die kein Ergebnis zurückliefert (`void`).

- Wichtig:
  - Es gibt nur ein **`main`**, egal wie oft PersonenSystem instantiiert wird.
  - **`main`** wird vom Benutzer aufgerufen, indem er den Java-Interpreter mit der Klasse aufruft, deren **`main`**-Methode ausgeführt werden soll:
  - **`% java PersonenSystem a1 a2 a3...`**

Copyright 2001 Bernd Brügge

Zeichenketten in Java (Strings)

- String ist eine vordefinierte Java-Klasse zur Modellierung von Zeichenketten:
  - 2 private Attribute (Instanzvariablen)
    - value: Eine Folge von Zeichen (vom Typ char)
    - count: Die Länge der Zeichenkette
  - Etliche Methoden:
    - Zur Manipulation von Zeichenketten.
- Zeichenketten haben gewisse Eigenschaften von primitiven Datentypen.
  - Beispiel: Zeichenketten können direkt als Werte angegeben werden (Literale).
  - Jede Folge von null oder mehr Zeichen in Gänsefüßchen ist ein Literal:
    - “Socrates” , “ Julia Berger “ , “”

Java-Klasse für Zeichenketten: String

- In Java bezeichnet **`String`** die Klasse aller unveränderlichen Zeichenketten mit gleichbleibender Länge.
  - Die Klasse **`StringBuffer`** bezeichnet die Menge aller variablen Zeichenketten → Info II.
- Zeichenketten werden durch Gänsefüßchen gekennzeichnet: **`"foobar", "Hello World", "",`** ...
- Zeichenketten-Literale werden vorwiegend benutzt, um Variablen vom Typ **`String`** einen Wert zuzuweisen. Als Zuweisungsoperator benutzen wir das Zeichen **`=`**
- Beispiel:
  - **`String s;`**
  - **`s = "foobar";`**
- ***String-Zeichenketten sind nicht veränderlich!***
  (aber: einer Variable vom Typ **`String`** können während des Programmablaufs verschiedene Zeichenketten zugewiesen werden)

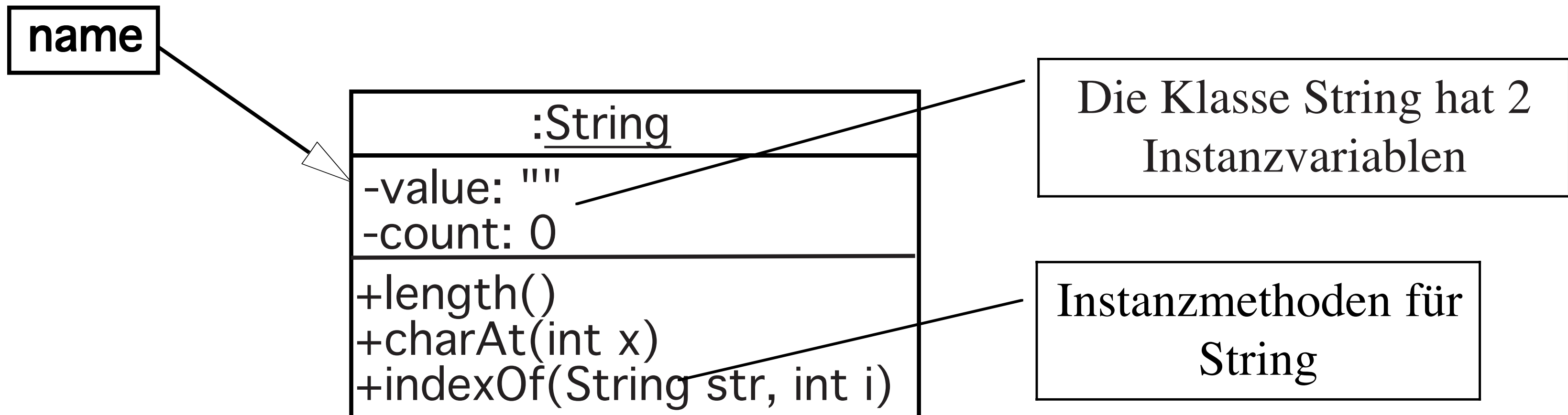
Konstruktion von Zeichenketten in Java

- Für die Klasse **`String`** offeriert Java insgesamt 11 Konstruktoren. Zwei davon sind:

```
public String();                        // Kreiert das leere Wort
public String(String initial_value);    // Kreiert die Kopie einer
                                        // Zeichenkette initial_value
```

- Die folgende Zuweisung kreiert ein **`String`**-Objekt für das leere Wort und speichert die Referenz zu diesem Objekt unter *name* ab:

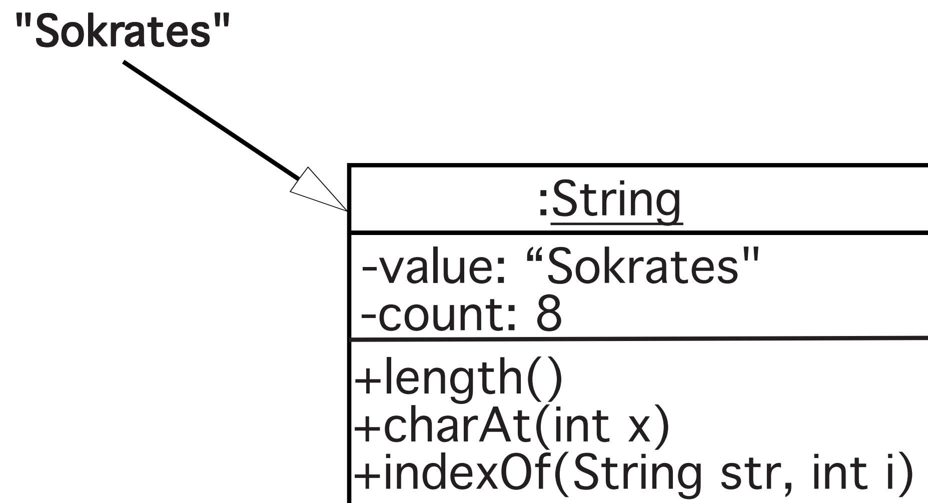
```
String name = new String();
```



Copyright 2001 Bernd Brügge

Konstruktion von Zeichenketten in Java

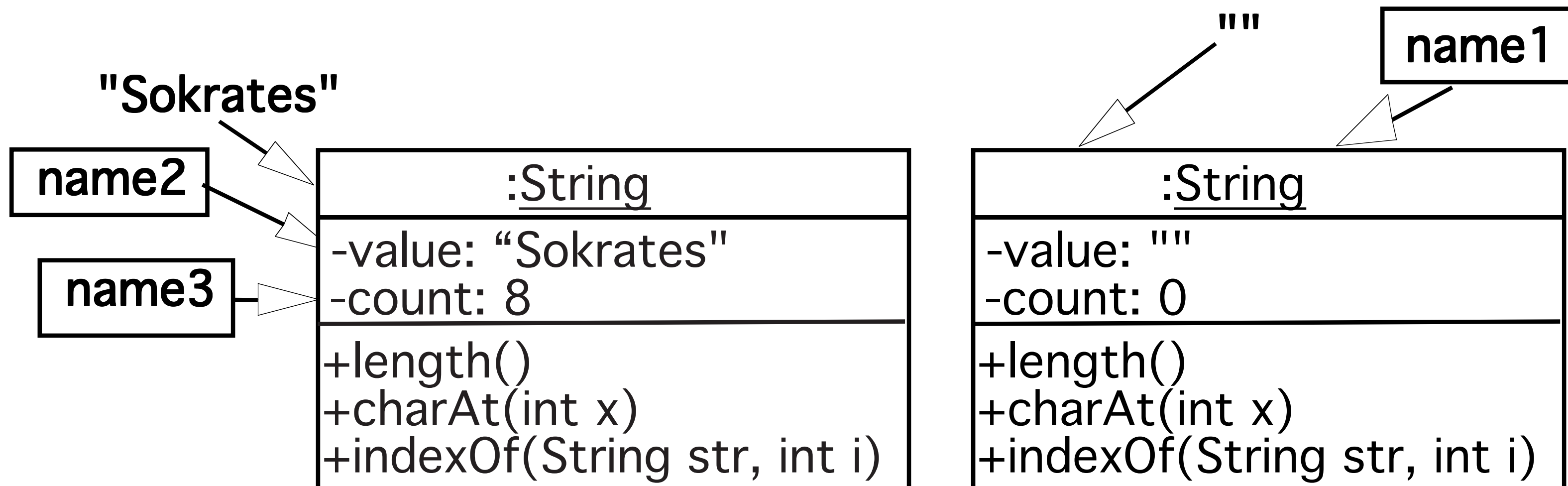
- Ein Literal, z.B. “Sokrates”, wird als Verweisvariable auf ein Objekt vom Typ **`String`** behandelt. Alle Instanzen von “Sokrates” in einem Java-Programm beziehen sich auf ein und dasselbe Objekt.



Konstruktion von Zeichenketten in Java

- Wenn ein Literal einer Variablen vom Typ String zugewiesen wird, zeigen die Werte dieser Variable auch auf das Objekt, das durch das Literal beschrieben wird.

```
String name1 = "";               // Referenz auf das leere Wort
String name2 = "Sokrates";   // Referenzen auf "Sokrates"
String name3 = "Sokrates";
```

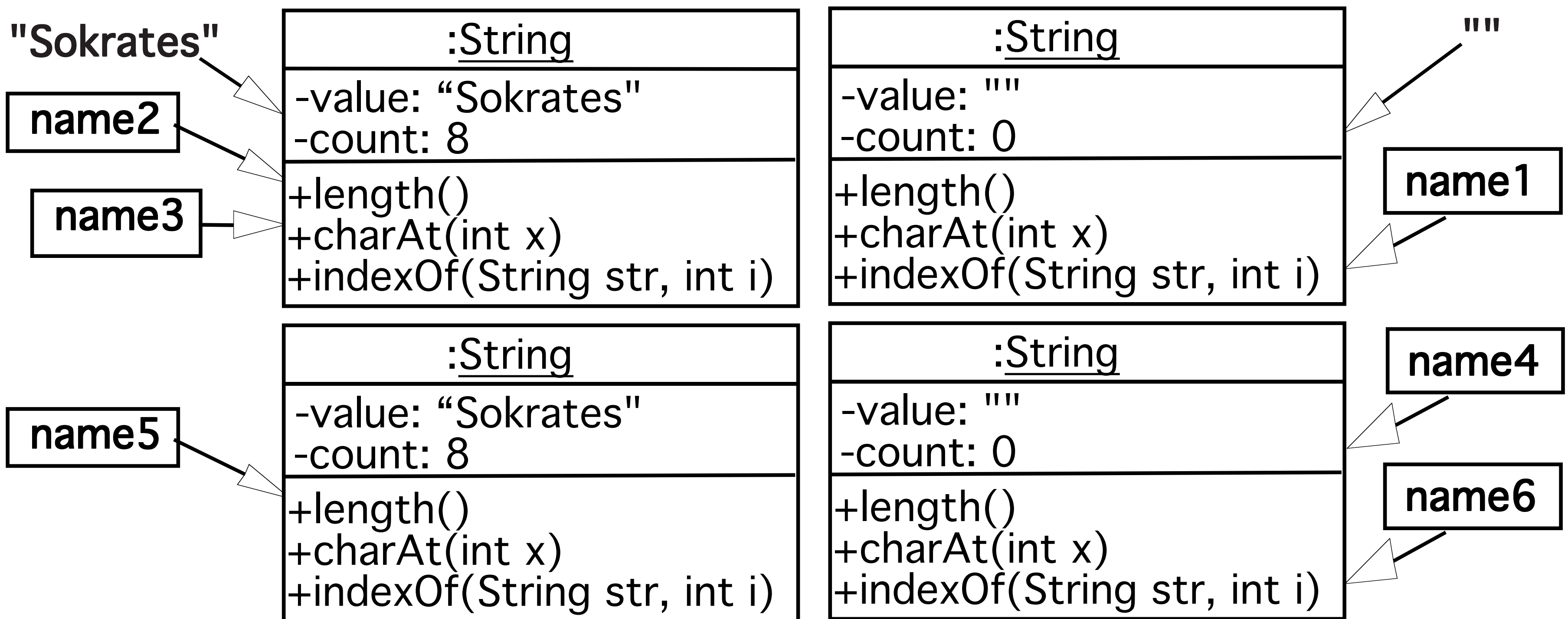


Copyright 2001 Bernd Brügge

Konstruktion von Zeichenketten in Java

❖ Neue `String`-Objekte werden dann erzeugt, wenn der `String`-Konstruktor aufgerufen wird:

```
String name4 = new String();
String name5 = new String("Sokrates");
String name6 = name4;
```



Konkatenation von Zeichenketten

❖ Der **+**-Operator konkateniert Zeichenketten:

```
String lastName = "Onassis";
String jackie = new String("Jacqueline " + "Kennedy " + lastName);
```

“Jacqueline Kennedy Onassis”

❖ Werte von anderen Typen werden automatisch in Zeichenketten konvertiert, wenn sie mit Zeichenketten konkateniert werden. Beispiel: Konkatenation eines Zeichenketten-Literals mit einer Variablen vom Typ **`int`**:

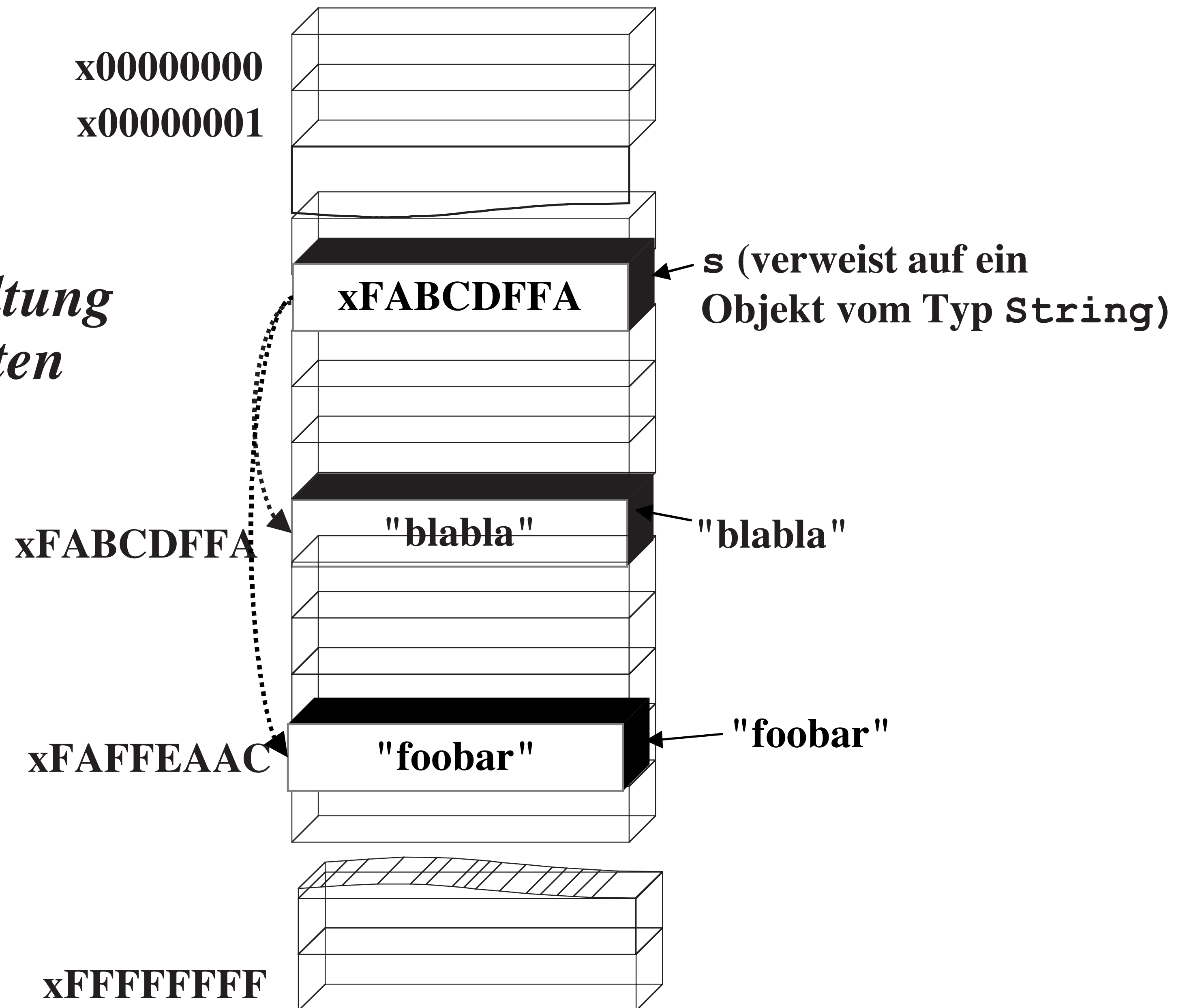
```
int i = 5;
System.out.println("The square root of 25 = " + i);
```

The square root of 25 = 5

Unterschied: Literal und String-Variable

- Ein Java-Compiler alloziert Speicherplatz für jede Zeichenkette, die im Java-Programm vorkommt. Nehmen wir das folgende Beispiel:
  - **`String s, t;`**
  - **`s = "blabla";`**
  - **`s = "foobar";`**
- Was passiert?
  - Der Speicherplatz für die Referenzvariable s wird alloziert.
    - s hat als Wert eine Referenz auf **null**.
  - Der Speicherplatz für die Referenzvariable t wird alloziert.
    - t hat als Wert eine Referenz auf **null**.
  - Der Speicherplatz für das String-Objekt "blabla" wird alloziert.
    - "blabla" ist die Referenz auf dieses Objekt.
  - s bekommt als Wert die Addresse des "blabla“-Objektes
  - Der Speicherplatz für das String-Objekt "foobar" wird alloziert.
    - "foobar" ist die Referenz auf dieses Objekt.
  - s bekommt als Wert die Addresse des "foobar" Objektes
- Fazit:
  - s zeigt auf das "foobar“-Objekt
  - t ist immer noch null
  - Das "blabla“-Objekt wird nicht mehr referenziert

Speicherverwaltung für Zeichenketten



Indizierung von Zeichenketten

- Die Länge einer Zeichenkette ist die Anzahl ihrer Zeichen.

```
String string1 = "";                        // string1.length()  ==> 0
String string2 = "Hello";                   // string2.length()  ==> 5
String string3 = "World";                   // string3.length()  ==> 5;
String string4 = string2 + " " + string3;   // string4.length()  ==> 11;
```

- Die Position eines Zeichens innerhalb einer Zeichenkette ist der *Index*.
  Zeichenketten sind - wie Reihungen - *Null-indiziert*: das erste Zeichen hat den Index 0.

Das letzte Zeichen in einer Zeichenkette von 8 Buchstaben hat den Index 7.

Methoden zum Finden von Teilworten

- Die Methoden indexOf and lastIndexOf sind Instanzmethoden, mit denen man die Indexposition eines Teilwortes (*substring*) innerhalb einer Zeichenkette finden kann:

Index eines Teilwortes:

```
public int indexOf(String substring, int fromIndex);

public int lastIndexOf(String substring, int fromIndex);
```

Beispiele von Zeichenoperationen

- Die indexOf-Methode sucht von links nach rechts innerhalb der Zeichenkette. Die lastIndexOf-Methode sucht von rechts nach links.
- Beispiel: Suche nach einem einzelnen Zeichen "o"
  Wir schreiben das gesuchte Zeichen als String

Das Resultat -1 bedeutet, dass das Zeichen nicht in der Zeichenkette ist.

```
String string1 = "";
String string2 = "Hello";
String string3 = "World";
String string4 = string2 + " " + string3;

string1.indexOf("o", 0)  ==> -1 string1.lastIndexOf("o", 0)  ==> -1
string2.indexOf("o", 0)  ==> 4  string2.lastIndexOf("o", 0)  ==> 4
string3.indexOf("o", 0)  ==> 1  string3.lastIndexOf("o", 0)  ==> 1
string4.indexOf("o", 0)  ==> 4  string4.lastIndexOf("o", 0)  ==> 7
```

Beispiele von Teilwortoperationen

```
String string1 = "";
String string2 = "Hello";
String string3 = "World";
String string4 = string2 + " " + string3;

string1.indexOf("or", 0)  ==> -1  string1.lastIndexOf("or", 0) ==> -1
string2.indexOf("or", 0)  ==> -1  string2.lastIndexOf("or", 0) ==> -1
string3.indexOf("or", 0)  ==> 1   string3.lastIndexOf("or", 0) ==> 1
string4.indexOf("or", 0)  ==> 7   string4.lastIndexOf("or", 0) ==> 7
```

Konvertierung von Daten in Zeichenketten

- Zusätzlich zu den Instanzmethoden offeriert die Klasse **`String`** eine Reihe von ***Klassenmethoden*** **`String.valueOf(`**...**`)`** , die primitive Typen (**`int`**, **`double`**, **`bool`**, **`char`**) in Objekte vom Typ String konvertieren:

```
static public String valueOf(primitiver Typ);
```

```
String number = new String (String.valueOf(128));  // "128"
String truth = new String (String.valueOf(true));    // "true"
String bee = new String (String.valueOf('B'));        // "B"
```

Klassenmethoden werden aufgerufen, indem man den Klassennamen zur Qualifizierung benutzt (siehe Folie 15)

Man beachte den Unterschied zwischen Zeichen ‘B’ und Zeichenkette “B”

Beispiel: Schlüsselwortsuche

- Das Finden von Schlüsselworten oder reservierten Worten ist eine wichtige Aufgabe für Compiler, Browser und Dokument-Editoren.
- Problembeschreibung: Finde alle Instanzen des Schlüsselwortes K innerhalb einer Zeichenkette *S*.

Pseudocode für den Algorithmus: Wir definieren eine Indexvariable pos, einen Zähler sowie eine Zeichenkette R für das Resultat.

```
Setze pos auf den ersten Index von K in S
  While ( pos != -1 ) {
     Erhöhe den Zähler
     Konkateniere pos mit dem Result R
     Setze pos auf den nächsten Index  von K in S
  }
Konkateniere den Wert von Zähler mit R
R ist das Ergebnis
```

Copyright 2001 Bernd Brügge

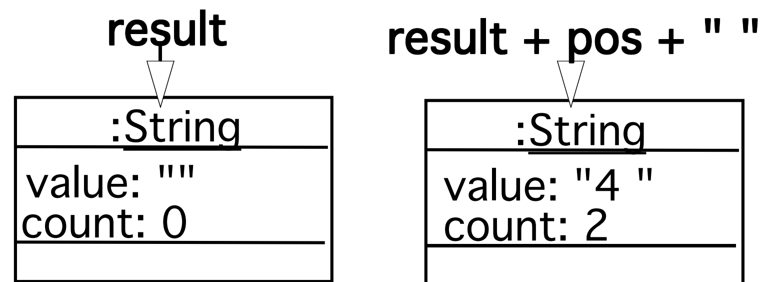
Java Implementation: Schlüsselwortsuche

```
public String keywordSearch(String s, String keyword) {
        String result = "";
        int count = 0;
        int pos = s.indexOf(keyword, 0);
        while (pos != -1) {
            count++;
            result = result + pos + " ";
            pos = s.indexOf(keyword, pos + 1);     // Finde die nächste Position
        }
        result = count + ": " + result;      // Konkateniere  den Zähler
        return result;                            // Resultat eine Zeichenkette
} // keywordSearch()
```

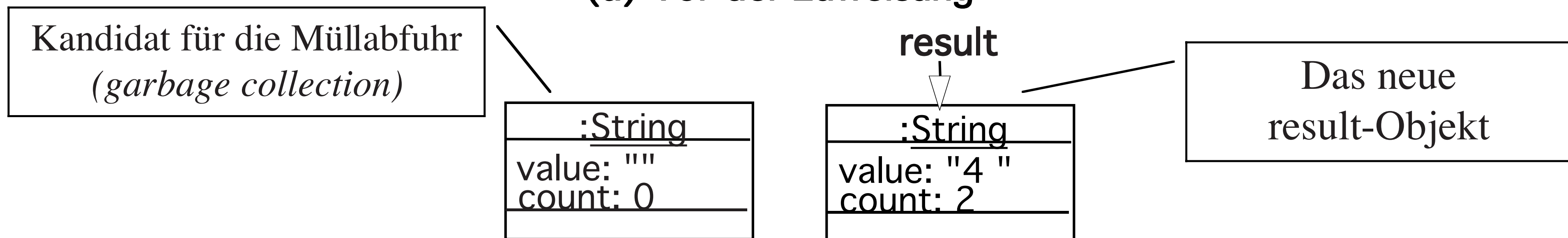
Test	Resultat
keywordSearch("this is a test","is")	2: 2 5
keywordSearch("able was i ere i saw elba","a")	4: 0 6 18 24
keywordSearch("Dies ist ein Test","taste")	0:

Zeichenkettenoperationen erzeugen viele "Waisen"

- Java-Strings können nicht modifiziert werden. Immer, wenn ein neuer Wert einer String-Variablen zugewiesen wird, erzeugt Java ein neues String-Objekt und überlässt das alte der Müllabfuhr.
- Beispiel:
  `result= result + pos + " "; // mit pos == 4`



(a) Vor der Zuweisung



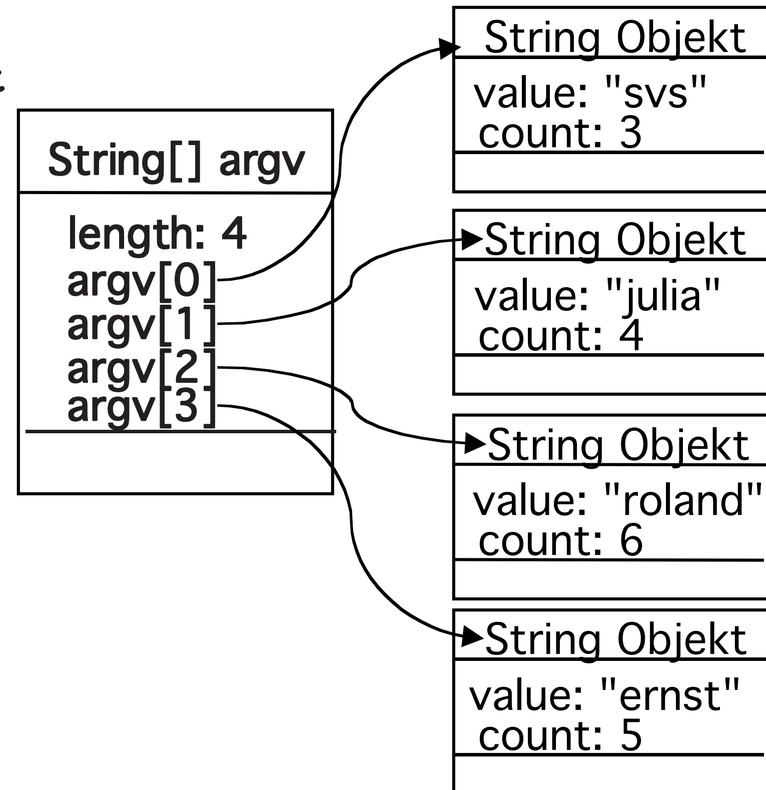
(b) Nach der Zuweisung

Copyright 2001 Bernd Brügge

Die Kommandozeile und der argv-Parameter in main

- **`argv`**, der einzige Parameter von **`main`**, ist eine Reihung von Zeichenketten (array of String), die die Argumente der Komandozeile enthalten, die beim Aufruf von java mitgeliefert wurden. Beispiel:

- **`% java Test svs julia roland ernst`**



- Da **`argv`** eine Reihung von Strings ist, können wir leicht die Anzahl der Komandozeilenargumente bestimmen:
  - **`int argc = argv.length;`**
- **`argv[0]`** ist das erste Argument der Kommandozeile, d.h. **`"svs"`** (nicht der Name der Anwendung **`Test`** wie in C oder C++).

Wo stehen wir jetzt?

- **Objekt-basierte Programmierung:** Bietet Konzepte zur Konstruktion neuer Datentypen mit Hilfe von Klassen
- **Objekt-orientierte Programmierung:** Hauptziel ist die Wiederverwendung (reuse) von Bausteinen (components). Drei Konzepte werden wir jetzt kennenlernen:
  1. **Implementationsvererbung** (implementation inheritance), auch reale Vererbung genannt:

     Wiederverwendung von Implementationen
  2. **Spezifikationsvererbung** (interface inheritance), auch virtuelle Vererbung genannt:

     Wiederverwendung von Schnittstellen
  3. **Generische Klassen**:

     Wiederverwendbarkeit von Datenstrukturen mit unterschiedlichen Basistypen.
- Im folgenden besprechen wir Javakonstrukte für diese Konzepte.

Das Wiederverwendungsproblem kommt in vielen Gestalten

- **"Weißer-Kasten"-Wiederverwendung (white box reuse):**
  - Ich habe Zugriff auf die Entwicklungsprodukte (Modellierung, Systementwurf, Objektentwurf)
  - Ich habe Zugriff auf die Klassenhierarchie und den Java-Code des Programms.
  - Ich muss für dieses Programm eine neue Komponente entwickeln oder in einer anderen Umgebung benutzen oder an einen neuen Kunden anpassen.

- **"Schwarzer-Kasten"-Wiederverwendung (black box reuse)**
  - Ich habe keinen Zugriff auf die Modelle und Entwürfe.
  - Ich habe nur Zugriff auf das lauffähige Programm (binary code).
  - Ich komme eventuell an die Schnittstelle ran.
  - Ich muss dieses Programm an ein anderes anbinden.

In Info I machen wir "Weißer-Kasten"-Wiedervendung

- **1. Implementationsvererbung**: Wiederverwendung von Code
- **2. Spezifikationsvererbung**: Wiederverwendung von Schnittstellen
- **3. Generische Klassen**: Wiederverwendung von Klassen

Implementationsvererbung: Wiederverwendung von Code

- Es gibt schon eine Liste für **`int`**-Elemente; ich brauche eine doppelt verkettete Liste für Addressbucheinträge.
- Mein Kunde möchte einen Keller haben
    - – Die Liste bietet die Operationen Insert(), Find(), Delete()
    - – Der Keller muss die Operationen Push(), Pop(), Top() anbieten
  - – Wie kann ich die **`List`**-Klasse dafür verwenden?
- Ich bin in einer Elektrofirma angestellt und muss einen neuen Mikrowellenherd entwerfen. Kann ich die alte Software verwenden?

Generische Klassen: Wiederverwendung von Klassen

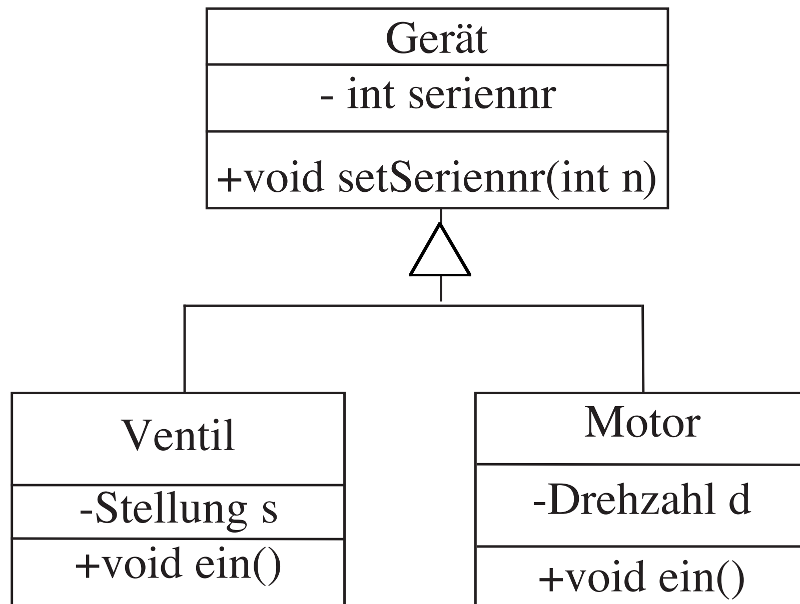
- Ich habe schon eine **`List`**-Klasse für Elemente vom Typ **`int`** und für Elemente vom Typ **`double`** geschrieben.
  - Sie sehen sich sehr ähnlich, unterscheiden sich nur bezüglich des Typs.
- Wie kann ich ohne großen Aufwand Listen bei der Implementation von Adressbüchern, Bauteilkatalogen, Flugzeugreservierungen einsetzen?
- Kann ich die **`Adressbuch`**-Klasse, die ich entwickelt habe, als Subsystem in mein kommerzielles E-Mail-Programm einbinden?
  - Oder sogar in die Abrechnungssoftware meiner Arztkunden, oder in das Kontaktmanagement-System meiner Autoverkäufer?

Das Konzept der Vererbung

- Definition Vererbung (Vorlesung 03):
  - Zwei Klassen stehen in einer **Vererbungsbeziehung** (inheritance relationship) zueinander, falls die eine Klasse - **Unterklasse** genannt - alle Merkmale der anderen Klasse - **Oberklasse** genannt - besitzt, und darüber hinaus noch zusätzliche Merkmale.
  - Umgekehrt verallgemeinert die Oberklasse die Unterklasse dadurch, dass sie spezialisierende Eigenschaften weglässt. Wir nennen das auch **Verallgemeinerungsbeziehung** (generalization relationship).
- **Alternativer Sprachgebrauch (Java):** Eine von einer **Superklasse** (super class) `B` abgeleitete Klasse `A` erbt die Attribute und Methoden, die `B` anbietet.

Beispiel für Vererbung

- **Modell:**




```
// Irgendwo in Main() oder in einer anderen Klasse:
….
Ventil v = new Ventil();
v.setSeriennr(1508)
Geraet g = new Ventil(); // ein Ventil ist ein Gerät
```

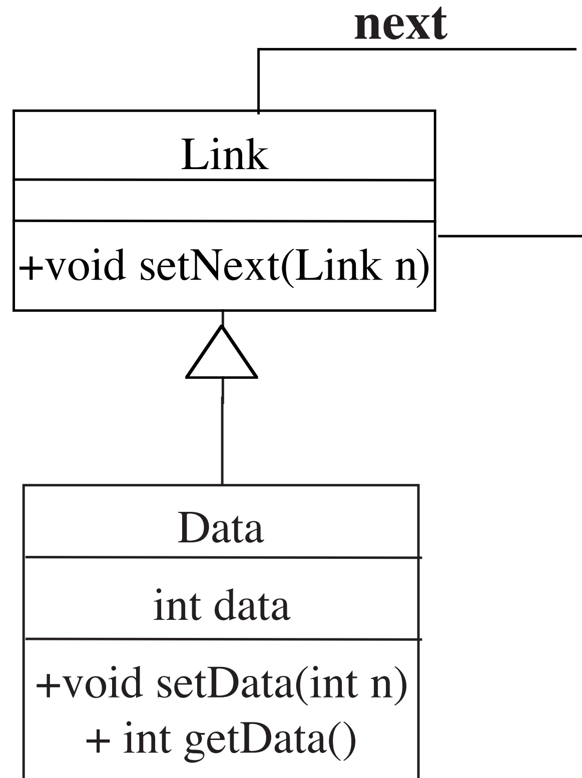
Java Code:

```
class Geraet {
    private int seriennr;
    public void setSeriennr(int n) {
        seriennr = n;
    }
}
class Ventil extends Geraet {
   private Stellung s;
   public void ein() {
     s.an = true;
   }
}
class Motor extends Geraet {
   private Drehzahl d;
   public void ein() {
     d.on = true;
   }
}
```

Copyright 2001 Bernd Brügge

Noch ein Beispiel

❖ **Modell:**



Java Code:

```
class Link {
    Link next;
    public void setNext(Link n) {
        next = n;
    }
}
class Data extends Link {
    int data;
    public void setData(int d) {
        data = d;
    }
}
…..
Link l = new  Data();
l.setData(5000);
…..
```

❖ `Data` erweitert `Link` um ein neues Feld `data` und zwei neue Methoden `setData()` und `getData()`, die auf Objekten vom Typ `Data` aufgerufen werden können.

Überschreibbare Methoden

- Falls die Unterklasse tatsächlich die Implementierung einer Methode aus der Superklasse wiederverwendet, sprechen wir von **Implementations-vererbung** (implementation inheritance).
- Oft ist Flexibilität gefordert: Die Implementierung der Methode aus der Superklasse muss an die Besonderheiten der Unterklasse angepasst werden, und zwar durch eine Reimplementierung.
- Methoden, die eine Reimplementierung zulassen, heißen **überschreibbare Methoden**.
  - In Java sind überschreibbare Methoden Standard, d.h. es gibt kein Schlüsselwort, um überschreibbare Methoden zu kennzeichnen.
  - Wenn eine Methode nicht überschrieben werden darf, muss sie mit dem Schlüsselwort **`final`** gekennzeichnet sein.

Beispiel für die Überschreibung einer Methode

Ursprünglicher Java-Code:

```
class Geraet {
    int seriennr;
    public final void help() {….}
    public void setSeriennr(int n) {
      seriennr = n;
    }
}
class Ventil extends Geraet {
    Stellung s;
    public void ein() {
      s.an = true;
    }
}
```

Neuer Java-Code :

nicht über-schreibbar

```
class Geraet {
    int seriennr;
    public final void help() {….}
    public void setSeriennr(int n) {
      seriennr = n;
    }
}
class Ventil extends Geraet {
    Stellung s;
    public void ein() {
      s.an = true;
    }
    public void setSeriennr(int n) {
      seriennr = n + s.seriennr;
    }
} // class Ventil
```

Diese Definition reimplementiert ("überschreibt") die Methode `setSeriennr()` aus der Klasse `Geraet`

Überschreibbare Methoden werden oft mit leerem Methodenrumpf geschrieben

```
class Geraet {
    int seriennr;
    public void setSeriennr(int n) {}
}
class Ventil extends Geraet {
  Stellung s;
  public void ein() {
     s.an = true;
  }
  public void setSeriennr(int n) {
     seriennr = n + s.seriennr;
  }
} // class Ventil
```

Ich erwarte, dass die Methode `setSeriennr()` überschrieben wird. Also implementiere ich sie nicht, sondern schreibe nur einen leeren Methodenrumpf ("stub")

Überschreibung der Methode setSeriennr() aus der Klasse Geraet

Abstrakte Methoden und Abstrakte Klasse

- Wenn eine Methode noch keine Implementation hat, nicht einmal einen leeren Methodenrumpf, dann sprechen wir von einer **abstrakten Methode** (abstract method)
  - Eine Klasse, die mindestens eine abstrakte Methode enthält, ist eine **abstrakte Klasse** (abstract class). Sie wird mit den Schlüsselworten **`abstract class`** gekennzeichnet.

Beispiel einer abstrakten Methode

Ursprünglicher Java Code:

```
class Geraet {
   int seriennr;
   public void setSeriennr(int n) {
      seriennr = n;
   }
}

class Ventil extends Geraet {
  Stellung s;
  public void ein() {
   s.an = true;
  }
}
```

Abstrakte Methode: hat keinen Rumpf, nicht einmal Klammern {}

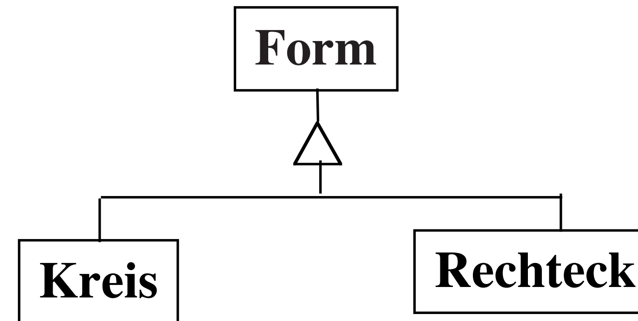
Implementation der abstrakten Methode `setSeriennr()`

Java Code mit abstrakter Methode:

```
abstract class Geraet {
   int seriennr;
   public abstract void setSeriennr(int n);
}

class Ventil extends Geraet {
   Stellung s;
   public void ein() {
    s.an = true;
   }
   public void setSeriennr(int n) {
      seriennr = n;
   }
} // class Ventil
```

Noch ein Beispiel für abstrakte Methoden




```
public abstract class Form {
    public abstract double flaeche();
    public abstract double umfang();
}
class Kreis extends Form{
    private double r;
   private PI = 3.14159265358979323846;
    public Kreis() { r = 1.0; }
    public Kreis(double radius) { r = radius; }
    public double flaeche() { return PI * r * r; }
    public double umfang() { return 2 * PI * r; }
    public double getRadius() { return r; }
}
```

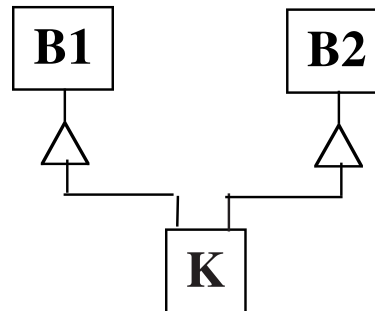
```
class Rechteck extends Form {
    private double b, h;
    public Rechteck() { b = 0.0; h = 0.0; }
    public Rechteck(double breite, double hoehe)
     {b = breite; h = hoehe; }
    public double flaeche() { return b * h; }
    public double umfang() { return 2 * (b + h); }
    public double getBreite() { return b; }
    public double getHoehe() { return h; }
}
```

Eigenschaften von Klassen mit abstrakten Methoden

- Wenn wir eine Methode als abstrakt deklarieren, dann überlassen wir die Implementation einer Unterklasse, die von der Superklasse erbt.
  - Die Signatur der Methode in der Unterklassenimplementation muss mit der Signatur der abstrakten Methode identisch sein.
- Eine Klasse, die eine abstrakte Methode enthält, ist automatisch auch abstrakt, und muss deshalb als abstrakt deklariert werden.
- **Abstrakte Klassen können nicht instantiiert werden:**
  - Nur Unterklassen, in denen alle Methoden implementiert sind, können instantiiert werden.
- Wenn eine Unterklasse einer abstrakten Klasse nicht alle abstrakten Methoden implementiert, dann ist die Unterklasse selber auch abstrakt.

Mehrverfachvererbung

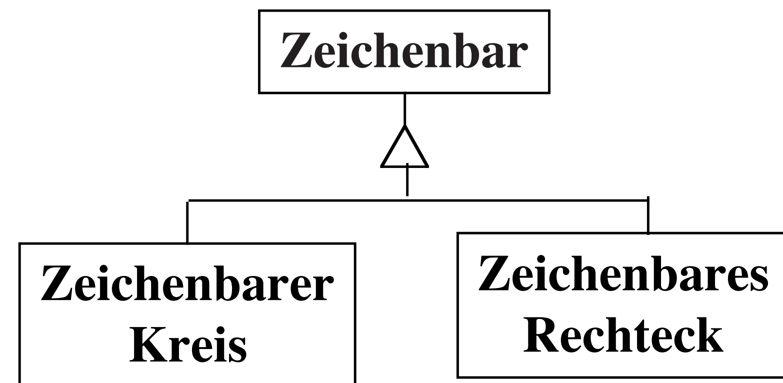
- **Definition Mehrfachvererbung: E**ine Klasse K erbt von mehreren Superklassen $B_1, \ldots, B_n$.



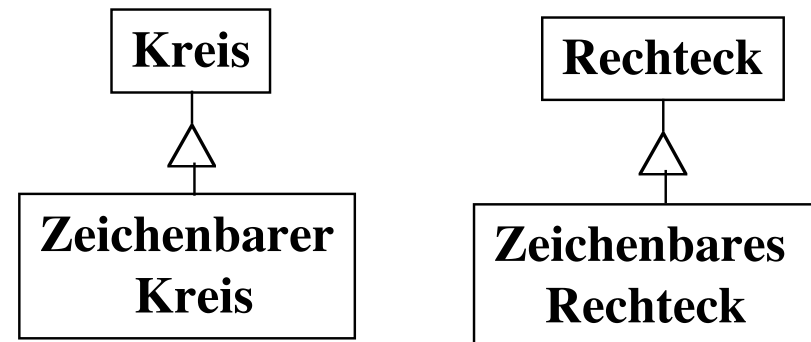
- Mehrfachvererbung kommt in der Modellierung ganz natürlich vor. Schauen wir uns noch einmal die Klasse `Form` an.
  – Wir wollen diese Klasse so erweitern, dass wir eine Anzahl von Formen auf dem Bildschirm malen können.

Modellierung von Zeichenbaren Formen

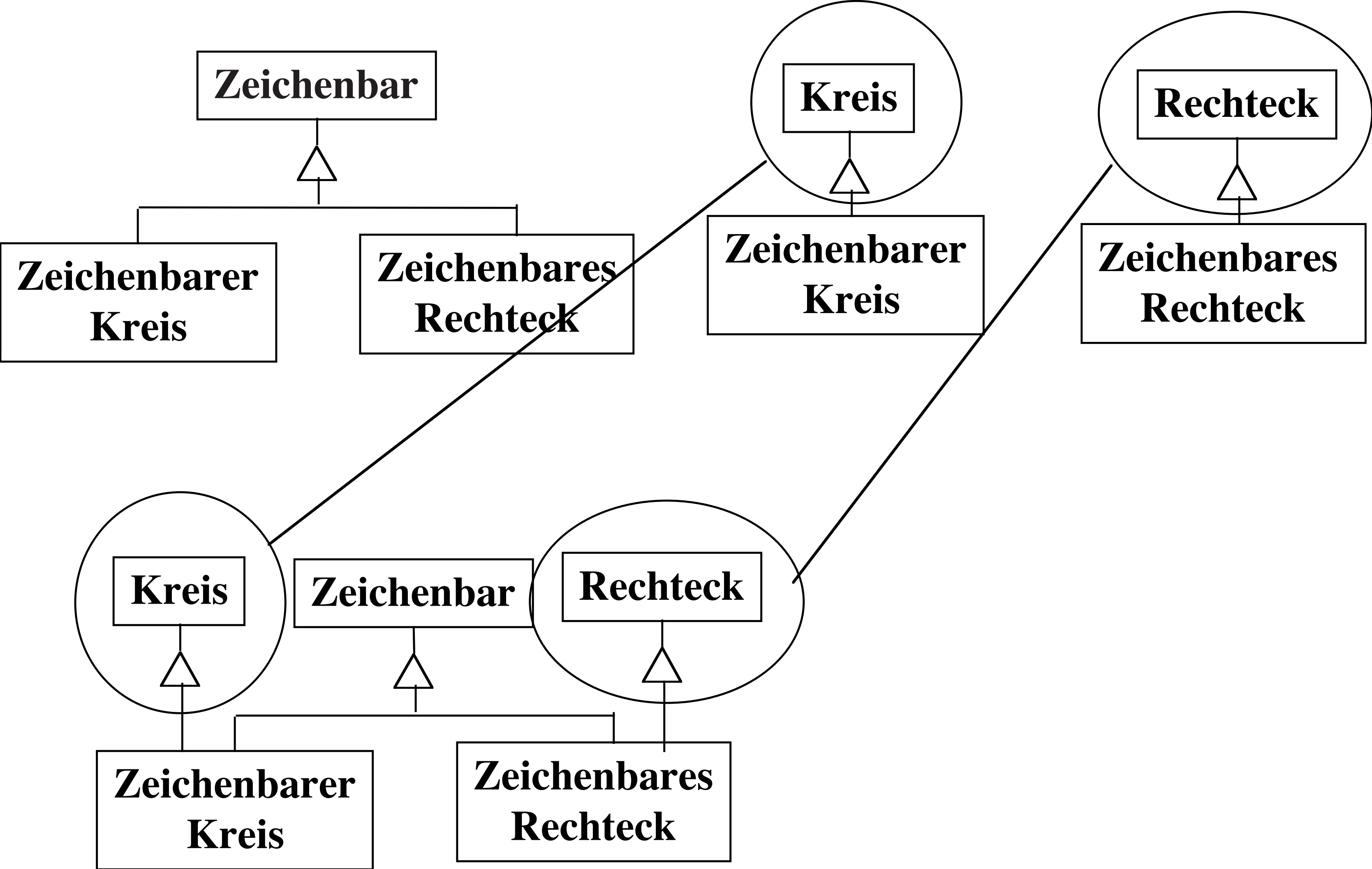
- Wir könnten eine abstrakte Klasse **`Zeichenbar`** definieren, und dann wieder verschiedene Unterklassen definieren, wie z.B. **`ZeichenbarerKreis`**, **`ZeichenbaresRechteck`**, usw.



- Wir wollen aber auch, daß diese **`Zeichenbar`** Typen die Methoden **`flaeche`** und **`umfang`** anbieten.
  - Um diese Methoden zu reimplementieren, würden wir gern **`ZeichenbarerKreis`** zu einer Unterklasse von **`Kreis`** machen, und **`ZeichenbaresRechteck`** zu einer Unterklasse von **`Rechteck`**.

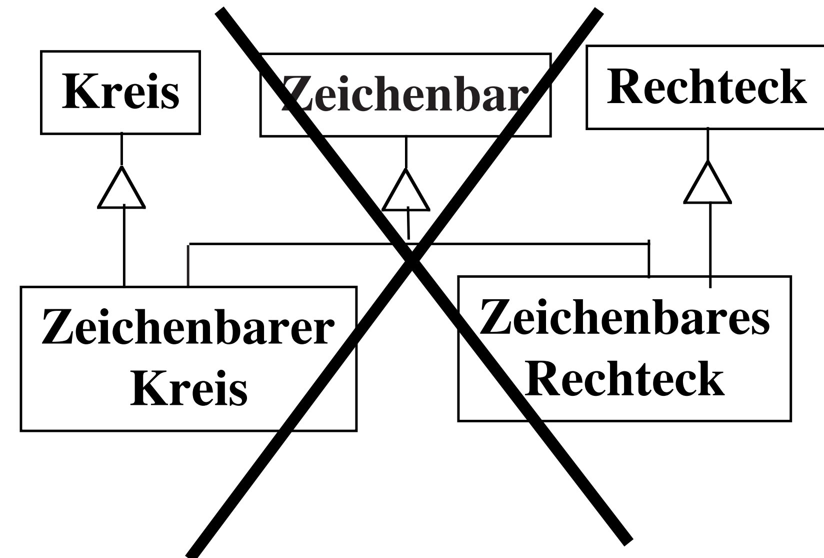


Was wir wollen



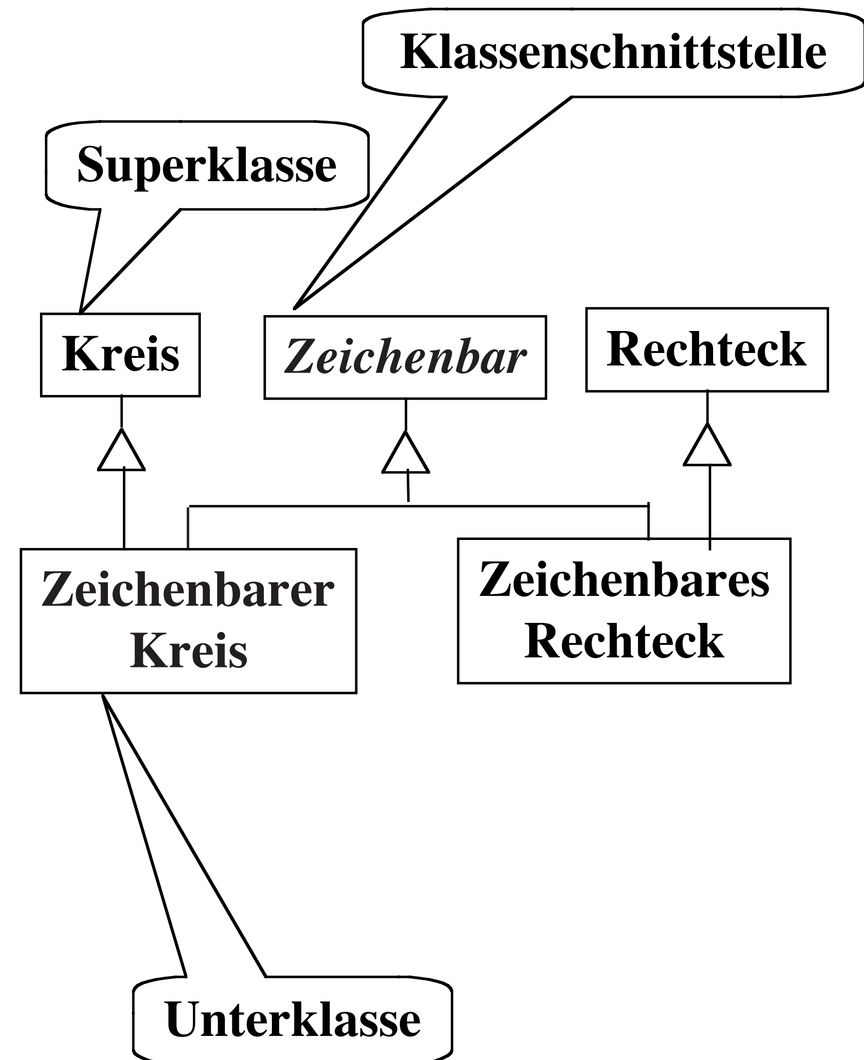
Mehrfachvererbung ist nicht erlaubt

- Java verbietet Mehrfachvererbung.
  - In Java können Klassen nur eine Superklasse haben.
  - Wenn **`ZeichenbarerKreis`** Unterklasse von **`Kreis`** ist, dann kann sie nicht gleichzeitig Unterklasse von **`Zeichenbar`** sein.



Java-Implementation mit Klassenschnittstelle

- Java hat eine andere Lösung zu diesem Problem: die **Klassenschnittstelle** (interface). Eine Klassenschnittstelle ist wie eine abstrakte Klasse mit folgenden Unterschieden:
  - Sie benutzt das Schlüsselwort "`interface`" anstatt "`abstract class`".
  - Sie darf keine Instanzvariablen haben, nur Konstanten ("`final static`").
- In der Modellierung zeichnen wir Klassenschnittstellen besonders aus, und zwar durch Schrägschrift.



Beispiel einer Klassenschnittstelle in Java

Schlüsselwort: interface

```
public interface Zeichenbar {
    public void setFarbe(Farbe f);
    public void setPosition(double x, double y);
    public void zeichne();
}
```

Keine Instanzvariablen: nicht erlaubt!

Ein Interface enthält nur abstrakte Methoden: keinen Rumpf, keine Klammern {}

- Sprachgebrauch:
  - Eine Klasse erweitert (**extends**) ihre Superklasse
  - Eine Klasse implementiert (**implements**) eine Schnittstelle.
- Beispiel:
  - public class ZeichenbaresRechteck extends Rechteck implements Zeichenbar {….

Implementation einer Java-Schnittstelle

```
interface Zeichenbar {
  public void setFarbe(Farbe f);
  public void setPosition(double x,
   double y);
  public void zeichne();
}
```

```
public class ZeichenbaresRechteck extends
    Rechteck implements Zeichenbar {
    private Farbe lf;
    private double lx, ly;
    private zeichneRechteck () {
      // Zeichnet ein Rechteck in Farbe lf in
      // Position lx, ly. Breite und Höhe
      // bekommt man durch Aufruf von
      // getBreite() und getHoehe() (öffentliche
      // Methoden in Rechteck, siehe Folie 44).
    };
    // Implementationen von Zeichenbar:
    public void setFarbe(Farbe f)
      { lf = f; }
    public void setPosition(double x, double y)
      { lx = x; ly = y; }
    public void zeichne()
      { zeichneRechteck(); }
}
```

Namenskonflikte

- Was ist, wenn der Implementierer von **`ZeichenbaresRechteck`** ein Feld **`Farbe f`** definiert hat, und eine abstrakte Methode mit formalem Parameter **`Farbe f`** benutzen muss?

```
interface Zeichenbar {
    public void setFarbe(Farbe f);
    public void setPosition(double x, double y);
    public void zeichne();
}
public class ZeichenbaresRechteck extends Rechteck implements  Zeichenbar{
    private Farbe f;     private double lx, ly;
    public  ZeichenbaresRechteck () { f = red; }
    private zeichneRechteck () {}
    public void setFarbe(Farbe f) { f = f; }
    public void setPosition(double x, double y) { lx = x; ly = y; }
    public void zeichne() { zeichneRechteck(); }
}
```

Namenskonflikt zwischen Instanzvariable f und Formalparameter f

Wir wollen dem Feld f den Wert des Parameters f zuweisen. Aber nicht so!

Bindung und Bindungsbereich

- **Definition Bindung:** Sei x ein beliebiger Bezeichner (Variable, Konstante), t ein Typ und E ein Ausdruck dieses Typs.
  Dann heißt
  - t x = E;

  die **Deklaration des Bezeichners** x.
  Durch die Deklaration ist x an den Wert von E **gebunden**.
- **Definition Bindungsbereich:** Eine Bindung bezieht sich immer auf einen Bereich, den sogenannten Bindungsbereich. In Java werden Bindungsbereiche durch geschweifte Klammern "{" und "}" gekennzeichnet.
- Beispiele von Bindungsbereichen:
  - Formaler Parameter: Methodenrumpf
  - Lokale Variable: Methodenrumpf ab Stelle der Definition
  - Instanz- und Klassenvariable: Innerhalb des Klassenrumpfes
  - Zählvariable: Schleifenkörper

Bindungsbereiche

```
public class ZeichenbaresRechteck extends Rechteck
   implements  Zeichenbar {
   private Farbe f;     ...

   ...
 public void setFarbe(Farbe f)
  {
   ....
  }

 private foo () {
   for (int f = 0; f < 1000; f++) {
     ....
   }
 }
....
} //ZeichenbaresRechteck
```

Bindungsbereich der Instanzvariable f

Bindungsbereich des formalen Parameters f

Bindungsbereich der Schleifenvariable f

Lebensdauer und Gültigkeitsbereich einer Bindung

- In einem Java-Programm kann ein Bezeichner also mehrfach vereinbart werden, gebunden sein, und mit verschiedenen Werten belegt sein.
  Wir unterscheiden deshalb zwischen Lebensdauer und Gültigkeitsbereich einer Bindung.
- **Lebensdauer einer Bindung**:
  Der Bindungsbereich des Bezeichners.
- **Gültigkeitsbereich einer Bindung (scope)**:
  Die Lebensdauer eines Bezeichners abzüglich aller Bindungsbereiche, in denen der Bezeichner erneut gebunden wird.
- **Verschattung**:
  Durch einen Gültigkeitsbereich wird eine andere, außerhalb vorhandene Bindung für denselben Bezeichner außer Kraft gesetzt. Man sagt, die Bindung wird verschattet (überlagert).

Gültigkeitsbereiche des Bezeichners f

```
public class ZeichenbaresRechteck extends Rechteck
   implements  Zeichenbar {
   private Farbe f;     ...

    ...
  public void setFarbe(Farbe f)
   {
    ....
   }

  private foo () {
     for (int f = 0;  f < 1000;  f++) {
      ....
     }
  }
 ....
} //ZeichenbaresRechteck
```

f f f

Copyright 2001 Bernd Brügge

Die "this"-Referenz

- Schauen wir uns noch einmal an, wie Instanzmethoden in Java benutzt werden:

```
{ ….
   class Link {
      private int data;
     …
     public int getData() { return data};
   } // class Link
….
Link current;
….
current.getData();
….
}
```

- Jede Instanzmethode bezieht sich implizit auf eine Instanz **`this`**; **`this`** entspricht genau der Instanz, für welche die Methode aufgerufen ist.
- Die Deklaration

  public int getData() { return data; }

  ist also eigentlich eine Kurzschreibweise von

  public int getData() { return **this**.data; }

  wobei **`this`** das aktuelle Objekt referenziert.
- Im Normalfall wird **`this`** nicht benötigt: Methoden greifen implizit auf die Felder zu, die in der Klasse deklariert sind:
  - **`return data`**
- Nur im Falle von Verschattungen benutzen wir **`this`** explizit:
  - **`return this.data`**

Lösung des Namenskonfliktes

- Mit **`this.f`** können wir auf die Instanzvariable **`f`** in **`ZeichenbaresRechteck`** zugreifen, obwohl sie verschattet ist.

```
interface Zeichenbar {
    public void setFarbe(Farbe f);
    public void setPosition(double x, double y);
    public void zeichne();
}
public class ZeichenbaresRechteck extends Rechteck implements  Zeichenbar{
    private Farbe f;     private double lx, ly;
    public  ZeichenbaresRechteck () { f = red; }
    private zeichneRechteck () {}
    public void setFarbe(Farbe f) { this.f = f; }
    public void setPosition(double x, double y) { lx = x; ly = y; }
    public void zeichne() { zeichneRechteck(); }
}
```

Wie benutzt man Klassenschnittstellen in Java?

- Im Gegensatz zur Vererbung von Klassen, bei denen in Java nur die Einfachvererbung zulässig ist, können auch mehrere (Klassen-)Schnittstellen mittels der **`implements`**-Klausel aufgeführt und implementiert werden.
- Eine Klasse, die eine Schnittstelle realisiert, muss alle in der Schnittstelle genannten Methoden implementieren.
- Eine Schnittstelle ist in Java ein Referenztyp (reference type), d.h. man kann Variablen oder Parameter mit einer Schnittstelle als Typ deklarieren.
  – Dies wird oft bei der Programmierung generischer Klassen gemacht.

Konzepte für Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit in Java

- ✓ Implementations-Vererbung
- ✓ Spezifikations-Vererbung
- ✓ Abstrakte Klassen
- ✓ Klassenschnittstellen
- ➔ Generische Klassen

Generische Klassen

- Wir haben die Klassen **`LinkList`** und **`Tree`** in den letzten Vorlesungen eingeführt, um grundsätzliche Konzepte für Listen- und Baumoperationen zu erklären.
  - Aus diesem Grund hatten wir uns auf Listen und Bäume beschränkt, deren Knoten nur applikationspezifische Daten vom Typ **`int`** speichern konnten.
  - Was uns jetzt interessiert, ist die Frage, ob wir diese Strukturen auch für Abstraktionen aus der Applikationsdomäne (Personen, Autoteile, Flugzeugreservierungen, …) nehmen können.
- Wir wollen deshalb jetzt Listen- und Baum-Klassen entwickeln, die eine generelle Knotenklasse benutzen, in der wir beliebige Daten speichern und verarbeiten können.
- Fangen wir mal mit der Liste von **`int`**-Knoten an.
  Schauen wir uns noch einmal die Implementation des **`int`**-Listenelementes an.

Java-Implementation von `int`-Listenelementen

```
class Link {
    private     int    data;     // Datum
    private Link next;  // Nächster Eintrag
                        // in Liste

public Link (  int      value)   {
    data = value;   // Initialisiere Datum
    next = null;    // Initialisiere next
   }
public    int    getData () {
    return data;
}
public void setData (int        value) {
   data = value;
}
```

```
public Link getNext () {
    return next;
}
public void setNext (Link n) {
   next = n;
}
public void displayLink ()     {
      System.out.print("{" + data + " } ");
      }
}  // end class Link
```

Copyright 2001 Bernd Brügge

Java-Implementation von generischen Listenelementen

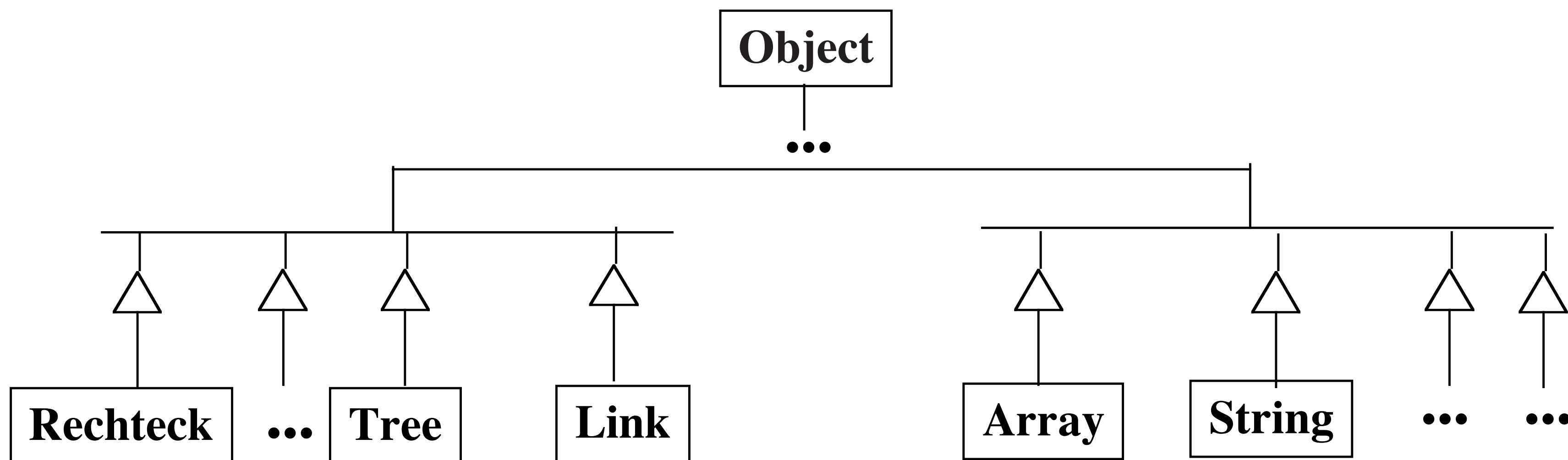
```
class Link {
    private Object data;     // Datum
    private Link next;  // Nächster Eintrag
                        // in Liste

public Link (Object value)   {
    data = value;   // Initialisiere Datum
    next = null;    // Initialisiere next
  }
public Object getData () {
    return data;
}
public void setData (Object value) {
   data = value;
}
```

```
public Link getNext () {
    return next;
}
public void setNext (Link n) {
   next = n;
}
public void displayLink ()     {
      System.out.print(data.toString());
      }
}  // end class Link
```

Java's Klassenhierarchie

- In Java unterscheiden wir benutzerdefinierte Klassen und vordefinierte Klassen.
  - Benutzerdefinierte Klassen: **`Rechteck`**, **`Link`**, **`Tree`**,...
  - Vordefinierte Klassen: **`Array`**, **`String`**,...
- Alle Klassen in Java bilden eine Klassenhierarchie.
  - Die Superklasse der Klassenhierarchie heißt **`Object`**
  - Jede Java-Klasse, bis auf **`Object`**, hat eine Superklasse.



Copyright 2001 Bernd Brügge

Die Java-Klasse `Object`

> **Vollständige Definition von Object**
> **=> Java Referenz-Manual**

```
public class Object {
    ….
    // Instanzmethoden
    public boolean equals(Object obj);
        // true, wenn beide Objekte gleich sind.
    ….
    public String toString();
        // Konvertiert die Werte der Felder eines Objektes in eine Zeichenkette
    ….
}
```

Copyright 2001 Bernd Brügge

Java-Implementation: Verkettete Liste von `int`-Elementen

```
class LinkList {
   private Link head;                  // Referenz auf das erste Element in der Liste

   public LinkList () {                // Konstruktor
     head = null;                      // Noch keine Elemente in der Liste
   }

   public boolean isEmpty () {         // wahr, wenn Liste leer ist
     return (head == null);
   }

   public void insertFirst (int value)  {        // Erzeuge ein neues Element am Anfang
     newLink = new Link(value);
     newLink.setNext(head);            // newLink zeigt auf den alten Wert von head
     head = newLink;                   // head zeigt auf das neue Element
   }
}
```

Copyright 2001 Bernd Brügge

Java-Implementation einer generischen Liste 1/30/01

```
class LinkList {
  private Link head;                    // Referenz auf das erste Element in der Liste

  public LinkList () {                  // Konstruktor
    head = null;                        // Noch keine Elemente in der Liste
  }

  public boolean isEmpty () {           // wahr, wenn Liste leer ist
    return (head == null);
  }

  public void insertFirst (Object value)  {}
  public Link find(String key) { return null; }

} // class Linklist
```

Wir schreiben diese Methoden mit leeren Rümpfen (stubs), weil wir sie ohnehin überschreiben wollen.