

Einführung in die Informatik

Control Structures and Iterators

If, while, for und Iteratoren

Wolfram Burgard
Cyrill Stachniss

Motivation

- Bisher bestanden die Rümpfe unserer Methoden aus einzelnen Statements, z.B. Wertzuweisungen oder Methodenaufrufen.
- Es gibt bisher keine Möglichkeit, Statements nur in Abhängigkeit bestimmter Umstände auszuführen.
- Durch **bedingte Anweisungen und Schleifen** können wir **flexiblere Methoden** schreiben und **deutlich mächtigere Modelle** entwickeln.

Das `if`-Statement

- Java stellt mit dem `if-Statement` eine Form der **bedingten Anweisung** zur Verfügung.
- Mit Hilfe des `if-Statements` können wir eine **Bedingung** testen und, je nach Ausgang des Tests, eine von zwei Anweisungen durchführen.

```
if (condition)
    statement1
else
    statement2
```

Das `if`-Statement

- Beispiel:

```
if (axles == 2)
    tollDue = 4;
else
    tollDue = 5 * axles;
```

- **Zeile 1** enthält den **Test**, den wir ausführen.
- **Zeile 2** enthält das Statement, das bei **erfolgreichem Test** ausgeführt wird.
- **Zeile 3** enthält das **Schlüsselwort** `else` und läutet den Teil ein, der ausgeführt wird, wenn der Test fehlschlägt.
- **Zeile 4** enthält das Statement, welches bei **negativem Ausgang des Tests** ausgeführt wird.

Mehrere Anweisungen in `if`-Statements

- In der Grundversion des `if`-Statements können nur einzelne Statements im `then-Teil` und `else-Teil` verwendet werden.
- Sollen **mehrere Statements** ausgeführt werden, muss man diese zu einem **Block zusammenfassen**, indem man sie in Klammern (`{` und `}`) einschließt.

```
if (x>y) {  
    System.out.print(x);  
    System.out.print(" is greater than ");  
    System.out.println(y);  
}
```

```
else {  
    System.out.print(x);  
    System.out.print(" is not greater than ");  
    System.out.println(y);  
}
```

zusammen-
gesetzte
Statements

Multiple `if`-Statements

- Java erlaubt es auch das `else-Statement` wegzulassen, d.h. es wird kein Code ausgeführt, wenn die Bedingung falsch ist.
- Verschiedene `if-Statements` können auch geschachtelt werden

```
if (X>2)
    if (X<5)
        System.out.println("X liegt zwischen 2 und 5");
    else
        System.out.println("X ist größer als 5");
```

- Des Weiteren sind **kaskadierte `if-Statements`** möglich

```
if (X>2)
    System.out.println("X ist größer als 2");
else if (X<0)
    System.out.println("X ist kleiner als 0");
else
    System.out.println("X ist größer als 2 oder kleiner als 0");
```

Zu welchem `if` gehört ein `else`?

- Ein `else` gehört immer zu dem letzten `if`, für das noch ein `else` fehlt.
- Unser Beispiel entspricht daher:

```
if (X>2) {  
    if (X<5)  
        System.out.println("X liegt zwischen 2 und 5");  
    else  
        System.out.println("X ist größer als 5");  
}
```

- Beachten Sie die **Einrückung der Statements**. Diese **sollte die Zuordnung der Statements widerspiegeln**.

Bedingungen in `if`-Statements

- Die **Bedingung** eines `if`-Statements muss ein **Ausdruck** sein, der entweder wahr oder falsch ist.
- Im Moment schränken wir uns auf Vergleiche zwischen Zahlwerten ein.
- Java stellt folgende **Operatoren für den Vergleich von Zahlen** zur Verfügung:

Operator	Bedeutung
<	kleiner
>	größer
==	gleich
<=	kleiner gleich
>=	größer gleich
!=	ungleich

Der Typ `boolean`

- Für **logischen Werte** **wahr** und **falsch** gibt es in Java einen primitiven Datentyp `boolean`
- Die **möglichen Werte** von Variablen dieses Typs sind `true` und `false`.
- Wie Integer-Variablen kann man auch Variablen vom Typ `boolean` vereinbaren.
- Diesen Variablen können **Werte logischer Ausdrücke** zugewiesen werden.

Anwendung vom Typ boolean

Typische Situation:

```
boolean hasOvertime;  
if (hours > 40)  
    hasOvertime = true;  
else  
    hasOvertime = false;  
...  
if (hasOvertime) // same as: if (hasOvertime == true)  
    ...
```

Alternative:

```
boolean hasOvertime;  
hasOvertime = (hours > 40);  
...  
if (hasOvertime)  
    ...
```

Logische Operatoren und zusammengesetzte logische Ausdrücke

- Häufig besteht eine Bedingung aus **mehreren Teilbedingungen** die gleichzeitig erfüllt sein müssen.
- Java erlaubt es, mehrere Tests mit Hilfe **logischer Operatoren** zu einem Test zusammenzusetzen:


```
hours > 40 && hours <= 60
```

- Der **&&-Operator** repräsentiert das logische **Und**.
- Der **||-Operator** realisiert das logische **Oder**.
- Der **!-Operator** realisiert die **Negation**.

Zusammengesetzte `if`-Anweisungen und Operatoren


- `if`-Anweisungen mit Operatoren können auch zerlegt werden in einzelne `if`-Anweisungen

```
if (condition1)
    statement
else if (condition2)
    statement
```



```
if (condition1 || condition2)
    statement
```

```
if (condition1)
    if (condition2)
        statement
```



```
if (condition1 && condition2)
    statement
```

Präzedenzregeln für logische Operatoren

- Der **!-Operator** hat die höchste Präzedenz von den logischen Operatoren. Zweithöchste Präzedenz hat der **&&-Operator**. Schließlich folgt der **||-Operator**.
- Der Ausdruck

```
if (this.hours < hours ||  
    this.hours == hours && this.minutes < minutes)
```

hat daher die gleiche Bedeutung wie

```
if (this.hours < hours ||  
    (this.hours == hours && this.minutes < minutes))
```

- **Durch Klammern werden Ausdrücke leichter lesbar!**

Schleifen

- Neben bedingten Anweisungen ist es in der Praxis häufig erforderlich, ein und dieselbe Anweisung oder Anweisungsfolge auf vielen Objekten zu wiederholen.
- Beispielsweise möchte man das Gehalt für mehrere tausend Mitarbeiter berechnen.
- In Java gibt es mit dem **while-Statement** eine weitere Möglichkeit die Programmausführung zu beeinflussen.
- Insbesondere lassen sich mit dem **while-Statement** Anweisungsfolgen beliebig oft wiederholen.

Das `while`-Statement

- Das erste Wiederholungskonstrukt **while-Schleife**.
- Die allgemeine Form ist:

```
while (condition)
    body
```
- Dabei sind die **Bedingung** (`condition`) und der **Rumpf** (`body`) ebenso wie bei der `if`-Anweisung aufgebaut.
- Die **Bedingung** im **Schleifenkopf** ist ein logischer Ausdruck vom Typ `boolean`.
- Der **Rumpf** ist ein einfaches oder ein zusammengesetztes **Statement**.

Ausführung der `while`-Anweisung

1. Es wird **zunächst die Bedingung überprüft**.
2. Ist der **Wert des Ausdrucks `false`**, wird die **Schleife beendet**. Die Ausführung wird dann mit der nächsten Anweisung fortgesetzt, die unmittelbar auf den Rumpf folgt.
3. Wertet sich der **Ausdruck** hingegen zu **`true`** aus, so wird der **Rumpf der Schleife ausgeführt**.
4. Dieser Prozess wird **solange wiederholt, bis** in Schritt 2. der Fall eintritt, dass **sich der Ausdruck zu `false` auswertet**.

Beispiel: Einlesen aller Zeilen von `www.whitehouse.gov`

```
import java.net.*;
import java.io.*;

class WHWWWLong {
    public static void main(String[] arg) throws Exception {
        URL u = new URL("http://www.whitehouse.gov/");
        BufferedReader whiteHouse = new BufferedReader(
            new InputStreamReader(u.openStream()));
        String line = whiteHouse.readLine(); // Read first object.
        while (line != null) {                // Something read?
            System.out.println(line);         // Process object.
            line = whiteHouse.readLine();     // Get next object.
        }
    }
}
```

Anwendung der while-Schleife zur Approximation

Viele Werte (Nullstellen, Extrema, ...) **lassen sich** (in Java) **nicht durch geschlossene Ausdrücke berechnen**, sondern müssen **durch geeignete Verfahren approximiert** werden.

Beispiel: Approximation von $\sqrt[3]{x}$

Ein beliebtes Verfahren ist die Folge
$$x_{n+1} = x_n - \frac{x_n^3 - x}{3 * x_n^2},$$

wobei $x_1 \neq 0$ ein beliebiger Startwert ist.

Mit $n \rightarrow \infty$ konvergiert^a x_n gegen $\sqrt[3]{x}$, d.h. $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \sqrt[3]{x}$

^a Sofern kein $x_n = 0$

Muster einer Realisierung

- Zur näherungsweise Berechnung verwenden wir eine `while`-Schleife.
- Dabei müssen wir **zwei Abbruchkriterien** berücksichtigen:
 1. Das **Ergebnis ist hinreichend genau**, d.h. x_{n+1} und x_n unterscheiden sich nur geringfügig.
 2. Um zu vermeiden, dass die Schleife nicht anhält, weil die gewünschte Genauigkeit nicht erreicht werden kann, muss man die **Anzahl von Schleifendurchläufen begrenzen**.
- Wir müssen also solange weiter rechnen wie folgendes gilt:

```
Math.abs((xnPlus1 - xn)) >= maxError && n < maxIterations
```

Das Programm zur Berechnung der Dritten Wurzel

```
import java.io.*;

class ProgramRoot {
    public static void main(String arg[]) throws Exception{
        BufferedReader br = new BufferedReader(
            new InputStreamReader(System.in));

        int n = 1, maxIterations = 1000;
        double maxError = 1e-6, xnPlus1, xn = 1, x;

        x = Double.valueOf(br.readLine()).doubleValue();
        xnPlus1 = xn - ( xn * xn * xn - x) / (3 * xn * xn);
        while (Math.abs((xnPlus1 - xn)) >= maxError && n < maxIterations){
            xn = xnPlus1;
            xnPlus1 = xn - ( xn * xn * xn - x) / (3 * xn * xn);
            System.out.println("n = " + n + ": " + xnPlus1);
            n = n+1;
        }
    }
}
```

Anwendung des Programms

Eingabe: -27

```
n = 1: -5.685155555555555
n = 2: -4.068560488977107
n = 3: -3.256075689936079
n = 4: -3.0196112473705674
n = 5: -3.0001270919925287
n = 6: -3.000000005383821
n = 7: -3.0
Process ProgramRoot finished
```

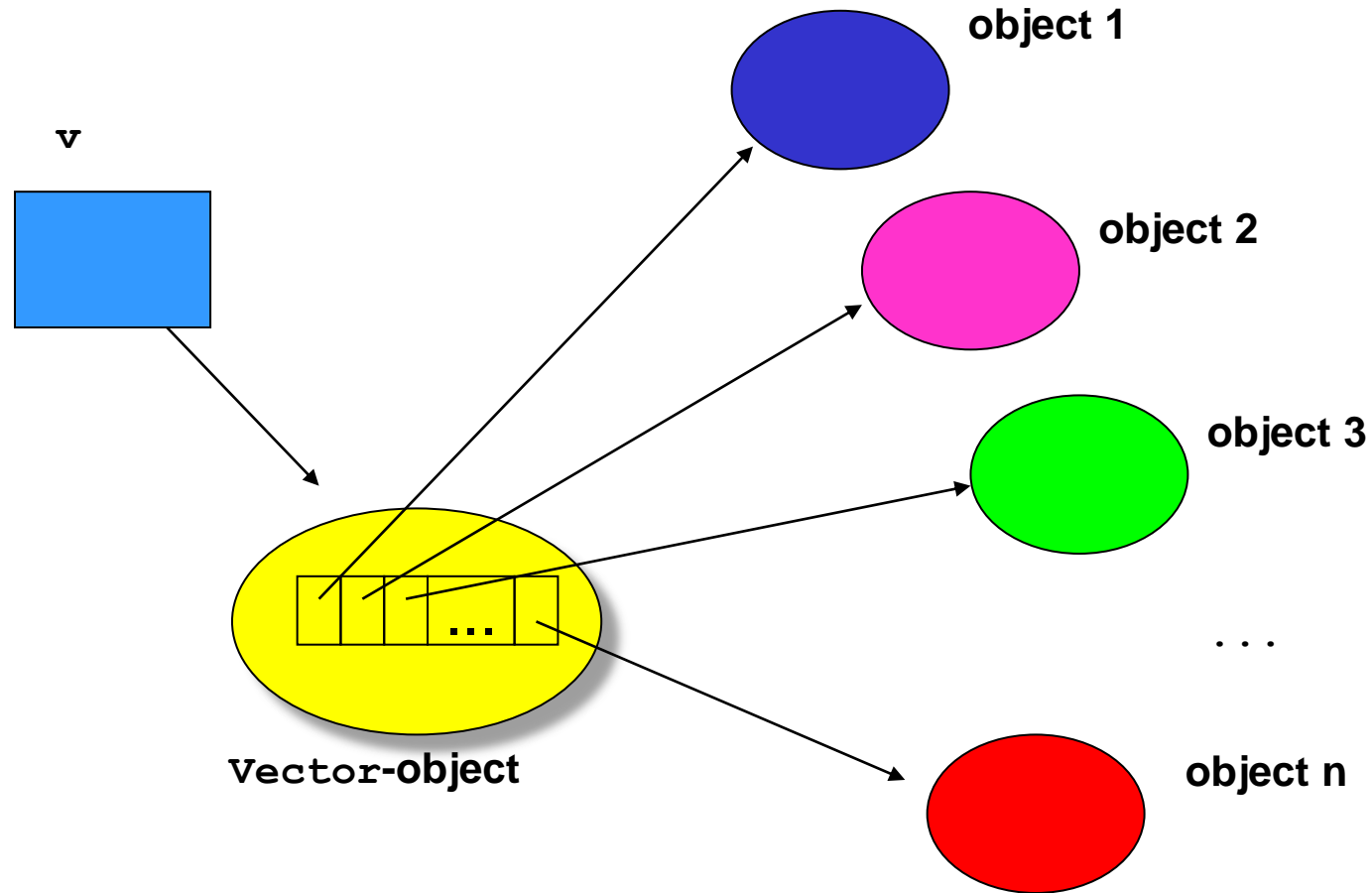
Eingabe: 10^{90}

```
n = 1: 2.22222222222222218E89
n = 2: 1.481481481481481E89
n = 3: 9.876543209876541E88
n = 4: 6.584362139917694E88
...
n = 996: 9.999999999999999E29
n = 997: 1.0E30
n = 998: 9.999999999999999E29
n = 999: 1.0E30
Process ProgramRoot finished
```

Kollektionen mehrere Objekte: Die Klasse `Vector`

- Mit `Vector` stellt Java eine Klasse zur Verfügung, die eine **Zusammenfassung von unter Umständen auch verschiedenen Objekten in einer Liste** oder Reihe erlaubt.
- Die Klasse `Vector` ist **nicht** gedacht **für Vektoren im mathematischen Sinn und deren Operationen**.
- **Grundoperationen für Kollektionen** von Objekten sind:
 - das **Erzeugen** einer Kollektion (mit dem Konstruktor),
 - das **Hinzufügen** von Objekten in die Kollektion,
 - das **Löschen** von Objekten aus der Kollektion, und
 - das **Verarbeiten** von Objekten in der Kollektion.

Kollektion eventuell unterschiedlicher Objekte mit der Klasse `Vector`



Erzeugen eines Vector-Objektes

- Wie auch andere Klassen werden `Vector` - Objekte mit dem Konstruktor erzeugt.
- Der Konstruktor von `Vector` hat keine Argumente:

```
Vector v = new Vector();
```
- Achtung, diese Art der Verwendung der `Vector` Klasse ist veraltet.
- Seit Java 1.5 sollte man angeben, welche Objekte der `Vector` speichern soll. Diese wird mittels spitzen Klammern `<>` realisiert.

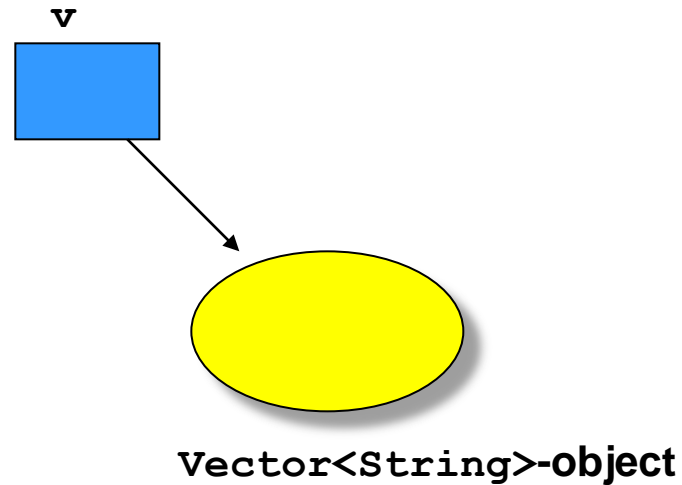
- Beispielsweise:

```
Vector<Object> v1 = new Vector<Object>();
```

```
Vector<String> v2 = new Vector<String>();
```


Erzeugen eines Vector-Objektes

- Heute betrachten wir `Vector`-Objekte, die `String`-Objekte speichern
- `Vector<String> v = new Vector<String>();`
- Wirkung des Konstruktors:



Hinzufügen von Objekten zu einem Vector-Objekt

Um Objekte zu einem `Vector`-Objekt hinzuzufügen, verwenden wir die Methode `addElement`.

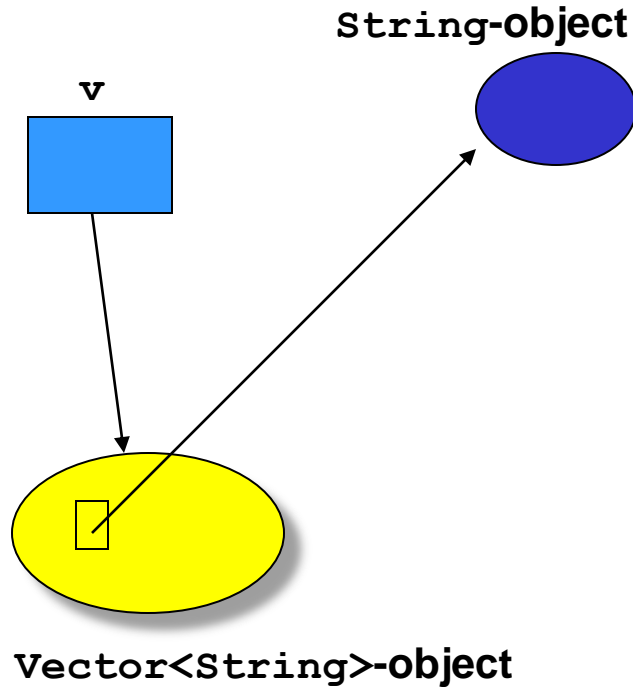
Dieser Methoden geben wir als Argument das hinzuzufügende Objekt mit.

Das folgende Programm liest eine Sequenz von `String`-Objekten ein und fügt sie unserem `Vector`-Objekt hinzu:

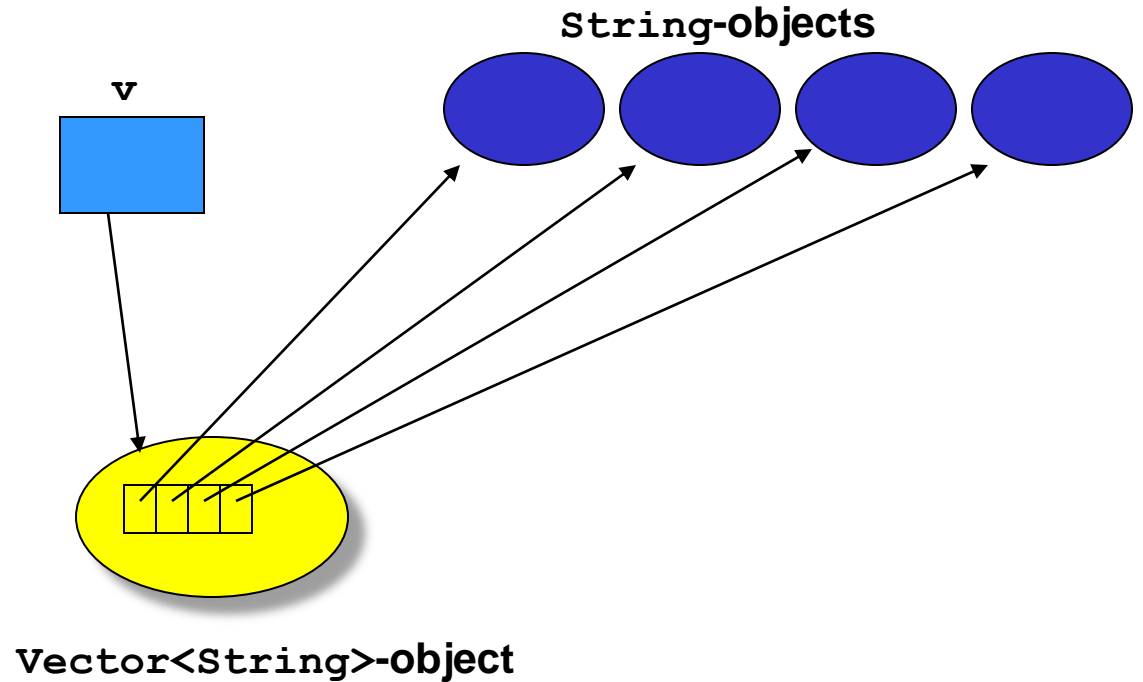
```
Vector<String> v = new Vector<String>();  
String s = br.readLine()    // Read first string  
while (s != null){         // Something read?  
    v.addElement(s);       // Processing adds s to v  
    s = br.readLine();     // Read next string  
}
```

Anwendung dieses Programmstücks

1 Aufruf von `addElement`



4 Aufrufe von `addElement`



Unser `Vector<String>`-Objekt enthält lediglich Objekte der Klasse `String`. 7.27

Durchlauf durch einen Vektor

- Der Prozess des **Verarbeitens aller Objekte einer Kollektion** wird auch **Durchlauf** genannt.
- Ziel ist es, eine (von der Anwendung abhängige) Operation auf allen Objekten der Kollektion auszuführen.

- Dazu verwenden wir eine **while-Schleife** der Form:

```
while (es gibt noch Objekte, die zu besuchen sind)
    besuche das nächste Objekt
```

- Die **zentralen Aufgaben**, die wir dabei durchführen müssen, sind:
 - auf die **Objekte einer Kollektion zugreifen**,
 - **zum nächsten Element** einer Kollektion **übergangen** und
 - **testen, ob es noch weitere Objekte gibt**, die besucht werden müssen.

Wie kann man Durchläufe realisieren?

- Offensichtlich müssen diese **Funktionen von jeder Kollektionsklasse realisiert werden**.
- Dabei sollten die entsprechenden Methoden möglichst so sein, dass sie **nicht von der verwendeten Kollektionsklasse** abhängen.
- Vielmehr ist es wünschenswert, dass **jede Kollektionsklasse sich an einen Standard** bei diesen Methoden **hält**.
- Auf diese Weise kann man sehr **leicht zu anderen Kollektionsklassen übergehen, ohne dass man das Programm ändern muss**, welches die Kollektionsklasse verwendet.

Iteratoren

Java bietet das **Interface Iterator** zur Realisierung von **Durchläufen durch Vector-Objekte** und andere Kollektionsklassen an.

Jede Kollektionsklasse stellt eine **Methode zur Erzeugung eines Iterator-Objektes** zur Verfügung.

Die Klasse **Vector**, bzw. deren Superklasse **AbstractList**, enthält eine Methode **iterator()**, die eine Referenz auf ein **Iterator**-Objekt liefert. Ihr Prototyp ist:

```
Iterator<Object> iterator()    // Liefert einen Iterator für eine  
                               // Vector<Object>
```

Die Klasse **Iterator** wiederum bietet die folgenden Methoden

```
boolean hasNext()            // True, falls es weitere Elemente gibt  
Object next()                // Liefert das nächste Objekt  
void remove()               // Entfernt das zuletzt betrachtete Element
```

Der Return-Type von `next`

- Im Prinzip muss die Methode `next` **Referenzen auf Objekte beliebiger Klassen** liefern – je nach dem, welche Klasse im `Vector`-Objekt gespeichert wird.
- Um eine breite Anwendbarkeit realisieren zu können, müssen Klassen wie `Vector` oder `Iterator` diese **Flexibilität** haben.

Der Return-Type von next

Bis Java Version 1.4:

- Aus diesem Grund liefern solche Methoden eine **Referenz auf ein Object-Objekt**.
- **Object** ist eine Klasse und in Java ist **jedes Objekt** auch ein **Object-Objekt**.
- Somit kann also eine Methode wie **next** mit ihrem **Object-Rückgabewert beliebige Objekte zurückgeben**.
- Allerdings muss man in Java mittels **Casting** stets mitteilen, was für ein Objekt durch einen Aufruf von **next** zurückgegeben wird.

Durchlauf durch ein Vector- Objekt

Um einen Durchlauf durch unser `Vector`-Objekt `v` zu realisieren, gehen wir nun wie folgt vor:

```
while (es gibt weitere Elemente) {  
    x = hole das nächste Element  
    verarbeite x  
}
```

Dies wird nun überführt zu

```
Iterator e = v.iterator();  
while (e.hasNext()) {  
    String s = (String) e.next();  
    System.out.print(s);  
}
```

Der Return-Type von next

Ab Java 1.5:

- Bei Vektoren gibt man die zu speichernden Elemente an, z.B. `Vector<Object>` oder `Vector<String>`
- Die gleiche Technik wird auch bei Iteratoren verwendet, d.h.: `Iterator<Object>` oder `Iterator<String>`
- Somit weiß eine Methode wie **next** welchen Typ von Wert sie zurückgeben muss.
- **Castings** entfallen somit.
- **Dies Technik ist weniger fehleranfällig und sollte vornehmlich verwendet werden.**

Durchlauf durch ein Vector- Objekt

Um einen Durchlauf durch unser `Vector<String>`-Objekt `v` zu realisieren, gehen wir nun wie folgt vor:

```
while (es gibt weitere Elemente) {  
    x = hole das nächste Element  
    verarbeite x  
}
```

Dies wird nun überführt zu

```
Iterator<String> e = v.iterator();  
while (e.hasNext()) {  
    String s = e.next();    // Casting entfaellt!  
    System.out.print(s);  
}
```

Anwendung von `Vector` zur Modellierung von Mengen

- Auf der Basis solcher Kollektionsklassen wie `Vector` lassen sich nun andere Kollektionsklassen definieren.
- Im folgenden modellieren wir Mengen mit Hilfe der `Vector`-Klasse.
- Ziel ist die Implementierung einer eigenen Klasse `Set` einschließlich typischer Mengen-Operationen.

Festlegen des Verhaltens der Set-Klasse

In unserem Beispiel wollen wir die folgenden Mengenoperationen bzw. Methoden zur Verfügung stellen:

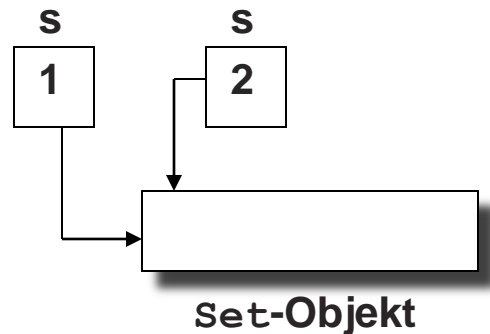
- Den `Set`-Konstruktor
- `contains` (Elementtest)
- `isEmpty` (Test auf die leere Menge)
- `addElement` (hinzufügen eines Elements)
- `copy` (Kopie einer Menge erzeugen)
- `size` (Anzahl der Elemente)
- `iterator` (Durchlauf durch eine Menge)
- `union` (Vereinigung)
- `intersection` (Durchschnitt) Alle Elemente ausgeben

Notwendigkeit der copy-Operation

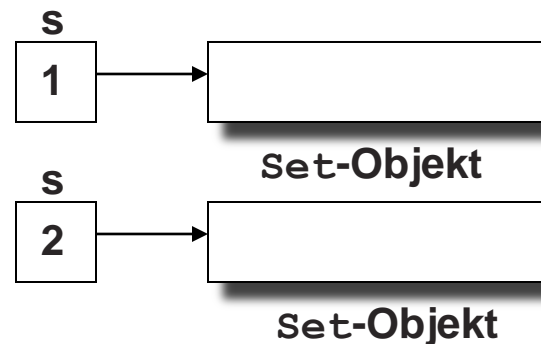
Der Effekt der Anweisung `s2 = s1 = new Set()` ist, dass es zwei Referenzen auf ein- und dasselbe `Set`-Objekt gibt:

Da Methoden wie `addElement` ein `Set`-Objekt verändern, benötigen wir eine Kopier-Operation um eine Menge zu speichern.

Nach der Anweisung `s2 = s1.copy()` gibt es zwei Referenzen auf zwei unterschiedliche Objekte mit gleichem Inhalt.



`s2 = s1 = new Set();`



`s2 = s1.copy();`

Festlegen der Schnittstellen

Prototypen der einzelnen Methoden:

```
public Set()  
public boolean isEmpty()  
public int size()  
public boolean contains(Object o)  
public void addElement(Object o)  
public Set copy()  
public Set union(Set s)  
public Set intersection(Set s)  
public Iterator<Object> iterator()
```

Ein typisches Beispielprogramm

```
class UseSet {
    public static void main(String [] args) {
        Set s1 = new Set();
        s1.addElement("A");
        s1.addElement("B");
        s1.addElement("C");
        s1.addElement("A");
        System.out.println(s1);
        Set s2 = new Set();
        s2.addElement("B");
        s2.addElement("C");
        s2.addElement("D");
        s2.addElement("D");
        System.out.println(s2);
        System.out.println(s1.union(s2));
        System.out.println(s1.intersection(s2));
    }
}
```


Das Skelett der Set-Klasse

```
class Set {
    public Set() {... };
    public boolean isEmpty() {... };
    public int size() {... };
    public boolean contains(Object o) {... };
    public void addElement(Object o) {... };
    public Set copy() {... };
    public Set union(Set s) {... };
    public Set intersection(Set s) {... };
    public Iterator<Object> iterator() {... };
    ...

    private Vector<Object> theElements;
}
```

Implementierung der Methoden (1)

- Der **Konstruktor** ruft lediglich die entsprechende Methode der `Vector`-Klasse auf:

```
public Set() {  
    this.theElements = new Vector<Object>();  
}
```

- Die **Methoden** `size` und `empty` nutzen ebenfalls vordefinierte Methoden der Klasse `Vector`:

```
public boolean isEmpty() {  
    return this.theElements.isEmpty();  
}
```

```
public int size() {  
    return this.theElements.size();  
}
```

Implementierung der Methoden (2)

- Um alle **Elemente der Menge aufzuzählen**, müssen wir eine Methode `iterator` realisieren:

```
Iterator<Object> iterator() {  
    return this.theElements.iterator();  
}
```

- Die **copy-Methode** muss alle Elemente des `Vector`-Objektes durchlaufen und sie einem neuen `Set`-Objekt hinzufügen:

```
public Set copy() {  
    Set destSet = new Set();  
    Iterator<Object> e = this.iterator();  
    while (e.hasNext())  
        destSet.addElement(e.next());  
    return destSet;  
}
```

Implementierung der Methoden (3)

- Da Mengen jeden Wert höchstens einmal enthalten, müssen wir vor dem **Einfügen** prüfen, ob der entsprechende Wert bereits enthalten ist:

```
public void addElement(Object o) {  
    if (!this.contains(o))  
        this.theElements.addElement(o);  
}
```

Implementierung der Methoden (4)

- Um die **Vereinigung von zwei Mengen** zu berechnen, kopieren wir die erste Menge und fügen der Kopie alle noch nicht enthaltenen Elemente aus der zweiten Menge hinzu.

```
public Set union(Set s) {
    Set unionSet = s.copy();
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext())
        unionSet.addElement(e.next());
    return unionSet;
}
```

Implementierung der Methoden (5)

- Um den **Durchschnitt** von zwei Mengen zu berechnen, starten wir mit der leeren Menge. Dann durchlaufen wir das Empfänger-Set und fügen alle Elemente zu der neuen Menge hinzu, sofern sie auch in dem zweiten Set-Objekt vorkommen.

```
public Set intersection(Set s) {
    Set interSet = new Set();
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext()) {
        Object elem = e.next();
        if (s.contains(elem))
            interSet.addElement(elem);
    }
    return interSet;
}
```

Implementierung der Methoden (6)

Um zu **testen, ob ein Objekt in einer Menge enthalten ist**, müssen wir einen Durchlauf realisieren. Dabei testen wir in jedem Schritt, ob das gegebene Objekt mit dem aktuellen Objekt in der Menge übereinstimmt:

- Dies wirft das Problem auf, dass wir Objekte vergleichen müssen, ohne dass wir wissen, zu welcher Klasse sie gehören.
- Hierbei ist zu beachten, dass der Gleichheitstest `==` lediglich testet, ob der Wert von zwei Variablen gleich ist, d.h. bei Referenzvariablen, ob sie **dasselbe** Objekt referenzieren (im Gegensatz zu „das gleiche“).
- Um beliebige Objekte einer Klasse miteinander vergleichen zu können, stellt die Klasse `Object` eine Methode `equals` zur Verfügung.
- Spezielle Klassen wie z.B. `Integer` oder `String` aber auch programmierte Klassen können ihre eigene `equals`-Methode bereitstellen.
- Im Folgenden gehen wir davon aus, dass eine solche Methode stets existiert.

Implementierung der Methoden (6)

- Daraus resultiert die folgende Implementierung der Methode `contains`:

```
public boolean contains(Object o) {
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext()) {
        Object elem = e.next();
        if (elem.equals(o))
            return true;
    }
    return false;
}
```


Implementierung der Methoden (7)

Um die **Elemente auszugeben**, verwenden wir ebenfalls wieder einen Durchlauf. Dabei gehen wir erneut davon aus, dass die Klasse des referenzierten Objektes (wie die `Object`-Klasse) eine Methode `toString` bereitstellt.

- Prinzipiell gibt es hierfür verschiedene Alternativen.
- Eine offensichtliche Möglichkeit besteht darin, eine Methode `print(PrintStream ps)` zu implementieren.
- In Java gibt es aber eine elegantere Variante: Es genügt eine Methode `toString()` zu realisieren.
- Diese wird immer dann aufgerufen, wenn ein `Set`-Objekt als Argument einer `print`-Methode verwendet wird.

Die Methode toString()

```
public String toString(){
    String s = "[";
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    if (e.hasNext())
        s += e.next().toString();
    while (e.hasNext())
        s += ", " + e.next().toString();
    return s + "];"
}
```

Die komplette Klasse Set

```
import java.io.*;
import java.util.*;
class Set {
public Set() {
    this.theElements = new Vector<Object>();
}
public boolean isEmpty() {
    return this.theElements.isEmpty();
}
public int size() {
    return this.theElements.size();
}
Iterator<Object> iterator() {
    return this.theElements.iterator();
}
public boolean contains(Object o) {
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext()) {
        Object elem = e.next();
        if (elem.equals(o))
            return true;
    }
    return false;
}
public void addElement(Object o) {
    if (!this.contains(o))
        this.theElements.addElement(o);
}
public Set copy() {
    Set destSet = new Set();
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext())
```

```
        destSet.addElement(e.next());
    return destSet;
}
public Set union(Set s) {
    Set unionSet = s.copy();
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext())
        unionSet.addElement(e.next());
    return unionSet;
}
public Set intersection(Set s) {
    Set interSet = new Set();
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    while (e.hasNext()) {
        Object elem = e.next();
        if (s.contains(elem))
            interSet.addElement(elem);
    }
    return interSet;
}
void removeAllElements() {
    this.theElements.removeAllElements();
}
public String toString(){
    String s = "[";
    Iterator<Object> e = this.iterator();
    if (e.hasNext())
        s += e.next().toString();
    while (e.hasNext())
        s += ", " + e.next().toString();
    return s + "]";
}
private Vector<Object> theElements;□
```

```
}
```

Unser Beispielprogramm (erneut)

```
class UseSet {
    public static void main(String [] args) {
        Set s1 = new Set();
        s1.addElement("A");
        s1.addElement("B");
        s1.addElement("C");
        s1.addElement("A");
        System.out.println(s1);
        Set s2 = new Set();
        s2.addElement("B");
        s2.addElement("C");
        s2.addElement("D");
        s2.addElement("D");
        System.out.println(s2);
        System.out.println(s1.union(s2));
        System.out.println(s1.intersection(s2));
    }
}
```

Ausgabe des Beispielprogramms

```
java useSet
```

```
[A, B, C]
```

```
[B, C, D]
```

```
[B, C, D, A]
```

```
[B, C]
```

```
Process useSet finished
```

Die for-Schleife

- Speziell für Situationen, in denen die Anzahl der Durchläufe von Beginn an feststeht, stellt Java mit der `for`-Schleife eine Alternative zur `while`-Schleife zur Verfügung.
- Die allgemeine Form der `for`-Schleife ist:

```
for (Initialisierungsanweisung; Bedingung; Inkrementierung)  
    Rumpf
```

- Sie ist äquivalent zu

```
Initialisierungsanweisung  
while (Bedingung) {  
    Rumpf  
    Inkrementierung  
}
```

Anwendung: Potenzieren mit der `for`-Schleife

- Zur Formulierung des Verfahrens betrachten wir zunächst, wie wir die Berechnung von x^y per Hand durchführen würden:

$$x^y = \begin{cases} 1 & \text{falls } y = 0 \\ \underbrace{x * \dots * x}_{y \text{ mal}} & \text{sonst} \end{cases} = 1 * \underbrace{x * \dots * x}_{y \text{ mal}}$$

- Daraus ergibt sich ein informelles Verfahren:
 1. starte mit 1
 2. multipliziere sie mit x
 3. multipliziere das Ergebnis mit x
 4. führe Schritt 3) solange aus, bis y Multiplikationen durchgeführt wurden.

Potenzierung mit der for-Anweisung

- Bei der Potenzierung mussten wir genau y Multiplikationen durchführen.
- Die Anzahl durchgeführter Multiplikationen wird einfach in einer Variablen `count` gespeichert.

```
static int power(int x, int y){
    int count, result = 1;

    for (count = 0; count < y; count++)
        result *= x;

    return result;
}
```


Komplexere for-Anweisungen

- Die Initialisierungs- und die Inkrementierungsanweisung können aus mehreren, durch Kommata getrennten Anweisungen bestehen.
- Betrachten wir die analoge `while`-Schleife, so werden die Initialisierungsanweisungen vor dem ersten Schleifendurchlauf ausgeführt.
- Auf der anderen Seite werden die Inkrementierungsanweisungen am Ende jedes Durchlaufs ausgeführt.
- Damit können wir auch folgende `for`-Anweisung zur Berechnung von x^y verwenden:

```
for (count = 0, result = 1; count < y; result*=x,  
    count++);
```
- Solche **kompakten Formen der for-Anweisung** sind **üblicherweise schwerer verständlich** und daher **für die Praxis nicht zu empfehlen**.

Zusammenfassung (1)

- **Bedingte Anweisungen** erlauben es, in Abhängigkeit von der Auswertung einer Bedingung im Programm **verschiedene Anweisungen durchzuführen**.
- Dadurch kann der Programmierer den **Kontrollfluss steuern** und in seinem Programm entsprechend **verzweigen**.
- Mit einem **if-Statement** kann man **zwei Fälle** unterscheiden.
- Durch Kaskardierung kann man **mehr als zwei Fälle** unterscheiden.

Zusammenfassung (2)

- Bedingungen sind **Boolesche Ausdrücke**, die zu `true` oder `false` ausgewertet werden..
- In Java gibt es dafür den primitiven Datentyp `boolean` mit den beiden Werten `true` und `false`.
- Einfache **Boolesche Ausdrücke** können mit den **Vergleichsoperatoren** `<`, `>`, `<=`, `>=`, `==`, und `!=`, die auf Zahltypen operieren, definiert werden.
- **Komplexere Boolesche Ausdrücke** werden mit den **logischen Operatoren** `&&`, `||` und `!` zusammengesetzt.

Zusammenfassung (3)

- Die **Wiederholung von Anweisungssequenzen** durch **Schleifen** oder **Loops** ist eines der **mächtigsten Programmierkonstrukte**.
- Mit Hilfe von Schleifen wie der **while-Schleife** können Sequenzen von **Anweisungen beliebig häufig wiederholt** werden.
- Die **for-Schleife** ist ein äquivalentes Konstrukt zur **while-Schleife**. Die **for-Schleife** eignet sich besonders, wenn die Anzahl der Iterationen im Vorhinein bekannt ist.

Zusammenfassung (4)

- **Kollektionen** sind Objekte, die es erlauben, **Objekte zusammenzufassen**.
- **Vector** ist eine solche **Kollektionsklasse**, mit der **Objekte beliebiger Klassen** zusammengefasst werden können.
- Die **einzelnen Objekte** eines `Vector`-Objektes können mit **Durchläufen** unter Verwendung eines Objektes der Klasse **Iterator** **prozessiert** werden.
- Mit Hilfe der Klasse `Vector` können wir dann **andere Kollektionsklassen definieren** (wie z.B. eine `Set`-Klasse).